Deltares

Het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in veenweidegebieden op knelpunten in de zoetwatervoorziening

Het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in veenweidegebieden op knelpunten in de zoetwatervoorziening

Auteur(s)
Joachim Hunink
Femke Schasfoort
Janneke Pouwels
Marjolein Mens

Het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in veenweidegebieden op knelpunten in de zoetwatervoorziening

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	mevrouw N. Kielen
Trefwoorden	Deltaprogramma Zoetwater, maatregelen, onderwaterdrainage, Voorkeurspakket, hydrologie, landbouw, scheepvaart, Nationaal Water Model.

Documentgegevens	
Versie	1.0
Datum	11-03-2021
Projectnummer	11205271-007
Document ID	11205271-007-ZWS-0001
Pagina's	82
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)		
	Joachim Hunink	
	Femke Schasfoort	
	Janneke Pouwels	
	Marjolein Mens	

Doc. Versie	**Auteur**	**Controle**	**Akkoord**	**Publicatie**
1.0	Joachim Hunink	Joost Delsman	Harm Duel	
	Femke Schasfoort			
	Janneke Pouwels			
	Marjolein Mens			

Samenvatting

Onderwaterdrainage en passieve peilstijging zijn maatregelen om bodemdaling en CO2 uitstoot in het veenweidegebied te verminderen. Deze maatregelen vragen veel water, waardoor watertekorten kunnen toenemen. Dit heeft mogelijk negatieve consequenties voor de landbouw, natuur, scheepvaart en andere functies afhankelijk van zoetwater.

Dit rapport beschrijft de hydrologische en economische effecten van de implementatie van onderwaterdrainage en het niet mee dalen van de oppervlaktewaterpeilen met bodemdaling (passieve peilstijging) in delen van laag Nederland. Hierbij is het effect onderzocht van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op de knelpunten zoals geïdentificeerd in het Deltaprogramma Zoetwater (DPZW) en op de effectiviteit van het Voorkeurspakket Zoetwater. Het Voorkeurspakket Zoetwater betreft een selectie maatregelen die door de Zoetwaterregio's en Rijkswaterstaat zijn voorgesteld voor fase II van het Deltaprogramma (periode 2022-2027).

Het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op de zoetwatervoorziening en de effectiviteit van het voorkeurspakket is bepaald door middel van berekeningen met het Nationaal Water Model (NWM) en de effectmodules landbouw en scheepvaart. Dit is gedaan voor een situatie zonder sociaaleconomische ontwikkeling en klimaatverandering (Referentie) en met sterke klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkeling (Stoom2050), voor zowel een situatie met als zonder het Voorkeurspakket Zoetwater.

Op basis van de analyse kunnen we concluderen dat:

- De toegepaste modelimplementatie van onderwaterdrainage en passieve peilstijging zorgt voor een verhoging van de berekende grondwaterstanden in de zomer tot wel 50 cm. Deze verhoging is minder in droge jaren. De verwachting is dat hierdoor bodemdaling wordt vertraagd maar niet kan worden voorkomen. Dit is in deze rapportage niet nader onderzocht.
- De kans op knelpunten in het watersysteem neemt in de berekeningen toe.
    - De watervraag aan het hoofdwatersysteem neemt toe,
    - De maximale capaciteit van de huidige Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA) wordt vaker bereikt.
    - De buffer van het IJsselmeer wordt vaker volledig ingezet, waardoor het risico op beperkingen in de levering ook toe neemt.
    - In extreem droge jaren kunnen door onderwaterdrainage en passieve peilstijging eerder beregenings- en doorspoeltekorten ontstaan.
- Het totale droogterisico neemt naar verwachting af, dit wordt voornamelijk veroorzaakt door afname van het droogterisico voor de landbouw.
- Als onderwaterdrainage en passieve peilstijging worden uitgevoerd neemt de berekende watervraag aan het Hoofdwatersysteem toe. De effectiviteit van het Voorkeurspakket zoetwater in regio Noord wordt hierdoor kleiner, doordat de waterbuffer in het IJsselmeer beperkend is. Het Voorkeurspakket in Midden-West Nederland wordt effectiever omdat de extra aanvoercapaciteit in het Voorkeurspakket vaker gebruikt wordt als gevolg van de extra watervraag.

Deze resultaten zijn gebaseerd op een modelimplementatie van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op nationale schaal en derhalve niet geschikt voor lokale uitspraken. Het verdient de aanbeveling om regionale modellen te gebruiken voor uitspraken op regionale schaal en het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op watertekorten te (blijven) monitoren. Niet alle baten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging konden worden gekwantificeerd, voor een maatschappelijke afweging wordt aanbevolen om ook de

effecten op onder andere bodemdaling, CO2 uitstoot, waterkwaliteit en natschade te kwantificeren.

Inhoud

	Samenvatting	**4**
1	**Inleiding**	**8**
1.1	Achtergrond	8
1.2	Doel	9
1.3	Achtergronden onderwaterdrainage	9
1.3.1	Effect van onderwaterdrainage op de landbouw	11
1.3.2	Passieve peilstijging	12
1.4	Regio-indeling	13
2	**Modelinstrument en schematisatie**	**15**
2.1	Modelinstrument	15
2.1.1	Nationaal water model	15
2.1.2	Effectmodules	15
2.2	Nul-alternatief, Voorkeurspakket en uitgevoerde berekeningen	16
2.3	Schematisatie onderwaterdrainage en passieve peilstijging	16
3	**Wat is het effect van OWD op de watervraag, watertekorten, landbouwrisico en scheepvaartkosten?**	**21**
3.1	Grondwaterstanden	21
3.2	Watervraag en watertekort	24
3.2.1	Voorzieningsgebied Benedenrivieren	24
3.2.2	Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer	29
3.2.3	Voorzieningsgebied Bovenrivieren	32
3.3	Droogterisico Landbouw	36
3.3.1	Effect op droogterisico landbouw per voorzieningsgebied en type gewas	36
3.3.2	Samenvattend	42
3.4	Droogterisico Scheepvaart	43
3.5	Droogterisico Overige effecten	44
3.6	Overzicht – Effect Onderwaterdrainage en Passieve peilstijging	45
4	**Hoe verandert effectiviteit van Voorkeurspakket Zoetwater na uitvoering onderwaterdrainage en passieve peilstijging**	**48**
4.1	Grondwaterstanden	48
4.2	Watervraag en tekort	50
4.2.1	Voorzieningsgebied Benedenrivieren	50
4.2.2	Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer	52
4.2.3	Voorzieningsgebied Bovenrivieren	56
4.3	Droogterisico Landbouw	57
4.3.1	Effect OWD en het Voorkeurspakket op Droogterisico Landbouw	58
4.3.2	Samenvattend	63

4.4 Droogterisico Scheepvaart 64
4.5 Droogterisico Overige effecten 65
4.6 Overzicht effect onderwaterdrainage en passieve peilstijging op effectiviteit Voorkeurspakket 66

5 Conclusies 69
5.1 Discussie en aanbevelingen 70

6 Referenties 72

A Watervraag en tekort tabellen 74
A.1 Alle regio's 74
A.2 Voorzieningsgebied Benedenrivieren 77
A.3 Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer 79
A.4 Voorzieningsgebied Bovenrivieren 80

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het Parijs-akkoord bevat het doel om de opwarming van de aarde tot 2100 binnen de 1,5°C tot 2°C te houden. Om deze doelstelling te behalen zijn maatregelen nodig om de emissie van broeikasgassen te reduceren. Het verhogen van de grondwaterstand in veenweidegebieden kan zorgen voor een verlaging van de emissie van broeikasgassen. Een van de maatregelen om in de veenweidegebieden de grondwaterstand te verhogen is de aanleg van onderwaterdrainage. Onderwaterdrainage is een systeem dat door middel van drainagebuizen onder maaiveld water kan infiltreren naar het grondwatersysteem. Aanleg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in een groot gebied zal de oppervlaktewatervraag vergroten. Een van de vragen is in hoeverre deze extra watervraag tijdens droogte geleverd kan worden en of de knelpunten in de zoetwatervoorziening hierdoor groter worden, nu en in de toekomst.

Voor het Deltaprogramma Zoetwater zijn in 2019 modelberekeningen gedaan en analyses uitgevoerd naar de effecten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op de watervraag en watertekort (Hunink, 2019b). Hieruit bleek dat onderwaterdrainage zowel onder het huidige klimaat als onder sterke klimaatverandering een toename van de watervraag tot gevolg heeft. Het effect is het grootst wanneer onderwaterdrainage wordt aangelegd in combinatie met een sterke klimaatverandering. De belangrijkste conclusies uit deze analyse waren:

- Als het klimaat tot 2050 niet of nauwelijks verandert, dan zorgt onderwaterdrainage voor een toename van de *watervraag voor peilbeheer* met circa 12-36% in veenweidegebieden. Deze extra watervraag kan in de meeste omstandigheden geleverd worden. Alleen in extreem droge jaren nemen de watertekorten iets toe.
- Als het klimaat tot 2050 sterk verandert (KNMI'14 scenario WH) dan neemt de *watervraag voor peilbeheer* in deze gebieden met circa 37-68% toe. Deze extra watervraag kan in droge tot zeer droge jaren niet volledig geleverd worden. Tekorten voor beregening, doorspoeling en peilbeheer nemen onder deze omstandigheden flink toe.
- De IJsselmeerbuffer zal vaker worden aangesproken: een buffer van 20 cm is naar schatting eens in de 30 jaar nodig in plaats van eens in de 100 jaar in het huidig klimaat.
- Ondanks de peilbeheertekorten in droge jaren zorgt onderwaterdrainage in Fries-Gronings kustgebied en Midden-West-Nederland voor een structurele verhoging van de laagste grondwaterstanden. Gemiddeld over alle gebieden met onderwaterdrainage bedraagt deze verhoging 40 cm.
- In gebieden waar onderwaterdrainage wordt toegepast wordt het klimaateffect van KNMI'14-WH, namelijk verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), teniet gedaan en wordt zelfs een verhoging bereikt .

Deze rapportage gaat over de vraag hoe de effectiviteit van de zoetwatermaatregelen in het Voorkeurspakket worden beïnvloed door de aanleg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Hierom zijn in de zomer van 2020 voor het Deltaprogramma Zoetwater nieuwe berekeningen uitgevoerd met het Nationaal Water Model om inzicht te krijgen in de effecten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging, al dan niet in combinatie met het Voorkeurspakket op grondwaterstanden, watertekorten en het droogterisico voor landbouw en scheepvaart de effectiviteit van de zoetwatermaatregelen voor de volgende planperiode van het Deltaprogramma Zoetwater.

1.2 Doel

Het doel van de berekeningen is in beeld krijgen wat het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging is op de watervraag, de knelpunten en de droogterisico's, al dan niet in combinatie met het Voorkeurspakket, zoals geformuleerd in het Deltaprogramma Zoetwater. Hierbij is gekeken naar de hydrologische effecten en de effecten op het droogterisico voor de landbouw en scheepvaart. Andere effecten, waaronder effect op waterkwaliteit, drainagecapaciteit en bodemdaling, zijn niet berekend.

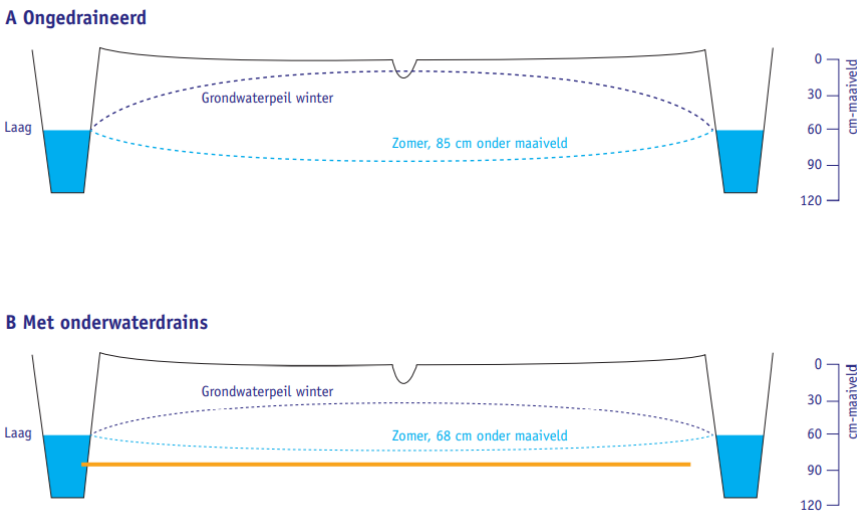
De volgende deelvragen worden in dit rapport beantwoord:

- Wat is het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op de watervraag, watertekorten, landbouwrisico en scheepvaartrisico, in het nul-alternatief, dus zonder uitvoering van het Voorkeurspakket?
- Zijn de maatregelen voldoende om de extra watervraag als gevolg van onderwaterdrainage op te vangen?
- Hoe verandert de effectiviteit van het Voorkeurspakket na uitvoering van onderwaterdrainage?

1.3 Achtergronden onderwaterdrainage

Onderwaterdrainage is een systeem dat door middel van drainagebuizen onder maaiveld water kan infiltreren naar het grondwatersysteem. Door middel van geperforeerde buizen die in de percelen liggen en onder het waterpeil uitkomen in de sloot kan oppervlaktewater infiltreren naar het grondwatersysteem. Deze onderwaterdrains zorgen ervoor dat de grondwaterstand in droge perioden niet te ver onder het slootpeil kan uitzakken. Een methode om het effect van onderwaterdrains te vergroten is door gebruik te maken van drukdrainage. Daarbij staan de buizen niet meer in verbinding met de sloot maar met een waterreservoir waaruit water onder druk de buis in gepompt kan worden. Hiermee kan meer water infiltreren naar het grondwater zonder het slootpeil aan te passen.

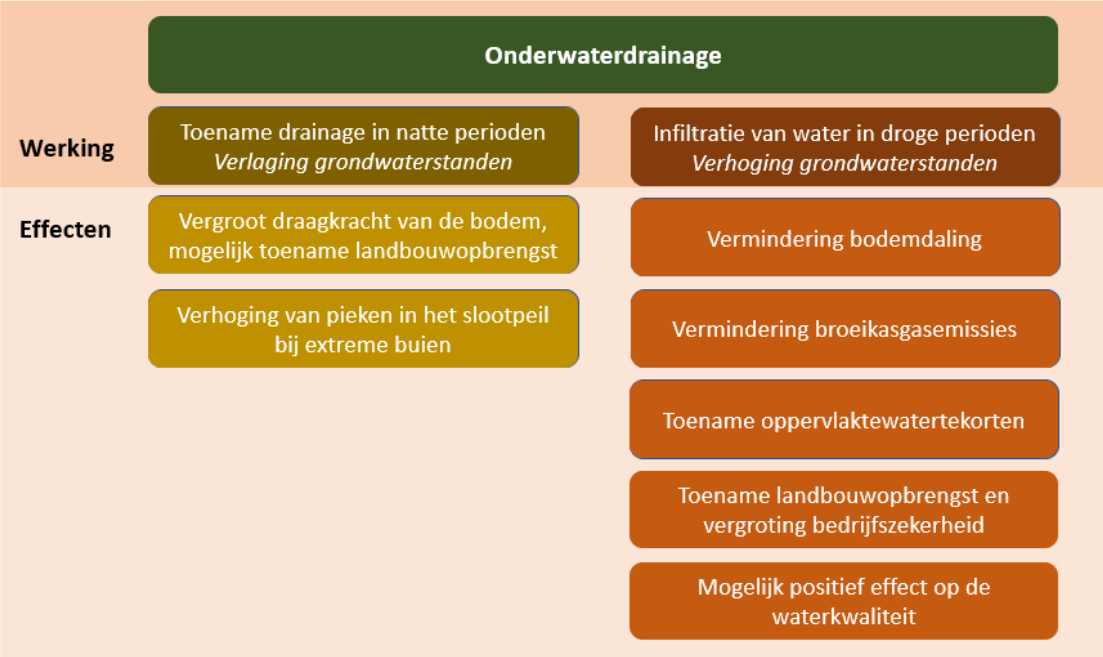
De aanleg van onderwaterdrainage vergroot de invloed van het slootpeil op de grondwaterstand. In droge perioden zakt de grondwaterstand daardoor minder ver uit omdat er extra water vanuit het oppervlaktewater naar het grondwater kan infiltreren. De onderwaterdrainage kan in natte situaties bij hoge grondwaterstanden ook afvoeren. Hoge pieken in de grondwaterstanden kunnen dus worden afgetopt als gevolg van aanleg van onderwaterdrainage. Het effect op de grondwaterstanden in de winter en de zomer is ook weergegeven in Figuur 1.1.



Figuur 1.1 Werking onderwaterdrainage (Factsheet-Onderwater-drukdrainage-2018.pdf (kennisprogrammabodemdaling.nl)

Vanwege de stijging van de zomergrondwaterstanden wordt onderwaterdrainage gezien als één van de mogelijkheden om veenoxidatie in het Nederlandse veenweidegebied te verminderen.(zie Figuur 1.2 voor een overzicht van de effecten). Uit metingen blijkt dat door toepassing van onderwaterdrainage de snelheid van veenoxidatie en maaiveldddaling minstens kan worden gehalveerd (Born et al, 2016). Door halvering van de veenoxidatie neemt de uitstoot van broeikasgassen af. Ook de bodemdaling neemt af, maar kan niet in zijn geheel worden voorkomen. Door stabielere grondwaterstanden kan de gewasopbrengst voor de landbouw vooral in droge jaren toenemen en vergroot het de draagkracht van het land, waardoor agrariërs eerdere het land op kunnen. Eerdere studies hebben aangetoond dat het effect van onderwaterdrainage op de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater kan afnemen tot 10%-20% op de lange termijn (Hendriks et al, 2014). Ook leidt onderwaterdrainage tot meer (en snellere) uitwisseling van water tussen sloot en grondwater. Bij extreme regenbuien is de verwachting dat slootpeilen sneller stijgen, waardoor slootwater eerder afgevoerd moet worden (Hendriks et al, 2014). Het is echter nog onzeker hoe en in welke vorm onderwaterdrainage effectief is in het verminderen van veenoxidatie en daarmee het terugdringen van uitstoot van broeikasgassen (Zak *et al.*, 2017).

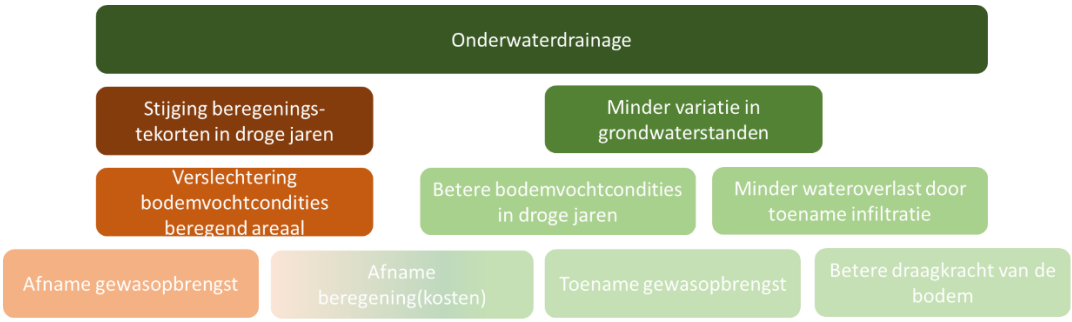
Om onderwaterdrainage optimaal te laten functioneren is er extra water nodig vanuit het oppervlaktewatersysteem. De watervraag neemt dus toe, waardoor er voor andere watervragers, zoals doorspoeling, peilbeheer en beregening, eerder watertekorten kunnen ontstaan. Dit heeft gevolgen voor verschillende gebruiksfuncties van water, zoals landbouw, scheepvaart, natuur en drinkwater.



Figuur 1.2 Mogelijke effecten van onderwaterdrainage.

1.3.1 Effect van onderwaterdrainage op de landbouw

Onderwaterdrainage heeft zowel direct effect als indirect effect op de landbouw (zie Figuur 1.3). Onderwaterdrainage beperkt de invloed van verdamping en neerslag op de grondwaterstand, waardoor de grondwaterstand minder uitzakt tijdens droge perioden, terwijl tijdens natte periode de drainagecapaciteit van de bodem wordt vergroot. Naar verwachting zorgen de hogere grondwaterstanden voor betere bodemvochtcondities, waardoor gewassen beter kunnen groeien. Dit geldt zowel voor de beregende als de niet beregende arealen. Voor de niet beregende arealen werkt dit direct door in een toename van de landbouwopbrengst. Voor de beregende arealen daalt naar verwachting de beregeningsvraag, waardoor de agrariër minder beregeningskosten hoeft te maken. Tijdens natte perioden kan onderwaterdrainage wateroverlast verminderen door de drainerende werking. Dit vergroot de draagkracht van de landbouwgrond waardoor agrariërs makkelijker het land op kunnen. Ook kan de verbeterde drainage mogelijk natschade aan gewassen verminderen.



Figuur 1.3 Verwachtte effecten onderwaterdrainage op de landbouw.

Droogterisico

Het droogterisico is gedefinieerd als de verwachtingswaarde van de (economische) gevolgen van droogte berekend over een groot bereik aan droogtecondities. In de praktijk betekent dit dat het economische effect van droogte wordt berekend voor 100 verschillende (meteorologische) jaren die het huidige klimaat zo goed mogelijk representeren. Het gemiddelde economische effect van droogte over deze jaren is het droogterisico, waarbij is aangenomen dat elk meteorologisch jaar een gelijke kans van voorkomen heeft. Droogte heeft effect op verschillende sectoren, zoals landbouw of scheepvaart, en dit effect werkt door in de maatschappij. Bijvoorbeeld, wanneer de landbouwopbrengst afneemt door droogte, kunnen de prijzen van landbouwproducenten stijgen voor de consument. Zowel het effect op de consument als het effect op de producent (wat (gedeeltelijk) gecompenseerd wordt door het effect op de producent), maakt onderdeel uit van het droogterisico.

Het droogterisico voor landbouw bestaat uit het effect van droogte op de landbouwopbrengst in euro's, de (eventueel) hogere prijzen van landbouwproducten voor consumenten en beregeningskosten. Wanneer het droogterisico van de landbouw vermindert door onderwaterdrainage, is dit een baat voor de landbouw en de maatschappij. Het droogterisico voor landbouw is bepaald met de effectmodule landbouw.

1.3.2 Passieve peilstijging

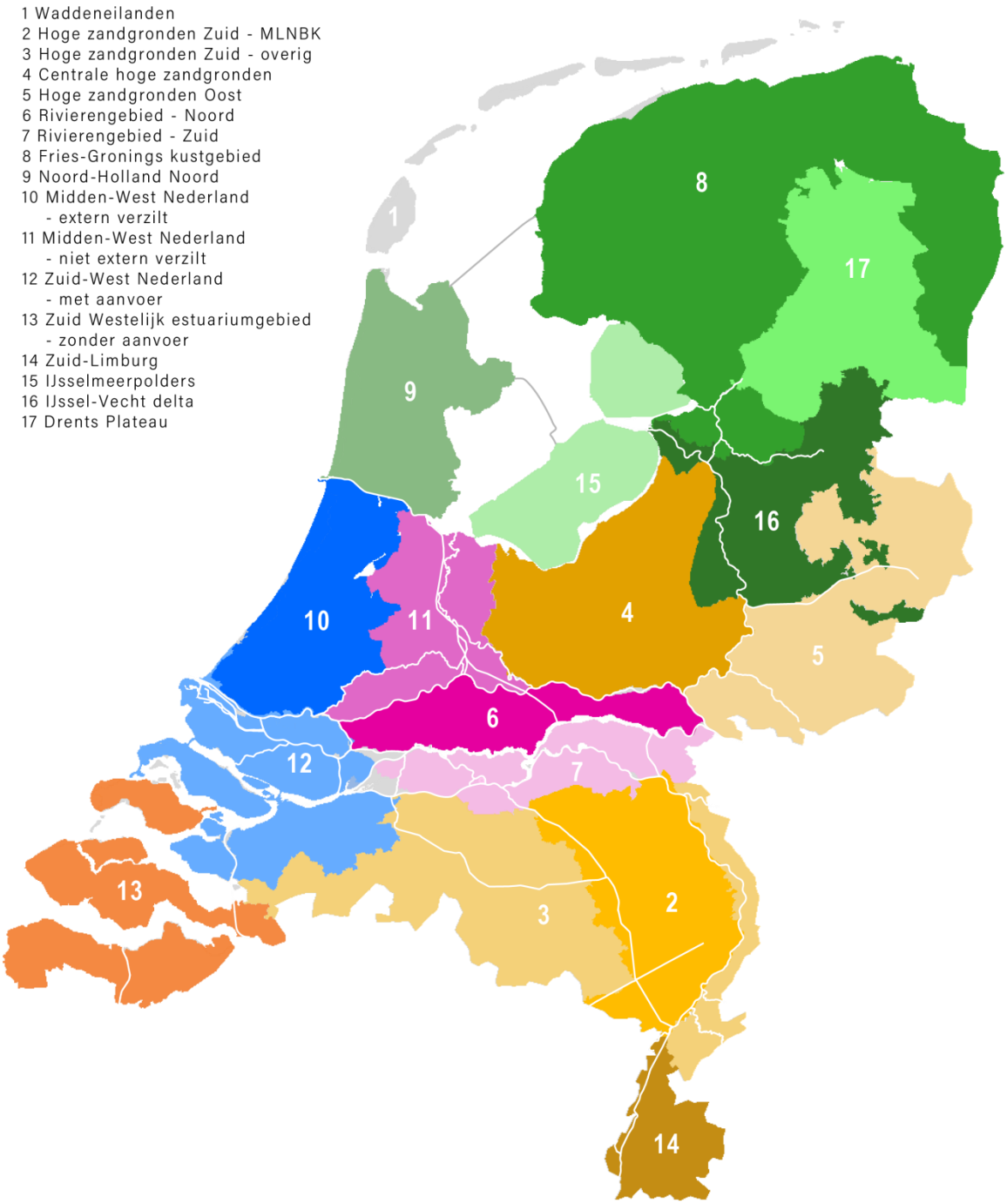
Naast onderwaterdrainage wordt ook gerekend aan de effecten van passieve peilstijging. Bij passieve peilstijging daalt het peil van het oppervlaktewater niet meer mee met de bodemdaling waardoor de drooglegging verminderd. Deze maatregel draagt dus ook bij aan het verhogen van de grondwaterstanden maar is in veel gevallen minder effectief omdat onderwaterdrainage in het perceel wordt aangelegd waarbij bij passieve peilstijging alleen de drooglegging wordt aangepast. De combinatie van deze twee maatregelen heeft een versterkend effect omdat door een onderwaterdrainage aan te leggen in combinatie met een kleinere drooglegging zal meer water kunnen infiltreren naar het grondwatersysteem.

1.4 Regio-indeling

In deze rapportage wordt gebruik gemaakt van een regio-indeling in 5 hoofdregio's en 17 deelregio's die ook in de geactualiseerde knelpuntenanalyse (die als basis dient voor het nul-alternatief) is gebruikt (Mens et al., 2019). Figuur 1.4 laat de voorzieningsgebieden en deelregio's zien.

I. ***Voorzieningsgebied IJsselmeer***
   Deelregio's: Fries-Groningskustgebied, Noord-Holland-Noord, IJsselmeerpolders, IJssel-Vecht Delta, Drents Plateau
   Provincies: Delen van Noord-Holland, Flevoland, Friesland, Groningen, Drenthe, en delen van Gelderland en Overijssel die voorzien worden vanuit de IJssel en Twentekanalen
II. ***Voorzieningsgebied Benedenrivieren***
   Deelregio's: Rivierengebied Noord, Rivierengebied Zuid, Midden-West Nederland Niet extern verzilt
   Provincies: Delen van Utrecht, Noord-Holland, Gelderland en Noord-Brabant
III. ***Voorzieningsgebied Bovenrivieren***
   Deelregio's: Midden-West Nederland – Extern Verzilt, Zuid-West Nederland Met Aanvoer
   Provincies: Grootste deel Zuid-Holland, Deel van Zeeland, Utrecht, Noord-Brabant en Noord-Holland
IV. ***Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer***
   Provincie: Grootste deel van Zeeland
V. ***Hoge Zandgronden***
   Deelregio's: Hoge Zandgronden Zuid MLNK en Overig, Centrale Hoge Zandgronden, Hoge Zandgronden Oost, Zuid-Limburg
   Provincie: Limburg, grootste deel van Noord-Brabant, Overrijssel, Delen van Gelderland en Utrecht.

De voorzieningsgebieden komen niet precies overeen met de bestuurlijke indeling in zoetwaterregio's. Bijvoorbeeld, deelregio Midden-West Nederland niet extern verzilt is in de voorzieningsgebieden onderdeel van Benedenrivierengebied en bestuurlijk gezien onderdeel van regio West.



Figuur 1.4 Indeling in hoofd- en deelregio's op basis van watersysteemkenmerken

2 Modelinstrument en schematisatie

2.1 Modelinstrument

2.1.1 Nationaal water model

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het Nationaal Water Model (NWM), versie 2.2.4.0. Het Nationaal Water Model is geschikt voor het doorrekenen van scenario's en maatregelen op het gebied van waterverdeling en waterbeschikbaarheid ter ondersteuning van lange-termijn beleidsvorming op landelijk niveau. Het model berekent onder andere de hydrologische processen in de bodem, grondwater, en oppervlaktewater, en afvoeren, waterstanden en watertemperatuur in het hoofdwatersysteem. Het modelinstrumentarium bestaat uit een modellentrein van meerdere gekoppelde modellen.

Het Nationaal Water Model bestaat uit de volgende deelmodellen: het Landelijk Hydrologisch Model (LHM3.4) voor grondwater, onverzadigde zone en oppervlaktewater, het Sobek-model van het Noordelijk Deltabekken (SOBEK-NDB) voor externe verzilting in de Rijn-Maasmonding, het Landelijk Sobek-model (LSM-light) voor hydrodynamica van het hoofdwatersysteem en het Landelijk Temperatuurmodel (LTM). De eerste stappen tot en met SOBEK-NDB leveren de benodigde randvoorwaarden voor de LHM-berekening, die op zijn beurt de randvoorwaarden levert voor LSM-*light*. Tot slot levert LSM-*light* de invoer voor het Landelijk temperatuurmodel (LTM).

Het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) bestaat uit de volgende, gekoppelde, deelmodellen:

1. DM (DistributieModel), oppervlaktewatermodel die de landelijke waterverdeling berekent op basis van beschikbaarheid en vraag;
2. MOZART, oppervlaktewatermodel van het regionale watersysteem;
3. MODFLOW, grondwatermodel;
4. MetaSWAP, model van de onverzadigde zone.

Voor een beschrijving van de verschillende modellen verwijzen we naar de website van de Helpdesk water (https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/watermanagement/watermanagement/nationaal-water/).

Voor de berekeningen naar de effecten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging is in het NWM alleen gebruik gemaakt van het deelmodel LHM model met de randvoorwaarden van de externe verzilting uit de berekeningen van het nulalternatief. De berekeningen zijn uitgevoerd op de rekenomgeving bij Deltares.

De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1911-2010. Dit zijn de rekenjaren van de scenario's en zijn dus niet representatief voor de historische situatie.

2.1.2 Effectmodules

De hydrologische effecten, berekend met het Nationaal Water Model, zijn doorvertaald naar economische effecten met behulp van de effectmodule landbouw en de eenvoudige relatie Scheepvaart (Schasfoort et al., 2019). De effectmodule landbouw bestaat uit AGRICOM en de Prijstool Landbouw (Polman *et al*, 2019). AGRICOM vertaalt verdampingsreductie uit MetaSWAP naar opbrengstderving (kg/ha) en beregeningskosten (euro) voor 16 Nederlandse

gewastypes. De Prijstool vertaalt deze gegevens vervolgens in een economisch effect, rekening houdend met verandering van prijzen als gevolg van schaarste op de markt.

Voor deze studie is enkel het effect van droogte op de landbouwopbrengst berekend, het effect van zout is niet meegenomen door het ontbreken van modelresultaten. Onderwaterdrainage kan verzilting in naastgelegen diepe polders wel verhogen (Erkens et al, 2019).

De eenvoudige effectrelatie scheepvaart is gebaseerd op de Effectmodule Scheepvaart die bestaat uit BIVAS en een economische module ontwikkeld door Ecorys (2018). Op basis van de resultaten van deze effectmodule zijn metarelaties afgeleid waarmee waterstanden kunnen worden doorvertaald in vaarkosten en achtergebleven vracht. Een toename in vaarkosten en achtergebleven vracht kan worden gezien als schade voor de sector.

2.2 Nul-alternatief, Voorkeurspakket en uitgevoerde berekeningen

Voor Fase II van het Deltaprogramma hebben de zoetwaterregio's gezamenlijk een Voorkeurspakket samengesteld. De hydrologische en economische effecten van dit Voorkeurspakket staan beschreven in Mens et al. (2020) en in Stratelligence (2021). Om het effect van het Voorkeurspakket te bepalen wordt het Voorkeurspakket vergeleken met een situatie zonder zoetwatermaatregelen onderdeel van het Deltaprogramma Zoetwater. Deze situatie wordt ook wel het nul-alternatief genoemd. Voor het nul-alternatief worden in deze studie de Basisprognoses gebruikt (Mens et al, 2019).

De berekeningen gebruikt in deze twee studies worden ook in deze studie als basis genomen, waaronder de NWM resultaten, de effectmodules landbouw en scheepvaart aangevuld met berekeningen van de regioscan zoetwater. Aanvullende zijn een viertal extra berekeningen uitgevoerd om de effecten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging te bepalen ten opzicht van het nul-alternatief en ten opzichte van het Voorkeurspakket (VP). De analyses zijn uitgevoerd voor de Referentie situatie (Ref2017) en het scenario Stoom2050 in het zichtjaar 2050 (Stoom2050).

In onderstaande tabel zijn de gebruikte en uitgevoerde berekeningen weergegeven.

Tabel 2.1 Gebruikte en uitgevoerde berekeningen.

	Nulalternatief	**Voorkeurspakket**	**OWD**	**VP-OWD**
Referentie	Mens et al. (2019)	Mens et al. (2020)	Deze studie	Deze studie
Stoom2050	Mens et al. (2019)	Mens et al. (2020)	Deze studie	Deze studie

2.3 Schematisatie onderwaterdrainage en passieve peilstijging

In het model zijn twee maatregelen geïmplementeerd:

1. Onderwaterdrainage
2. Passieve peilstijging.

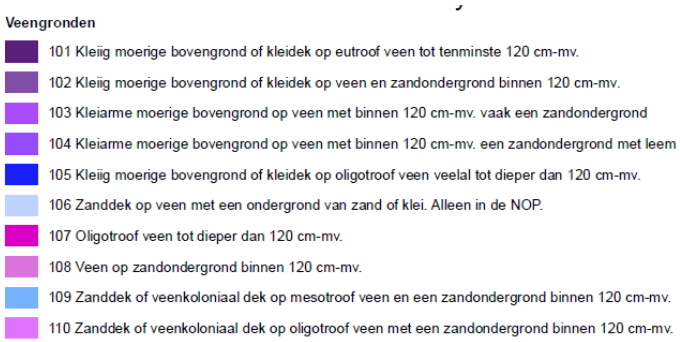
Onderwaterdrainage

Voor de schematisatie van onderwaterdrainage in het LHM is gebruik gemaakt van eerdere berekeningen aan onderwaterdrainage naar de effecten op de op de regionale watervraag (Rozemeijer *et al.*, 2019) en het effect op de landelijke knelpunten van het Deltaprogramma Zoetwater (Hunink, 2019b). De onderwaterdrainage wordt in het model toegepast in alle

agrarische gebieden met een veenbodem en een maximale drooglegging van 60 cm. Deze waarde is gebaseerd op basis van onderzoeken waaruit blijkt dat de aanleg van onderwaterdrainage bij een drooglegging dieper dan 60 cm minder effectief is (Deltafact, 2018).

De potentiele locaties van de onderwaterdrainage worden afgeleid op basis van de volgende uitgangspunten:

- Veen in de ondergrond (bodemcode 101 t/m 105), zie Figuur 2.3.
- Landgebruik is agrarisch
- Drooglegging tussen 35 en 60 centimeter op basis van de berekende drooglegging in het scenario Stoom2050 met passieve peilstijging.



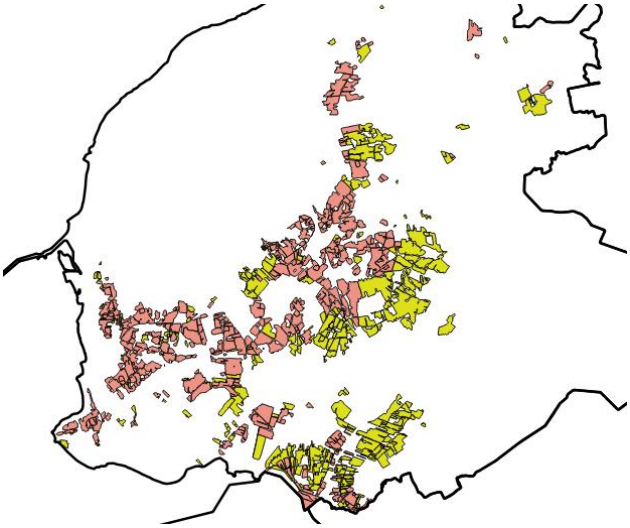
Figuur 2.1 Legenda veengronden bodemkaart (BOFEK 2012)

De onderwaterdrainage is in het model geïmplementeerd als extra waterloop systeem in het MODFLOW model. De peilen van de onderwaterdrainage zijn gebaseerd op de peilen van het regionale systeem op die locatie. Eventuele buisdrainage die al aanwezig is in het model op deze locaties is niet verwijderd.

Passieve peilstijging

Naast onderwaterdrainage wordt er in het scenario Stoom2050 ook passieve peilstijging toegepast. Bij passieve peilstijging daalt het peil van het oppervlaktewater niet meer mee met de bodemdaling waardoor de drooglegging verminderd. De passieve peilstijging is toegepast in veengronden (zie Figuur 2.3) met agrarisch landgebruik waar bodemdaling plaatsvind. Passieve peilstijging is ook doorgevoerd in de gebieden waar onderwaterdrainage is toegepast.

Figuur 2.3 toont de locaties waarop onderwaterdrainage en passieve peilstijging is toegepast. Ten slotte is een aantal actieve peilverhogingen in Friesland meegenomen zoals deze door het Wetterskip zijn vastgesteld (Figuur 2.2). Deze vallen in deze rapportage verder onder de noemer passieve peilstijging. Tabel 2.2 toont per regio het areaal landbouwgrond waar onderwaterdrainage is toegepast en het areaal landbouwgrond waar aanvullend passieve peilstijging is toegepast in het scenario Stoom2050.

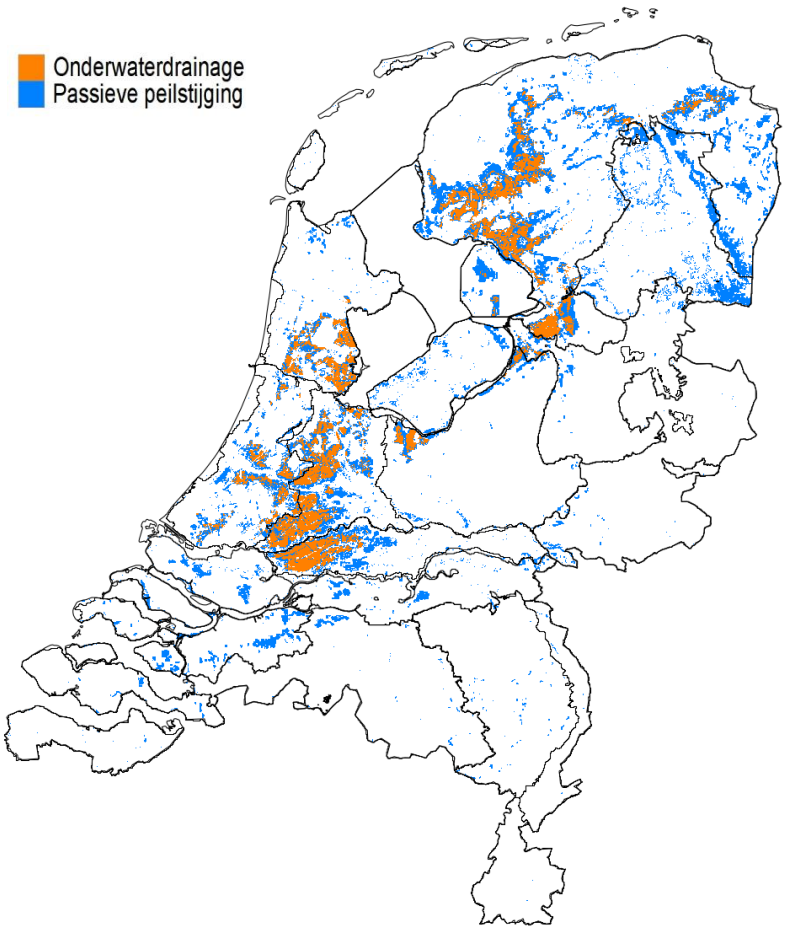


Figuur 2.2 Peilverhoging Wetterskip Fryslan, actieve (roze) en passieve (oranje) peilverhoging.

De schematisatie van de onderwaterdrainage en passieve peilstijging in het modelinstrument wordt in meer detail beschreven in Hunink (2019a).

Bodemdaling

Verwacht wordt dat onderwaterdrainage en passieve peilstijging de snelheid van de bodemdaling beperkt (Born et al, 2016). Hierom is voor het scenario Stoom2050 de bodemdaling in de gebieden waar onderwaterdrainage en passieve peilstijging is toegepast gehalveerd.



Figuur 2.3 Locaties waar onderwaterdrainage is toegepast (oranje) en waar passieve peilstijging in het model is toegepast (blauw en oranje).

Tabel 2.2 Het areaal landbouwgrond waar onderwaterdrainage en passieve peilstijging is toegepast, per regio en voor Nederland totaal.

Hoofdregio's	Deelregio's	Onderwater-drainage (ha)	% van totaal areaal	Passieve peilstijging (ha)	% van totaal areaal
Hoge Zandgronden	Zuidelijk zandgebied - MLNBK	0	0%	1738	1%
	Zuidelijk zandgebied - overige	0	0%	3344	1%
	Centrale hoge zandgebieden	4894	2%	14300	6%
	Oostelijk zandgebied	0	0%	2438	1%
	Zuid-Limburg	0	0%	19	0%
Voorzieningengebied Bovenrivieren	Rivierengebied - noord	15550	15%	32294	30%
	Rivierengebied - zuid	6	0%	5544	5%
	Midden West Nederland - niet extern verzilt	32100	23%	61850	44%
Voorzieningengebied IJsselmeer/Markermeer	Fries Gronings kustgebied	52363	8%	154813	23%
	Noord Holland	15619	9%	27844	16%
	IJsselmeerpolders	788	1%	14856	10%
	IJssel-Vecht	1163	1%	7006	4%
	Drents plateau	388	0%	34238	15%
Voorzieningengebied Benedenrivieren	Midden West Nederland - extern verzilt	11913	7%	34988	22%
	Zuid Westelijk estuariumgebied - met aanvoer	0	0%	15769	9%
Zuidwestelijke Delta	Zuid Westelijk estuariumgebied - zonder aanvoer	0	0%	2738	2%

Tabel 2.3 Het areaal landbouwgrond waar onderwaterdrainage en passieve peilstijging is toegepast, per hoofdregio.

Deelregio's	Onderwaterdrainage (ha)	% van totaal areaal	Passieve peilverhoging (ha)	% van totaal areaal
Hoge Zandgronden	4894	0%	21838	2%
Voorzieningengebied Bovenrivieren	47656	13%	99688	28%
Voorzieningengebied IJsselmeer/Markermeer	70319	5%	238756	17%
Voorzieningengebied Benedenrivieren	11913	4%	50756	15%
Zuidwestelijke Delta	0	0%	0	0%

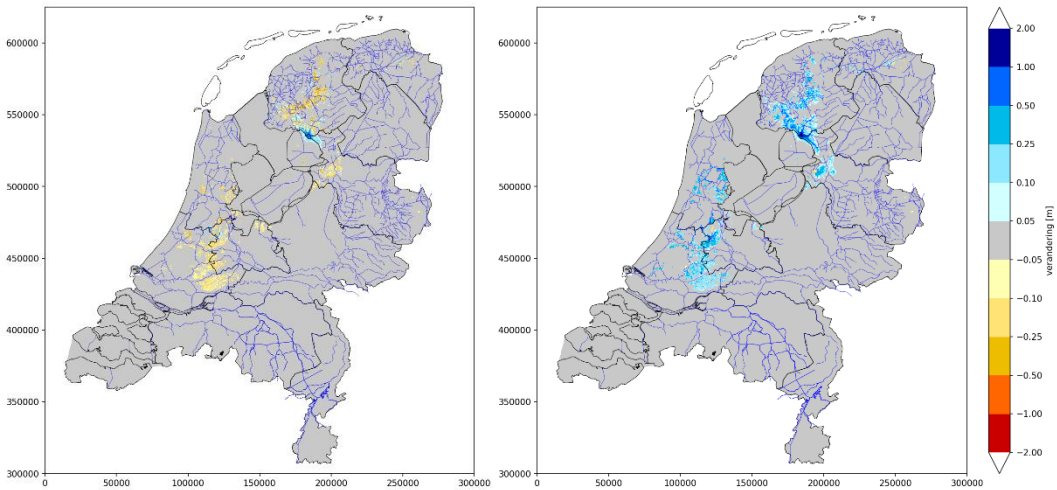
3 Wat is het effect van OWD op de watervraag, watertekorten, landbouwrisico en scheepvaartkosten?

Dit hoofdstuk beschrijft de hydrologische en economische effecten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging ten opzichte van het nul-alternatief. Het nul-alternatief is de situatie zonder zoetwatermaatregelen van het Deltaprogramma Zoetwater. Hiervoor wordt in deze analyse gebruik gemaakt van de Deltascenario's Ref2017 en Stoom2050.

3.1 Grondwaterstanden

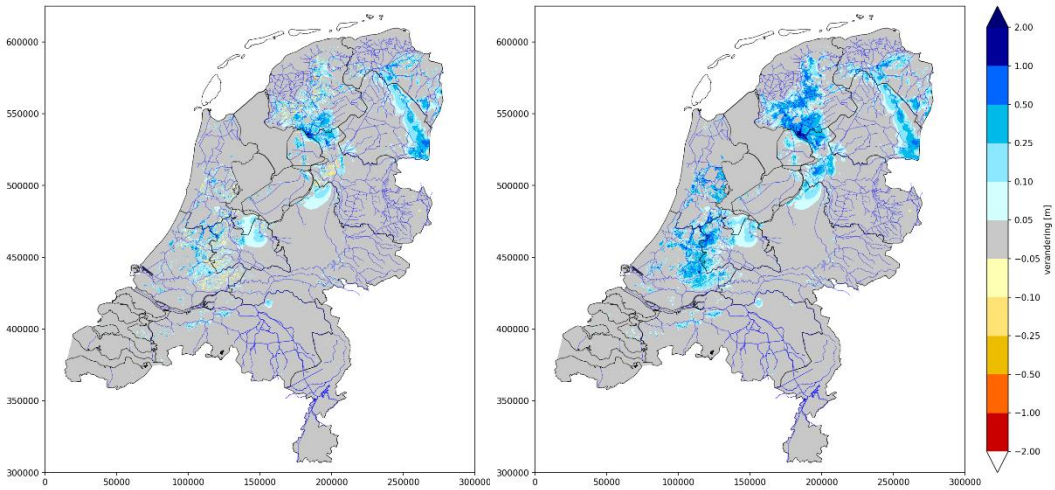
De onderwaterdrainage zorgt voor een toename van de infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar het grondwatersysteem. Hierdoor stijgen de lage grondwaterstanden in de gebieden waar onderwaterdrainage is toegepast. Dit is goed te zien in Figuur 3.1 waar de verandering van de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) is getoond in het scenario Ref2017. De GLG stijgt in de gebieden waar onderwaterdrainage wordt toegepast. Deze stijging kan oplopen tot 25 tot 50 cm. Door een intensiever drainagesysteem is het mogelijk dat de hoge grondwaterstanden dalen, dit is terug te zien in de verandering van de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) in Figuur 3.1.

In Figuur 3.2 is de verandering van de GHG en GLG als gevolg van de onderwaterdrainage en de passieve peilstijging weergegeven voor het scenario Stoom2050. De berekende effecten op de GLG zijn groter dan in de Ref2017 situatie. Dit wordt veroorzaakt door een extra ruimtelijk effect als gevolg van de passieve peilstijging wat is doorgevoerd over een groter oppervlak dan onderwaterdrainage. Daarnaast is de drooglegging van de onderwaterdrainage minder groot in het scenario Stoom2050 omdat ook in de gebieden met onderwaterdrainage passieve pijlstijging heeft plaatsgevonden. Als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging kan de GLG over een groot areaal met meer dan 25cm hoger worden. In Stoom2050 stijgt ook de GHG als gevolg van de passieve peilstijging. Lokaal is nog wel een daling van de GHG mogelijk door extra drainage in de winter.



Figuur 3.1 Verandering van de GHG (links) en GLG[1] (rechts) over de periode 1930-2011 als gevolg van onderwaterdrainage in Ref2017.

[1] De GHG en GLG is bepaald over de periode 1930-2011. Deze periode is gekozen om het geen effect van het inspelen van de maatregelen meer mee te nemen in de GHG en GLG.



Figuur 3.2 Verandering van de GHG (links) en GLG (rechts) over de periode 1930-2011 als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in Stoom2050.

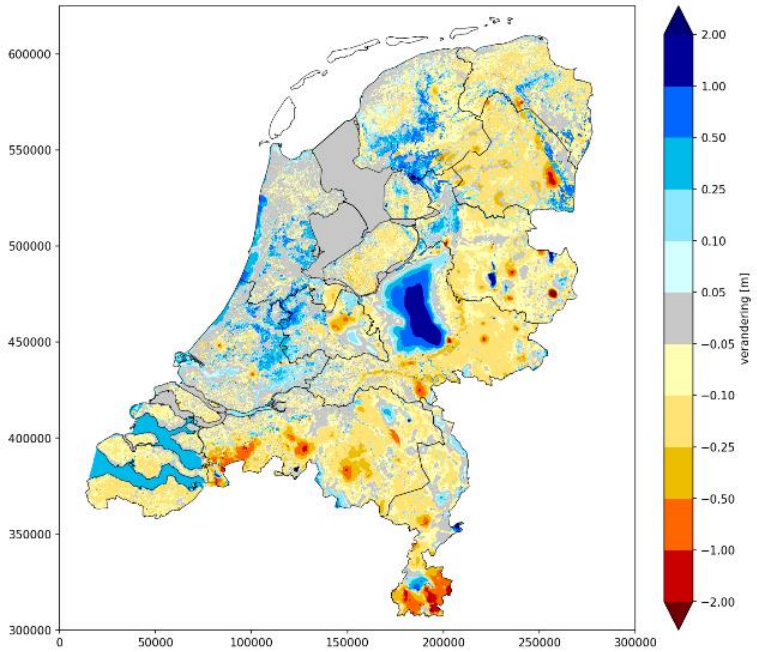
Figuur 3.3 laat de verandering van de GLG zien tussen nu (nul-alternatief Ref2017) en scenario Stoom2050 als ook onderwaterdrainage en passieve peilstijging wordt uitgevoerd. De maatregelen onderwaterdrainage en passieve peilstijging kunnen de daling van de gemiddeld laagste grondwaterstanden als gevolg van het Stoom2050 scenario compenseren en zelfs omzetten in een stijging.

De GLG en GHG beschrijven een langjarig gemiddelde grondwaterstand. De verandering per jaar kan door het neerslagoverschot en de waterbeschikbaarheid verschillen. In Figuur 3.4 en Figuur 3.5 is voor twee gebieden de Laagste Grondwaterstand[2] LG3 en de verandering van de LG3 per jaar als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging weergegeven. Hierin valt op dat de LG3 per jaar sterk kan verschillen als gevolg van het variërende neerslagoverschot.

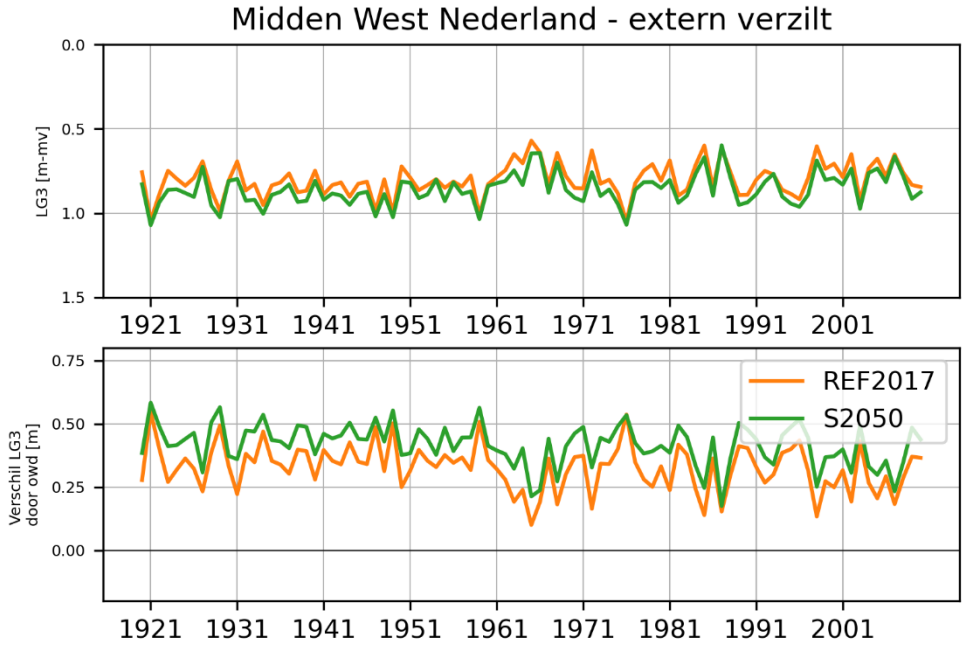
De onderwaterdrainage en passieve peilstijging zorgen ook in de extreme jaren voor een verhoging van de LG3 ten opzichte van Ref2017. Het effect is in droge jaren vaak het grootst omdat de grondwaterstanden in die jaren het meest kunnen stijgen. De absolute grondwaterstand is in deze jaren echter nog steeds lager dan gemiddeld, ook na implementatie van de maatregelen. Dit wordt veroorzaakt doordat de grondwaterstanden tussen de drainagebuizen bij droge jaren alsnog uit zakken door de verdamping. Er kan dan niet voldoende water door de bodem stromen om de verdamping te compenseren. Ook treden er juist in de extreem droge jaren tekorten op in het oppervlaktewater waardoor de extra watervraag voor onderwaterdrainage niet geleverd kan worden en de maatregel dus maximaal effectief is.

In de jaren met hoge grondwaterstanden stijgt de grondwaterstand als gevolg van de onderwaterdrainage minder dan in droge jaren. Dit komt omdat de stijging bij hoge grondwaterstanden wordt beperkt omdat de grondwaterstanden worden afgetopt door (maaiveld)drainage op het perceel. In droge jaren hebben de maatregelen wel meer effect dan gemiddeld, maar is de stijging niet voldoende om de lage grondwaterstanden te compenseren. Dit betekent dat ook met onderwaterdrainage en passieve peilstijging de grondwaterstanden in de droge jaren dieper uit kunnen zakken dan in gemiddelde jaren.

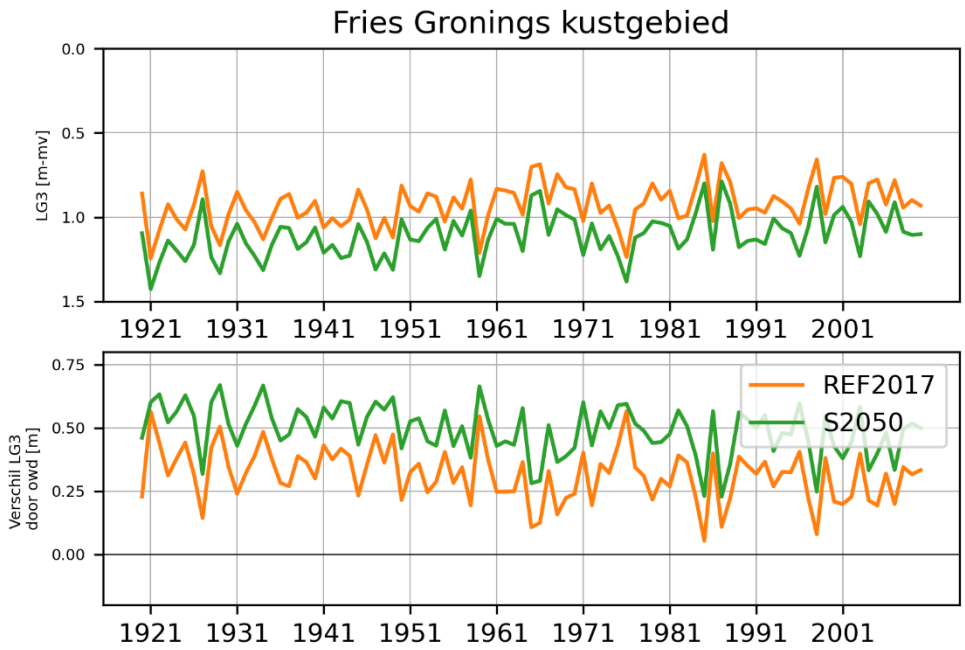
[2] De Laagste Grondwaterstand is het gemiddelde van de 3 laagste grondwaterstanden per jaar berekend op de 14e en 28e van de maand. Het is dus de jaarlijkse equivalent van de GLG.



Figuur 3.3 Verandering van de GLG tussen Ref2017 zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging en Stoom2050 inclusief onderwaterdrainage en passieve peilstijging.



Figuur 3.4 De gemiddelde LG3 voor het oppervlak waar onderwaterdrainage is toegepast in Midden West Nederland – extern verzilt voor de scenario's Ref2017 en Stoom2050. Boven de LG3 t.o.v. maaiveld, onder de verandering van de LG3 als gevolg van het toepassen van OWD en passieve peilstijging in het scenario.



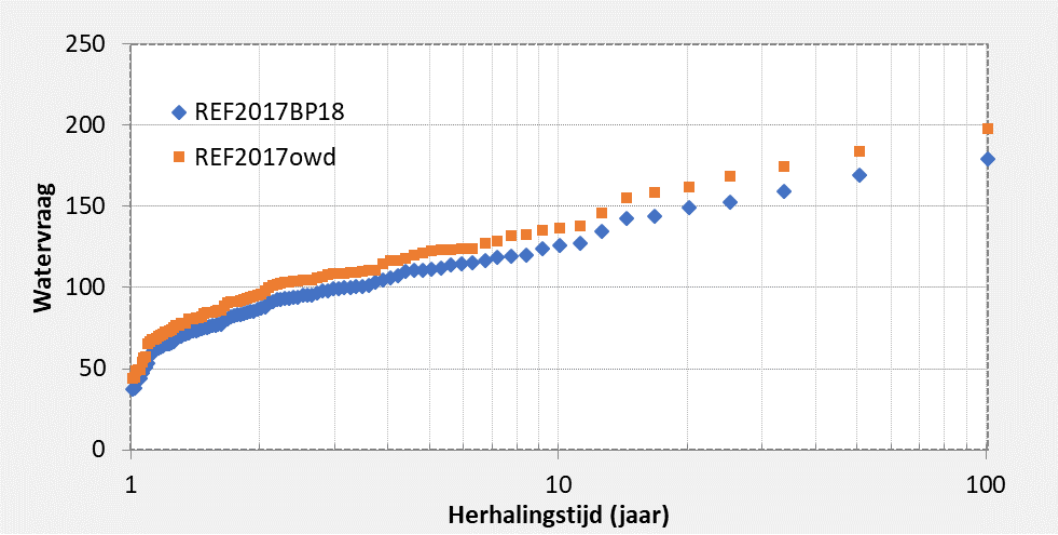
Figuur 3.5 De gemiddelde LG3 op locaties waar onderwaterdrainage kan is toegepast in Fries Gronings kustgebied voor de scenario Ref2017 en Stoom2050. Boven de LG3 t.o.v. maaiveld, onder de verandering van de LG3 als gevolg van het toepassen van OWD en passieve peilstijging in het scenario.

3.2 Watervraag en watertekort

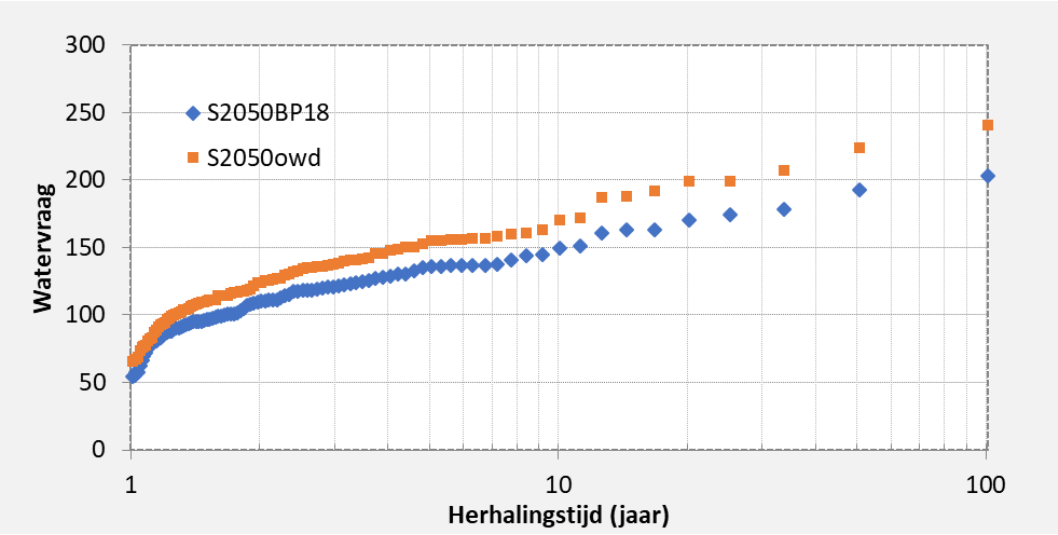
Als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging neemt de watervraag voor peilbeheer toe. In Tabel A.1 is de verandering van de watervraag voor de zoetwaterregio's weergegeven. Omdat onderwaterdrainage en passieve peilstijging voornamelijk is toegepast in de Voorzieningsgebieden IJsselmeer, Bovenrivieren en Benedenrivieren wordt voor die gebieden de grootste toename berekend. Deze drie gebieden worden in deze paragraaf apart besproken.

3.2.1 Voorzieningsgebied Benedenrivieren

Binnen het voorzieningsgebied Benedenrivieren wordt onderwaterdrainage en passieve peilstijging alleen toegepast in het gebied Midden West Nederland - extern verzilt. De onderwaterdrainage en passieve peilstijging zorgt voor een toename van de watervraag voor peilbeheer. Voor de regio West Nederland – extern verzilt neemt de totale watervraag als gevolg van de onderwaterdrainage in de Ref2017 gemiddeld toe met 4%. In de situatie Stoom2050 neemt de watervraag toe met gemiddeld 3%. De absolute toename van de watervraag in Stoom2050 is wel groter, namelijk 12 Mm^3 in plaats van 11 Mm^3 in Ref2017. Voor een extreem droog jaar kan de toename in de watervraag stijgen met 6% voor Ref2017 en 7% voor Stoom2050.



Figuur 3.6 Herhalingstijd van de watervraag in miljoen m³ per zomerhalfjaar voor peilbeheer West Nederland, extern verzilt, Ref2017 met en zonder onderwaterdrainage.



Figuur 3.7 Herhalingstijd van de watervraag in miljoen m³ per zomerhalfjaar voor peilbeheer West Nederland, extern verzilt, Stoom2050 met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

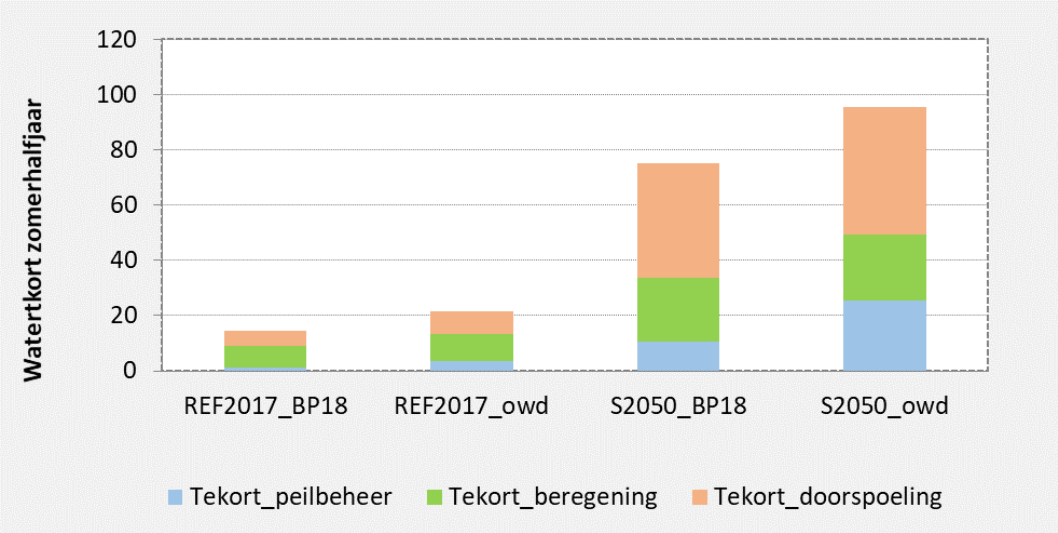
Door onderwaterdrainage en passieve peilstijging neemt de watervraag voor peilbeheer toe. Deze verhoogde watervraag kan niet in zijn geheel geleverd worden (zie Figuur 3.9 en Figuur 3.10) waardoor de tekorten nemen toe nemen. Omdat peilbeheer in veel gebieden een hoge prioriteit heeft, kan er een tekort ontstaan voor doorspoeling en beregening als gevolg van de extra watervraag voor peilbeheer. Dit is duidelijk te zien in Tabel 3.2 en Figuur 3.8 waar de tekorten voor een gemiddelde situatie en extreem droog jaar voor de verschillende gebruikers zijn weergegeven. De berekende tekorten zijn bepaald voor een hele regio. Hierdoor is het mogelijk dat er een tekort voor peilbeheer is, terwijl er in een ander deel van regio nog wel water geleverd kan worden aan beregening of doorspoeling. Hierbij valt op dat de watervraag voor beregening als gevolg van de stijging van de grondwaterstand afneemt. Deze afname van de watervraag voor beregening is het sterkst in het Stoom2050 scenario, waar de stijging van de grondwaterstanden ook het grootst is.

Tabel 3.1 Verandering van de gemiddelde watervraag ten opzichte van het nulalternatief voor het voorzieningsgebied Benedenrivieren. Boven: gemiddeld over 100 jaar, onder: extreem droog jaar 1976.

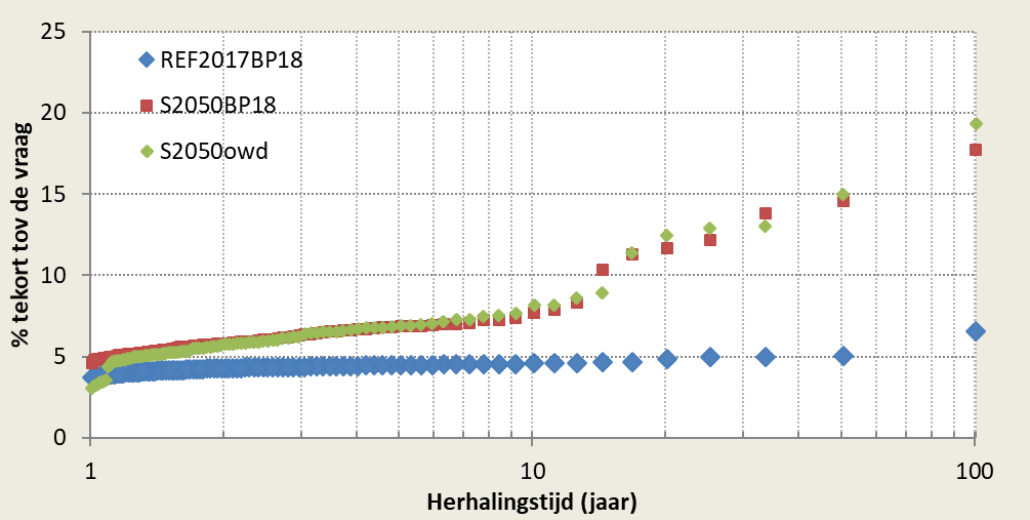
Gemiddeld		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017	owd	427	9.6	2%	9.4	7%	0.0	0%	0.2	1%
S2050	owd	727	13.4	2%	16.6	11%	0.0	0%	-3.2	-5%
Extreem droog jaar		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017	owd	648	18.8	3%	18.8	7%	0.0	0%	0.1	0%
S2050	owd	985	38.7	4%	41.3	14%	0.0	0%	-2.6	-2%

Tabel 3.2 Verandering van het gemiddelde watertekort ten opzichte van het nul-alternatief voor het voorzieningsgebied Benedenrivieren. Boven: gemiddeld over 100 jaar, onder: extreem droog jaar 1976.

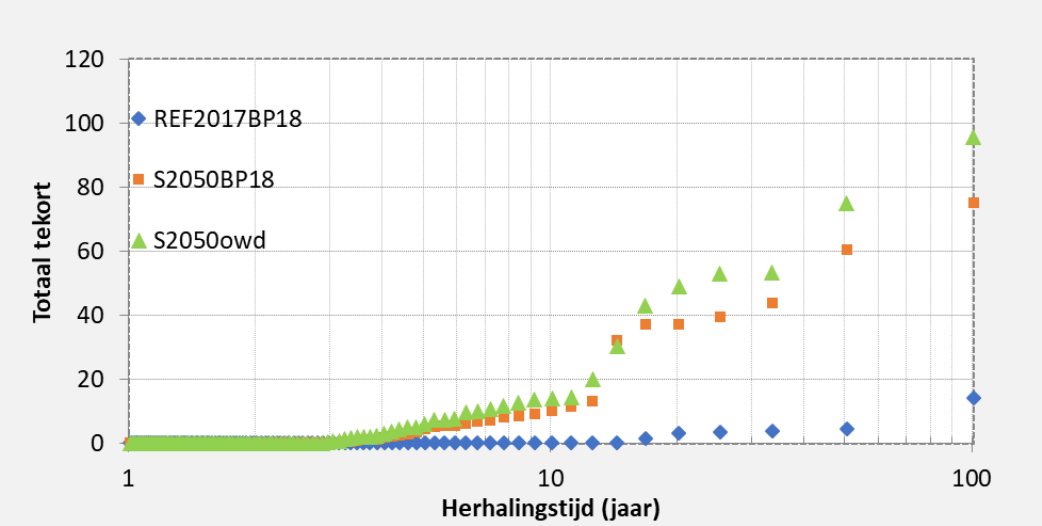
Gemiddeld		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017	owd	18.2	0.2	1%	0.0	5%	0.1	1%	0.1	4%
S2050	owd	45.9	-0.7	-1%	0.7	52%	-0.8	-2%	-0.6	-6%
Extreem droog jaar		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017	owd	48	6.9	17%	2.6	74%	2.3	11%	2.0	12%
S2050	owd	190	22.4	13%	15.5	95%	5.7	6%	1.2	2%



Figuur 3.8 Watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar regio Midden-West Nederland – extern verzilt in een extreem droog jaar (1976) voor peilbeheer, beregening en doorspoeling voor de scenario's Ref2017 en Stoom2050 met een zonder OWD en passieve peilstijging. De hier weergegeven regio is een onderdeel van het voorzieningsgebied Benedenrivieren. Daarom zijn de hier weergegeven getallen anders dan Tabel 3.1 en Tabel 3.2.

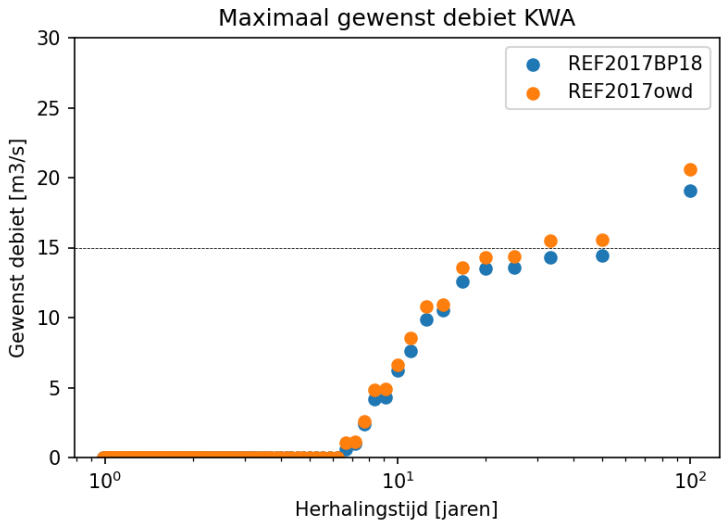


Figuur 3.9 Herhalingstijd van het relatief watertekort regio Midden-West Nederland – extern verzilt. De hier weergegeven regio is een onderdeel van het voorzieningsgebied Benedenrivieren. Daarom zijn de hier weergegeven getallen anders dan Tabel 3.1 en Tabel 3.2..

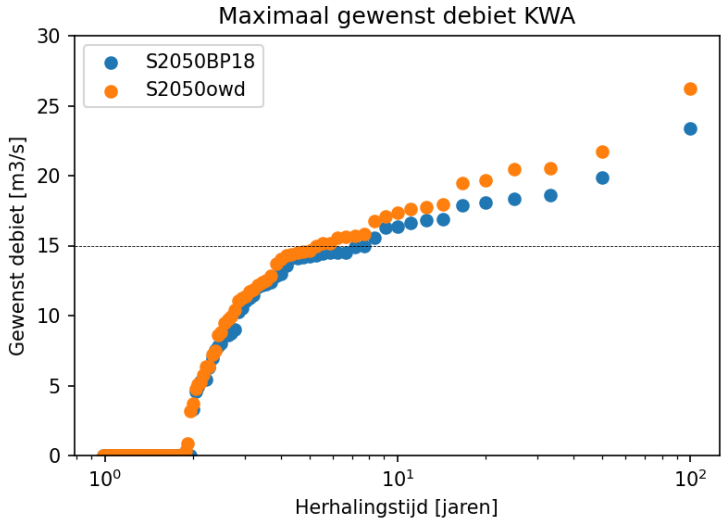


Figuur 3.10 Herhalingstijd van het watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar regio Midden-West Nederland – extern verzilt. De hier weergegeven regio is een onderdeel van het voorzieningsgebied Benedenrivieren. Daarom zijn de hier weergegeven getallen anders dan Tabel 3.1 en Tabel 3.2.

De verhoogde watervraag zorgt ook voor een extra watervraag aan de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA). In het nul-alternatief is voorzien in de uitbreiding van de capaciteit van het KWA 15 m³/s. Voor het aanvoergebied van de KWA is het gewenst debiet bepaald tijdens de inzet van de KWA (zie Figuur 3.11 en Figuur 3.12). Het aantal jaren dat de KWA ingezet wordt verandert niet, omdat de extra onttrekkingen uit het hoofdwatersysteem ten behoeve van onderwaterdrainage en passieve peilstijging geen significant effect zal hebben op de duur van de verzilting van de monding van de Hollandse IJssel. Wel is een duidelijke toename zichtbaar van het gewenste debiet. Deze toename is het sterkst in de droge jaren, omdat in deze jaren de toename van de watervraag voor peilbeheer door de maatregel het grootst is. In Ref2017 wordt er voor 2 extra jaren een debiet boven de 15 m³/s berekend. In Stoom2050 wordt er een gewenst debiet hoger dan 15 m³/s berekend voor meerdere jaren. Als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging neemt het aantal jaren waar deze waarde wordt overschreden toe met circa 6 jaren. Het gewenst debiet neemt in de jaren dat de KWA actief is daarbij sterk toe, waardoor de tekorten voor beregening en doorspoeling in het aanvoergebied van de KWA groter worden.



Figuur 3.11 Herhalingstijd van het maximaal gewenst debiet over de KWA-route wanneer de KWA actief is, voor Ref2017 en Ref2017 inclusief onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

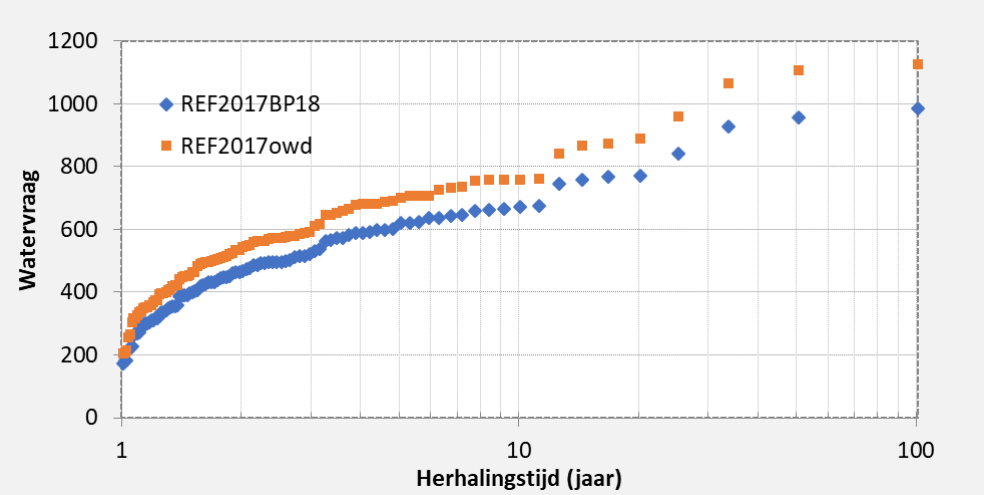


Figuur 3.12 Herhalingstijd van het maximaal gewenst debiet over de KWA-route, wanneer de KWA actief is voor Stoom2050 en Stoom2050 inclusief onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

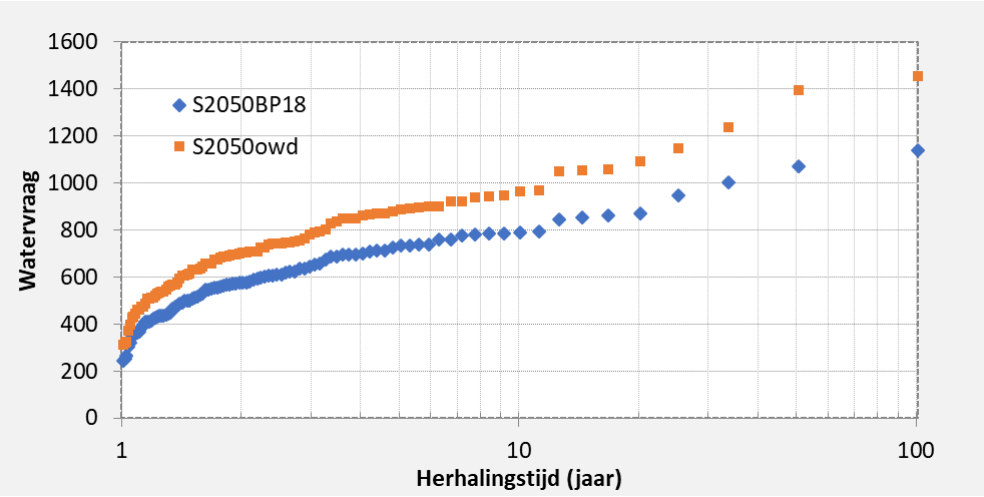
3.2.2 Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer

Binnen het voorzieningsgebied van het IJsselmeer/Markermeer wordt voornamelijk in het Fries Gronings kustgebied en Noord Holland Noord onderwaterdrainage in het model geschematiseerd, in de overige gebieden is wel sprake van een passieve peilstijging in het scenario Stoom2050. De watervraag voor peilbeheer neemt toe in alle jaren in zowel Ref2017 als Stoom2050 (Figuur 3.13 en Figuur 3.14). De gemiddelde toename van de totale watervraag is in Ref2017 7% en in het Stoom2050 scenario 6% ten opzichte van het nul-alternatief. De verhoogde grondwaterstanden zorgen aan de andere kant ook voor een afname van de beregeningsvraag. Dit treed voornamelijk op in het scenario Stoom2050 waar door de maatregelen de beregeningsvraag met 8% afneemt. De totale watervraag gaat door de toename van de watervraag voor peilbeheer alsnog wel omhoog.

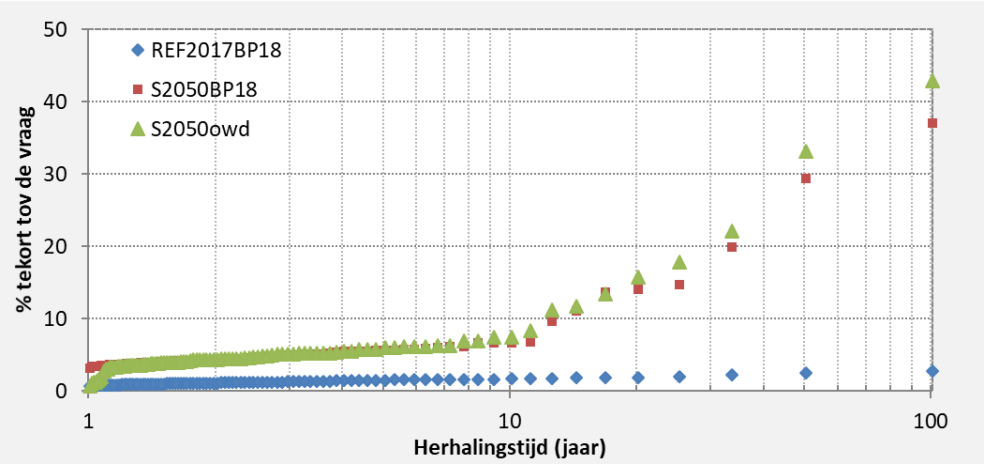
De toegenomen watervraag kan in de Ref2017 situatie voor bijna alle jaren geleverd worden, waarbij in de droge jaren (droger dan 1 / 30 jaar) er een toename van het beregenings en doorspoeltekort wordt berekend met circa 18 Mm^3 per zomerhalfjaar (Tabel 3.4). In het Stoom2050 scenario treden er extra tekorten op vanaf een herhalingstijd van 20 jaar (Figuur 3.15 en Figuur 3.16). De gemiddelde toename van het tekort ten opzichte van het nul-alternatief is 10%. In een extreem droog jaar nemen de tekorten toe met 27% (Tabel 3.4).



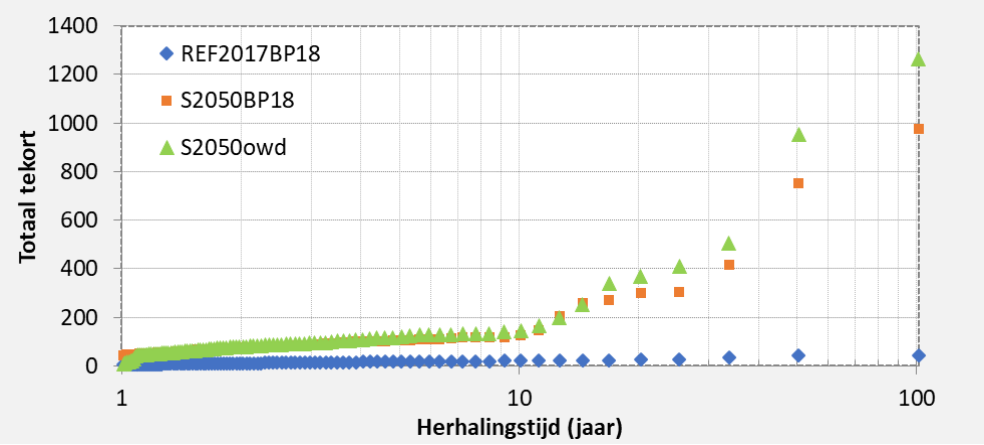
Figuur 3.13 Herhalingstijd van de watervraag peilbeheer in miljoen m³/zomerhalfjaar voor voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer voor Ref2017 en Ref2017OWD



Figuur 3.14 Herhalingstijd van de watervraag peilbeheer in miljoen m³/zomerhalfjaar voor voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer voor Stoom2050 en Stoom2050OWD.



Figuur 3.15 Herhalingstijd van het watertekort voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer.



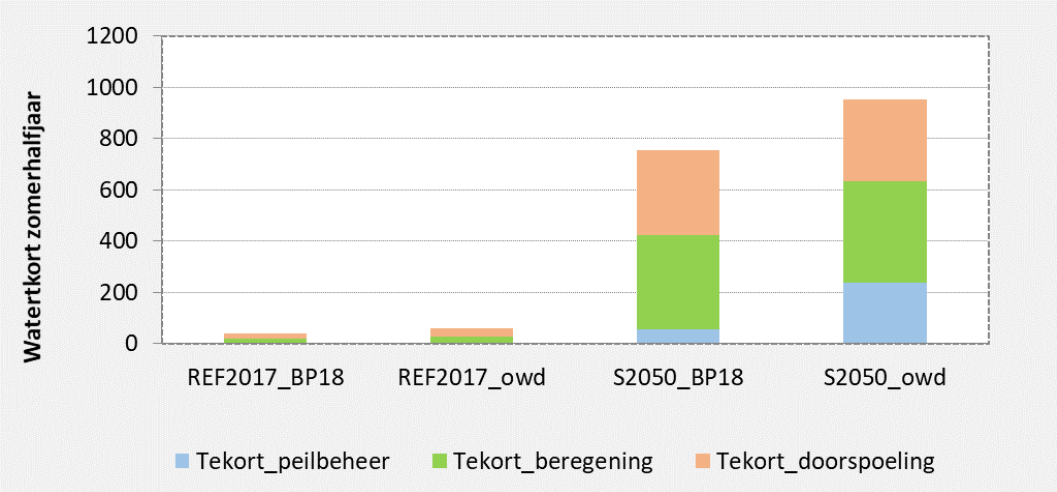
Figuur 3.16 Herhalingstijd van het watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar voor voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer.

Tabel 3.3 Verandering van de gemiddelde watervraag ten opzichte van het nulalternatief voor het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer. Boven: gemiddeld over 100 jaar, onder: extreem droog jaar 1976.

Gemiddeld		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm³/jaar	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%
REF2017	owd	1097	72.1	7%	73.3	15%	0.0	0%	-1.2	-1%
S2050	owd	1800	111.7	7%	129.8	22%	0.0	0%	-18.1	-8%
Extreem droog jaar		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm³	Mm³	%	Mm³	%	Mm³	%	Mm³	%
REF2017	owd	1809	147.0	9%	147.8	15%	0.0	0%	-0.8	0%
S2050	owd	2873	311.8	12%	322.8	30%	0.0	0%	-11.0	-2%

Tabel 3.4 Verandering van het gemiddelde watertekort ten opzichte van het nulalternatief voor het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer. Boven: gemiddeld over 100 jaar, onder: extreem droog jaar 1976.

Gemiddeld		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm³/jaar	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%
REF2017	owd	13.5	0.5	4%	0.0	1%	0.4	5%	0.1	2%
S2050	owd	113.6	10.1	10%	6.0	166%	0.4	1%	3.7	14%
Extreem droog jaar		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm³/jaar	Mm³	%	Mm³	%	Mm³	%	Mm³	%
REF2017	owd	60	18.5	44%	0.0	0%	10.7	51%	7.8	42%
S2050	owd	954	200.2	27%	184.8	336%	-10.0	-3%	25.5	7%



Figuur 3.17 Watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar peilbeheer, beregening en doorspoeling in een extreem droog jaar (1976) voor het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer voor de scenario's Ref2017 en Stoom2050 met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

De verhoogde watervraag heeft tot gevolg dat de IJsselmeerbuffer vaker benut gaat worden. In Tabel 3.5 is het buffergebruik van het IJsselmeer voor de situatie zonder en met onderwaterdrainage en passieve peilstijging weergegeven. Het buffergebruik is bepaald door per jaar voor de zomerperiode het maximale verschil te bepalen tussen het berekende peil en het streefpeil van -0.1 m NAP [3]. In het model kunnen de eerste beperkingen in de waterlevering optreden bij een buffergebruik groter dan 20 centimeter , zoals korten op de levering voor beregening en enkele doorspoeldebieten met lage prioriteit. Vanaf 30 cm buffergebruik wordt de waterlevering naar alle gebruikers gekort. De toename van het buffergebruik in het scenario Ref2017 treedt vooral op voor een buffergebruik kleiner dan 20 cm. . In het scenario Stoom2050 neemt het buffergebruik vooral toe in de range van 5-10 cm.

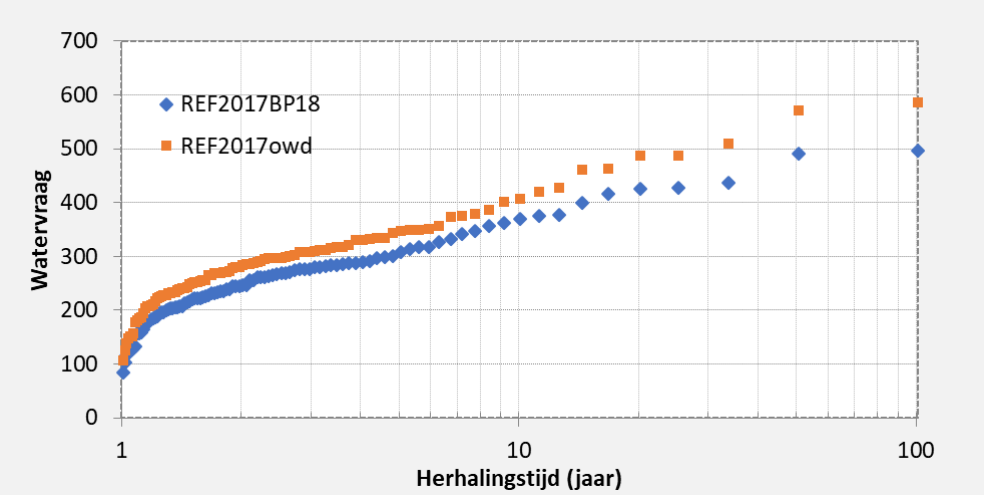
Tabel 3.5 Aantal jaren dat in het zomerhalfjaar het peil meer uitzakt dan het streefpeil (bepaald over de periode 1911-2011). Een buffergebruik > 20cm betekent dat het peil verder uitzakt dan -0,30m NAP.

Scenario	> 5 cm	> 10 cm	> 20 cm	> 30 cm
REF2017BP18	4	2	1	0
REF2017owd	6	2	2	0
S2050BP18	20	13	5	1
S2050owd	26	13	7	2

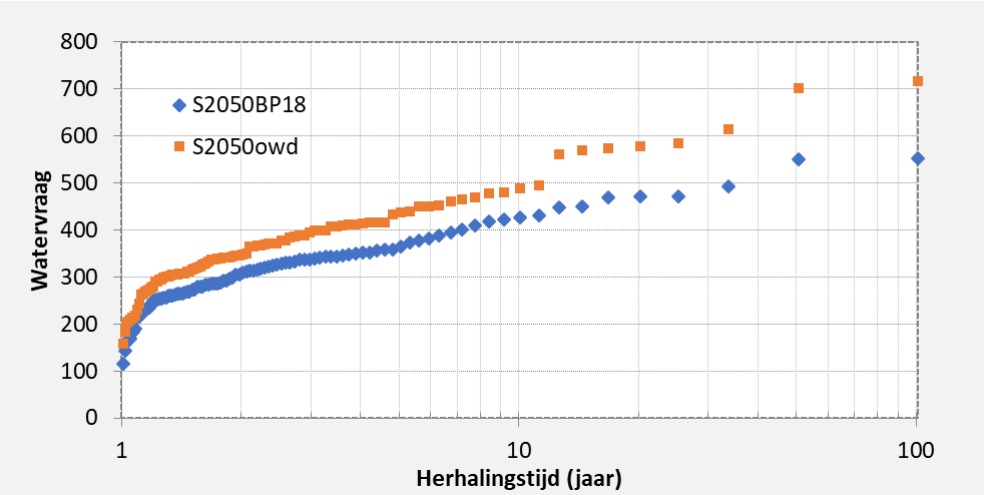
3.2.3 Voorzieningsgebied Bovenrivieren

In het voorzieningsgebied Bovenrivieren neemt als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging de totale watervraag gemiddeld toe met 6% in het scenario Ref2017 en 9% in het scenario Stoom2050. Als gevolg van de hogere grondwaterstanden neemt in het Stoom2050 scenario de watervraag voor beregening met 10% af. Deze stijging van de grondwaterstanden wordt veroorzaakt door zowel de onderwaterdrainage als de passieve peilstijging in dit gebied.

[3] Het werkelijke streefpeil in het IJsselmeer is -0,2 m NAP. In het model wordt uitgegaan van een peilopzet in de zomer naar -0,10 m NAP op het tijdelijk opzetten van het peil te modelleren.



Figuur 3.18 Herhalingstijd van de watervraag peilbeheer in miljoen m³/zomerhalfjaar voor het voorzieningsgebied Bovenrivieren voor het scenario Ref2017 en Ref2017OWD.



Figuur 3.19 Herhalingstijd van de watervraag voor peilbeheer in miljoen m³/zomerhalfjaar voor het voorzieningsgebied Bovenrivieren voor het scenario Stoom2050 en Stoom2050OWD.

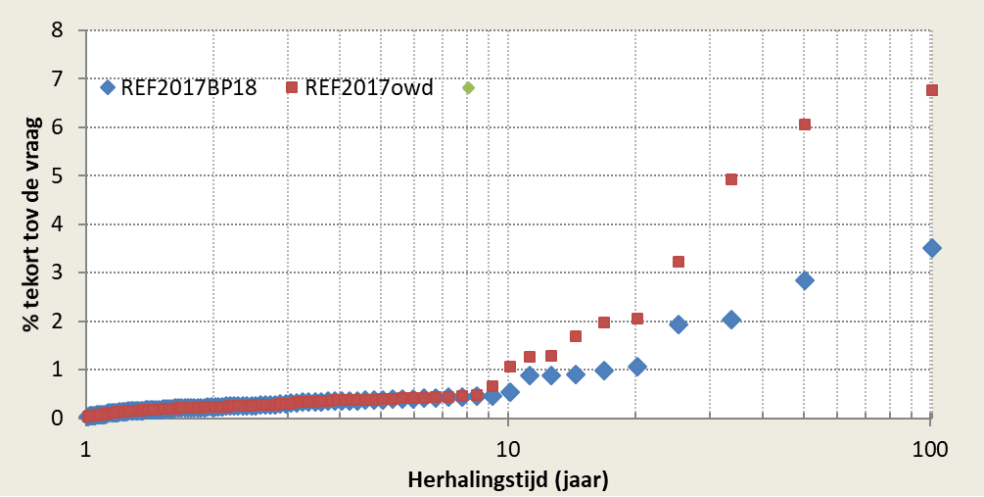
Tabel 3.6 Verandering van de gemiddelde watervraag ten opzichte van het nul-alternatief voor het voorzieningsgebied Bovenrivieren. Boven: gemiddeld over 100 jaar, onder: extreem droog jaar 1976.

		Watervraag	Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van het nulalternatief							
Gemiddeld		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm³/jaar	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%	Mm³/jaar	%
REF2017	owd	619	34.8	6%	34.6	14%	0.0	0%	0.1	1%
S2050	owd	595	49.0	9%	54.7	18%	0.0	0%	-5.7	-10%
Extreem droog jaar		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm³	Mm³	%	Mm³	%	Mm³	%	Mm³	%
REF2017	owd	969	90.2	10%	90.5	18%	0.0	0%	-0.3	0%
S2050	owd	1025	148.7	17%	151.8	28%	0.0	0%	-3.1	-2%

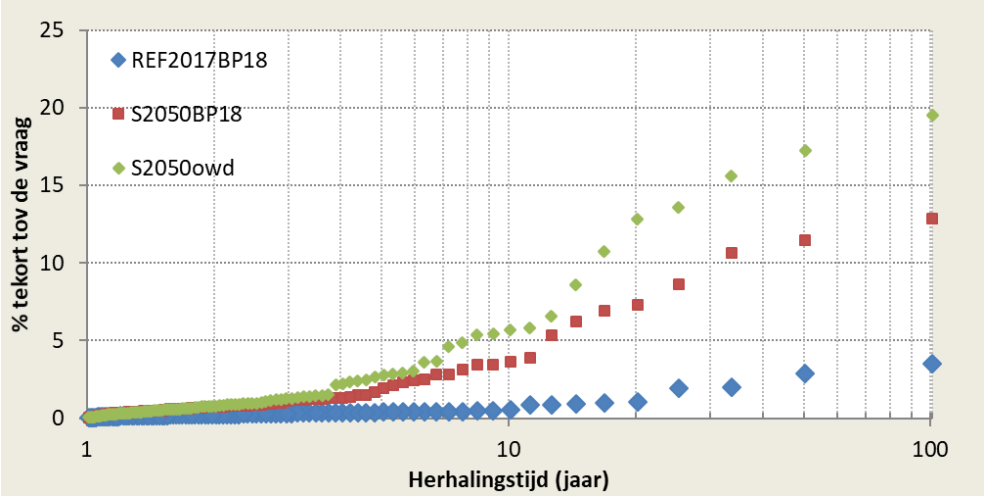
De extra watervraag kan niet voor alle jaren geleverd worden. Vanaf de jaren met een herhalingstijd van 10 jaar nemen de berekende tekorten in het Ref2017 scenario bij implementatie van onderwaterdrainage toe. In het scenario Stoom2050 treden ook bij meer gemiddelde jaren met herhalingstijden kleiner dan 10 jaar al extra tekorten op. De verdeling van de tekorten in een extreem droog jaar is weergegeven in Figuur 3.23. Ondanks dat peilbeheer in veel gebieden een hoge prioriteit heeft, ontstaat er een groot tekort voor peilbeheer. Dit kan in dit gebied verklaard worden doordat de extra watervraag als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in de gebieden zijn met de hoge vraag voor beregening en doorspoeling.

Tabel 3.7 Verandering van het gemiddelde watertekort ten opzichte van het nulalternatief voor het voorzieningsgebied Bovenrivieren. Boven: gemiddeld over 100 jaar, onder: extreem droog jaar 1976.

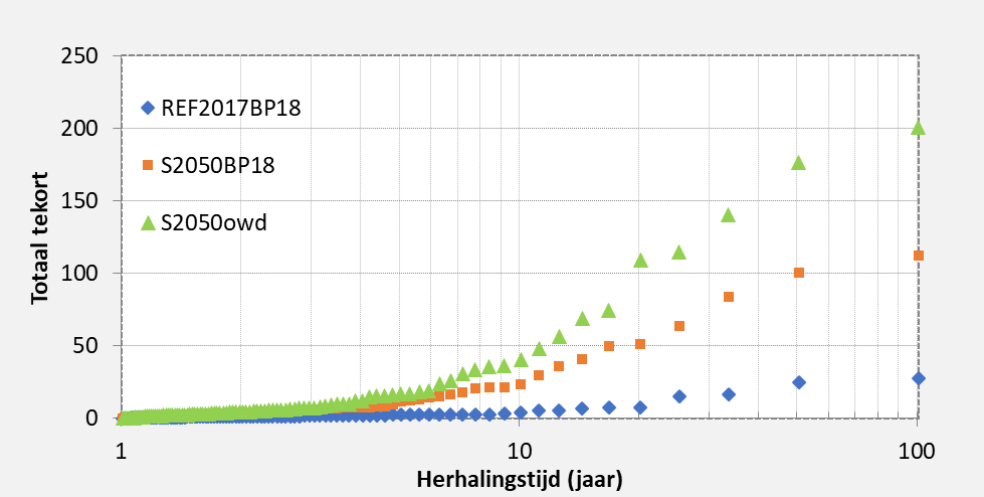
Gemiddeld		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017	owd	4.0	1.5	63%	1.4	183%	0.0	4%	0.1	8%
S2050	owd	16.5	6.2	59%	6.3	128%	-0.1	-18%	0.0	-1%
Extreem droog jaar		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van het nulalternatief**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017	owd	59	33.7	135%	32.9	202%	0.0	0%	0.8	9%
S2050	owd	177	76.5	76%	71.1	144%	-1.4	-30%	6.8	15%



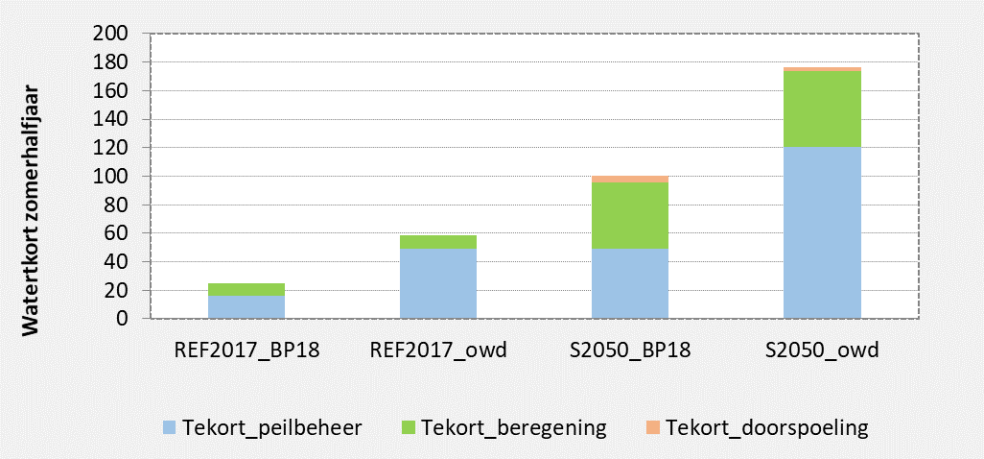
Figuur 3.20 Herhalingstijd van het watertekort (in % van de vraag) voorzieningsgebied Bovenrivieren.



Figuur 3.21 Herhalingstijd van het relatief watertekort (in % van de vraag) voorzieningsgebied Bovenrivieren.



Figuur 3.22 Herhalingstijd van watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar voor voorzieningsgebied Bovenrivieren.



Figuur 3.23 Watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar peilbeheer, beregening en doorspoeling in een extreem droog jaar (1976) voor het voorzieningsgebied Bovenrivieren voor de scenario's Ref2017 en Stoom2050 met een zonder maatregelen.

3.3 Droogterisico Landbouw

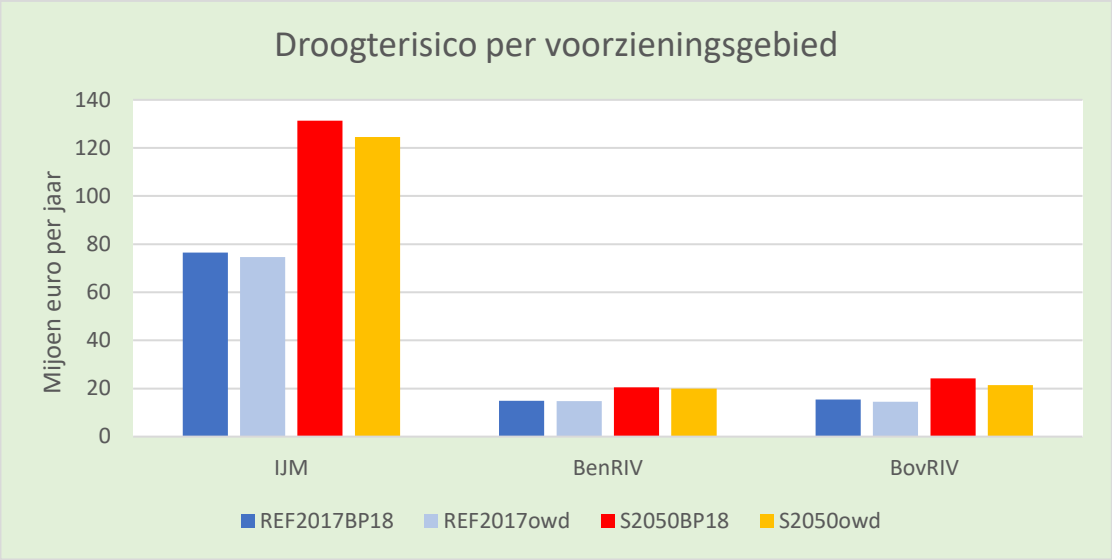
Onderwaterdrainage en passieve peilstijging hebben naar verwachting effect op het droogterisico van de landbouw (zie Figuur 1.3). De toegenomen landbouwopbrengst door betere bodemvochtcondities en de afname van de beregeningskosten leiden mogelijk tot een afname van het droogterisico (zie paragraaf 1.3.1. voor een definitie van het droogterisico), terwijl de verbeterde drainage het risico op wateroverlast voor de landbouw verminderd. Het risico op wateroverlast voor de landbouw wordt in deze studie niet gekwantificeerd.

Naast het effect op bodemvochtcondities, heeft onderwaterdrainage een effect op de watertekorten in droge tot extreem droge jaren. Dit wordt veroorzaakt doordat watertekorten eerder optreden door de toegenomen vraag van onderwaterdrainage, waardoor er ook eerder beregeningstekorten optreden. Het droogterisico kan in (extreem) droge jaren daardoor toenemen, deze toename is vooral te verwachten op (vanuit oppervlaktewater) beregende percelen. De volgende paragrafen beschrijven het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het droogterisico voor de landbouw per voorzieningsgebied en gewas.

3.3.1 Effect op droogterisico landbouw per voorzieningsgebied en type gewas

Figuur 3.24 laat zien dat de verbeterde bodemvochtcondities een groter effect hebben op het droogterisico voor de landbouw dan de toename van de beregeningstekorten in droge jaren. In totaal zorgt onderwaterdrainage en passieve peilstijging voor een daling van het droogterisico voor de landbouw van bijna 3 miljoen euro per jaar in het Ref2017 scenario en ongeveer 9.5 miljoen euro in een Stoom2050 scenario.

In de gebieden waar de meeste onderwaterdrainage en passieve peilverhoging is geïmplementeerd, de voorzieningsgebieden IJsselmeer/Markermeer, Benedenrivierengebied en Bovenrivierengebied, is een daling van het droogterisico voor de landbouw waar te nemen. In het Ref2017 scenario is dit 7% voor het Bovenrivierengebied en in scenario Stoom2050 neemt dit in toe tot 12% in het jaar 2050. In het IJsselmeer/Markermeer en het Benedenrivierengebied zijn de dalingen procentueel kleiner. De mate waarin onderwaterdrainage en passieve peilstijging in deze gebieden is toegepast, samen met het percentage veenweidegebied, is de belangrijkste verklaring voor het verschil in afname tussen de gebieden. De afname is groter in scenario Stoom2050, doordat alleen in scenario Stoom2050 in een groot deel van deze gebieden passieve peilstijging wordt toegepast. De effecten van grotere beregeningswatertekorten op de landbouw in scenario Stoom2050, waaronder gemiddeld 14% meer beregeningstekort in het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer in extreem droge jaren, worden meer dan gecompenseerd door betere bodemvochtcondities als gevolg van hogere grondwaterstanden door onderwaterdrainage en passieve peilstijging in gemiddelde jaren.



Figuur 3.24 Droogterisico per voorzieningsgebied voor het Ref2017 scenario zonder OWD en met OWD en voor scenario Stoom2050 zonder OWD en met OWD.

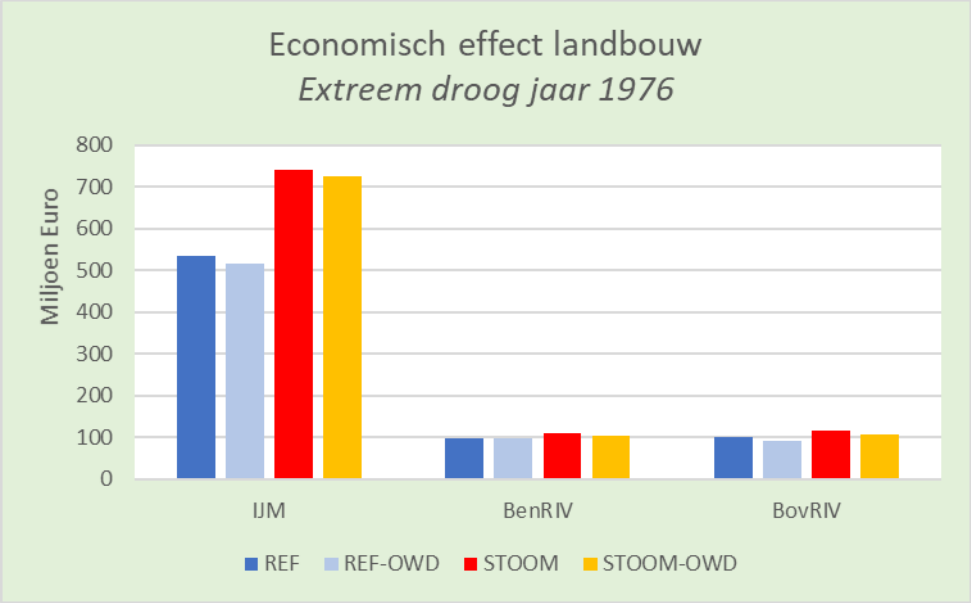
Tabel 3.8 Effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in de referentie en scenario Stoom2050 op het droogterisico van de landbouw in miljoen euro's per jaar.

Scenario	Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer	Voorzieningsgebied Benedenrivieren	Voorzieningsgebied Bovenrivieren
	Meuro/jaar	*Meuro/jaar*	*Meuro/jaar*
Ref2017	-1.8 (-2%)	-0.02 (-1%)	-1.0 (-7%)
Stoom2050	-6.8 (-5%)	-0.06 (-3%)	-2.8 (-12%)

In een extreem droog jaar wordt het effect van beregeningstekorten op het economisch effect zichtbaar. In het Ref2017 scenario is in een extreem droog jaar het economisch effect van onderwaterdrainage op de landbouw nog steeds lager door (voornamelijk) de verbeterde bodemvochtcondities (zie Figuur 3.25). De beregeningstekorten zijn beperkt, variërend van 0.8 Mm^3 in het bovenrivierengebied tot 7,8 Mm^3 in het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer. Hierdoor neemt in het Ref2017 scenario het economische effect van droogte in een extreem droog jaar af met in totaal 31 miljoen euro. In het stoomscenario daarentegen beginnen de beregeningstekorten door te werken in het economisch effect van droogte op de landbouw. In het bovenrivierengebied nemen de tekorten toe tot 6,8 Mm^3 en in het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer tot 25,5 Mm^3. Ten opzichte van een extreem droog jaar in het Ref2017 scenario leidt dit tot een toename van het economisch effect van droogte op de landbouw van bijna 5 miljoen euro in het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer. In Benedenrivierengebied is nog wel een flinke verkleining van het droogterisico waar te nemen, doordat in dit gebied de beregeningstekorten afnemen in scenario Stoom2050. Door de extreme droogte kan er in steeds mindere mate aan de beregeningsvraag van de landbouw worden voldaan, waardoor er beregeningstekorten optreden die doorwerken in het economisch effect van droogte.

Netto heeft onderwaterdrainage en passieve peilstijging ook in de extreem droge jaren een positief effect op de landbouw, alhoewel dit relatief gezien minder is dan in minder extreme jaren. De voornaamste oorzaak is de verkleining van de beregeningswatervraag en

verbetering van de bodemvochtcondities, zolang er aan de watervraag van onderwaterdrainage kan worden voldaan.



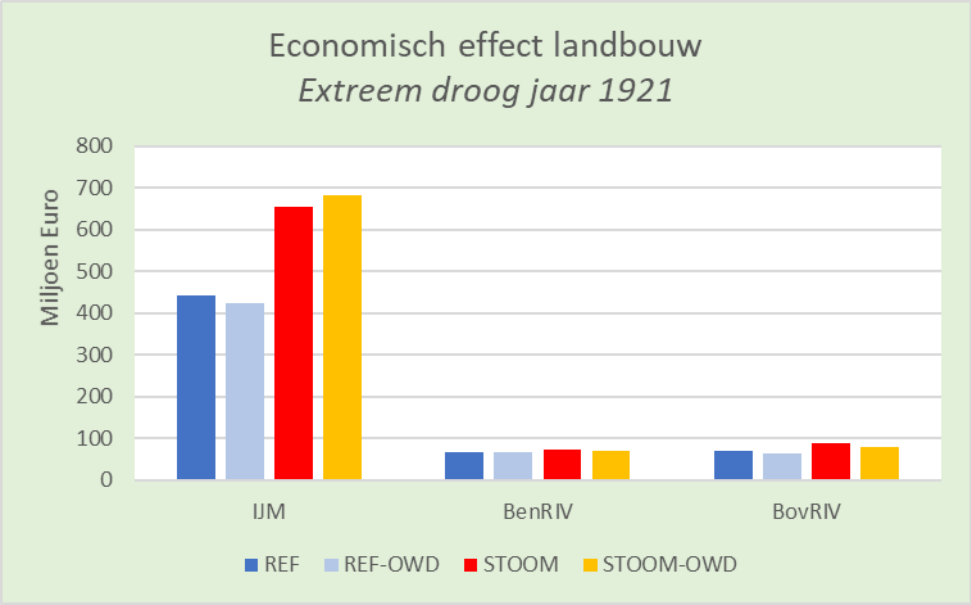
Figuur 3.25 Droogterisico per voorzieningsgebied voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging in een extreem droog jaar (1976)

Tabel 3.9 Effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op de verschillende voorzieningsgebieden in het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 in een extreem droog jaar (1976) in miljoenen euro per jaar

Scenario	**Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer**	**Voorzieningsgebied Benedenrivieren**	**Voorzieningsgebied Bovenrivieren**
	Meuro	*Meuro*	*Meuro*
Referentie	-18 (-4%)	-2 (-2%)	--11 (-11%)
Stoom2050	-14 (-2%)	-6 (-5%)	-11 (-9%)

Een vergelijkbaar effect als in het jaar 1976 maar dan extremer, is in het extreem droge jaar 1921 waar te nemen (zie Figuur 3.26). Door toenemende beregeningstekorten stijgt (in plaats van daalt) het economisch effect voor de landbouw in het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer in scenario Stoom2050 ten opzichte van een situatie zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Dit kan toe worden geschreven aan het droge voorjaar in 1921[4], waardoor al vroeg in het jaar beregeningstekorten optreden die worden verergerd door onderwaterdrainage en passieve peilstijging met als gevolg hoge opbrengstderving aan het begin van het groeiseizoen.

[4] In het jaar 1921 was het al vroeg in het jaar droog, waardoor het peil van het IJsselmeer niet (voldoende) kon worden opgezet. Hierdoor ontstonden er al heel vroeg in het jaar tekorten.

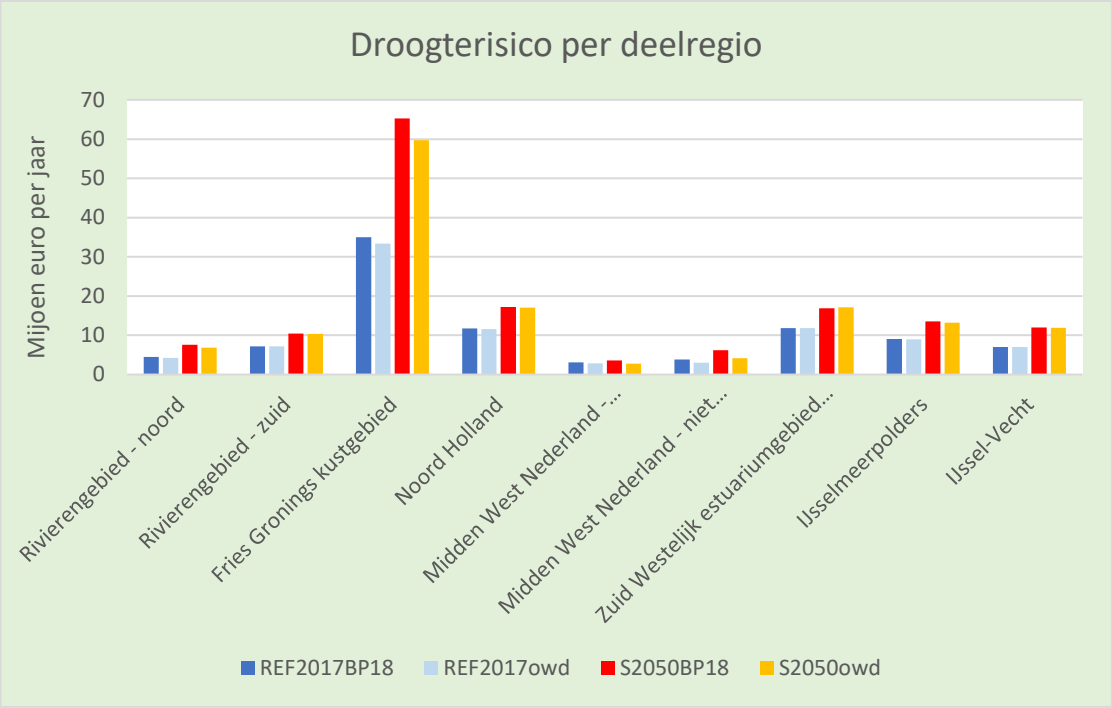


Figuur 3.26 Droogterisico per voorzieningsgebied voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging in een extreem droog jaar (1921)

Tabel 3.10 Verandering van de droogterisico per voorzieningsgebied als gevolg van toepassen onderwaterdrainage en passieve peilstijging op de verschillende voorzieningsgebieden in het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 in een extreem droog jaar (1921) in miljoenen euro per jaar.

Scenario	**Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer**	**Voorzieningsgebied Benedenrivieren**	**Voorzieningsgebied Bovenrivieren**
	Meuro	*Meuro*	*Meuro*
Referentie	-18.1 (-4%)	-1.2 (-2%)	-5.8 (-8%)
Stoom2050	26.0 (4%)	-3.5 (-5%)	-11.6 (-13%)

Binnen de voorzieningsgebieden kan verder onderscheid worden gemaakt tussen deelregio's (zie Figuur 3.27). De deelregio's waar onderwaterdrainage en passieve peilstijging relatief het meeste effect heeft zijn Midden-west Nederland extern en niet-extern verzilt. Absoluut is het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het Fries-Gronings kustgebied het grootst. De oorzaak van het grote effect in deze gebieden kan worden gevonden in de hoge implementatiegraad van onderwaterdrainage en passieve peilstijging, ook wordt in deze regio's absoluut gezien veel gras en mais verbouwd voor de melkveehouderijen, gewassen die minder vaak worden beregend, waardoor beregeningstekorten minder hard doorwerken.



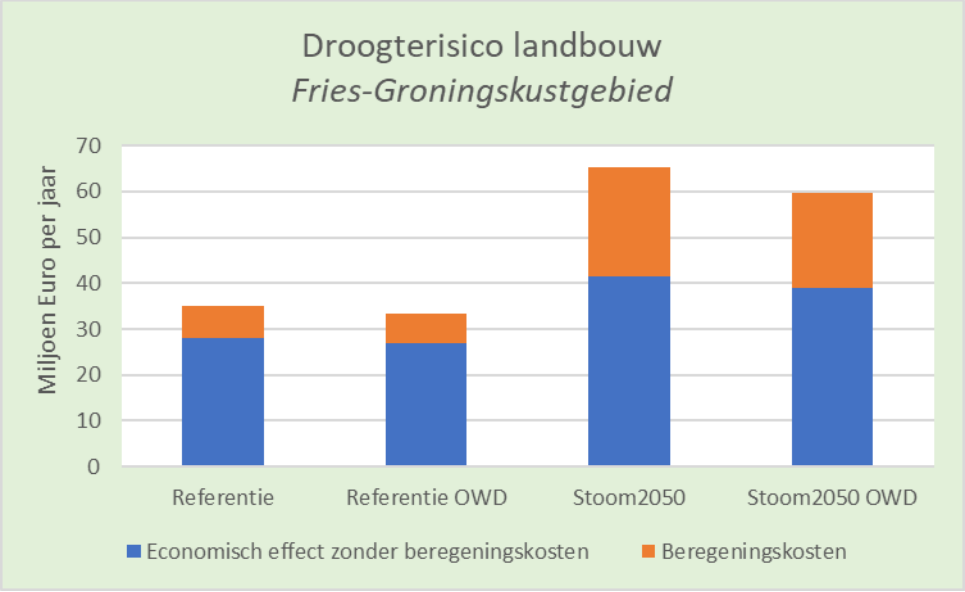
Figuur 3.27 Droogterisico van de landbouw per deelregio in miljoen euro per jaar voor het Ref2017 scenario en het stoomscenario met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

Tabel 3.11 Effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het droogterisico voor landbouw per deelgebied uitgedrukt in euro's per jaar en als percentage voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050.

Deelregio	**Referentie**		**Stoom2050**	
	Meuro/Jaar	*%verschil*	*Meuro/Jaar*	*%verschil*
Rivierengebied - noord	-0.20	-5%	-0.7	-9%
Rivierengebied - zuid	0	0%	-0.06	-1%
Fries Gronings kustgebied	-1.6	-4%	-5.6	-9%
Noord Holland	-0.2	-2%	-0.2	-1%
Midden West Nederland - extern verzilt	-0.2	-7%	-0.8	-22%
Midden West Nederland - niet extern verzilt	-0.8	-21%	-2,0	-33%
Zuid Westelijk estuariumgebied - met aanvoer	0.05	0%	0.2	1%
IJsselmeerpolders	-0.07	-1%	-0.3	-2%
IJssel-Vecht	-0.03	0%	-0.2	-1%

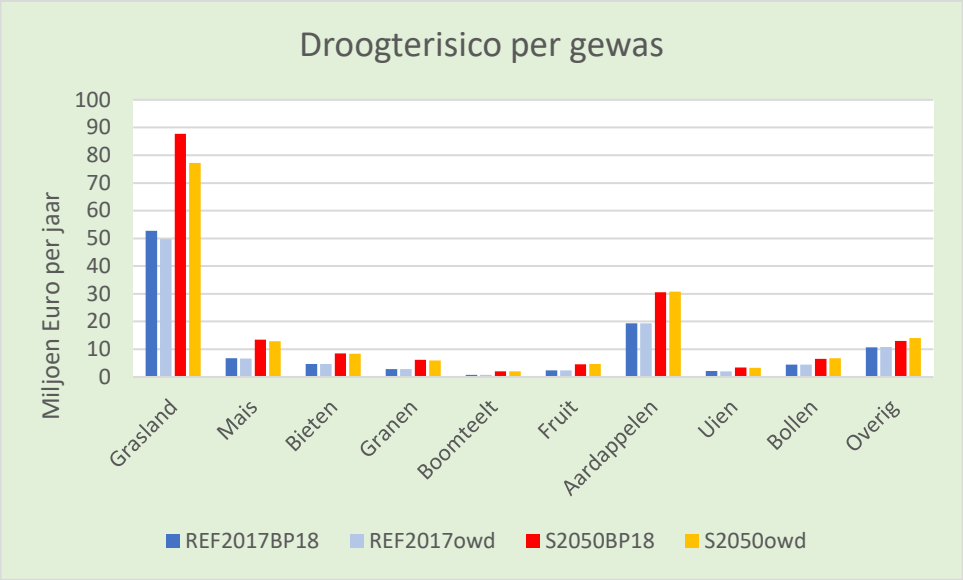
Als verder wordt ingezoomd op de opbouw van het droogterisico in het Fries-Gronings kustgebied valt op dat de beregeningskosten in zowel het Ref2017 scenario als in scenario Stoom2050 afnemen (zie Figuur 3.28). Dit kan vooral worden verklaard door de verbeterde bodemvochtcondities waardoor de beregeningsvraag afneemt, maar in mindere mate ook doordat beregeningstekorten toenemen waardoor er minder beregend kan worden. Naast afname van de beregeningskosten neemt het deel van het droogterisico dat bestaat uit

opbrengstderving ook af, wederom waarschijnlijk door de verbeterde bodemvochtcondities op vooral het niet beregende areaal.



Figuur 3.28 Droogterisico uitgesplitst in beregeningskosten en het overige deel van het economisch effect, voornamelijk bestaande uit opbrengstderving, voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

Ook is het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op verschillende gewassen bekeken (zie Figuur 3.29). Hier valt op dat dat het droogterisico vooral verminderd voor gewassen die minder vaak worden beregend, zoals gras en mais. Dit wordt veroorzaakt doordat deze gewassen voornamelijk aanwezig zijn in de gebieden waar onderwaterdrainage of passieve peilstijging wordt toegepast. Het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging kan oplopen tot een vermindering van het droogterisico van 8 procent in scenario Stoom2050 voor grasland. Op de gewassen die vaker worden beregend zoals aardappelen, fruit, bollen en categorie overig heeft onderwaterdrainage een negatief effect door de toename van de beregeningstekorten.



Figuur 3.29 Droogterisico per gewas in miljoen euro per jaar voor de referentie en scenario Stoom2050 met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging voor voorzieningsgebieden IJsselmeer/Markermeer, Bovenrivierengebied en Benedenrivierengebied.

Tabel 3.12 Effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het droogterisico voor de landbouw voor de referentie en scenario Stoom2050 per gewas.

Type gewas	**Ref2017**		**Stoom2050**	
	Meuro/jaar	*%*	*Meuro/jaar*	*%*
Grasland	-3.0	-6%	-10.5	-12%
Mais	-0.1	-2%	-0.6	-4%
Bieten	0.02	0%	-0.1	-1%
Granen	0	0%	-0.2	-4%
Boomteelt	0	1%	-0.09	-4%
Fruit	0.01	0%	0.05	1%
Aardappelen	-0.01	0%	0.02	1%
Uien	0	0%	-0.06	-2%
Bollen	-0.01	0%	0.2	2%
Overig	0.05	0%	1,1	8%

3.3.2 Samenvattend

- Het droogterisico voor de landbouw neemt af door onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de afname van de beregeningsvraag en verbeterde bodemvochtcondities, waardoor de beregeningskosten en opbrengstderving afnemen.
- In extreem droge situaties, zoals een extreem droog jaar in scenario Stoom2050, kan onderwaterdrainage en passieve peilstijging leiden tot een toename in beregeningstekorten met een toename van het droogterisico voor de landbouw als

gevolg. Dit effect verschilt per voorzieningengebied en gewas. Dit effect is waargenomen in het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer en voor de gewassen aardappelen, fruit en 'overige'.

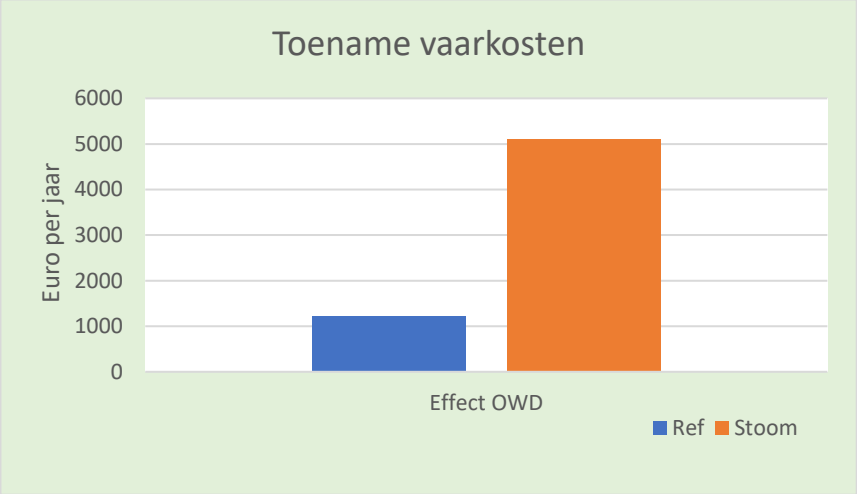
- Onderwaterdrainage en passieve peilstijging zorgen vooral in de gebieden die beperkt worden beregend voor een vermindering van het droogterisico. Dit komt doordat onderwaterdrainage wordt toegepast in het veenweidegebied met veel grasland, waar niet op grote schaal wordt beregend. Onderwaterdrainage verkleint hiermee het verschil in droogterisico tussen beregend en niet beregend areaal en gewassen.

3.4 Droogterisico Scheepvaart

Naast het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op de landbouw is bekeken of de extra watervraag van onderwaterdrainage en passieve peilstijging effect heeft op de scheepvaart. Hiervoor zijn met LHM eerst de waterstanden op de Waal berekend met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging, waarna het effect op de scheepvaart is doorgerekend met een eenvoudige relatie afgeleid van BIVAS resultaten (De Jong, 2020). Deze 'eenvoudige relatie' berekent op een eenvoudige manier het effect van lagere waterstanden op de binnenvaartkosten en achtergebleven vracht.

De verwachting is dat de watervraag voor onderwaterdrainage en passieve peilstijging leidt tot hogere scheepvaartkosten, door de extra onttrekking vanuit het hoofdwatersysteem om aan de toegenomen vraag te voldoen.

De resultaten laten zien dat de minimale vaardiepte bij zowel Sint Andries als Nijmegen, de twee meest kritieke punten op de Waal voor de scheepvaart, als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging niet verandert. Wel heeft onderwaterdrainage en passieve peilstijging een beperkt effect op de vaarkosten, dit varieert van 1000 euro per jaar in het Ref2017 scenario tot 5000 euro per jaar in scenario Stoom2050. De kosten nemen toe als gevolg van een toename van het aantal dagen met lage waterstanden door extra onttrekkingen via het Betuwepand. De toename is zeer beperkt en niet significant op een totaal droogterisico voor de scheepvaart van miljoenen euro per jaar. Ook als de toename van het droogterisico voor de scheepvaart op de Waal bij Sint Andries enkel wordt vergeleken met het bestaande droogterisico op de Waal, is de stijging van het risico 0,4%. Dit wordt verondersteld als niet significant. De conclusie is daarom dat onderwaterdrainage en passieve peilstijging geen significante effecten heeft op de scheepvaart.



Figuur 3.30 Toename vaarkasten als gevolg van OWD in Euro per jaar voor de scenario's Ref2017 en Stoom2050.

3.5 Droogterisico Overige effecten

Onderwaterdrainage heeft behalve op landbouw en scheepvaart ook effect op andere functies, zoals beschreven in hoofdstuk 1.3. Het belangrijkste effect én de belangrijkste reden voor het toepassen van onderwaterdrainage, is de vermindering van bodemdaling. Hoofdstuk 3.1 beschrijft de effecten op de grondwaterstanden, waarmee een indicatie wordt verkregen van de richting van dit effect.

De (eventuele) watertekorten die onderwaterdrainage veroorzaakt hebben effect op andere gebruiksfuncties van water, zoals natuur, biodiversiteit, drinkwatervoorziening, industrie, recreatie en leefomgeving. Het effect op deze gebruiksfuncties kan via de doorspoeling- en peilbeheertekorten worden gemonetariseerd (zie Stratelligence, 2021). Een tekort aan bijvoorbeeld water voor doorspoeling, kan de waterkwaliteit doen verslechteren met gevolgen voor onder andere de landbouw, drinkwater en natuur. Het effect op deze functies wordt gemonetariseerd met een schaduwprijs van water, waarmee een waarde wordt gegeven aan 1 m^3 water. Deze is gebaseerd op een schatting van de waarde van 1 m^3 beregeningswater voor de landbouw bij een watertekort. Deze is afgeleid van AGRICOM resultaten. Monetarisering is alleen mogelijk wanneer wordt aangenomen dat deze functies minstens zo veel waard zijn als landbouw, wat impliciet wordt gedaan in de verdringingsreeks. Daarbij dienen watertekorten daadwerkelijk effect te hebben op deze functies.

Dat betekent dat een kuub minder doorspoel of peilbeheerwater in een watertekort situatie direct effect hebben op de functies afhankelijk van dit water. Ook wordt er geen rekening gehouden met verandering van de waarde van water bij grotere (of kleinere) watertekorten. Bij grotere watertekorten is een kuub extra water immers meer waard dan bij kleinere watertekorten. Ook ligt de gebruikte schaduwprijs aan de hoge kant. Dit betekent dat de resultaten geïnterpreteerd dienen te worden als de bovenkant van de bandbreedte (of het maximum) van het droogterisico voor de overige functies.

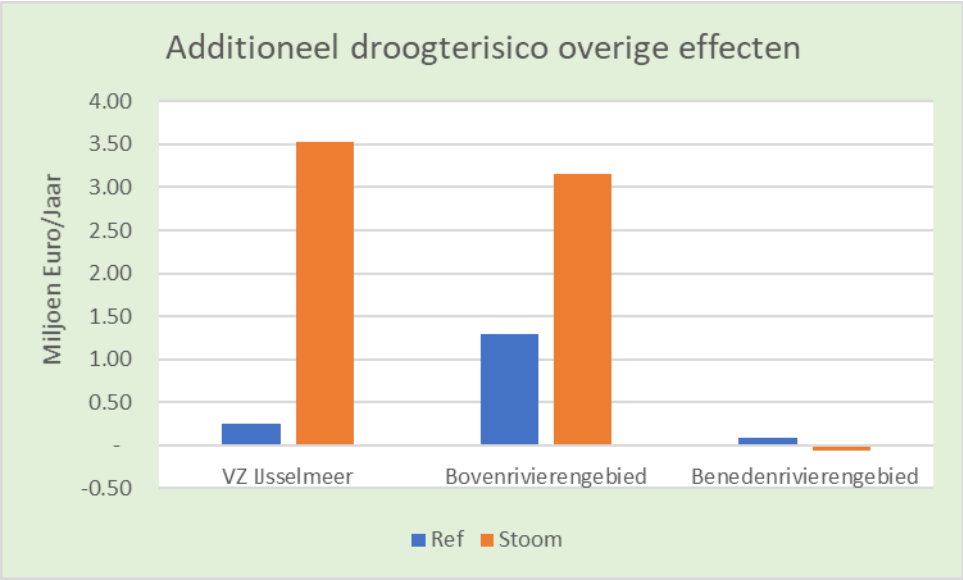
Tabel 3.13 Doorspoelingtekort, peilbeheertekort in Mm^3 in de verschillende voorzieningsgebieden voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 en de gebruikte schaduwprijs voor watertekorten exclusief btw en prijspeil 2016.

	Doorspoelingstekort (Mm^3)		**Peilbeheertekort (Mm^3)**	
	Ref2017	Stoom2050	Ref2017	Stoom2050
VZ IJsselmeer /Markermeer	0.4	0.4	0	6
Bovenriviere ngebied	0	-0.1	1.4	6.3
Benedenrivie rengebied	0.1	-0.8	0	0.7

Tabel 3.14 Schaduwprijs van beregeningswater voor de landbouw bij een watertekort afgeleid van AGRICOM resultaten voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 (Deltares, 2020)

	Schaduwprijs (€/m^3)	
	Ref	Stoom2050
VZ IJsselmeer /Markermeer	0.63	0.39
Bovenrivierengebied	0.92	0.51
Benedenrivierengebied	0.86	0.67

De resultaten laten zien dat de grotere doorspoeling en vooral peilbeheertekorten door onderwaterdrainage en passieve peilstijging leiden tot een hoger droogterisico (zie Figuur 3.31). Vooral in het bovenrivierengebied treden er al in het Ref2017 scenario extra peilbeheertekorten op door onderwaterdrainage met als gevolg een additioneel droogterisico van bijna 1,3 miljoen per jaar. Dit kan vooral worden toegeschreven aan een additioneel risico op bodemdaling door watertekorten langs de watergangen, stabiliteit van dijken langs watergangen, verzakken van woonboten en beschoeiingen, stremming recreatievaart en in mindere mate effecten op de natuur. Voor het benedenrivierengebied verandert het droogterisico bijna niet. In het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer treden er voornamelijk grote tekorten op in scenario Stoom2050. Dit kan oplopen tot een additioneel droogterisico voor de overige functies van 3,5 miljoen euro per jaar.



Figuur 3.31 Additioneel droogterisico overige effecten door toepassing van onderwaterdrainage en passieve peilstijging voor de verschillende voorzieningsgebieden voor de referentie en scenario Stoom2050, uitgedrukt in miljoenen euro's per jaar (prijspeil 2016, exclusief btw).

3.6 Overzicht – Effect Onderwaterdrainage en Passieve peilstijging

In onderstaande opsomming worden de effecten van de onderwaterdrainage en passieve peilstijging samengevat.

- Het effect van onderwaterdrainage op de grondwaterstanden is in het Stoom2050 scenario groter dan in Ref2017. Dit wordt deels veroorzaakt doordat in Stoom2050 ook passieve peilstijging optreed, maar ook omdat de grondwaterstanden in Stoom2050 in de zomer verder uitzakken waardoor onderwaterdrainage effectiever is.
- Onderwaterdrainage en passieve peilstijging kunnen de daling van de gemiddeld laagste grondwaterstanden als gevolg van het WH-scenario compenseren en zelfs verhogen. In extreem droge jaren in het Stoom2050 treden er tekorten op voor peilbeheer waardoor de onderwaterdrainage en passieve peilverhoging niet optimaal wordt benut
- In Ref2017 kan de GHG dalen door een intensiever drainagesysteem waardoor in de winter het water efficiënter weggevoerd wordt. De passieve peilstijging die in het Stoom2050 scenario is doorgevoerd compenseert deze dalingen over het algemeen waardoor in Stoom2050 de GHG stijgt, ook ten opzichte van de referentie.

- De totale watervraag neemt toe als gevolg van de onderwaterdrainage en passieve peilstijging. In het scenario Stoom2050 kan dit oplopen tot een toename van gemiddeld 10%. In een extreem droog jaar kan de vraag over een zomerhalfjaar toenemen met 17% voor een Zoetwater.
- Door de hogere grondwaterstanden in de zomer kan de watervraag voor beregening afnemen.
- Onderwaterdrainage leidt nauwelijks tot extra jaren waarin de Klimaatrobuuste Wateraanvoer (KWA) ingezet moet worden. Wel stijgt het gewenste debiet over de KWA tijdens een KWA-periode. Een overschrijding van de huidige capaciteit van 15 m^3/s wordt neemt tot van 1 jaar/100 jaar naar 3 jaren/100 jaar in Ref2017. In Stoom 2050 neemt het aantal jaren waarin het gevraagde debiet de capaciteit van de KWA overschrijding toe van 12 jaar/ 100 naar 18 jaar/100 jaar.
- De verhoogde watervraag heeft tot gevolg dat de IJsselmeerbuffer vaker gebruikt gaat worden. Het risico dat het minimale peil van -0,30 m NAP bereikt wordt, neemt toe in het scenario Stoom2050 van 5 jaar/100 j naar 7 jaar/100 jaar.

Tabel 3.15 biedt een overzicht van het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het droogterisico van de landbouw, scheepvaart en overige gebruiksfuncties. De directe effecten van onderwaterdrainage op bodemdaling zijn geen onderdeel van de overige effecten, daarom is de verhoging van de gemiddeld laagste grondwaterstand opgenomen in de tabel als proxy voor het effect op bodemdaling.

Het droogterisico op de landbouw vermindert door onderwaterdrainage en passieve peilstijging met ongeveer 3 miljoen euro per jaar in het Ref2017 scenario en met meer dan 10 miljoen euro per jaar in scenario Stoom2050. Dit is een reductie van 1,5% in het Ref2017 scenario en 3% in scenario Stoom2050. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verbeterde bodemvochtcondities, waardoor gewassen beter groeien, en verminderde beregening. Door grotere peilbeheer- en doorspoelingtekorten ten gevolge van onderwaterdrainage kan onderwaterdrainage het droogterisico op andere functies, zoals natuur, dijkstabiliteit en recreatie, vergroten. Dit varieert van ongeveer 1,6 miljoen euro per jaar in het Ref2017 scenario tot 6,5 miljoen euro per jaar in scenario Stoom2050, deze resultaten kunnen worden gezien als de potentiele maximale toename van het droogterisico. Daarnaast stijgen de grondwaterstanden onderwaterdrainage en passieve peilstijging effect op de grondwaterstanden, dit kan in het scenario Stoom2050 oplopen tot gemiddeld 50 centimeter verhoging. Lokaal kunnen de effecten groter zijn. Het effect van onderwaterdrainage op het droogterisico voor de scheepvaart is niet significant.

Alles bij elkaar compenseert het lagere droogterisico op de landbouw het hogere droogterisico op andere functies. Het resultaat is een vermindering van het droogterisico in de referentie van 1,4 miljoen per jaar en hogere grondwaterstand van gemiddeld tussen de 0 en 10 cm. In scenario Stoom2050 vermindert het droogterisico met 3,6 miljoen en worden de grondwaterstanden met maximaal 50 cm verhoogd. Dit betekent dat op basis van deze studie het droogterisico met onderwaterdrainage en passieve peilstijging gemiddeld lager ligt dan zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Deze baten moeten uiteraard worden afgezet tegen de kosten van onderwaterdrainage om het effect op de maatschappelijke welvaart te bepalen. Ook het effect van onderwaterdrainage op onder andere wateroverlast, waterkwaliteit en natuur dient hierin te worden meegenomen.

Tabel 3.15 Overzicht effecten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op droogterisico waarbij de effecten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op landbouw, scheepvaart en de overige effecten zijn gemonetariseerd en uitgedrukt in miljoen euro's per jaar (excl btw, prijspeil 2016). Het effect op de GLG is ten behoeve van beperken van de bodemdaling en wordt uitgedrukt als gemiddelde verandering van de laagste grondwaterstand in het gebied waar OWD of peilaanpassingen worden genomen.

Effect	Scenario	VZ IJsselmeer/ Markermeer	Bovenrivieren	Benedenrivieren	TOTAAL
Landbouw	Ref2017	-1.8	-1.0	-0.2	-3.0
	Stoom2050	-6.7	-2.8	-0.6	-10.1
Scheepvaart	Ref2017	-	-	-	-
	Stoom2050	-	-	-	-
Overige effecten	Ref2017	0.3	1.3	0.1	1.6
	Stoom2050	3.5	3.1	-0.1	6.5
Verhoging GLG (t.b.v beperking bodemdaling)	Ref2017	5-40 cm	5-25 cm	20-50 cm	
	Stoom2050	5-50 cm	5-25 cm	20-50 cm	
TOTAAL	Ref2017	-1.6	0.3	-0.1	-1.4
	Stoom2050	-3.2	0.4	0.3	-3.6

4 Hoe verandert effectiviteit van Voorkeurspakket Zoetwater na uitvoering onderwaterdrainage en passieve peilstijging

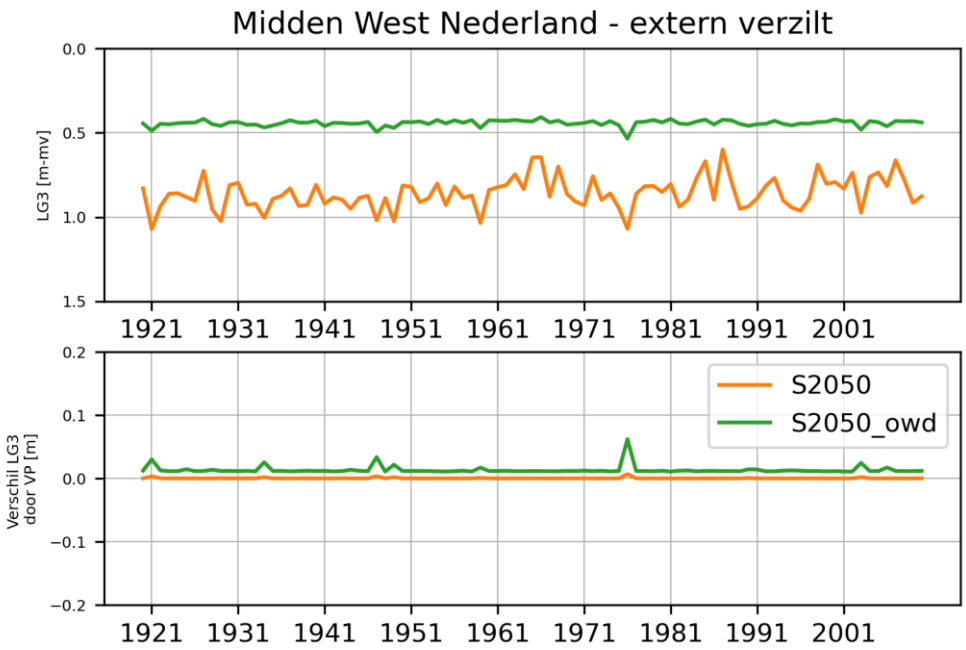
In hydrologische analyse van de maatregelpakket voor Deltaprogramma Zoetwater fase II is gekeken naar de effectiviteit van het Voorkeurspakket Zoetwater (VP) (Mens *et al,* 2020). De onderwaterdrainage en passieve peilstijging levert een extra watervraag op die invloed heeft op de effectiviteit van het Voorkeurspakket. Dit hoofdstuk gaat in op de vraag wat de effectiviteit is van het Voorkeurspakket als onderwaterdrainage en passieve peilstijging wordt toegepast. De volgende vragen zijn hierbij van belang.

- Wat is de effectiviteit van het maatregelpakket als onderwaterdrainage en passieve peilstijging al is geïmplementeerd. Worden de maatregelen minder of meer effectief?
- Zijn de maatregelen van het Voorkeurspakket voldoende om de extra watervraag als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op te vangen?

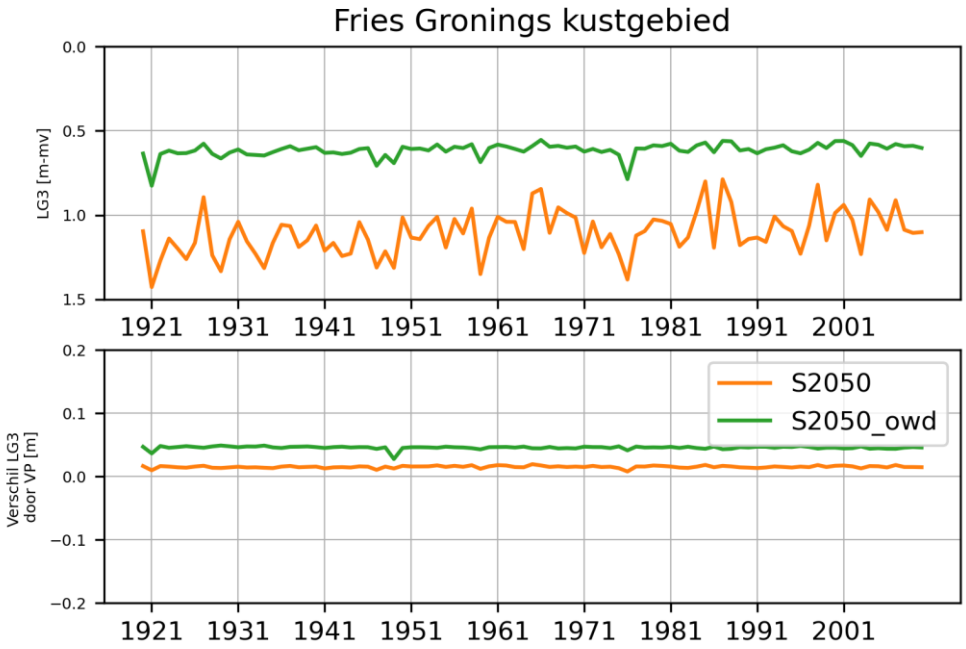
De maatregelen van het Voorkeurspakket en de effecten zijn beschreven in Mens et al, 2020.

4.1 Grondwaterstanden

Het effect op grondwater van het Voorkeurspakket in de situatie met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging is verschillend. In Figuur 4.1 en Figuur 4.2 is voor twee gebieden het verloop van de gemiddeld laagste grondwaterstand per jaar (LG3) weergegeven voor het scenario Stoom2050 en Stoom2050 met OWD en passieve peilstijging. Naast de absolute LG3 is ook het effect van het Voorkeurspakket op de LG3 weergegeven. Hier is te zien dat in Midden West Nederland als gevolg van het Voorkeurspakket de LG3 in de extreem droge jaren licht kan stijgen omdat het VP de tekorten vermindert en in droge jaren dus meer kan aanvoeren. In het Fries Gronings kustgebied zorgt het Voorkeurspakket voor een groter aanbod voor alle jaren waardoor er minder tekorten in peilbeheer optreden als gevolg van de extra watervraag van onderwaterdrainage en passieve peilstijging.



Figuur 4.1 De gemiddelde LG3 op locaties waar onderwaterdrainage is toegepast in Midden West Nederland – extern verzilt voor de scenario's Stoom2050 met maatregelen van het Voorkeurspakket en onderwaterdrainage. Boven de LG3 t.o.v. maaiveld van de scenario Stoom2050 en Stoom2050-OWD, onder de verandering van de LG3 als gevolg van het VP in de scenario's Stoom2050 en Stoom2050-OWD.

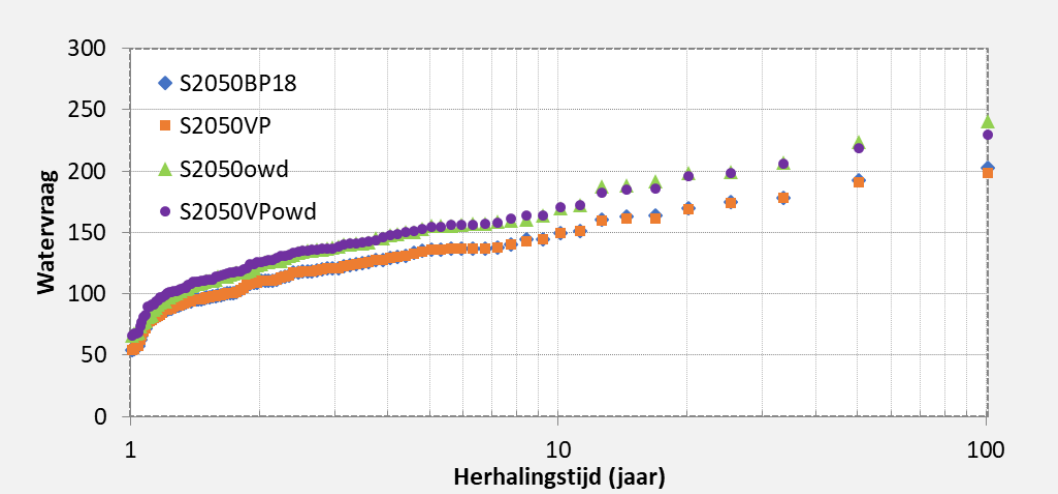


Figuur 4.2 De gemiddelde LG3 op locaties waar onderwaterdrainage is toegepast in het Fries Gronings Kustgebied voor de scenario's Stoom2050 met maatregelen van het Voorkeurspakket en onderwaterdrainage. Boven de LG3 t.o.v. maaiveld van de scenario Stoom2050 en Stoom2050-OWD, onder de verandering van de LG3 als gevolg van het VP in de scenario's Stoom2050 en Stoom2050-OWD.

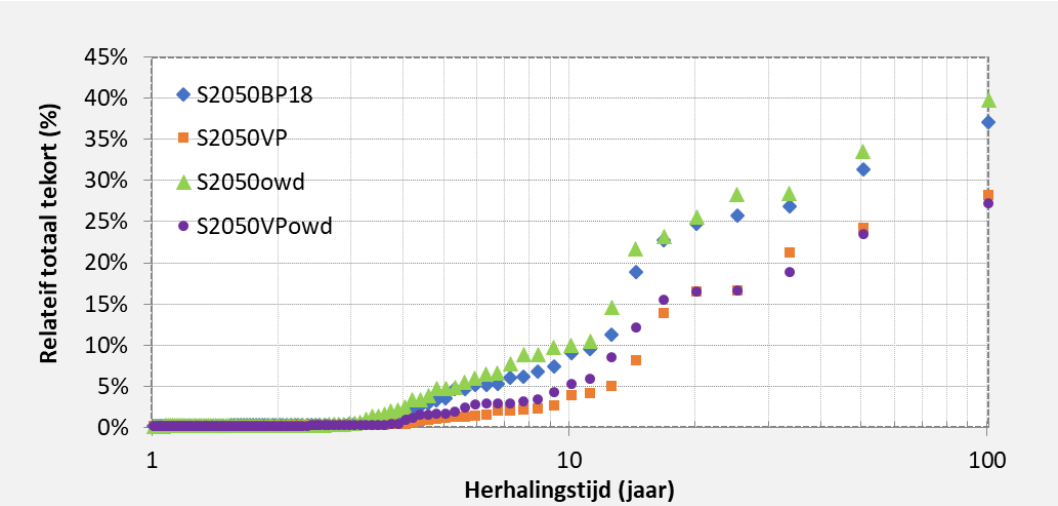
4.2 Watervraag en tekort

4.2.1 Voorzieningsgebied Benedenrivieren

In Figuur 4.3 is de watervraag voor het Voorkeurspakket met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging weergegeven in het scenario Stoom2050. Hierin is duidelijk te zien dat de onderwaterdrainage en passieve peilstijging een grotere watervraag tot gevolg. In Figuur 4.4 zijn de watertekorten weergegeven. Als gevolg van de onderwaterdrainage en passieve peilstijging nemen deze sterk toe. De maatregelen van et Voorkeurspakket is reduceren de tekorten in de zowel in de situatie zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging als in de situatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging. De tekorten met onderwaterdrainage en passieve peilstijging met het voorkeurspakket zijn in beide gevallen lager dan in het nulalternatief.



Figuur 4.3 Herhalingstijd van de watervraag voor peilbeheer in miljoen m³/zomerhalfjaar voor Midden-West Nederland voor scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).

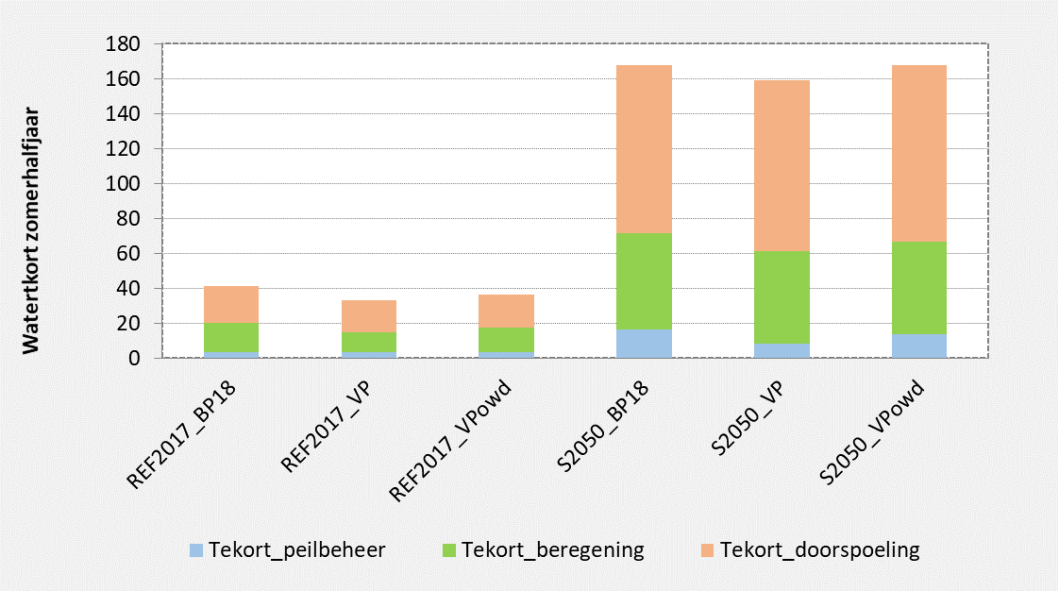


Figuur 4.4 Herhalingstijd van het relatief watertekort in % voor Midden-West Nederland voor scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).

Onderdeel van het Voorkeurspakket is de Krimpenerwaardroute, waardoor water vanuit de Lek naar de Hollandsche IJssel doorgevoerd kan worden. Deze extra wateraanvoer is bedoeld om de zoetwaterbel in de Hollandsche IJssel groter te maken zodat er op een aantal belangrijke innamepunten langer water ingenomen kan worden. Hierdoor is er meer water beschikbaar tijdens lage afvoeren en dreigende verzilting van de Hollandsche IJssel. Dit is duidelijk te zien in de tekorten van deze regio die als gevolg van het Voorkeurspakket in de situatie met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging sterk afnemen (Figuur 4.4). In extreem droge jaren is het effect van het VP groter in een situatie waarin onderwaterdrainage is uitgevoerd. De afname van de tekorten in het meest extreme jaar bedraagt 40 Mm^3 met onderwaterdrainage en 20 Mm^3 zonder onderwaterdrainage. In termen van watertekortreductie levert de Krimpenerwaardroute meer op als de tekorten door onderwaterdrainage groter worden.

In bijlage A.2 is de gemiddelde watervraag en watertekort weergegeven voor scenario's met het Voorkeurspakket met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging ten opzichte van de situatie zonder de maatregelen van het Voorkeurspakket. Hierin is te zien dat de tekorten ten opzichte van het nul-alternatief afnemen, maar onderwaterdrainage en passieve peilstijging de tekorten laat toenemen. Het Voorkeurspakket is in de situatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging wel effectiever in het terugdringen van het tekort in de extreme jaren. Dit betekent dat de overcapaciteit van de maatregelen in het VP in de situatie met een toegenomen vraag vaker benut wordt. In de situatie zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging wordt een afname van het tekort berekend van 9 Mm^3/zomerhalfjaar terwijl voor de situatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging een afname van het tekort wordt berekend van 22,7 Mm^3/zomerhalfjaar. Dit is ook goed terug te zien in Figuur 4.4 .

Ondanks de toename van de watervraag voor peilbeheer, nemen de watertekorten voor peilbeheer nauwelijks toe. Dit komt omdat peilbeheer in veel gebieden voorrang krijgt boven beregening en doorspoeling. De tekorten voor beregening en doorspoeling nemen daarom toe (zie Figuur 4.5).

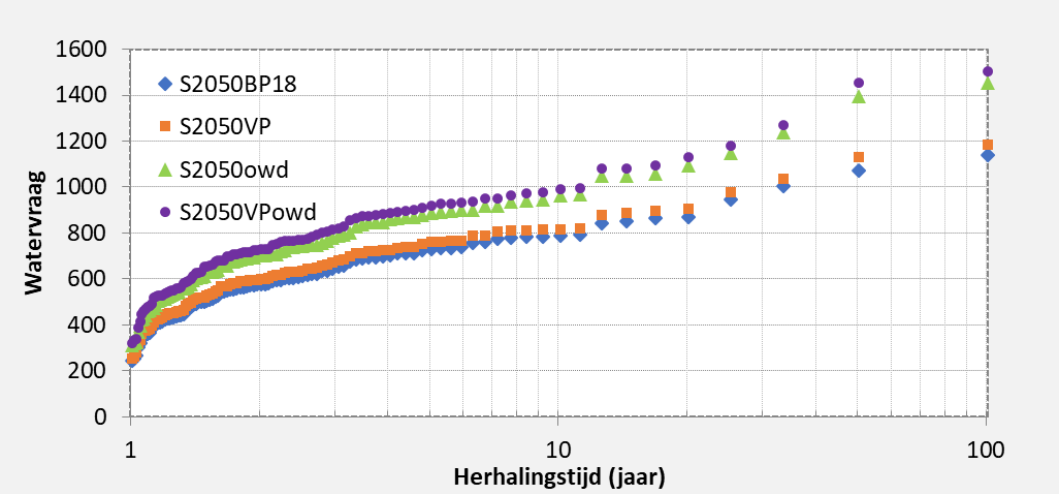


Figuur 4.5 Watertekort in miljoen m^3/zomerhalfjaar peilbeheer, beregening en doorspoeling in een extreem droog jaar (1976) voor peilbeheer, beregening en doorspoeling voor voorzieningsgebied Midden-West Nederland voor scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).

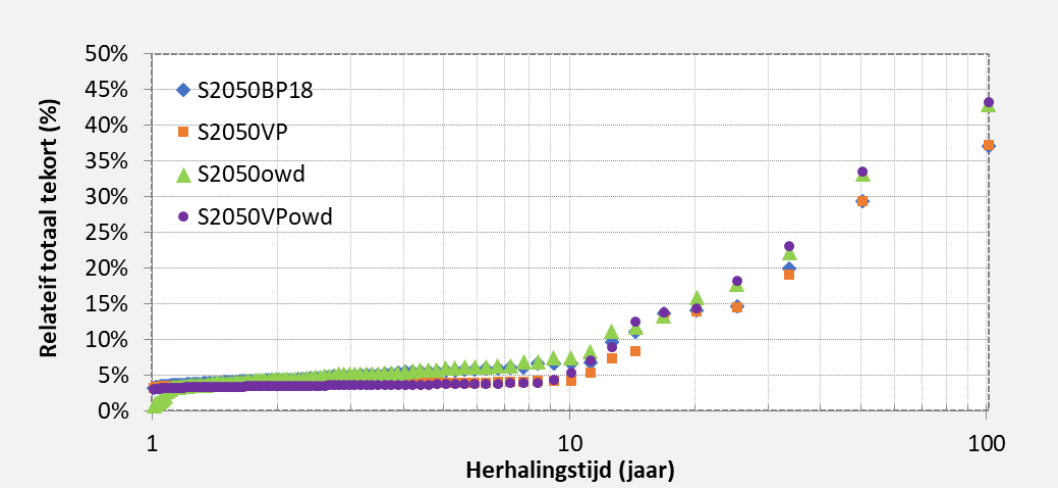
4.2.2 Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer

Het toepassen van onderwaterdrainage en passieve peilstijging zorgt voor een toename van de watervraag in alle jaren. Ook het Voorkeurspakket heeft een verhoogde watervraag tot gevolg (Figuur 4.6). Deze verhoogde watervraag wordt veroorzaakt door de verhogen van de peilen in delen van het gebied. De verhoogde watervraag in het Voorkeurspakket kan over het algemeen geleverd worden, zodat de tekorten als gevolg van het Voorkeurspakket niet toenemen (Figuur 4.7). In de situatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging zijn de tekorten in alle jaren groter. Het Voorkeurspakket kan deze tekorten opheffen voor de jaren met een herhalingstijd kleiner dan 10 jaar. Voor de droge jaren met grotere herhalingstijden kan de extra watervraag van het onderwaterdrainage en passieve peilstijging niet worden geleverd met de maatregelen van het Voorkeurspakket waardoor de tekorten toenemen (Figuur 4.7). In de extreem droge jaren in de situatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging zorgen de maatregelen van het Voorkeurspakket zelfs voor een toename van de tekorten. In een extreem droog jaar neemt het tekort tot als gevolg Voorkeurspakket, respectievelijk 7 Mm^3 in ten opzichten van het nul-alternatief en 20 Mm^3 ten opzichte van de situatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging in het scenario Stoom2050. Dit wordt veroorzaakt door het vergroten van de regionale inlaten waardoor de buffer van het IJsselmeer eerder maximaal gebruikt wordt. Hierdoor kunnen in de extreme jaren extra tekorten ontstaan.

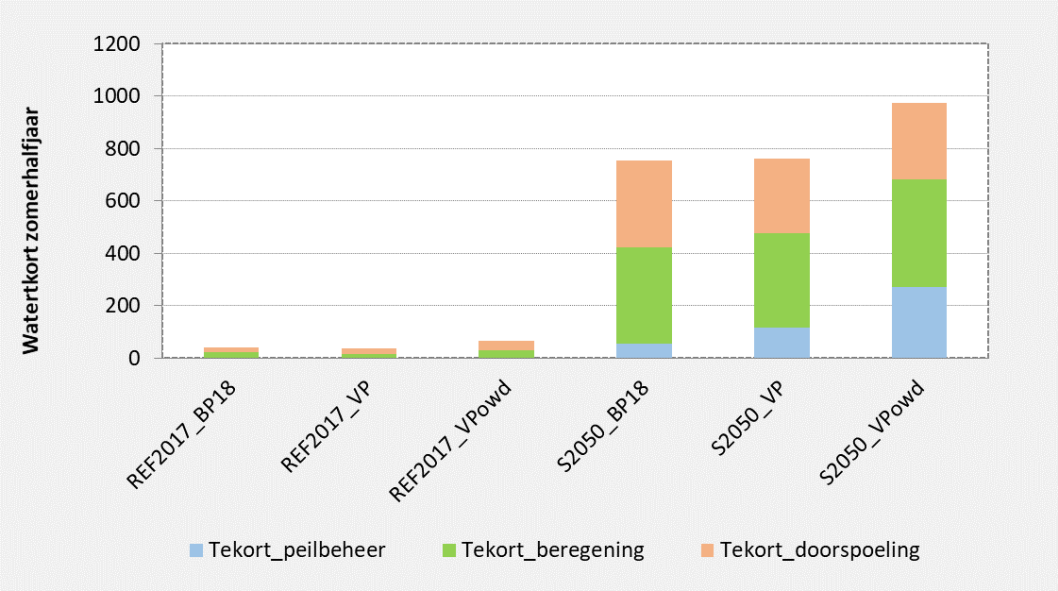
Voor grotere herhalingstijden zijn de maatregelen in het Voorkeurspakket niet effectief om de tekorten in het nul-alternatief en in de situatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging op te vangen. Gemiddeld gezien worden hierdoor de tekorten met een vergelijkbare hoeveelheid gereduceerd met het Voorkeurspakket, ongeacht de aanwezigheid van onderwaterdrainage en passieve peilstijging.



Figuur 4.6 Herhalingstijd van de watervraag voor peilbeheer in miljoen m^3/zomerhalfjaar voor voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer voor scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).



Figuur 4.7 Herhalingstijd van het relatief totaal watertekort in % voor voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer in scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).



Figuur 4.8 Watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar peilbeheer, beregening en doorspoeling in een extreem droog jaar (1976) per zomerhalfjaar voor peilbeheer, beregening en doorspoeling voor voorzieningsgebied IJsselmeergebied voor scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).

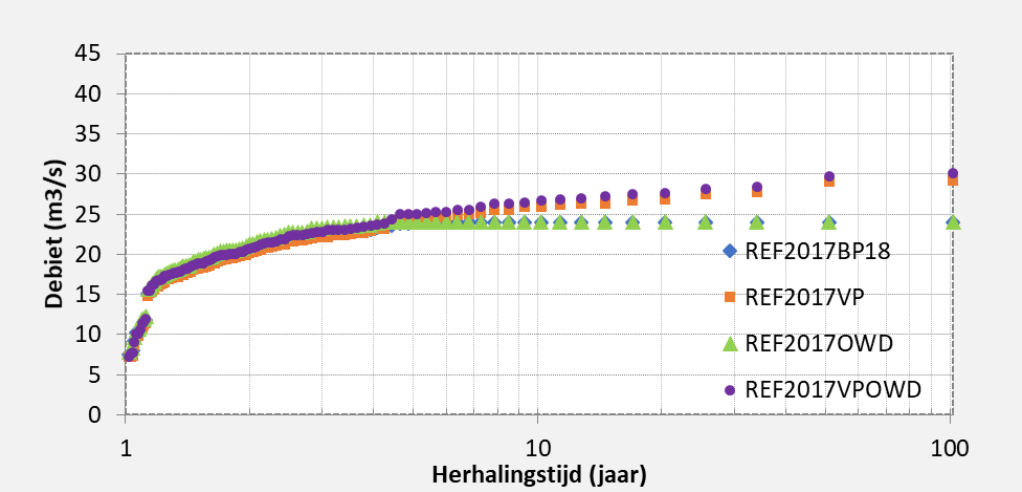
Het buffergebruik van het IJsselmeer in Ref2017 verandert nauwelijks als gevolg van het Voorkeurspakket (zie Tabel 4.1), omdat de extra watervraag beperkt is . De berekening van het buffergebruik is beschreven in 3.2.2. In Stoom2050 neemt het buffergebruik in het bereik van 5-10 cm als gevolg van het Voorkeurspakket toe. Dit wordt onder andere veroorzaakt door het vergroten van de doorvoercapaciteiten in het achterland zodat de buffer beter benut kan worden (Mens et al, 2020). Als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilstijging neemt het buffergebruik vaker toe. De kritische zone van -0,20 m NAP wordt door de verhoogde watervraag van onderwaterdrainage en passieve peilstijging vaker bereikt. In combinatie met het Voorkeurspakket wordt de kritische zone nog vaker bereikt.

Tabel 4.1 Aantal jaren dat het meerpeil verder uitzakt dan de grenswaarde (bepaald over de periode 1911-2011). Een buffergebruik > 20cm betekent dat het peil verder uitzakt dan -0,30m NAP.

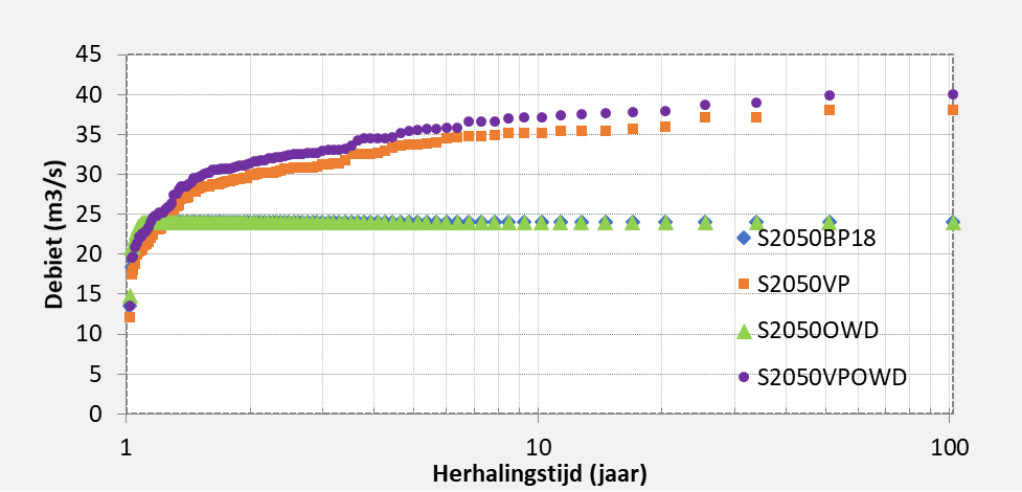
Scenario	> 5 cm	> 10 cm	> 20 cm	> 30 cm
REF2017BP18	4	2	1	0
REF2017VP	4	2	1	0
REF2017owd	6	2	2	0
REF2017VPowd	6	2	2	0
S2050BP18	20	13	5	1
S2050VP	25	13	7	1
S2050owd	26	13	7	2
S2050VPowd	35	18	8	2

In het Voorkeurspakket zijn de regionale doorvoeren verhoogd om meer water beschikbaar te maken voor het achterland. Hierom is ook de capaciteit bij Gaarkeuken verhoogd van 24 m^3/s naar (in het model) een onbeperkte capaciteit. Door onder andere deze maatregel kan de buffer van het IJsselmeer beter benut worden. In het Ref2017 scenario wordt de extra capaciteit benut bij jaren met een herhalingstijd vanaf circa 5 jaar. In de situatie Stoom2050 is wordt de extra capaciteit al benut vanaf een herhalingstijd van 2 jaar (zie Figuur 4.9 en Figuur 4.10) Bij het toepassen van onderwaterdrainage en passieve peilstijging nemen de debieten vooral in het scenario Stoom2050 nog verder toe. Vanaf een herhalingstijd van 10 jaar worden maximale debieten berekend van 35 m^3/s. Deze lopen op tot circa 40 m^3/s bij een herhalingstijd van 100 jaar.

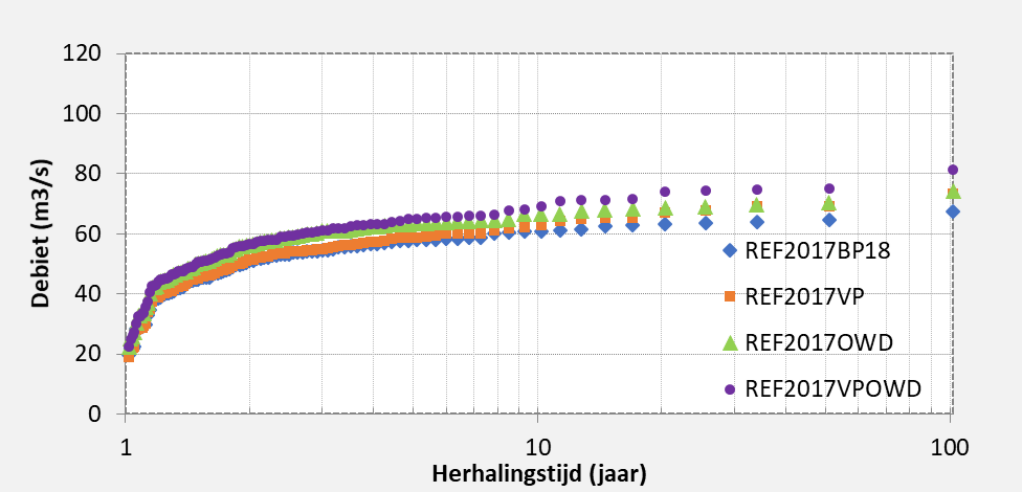
Ook de debieten bij Lemmer nemen toe als gevolg van de maatregelen van het Voorkeurspakket en onderwaterdrainage (zie Figuur 4.11 en Figuur 4.12). Lemmer is representatief voor het waterinlaat uit het IJsselmeer voor Noord Nederland. In de Ref2017 situatie kunnen voor een herhalingstijd van 10 jaar stijgen van 60 m^3/s in de huidige situatie naar 70 voor de situatie met maatregelen uit het Voorkeurspakket en onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Als gevolg van het scenario Stoom2050 met genoemde maatregelen wordt een stijging naar circa 105 m^3/s berekend.



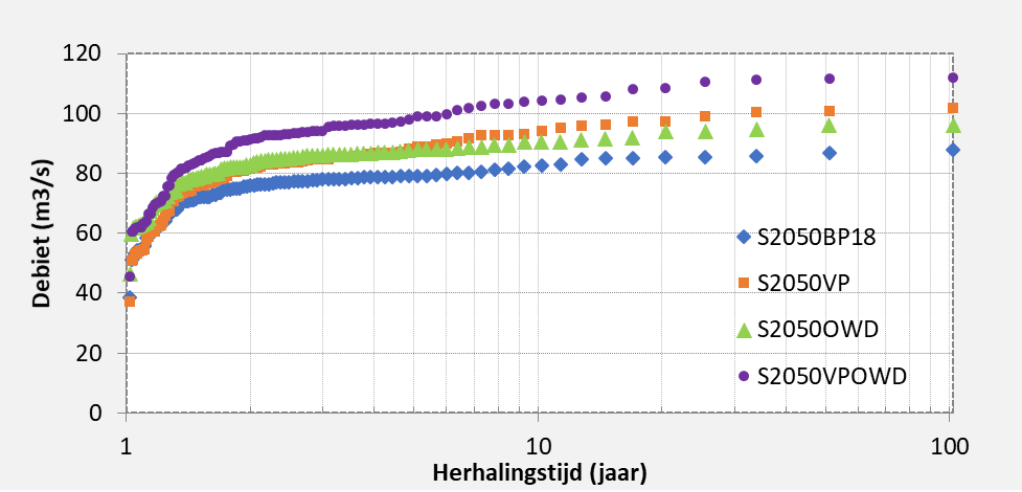
Figuur 4.9 Herhalingstijd van maximale aanvoer debiet per jaar (m^3/s) bij Gaarkeuken (LHM tak 1047) voor de verschillende varianten in scenario Ref2017.



Figuur 4.10 Herhalingstijd van maximale aanvoer debiet per jaar (m^3/s) bij Gaarkeuken (LHM tak 1047) voor de verschillende varianten in scenario Stoom2050.



Figuur 4.11 Herhalingstijd van maximale debiet per jaar (m^3/s) bij Lemmer (LHM tak 6050) voor de verschillende varianten in scenario Ref2017.

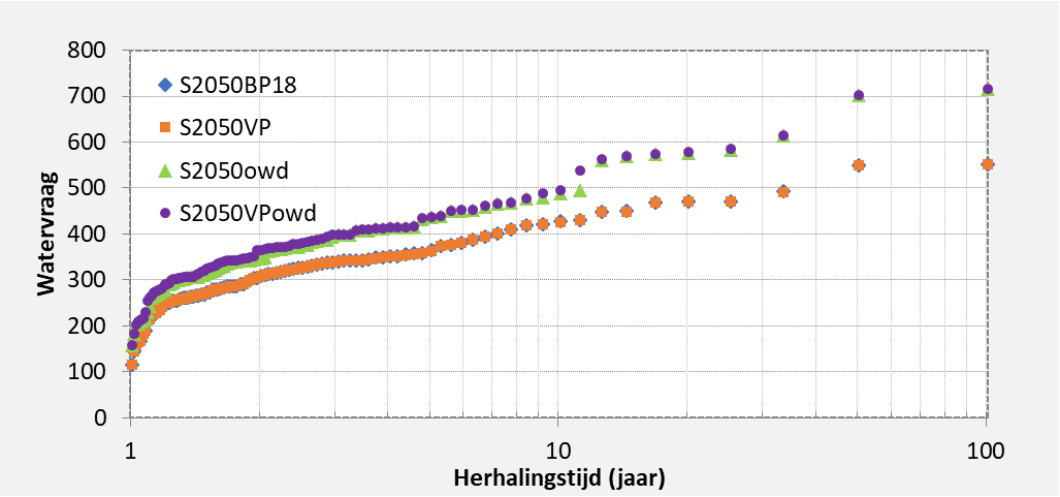


Figuur 4.12 Herhalingstijd van maximale debiet per jaar (m^3/s) bij Lemmer (LHM tak 6050) voor de verschillende varianten in scenario Stoom2050.

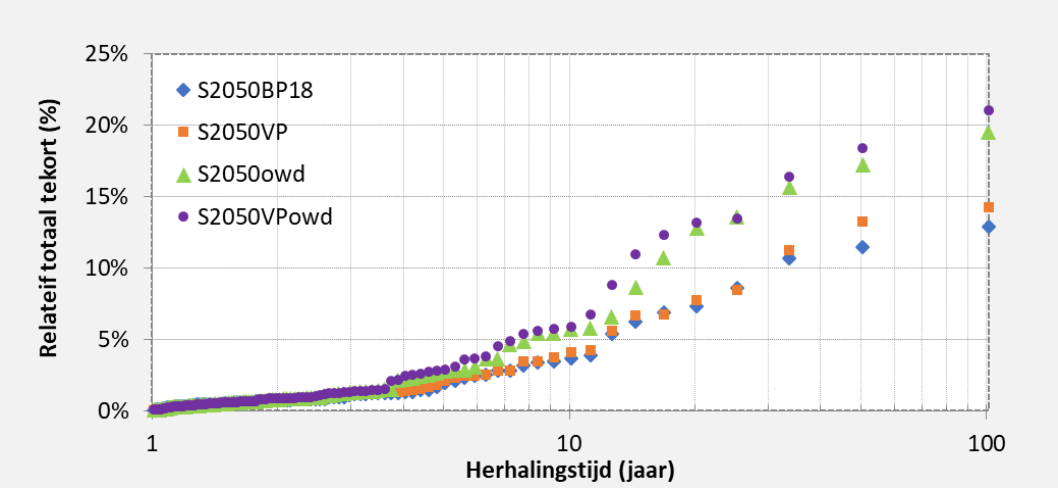
4.2.3 Voorzieningsgebied Bovenrivieren

In het voorzieningsgebied Bovenrivieren neemt de watervraag voor peilbeheer als gevolg van de onderwaterdrainage en passieve peilstijging sterk toe (Figuur 4.13). Het Voorkeurspakket zorgt voor de droge jaren voor een toename van de tekorten (Figuur 4.14). Dit treedt op in de situatie met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Als gevolg van de onderwaterdrainage en passieve peilstijging nemen de tekorten ook sterk toe voor alle jaren. Het Voorkeurspakket is onvoldoende om de extra tekorten als gevolg van de onderwaterdrainage en passieve peilstijging te compenseren, de tekorten nemen juist toe. Deze toename wordt veroorzaakt doordat maatregelen elders leiden tot een andere verdeling van het beschikbare water in het hoofdwatersysteem. Hierdoor kunnen inlaatbeperkingen in dit gebied optreden doordat er niet voldoende water beschikbaar is in het hoofdwatersysteem. Dit geeft aan dat na uitvoering van het Voorkeurspakket in extreme jaren meer knelpunten kunnen optreden in de bovenregionale waterverdeling (Mens *et al,* 2020).

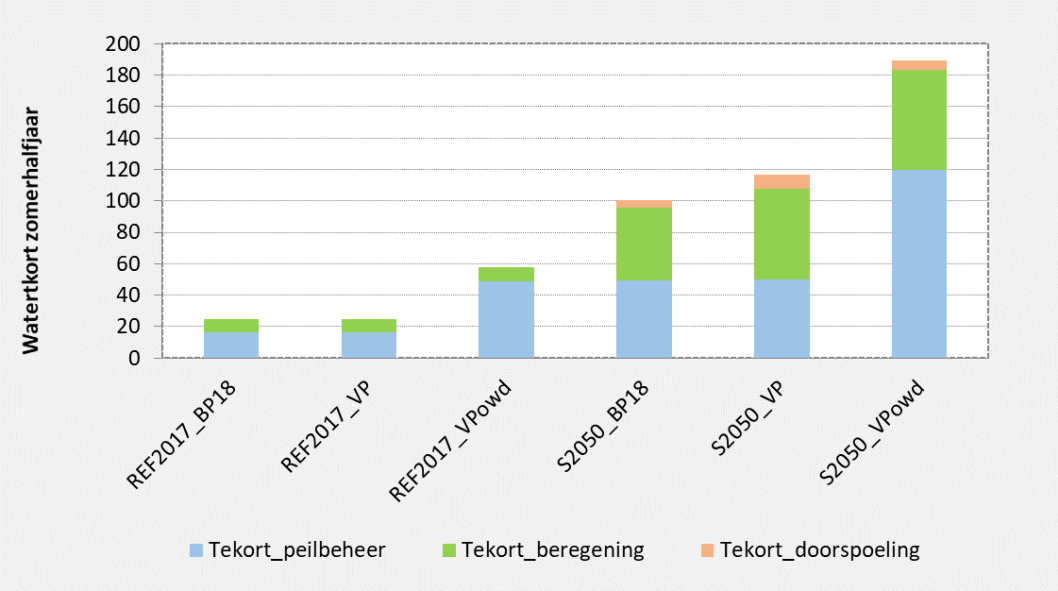
De maatregelen van het Voorkeurspakket een vergelijkbaar effect hebben op de watervraag en te tekorten in de variant met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging. De tabellen met de watervraag en watertekort voor de verschillende varianten zijn opgenomen in bijlage A.4.



Figuur 4.13 Herhalingstijd van de watervraag peilbeheer n miljoen m³/zomerhalfjaar voor voorzieningsgebied Bovenrivieren voor scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).



Figuur 4.14 Herhalingstijd van het relatief totaal watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar voor voorzieningsgebied Bovenrivieren voor scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).

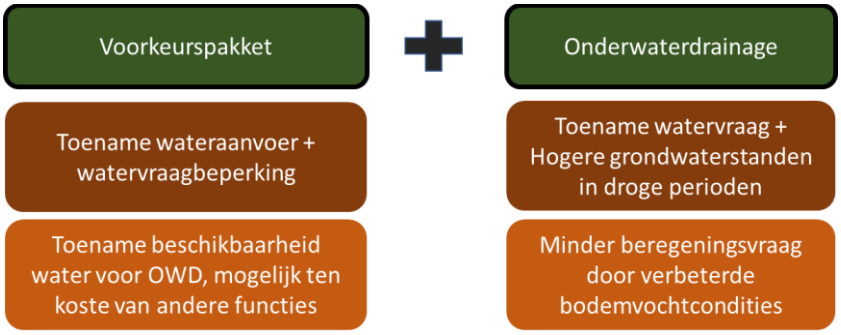


Figuur 4.15 Watertekort in miljoen m³/zomerhalfjaar peilbeheer, beregening en doorspoeling in een extreem droog jaar (1976) voor voorzieningsgebied Bovenrivieren voor scenario Stoom2050 met en zonder maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).

4.3 Droogterisico Landbouw

Onderwaterdrainage en passieve peilstijging heeft mogelijk effect op de effectiviteit van het Voorkeurspakket. De effectiviteit kan zowel hoger worden, doordat het extra beschikbare water gebruikt kan worden voor onderwaterdrainage, maar ook lager, wanneer onderwaterdrainage zorgt voor grotere watertekorten, waardoor onder andere de vraag voor beregening niet meer geleverd kan worden. Daarnaast resulteert onderwaterdrainage ook tot (een beperkte) afname van de beregeningsvraag door verbeterde bodemvochtcondities (zie Figuur 4.16). Om het effect op de effectiviteit van het Voorkeurspakket te bepalen is de vraag is welk effect het sterkst doorwerkt in het droogterisico. Daarvoor onderzoeken we eerst het effect op het

droogterisico voor de landbouw, vervolgens het effect op het droogterisico voor scheepvaart en daarna het effect op andere functies.



Figuur 4.16: Effect Voorkeurspakket en onderwaterdrainage (donkerbruine blokjes) en mogelijk effect op elkaar (lichtbruine blokjes).

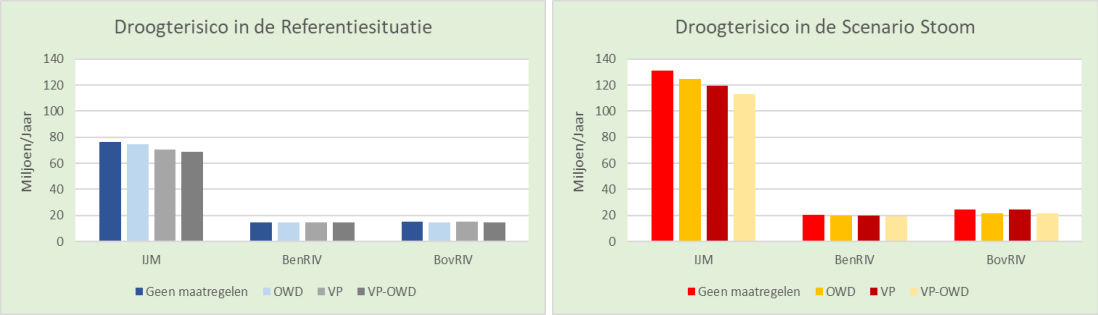
De belangrijkste hydrologische effecten van het Voorkeurspakket zijn een afname van de beregeningsvraag en daardoor een afname van de beregeningstekorten. Dit geldt voor zowel gemiddeld als extreem droge jaren. Ook zijn er maatregelen, bijvoorbeeld op het Drents Plateau, die de grondwaterstanden doen stijgen met als gevolg betere bodemvochtcondities. Naast de verminderde watertekorten leidt het Voorkeurspakket ook tot een grotere watervraag voor peilbeheer, de peilbeheertekorten lopen daardoor op. Dit kan een (beperkt) negatief effect hebben op de grondwaterstanden en de bodemvochtcondities.

Ook onderwaterdrainage vermindert de watervraag voor beregening in de meeste jaren, de verwachting is daarom dat het Voorkeurspakket in combinatie met onderwaterdrainage de beregeningstekorten verder doet afnemen. Dit verkleint het droogterisico van de landbouw. In (extreem) droge jaren kan dit omslaan doordat tekorten gaan oplopen.

4.3.1 Effect OWD en het Voorkeurspakket op Droogterisico Landbouw

Het droogterisico voor de landbouw in het nul-alternatief (geen maatregelen) is vergeleken met het droogterisico van landbouw bij implementatie van het Voorkeurspakket en bij implementatie van onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Ook is het droogterisico berekend voor een combinatie van het Voorkeurspakket met onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Wanneer de vermindering van het droogterisico van het Voorkeurspakket en onderwaterdrainage afzonderlijk groter is dan wanneer beiden samen worden geïmplementeerd, dan kan worden geconcludeerd dat onderwaterdrainage en negatief effect heeft op de effectiviteit van het Voorkeurspakket.

Figuur 4.17 presenteert de resultaten van het nul-alternatief, OWD en VP (apart en samen) voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 voor de voorzieningsgebieden waar onderwaterdrainage en passieve peilstijging op grote schaal is geïmplementeerd. De resultaten laten zien dat het Voorkeurspakket het droogterisico voor landbouw sterker doet afnemen dan onderwaterdrainage en passieve peilstijging. De effecten verschillen echter per voorzieningsgebied. In het IJsselmeergebied heeft het Voorkeurspakket een significant groter effect op het droogterisico dan onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Dit is in lijn met het effect op het beregeningstekort, dat in een situatie met het Voorkeurspakket sterker afneemt dan in een situatie met enkel onderwaterdrainage en passieve peilstijging.



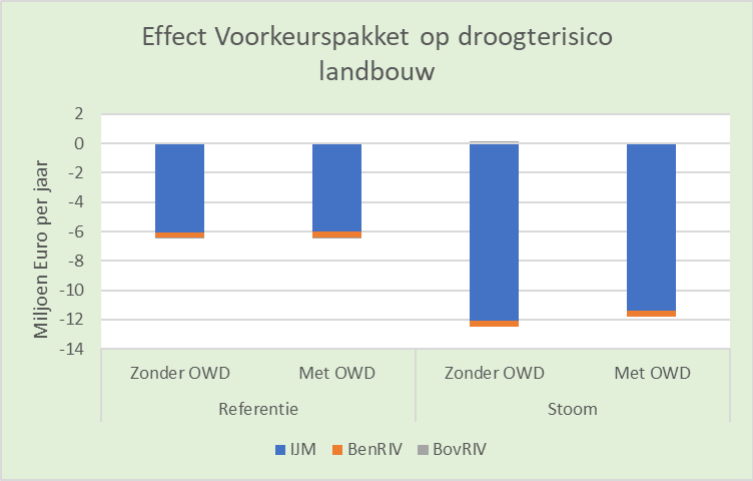
Figuur 4.17 Droogterisico voor de landbouw in het Ref2017 scenario (links) en scenario Stoom2050 (rechts) voor de voorzieningsgebieden IJsselmeer/Markermeer, Benedenrivierengebied en Bovenrivierengebied.

Tabel 4.2 Droogterisico zonder maatregelen, met het Voorkeurspakket, met onderwaterdrainage en met een combinatie van het Voorkeurspakket en onderwaterdrainage en passieve peilstijging voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050. Het droogterisico is uitgedrukt in miljoen euro's per jaar.

Scenario		Voorzieninsgebied IJsselmeer/Markermeer	Voorzieningsgebied Benedenrivieren	Voorzieningsgebied Bovenrivieren
Referentie	Geen maatregelen	76.5	14.9	15.5
	VP	70.5 (-8%)	14.5 (-3%)	15.4 (-1%)
	OWD	74.7 (-2%)	14.7 (-1%)	14.5 (-6%)
	VP-OWD	68.6 (-10%)	14.3 (-4%)	14.4 (-7%)
Stoom2050	Geen maatregelen	131.3	20.4	24.2
	VP	119.3 (-9%)	20.0 (-2%)	24.4 (1%)
	OWD	124.6 (-5%)	19.9 (-2%)	21.5 (-11%)
	VP-OWD	113.2 (-14%)	19.5 (-4%)	21.5 (-11%)

In voorzieningsgebied bovenrivieren is het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het droogterisico groter dan het effect van het Voorkeurspakket. Dit kan vooral worden verklaard door het zeer beperkte effect dat het Voorkeurspakket heeft op het voorzieningsgebied bovenrivieren en het relatief grote gebied waarop onderwaterdrainage en passieve peilstijging in deze regio is geïmplementeerd. In het benedenrivierengebied is het effect van zowel onderwaterdrainage en passieve peilstijging in het Voorkeurspakket klein, tussen 0,1 - 1 miljoen euro in het Ref2017 scenario tot maximaal 3 miljoen euro in scenario Stoom2050.

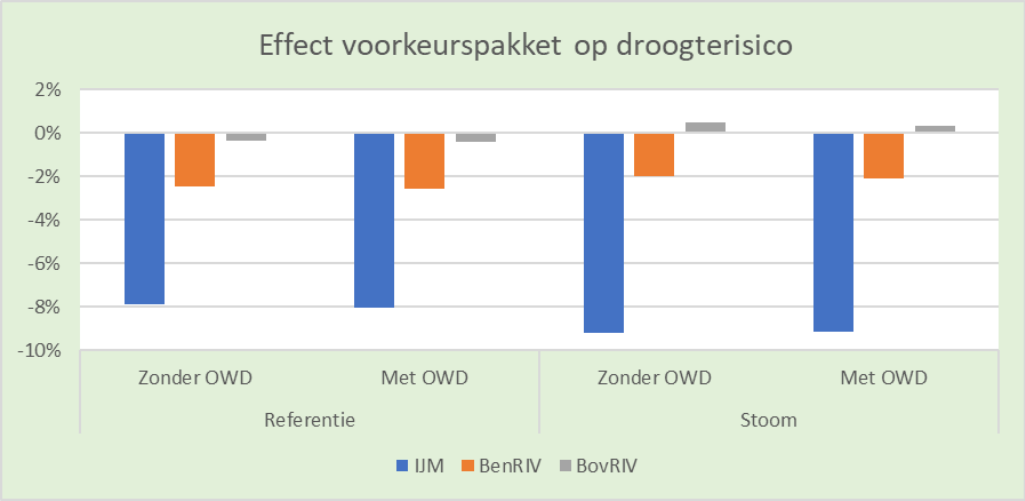
In het Ref2017 scenario tellen de losse effecten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging en het Voorkeurspakket samen op tot het berekende gecombineerde effect. De effectiviteit van zowel onderwaterdrainage en passieve peilstijging als het Voorkeurspakket worden dus niet of in zeer beperkte mate door elkaar beïnvloed. Figuur 4.18 laat zien dat in scenario Stoom2050 de effectiviteit van het Voorkeurspakket licht wordt beïnvloed door onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Het effect van het Voorkeurspakket is door onderwaterdrainage 0,6 miljoen euro/jaar lager in het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer. De meest waarschijnlijke verklaring is dat onderwaterdrainage en passieve peilstijging al een deel van het droogterisico in extreme jaren oplost, waardoor het Voorkeurspakket minder effect heeft. In het benedenrivierengebied is een lichte verbetering waar te nemen van de effectiviteit, maar dit is minder dan 0,1 miljoen euro/jaar.



Figuur 4.18 Effect van het Voorkeurspakket op het droogterisico landbouw met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging in het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 voor de drie voorzieningsgebieden, uitgedrukt in mijloenen euro's per jaar. Voor de situatie zonder OWD is de referentie vergeleken met de situatie met Voorkeurspakket en voor de situatie met OWD is de referentie inclusief OWD vergeleken met de situatie met het Voorkeurspakket en OWD.

Het Voorkeurspakket vermindert het droogterisico in het Ref2017 scenario met ongeveer 8 procent in voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer en ongeveer 2,5 procent in het benedenrivierengebied, onderwaterdrainage en passieve peilstijging heeft hier amper invloed op. In scenario Stoom2050 is de reductie 9 procent in voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer en 2 procent in het benedenrivierengebied (zie Figuur 4.19).

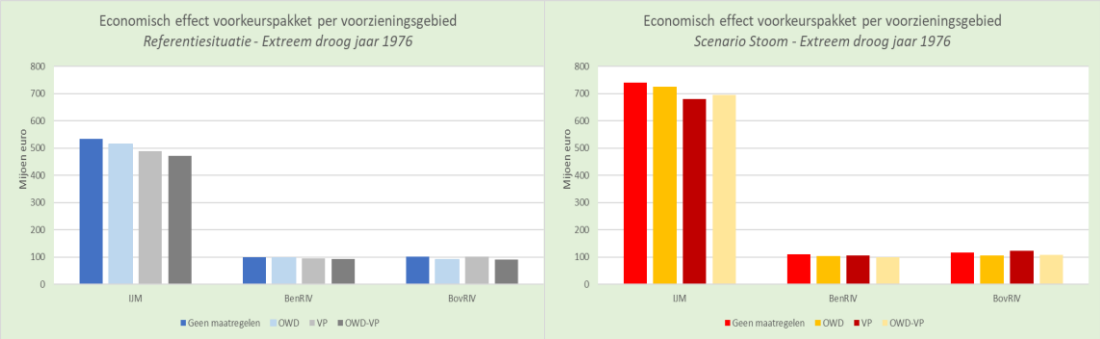
Het effect van OWD op de effectiviteit van het voorkeurspakket is zeer klein ten opzichte van het totale effect van het voorkeurspakket op het droogterisico. In het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer verslechtert de effectiviteit in beperkte mate, terwijl in het voorzieningsgebied benedenrivierengebied OWD de effectiviteit van het voorkeurspakket licht toeneemt. .



Figuur 4.19 Effect van het Voorkeurspakket op het droogterisico landbouw met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging in het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 voor de drie voorzieningsgebieden, uitgedrukt in percentages. Voor de situatie zonder OWD is de referentie vergeleken met de situatie met Voorkeurspakket en voor de situatie met OWD is de referentie inclusief OWD vergeleken met de situatie met het Voorkeurspakket en OWD.

In een extreem droog jaar (1976) zijn in het Ref2017 scenario dezelfde patronen waar te nemen als gemiddeld over alle jaren. In scenario Stoom2050 zijn daarentegen vooral in het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer en het Benedenrivierengebied verschillen te zien. In het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer heeft het Voorkeurspakket een groter economisch effect dan onderwaterdrainage en passieve peilstijging en het Voorkeurspakket samen. Het Voorkeurspakket zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging heeft een economisch effect van 60 miljoen, terwijl dit vermindert tot 30 miljoen als ook onderwaterdrainage en passieve peilstijging wordt uitgevoerd (zie Figuur 4.20Figuur 4.19 en Tabel 4.3).

Dit kan verklaard worden door de hoge extra watervraag door onderwaterdrainage en passieve peilstijging in een extreem droog jaar. Samen met de extra watervraag voor peilbeheer door het Voorkeurspakket leidt dit tot grotere tekorten die doorwerken in het droogterisico. Dit laat zien dat in zeer extreme situaties (extreem droog jaar in scenario Stoom2050) onderwaterdrainage en passieve peilstijging een significant negatief effect kan hebben op de effectiviteit van het Voorkeurspakket.



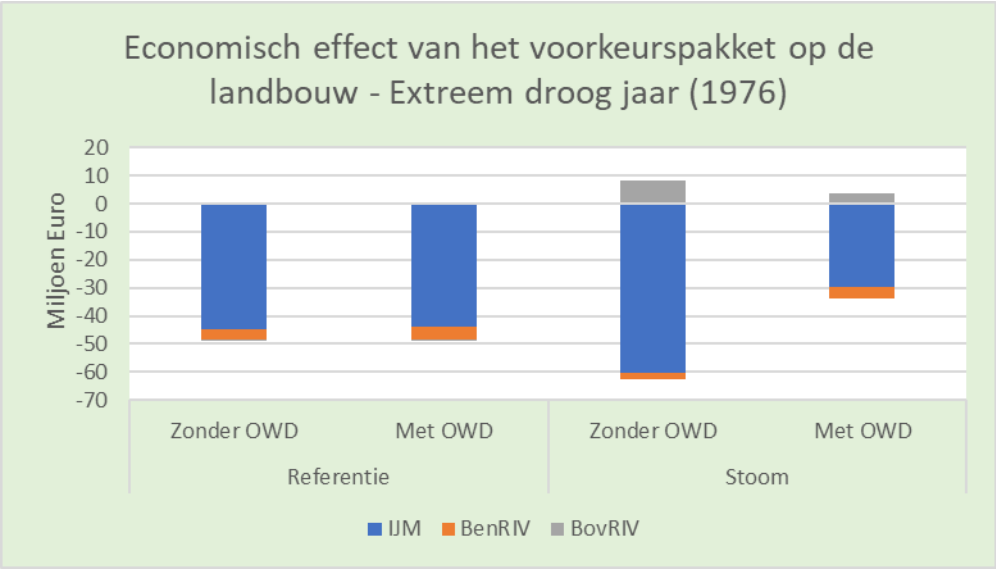
Figuur 4.20 Economisch effect van het Voorkeurspakket in een extreem droog jaar (1976) in het Ref2017 scenario (links) en in scenario Stoom2050 (rechts), uitgedrukt in miljoenen euro's.

Tabel 4.3 Economisch effect van het Voorkeurspakket in een extreem droog jaar (1976) in het Ref2017 scenario en in scenario Stoom2050 voor de drie voorzieningsgebieden, uitgedrukt in miljoenen euro's per jaar.

Extreem droog jaar (1976)		**IJM**	**BenRIV**	**BovRIV**
Referentie	Geen maatregelen	533	99	101
	VP	489 (-8%)	95 (-4%)	101 (0%)
	OWD	515 (-4%)	97 (-2%)	90 (-11%)
	VP-OWD	471 (-12%)	93 (-6%)	90 (-11%)
Stoom2050	Geen maatregelen	740	109	116
	VP	680 (-8%)	107 (-2%)	124 (7%)
	OWD	726 (-2%)	104 (-5%)	105 (-9%)
	VP-OWD	696 (-6%)	99 (-9%)	109 (-6%)

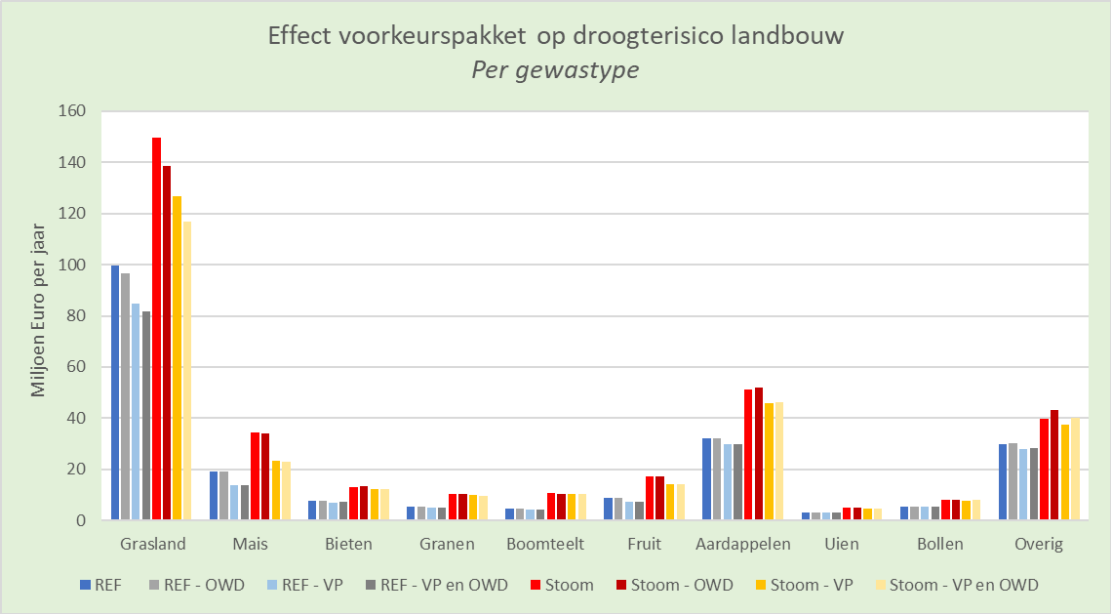
In het benedenrivierengebied versterken onderwaterdrainage en passieve peilstijging en het Voorkeurspakket elkaar. Dit is te verklaren door de grotere aanvoer vanuit het

hoofdwatersysteem door onder andere de Voorkeurspakket-maatregel Krimpenerwaardroute, waardoor de watervraag van onderwaterdrainage en passieve peilstijging langer kan worden geleverd. In het bovenrivierengebied heeft het Voorkeurspakket, ondanks dat er geen maatregelen zijn geïmplementeerd in dit gebied, een negatief effect op het droogterisico. Het negatieve effect kan dus alleen worden veroorzaakt door bovenregionale effecten, zoals extra onttrekkingen uit het hoofdwatersysteem (Mens et al, 2020).



Figuur 4.21 Economisch effect Voorkeurspakket op landbouw in een extreem droog jaar (1976). Voor de situatie zonder OWD is de referentie vergeleken met de situatie met Voorkeurspakket en voor de situatie met OWD is de referentie inclusief OWD vergeleken met de situatie met het Voorkeurspakket en OWD.

Ten slotte is het droogterisico uitgedrukt per gewastype (zie Figuur 4.22). Dit is gedaan voor zowel de referentie als scenario Stoom2050 voor onderwaterdrainage en passieve peilstijging, het Voorkeurspakket en een combinatie van beiden. Een duidelijk verschil is waar te nemen tussen het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging en het Voorkeurspakket op verschillende typen gewassen. Het Voorkeurspakket reduceert het droogterisico van verschillende gewassen , waaronder gras, mais, maar ook suikerbieten, fruit, aardappelen en de overige categorie, terwijl onderwaterdrainage en passieve peilstijging voornamelijk effect heeft op grasland. Veenweidegebied, waar onderwaterdrainage is geïmplementeerd, wordt immers gedomineerd door grasland. Het Voorkeurspakket heeft hiermee een veel breder effect dan onderwaterdrainage en passieve peilstijging.



Figuur 4.22 Effect Voorkeurspakket op het droogterisico landbouw voor de verschillende gewastypen voor de referentie en scenario Stoom2050, met OWD, met VP en een combinatie van VP en OWD, uitgedrukt in miljoenen euro's per jaar.

4.3.2 Samenvattend

- Het Voorkeurspakket heeft een groter effect op het droogterisico van landbouw dan onderwaterdrainage en passieve peilstijging. In de voorzieningsgebieden IJsselmeer/Markermeer, Benedenrivierengebied en Bovenrivierengebied reduceert het droogterisico met €6,5 miljoen in het Ref2017 scenario en ongeveer €23 miljoen in scenario Stoom2050. Onderwaterdrainage en passieve peilstijging reduceert het risico met respectievelijk 3 miljoen euro in het Ref2017 scenario en ongeveer 9 miljoen euro in Stoom2050.
- *Gemiddeld* verkleint onderwaterdrainage en passieve peilstijging in zeer beperkte mate het effect van het Voorkeurspakket op het droogterisico landbouw. In scenario Stoom2050 is het effect van het Voorkeurspakket op het droogterisico van landbouw 0,6 miljoen euro kleiner met onderwaterdrainage dan zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging.
- In extreem droge situaties kan onderwaterdrainage en passieve peilstijging de effectiviteit van het Voorkeurspakket om het droogterisico voor de landbouw te verkleinen zowel negatief als positief beïnvloeden. In het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer wordt de effectiviteit met 30 miljoen euro gereduceerd, doordat onderwaterdrainage en passieve peilstijging beregeningstekorten vergroot. In het benedenrivierengebied zorgt de Krimpenerwaardroute voor extra wateraanvoer,

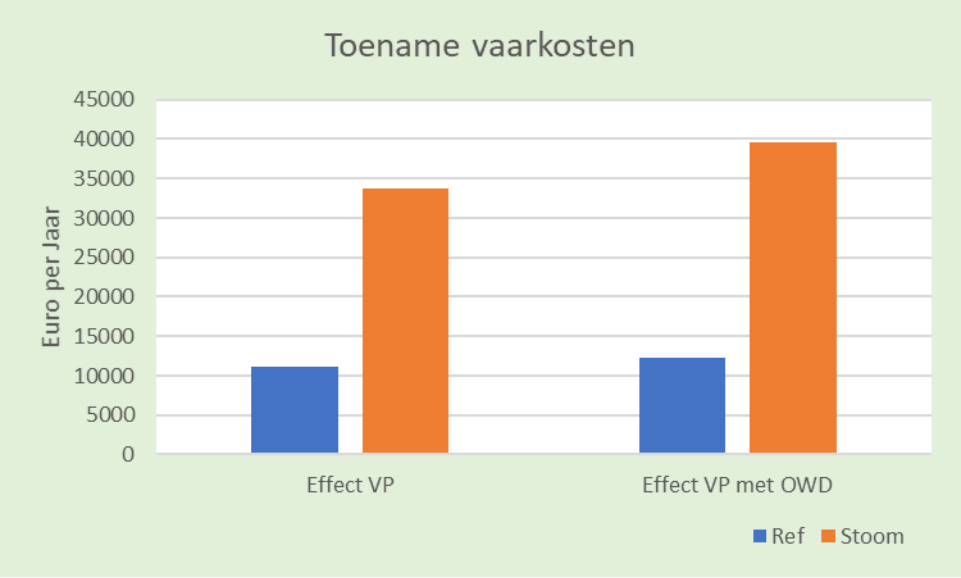
waardoor de vraag van onderwaterdrainage en passieve peilstijging langer geleverd kan worden en het droogterisico voor de landbouw afneemt. Het gecombineerde effect op het droogterisico van landbouw is hierdoor groter dan de som der delen.

4.4 Droogterisico Scheepvaart

Hoofdstuk 3.4 laat zien dat onderwaterdrainage een zeer beperkt effect heeft op de vaarkosten. De verwachting is dat de watervraag voor onderwaterdrainage en passieve peilstijging samen met het Voorkeurspakket leidt tot hogere scheepvaartkosten door extra onttrekking vanuit het hoofdwatersysteem om aan de vraag te voldoen.

Mens et al (2020) laat zien dat het Voorkeurspakket een beperkt effect op de vaarkosten, dit varieert van 11,000 euro per jaar in het Ref2017 scenario tot 34,000 euro per jaar in scenario Stoom2050 (zie Figuur 4.23).Als de toename enkel wordt vergeleken met het droogterisico voor de scheepvaart op de Waal bij Sint Andries is de stijging 4% in het Ref2017 scenario en 6% in scenario Stoom2050.

Wanneer onderwaterdrainage en passieve peilstijging ook wordt uitgevoerd stijgt het droogterisico van het Voorkeurspakket tot 12,000 euro in het Ref2017 scenario en 40,000 euro in Stoom2050. De stijging van het droogterisico is ongeveer even groot als het droogterisico van onderwaterdrainage voor de scheepvaart. De conclusie is daarom dat onderwaterdrainage en passieve peilstijging het effect van het Voorkeurspakket niet significant vergroot of verkleint.



Figuur 4.23 Toename van de vaarkosten door het Voorkeurspakket met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 berekend met de eenvoudige effectrelatie landbouw, uitgedrukt in euro's per jaar.

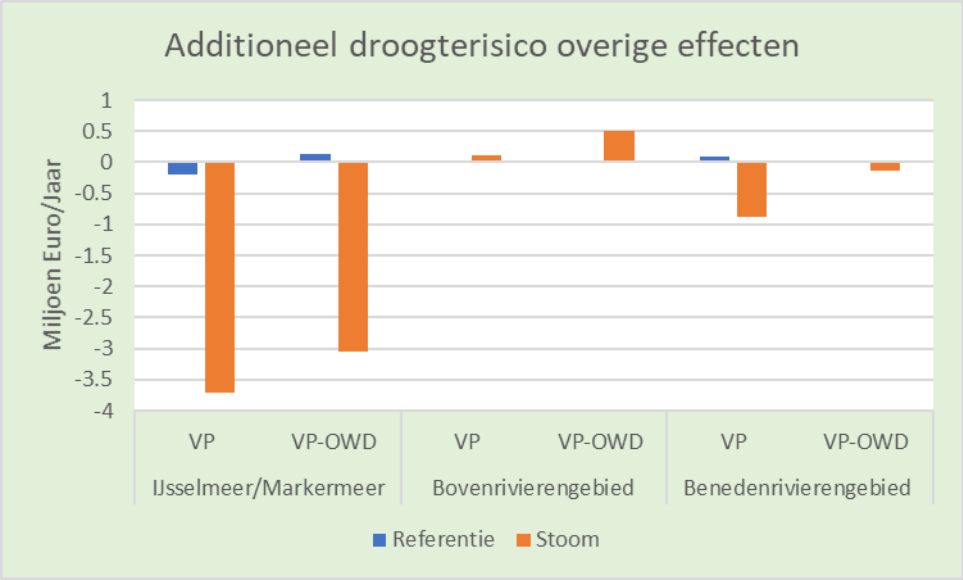
4.5 Droogterisico Overige effecten

Het Voorkeurspakket heeft behalve op landbouw en scheepvaart ook effect op andere functies. Deze worden gemonetariseerd met de schaduwprijs voor water (zie hoofdstuk 3.5). Om het effect van het Voorkeurspakket met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging te monetariseren is eerst het effect op het peilbeheer- en doorspoelingstekort bepaald (zie Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Het doorspoel- en peilbeheertekort bij implementatie van het Voorkeurspakket met en zonder onderwaterdrainage afgezet tegen een situatie zonder Voorkeurspakket en onderwaterdrainage en passieve peilstijging, zie hoofdstuk 4.2 voor meer informatie.

Voorzienings gebied	**Pakket**	**Doorspoelings Tekort (Mm^3)**		**Peilbeheertekort (Mm^3)**	
		Ref2017	*Stoom2050*	*Ref2017*	*Stoom2050*
IJsselmeer/Markermeer	VP	-0.3	-11.2	0	1.7
	VP-OWD	0.2	-9	0	1.2
Bovenrivierengebied	VP	0	0.2	0	0
	VP-OWD	0	0.2	0	0.8
Benedenrivierengebied	VP	-0.1	-1.2	0.2	-0.1
	VP-OWD	-0.1	0.3	0.1	-0.5

De voornaamste effecten zijn waar te nemen in scenario Stoom2050. In het voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer neemt het doorspoeltekort af en het peilbeheertekort toe. Onderwaterdrainage zorgt voor een groter peilbeheertekort en een kleiner doorspoeltekort ten opzichte van een situatie met alleen het Voorkeurspakket (Zie hoofdstuk 4.2 voor een verklaring van dit effect). Dit effect is gemonetariseerd met de schaduwprijzen uit Tabel 3.14. Het resultaat is een afname van het droogterisico voor overige effecten door het Voorkeurspakket met 0,1 miljoen euro in het Ref2017 scenario en 4,4 miljoen euro in scenario Stoom2050 (Zie Tabel 4.5 en Figuur 4.24). Met onderwaterdrainage en passieve peilstijging slaat dit om naar een lichte stijging van het droogterisico voor de overige effecten van 0,1 miljoen euro in de referentie en een daling van het droogterisico van 2,7 miljoen euro in scenario Stoom2050. Hieruit kan worden geconcludeerd dat onderwaterdrainage en passieve peilstijging het effect van het Voorkeurspakket op de overige effecten vooral verminderen in scenario Stoom2050.



Figuur 4.24 Droogterisico in het Voorkeurspakket en het Voorkeurspakket en onderwaterdrainage en passieve peilstijging wanneer het additioneel peilbeheer- en doorspoeltekort wordt gemonetariseerd voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050 (prijspeil 2016, exclusief btw).

Tabel 4.5 Additioneel droogterisico met het Voorkeurspakket en het Voorkeurspakket en onderwaterdrainage en passieve peilstijging voor de verschillende voorzieningsgebieden voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050, uitgedrukt in miljoenen euro's per jaar (prijspeil 2016, exclusief btw).

Voorzieningsgebied	Pakket	Referentie	Stoom2050
IJsselmeer/Markermeer	VP	-0.2	-3.7
	VP-OWD	0.1	-3.1
Bovenrivierengebied	VP	0	0.1
	VP-OWD	0	0.5
Benedenrivierengebied	VP	0.1	-0.9
	VP-OWD	0	-0.1
Totaal	**VP**	**-0.1**	**-4.4**
	VP-OWD	**0.1**	**-2.7**

4.6 Overzicht effect onderwaterdrainage en passieve peilstijging op effectiviteit Voorkeurspakket

In onderstaande opsomming worden de effecten van de onderwaterdrainage en passieve peilstijging in combinatie met het Voorkeurspakket samengevat.

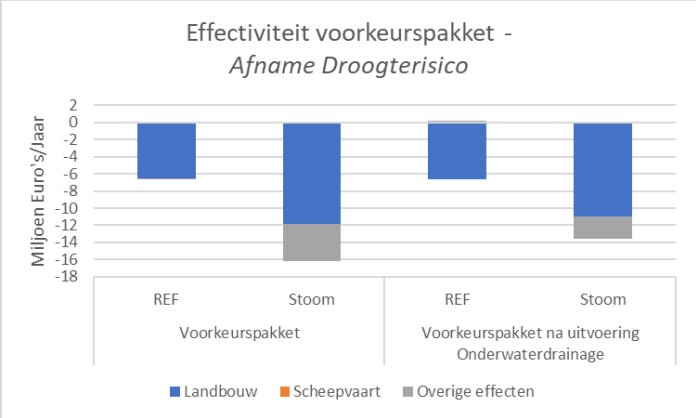
- In het voorzieningsgebied van Midden-West Nederland is het voorkeurspakket effectiever in het terugdringen van de tekorten van de droge jaren in de situatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging dan in de situatie zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging dit komt doordat de aanvoercapaciteit vergroot is (Krimpenerwaard route).

- De effectiviteit van het voorkeurpakket op de watertekorten in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer is in de situatie met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging ongeveer gelijk. De buffervoorraad in het IJsselmeer is de limiterende factor.
- Door het voorkeurspakket en de toegenomen watervraag van onderwaterdrainage en passieve peilstijging wordt de kritische zone van -0,30 m NAP voor het IJsselmeerpeil vaker bereikt.

Tabel 4.6 biedt een overzicht van het effect van het Voorkeurspakket met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het droogterisico van de landbouw, scheepvaart en overige gebruiksfuncties. Wanneer het effect van het Voorkeurspakket met onderwaterdrainage lager is dan zonder onderwaterdrainage duidt dit erop dat onderwaterdrainage de effectiviteit van het Voorkeurspakket om het droogterisico tegen te gaan verkleint (zie Figuur 4.25).

Tabel 4.6 Overzichtstabel met het effect op het droogterisico van het Voorkeurspakket met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging voor het Ref2017 scenario en scenario Stoom2050, uitgedrukt in miljoenen euro's per jaar (prijspeil 2016, exclusief btw). Het effect van het VP met OWD is uitgedrukt ten opzichte van het Ref of Stoom2050 met OWD.

Effect	**Scenario**	**VZ IJsselmeer/ Markermeer**		**Bovenrivieren**		**Benedenrivieren**		**TOTAAL**	
		VP	VP-OWD	VP	VP-OWD	VP	VP-OWD	VP	VP-OWD
Landbouw	Ref2017	-6	-6.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.4	-6.5	-6.6
	Stoom2050	-12	-11.4	0.2	0	-0.4	-0.4	-11.8	-11
Scheepvaart	Ref2017							0.01	0.03
	Stoom2050							0.01	0.04
Overige effecten	Ref2017	-0.2	0.1	0	0	0.1	0	-0.1	0.1
	Stoom2050	-3.7	-3	0.1	0.5	-0.9	-0.1	-4.5	-2.6
TOTAAL	Ref2017	-6.2	-6	-0.1	-0.1	-0.3	-0.4	**-6.59**	**-6.47**
	Stoom2050	-15.7	-11.9	0.3	0.5	-1.3	-0.5	**-16.29**	**-13.56**



Figuur 4.25: Indicatie van de effectiviteit van het Voorkeurspakket om droogterisico te verkleinen met en zonder onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

De resultaten laten zien dat in het Ref2017 scenario het Voorkeurspakket met en zonder uitvoering van onderwaterdrainage het droogterisico ongeveer evenveel verkleint, gemiddeld met ongeveer 6,5 miljoen euro per jaar. In scenario Stoom2050 daarentegen is de afname van het droogterisico door implementatie van het Voorkeurspakket lager door onderwaterdrainage. Voor het Voorkeurspakket zonder onderwaterdrainage is de reductie meer dan 16 miljoen euro per jaar en met onderwaterdrainage neemt dit af tot 13,5 miljoen euro.

Het verschil van 2,5 miljoen euro in scenario Stoom2050 wordt voornamelijk veroorzaakt door de overige effecten, die bestaan uit het gemonetariseerde effect op watertekorten. Dit komt doordat het doorspoelingstekort minder afneemt wanneer het Voorkeurspakket wordt gecombineerd met onderwaterdrainage en passieve peilstijging. De functies afhankelijk van doorspoeling, zoals natuur, drinkwater en landbouw (verzilting) ondervinden hierdoor een groter droogterisico dan wanneer enkel het Voorkeurspakket wordt uitgevoerd. Ook de afname van het droogterisico voor de landbouw door het Voorkeurspakket is minder groot wanneer het wordt gecombineerd met onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Dit komt voornamelijk doordat in scenario Stoom2050 niet alle extra watervraag van onderwaterdrainage kan worden geleverd door onder andere beperking in de aanvoer van water uit het IJsselmeer. Hierdoor kunnen eerder doorspoel- en beregeningstekorten optreden, die doorwerken in de het droogterisico voor landbouw en overige effecten.

Geconcludeerd kan worden dat het gecombineerde effect van het voorkeurspakket en onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het droogterisico groter is dan het effect van het Voorkeurspakket of onderwaterdrainage en passieve peilstijging afzonderlijk. Wel is het zo dat onderwaterdrainage de effectiviteit van het Voorkeurspakket om het droogterisico te beperken licht doet afnemen in scenario Stoom2050. Voor een zo groot mogelijke reductie van het droogterisico dienen zowel het Voorkeurspakket als onderwaterdrainage en passieve peilstijging te worden geïmplementeerd. Of dit ook bijdraagt aan de maatschappelijke welvaart is afhankelijk van de kosten en andere effecten van het voorkeurspakket, onderwaterdrainage en een combinatie van beiden

5 Conclusies

Dit rapport biedt inzicht in het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op grondwaterstanden, oppervlaktewatertekorten en het droogterisico op basis van een modelstudie. Daarnaast beschrijft het rapport het berekende effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op de effectiviteit van het voorkeurspakket. De belangrijkste conclusies op basis van de modelstudie zijn:

Onderwaterdrainage en passieve peilstijging zorgt voor een verhoging van de grondwaterstand. Deze verhoging is kleiner in droge jaren. Verwacht wordt dat hierdoor de bodemdaling zal vertragen maar niet voorkomen kan worden.

- De watervraag aan het oppervlaktewatersysteem neemt in de berekeningen toe in alle jaren. Hierdoor moet er meer water worden aangevoerd vanuit het hoofdwatersysteem.
- In (extreem) droge jaren nemen de watertekorten voor peilbeheer, beregening en doorspoeling toe.
- Onderwaterdrainage en passieve peilstijging kan de daling van de gemiddelde laagste grondwaterstanden als gevolg van het WH scenario compenseren. Hierdoor kan de gemiddeld laagste grondwaterstand op de plekken waar onderwaterdrainage of passieve peilstijging wordt toegepast hoger zijn dan in de referentie (Ref2017).
- In extreem droge jaren kunnen grondwaterstanden ondanks OWD en passieve peilstijging uitzakken, ook als er voldoende water beschikbaar is voor peilbeheer.
- In geval van sterke klimaatverandering kan OWD en peilverhoging niet optimaal worden ingezet voor het verhogen van de grondwaterstanden en vertragen van de bodemdaling omdat de extra watervraag niet altijd volledig geleverd kan worden.

De kans op knelpunten in de zoetwatervoorziening neemt in de berekeningen toe.

- De maximale capaciteit van de huidige Klimaatbestendige Water Aanvoer (KWA) wordt vaker bereikt. De kans op tekorten neemt hierdoor toe.
- De buffer van het IJsselmeer wordt vaker volledig ingezet, waardoor het risico op beperkingen in de levering ook toe neemt.
- In extreem droge jaren kunnen door onderwaterdrainage en passieve peilstijging eerder beregenings- en doorspoeltekorten in andere gebieden ontstaan. Dit kan leiden tot (extra) schade aan beregende gewassen buiten het gebied waar onderwaterdrainage en passieve peilstijging is geïmplementeerd. Schade aan niet-beregende gewassen neemt in alle jaren af.

Droogterisico neemt naar verwachting af. Niet alle baten van OWD en peilstijging kunnen al gekwantificeerd worden.

- Door onderwaterdrainage en passieve peilstijging neemt in de berekeningen het droogterisico af. Dit wordt vooral veroorzaakt door verbeterde bodemvochtcondities en afname van de beregeningsvraag in de landbouw. Het extra droogterisico voor de scheepvaart is nihil en het droogterisico voor andere effecten neemt gemiddeld toe.
- OWD heeft een positief effect op de grondwaterstanden (tot 50 cm stijging GLG) en leidt daardoor naar verwachting tot een vertraging van de bodemdaling. Dit is in deze rapportage niet gekwantificeerd.
- Voor een volledige kosten-batenanalyse van OWD en passieve peilstijging moeten onder andere natschade, effect op CO2 uitstoot en bodemdaling nader gekwantificeerd worden.

Als onderwaterdrainage en passieve peilstijging wordt uitgevoerd neemt de watervraag aan het hoofdwatersysteem in de berekeningen toe. De effectiviteit van het Voorkeurspakket zoetwater in regio Noord wordt hierdoor kleiner. Het Voorkeurspakket in Midden-West Nederland wordt effectiever.

- In Midden-West Nederland kan de extra watervraag van onderwaterdrainage en passieve peilstijging door de wateraanvoer maatregelen in het Voorkeurspakket vaker worden geleverd. Dit resulteert in een kleine afname van het droogterisico.
- In het IJsselmeergebied ontstaan in droge jaren eerder tekorten als het Voorkeurspakket wordt gecombineerd met onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Hierdoor treden in extreem droge jaren eerder beregeningstekorten op, waardoor het droogterisico voor landbouw toeneemt, ook het risico op andere functies, zoals natuur, neemt toe. De toename in tekorten wordt veroorzaakt doordat de maatregelen van het Voorkeurspakket de buffer van het IJsselmeer eerder aanspreken. Voor Noord Nederland is de buffer capaciteit van het IJsselmeer de beperkende factor voor de effectiviteit van het Voorkeurspakket.
- Door de combinatie met onderwaterdrainage en passieve peilstijging vermindert het effect van het Voorkeurspakket op het totale droogterisico voor heel Nederland in scenario Stoom2050. Het Voorkeurspakket is naar verwachting ongeveer 15% minder effectief met onderwaterdrainage en passieve peilstijging in scenario Stoom2050. Wel is het gecombineerde effect van het voorkeurspakket en onderwaterdrainage en passieve peilstijging op het droogterisico groter dan het effect van het Voorkeurspakket of onderwaterdrainage en passieve peilstijging afzonderlijk. In het Ref2017 scenario is de effectiviteit van het pakket met en zonder onderwaterdrainage vergelijkbaar.

5.1 Discussie en aanbevelingen

Deze resultaten zijn gebaseerd op een modelimplementatie van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op nationale schaal en derhalve niet geschikt voor lokale uitspraken. Het verdient de aanbeveling om regionale modellen te gebruiken voor uitspraken op regionale schaal en het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging op watertekorten te (blijven) monitoren. Overige aanbevelingen zijn:

- Onderwaterdrainage is geïmplementeerd in gebieden met een veenbodem en een maximale drooglegging van 60 cm. Passieve peilstijging is toegepast in veengronden met agrarisch landgebruik waar bodemdaling plaatsvind. Ook wanneer al onderwaterdrainage is aangelegd is passieve peilstijging doorgevoerd. Zodoende geeft deze modelstudie het maximale hydrologische en economische effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging. In de praktijk zal de implementatiegraad lager zijn, aanbevolen wordt om ook het effect van een lagere implementatiegraad te bepalen op de zoetwatervoorziening.
- Voor het bepalen van een realistische implementatiegraad van onderwaterdrainage en passieve peilstijging, maar ook voor het maken van een goede afweging is meer inzicht nodig in het effect van verhoging van de grondwaterstanden op bodemdaling, aanbevolen wordt om hier meer onderzoek naar te doen.
- Het voorkeurspakket kon niet in zijn geheel in het modelinstrumentarium worden geïmplementeerd, waardoor niet het volledige effect van onderwaterdrainage op de effectiviteit van het voorkeurspakket kon worden berekend. De effectiviteit kan dus afwijken.
- Het droogterisico van onderwaterdrainage en passieve peilstijging is een indicatie. De verwachting is dat het effect op de ‘overige effecten’ wordt overschat. Dit betekent dat het droogterisico mogelijk sterker afneemt dan in deze studie gepresenteerd. Ook is

het effect van zoutschade op de landbouw niet direct berekend. Door onderwaterdrainage kan verzilting in naastgelegen diepe polders worden vergroot, de vermindering van het droogterisico van landbouw wordt hierdoor mogelijk licht overschat. Het effect van verzilting via het oppervlaktewater is wel meegenomen via monetarisering van het additioneel doorspoeltekort.

- Voor een afweging van alle kosten en baten van onderwaterdrainage en passieve peilstijging dient een maatschappelijke kosten-baten analyse te worden uitgevoerd waarin ook het effect op bodemdaling, CO2 uitstoot, waterkwaliteit natschade en de kosten van aanleg en beheer en onderhoud worden meegewogen. Meenemen van de gemonitorde effecten en inzichten uit eerdere studies is hierin van belang.

6 Referenties

Born, G.J. van den , F. Kragt, D. Henkens, B. Rijken, B. van Bemmel en S. van der Sluis, 2016. Dalende bodems en stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied. PBL publicatie 1064.

De Jong, J., 2020. Eenvoudige effectrelatie scheepvaart, Deltares memo.

Deltares, 2020. Benchmark ten behoeve van de Maatschappelijke Kosten Baten Analyse, Deltares memo.

Deltafact, 2018. Deltafact onderwaterdrainage. https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/onderwaterdrainage

Erkens, G., de Louw, P.G.B., Bootsma, H., Kooi, H., 2019. Huidig en toekomstig opbarstrisico in de polder Middelburg en Tempelpolder, Deltares rapport 11200839. Utrecht.

Ecorys (2018). *Kosten en effecten van droogte voor de scheepvaart*. Rotterdam.

Hendriks, R.F.A., J.J.H. van den Akker, P.C. Jansen en H.Th.L. Massop, 2014. Effecten van onderwaterdrains in peilvak 9 van polder Groot-Wilnis Vinkeveen; Modelstudie naar de effecten van onderwaterdrains op maaivelddaling, waterbeheer, wateroverlast en waterkwaliteit in peilvak 9. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2480.

Hunink, J.C., 2019a. Uitgangspunten variant Parijs en zichtjaar 2100. Deltares memo 11202240-009-ZWS-0006, 6 maart 2019.

Hunink, J.C., J. Pouwels, M. Mens, 2019b, Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma: Effecten van Parijs-maatregelen en doorkijk naar zichtjaar 2100. Deltares memo

Polman, N., J. Peerlings en M. van der Vat, 2019. Economische effecten van droogte voor landbouw in Nederland; Samenvatting. Wageningen, Wageningen Economic Research, Nota 2019-038.

Rozemeijer, J., Bootsma, H., A. Veldhuizen, J. Pouwels, J. van den Akker, T. Kroon, 2019, Effecten van onderwaterdrainage op de regionale watervraag. Deltares rapport 11202752-002.

Schasfoort, F., Jong, J. de, & Meijers, E. (2019). Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater. Deltares rapport 11203734-010. Delft.

Stratelligence, 2021, Economische analyse Zoetwater, Eindrapportage

Mens, M,. F. Schasfoort, J.C. Hunink, J. Pouwels, J. Delsman, J. de Jong, 2020, Hydrologische en economische effecten van twee maatregelpakketten voor Deltaprogramma Zoetwater fase II. Deltares rapport 11205271-005.

Mens, M., Hunink, J. C., Delsman, J. R., Pouwels, J., & Schasfoort, F. (2019). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II*. *Deltares rapport 11203734-003*. Delft.

Zak, D., Goldhammer, T., Cabezas, A., Gelbrecht, J., Gurke, R., Wagner, C., Reuter, R., Augustin, J., Klimkowska, A., McInnes, R. (2017). Top soil removal reduces water pollution from phosphorus and

dissolved organic matter and lowers methane emissions from rewetted peatlands. Journal of Applied Ecology, 55(1), 311–320. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12931

A Watervraag en tekort tabellen

A.1 Alle regio's

Tabel A.1 Gemiddelde watervraag in Mm³/zomerhalfjaar voor de scenario's Ref2017 en Stoom2050 voor de situatie met en zonder OWD en passieve peilstijging.

	Ref2017	Ref2017 OWD	% verandering		S2050	S2050 OWD	% verandering
Hoge Zandgronden							
Centrale Hoge Zandgronden	23	26	13%		29	34	18%
Hoge Zandgronden Zuid	5	5	1%		11	11	-4%
Hoge Zandgronden Zuid - overig	38	38	1%		47	47	0%
Midden Limburg en Brabanse kanalen	153	153	0%		168	168	0%
Zuid-Limburg	21	21	1%		43	41	-5%
Voorzieningsgebied IJsselmeer							
Drents plateau	73	74	1%		96	101	5%
Fries Gronings Kustgebied	538	595	11%		921	1005	9%
IJsselmeerpolders	39	39	0%		59	57	-4%
Noord Holland	293	305	4%		511	516	1%
IJssel-Vecht delta	82	83	2%		101	102	1%
Voorzieningsgebied Bovenrivieren							
Rivierengebied-Noord	97	107	11%		128	144	13%
Rivierengebied-Zuid	55	55	1%		71	70	0%
Midden West Nederland - niet extern verzilt	432	456	6%		347	380	9%
Voorzieningsgebied Benedenrivieren							
Midden West Nederland - extern verzilt	209	218	4%		328	339	3%
Zuid Westelijk estuariumgebied - met aanvoer	209	209	0%		386	376	-2%
ZWD							
Zuid Westelijk estuariumgebied - zonder aanvoer	60	61	1%		107	104	-4%

Tabel A.2 Gemiddelde watervraag in Mm³/zomerhalfjaar voor Ref2017 zonder en met maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).

	Ref2017	Ref2017 OWD	Verandering t.o.v. Ref2017	Ref2017 VP	Verandering t.o.v. Ref2017	Ref2017 VP OWD	Verandering t.o.v. Ref2017
Hoge Zandgronden							
Centrale Hoge Zandgronden	23	26	13%	28	22%	32	39%
Hoge Zandgronden Zuid	5	5	1%	5	6%	5	6%
Hoge Zandgronden Zuid - overig	38	38	1%	41	7%	41	7%
Midden Limburg en Brabanse kanalen	153	153	0%	163	6%	163	6%
Zuid-Limburg	21	21	1%	23	9%	23	9%
Voorzieningsgebied IJsselmeer							
Drents plateau	73	74	1%	83	14%	84	15%
Fries Gronings Kustgebied	538	595	11%	530	-1%	587	9%
IJsselmeerpolders	39	39	0%	39	0%	39	0%
Noord Holland	293	305	4%	293	0%	305	4%
IJssel-Vecht delta	82	83	2%	87	6%	88	7%
Voorzieningsgebied Bovenrivieren							
Rivierengebied-Noord	97	107	11%	97	0%	106	10%
Rivierengebied-Zuid	55	55	1%	55	0%	55	0%
Midden West Nederland - niet extern verzilt	432	456	6%	432	0%	456	5%
Voorzieningsgebied Benedenrivieren							
Midden West Nederland - extern verzilt	209	218	4%	209	0%	218	4%
Zuid Westelijk estuariumgebied - met aanvoer	209	209	0%	212	2%	212	2%
ZWD							
Zuid Westelijk estuariumgebied - zonder aanvoer	60	61	1%	65	9%	65	9%

Tabel A.3 Gemiddelde watervraag in Mm³/zomerhalfjaar voor Stoom2050 zonder en met maatregelen van het Voorkeurspakket (VP) en onderwaterdrainage en passieve peilstijging (OWD).

	Ref2017	Ref2017 OWD	Verandering t.o.v. Ref2017	Ref2017 VP	Verandering t.o.v. Ref2017	Ref2017 VP OWD	Verandering t.o.v. Ref2017
Hoge Zandgronden							
Centrale Hoge Zandgronden	29	34	18%	33	14%	38	33%
Hoge Zandgronden Zuid	11	11	-4%	12	2%	12	3%
Hoge Zandgronden Zuid - overig	47	47	0%	50	6%	50	7%
Midden Limburg en Brabanse kanalen	168	168	0%	179	6%	179	6%
Zuid-Limburg	43	41	-5%	45	6%	45	6%
Voorzieningsgebied IJsselmeer							
Drents plateau	96	101	5%	106	11%	110	14%
Fries Gronings Kustgebied	921	1005	9%	897	-3%	999	9%
IJsselmeerpolders	59	57	-4%	59	0%	59	-1%
Noord Holland	511	516	1%	512	0%	530	4%
IJssel-Vecht delta	101	102	1%	106	5%	107	7%
Voorzieningsgebied Benedenrivieren							
Rivierengebied-Noord	128	144	13%	128	0%	147	15%
Rivierengebied-Zuid	71	70	0%	71	0%	71	0%
Midden West Nederland - niet extern verzilt	347	380	9%	347	0%	383	11%
Voorzieningsgebied Bovenrivieren							
Midden West Nederland - extern verzilt	328	339	3%	328	0%	344	5%
Zuid Westelijk estuariumgebied - met aanvoer	386	376	-2%	390	1%	391	1%
ZWD							
Zuid Westelijk estuariumgebied - zonder aanvoer	107	104	-4%	114	6%	114	6%

A.2 Voorzieningsgebied Benedenrivieren

Tabel A.4 Verandering van de gemiddelde watervraag ten opzichte van het Voorkeurspakket (VP) voor het voorzieningsgebied Benedenrivieren. De varianten worden vergeleken met het scenario zonder maatregelen van het Voorkeurspakket. Ref2017VP wordt vergeleken met Ref2017, Ref2017vpowd wordt vergeleken met Ref2017owd. De verandering geeft dus het effect van het Voorkeurspakket weer in de situatie zonder en met onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

Gemiddeld		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van de situatie zonder VP**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017		418								
REF2017	VP	421	3.4	1%	4.0	3%	0.0	0%	-0.6	-1%
REF2017	owd	430	2.7	1%	3.6	3%	0.0	0%	-0.8	-2%
S2050		714								
S2050	VP	718	3.6	1%	4.6	3%	0.0	0%	-0.9	-1%
S2050	vpowd	734	7.1	1%	5.6	3%	0.0	0%	1.4	2%
Extreem droog jaar		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van de situatie zonder VP**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3	Mm^3	%	Mmm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017		629								
REF2017	VP	633	4.2	1%	7.1	3%	0.0	0%	-2.9	-2%
REF2017	owd	651	3.1	0%	5.4	2%	0.0	0%	-2.3	-2%
S2050		946								
S2050	VP	949	3.0	0%	4.2	1%	0.0	0%	-1.2	-1%
S2050	vpowd	981	-4.4	0%	-3.0	-1%	0.0	0%	-1.4	-1%

Tabel A.5 Verandering van het gemiddelde watertekort ten opzichte van het nulalternatief voor het voorzieningsgebied Benedenrivieren. De varianten worden vergeleken met het scenario zonder maatregelen van het Voorkeurspakket. Ref2017VP wordt vergeleken met Ref2017, Ref2017vpowd wordt vergeleken met Ref2017owd. De verandering geeft dus het effect van het Voorkeurspakket weer in de situatie zonder en met onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

Gemiddeld		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van de situatie zonder VP**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017		18								
REF2017	VP	18	0.1	0%	0.2	19%	-0.1	0%	0.0	-1%
REF2017	owd	18	0.0	0%	0.1	13%	-0.1	-1%	-0.1	-3%
S2050		47								
S2050	VP	45	-1.4	-3%	-0.1	-5%	-1.2	-3%	-0.1	-1%
S2050	vpowd	46	0.4	1%	-0.5	-25%	0.3	1%	0.6	6%
Extreem droog jaar		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van de situatie zonder VP**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017		41								
REF2017	VP	33	-8.3	-20%	-0.3	-9%	-3.0	-14%	-4.9	-30%
REF2017	owd	37	-11.7	-24%	-3.0	-48%	-4.2	-18%	-4.5	-24%
S2050		168								
S2050	VP	159	-9.0	-5%	-8.2	-50%	1.0	1%	-1.8	-3%
S2050	vpowd	168	-22.7	-12%	-18.2	-57%	-1.5	-1%	-3.0	-5%

A.3 Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer

Tabel A.2 Verandering van de gemiddelde watervraag ten opzichte van het nulalternatief (NA) voor het voorzieningsgebied Benedenrivieren. De varianten worden vergeleken met het scenario zonder maatregelen van het Voorkeurspakket. Ref2017VP wordt vergeleken met Ref2017, Ref2017vpowd wordt vergeleken met Ref2017owd. De verandering geeft dus het effect van het Voorkeurspakket weer in de situatie zonder en met onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

		Watervraag	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van de situatie zonder VP**							
Gemiddeld		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017		1025								
REF2017	VP	1032	7.5	1%	21.5	4%	-13.2	-3%	-0.8	-1%
REF2017	owd	1102	5.3	0%	19.7	4%	-13.2	-3%	-1.2	-1%
S2050		1688								
S2050	VP	1680	-7.7	0%	23.8	4%	-26.4	-3%	-5.0	-2%
S2050	vpowd	1805	5.5	0%	28.4	4%	-26.4	-3%	3.6	2%
Extreem droog jaar		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van de situatie zonder VP**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017	NA	1662								
REF2017	VP	1682	19.8	1%	36.7	4%	-13.2	-3%	-3.7	-1%
REF2017	owd	1832	23.2	1%	36.8	3%	-13.2	-3%	-0.5	0%
S2050	NA	2561								
S2050	VP	2587	26.3	1%	56.1	5%	-26.4	-3%	-3.3	-1%
S2050	vpowd	2906	33.3	1%	57.8	4%	-26.4	-3%	2.0	0%

Tabel A.3 Verandering van het gemiddelde watertekort voor het voorzieningsgebied IJsselmeergebied/Markermeer. De varianten worden vergeleken met het scenario zonder maatregelen van het Voorkeurspakket. Ref2017VP wordt vergeleken met Ref2017, Ref2017vpowd wordt vergeleken met Ref2017owd. De verandering geeft dus het effect van het Voorkeurspakket weer in de situatie zonder en met onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

		Watertekort	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van de situatie zonder VP**							
Gemiddeld		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017	NA	13								
REF2017	VP	13	-0.5	-4%	0.0	-2%	-0.3	-3%	-0.2	-5%
REF2017	owd	13	-0.4	-3%	0.0	-2%	-0.2	-3%	-0.1	-3%
S2050	NA	103								
S2050	VP	89	-14.5	-14%	1.7	46%	-11.2	-15%	-5.0	-18%
S2050	vpowd	100	-13.5	-12%	1.2	12%	-9.0	-12%	-5.7	-18%

Extreem droog jaar		Watertekort	Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van de situatie zonder VP							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017	NA	42								
REF2017	VP	37	-5.2	-12%	0.0	1%	0.7	4%	-5.9	-32%
REF2017	owd	66	5.6	9%	0.0	1%	5.3	17%	0.3	1%
S2050	NA	753								
S2050	VP	761	7.3	1%	61.6	112%	-48.6	-15%	-5.6	-2%
S2050	vpowd	973	19.6	2%	30.1	13%	-28.4	-9%	17.9	5%

A.4 Voorzieningsgebied Bovenrivieren

Tabel A.4 Verandering van de gemiddelde watervraag voor het voorzieningsgebied Bovenrivieren. De varianten worden vergeleken met het scenario zonder maatregelen van het Voorkeurspakket. Ref2017VP wordt vergeleken met Ref2017, Ref2017vpowd wordt vergeleken met Ref2017owd. De verandering geeft dus het effect van het Voorkeurspakket weer in de situatie zonder en met onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

		Watervraag	Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van de situatie zonder VP							
Gemiddeld		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017	NA	584								
REF2017	VP	583	-0.6	0%	-0.5	0%	0.0	0%	0.0	0%
REF2017	owd	617	-2.2	0%	-1.9	-1%	0.0	0%	-0.3	-1%
S2050	NA	546								
S2050	VP	545	-0.3	0%	-0.5	0%	0.0	0%	0.1	0%
S2050	vpowd	601	6.7	1%	4.7	1%	0.0	0%	2.0	4%
Extreem droog jaar		**Watervraag**	**Verandering gemiddeld watervraag ten opzichte van de situatie zonder VP**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017	NA	879								
REF2017	VP	878	-1.1	0%	-0.8	0%	0.0	0%	-0.2	0%
REF2017	owd	968	-1.5	0%	-1.2	0%	0.0	0%	-0.3	0%
S2050	NA	876								
S2050	VP	881	5.5	1%	-0.2	0%	0.0	0%	5.7	4%
S2050	vpowd	1031	6.2	1%	0.9	0%	0.0	0%	5.3	4%

Tabel A.5 Verandering van het gemiddelde watertekort voor het voorzieningsgebied Bovenrivieren. De varianten worden vergeleken met het scenario zonder maatregelen van het Voorkeurspakket. Ref2017VP wordt vergeleken met Ref2017, Ref2017vpowd wordt vergeleken met Ref2017owd. De verandering geeft dus het effect van het Voorkeurspakket weer in de situatie zonder en met onderwaterdrainage en passieve peilstijging.

		Watertekort	Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van de situatie zonder VP							
Gemiddeld		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%	Mm^3/jaar	%
REF2017	NA	2								
REF2017	VP	2	0.1	3%	0.0	0%	0.0	54%	0.0	2%
REF2017	owd	4	0.0	1%	0.0	-1%	0.0	57%	0.0	0%
S2050	NA	10								
S2050	VP	11	0.6	6%	0.0	0%	0.2	70%	0.4	7%
S2050	vpowd	18	1.7	10%	0.8	7%	0.2	65%	0.7	13%
Extreem droog jaar		**Watertekort**	**Verandering gemiddeld watertekort ten opzichte van de situatie zonder VP**							
		totaal	totaal		peilbeheer		doorspoeling		beregening	
		Mm^3/jaar	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%	Mm^3	%
REF2017	NA	25								
REF2017	VP	25	-0.3	-1%	0.0	0%	0.0	0.0	-0.4	-4%
REF2017	owd	58	-0.9	-2%	-0.5	-1%	0.0	0.0	-0.5	-5%
S2050	NA	100								
S2050	VP	117	16.4	16%	0.5	1%	4.1	89%	11.8	26%
S2050	vpowd	189	12.7	7%	-0.5	0%	3.2	98%	10.1	19%

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl