



STRATELLIGENCE

decision support



Economische analyse Zoetwater

Eindrapportage (definitief)

Januari 2021

Economische analyse Zoetwater

Eindrapportage definitief

Stratelligence

Leiden, januari 2021

Opgesteld in opdracht van
het Deltaprogramma, Deelprogramma Zoetwater

Colofon:

Samenstelling, tekst en redactie: Stratelligence, januari 2021, definitief.

Illustraties: Stratelligence, Deltares, Rijkswaterstaat

Foto voorblad: depositphotos 6696335_xl-2015

Voor meer informatie over de inhoud:

Gigi van Rhee
Stratelligence
Rijnsburgerweg 161
Nederland
+31 71 573 08 20
info@stratelligence.nl

VOORWOORD

Ter voorbereiding van de nieuwe deltabeslissing zoetwater in 2021 en de maatregelen voor de periode 2022-2027 waarin afspraken komen te staan over waterbeschikbaarheid en een actualisatie van de voorkeursstrategie zoetwater heeft het Deltaprogramma, Deelprogramma Zoetwater Stratelligence gevraagd een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) op te stellen.

Deze *Economische analyse Zoetwater, eindrapportage* is uitgevoerd in samenwerking met Deltares, op basis van een groot aantal basisstudies, de berekeningen van Deltares met het Nationaal Water Model (NWM) en aanvullende analyses. Witteveen+Bos en Ecorys zijn bij onderdelen van de analyse betrokken. Bij het opstellen van de MKBA wordt gebruik gemaakt van de beschikbare modellen en effectmodules die door verschillende partijen zoals Deltares, WEcR, WEnR, KWR, en Ecorys ontwikkeld zijn.

De analyse is in verschillende stappen en fases uitgevoerd. Voorafgaand aan de MKBA heeft een voorbereidende fase (fase 1) plaatsgevonden. Deze fase is geen onderdeel van het MKBA-proces. In de eerste helft van 2019 is de MKBA gestart met het bepalen van het nulalternatief en de economische effecten van veranderende waterbeschikbaarheid in de nieuwe Deltascenario's op basis van een risicobenadering. De resultaten zijn vastgelegd in een aparte tussenrapportage fase 2. We beschouwen de economische effecten hierin voor:

1. De *Referentie 2017*, het zichtjaar 2050 en 2100 voor de Deltascenario's *Stoom*, *Warm*, *Rust*, *Druk* en *Druk-Parijs*¹ en 2100 voor de Deltascenario's *Stoom*, *Warm*, *Rust*, *Druk*;
2. De gebruiksfuncties landbouw, scheepvaart, drinkwater, industrie en natuur.

Vanaf september 2019 tot april 2020 is een kentalanalyse uitgevoerd van zo'n 180 maatregelen die zijn aangeleverd door de zoetwaterregio's. Het resultaat van deze analyse is de vaststelling van een economisch kansrijk pakket. De analyse en resultaten zijn vastgelegd in een interne memo. Na deze analyse zijn de maatregelen uit het geactualiseerde regionale voorkeurspakket en het economisch kansrijke pakket die gemodelleerd konden worden, doorgerekend met het nationaal modelinstrumentarium. Vervolgens is de maatregelanalyse geactualiseerd en aangevuld tot een MKBA. De economische effecten van de maatregelen zijn beschouwd voor de *Referentie 2017* en het zichtjaar 2050 voor het Deltascenario *Stoom*. Een analyse van alle scenario's en zichtjaren uit fase 2 was niet mogelijk. De resultaten voor de *Referentie 2017* worden daarom gebruikt als proxy voor de gematigde scenario's *Druk* en *Rust* en de resultaten voor *Stoom* ook voor *Warm*.

¹ Na afronding van fase 2 bleek dat de aangeleverde landbouwdata gebaseerd waren op een onjuiste aanname in één van de onderliggende modules. Als gevolg hiervan valt het droogterisico voor de landbouw per scenario gemiddeld veel lager uit dan in fase 2 gerapporteerd. De aangepaste resultaten voor 2050 (excl. Parijs) zijn verwerkt in de MKBA. Doordat er geen nieuwe data voor 2100 en het scenario *Druk-Parijs* zijn bepaald, zijn er geen bruikbare resultaten voor de landbouw voor die situaties en dus ook niet voor het totale droogterisico in 2100 of het *Parijs*-scenario. Het *Parijs*-scenario is daarom niet meer opgenomen in de MKBA.

Deze studie bouwt voort op eerder uitgevoerde studies en onderzoek dat min of meer gelijktijdig met deze economische analyse is uitgevoerd. Voor zover mogelijk zijn de definitieve versies van deze documenten en de meest recente data verwerkt. Belangrijke bouwstenen zijn:

- De geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, Deltares;
- De effectmodules en de beschrijvingen, zie o.a. Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte, Deltares;
- De conceptrapportage over de Hydrologische en economische effecten van twee maatregelpakketten voor Deltaprogramma Zoetwater fase II van Deltares.
- De factsheets aangeleverd door de zoetwaterregio's.

De analyse leunt sterk op input van de zoetwaterregio's en Deltares. Door de grote hoeveelheid data die verwerkt is in deze studie, vertrouwen we op de nauwkeurigheid en kundigheid van de partijen die ons deze gegevens hebben aangeleverd. We kijken hier kritisch naar, voor zover dit mogelijk is binnen de tijd en scope van de opdracht. Dat houdt in dat we de plausibiliteit van de resultaten, de consistentie, en logica van conclusies beoordelen en de ontwikkeling van de resultaten gedurende het proces beschouwen. Bij onduidelijkheden, ontbrekende informatie of twijfel over de juistheid van de aangeleverde data zijn door het team vragen gesteld ter verificatie. Soms is echter vanuit de zoetwaterregio geen volledig of bevredigend antwoord ontvangen. In dat geval is een maatregel vervallen voor verdere analyse of wordt de betreffende onzekerheid of onduidelijkheid vermeld in de rapportage.

Voor deze analyse is uitgegaan van de bij ons beschikbare informatie uit de regio's op 31 juli 2020. Aanpassingen in de informatie van de zoetwaterregio's gaan continu door. In enkele gevallen zijn nieuwe inzichten na 31 juli verwerkt.

Het Deltaprogramma Zoetwater en RWS ben ik dankbaar voor deze opdracht en de kans een bijdrage te leveren aan een zo relevant onderwerp, en de begeleidingscommissie bestaande uit Neeltje Kielen, Jan Helmer, Marjolein Mens, Femke Schasfoort en Jackie Straathof voor het mede vormgeven en op de proef stellen van het resultaat. Op deze plaats wil ik met name Manfred Wienhoven en Marjolein Mens bedanken voor de samenwerking. Zij hebben mij van waardevolle informatie, tekstsuggesties en commentaar voorzien en geholpen om de analyse uit te voeren en de inzichten scherper te formuleren.

Voorjaar 2021 besluit het Deltaprogramma Zoetwater mede op basis van de resultaten van deze MKBA over het pakket van maatregelen dat wordt voorgesteld voor de nieuwe deltabeslissing zoetwater (DP-fase 2) voor de periode 2022-2027. Ik wens alle betrokkenen veel wijsheid en energie toe bij het weerbaar maken van Nederland tegen de droogte.

Gigi van Rhee, directeur Stratelligence

Leiden, 12 november 2020

Na oplevering van het eindconcept is door het CPB een second opinion uitgevoerd. Naar aanleiding van deze second opinion is op onderdelen meer toelichting gegeven, een gevoeligheidsanalyse voor de discontovoet aangevuld en zijn in de definitieve versie de leesbaarheid van enkele tabellen en figuren, formuleringen en typo's verbeterd. Er zijn geen inhoudelijke wijzigingen aangebracht.

SAMENVATTING

Door de groeiende watervraag en klimaatverandering zijn nieuwe zoetwatermaatregelen nodig

De zoetwatervoorziening in Nederland staat steeds vaker onder druk. In 2018 had Nederland te kampen met extreme droogte en het optreden van laagwater. Ook 2019 en 2020 gaan de boeken in als droge jaren. Droogte leidt tot knelpunten in de zoetwatervoorziening die in de toekomst vaker kunnen optreden, doordat de vraag naar zoetwater toeneemt en het klimaat verandert.

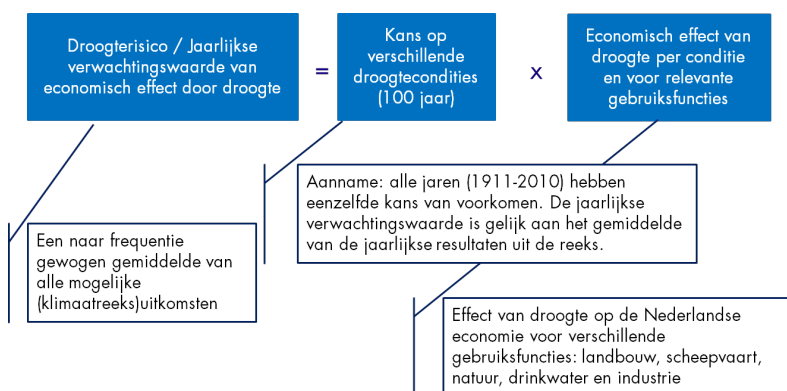
Om in 2050 weerbaar te zijn tegen droogte zoekt het Deltaprogramma Zoetwater daarom naar antwoord op de volgende vragen:

1. Wat zijn de economische effecten van veranderende waterschikbaarheid in de verschillende Deltascenario's?
2. Welke van de voorgestelde zoetwatermaatregelen zijn vanuit maatschappelijk welvaartsperspectief het meest voordelig? En wat is het te verwachten welvaartseffect van een maatregelpakket?

Deze studie onderzoekt het netto economisch effect van het voorgestelde pakket maatregelen

Dit rapport bevat een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) van het pakket van maatregelen dat wordt voorgesteld voor de nieuwe deltabeslissing zoetwater (DP-fase 2) in 2021 voor de periode 2022-2027: het voorkeurspakket. Dit is een verschilanalyse. Voor de verschillende Deltascenario's worden de economische effecten van het voorkeurspakket vergeleken met de effecten van veranderende waterbeschikbaarheid bij voortzetting van het huidige beleid (het nulalternatief).

De analyse maakt gebruik van een risicobenadering. Deze methode is al lange tijd gebruikelijk bij waterveiligheidsvragen, maar voor droogte nog relatief nieuw. Het droogterisico is de jaarlijkse verwachtingswaarde van het effect van droogte op de Nederlandse economie door te kijken naar de verschillende gebruiksfuncties die door droogte kunnen worden geraakt (zie Figuur A).



Figuur A: risicobenadering en definitie droogterisico

De resultaten van dit voorkeurspakket zijn ook vergeleken met de resultaten van een set aan maatregelen die elk en als combinatie naar verwachting een positief of neutraal kosten-batensaldo hebben na afloop van DP-fase 2.² De reden voor deze vergelijking is dat we willen laten zien wat het effect is van mogelijk onrendabele maatregelen op het resultaat van het voorkeurspakket en welke andere invulling van het maatregelenpakket een hoger welvaartsaldo zou kunnen opleveren. Maatregelen met een negatief saldo kunnen wel onderdeel zijn van het voorkeurspakket, maar vragen een nadere onderbouwing.

De studie bevat meer details en economische informatie dan voorheen

Ten opzichte van de eerste deltabeslissing zoetwater in 2015 is sprake van een nauwkeurigere modellering of detaillering, gebruik van actuelere data en bevatten de resultaten meer economische informatie. Het huidige droogterisico (in *Referentie* = huidig klimaat) en de verwachte droogterisico's in 2050 voor de gematigde (*Rust, Druk*) en extremere Deltascenario's (*Stoom, Warm*) zijn met behulp van het Nationaal Water Model (NWM) en speciaal voor het Deltaprogramma ontwikkelde effectmodules bepaald voor de gebruiksfuncties natuur, landbouw, scheepvaart, drinkwater en industrie. De investeringen en jaarlijkse kosten van maatregelen zijn omgerekend naar gemiddelde jaarkosten, zodat ze per jaar met het door de maatregel vermeden droogterisico vergeleken kunnen worden. Als het vermeden droogterisico groter is dan de gemiddelde jaarlijkse kosten van een maatregel is een maatregel economisch kansrijk. Omdat de effecten per jaar kunnen verschillen, zijn ze net als de kosten over een periode van 100 jaar verdisconteerd tot één contante waarde per scenario.

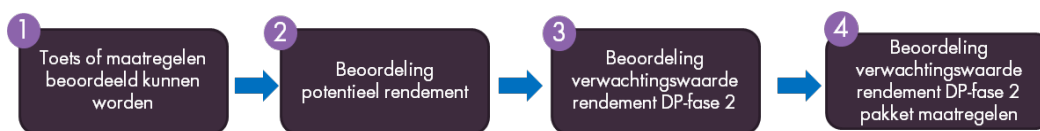
De gevolgde aanpak is nieuw en combineert verschillende instrumenten

Maatregelen (m.n. lokale maatregelen) die niet gemodelleerd konden worden met het landelijk instrumentarium, d.w.z. NWM, regioscan, quickscan of maatwerkanalyses, zijn met een nieuw ontwikkelde methode ('kentallenaanpak') beoordeeld, waardoor er ook voor deze maatregelen een indicatieve kosten-batenanalyse beschikbaar is.

Het grote aantal maatregelen, dat is aangeleverd door de zoetwaterregio's (zo'n 180) noopte tot een specifieke trechteringsmethodiek (heuristiek, zie Figuur B). Met deze methodiek was het mogelijk binnen de beschikbare tijd en middelen de meeste maatregelen mee te nemen. Na een eerste toets of de maatregelen beoordeeld konden worden, bleven er ruim 120 maatregelen over.³ Met name onderzoeken en verkenningen zijn afgefallen. Voor de overgebleven maatregelen is in elke vervolgstap met meer zaken rekening gehouden. Eerst is beoordeeld of een maatregel in de ideale omstandigheden en bij grote tekorten in potentie economisch kansrijk kan zijn, vervolgens of de tekorten de komende DP-fase al dusdanig hoog zijn dat een individuele maatregel naar verwachting een positief rendement heeft. In stap 4 is de combinatie van verschillende maatregelen beoordeeld.

² Hiervoor is het gemiddelde saldo voor een gematigd en een extremer scenario gebruikt.

³ De trechtering is in twee rondes uitgevoerd. In de eerste beoordelingsronde bleven er na stap 1 zo'n 130 maatregelen en varianten over. Na de actualisatie van het voorkeurspakket is de trechtering opnieuw uitgevoerd met geactualiseerde data en aanvullende modelresultaten voor alleen de maatregelen die in het voorkeurspakket zijn opgenomen of die eerder als economisch kansrijk waren aangemerkt.



Figuur B: aanpak op hoofdlijnen

Elke volgende stap levert doorgaans een lager rendement op. Maatregelen die in een vervolgstap niet meer rendabel zijn, kunnen dat wel weer worden als tekorten groter worden onder invloed van extreme klimaatverandering en sociaaleconomische groei (een extreem Deltascenario).

Ondanks de relatief lange doorlooptijd van februari 2019 tot november 2020, en de gevolgde trechteringsmethodiek, was op onderdelen een pragmatische aanpak nodig. De beschikbare tijd is daardoor leidend geweest in de mate van detail en uitwerking. Binnen deze randvoorwaarde is gewerkt aan de best mogelijke resultaten. Deze economische analyse neemt daarom geen stedelijk gebied en infrastructuurschade als gevolg van bodemdaling mee.⁴ Hiervoor bestaan nog geen goede hydrologische modellen of effectmodules en die konden ook niet binnen de beschikbare tijd worden ontwikkeld. Daarnaast moeten de berekende kosten en effecten met de nodige voorzichtigheid worden gebruikt. Bij alle cijfers is sprake van een bandbreedte die verschilt afhankelijk van de gebruikte modellering. Ook zijn effecten van natschade nog niet in de modellen verwerkt.

In het huidige klimaat raakt de droogte vooral de landbouw en de grondwaterafhankelijke natuur

In de *Referentie* (het huidige klimaat) is het droogterisico voor Nederland ongeveer 370 miljoen euro per jaar (prijsspeil 2020, excl. btw). Dit bestaat uit een risico van 66 miljoen euro voor scheepvaart en 305 miljoen euro voor landbouw. Het risico voor de overige sectoren (drinkwater, industrie) is kleiner dan 1 miljoen euro. Het risico voor natuur is niet gemonetariseerd maar kwalitatief beschouwd. Ook in het huidige klimaat leidt extreme droogte tot dalende zomergrondwaterstanden met onherstelbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur tot gevolg. Om dit te voorkomen zou op de zandgronden een grondwaterstandsstijging van 10 tot 25 cm gerealiseerd moeten worden.

In de gematigde scenario's blijft het droogterisico min of meer gelijk

De gematigde Deltascenario's *Rust* en *Druk* (zie Figuur C) leveren per saldo geen tot een kleine verandering in economisch effect op ten opzichte van de *Referentie*. Voor de landbouw kan in *Druk* en *Rust* 2050 een klein positief economisch effect, d.w.z. een reductie van het risico ontstaan. Het gaat om een voordeel voor de Hoge Zandgronden en het IJsselmeergebied en daardoor voor heel Nederland.

De scheepvaart loopt een extra risico tussen 10 – 15 miljoen euro per jaar, vooral door de toename van het vervoer, niet per se door het vaker optreden van lage(re) waterstanden. Voor de drinkwatersector en industrie blijft het risico gelijk aan de *Referentie*. De grondwaterafhankelijke

⁴ Deze functies maken onderdeel uit van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie. Het niet meenemen van deze effecten heeft impact op de hoogte van het berekende droogterisico. De hoogte hiervan is onderschat. Doordat er weinig maatregelen in het voorkeurspakket zijn gericht op het stedelijk gebied en het voorkomen van infrastructuurschade is het effect op de maatregelbeoordeling beperkt. Op de zandgronden zijn er wel enkele maatregelen waarvoor de beoordeling om deze reden niet mogelijk was.

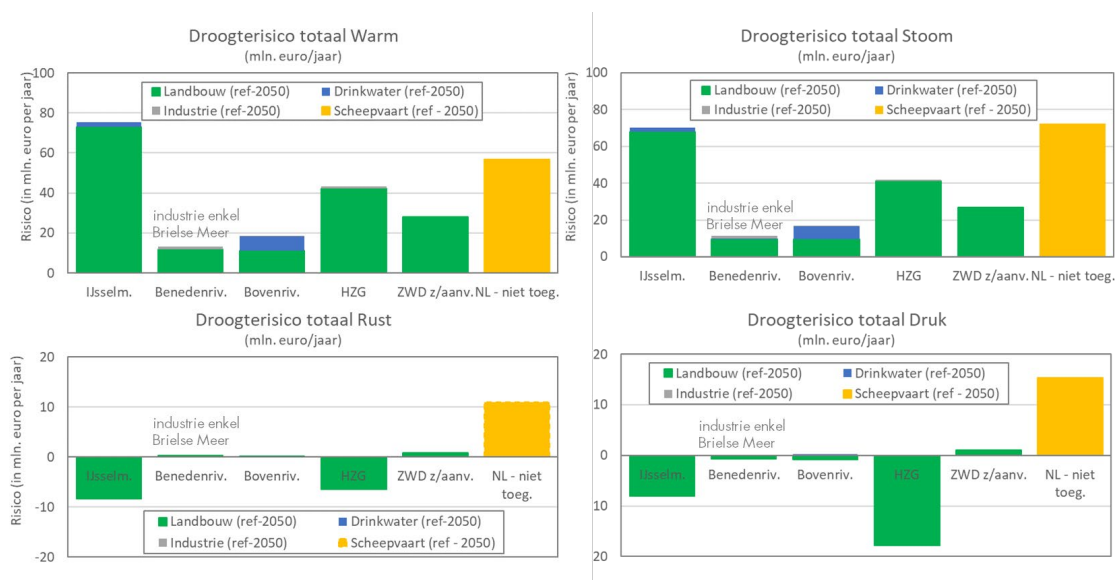
natuur gaat er gemiddeld gezien licht op vooruit als gevolg van nattere winters, maar de kans op onherstelbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur blijft bestaan.

In de extremere klimaatscenario's neemt het droogterisico voor alle sectoren toe

De extremere klimaatscenario's *Stoom* en *Warm* hebben een negatief economisch effect op alle sectoren. Het totale droogterisico neemt met bijna 65% toe in 2050 ten opzichte van de *Referentie* naar ongeveer 610 mln. euro.

Voor de landbouw neemt het risico toe met 155-165 miljoen euro in 2050. Alle gebieden voelen de gevolgen van meer droogte en zoutstress. Op de Hoge Zandgronden en in het IJsselmeergebied gaat het om de hoogste extra risico's, respectievelijk ongeveer 40 miljoen euro en ongeveer 70 miljoen euro per jaar. Een groot deel van het risico bestaat uit de extra kosten voor beregening. Deze bedragen in 2050 gemiddeld 65 miljoen euro per jaar extra ten opzichte van de *Referentie*.

Ten opzichte van *Referentie* kan het risico voor de scheepvaart oplopen met 65-70 miljoen euro per jaar in 2050, vooral door de toename van laagwatergebeurtenissen die de groei van de scheepvaart hinderen. Voor de drinkwatersector is er een beperkte toename van het risico met ongeveer 10 miljoen euro en voor de industrie met zo'n 3 miljoen euro in 2050. De grote industriegebieden in West-Nederland met uitzondering van het Brielse Meer zijn echter nog niet meegenomen in de analyse, wat waarschijnlijk een onderschatting oplevert.⁵ Gemiddeld gezien kunnen nattere winters en drogere zomers tot een kleine verschuiving naar nattere natuur leiden. Tegelijkertijd neemt de kans op zeer lage zomergrondwaterstanden met onherstelbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur significant toe.



Figuur C: droogterisico per voorzieningsgebied 2050 (let op andere schaal gematigde Deltascenario's en warmere Deltascenario's)

⁵ Een schatting op basis van de verwachte extra benodigde reservecapaciteit in scenario *Warm* volgens KWR zou uitkomen op maximum € 4 mln. voor heel Nederland.

De meeste voorgestelde zoetwatermaatregelen in Laag-Nederland zijn maatschappelijk voordelig

De meeste maatregelen in het voorkeurspakket zijn kansrijk te noemen of lijken op basis van de beschikbare analyses een positief kosten-batensaldo te hebben ten opzichte van het beleidsarme nulalternatief. De resultaten van het pakket als totaal zijn ook positief, zowel in het huidige klimaat en de Deltascenario's *Druk* en *Stoom* in 2050, en na afloop van DP-fase 2 in 2028 (zie Tabel A).

De meeste effecten hebben betrekking op vermindering van de droogteschade voor de landbouw. De berekeningstekorten, peilbeheer en/of doorspoeltekorten nemen af en ook de natuur profiteert van de vermindering van de tekorten. Soms is een maatregel gericht op de industrie en drinkwatersector. Behalve de maatregelen op de Maas zijn er geen maatregelen die erop gericht zijn het risico van de (beroeps)scheepvaart te verminderen. Wel is soms sprake van een klein negatief effect.

Voor drie voorzieningsgebieden (IJsselmeergebied, Hoge Zandgronden Maas en Benedenrivieren) is ook het effect bepaald van een pakket dat enkel bestaat uit als economisch kansrijk beoordeelde maatregelen.⁶ Dit gaat om kleine aanpassingen in vergelijking met het totaal aantal maatregelen, omdat de meeste maatregelen in het voorkeurspakket als economisch kansrijk zijn gekwalificeerd, en er weinig aanvullende economisch kansrijke maatregelen bekend zijn. Dit alternatieve pakket heeft een iets hoger gemonetariseerd saldo en een iets betere baten-kostenverhouding, doordat de effecten ongeveer even groot zijn, maar de kosten van het alternatieve pakket wat lager liggen. Voor de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer en het Bovenrivierengebied is geen alternatief pakket met een hoger saldo opgesteld, omdat alle maatregelen een positief saldo hadden en er geen maatregelen bekend zijn die niet in het voorkeurspakket zaten en wel als economisch kansrijk beoordeeld zijn.

Naast de gemonetariseerde effecten hebben de meeste maatregelen ook verschillende additionele kwalitatieve effecten. Dit betreft bijvoorbeeld effecten op de waterkwaliteit, bodemdaling, aquatische biodiversiteit of de leefomgeving. Enkele uitzonderingen daargelaten betreft het vooral positieve effecten. Als ze wel gewaardeerd zouden kunnen worden, mag worden verwacht dat het kosten-batensaldo gunstiger zal uitvallen. Door de kleine verschillen in maatregelen tussen het voorkeurspakket en het alternatieve pakket, zijn ook de verschillen in kwalitatieve effecten beperkt. Het alternatieve pakket scoort gemiddeld iets lager dan het voorkeurspakket op de kwalitatieve effecten. De verschillen zijn klein en worden deels verklaard door het kleinere aantal maatregelen in het alternatieve pakket.

⁶ Maatregelen uit het voorkeurspakket met een negatieve beoordeling of twijfel zijn vervallen in het alternatieve pakket. De economisch kansrijke maatregel Verkenning ARK-route is toegevoegd.

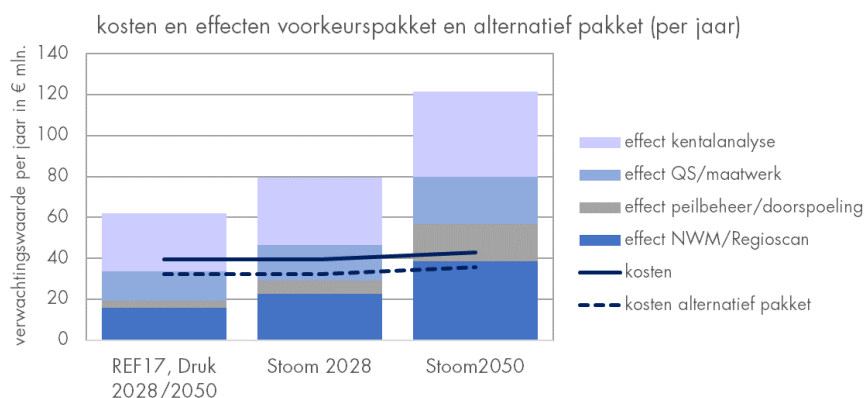
Tabel A: overzicht kosten en effecten per jaar (Laag-Nederland en maatregelen Maas, excl. rest Hoge Zandgronden)

Gemonetariseerde effecten, pp 2020, Bedragen per jaar incl. btw, kwalitatieve effecten p.m.	Voorkeurspakket			Economisch meer kansrijke pakket		
	Ref2017	Stoom 2028	Stoom 2050	Ref2017	Stoom 2028	Stoom 2050
	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.
Effecten landbouw, natuur, drinkwater, industrie, scheepvaart per jaar						
IJsselmeergebied - lage delen	€ 20,6	€ 23,8	€ 37,5	€ 20,3	€ 24,3	€ 39,4
Bovenrivieren	€ 2,6	€ 7,5	€ 17,2	€ 2,6	€ 7,5	€ 17,2
Benedenrivieren	€ 16,0	€ 22,9	€ 36,5	€ 15,4	€ 22,2	€ 35,6
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 22,5	€ 23,8	€ 26,3	€ 22,5	€ 23,8	€ 26,3
Maas	€ 0,3	€ 1,5	€ 3,9	€ 0,3	€ 1,4	€ 3,6
Totaal	€ 62,0	€ 79,5	€ 121,4	€ 61,1	€ 79,1	€ 122,1
Kwalitatieve effecten leefomgeving & recreatie, waterkwaliteit, aquatische natuur, overige scheepvaart, overig						
IJsselmeergebied - lage delen	34 positief / 0 negatief ⁷			29 positief / 2 negatief		
Bovenrivieren	5 positief / 1 negatief			5 positief / 1 negatief		
Benedenrivieren	32 positief / 0 negatief			20 positief / 0 negatief		
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	12 positief / 1 negatief			12 positief / 1 negatief		
Maas	13 positief / 1 negatief			10 positief / 1 negatief		
Totaal	96 positief / 3 negatief			76 positief / 5 negatief		
Kosten maatregelpakket per jaar						
IJsselmeergebied - lage delen	€ 9,8	€ 9,8	€ 13,3	€ 9,2	€ 9,2	€ 12,7
Bovenrivieren	€ 0,4	€ 0,4	€ 0,4	€ 0,4	€ 0,4	€ 0,4
Benedenrivieren	€ 19,9	€ 19,9	€ 19,9	€ 15,9	€ 15,9	€ 15,9
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 6,6	€ 6,6	€ 6,6	€ 6,6	€ 6,6	€ 6,6
Maas	€ 2,7	€ 2,7	€ 2,7	€ 0,2	€ 0,2	€ 0,2
Totaal	€ 39,5	€ 39,5	€ 43,1	€ 32,3	€ 32,3	€ 35,9
Saldo maatregelpakket per jaar						
IJsselmeergebied - lage delen	€ 10,9+p.m.	€ 14,1+p.m.	€ 24,2+p.m.	€ 11,1+p.m.	€ 15,1+p.m.	€ 26,7+p.m.
Bovenrivieren	€ 2,2+p.m.	€ 7,0+p.m.	€ 16,7+p.m.	€ 2,2+p.m.	€ 7,0+p.m.	€ 16,7+p.m.
Benedenrivieren	- € 3,9+p.m.	€ 3,0+p.m.	€ 16,6+p.m.	- € 0,4+p.m.	€ 6,4+p.m.	€ 19,8+p.m.
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 15,8+p.m.	€ 17,1+p.m.	€ 19,6+p.m.	€ 15,8+p.m.	€ 17,1+p.m.	€ 19,6+p.m.
Maas	- € 2,4+p.m.	- € 1,3+p.m.	€ 1,1+p.m.	€ 0,1+p.m.	€ 1,2+p.m.	€ 3,4+p.m.
Totaal	€ 22,5+p.m.	€ 39,9+p.m.	€ 78,3+p.m.	€ 28,8+p.m.	€ 46,7+p.m.	€ 86,2+p.m.
Baten-kosten ratio maatregelpakket						
IJsselmeergebied - lage delen	2,1+p.m.	2,4+p.m.	2,8+p.m.	2,2+p.m.	2,6+p.m.	3,1+p.m.
Bovenrivieren	6,3+p.m.	18,2+p.m.	41,8+p.m.	6,3+p.m.	18,2+p.m.	41,8+p.m.
Benedenrivieren	0,8+p.m.	1,2+p.m.	1,8+p.m.	1,0+p.m.	1,4+p.m.	2,2+p.m.
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	3,4+p.m.	3,6+p.m.	4,0+p.m.	3,4+p.m.	3,6+p.m.	4,0+p.m.
Maas	0,1+p.m.	0,5+p.m.	1,4+p.m.	1,5+p.m.	7,0+p.m.	18,0+p.m.
Totaal	1,6+p.m.	2,0+p.m.	2,8+p.m.	1,9+p.m.	2,5+p.m.	3,4+p.m.

Geen van beide pakketten kan het huidige of toekomstige droogterisico volledig voorkomen, alleen verminderen. Niet alle gemonetariseerde effecten zijn even nauwkeurig bepaald. Daarom

⁷ Voor meer details zie hoofdrapport.

laten we in Figuur D de mate van validatie zien. Helderblauw en grijs hebben de hoogste mate van validatie, vervolgens lichtblauw en tenslotte paarsblauw.



Figuur D: kosten en effecten voorkeurspakket en alternatief pakket in verschillende scenario's en zichtjaren (excl. kwalitatieve effecten)

In Tabel B is naast de investering en het maximum leveringspotentieel per voorzieningsgebied de netto contante waarde getoond voor zowel de *Referentie* en *Stoom* als proxy voor de gematigde en extremere scenario's.

Voor de gematigde scenario's *Druk* en *Rust* is het jaarsaldo van de *Referentie* gebruikt voor zichtjaar 2017 en 2050. De netto contante waarde voor *Warm* en *Stoom* is berekend op basis van een saldo in 2017 gelijk aan de *Referentie* en in 2050 gelijk aan *Stoom 2050*. Daartussen is lineair geïnterpoleerd. Na 2050 is het saldo gelijk gehouden.

Tabel B: overzicht investering, leveringspotentieel en netto contante waarde per pakket (Laag Nederland en maatregelen Maas, excl. rest Hoge Zandgronden, incl. btw)

Investering (mln. euro)	Voorkeurspakket		Economisch meer kansrijke pakket	
	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	€ 60	€ 119 ⁸	€ 60	€ 118
Bovenrivieren	€ 6	€ 6	€ 6	€ 6
Benedenrivieren	€ 186	€ 186	€ 144	€ 144
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 59	€ 59	€ 59	€ 59
Maas	€ 32	€ 32	€ 3	€ 3
Totaal	€ 343	€ 402	€ 272	€ 330
Contante waarde kosten (mln. euro, PP 2020)	Voorkeurspakket		Economisch meer kansrijke pakket	
	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	€ 204	€ 292	€ 192	€ 280
Bovenrivieren	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
Benedenrivieren	€ 438	€ 438	€ 348	€ 348
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 146	€ 146	€ 146	€ 146
Maas	€ 60	€ 60	€ 4	€ 4
Totaal	€ 858	€ 946	€ 700	€ 788
Leveringspotentieel (Mm ³)	Voorkeurspakket		Economisch meer kansrijke pakket	
	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	375	1087	684	1395
Bovenrivieren	230	230	230	230
Benedenrivieren	199	199	153	153
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	53	53	53	53
Maas	110	110	92	92
Totaal	967	1679	1212	1923
Contante waarde effecten (mln. euro, PP 2020)	Voorkeurspakket		Economisch meer kansrijke pakket	
	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	€ 378 + p.m.	€ 612 + p.m.	€ 371 + p.m.	€ 631 + p.m.
Bovenrivieren	€ 45 + p.m.	€ 219 + p.m.	€ 45 + p.m.	€ 219 + p.m.
Benedenrivieren	€ 377 + p.m.	€ 623 + p.m.	€ 342 + p.m.	€ 585 + p.m.
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 400 + p.m.	€ 446 + p.m.	€ 400 + p.m.	€ 446 + p.m.
Maas	€ 21 + p.m.	€ 63 + p.m.	€ 6 + p.m.	€ 45 + p.m.
Totaal	€ 1,221 + p.m.	€ 1,963 + p.m.	€ 1,164 + p.m.	€ 1,926 + p.m.
Netto contante waarde (mln. euro, PP 2020)	Voorkeurspakket		Economisch meer kansrijke pakket	
	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	€ 174 + p.m.	€ 320 + p.m.	€ 179 + p.m.	€ 351 + p.m.
Bovenrivieren	€ 35 + p.m.	€ 209 + p.m.	€ 35 + p.m.	€ 209 + p.m.
Benedenrivieren	- € 61 + p.m.	€ 185 + p.m.	- € 6 + p.m.	€ 237 + p.m.
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 254 + p.m.	€ 300 + p.m.	€ 254 + p.m.	€ 300 + p.m.
Maas	- € 39 + p.m.	€ 3 + p.m.	€ 2 + p.m.	€ 41 + p.m.
Totaal	€ 363 + p.m.	€ 1,017 + p.m.	€ 464 + p.m.	€ 1,138 + p.m.

* De Referentie wordt gebruikt als proxy voor Druk en Rust, Stoom als proxy voor Warm

⁸ Voor de maatregel beperken externe verzilting Afsluitdijk, is voor *Stoom* de extra investering in schutsluizen Kornwerderzand, en de spuisluizen meegenomen. De berekende effecten voor *Stoom* zijn hiervan uitgegaan. In de *Referentie/Druk/Rust* is alleen de investering in de schutsluizen bij Den Oever beschouwd.

Voor de zandgronden is beoordeeld of en wanneer een kosteneffectief pakket mogelijk is

Voor de zandgronden (Hoge Zandgronden Zuid, Hoge Zandgronden Oost-Nederland en Zandgronden IJsselmeergebied) is onbekend hoe het voorkeurspakket er precies uit zal zien, doordat gewerkt wordt met een programma dat via een gebiedsproces nader zal worden ingevuld. Daardoor is geen kosten-batensaldo van het voorkeurspakket bepaald.

De analyse heeft zich daarom toegespitst op de vraag welke maatregelen kansrijk zijn voor een positief kosten-batensaldo. Deltares heeft daarvoor een modelvertaling van een pakket voor 2050 gemaakt. De potentiële effecten van dit pakket op de grondwaterstanden en de landbouwopbrengsten zijn gebruikt in de beoordeling. Ook zijn deze resultaten gebruikt om te bepalen of de effecten van de maatregelen voldoende zijn om het investeringsbudget voor DP-fase 2 te rechtvaardigen. Ten slotte is bekeken of het investeringsbudget per hectare voldoende ruimte biedt voor de bekostiging van de aangedragen maatregelen.

Voor de Hoge Zandgronden Zuid lijkt een pakket met een positief kosten-batensaldo mogelijk. De modelvertaling van een voorkeurspakket laat per hectare voldoende potentie zien, zowel bij de gematigde als de meer extreme klimaatscenario's. Het vermeden droogterisico per hectare ligt hoger dan de kosten per hectare van een groot deel van de maatregelen. Tegelijkertijd lijken de voorgestelde maatregelen niet in staat om onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Het budget dat de regio verwacht nodig te hebben voor DP-fase 2 past bij de ambitie om over 20% van het areaal maatregelen te implementeren. Er zijn verschillende maatregelen die voor het beschikbare budget per hectare kunnen worden uitgevoerd.

Voor de Hoge Zandgronden Oost-Nederland en de zandgronden in het IJsselmeergebied blijkt dat de potentiële risicoreductie voor landbouw aanzienlijk is, maar dat de baten onvoldoende zijn om de investering te rechtvaardigen in een gematigd scenario als alleen naar de zoetwatereffecten wordt gekeken. De analyse van een modelvertaling laat bij een grootschalige uitrol, per hectare onvoldoende positieve effecten zien. Er is slechts een maatregel beschikbaar (flexibel peilbeheer) die in het huidige klimaat en in de gematigde scenario's per hectare lagere kosten heeft dan het berekende effect per hectare. Het effect per hectare is lager dan in de Hoge Zandgronden Zuid, doordat het droogterisico kleiner is en er minder hoogwaardige gewassen worden geteeld. Voor de extremere klimaatscenario's zijn er meer maatregelen die voldoen. Vooralsnog is echter niet duidelijk of een dergelijk scenario ook gaat optreden. Bij een gelijke weging van de scenario's en als alleen wordt gekeken naar de vermeden zoetwatertekorten zijn na de komende DP-fase in 2028 de effecten per hectare voldoende om de kosten van de vier meest kosteneffectieve maatregelen te rechtvaardigen. Deze maatregelen zijn echter niet in staat om onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Het investeringsbudget dat volgens de regio's nodig is voor DP-fase 2 resulteert in kosten per hectare die hoger liggen dan de berekende opbrengst per hectare in de gematigde scenario's en bij een gelijke weging van de scenario's in DP-fase 2. In het *Stoom*-scenario in 2050 liggen de opbrengsten per hectare voor zes maatregelen hoger dan de kosten per hectare. Het investeringsbudget per hectare is voldoende om de aanlegkosten van verschillende maatregelen af te dekken.

Geen rekening is echter gehouden met natschade en het feit dat de opbrengst per hectare niet overall even hoog is. Natschade zal de opbrengst kunnen verlagen en de uitrol van gerichte maatregelen over een kleiner gebied met een hoger droogterisico zal de opbrengst per hectare naar verwachting hoger doen uitvallen. Gedeeltelijke uitrol in de komende DP-fase kan dan een

positief welvaartssaldo opleveren. Over het effect van gedeeltelijke uitrol en van natschade is echter geen informatie beschikbaar. Ook kan het verstandig zijn eerder te beginnen met uitvoering vanwege de lange doorlooptijd van gebiedsprocessen en de lange reactietijd van het grondwatersysteem. Uitvoering van de modelvertaling van het pakket kan onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur niet voorkomen. Ook dit vraagt om gerichtere investeringen.

Aanbevelingen voor vervolg

In de rapportage staat een aantal aanbevelingen waarmee in een vervolg de economische analyse en de achterliggende hydrologische analyse kunnen worden verbeterd.

De resultaten van de nieuwe effectmodules riepen soms vragen op die niet volledig konden worden verklaard op basis van de beschikbare informatie. Verschillende aanbevelingen gaan daarom in op nadere detaillering van de modules of van de resultaten (gedrag schippers, maatgevende stoffen voor waterkwaliteit, natuur, details landbouw, mate van onzekerheid).

Hoewel het gebruik van de nieuwe effectmodules en het zoetwaterinstrumentarium een belangrijke verbeteringstap betekent voor deze MKBA, zijn er nog steeds effecten die ontbreken. Het gaat dan om vernattingsschade, effecten voor de glastuinbouw, verzilting West-Nederland, het effect van droogte op infrastructuur en gebouwen, hittestress en bodemdaling. Aanbevolen wordt hiervoor mogelijk samen met het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie effectmodules te ontwikkelen.

Natuur is voor het eerst in deze mate van detail betrokken in de economische analyse. De toename en afname van grondwaterafhankelijke natuur, de natuur in de grote rivieren en de weerbaarheid tegen droogte zijn nog niet onder één vergelijkbare noemer zoals natuurlandpunten te brengen. Ook ontbreekt een heldere en officiële maatstaf om de opgave voor het Deltaprogramma in kaart te brengen. In deze studie is een pragmatische definitie gehanteerd. Er is echter nog veel onderzoek nodig om de gevolgen van droogte op natuur en de condities waaronder onomkeerbare schade optreedt te doorgronden.

Om de effecten van een zo'n groot pakket aan diverse maatregelen door te rekenen, is tijdens de economische analyse een heuristische aanpak ontwikkeld. Door het tempo waarin deze aanpak is ontwikkeld en de complexiteit, wordt geadviseerd de aanpak verder uit te dragen en te toetsen.

Er is gekozen de analyse te beperken tot de aangeleverde regiomaatregelen. Aanbevolen wordt om in een vervolg te onderzoeken welke aanvullende en ander type beleidsmaatregelen een positief welvaartsaldo kunnen hebben, bijvoorbeeld vermindering van grondwateronttrekkingen door drinkwaterbedrijven of industrie in perioden van droogte en aanpassing van de teelten.

Aanbevolen wordt om in een vervolganalyse tijd in te ruimen om gevoeligheidsanalyses te doen naar de effecten van klimaatadaptatie (vernatting veengebieden), toe- of afname van het berekend areaal, aanpassing van de grondwateronttrekking en van de teelten.

De uitvoering van de Economische analyse Zoetwater heeft een lange doorlooptijd en veel iteraties nodig gehad. Aanbevolen wordt het proces te evalueren, zodat een vervolgproject kan leren van deze ervaring.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	iii
Samenvatting	v
Inhoudsopgave	xv
HOOFDSTUK 1 Inleiding.....	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Fasering Economische analyse Zoetwater	2
1.3 Verschillen tussen eerste en tweede fase Deltaprogramma Zoetwater	3
1.4 Leeswijzer	4
HOOFDSTUK 2 Methode en uitgangspunten	5
2.1 Risicobenadering	5
2.2 Kwadrantenaanpak	6
2.3 Vergelijking economische effecten	9
2.4 Tijdreeksen	11
2.5 Algemene uitgangspunten	13
2.6 Referentie en nulalternatief	15
2.7 Geactualiseerde Deltascenario's 2017	17
2.8 Methodiek bepaling economische effecten	19
2.9 Economisch kansrijke maatregelen en voorkeurspakket	29
HOOFDSTUK 3 Huidige situatie en ontwikkeling hydrologische knelpunten	31
3.1 Nederland in hydrologische gebieden	31
3.2 Oppervlaktewatertekorten	33
3.3 Knelpunten door grondwatertekorten	37
3.4 Knelpunten door laag water	39
3.5 Knelpunten door onvoldoende waterkwaliteit	40
HOOFDSTUK 4 Huidige situatie en risico autonome ontwikkelingen	41
4.1 Land- en tuinbouw	41
4.2 Scheepvaart	47
4.3 Drinkwater	53
4.4 Industrie	60
4.5 Natuur	67
4.6 Overige functies	74
HOOFDSTUK 5 Selectie en beoordeling maatregelen voorkeurspakket	76
5.1 Methode	76
5.2 Stap 1: Toets op mogelijkheid tot beoordeling	77
5.3 Stap 2: Beoordelen potentieel rendement	78

5.4	Stap 3: Beoordeling verwachtingswaarde rendement komende fase van het Deltaprogramma.	84
5.5	Stap 4: Selecteren van maatregelen naar kosteneffectiviteit van de combinatie.....	88
5.6	Onzekerheid en beoordeling maatregelen	89
5.7	Toedeling maatregelen zoetwaterregio's aan voorzieningsgebieden.....	90
HOOFDSTUK 6 De Hoge Zandgronden		92
6.1	Nulalternatief.....	92
6.2	Maatregelen Maas	94
6.3	Maatregelen Hoge Zandgronden Zuid	100
6.4	Maatregelen Hoge Zandgronden Oost-Nederland.....	108
HOOFDSTUK 7 IJsselmeer.....		116
7.1	Nulalternatief.....	116
7.2	Maatregelen lage delen IJsselmeer	118
7.3	Maatregelen zandgronden IJsselmeer	129
HOOFDSTUK 8 Benedenrivieren		138
8.1	Nulalternatief.....	138
8.2	Maatregelen Benedenrivieren.....	139
HOOFDSTUK 9 Bovenrivieren		154
9.1	Nulalternatief.....	154
9.2	Maatregelen Bovenrivieren	156
HOOFDSTUK 10 De Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer		163
10.1	Nulalternatief.....	163
10.2	Maatregelen Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	164
HOOFDSTUK 11 Synthese resultaten en conclusies		173
11.1	Conclusies knelpunten	173
11.2	Economische effecten van de veranderende waterbeschikbaarheid.....	175
11.3	Kosten-batensaldo voorkeurspakket.....	182
HOOFDSTUK 12 Conclusies en aanbevelingen		197
12.1	Hoofdconclusies.....	197
12.2	Aanbevelingen voor verder onderzoek.....	200
Afkortingen		205
Literatuurlijst		206
Omschrijving van gebruikte ecotoopgroepen		208
Bijlage: Rekenvoorbeeld omrekening jaarbedragen naar contante waarde		209
Bijlage: Niet-beschouwde maatregelen		212
Hoofdwatersysteem.....		212
Noord-Nederland		213
Hoge Zandgronden.....		213
West-Nederland.....		214

Zuidwestelijke delta.....214

Rivierengebied.....215

1.1 ACHTERGROND

Het Deltaprogramma heeft als opdracht Nederland structureel te beschermen tegen hoogwater en duurzaam te voorzien van voldoende zoet water met als doel een klimaatbestendige, veilige en aantrekkelijke inrichting van ons land. Het Deltaprogramma bestaat uit een aantal Deelprogramma's, dat zich ieder met een deelregio of aspect van de opgave bezighoudt. Het Deelprogramma Zoetwater (DPZW) ontwikkelt strategieën voor een duurzame zoetwatervoorziening in Nederland, een voorziening die standhoudt op de lange termijn en economisch doeltreffend is. De strategieën die hiertoe moeten leiden, bestaan uit een samenhangend geheel van fysieke maatregelen en beleidsinstrumenten dat erin voorziet dat de juiste hoeveelheid en kwaliteit zoet water op de juiste locaties aanwezig is.

Deze zoetwatervoorziening in Nederland staat steeds vaker onder druk. In 2018 had Nederland te kampen met extreme droogte en het optreden van laagwater. Ook 2019 en 2020 gaan de boeken in als droge jaren. Naast positieve effecten leidt dit ook tot knelpunten die in de toekomst vaker kunnen optreden, doordat de vraag naar zoetwater toeneemt en het klimaat verandert.

Om in de toekomst weerbaar te zijn tegen droogte zijn de zoetwaterregio's en Rijkswaterstaat op basis van de knelpuntenanalyse aan de slag gegaan met het identificeren van additionele maatregelen. Ter onderbouwing van het geïdentificeerde maatregelenpakket startte het Deltaprogramma Zoetwater eind 2018, mede naar aanleiding van adviezen uit 2014⁹, de Economische analyse Zoetwater met de volgende vragen:

1. Wat zijn de economische effecten van veranderende waterschikbaarheid in de verschillende Deltascenario's?
2. Welke zoetwatermaatregelen zijn vanuit maatschappelijk welvaartspectief het meest voordelig? En wat is het te verwachten welvaartseffect van het voorgestelde maatregelpakket?

Ter voorbereiding van de nieuwe deltabeslissing zoetwater in 2021 en de maatregelen voor de periode 2022-2027 waarin afspraken komen te staan over waterbeschikbaarheid en een actualisatie van de voorkeursstrategie zoetwater, heeft het Deltaprogramma Zoetwater Stratelligence gevraagd een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) op te stellen. Deze MKBA wordt uitgevoerd in samenwerking met Deltares. Witteveen+Bos en Ecorys zijn bij onderdelen van de analyse betrokken. Bij het opstellen van de MKBA wordt gebruik gemaakt van de beschikbare modellen en effectmodules die door verschillende partijen zoals Deltares, WEcR, WEnR, KWR, en Ecorys ontwikkeld zijn.

⁹ Workshop verbeteringen economische analyses zoetwater.

1.2 FASERING ECONOMISCHE ANALYSE ZOETWATER

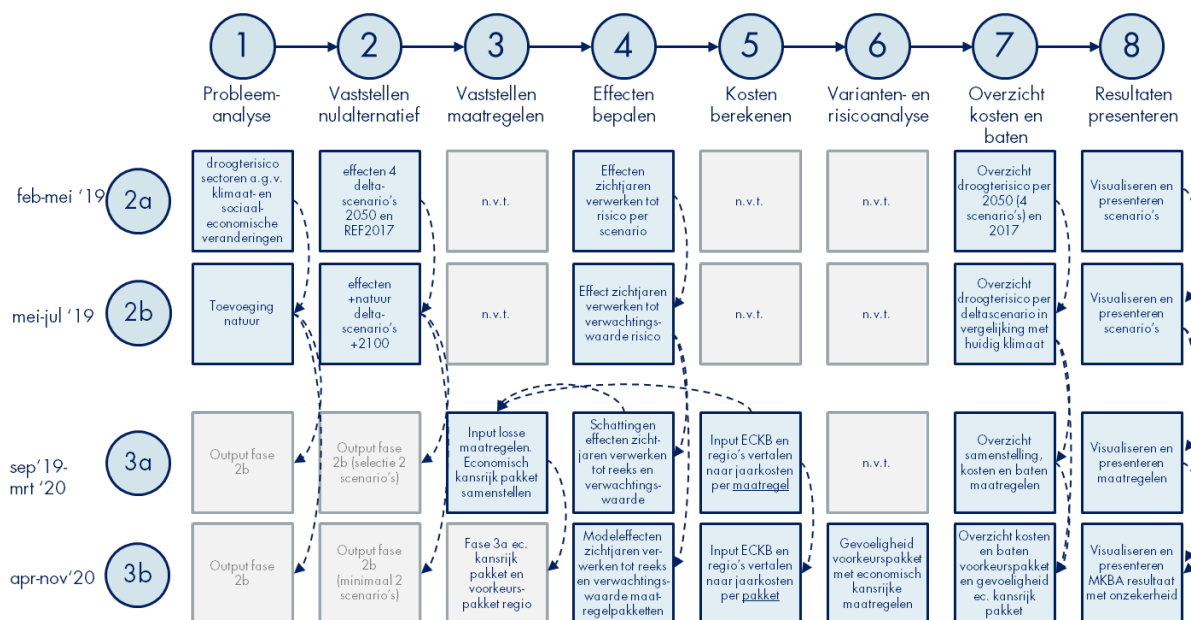
De MKBA is onderdeel van de Economische analyse Zoetwater tussen september 2018 en november 2020. Voorafgaand aan de MKBA is de aanpak verfijnd waarmee de economische effecten kunnen worden bepaald. Deze fase 1 is geen onderdeel van het MKBA-proces.

Het opstellen van de MKBA is gebeurd in twee fasen tussen februari 2019 en november 2020:

- Fase 2 (februari 2019 - augustus 2019): Bepalen economische effecten veranderende waterbeschikbaarheid voor nieuwe Deltascenario's op basis van risicobenadering (t.b.v. urgentie);
- Fase 3 (september 2019 - november 2020): Bepalen en afwegen welvaartseffecten¹⁰ van maatregelenpakketten opgesteld in DP Zoetwater op basis van risicobenadering.

In de MKBA wordt het risico bepaald *met* (fase 3) en *zonder* maatregelen (fase 2). Het verschil is een maat voor de welvaartseffecten van verschillende maatregelen. Door in fase 2 het verschil in droogterisico te bepalen tussen nu en de situatie in 2050 en 2100 ontstaat inzicht in de ontwikkeling van het droogterisico en de urgentie van maatregelen.

Omdat vanwege beperkingen in doorlooptijd en middelen niet voor alle maatregelen apart een doorrekening met het NWM of een gedetailleerde MKBA kan worden uitgevoerd wordt in fase 3 het risico bepaald voor een *pakket* van voorkeursmaatregelen, het voorkeurspakket van de zoetwaterregio's (zie Figuur 1). Hiervoor zijn wel alle maatregelen afzonderlijk beschouwd.



Figuur 1: bouwstenen MKBA en fases Economische analyse Zoetwater

De resultaten van een doorrekening van een voorkeurspakket met het nationaal waterinstrumentarium zeggen niets over de efficiëntie van een individuele maatregel maar leveren een beeld op van de efficiëntie van het samenspel van maatregelen in dat pakket. In theorie

¹⁰ We spreken over een welvaartseffect als een (beleids)maatregel het risico verandert ten opzichte van de autonome situatie / het nulalternatief. Het droogterisico is de jaarlijkse verwachtingswaarde van het effect van droogte op de Nederlandse economie.

kunnen minder rendabele of onrendabele maatregelen ongewenst meeliften of andersom kunnen een paar zeer onrendabele maatregelen het totale maatregelenpakket maatschappelijk onvoordelig maken. Dit wil je voorkomen met het oog op het aanleveren van de juiste beslisinformatie voor besluitvorming over het toekennen van investeringsmiddelen. Daarom is voor alle maatregelen afzonderlijk een analyse gedaan en een pakket samengesteld met economisch kansrijke maatregelen. Dit is een pakket dat bestaat uit maatregelen met elk afzonderlijk een positief of neutraal kosten-batensaldo. Door vergelijking van het voorkeurspakket met dit pakket ontstaat inzicht in het effect van de potentieel onrendabele maatregelen in het voorkeurspakket.

Ondanks de relatief lange doorlooptijd, blijft de doorlooptijd voor sommige onderdelen kort. De beschikbare tijd is daardoor leidend in de mate van detail en uitwerking van de resultaten. Binnen deze randvoorwaarde is gewerkt aan de best mogelijke resultaten. Deze economische analyse neemt daarom geen stedelijk gebied en infrastructuurschade als gevolg van bodemdaling mee. Hiervoor bestaan nog geen goede hydrologische modellen of effectmodules en die kunnen ook niet binnen de beschikbare tijd worden ontwikkeld. Daarnaast moeten de berekende kosten en effecten met de nodige voorzichtigheid worden gebruikt. Bij alle cijfers is sprake van een bandbreedte die verschilt afhankelijk van de gebruikte modellering. Ook zijn effecten van natschade nog niet in de modellen verwerkt. Ze worden niet berekend in het beschikbare instrumentarium.

1.3 VERSCHILLEN TUSSEN EERSTE EN TWEEDE FASE DELTAPROGRAMMA ZOETWATER

Als onderbouwing voor de deltabeslissing 2021 is een aantal uitgangspunten en methoden veranderd ten opzichte van de eerste deltabeslissing zoetwater in 2015.

Tabel 1 geeft de belangrijkste verschillen weer. Door deze wijzigingen wijken ook de resultaten af. In de meeste gevallen is sprake van een nauwkeurigere modellering of detaillering, gebruik van actuelere data en bevatten de resultaten meer economische informatie dan in de vorige fase.

Tabel 1: verschillen tussen eerste en tweede fase DPZW

Deltaprogramma: deltabeslissing 2015	Deltaprogramma: deltabeslissing 2021
Gemiddeld (1967), Droog (1989) en extreem Droog (1976) jaar gemodelleerd en 30-jarige reeksen	Risicobenadering o.b.v. langjarige reeksen (100-jaar 1911-2010)
Weinig verschillende droogtegebeurtenissen	Betere inschatting variatie in (extreme) gebeurtenissen
Bepaalde analyse welvaartseffecten maatregelen mogelijk	Berekening welvaartseffecten belangrijkste gebruiksfuncties plus natuur inclusief verdeling over regio's en voorzieningsgebieden
Deltascenario's 2013 (o.b.v. KNMI-2006, WLO-2006)	Actualisatie Deltascenario's 2017 (o.b.v. KNMI-2014, WLO-2015)
Referentie 2015	Referentie 2017
Nationaal Water Model o.b.v. LHM versie 3.0	NWM versie 2.1.4 met LHM versie 3.4
Focus op maatregelen hoofdwatersysteem en oppervlaktewater	Uitbreiding analyse regionale maatregelen en maatregelen gericht op grondwatertekorten

Voor de analyse van maatregelen die niet gemodelleerd kunnen worden met het landelijk instrumentarium (m.n. regionale maatregelen) en waarvan in het vorige Deltaprogramma geen kosten-batenafweging is uitgevoerd, is dit keer een nieuwe aanpak gevolgd, waardoor er wel een indicatieve kosten-batenanalyse beschikbaar is. Ook bleek de ontwikkeling van een goede definitie van de grondwaterproblematiek noodzakelijk voor een goede MKBA van zowel oppervlaktewater als grondwaterknelpunten. Het grote aantal maatregelen, dat is aangeleverd

door de zoetwaterregio's (zo'n 180) noopte bovendien tot een specifieke trechteringsmethodiek (heuristiek). Met deze methodiek was het mogelijk binnen de beschikbare tijd en middelen de meeste maatregelen mee te nemen. Deze nieuwe aanpak is beschreven in Hoofdstuk 5 (heuristiek en benchmarkaanpak).

1.4 LEESWIJZER

Het vervolg van dit rapport beschrijft de *Economische analyse Zoetwater*. In hoofdstuk 2 worden de gevolgde methode en uitgangspunten van de MKBA beschreven. De huidige situatie en ontwikkeling van de hydrologische knelpunten volgen in Hoofdstuk 3. De effecten in de autonome ontwikkeling per gebruiksfunctie worden in Hoofdstuk 4 beschreven. Hoofdstuk 5 gaat in op de deels nieuwe methodiek die gevolgd is om de maatregelen te beoordelen: de kosten, de verwachtingswaarde van de effecten, de trechtering en de samenstelling van de set economisch kansrijke maatregelen.

In hoofdstuk 6 tot en met 10 zijn de resultaten van de analyse per voorzieningsgebied samengevat. Achtereenvolgens komen de volgende gebieden aan bod: het IJsselmeergebied in hoofdstuk 6, het Benedenrivierengebied in hoofdstuk 7, het Bovenrivierengebied in hoofdstuk 8, de Hoge Zandgronden in hoofdstuk 9 en tot slot de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer in hoofdstuk 10.

Hoofdstuk 11 geeft een synthese van de gecombineerde resultaten voor het voorkeurspakket en een gevoeligheidsanalyse bij aanpassing naar een pakket met enkel economisch kansrijke maatregelen. Hoofdstuk 12 sluit af met de conclusies en aanbevelingen.

In de bijlagen is achtergrondinformatie te vinden over o.a. de maatregelen uit het voorkeurspakket die niet zijn beoordeeld.

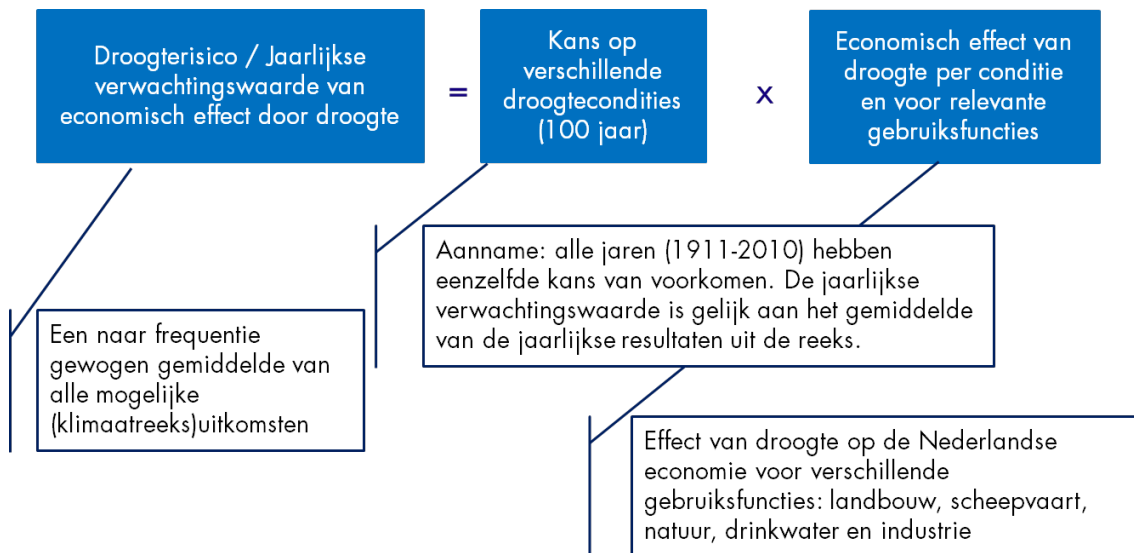
Dit hoofdstuk beschrijft kort de risicobenadering, de gebruikte uitgangspunten in de economische analyse en de gebruikte aanpak in de economische effectmodules. Het gebruik van het begrip schade wordt zo veel mogelijk voorkomen. In plaats daarvan gebruiken we het begrip risico. Dit kan meer omvatten dan de schade voor een specifieke sector.

2.1 RISICOBENADERING

De gebruikte risicobenadering voor droogte is vergelijkbaar met de aanpak bij waterveiligheid en gebaseerd op de combinatie van de kans op een droogtegebeurtenis maal de impact van die gebeurtenis.

2.1.1 Definitie droogterisico

De uitkomst van de risicobenadering is een verwachtingswaarde van het effect van droogte op de Nederlandse economie door te kijken naar de verschillende gebruiksfuncties die door droogte effecten kunnen ondervinden (zie Figuur 2).



Figuur 2: risicobenadering en definitie droogterisico

De kans ofwel de frequentie waarin verschillende droogtesituaties voorkomen, is gebaseerd op de resultaten van een hydrologisch model voor een groot aantal jaren/een tijdreeks bij verschillende klimaat- en economische scenario's. De impact wordt bepaald door de fysieke effecten van het watertekort te vertalen in een economisch effect bij die fysieke effecten. De jaarlijkse verwachtingswaarde is een naar frequentie gewogen gemiddelde van de beschouwde tijdreeks.

2.1.2 Verschil droogterisico en welvaartseffect

Het droogterisico is niet hetzelfde als het welvaartseffect (zie Tabel 2). Over een welvaartseffect spreken we alleen als het gaat om de impact van een (beleids)maatregel op het risico in de autonome situatie (het nulalternatief).

Het berekende droogterisico is relevant voor verschillende vergelijkingen en analyses.

1. Het huidig droogterisico t.o.v. de situatie waarin er geen watertekorten zijn en het droogterisico nihil is. Dit geeft het potentieel aan voor verbetering bij extra waterbeschikbaarheid.
2. Het verloop (2050, 2100) van het toekomstig droogterisico in de vier Deltascenario's. Dit helpt om het moment te bepalen waarop een maatregel interessant is of een kritische grens bereikt wordt.
3. Het verschil tussen het toekomstige (nr. 2) en huidige droogterisico (nr. 1). Dit geeft inzicht in de verbetering of achteruitgang als gevolg van klimaatverandering en veranderende sociaaleconomische omstandigheden.
4. Het verschil tussen de verschillende toekomstige (Delta)scenario's. Het verschil geeft de bandbreedte aan in de ontwikkeling van het (gemiddelde) droogterisico.
5. Effect van beleid (maatregelenpakket) in elk (Delta)scenario op het droogterisico. Het effect wordt uitgedrukt als het welvaartseffect. Het verschil in risico moet worden afgewogen tegen de kosten van beleid of een maatregel om te bepalen hoe aantrekkelijk een maatregel of beleidsalternatief is.

Tabel 2: verschil droogterisico en welvaartseffect

Droogterisico	Welvaartseffect
☐ Jaarlijkse verwachtingswaarde van economisch effect door droogte ☐ Focus fase 2 Economische analyse Zoetwater ☐ Het (verschil in) droogterisico tussen 2017 en 2050 en 2100 ☐ Relevantie: omvang knelpunt en mate van urgentie ☐ 100 klimaatjaren voor gewogen gemiddelde	☐ Verandering in het Nederlandse economische effect van droogte als gevolg van een maatregel of beleidsalternatief ☐ Focus fase 3 Economische analyse Zoetwater ☐ Het verschil in droogterisico met en zonder maatregel ☐ Relevantie: beoordeling welvaartseffect en meest aantrekkelijke beleidsalternatief ☐ Verdiscontering over 100 economische jaren naar basisjaar

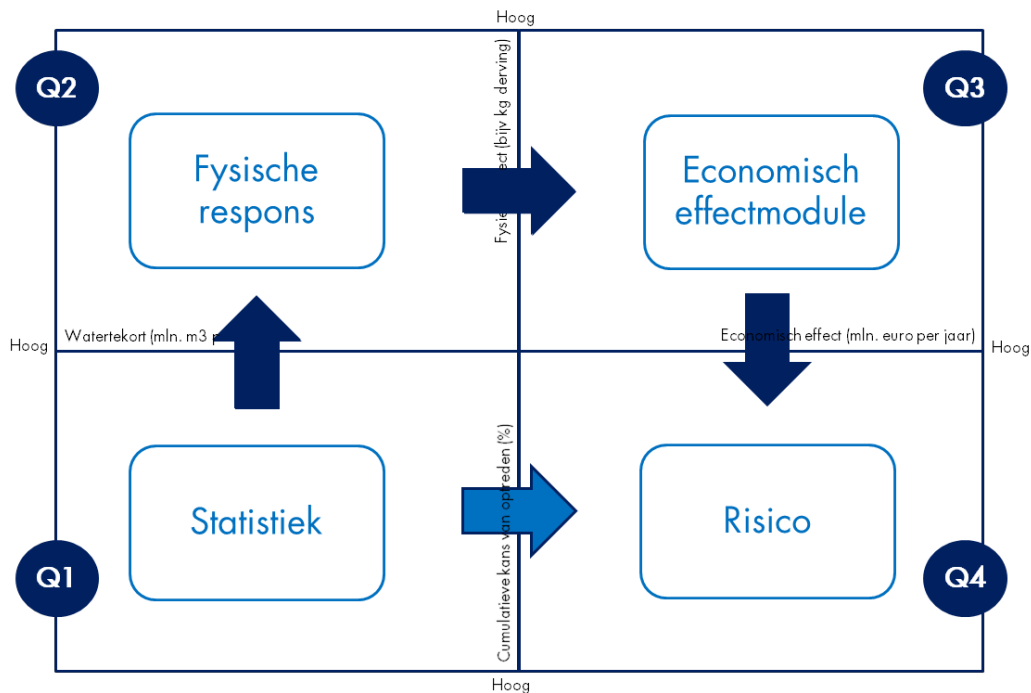
2.2 KWADRANTENAANPAK

De kwadrantenmethode is een methode om de risicobenadering deels te visualiseren, bepaalde effecten vooraf te voorzien en de impact van maatregelen en klimaatverandering te duiden.

2.2.1 Hoe werkt de methodiek?

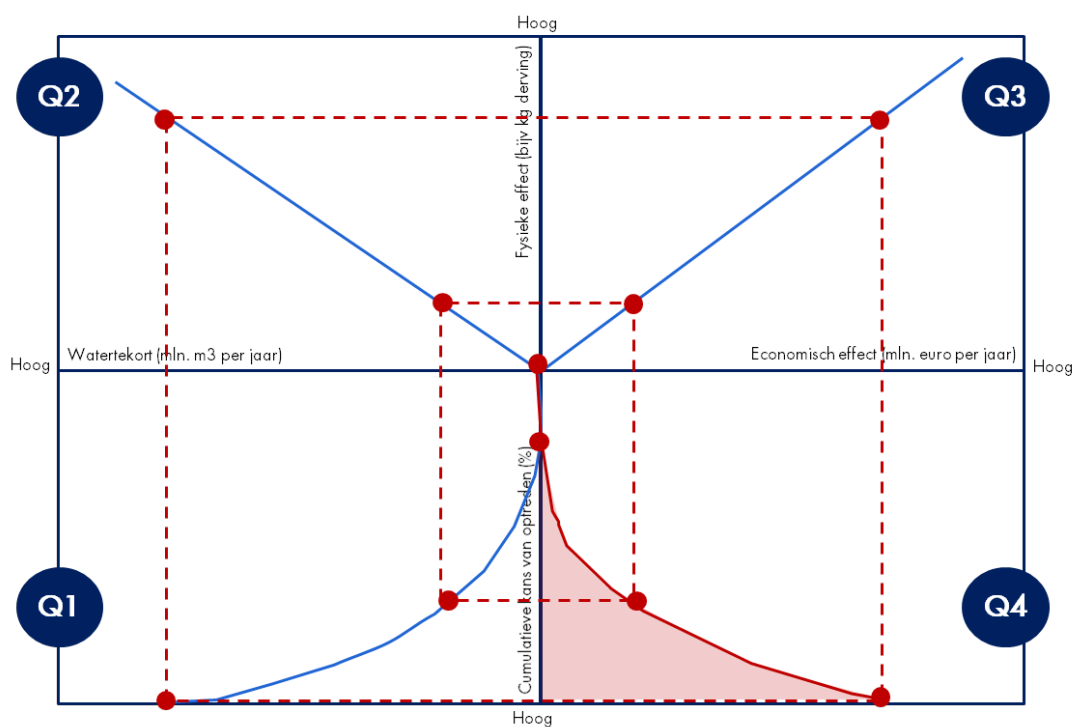
De analyse van de risicobenadering bestaat uit bepaling van verschillende hydrologische statistieken leidend tot een bepaalde impact en de jaarlijkse verwachtingswaarde van het risico voor een gegeven zichtjaar. Een aantal stappen hiervan wordt in een vier-kwadrantenschema gespecificeerd (Figuur 3). Elk kwadrant is een aparte grafiek. Deze grafieken kunnen tot een kwadrantenschema worden gemaakt doordat elke grafiek de assen deelt met een andere grafiek. Kwadrant Q1 bevat de kans van optreden van een droogtegebeurtenis. Q2 de fysieke respons die

in Q3 wordt vertaald naar een economisch effect. De combinatie van de kans van optreden (Q1) maal het economische effect (Q3) vormt het risico of de jaarlijkse verwachtingswaarde.



Figuur 3: de vier kwadranten; vier grafieken met gedeelde assen

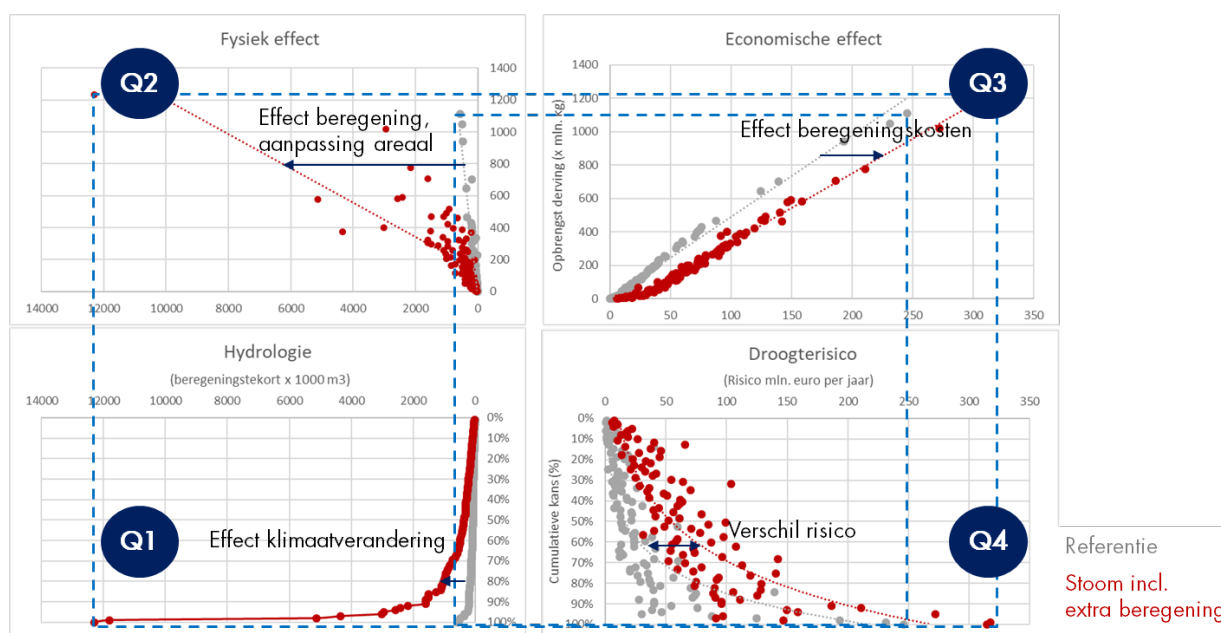
In elk kwadrant wordt het verband tussen de variabelen op de assen uitgezet. De curve in Q1 bevat de hydrologische statistiek (bijvoorbeeld het tekort) als functie van de cumulatieve kans van optreden: bij 100% is het hoogste tekort afgebeeld, alle andere droogtegebeurtenissen leiden tot een lager tekort. De fysieke en economische respons op deze droogtesituatie zijn getoond in Q2 en Q3. Het economisch effect in kwadrant drie wordt, afhankelijk van de gebruikersfunctie, gecorrigeerd voor prijs- en verdelingseffecten. Op basis van de curven in kwadrant 1 en 3 kan de curve in kwadrant 4 (het risico en de jaarlijkse verwachtingswaarde voor het zichtjaar) worden afgeleid. De gestippelde rechthoeken in Figuur 4 illustreren dit. Op basis van de blauwe lijnen kunnen punten op de te construeren grafiek in Q4 worden bepaald. Het oppervlak tussen de lijn door deze punten en de as met de cumulatieve kans van optreden is de jaarlijkse verwachtingswaarde voor het zichtjaar en Deltascenario (bijvoorbeeld *Stoom 2050*).



Figuur 4: constructie van droogterisico in Q4 uit Q1 en Q3

2.2.2 Effecten van klimaatverandering of maatregelen

Effecten van maatregelen en klimaatveranderingen leiden tot verschuivingen van de curven in het kwadrantenschema. Als startpunt wordt daarom eerst de jaarlijkse verwachtingswaarde voor de huidige situatie zonder maatregelen afgeleid (het nulalternatief in de *Referentie*, de grijze curve en punten, zie Figuur 5).



Figuur 5: indicatieve illustratie van risico door klimaatverandering (in Deltascenario Stoom 2050) bij adaptatie landbouwsector met toename berekend areaal

Afhankelijk van de situatie die wordt bestudeerd, kunnen de curven in Q1-3 worden aangepast. De figuur toont als voorbeeld de extra kosten van meer beregening in het Deltascenario *Stoom* (Q3), en de vermindering van de gevoeligheid voor droogte door beregening (Q2). Het effect van klimaatverandering komt tot uiting in Q1. In de Deltascenario's is aangenomen dat het beregeningsareaal toeneemt als voorbereiding of reactie op klimaatverandering (adaptatiemaatregel van sector).

Door vervolgens met de aangepaste curves de jaarlijkse verwachtingswaarde in Q4 te bepalen, kunnen de effecten van maatregelen en klimaatverandering in dit voorbeeld beregening en het Deltascenario *Stoom*, voor een specifieke gebruiksfunctie (hier landbouw) worden afgeleid.

Het verschil in oppervlak tussen een aangepaste curve (rood) en de referentiecurve (grijs) in Q4 is het gecombineerde jaarlijkse effect van de autonome toegenomen beregening (de netto vermindering van de jaarlijkse schade in Q2 en Q3) en de klimaatverandering (Q1) tussen *Stoom* en de *Referentie*. Voor de jaarlijkse toename van het droogterisico in *Stoom* ten opzichte van de *Referentie* nemen we het oppervlak tussen de rode curve en de grijze curve. Om de contante waarde te bepalen moet dit jaarlijkse effect voor verschillende zichtjaren worden bepaald (of benaderd door interpolatie) en verdisconteerd naar een basisjaar. Zonder de toename van beregening zou het droogterisico veel hoger zijn. In Q2 en Q3 zou dan de grijze curve gevolgd moeten worden.

2.2.3 Gebruik voor beleidsafwegingen

Doordat we de gemiddelde verwachtingswaarde kunnen bepalen voor verschillende situaties kan ook het rendement van een maatregel worden berekend.

Hiervoor stellen we in fase 3 de kosten vast van de maatregel of het beleid. Hierbij zijn twee mogelijkheden:

- Er zijn nauwelijks extra kosten voor het beleid of de maatregel. Bijvoorbeeld: men past de waterverdeling in of tussen de regio's aan. Het verschil in de gemiddelde verwachtingswaarde tussen twee of meer alternatieven geeft aan of het een op economische gronden aantrekkelijke verandering is.
- Het is nodig een investering te doen. Bijvoorbeeld: men wil de landbouw minder kwetsbaar maken en legt een extra waterreservoir aan. De investeringskosten moeten worden verwerkt in de berekening van de jaarlijkse verwachtingswaarde met deze maatregel. Hiervoor bepalen we de jaarlijkse kosten van de investering inclusief rentelasten en smeren deze uit over de levensduur van de investering (annuïteitenberekening, zie Kader 2). Deze kosten trekken we af van de opbrengsten of tellen we op bij de resterende schade bij inzet van de maatregel in Q3. Uitvoering is een economisch aantrekkelijke keuze wanneer het totale saldo in Q4 met de (beleids)maatregel gunstiger is dan zonder (beleids)maatregel en gunstiger dan andere mogelijke (beleids)maatregelen.

2.3 VERGELIJKING ECONOMISCHE EFFECTEN

Om effecten die per jaar variëren en investeringen van maatregelen met verschillende levensduren vergelijkbaar te maken, verdisconteren we de verschillende kosten en effecten naar een basisjaar

met de Netto Contante Waarde-methode (NCW) conform de leidraad MKBA¹¹. Deze methode is in Kader 1 toegelicht.

Kader 1: contante waarde

Om de waarde van toekomstige kosten en effecten in euro's te bepalen, worden deze teruggerekend. De stroom van eenmalige en jaarlijkse kosten wordt in de tijd geplaatst en vervolgens verdisconteerd naar het basisjaar, zodat de contante waarde ontstaat.

$$NCW = \sum_{t=0}^N \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

De formule voor de berekening van de netto contante waarde is:

Hierin is C_t de kosten in jaar t vanaf de start van de planperiode, r de rente of discontovoet die wordt gebruikt om bedragen in de toekomst naar het heden om te rekenen en N is de looptijd van het project. De discontovoet bestaat uit twee delen: de reële risicovrije discontovoet en de risico-opslag. De reële risicovrije discontovoet is eind 2015 vastgesteld op 0% en de standaard risico-opslag, die voor de macro-economische risico's corrigeert, op 3%. Samen vormen zij de standaard discontovoet van 3,0%, zoals vastgesteld door het kabinet. Infrastructuurinvesteringen hebben substantiële vaste kosten, bijvoorbeeld de investeringskosten aan het begin van een project, zoals de kosten van het aanleggen van waterbuffer of een gemaal. Maar ook de vaste kosten tijdens de looptijd, zoals energiekosten en vaste onderhoudskosten, kunnen groot zijn. Voor publieke fysieke investeringen met substantiële vaste kosten adviseert de werkgroep discontovoet 2015 een discontovoet van 4,5% voor zowel de kosten als voor de baten van publieke investeringen. Voor effecten op natuur geldt voor vervangbare natuur de standaard discontovoet. Bij niet substitueerbare natuur moet er gerekend worden met een prijsstijging van 1% per jaar, waardoor de effectieve discontovoet uitkomt op 2%. In deze analyse is de discontovoet voor alle maatregelen, kosten en effecten, op 4,5% gehouden. Dit heeft een pragmatische reden. Het was niet mogelijk vanwege het grote aantal maatregelen en het aangeleverde detailniveau de effecten te splitsen en te berekenen met verschillende discontovoeten.¹²

Bij het beoordelen van de maatregelen met de effecten voor verschillende zichtjaren drukken we de investeringskosten uit in de jaarlijkse annuïteit (zie Kader 2). De investering van de maatregel wordt dan vertaald in een serie van gelijke kasstromen gedurende de looptijd van een investering. Dit maakt het mogelijk de jaarlijkse kosten direct te vergelijken met de verwachtingswaarde van de effecten per jaar.

Kader 2: annuïteitberekening

De equivalente jaarlijkse annuïteit wordt gebruikt om een contante waarde of investering te vertalen in een serie van gelijke kasstromen over de looptijd of levensduur van een investering.

$$\text{annuïteit} = \frac{r \cdot (\text{investering})}{1 - (1+r)^{-n}} + \text{jaarlijkse kosten}$$

Waarbij r de discontovoet is per periode, n het aantal perioden (levensduur).

Het nut van deze vertaalslag is dat investeringen met verschillende looptijden/levensduren vergelijkbaar gemaakt kunnen worden. De afschrijvingstermijn van een investering (n) speelt geen rol.

Voor de berekening zijn de volgende gegevens nodig:

- Investering maatregel in aanlegkosten inclusief btw en objectoverstijgende risico's.
- Jaarlijkse operationele kosten, zoals B&O en energie, inclusief btw en objectoverstijgende risico's.
- Levensduur maatregel (n)
- Discontovoet 4,5% (r)

¹¹ CPB/PBL (2013), Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse

¹² Per 1 januari 2021 is de voorgeschreven discontovoet gewijzigd. Informatie hierover kwam te laat om nog in de totale analyse te worden meegenomen. In Hoofdstuk 11 is wel een beknopte gevoeligheidsanalyse toegevoegd.

2.4 TIJDREEKSEN

In de economische analyse is sprake van verschillende tijdreeksen die elk een ander doel dienen. Er is sprake van een 'klimaat'-reeks om de kans van optreden van de verschillende droogtegebeurtenissen te bepalen en van een economische reeks om de (netto) contante waarde van het economische effect te bepalen.

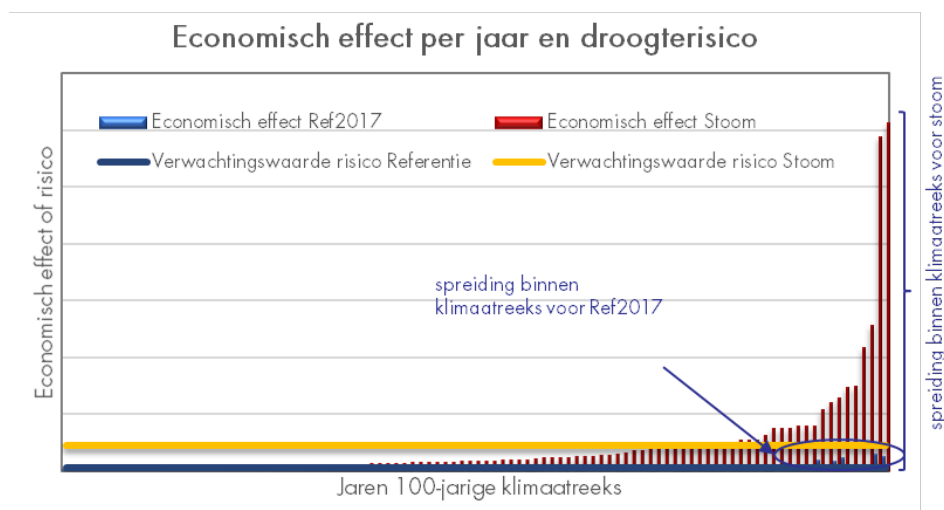
2.4.1 100-jarige klimaatreeks om spreiding risico te identificeren

De hydrologische en economische effecten zijn voor verschillende zichtjaren (2017, 2050, 2100) en Deltascenario's bepaald. Het risico is in werkelijkheid nl. niet voor elk jaar gelijk. Er zit een behoorlijke spreiding rondom het gemiddelde (zie Figuur 6). Zo was 1976 een extreem droog jaar met een hoog watertekort. Om de spreiding tussen de jaren zo goed mogelijk mee te nemen, gebruikt Deltares voor de meeste zichtjaren een simulatie van een 100-jarige (historische) reeks (1911-2010) die is aangepast voor de toekomstige verwachte klimaatcondities. De *Referentie* 2017 is gelijkgesteld aan de situatie zonder correctie, ofwel het gemiddelde klimaat in periode 1911-2010.¹³ De verwachtingswaarde van het effect van deze klimaatreeks is (een benadering van) het droogterisico. Per zichtjaar en scenario kan de spreiding rondom de verwachtingswaarde verschillen. In het voorbeeld in Figuur 7 is in de *Referentie* 20% van jaren verantwoordelijk voor 50% van de jaarlijkse verwachtingswaarde van het risico, en in *Stoom* 10% van jaren.¹⁴ De verwachtingswaarde van het risico bij *Stoom* ligt in dit voorbeeld significant hoger dan in de *Referentie*.

In principe is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de 100-jarige reeks om de verwachtingswaarde te bepalen en de resultaten onderling vergelijkbaar te maken. Dit betekent dat voor 2050 en de *Referentie* met en zonder maatregelen de verwachtingswaarde op basis van 100 jaar is bepaald. Om te besparen op de doorlooptijd en werkzaamheden is voor 2100 een 30-jarige reeks gebruikt die de verwachtingswaarde voor de 100-jarige reeks zo goed mogelijk representeert. Gekozen is voor de periode 1974-2003. Deze periode is de 30-jarige reeks waarvan het gemiddelde effect op de landbouw het beste overeenkomt met de 100-jarige reeks. Ook betreft het een relatief recente periode. Omdat het verschil in de verwachtingswaarde in deze periode ten opzichte van de 100-jarige periode, hoewel klein, toch niet te verwaarlozen is, kunnen de resultaten niet direct vergeleken worden met de resultaten voor 2050 en de *Referentie*. De 30-jarige reeks leidt vooral voor scheepvaart, drinkwater en industrie tot moeilijk vergelijkbare resultaten. Voor scheepvaart is dit omdat het klimaatjaar 1916 dat als nulpunt gebruikt wordt voor de berekening van de watertekorten niet in de 30-jarige reeks voorkomt. In dit jaar binnen de 100-jarige reeks waren de rivierafvoeren maximaal en de vaarkosten minimaal. Voor drinkwater en industrie vraagt de methodiek om het meest maatgevende jaar in een reeks van 100 (een 1 op 100 jaar). Hierdoor zijn specifieke correcties van de resultaten nodig geweest (zie methode gebruiksfuncties, paragraaf 2.8). De resultaten voor 2100 moeten vooral als indicatie voor de verwachte doorontwikkeling gezien worden.

¹³ De *Referentie* kan door deze aanname het huidige droogterisico onderschatten en de verwachte ontwikkeling naar bijvoorbeeld *Stoom* overschatten.

¹⁴ De verwachtingswaarde per jaar is een optelsom van het droogterisico per jaar in klimaatreeks vermenigvuldigd met kans van optreden (1/100) voor alle jaren in 100-jarige reeks.



Figuur 6: indicatief voorbeeld effecten per jaar en berekend droogterisico



Figuur 7: indicatief voorbeeld bijdrage per jaar aan verwachtingswaarde droogterisico

2.4.2 100-jarige economische reeks voor kosten-batenanalyse

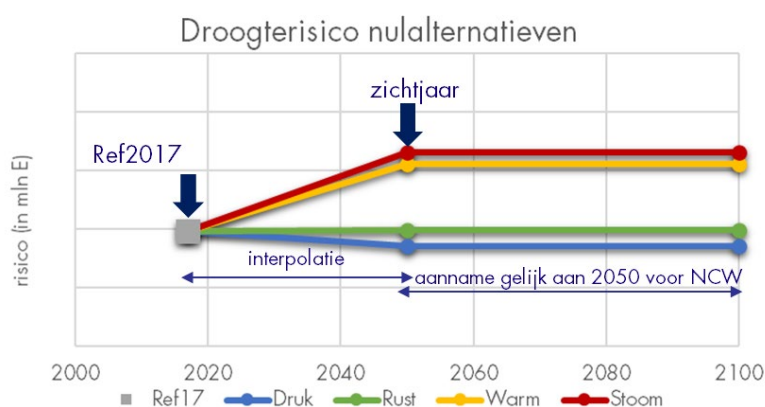
Om de netto contante waarde te bepalen moeten in principe de kosten en effecten over een oneindige periode per jaar worden bepaald en verdisconteerd naar het basisjaar. Om praktische redenen wordt vaak gewerkt met 100 jaar omdat de invloed van kasstromen na 100 jaar niet meer tot uiting komen in het resultaat. Deze 100 jaar wijkt af van de (historische) klimaatreeks. Het betreft een reeks toekomstige jaren die ingaat in het basisjaar (2020) en dan 100 jaar vooruitloopt.

Omdat er alleen voor de zichtjaren 2017, 2050 en in beperkte mate voor 2100 economische effecten zijn bepaald, is het nodig de economische 100-jarige reeks zelf af te leiden op basis van de resultaten voor de zichtjaren. Tussen de resultaten van het zichtjaar 2050 en de *Referentie* worden de resultaten voor de tussenliggende jaren benaderd door te interpoleren (zie Figuur 8). Na 2050 houden we het jaarlijks effect gelijk voor de berekening van de netto contante waarde.¹⁵

¹⁵ Eerder was voorzien tussen 2050 en 2100 te interpoleren, maar door het ontbreken van vergelijkbare resultaten voor 2100 voor landbouw en voor effecten van maatregelen is besloten de resultaten gelijk te houden. Het alternatief

Voor de scenario's *Stoom* en *Warm* veroorzaakt dat een onderschatting. De doorkijk naar 2100 voor de oppervlaktewatertekorten, de gebruiksfunctie scheepvaart, industrie en drinkwater kunnen wel worden gebruikt voor de duiding en gevoeligheidsanalyse. Voor landbouw zijn geen bruikbare cijfers voor 2100 beschikbaar. Deze vereenvoudiging vormt geen grote beperking om de volgende redenen:

- Voor de netto contante waarde berekening werken de jaren die verder weg liggen van het basisjaar minder door in het resultaat.
- De Deltascenario's voor 2100 zijn sowieso minder uitgewerkt. Voor de sociaaleconomische ontwikkeling is de situatie gelijk aan 2050. Voor klimaat wordt de verwachte verandering in KNMI-scenario's voor 2085 beschouwd als benadering voor het klimaat van het einde van de eeuw.



Figuur 8: voorbeeld effecten per jaar en berekend droogterisico

2.5 ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

Aan de *Economische analyse Zoetwater* ligt een aantal gegevens en uitgangspunten ten grondslag. Tabel 3 vat deze uitgangspunten samen.

Tabel 3: uitgangspunten Economische analyse Zoetwater

Thema	Uitgangspunt	Toelichting
Studiegebied	Heel Nederland m.u.v. de Waddeneilanden	Het NWM bevat de Waddeneilanden niet. Deze zijn ook niet verbonden aan het zoetwatersysteem van de rest van Nederland. Alleen de welvaarts-effecten in Nederland worden onderzocht.
Tijdshorizon	2020-2120	De situatie in 2017 en 2050 is geanalyseerd. Daartussen wordt geïnterpoleerd. Na 2050 worden effecten gelijk verondersteld aan 2050. Voor 2100 zijn alleen voor scheepvaart, industrie en drinkwater resultaten beschikbaar.
Prijsniveau	Januari 2020 ¹⁶	Kosten zijn weergegeven in prijspeil januari 2020.

extrapolatie met name voor het effect van de maatregelen, zou tot een forse overschatting van het welvaartseffect kunnen leiden.

¹⁶ Resultaten van de losse effectmodules in hoofdstuk 4 zijn gerapporteerd in het prijspeil van de effectmodule. Bij de beoordeling van de maatregelen en bij de synthese van alle effecten zijn ze gecorrigeerd naar prijspeil 2020 volgens de indexerings tabel van ECKB. De effectmodules rapporteren het droogterisico excl. btw. De resultaten van het

Thema	Uitgangspunt	Toelichting
Basisjaar	2020	Als uitgangspunt voor de bepaling van de contante waarde worden alle kosten teruggerekend naar de contante waarde in 2020.
Discontovoet	4,5%	Alle analyses zijn doorgerekend met een discontovoet van 4,5%, die geldt voor maatregelen met hoge kosten en een grote samenhang met de economie. Voor drinkwater en natuur had een lagere discontovoet mogen worden gebruikt. Doordat de effecten van de maatregelen vaak niet te splitsen zijn over de verschillende gebruiksfuncties is gekozen om met een conservatieve discontovoet te werken. Wel is een gevoeligheidsanalyse gedaan.
Btw	Alle kosten zijn inclusief btw	De kosten worden getoond inclusief btw. Tenzij anders vermeld is hiervoor een percentage van 21% gehanteerd.
Faalkans maatregelen	Voor de maatregelen die geanalyseerd zijn en de maatregelen die onderdeel zijn van de Referentie (zoals zeesluis IJmuiden), is uitgegaan van een faalkans van nul.	Binnen de doorlooptijd van het project is het niet mogelijk een faalkans voor de maatregelen te bepalen. Van de meeste maatregelen is nog geen faalkans bekend. Voor de zoetwateropgave is aangenomen dat het falen niet tot enorme schades zal leiden.
Zoetwatervraag	Totaal (ongekorte) water-vraag voor verschillende zichtjaren en voor verschillende klimaatjaren bij verschillende scenario's.	De watervraag is bijvoorbeeld door sectorale maatregel of prijsbeleid beïnvloedbaar en verschilt per mogelijke zoetwaterstrategie. Bovendien is het een nog te maken beleidskeuze of onder alle omstandigheden aan de vraag zal worden voldaan en voor welke functies.
Bovenstroomse gebieden	Sociaaleconomische effecten van bovenstroomse gebieden die invloed kunnen hebben op Nederland zijn niet meegenomen.	De Deltascenario's bevatten alleen de bovenstrooms klimaat effecten buiten Nederland.
Deltascenario's	Hydrologische ontwikkelingen zijn doorgerekend voor alle vier de Deltascenario's: Stoom, Warm, Druk en Rust. De effecten van maatregelen zullen worden doorgerekend voor scenario's (alle of selectie nog te bepalen)	De Deltascenario's zijn combinatie van KNMI 2014 scenario's en WLO-2015. De WLO-2015 scenario's zijn alleen voor zichtjaar 2050 bepaald. De KNMI 2014 scenario's voor 2050 en 2085. De modelresultaten van 2085 zijn een indicatie is voor klimaat van voor einde van de eeuw. Voor de economische analyse gebruiken we de resultaten van de Deltascenario's 2085 voor 2100.
100-jarige reeksen	Reeksen van 1911 tot 2010	Deze reeks is gebruikt voor het nulalternatief en projectalternatieven in de Referentie 2017 en Deltascenario's Stoom, Warm, Druk en Rust 2050
30-jarige reeksen	Reeksen van 1974 tot 2003	Deze reeks is gebruikt voor de Deltascenario's Stoom, Warm, Druk en Rust 2100 (nulalternatief en projectalternatieven).

Een laatste belangrijk uitgangspunt voor de analyse is de Nationale Verdringingsreeks zoals vastgelegd in de Waterwet. De verdringingsreeks is een serie afspraken die ervoor zorgt dat bij een

nulalternatief zijn daarom ook exclusief btw gerapporteerd. Dit is om het totale droogterisico in deze studie qua grootteorde vergelijkbaar te houden met andere rapportages. Voor de beoordeling van de maatregelen zijn de kosten en het verschil in effect wel inclusief btw gerapporteerd.

watertekort het beschikbare water eerlijk wordt verdeeld over de partijen die het nodig hebben. De volgorde van de verdringingsreeks is vertaald in een prioriteitsstelling in de gebruikte modellen. De verdringingsreeks bestaat uit 4 categorieën (zie Figuur 9). Categorie 1 heeft de hoogste prioriteit. Categorie 4 de laagste.

- Categorie 1: veiligheid en voorkomen van blijvende schade. Watertekorten kunnen leiden tot bodemdalingen en kwetsbaarheid van dijken. Vooral veengebieden en veendijken zijn hier gevoelig voor. Uitgedroogd veen wordt veel lichter en kan geen water meer absorberen. Hierdoor kan een dijk gaan barsten en scheuren. Als veen eenmaal is uitgedroogd, kan dit niet meer worden teruggedraaid. In deze categorie valt ook schade aan de natuur die niet meer te herstellen is.
- Categorie 2: voldoende energie en drinkwater. In deze categorie vallen een ongestoorde energievoorziening door genoeg koelwatercapaciteit en toereikende beschikbaarheid van drinkwater. Drinkwater valt niet onder categorie 1 omdat er grote voorraden zijn.
- Categorie 3: kleinschalig hoogwaardig gebruik van water. Door dure gewassen tijdelijk te besproeien, kan met weinig water veel schade voorkomen worden. Ook het water dat in de industrie wordt gebruikt voor productie valt in deze categorie.
- Categorie 4: water voor overige belangen. Hierin vallen scheepvaart, landbouw, industrie, waterrecreatie, binnenvisserij en overige functies. Ook de natuur valt onder deze categorie, als het watertekort geen onomkeerbare schade veroorzaakt. Het beschikbare water gaat naar de regio of sector waar de meeste (maatschappelijke) schade kan worden voorkomen.



Figuur 9: de nationale verdringingsreeks voor zoet water uit het Nationaal Waterplan (Rijksoverheid, 2009)

2.6 REFERENTIE EN NULALTERNATIEF

De *Referentie* die gebruikt is voor de analyse is het huidige beleid inclusief het hanteren van de huidige verdringingsreeks en invoering van beleidsmaatregelen waarvoor dekking beschikbaar is en die zijn uitgevoerd in 2021. Met de *Referentie* verwijzen we naar de huidige situatie (een moment in de tijd bij huidige sociaaleconomische omstandigheden en klimaatcondities).

Het nulalternatief omvat eveneens de voortzetting van het huidige beleid en invoering van beleidsmaatregelen waarvoor dekking beschikbaar is inclusief autonome ontwikkelingen (zoals gedrag van watergebruikers) bij een van de Deltascenario's. Het gaat om een tijdspad waarin de sociaaleconomische situatie en klimaatomstandigheden veranderen. Er worden echter nog geen nieuwe maatregelen toegevoegd.

Ingrepen en maatregelen die wel in het nulalternatief (de autonome ontwikkeling) en in de *Referentie* (Ref2017) zijn verwerkt, staan vermeld in Tabel 4.

Tabel 4: ingrepen en maatregelen nulalternatief en Referentie (zie ook Deltares 2019, geactualiseerde knelpuntenanalyse)

Ingrepen hoofdwatersysteem	Maatregelen Deltaprogramma eerste fase
☐ De verdieping van de Nieuwe Waterweg* ☐ Selectieve onttrekking bij de zeesluis IJmuiden* ☐ De Kier* ☐ De extra pomp- en spuis capaciteit in Afsluitdijk ☐ Een tweede sluis bij Eefde ☐ Aanpassing capaciteit van de Noordervaart. ☐ Aanpassing aantal gemaalcapaciteiten (Rivierenland)	☐ Flexibel peil IJsselmeer-Markermeer ☐ Extra aanvoer via Roode Vaart ☐ Uitbreiding Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA-plus) Het gaat om de KWA-15 (stap 1 van de voorkeursstrategie Deltaprogramma Zoetwater) ☐ Regionale maatregelen p.m.

Een aantal ingrepen (*) is niet (volledig) gemodelleerd vanwege onzekerheden over de juiste wijze om de ingreep/maatregel te modelleren of modelbeperkingen. Dit gaat om de verdieping van de Nieuwe Waterweg de selectieve onttrekking bij de zeesluis IJmuiden en de Kier. Het minimale debiet bij zeesluis IJmuiden is aangepast om het model te laten overeenkomen met beheerregels in de praktijk.

De meeste regionale maatregelen hebben alleen tijdelijk of lokaal effect op de watervraag. Ook kunnen niet alle regionale maatregelen goed in een landelijk model worden meegenomen. Daarom is besloten de regionale maatregelen uit de eerste fase van het Deltaprogramma niet mee te nemen in het nulalternatief. De effecten van deze maatregelen zijn verwaarloosbaar zeker ten opzichte van het effect van de scenario's.¹⁷

Daarnaast zijn de volgende zaken aangepast:

- De berekeningvraag en –areaal zijn hoger;
- De grondwateronttrekking in Brabant is verminderd;
- De doorspoelvraag is aangepast naar aanleiding van nieuwe studies;
- Er zijn diverse peilen en schutverliezen aangepast (o.a. in Maas-Waalkanaal, bij Grave, en van regionale peilen);
- De verdamping in de veenweidegebieden is verhoogd Dit veroorzaakt een verdere uitzakking van de grondwaterstanden.

Voor de hoogte van het berekende droogterisico valt het nulpunt niet altijd samen met de situatie in de *Referentie*. Dit verschilt per sector. Uitgangspunt bij alle effectmodules is een situatie zonder watertekorten en deze situatie vergelijken we met een situatie waarin er wel watertekorten zijn.

Voor de scheepvaart is dit geïmplementeerd door een referentiejaar te kiezen waar watertekorten geen limiterende factor zijn. De effectmodule gebruikt 1916, het jaar in de 100-jarige klimaatreeks met de minste laagwateromstandigheden (c.q. minste diepgangbeperkingen voor scheepvaart), als nulpunt.

¹⁷ Inschatting Deltares. Ook de inlaatsluis Spijkenisse is niet meegenomen, omdat die niet klimaatrobust is.

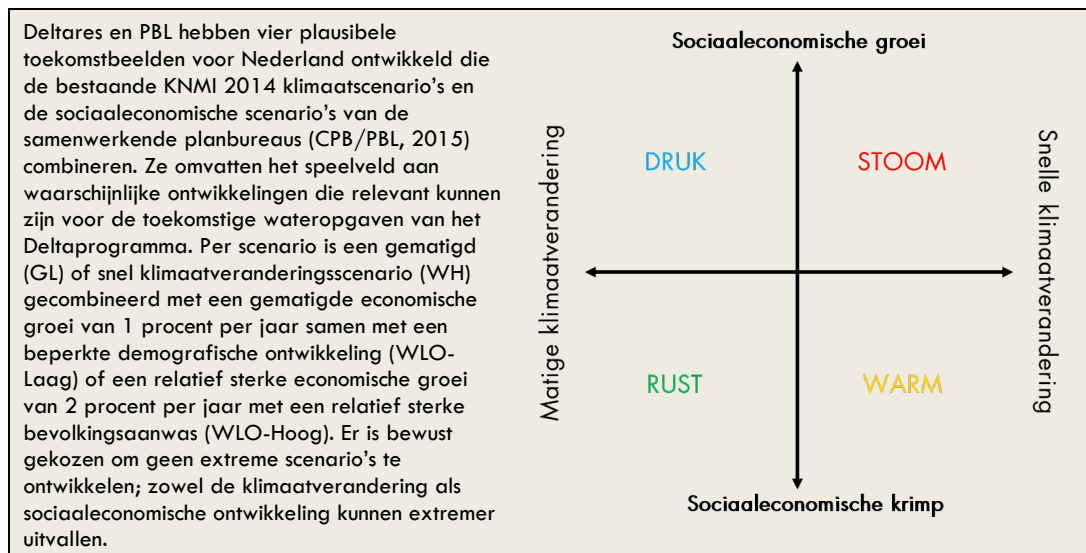
Voor de landbouw wordt het nulpunt of ‘ijkpunt’ in de effectmodules bepaald door de potentiële opbrengst (de opbrengst waar voldoende waterbeschikbaarheid is).¹⁸ Deze verschilt per scenario en gewas. Het risico is het verschil tussen de potentiële en actuele opbrengst, gecorrigeerd voor prijs- en wegleffecten. Voor landbouw en scheepvaart is er daarom ook bij het huidige klimaat (*Referentie* 2017) al sprake van een droogterisico.

Voor de drinkwatersector en de industrie veronderstelt de gebruikte effectmodule dat het droogterisico in de *Referentie* nul is. De ontwikkeling van de grondwaterafhankelijke natuur en de riviernatuur wordt afgezet tegen de *Referentie*. Deze verschillen beïnvloeden de uitkomst van het welvaartseffect van een maatregel niet. Het verschil tussen het droogterisico met een maatregel en het droogterisico zonder een maatregel blijft gelijk.

2.7 GEACTUALISEERDE DELTASCENARIO'S 2017

De hydrologische berekeningen zijn gemaakt voor de vier Deltascenario's (zie Kader 2). Voor de ontwikkeling zonder aanvullende maatregelen is dit gedaan voor alle vier de scenario's voor 2050 en 2100. De ontwikkeling met aanvullende maatregelen is bepaald met het modelinstrumentarium voor de *Referentie* (tevens benadering *Druk* en *Rust* 2050) en het Deltascenario *Stoom* 2050 (benadering *Warm* 2050) vanwege beperkingen in beschikbare tijd en middelen.

Kader 3: de vier Deltascenario's (Deltares, WEcR, PBL, 2018)



¹⁸ De potentiële opbrengst is bepaald in een situatie wanneer er geen watertekorten zijn. Overige factoren zoals bemesting en gebruik van machines hebben ook invloed op potentiële opbrengst, maar worden in het model niet meegenomen.

2050 t.o.v. ref17	Rust	Druk (Parijs)	Warm	Stoom
	1°C	1°C	2°C	2°C
	+1% zomer	+1% zomer	-13% zomer	-13% zomer
	+4% zomer	+4% zomer	+11% zomer	+11% zomer
 Rijn / Maas	Laagste afvoer +5%/+5%	Laagste afvoer +5%/+5%	Laagste afvoer -20%/-45%	Laagste afvoer -20%/-45%
	16 mln.	19 mln.	16 mln.	19 mln.
	+1% per jaar	+2% per jaar	+1% per jaar	+2% per jaar
	Beperkte, compacte verstedelijking en meer spreiding over het land	Compacte verstedelijking in hoge dichtheden met ruimte voor groen	Beperkte, verspreide verstedelijking; na 2030 concentratie in Randstad	Sterke, verspreide verstedelijking in lage dichtheden met name in Randstad
	Toename in lijn met ec. groei	Forse toename	Lager dan economische groei, rem door klimaat	Meer, grootschalig, rem door klimaat
	Lichte daling (-10%)	Lichte toename (+10%)	Stabilisatie (+0%)	Sterke toename (+35%)
	Sterke daling (-30%)	Zeer sterke afname (-40%)	Lichte daling (-10%)	Toename (+15%)
	Intensivering en schaalvergroting, maar ook circulair/natuurinclusief en grondgebondenheid.	Intensivering, maar ook circulair/natuurinclusieve landbouw (onderwaterdrainage veengebieden).	Grootschalig, en gebieden met extensiever karakter.	Meer intensivering en schaalvergroting (kostenreductie).
	-3%	-9% (-11%)	-3%	-11%
	+8%	+4% (+3%)	+60%	+55%
	+8%	+7% (+24% o.a. groter bosareaal)	+8% nieuwe natuur door verzilting & vernatting	+13%, recreatief gebruik belangrijk

Figuur 10: samenvatting Deltascenario's 2050 t.o.v. Referentie 2017

Een samenvatting van de belangrijkste kenmerken en verschillen voor de verschillende Deltascenario's staat in Figuur 10.¹⁹

2.8 METHODIEK BEPALING ECONOMISCHE EFFECTEN

Tekorten in het oppervlaktewater en bodemvocht/grondwateraanvulling kunnen leiden tot schade voor gebruiksfuncties (zie Tabel 5). Om goed onderbouwde afwegingen over mogelijke (beleids)maatregelen te kunnen maken zijn voor het Deltaprogramma Zoetwater vijf effectmodules ontwikkeld. Deze modules vertalen de effecten van droogte op een sector of gebruiksfunctie in het economisch effect op de maatschappij.

De ontwikkelde effectmodules zijn gemaakt voor de gebruiksfuncties die de grootste effecten van droogte ondervinden: landbouw²⁰, scheepvaart, drinkwater, industrie en natuur. In de economische analyse focussen we daarom op deze gebruiksfuncties. De effecten op andere gebruiksfuncties zoals recreatie en energie zijn naar verwachting verwaarloosbaar. Bij recreatie gaat het vooral om verdringing waardoor sprake is van een beperkt nationaal economisch effect. De energiesector wordt minder afhankelijk van droogte door de toename van de opwekking van hernieuwbare energie en de verschuiving van de productie naar de kustgebieden.

Tabel 5: overzicht mogelijke schade per gebruiksfunctie en knelpunt

Tekort en/of knelpunt	Gebruiksfuncties	Mogelijke schade
Onvoldoende water voor peilbeheer	Stedelijke functies, Veiligheid en infrastructuur, Land- en tuinbouw, Recreatie, Natuur, Scheepvaart	Verzakking, paalrot, verzwakken dijken, meer onderhoud kades, wegen, kabels en leidingen, verdroging, verlies belevingswaarde en inkomsten recreatie
Onvoldoende water voor doorspoeling	Land- en tuinbouw, Stedelijke Functies, Recreatie, Natuur	Verziltingschade door hoog chloridengehalte oppervlaktewater, afname waterkwaliteit met verlies natuur- en recreatiewaarde
Onvoldoende water voor beregening	Land- en tuinbouw	Droogteschade en verziltingschade vooral in groeiseizoen
Te hoge concentratie opgeloste stoffen (chloride of anderszins)	Drinkwater en Industrie (koel- en proceswater)	Stilleggen of verminderen productie, meerkosten alternatieve aanvoer, kosten van ontzilting
Te lage waterstanden	Scheepvaart, (water)recreatie	Hogere transport en opslagkosten, verlies belevingswaarde en inkomsten recreatie
Bodemvochttekort/grondwater-aanvulling	Land- en tuinbouw, natuur	Droogteschade vooral in groeiseizoen, verlies natuur- en recreatiewaarde

¹⁹ Tijdens het onderzoek is de vraag gerezen of de veronderstelde sociaaleconomische ontwikkeling en de klimaatverandering wel volledig onafhankelijk zijn. Bijvoorbeeld het scenario *Stoom* met hoge economische groei in combinatie met 65% CO₂-reductie en 2,5-3 graden temperatuurstijging volgens het achtergronddocument klimaat bij de WLO-scenario's lijkt niet consistent met de snelle klimaatverandering maar tot 2 graden beperkte temperatuurstijging volgens de KNMI-scenario's. Als de mitigatiemaatregelen door samenwerking wereldwijd succesvol zijn om de temperatuurstijging te beperken, zoals in het scenario *Stoom* tot in relatief hoge mate, dan zou de groei van transportsectoren relatief sterk vertragen door de vermoedelijk hoge kosten van mitigatie. Maatregelen om de CO₂-uitstoot te verminderen, bijvoorbeeld voor de scheepvaart, kunnen de nu veronderstelde groei beperken. Een dergelijk verband lijkt niet direct terug te komen in de gestelde autonome groei van de sectoren in dit scenario. Het effect hiervan is tot 2050 beperkt volgens het CPB.

²⁰ Natschade is geen onderdeel van modeldoorrekening.

Stedelijke functies, schade aan infrastructuur en hittestress zijn niet meegenomen omdat ze onderdeel uitmaken van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie. Bovendien bestaan er nog geen goede hydrologische modellen of effectmodules. Het economische effect hiervan is daarom niet in de Economische analyse Zoetwater meegenomen, maar kan op het droogterisico wel zeer groot zijn. Het effect van het ontbreken van deze functies op de maatregelbeoordeling is naar verwachting beperkt doordat weinig maatregelen gericht zijn op het stedelijk gebied. De beschrijving per methodiek volgt hieronder.

2.8.1 Landbouw

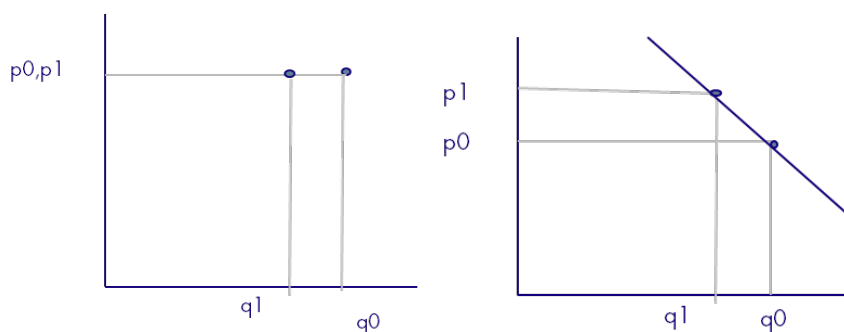
Weersextremen in het groeiseizoen zoals droogte, leiden tot opbrengstderving van gewassen. Voor het bepalen van de economische effecten op de landbouwsector wordt de Effectmodule Landbouw gebruikt.²¹ De Effectmodule Landbouw berekent het economische effect van een vermindering van de gewasopbrengst en/of toename van de beregening door droogte. Gedurende droge periodes gaan agrariërs meer beregenen met hogere beregeningskosten tot gevolg. Het resterende bodemvochtttekort en/of zoutstress leidt tot minder gewasopbrengst. Voor de agrariërs kan de vermindering van de gewasopbrengst gedeeltelijk worden gecompenseerd door hogere prijzen. Dit heeft echter een negatief effect op de consumenten. Voor het bepalen van deze effecten maakt de effectmodule gebruik van het bestaande effectmodel AGRICOM in combinatie met de speciaal voor het Deltaprogramma ontwikkelde (nabewerkingsmodel) Prijsstool Landbouw.²²

Het economisch effect is de verandering in de omvang van het consumenten- en producentensurplus. Relevant voor de samenstelling van het consumenten- en producentensurplus is de mate waarin een verminderde landbouwproductie prijseffecten tot gevolg heeft. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de onderstaande figuren.

De *linker* Figuur 11 geeft de situatie bij afwezigheid van prijseffecten weer. Door droogte treedt opbrengstderving op ter grootte van $q_0 - q_1$. Doordat voor het type gewas (bijv. graan) de prijs gegeven is, kan deze producent de ten behoeve van de productie gemaakte kosten (incl. variabele kosten van beregening) niet doorbelasten naar afnemers. Daarmee komt het totale economische effect ter grootte van de oppervlakte $(q_0 - q_1) \cdot p_0$ voor rekening van de primaire producent. De *rechterfiguur* geeft de situatie weer waarbij wel prijsdoorberekening mogelijk is. In dit geval belast de producent een deel van de kosten door naar afnemers. Ondanks het verlies aan oogst met een waarde $(q_0 - q_1) \cdot p_0$, stelt de marktsituatie van relatieve schaarste de producent in staat om op de hoeveelheid q_1 een meeropbrengst te realiseren van $q_1 \cdot (p_1 - p_0)$. De mate waarin dit het initiële verlies compenseert verschilt. De gerealiseerde meeropbrengst komt ten laste van de afnemers.

²¹ Deltares (2019), Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte, vs. 0.1 augustus 2019.

²² Wageningen Economic Research (2017), Prijsstool Landbouw, november 2017



Figuur 11: illustratie van doorwerking opbrengstderving op afzetmarkt

Bepaling fysieke opbrengstderving

AGRICOM is gebruikt om de huidige en toekomstige fysieke opbrengstderving te berekenen. De opbrengstderving per gewas is het verschil tussen de potentiële en de actuele opbrengst die resteert rekening houdend met zoetwatertekorten of verzilting. Om de derving door watertekort te bepalen wordt in AGRICOM eerst de potentiële gewasopbrengst berekend aan de hand van de potentiële gewasverdamping. Vervolgens is met het model de actuele opbrengst bepaald door rekening te houden met een lagere actuele verdamping door droogte. Naast verdamping is ook verzilting van invloed op de gewasgroei. Voor de bepaling van de totale derving is in een nabewerking de zoutstress van de overgebleven opbrengst afgetrokken. De opbrengst die overblijft is de actuele opbrengst.

Derving door natte omstandigheden wordt niet meegenomen. AGRICOM heeft wel een module om natschade te berekenen, maar de hydrologische invoer is onvoldoende betrouwbaar om de resultaten hiervan te gebruiken. Daarmee wordt het effect van droogte en verzilting in natte jaren met hevige voorjaarsneerslag mogelijk overschat. Eveneens is opbrengstderving in de glastuinbouwsector buiten beschouwing gelaten. Voor de glastuinbouw is een niet gelimiteerd wateraanbod verondersteld.

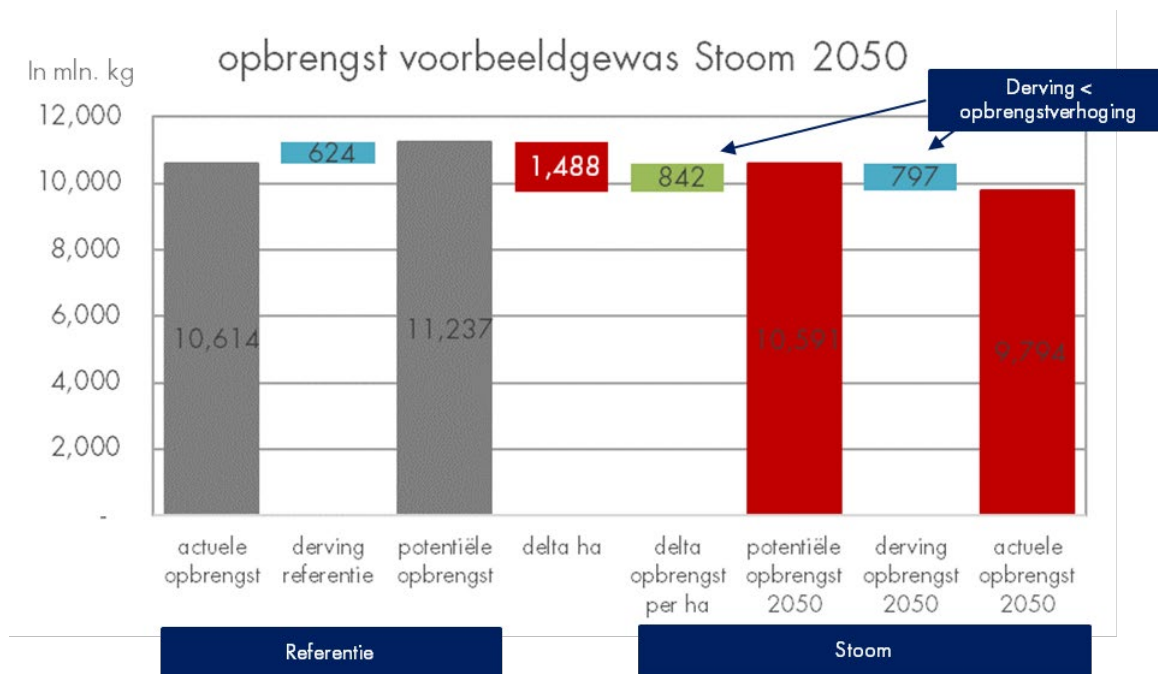
In de *Referentie* is landgebruik, waterbeheer en berekening conform de huidige situatie. Bij de bepaling van de toekomstige fysieke opbrengstderving (zie voor voorbeeld Figuur 12) is rekening gehouden met autonome veranderingen in de Deltascenario's van de potentiële opbrengst als gevolg van veranderend landgebruik²³ (delta ha) en veranderende groeicondities van gewassen (delta opbrengst/ha).

Daarnaast is rekening gehouden met autonome adaptatie in de vorm van extra berekening. Het is immers goed voorstelbaar dat bij een sterk veranderend klimaat meer agrariërs beregeningsinstallaties aanschaffen om tijdens (steeds vaker voorkomende) droge periodes door aanvulling van het bodemvocht productiederving te voorkomen. Per saldo worden hiermee de nadelige gevolgen van dalende hoeveelheden vocht in de bodem (enigszins) gedempt. Dit uit zich in een *ceteris paribus* hogere potentiële opbrengst dan zonder autonome aanpassing van het beregend areaal. Uitgangspunt bij het bepalen van de toename van het potentieel beregend areaal is dat agrariërs een rationale afweging maken tussen enerzijds de kosten van aanschaf van de

²³ Technologische ontwikkeling waarbij aanpassing van het teeltgewas aan nieuwe klimatologische omstandigheden plaatsvindt, kan zorgen voor meer adaptatie. De kwetsbaarheid van de sector neemt hierdoor autonoom af. Dit effect wordt verondersteld impliciet te zijn meegenomen in de modellen via aanpassingen van samenstelling van het gewassenpakket.

installatie en anderzijds de baten van beregening in de vorm van vermeden opbrengstderving. Deze kosten-batenoverweging verschilt per gebied (bodemvochtsituatie), gewas en klimaatscenario en is bepaald met behulp van de regioscan zoetwater.²⁴

Hoewel onderdeel van het huidige beleid houdt de modellering geen rekening met beregeningsverboden. Dit zorgt voor een verdere uitzakking van de grondwaterstanden in het model dan in de praktijk. In de praktijk wordt per saldo minder beregend dan waar nu vanuit is gegaan. Dit betekent dat het droogterisico voor de landbouw mogelijk wordt onderschat en het risico voor natuur tegelijkertijd wordt overschat. In een gevoeligheidsanalyse kan de invloed van dit uitgangspunt op de resultaten worden getoetst. Binnen de looptijd was het niet mogelijk hiervoor een aparte modeldoorrekening te doen.



Figuur 12: bepaling huidige en toekomstige opbrengstderving

Bepalen economische doorwerking

Met de Prijsstool Landbouw wordt het effect van droogte en zoutstress op prijs en droogterisico bepaald. De prijsstool berekent of de prijs van een gewas stijgt wanneer opbrengstderving door droogte plaatsvindt. Dit hangt af van het aandeel van de productieverandering ten opzichte van de totale productie van dit gewas in de relevante markt (zie Tabel 6).

Wanneer Nederland een klein aandeel van een gewas op de wereldmarkt levert, bijvoorbeeld bieten of graan, heeft een afname van de productie in Nederland geen effect op de prijs op de wereldmarkt en kan de agrariër gemaakte kosten niet doorbelasten. Bij een groot aandeel op de wereldmarkt, zoals bij pootaardappelen of sierteeltproducten zullen agrariërs wel hogere prijzen voor hun producten in rekening kunnen brengen. In dat geval wordt een deel van de kosten afgewenteld op buitenlandse afnemers. Ten slotte zijn niet alle gewassen onderdeel van een

²⁴ Zie voor meer informatie STOWA (2018).

internationale markt, sommige producten worden lokaal verhandeld, zoals gras en mais voor veevoer. De prijsvorming van deze gewassen is daardoor ook lokaal.

Tabel 6: overzicht mogelijkheden voor afwentelen kosten via prijsmechanisme

Gewas	Prijseffect	Aandeel NL Wereldaanbod
Bieten, Granen, Fruit, Fabrieksaardappel, Consumptieaardappelen, overig	nee	0%
Grasland, Mais	ja	0%
Uien	ja	2%
Pootaardappel	ja	60%
Boomteelt	ja	100%
Tulp, Hyacint, Narcis, Gladiol, Rest bollen	ja	100%

2.8.1 Scheepvaart

Voor de scheepvaart op de grote rivieren is voldoende diepgang van wezenlijk belang. In de zomer kunnen door droogte de waterstanden in de rivieren erg laag komen te staan. Er kan dan behoorlijke economische schade ontstaan doordat de binnenvaart genoodzaakt is af te wijken van de optimale planning om vrachten op de plek van bestemming te krijgen.

Voor de economische effecten op de scheepvaart wordt de methodiek van de Effectmodule Scheepvaart²⁵ gevolgd (zie Figuur 13). Deze beschouwt de economische schade door beperkingen aan het binnenvaarttransport die ontstaat door lagere rivierafvoer door droogte. In de effectmodule wordt rekening gehouden met de reactie op de vraag²⁶ als gevolg van de kostentoeename of afname voor de scheepvaart door laag water. Daarbij dient 1916, het jaar in de 100-jarige klimaatreeks met de minste laagwateromstandigheden (c.q. minste diepgangbeperkingen voor scheepvaart), als nulpunt.

Bij de bepaling van de economische effecten wordt ervan uitgegaan dat alle vracht uiteindelijk de bestemming bereikt. De kosten van het transport nemen toe:

- Door een lagere beladingsgraad moeten er meer schepen varen om dezelfde hoeveelheid vracht af te leveren;
- Door diepgangbeperkingen op de gewenste route wordt uitgeweken naar andere, minder optimale routes;
- Door de inzet van meer schepen wordt het drukker en nemen de wachttijden bij sluizen toe, ook als gevolg van hevelend schutten en schutbeperkingen;
- Bij te lage waterstanden wordt vracht tijdelijk opgeslagen of wordt uitgeweken naar (duurder) transport per weg en spoor.

De reductie in lading is gelimiteerd tot 2/3 van de maximale beladingsgraad. Als de diepgang dan nog steeds onvoldoende is om te varen, wordt verondersteld dat de vracht tijdelijk wordt opgeslagen. Hierbij is vrij arbitrair gekozen voor een periode van 3 dagen. Als na 3 dagen transport

²⁵ De Effectmodule Scheepvaart is ontwikkeld door Deltares i.s.m. Ecorys, zie 'Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater', Deltares (2019)

²⁶ Het producentensurplus en consumentensurplus zijn bepaald voor verschillende vervoerde goederen en bijbehorende prijselasticiteiten (containers, bulk: landbouw, voeding en vee, mineralen, aardolie, ertsen, staal, bouwmaterialen, meststoffen, chemische producten goederen), waarbij ook onderscheid is gemaakt naar transport over de weg en per spoor.

per binnenvaartschip nog steeds niet mogelijk is, wordt aangenomen dat wordt uitgeweken naar andere modaliteiten (weg of spoor). Hierbij is per NSTR²⁷-klasse een verdeling gemaakt van de vracht die naar het spoor en naar de weg gaat.

Het gevolg van de hierboven beschreven reacties op lage waterstanden zijn hogere (variabele) vaarkosten, opslagkosten en transportkosten (modal shift). Aangenomen hierbij is dat de binnenvaart hogere vaarkosten zal proberen te verrekenen in de vrachtprijs. Een deel van de kosten wordt op deze manier verhaald op afnemers van vracht. Niet alle afnemers zullen bereid zijn meer te betalen voor vervoer per binnenvaart en zullen overschakelen op weg of spoor. Hierdoor daalt per saldo de door de binnenvaart in een jaar vervoerde hoeveelheid vracht.

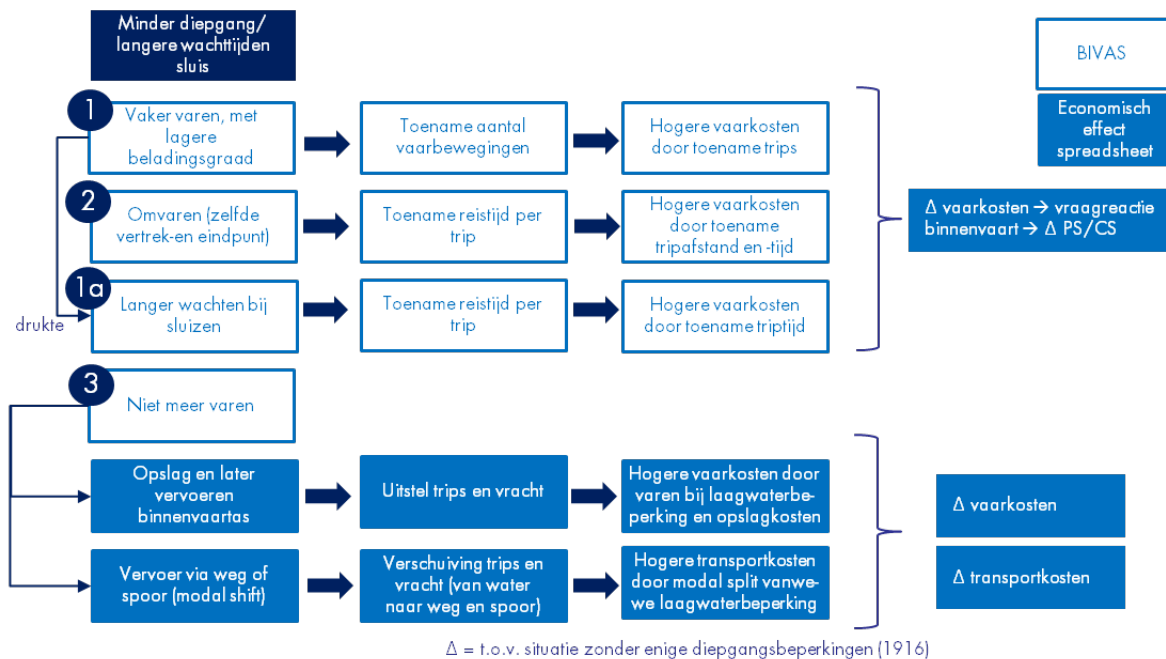
Een belangrijk uitgangspunt bij de berekeningen is dat het potentiële verlies wordt bepaald door de kosten in een jaar af te zetten tegenover de kosten²⁸ in het als natst aangemerkte jaar, 1916. In dit jaar binnen de 100-jarige klimaatreeks waren rivierafvoeren maximaal en de vaarkosten minimaal, waardoor dit jaar kan worden gezien als een jaar waarin de waterstand het minst beperkend was voor de scheepvaart. Alleen het verschil in kosten ten opzichte van 1916 wordt meegenomen bij de bepaling van het droogterisico.

In de huidige situatie is aangenomen dat voldoende opslag-, weg- en spoorwegcapaciteit aanwezig zijn om de gevolgen van droogte op te vangen. In een toekomstig klimaat zal extra capaciteit benodigd zijn om droge periodes goed door te kunnen komen. Dit vraagt om additionele investeringen. Deze investeringen in extra capaciteit verhogen (structureel) de productiekosten van de sector. In de berekeningen is aangenomen dat er een hoge bereidheid is bij vervoerders om te investeren in uitbreiding van de capaciteit om te voorkomen dat in tijden van droogte onderbreking van de logistieke keten optreedt. De totale kosten van de maatregelen worden met een bandbreedte voor de Deltascenario's geschat op ca. 15 - 25 miljoen euro per jaar (excl. btw, prijspeil 2017). Zie voor meer informatie het rapport van Ecorys.²⁹

²⁷ classificatie van goederen gebaseerd op de Nomenclature uniforme des marchandises pour les Statistiques de Transport, Révisée.

²⁸ De vlootsamenstelling varieert niet per klimaatjaar, maar deze is of gelijk aan de huidige samenstelling (in de *Referentie* 2017) of de verwachte samenstelling in 2050 (Deltascenario *Stoom*, *Warm*, *Druk*, *Rust*).

²⁹ Ecorys, Kosten en effecten van droogte voor de scheepvaart, Eindrapportage, april 2018.



Figuur 13: beschouwde gedragsreacties scheepvaartsector

2.8.2 Drinkwater

Voor de economische effecten op de drinkwatersector wordt de methodiek van de Effectmodule Drinkwater³⁰ gebruikt (zie Figuur 14). Deze beschouwt alleen de effecten op drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken voor de drinkwaterproductie. De grondwaterwinning voor de drinkwaterproductie vormt geen onderdeel van deze studie. Naar verwachting heeft grondwaterwinning minder last van klimaatverandering, hoewel er ook sprake kan zijn van negatieve effecten door oplopende neerslagtekorten en een toenemende watervraag. Vooralsnog wordt aangenomen dat de drinkwatersector grondwater zal blijven onttrekken tijdens droge perioden, ook al wordt daarbij de vergunning overschreden. Eventuele boetes voor drinkwaterbedrijven zijn een financiële overdracht van de ene (semi-)overheid naar de andere. Vanuit een nationaal welvaarts perspectief is dit geen economisch effect. De effecten van extra grondwateronttrekkingen op de natuur en landbouw zijn meegenomen in de landbouw- en natuureffectmodules wanneer ze een verdampingstekort veroorzaken.³¹

Een belangrijk uitgangspunt om het economisch effect op de drinkwatersector die gebruik maakt van oppervlaktewater te bepalen, is dat voor drinkwater leveringszekerheid een wettelijke verplichting is. In het huidige klimaat moet er daardoor voldoende reservecapaciteit zijn om altijd aan de leveringsverplichting te voldoen. Als gevolg van droogte en de bevolkingsontwikkeling kan er echter in toekomst vaker onvoldoende oppervlaktewater van voldoende kwaliteit beschikbaar zijn om drinkwater te produceren. Investeren in mitigerende maatregelen om waterlevering te garanderen is dan noodzaak. De beschikbaarheid van oppervlaktewater is in de berekende resultaten bij de verschillende Deltascenario's ook in de toekomst geen knelpunt.

³⁰ Effectmodule drinkwater en industrie is ontwikkeld door Ecorys, zie Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie – Eindrapport, 2018.

³¹ Deltares, effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, concept, juli 2019.

De kwaliteit is onvoldoende als de concentratie opgeloste stoffen zoals medicijnresten, organische microverontreinigingen en chloride (verziltig) de toetswaarde overschrijdt. De maatgevende stof en toetswaarde hiervoor verschillen per locatie.

- Voor de oppervlaktewaterinnamepunten is het aantal aaneengesloten dagen dat de toetswaarde wordt overschreden bepalend voor het effect.
- Voor oeverinfiltratiepunten gaat het erom of de jaargemiddelde concentratie de toetswaarde overschrijdt.

Bij overschrijding van de norm is extra buffercapaciteit noodzakelijk of een toename van de zuiveringsinspanning. Afhankelijk van de locatie gaat het om UV-peroxidezuivering bij verontreinigingen, *reverse osmosis* bij verziltig, of additionele productiecapaciteit. Deze capaciteit wordt gecorrigeerd voor een mogelijk hogere dagvraag in droge perioden.



Figuur 14: schema berekeningswijze economische effect drinkwatersector uit hydrologische effect

Deze investeringen in productiecapaciteit en de mogelijke extra kosten voor exploitatie, onderhoud en beheer verhogen de productiekosten voor de sector. De kosten van deze maatregelen liggen tussen de 72.000 euro en 282.000 euro per Mm³ additionele buffercapaciteit per jaar (excl. btw, prijspeil 2017). Voor de drinkwatersector geldt hierbij dat de vraag sterk inelastisch is en de kosten (vrijwel) volledig kunnen worden doorberekend. Het droogterisico is dan gelijk aan de meerkosten door investeringen en operationele kosten om de leveringszekerheid op peil te houden ten opzichte van de *Referentie*. Zie voor meer informatie het rapport van Ecorys.³²

2.8.3 Industrie

Voor industrieën met een omvangrijke watervraag is de beschikbaarheid van voldoende water met de juiste kwaliteit cruciaal voor het productieproces. Klimaatverandering kan deze beschikbaarheid beïnvloeden en dan is sprake van een economisch effect voor de industrie. Voor de economische effecten op de industrie wordt de methodiek van de Effectmodule Drinkwater en Industrie³³ gebruikt. Deze beschouwt de effecten op de proceswatervraag voor de industrie die hiervoor oppervlaktewater gebruikt (zie Figuur 15).

Stillegging van de productie is voor deze bedrijven doorgaans zo kostbaar dat het zeker stellen van voldoende waterlevering door te investeren in mitigerende maatregelen de voorkeur verdient.

Voor het gebruik als koelwater zijn de effecten van een toename van de watertemperatuur beperkt verondersteld bij de ontwikkeling van de effectmodule. Bovendien geldt dat er nauwelijks handelingsperspectief is vanuit het hoofdwatersysteem voor problemen met temperatuur en zijn kwantitatieve gegevens over kwetsbaarheid van de koelwatervoorziening voor chloride niet

³² Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie, 2018

³³ Effectmodule drinkwater en industrie is ontwikkeld door Ecorys, zie Deltares (2019), Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte.

beschikbaar.³⁴ De hoeveelheid oppervlaktewater is ook in de toekomst geen knelpunt. Voor het gebruik als proceswater (excl. koeling) bemoeilijkt een hogere chlorideconcentratie de productie van demiwater. Hiervoor is een toename van de zuiveringsinspanning nodig. De maximale kosten zijn geschat door de hiervoor benodigde demiwaterproductiecapaciteit te bepalen. Dit is een maximum inschatting.

Deze investeringen in productiecapaciteit en de mogelijke extra kosten voor exploitatie, onderhoud en beheer verhogen de productiekosten voor de industrie. Aangenomen is dat deze kosten niet kunnen worden doorberekend om de concurrentiepositie niet te beïnvloeden en de kosten zijn verwaarloosbaar klein t.o.v. marktschommelingen (geen prijscorrectie).

Een chlorideconcentratie van 150 mg/l is gebruikt als toetswaarde. Het maximum aantal dagen waarop deze concentratie wordt overschreden, bepaalt de benodigde buffercapaciteit per scenario.

$$\text{Jaarlijks droogterisico} = \text{Toename dagen (> 150 mg/l)} \times \text{Productiecapaciteit per dag (Mm}^3\text{/dag)} \times \text{Gem. jaarlijkse kosten per Mm}^3$$

Figuur 15: schema berekeningswijze economische effect industrie uit hydrologische effect

Indien klimaatverandering een verhoging van het maximum aantal overschrijdingsdagen veroorzaakt dan is het droogterisico voor de industrie gelijk aan de meerkosten door investeringen en operationele kosten ten opzichte van de *Referentie*. De kosten van deze maatregelen zijn geschat op 249.000 euro per Mm³ additionele buffercapaciteit per jaar voor de industrie (excl. btw, prijspeil 2017). Zie voor meer informatie het rapport van Ecorys.³⁵

2.8.4 Natuur

Voor de effectbepaling van de natuur is deze verdeeld in twee categorieën:

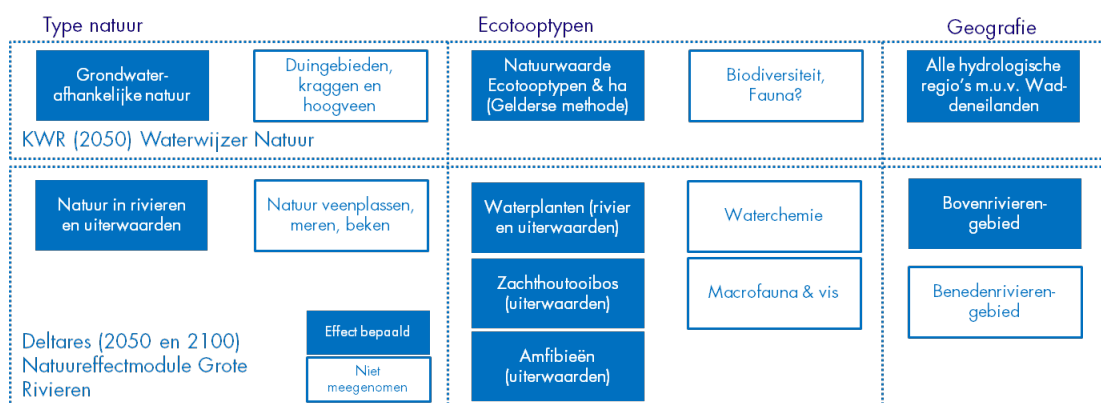
- Grondwaterafhankelijke natuur; en
- Natuur in de grote rivieren en uiterwaarden: de ‘riviernatuur’.

In beide onderdelen zijn nog niet alle mogelijke aspecten en effecten meegenomen (zie Figuur 16). Dit komt omdat de gebruikte instrumenten en modellen nog in ontwikkeling zijn en nog niet alle benodigde dosis-effectrelaties bekend of goed te modelleren zijn. Bijvoorbeeld hoogveen ontbreekt terwijl dit wel belangrijk gevonden wordt en droogtegevoelig is. Er is niet een instrument dat alle type natuur meeneemt. Vandaar dat voor ‘droge’ en ‘natte’ natuur andere tools gebruikt worden.

Voor de natuurberekeningen is uitgegaan van de gemiddelde hydrologische effecten van de 100-jarige (of 30-jarige reeks) om de verandering voor de natuur per scenario te bepalen. Dit kan een ander resultaat opleveren dan het gemiddelde natuureffect van een 100-jarige reeks. Het laatste zou methodisch de voorkeur verdienen maar was niet praktisch uitvoerbaar.

³⁴ Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie, 2018

³⁵ Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie, 2018



Figuur 16: onderzochte onderdelen voor natuur

Grondwaterafhankelijke natuur

Voor de grondwaterafhankelijke natuur is met de Waterwijzer Natuur (WWN) door KWR onderzocht³⁶ waar de kansen liggen voor natuur en waar bestaande natuurwaarden verloren gaan in de verschillende Deltascenario's. De effecten zijn voor de Deltascenario's *Rust*, *Druk*, *Stoom* en *Warm* in 2050 bepaald. Het effect van veranderingen in bodemkarakteristieken (relevant voor veengebieden) en het effect van saliniteit (relevant voor West-Nederland) zijn nog niet meegenomen in de Waterwijzer Natuur.

De kansen en risico's zijn op basis van de methode Gelderland uitgedrukt in natuurwaarde voor alle natuurgebieden, zonder focus op bijvoorbeeld Natura 2000. Deze methode houdt naast het aantal hectares met verschillende criteria rekening, zoals soortenrijkdom en zeldzaamheid. De berekende toename en afname in natuurwaarde kunnen niet zondermeer bij elkaar opgeteld worden, maar zouden gewogen moeten worden, omdat de kansen alleen verzilverd worden bij een juist vegetatiebeheer, aanwezigheid van plantenzaad et cetera, terwijl verliezen meer waarschijnlijk zijn. Natuurwaarden kunnen niet worden gemonetariseerd. In relevante werkwijzers wordt aanbevolen deze in natuurpunten uit te drukken.³⁷ Met de natuurwaarde/natuurpunten wordt de waarde van natuur op basis van een ecologische waarderingsgrondslag bepaald. Bij de afweging van maatregelen is de economische waarde van natuur ten opzichte van de kosten van de maatregel de vergelijkingsmaatstaf.

Naast dit droogterisico is de weerbaarheid tegen droogte van de grondwaterafhankelijke natuur een belangrijk criterium. Bij onvoldoende weerbaarheid is onherstelbare schade aan de natuur niet te voorkomen. Hiervoor is door Deltares met medewerking van KWR en Ecohydrologie een maatstaf ontwikkeld voor de grondwateropgave (zie Kader 4 in Hoofdstuk 3).³⁸

Natuur in rivieren en uiterwaarden

De natuur in de grote rivieren en uiterwaarden is voor vijf riviertakken in het bovenrivierengebied door Deltares beoordeeld met de natuureffectmodule 'Grote Rivieren'.³⁹ Het gaat in het stroomgebied van de Maas om:

³⁶ KWR, Effecten van klimaatverandering op natuur in Nederland, 2019

³⁷ CE Delft, Werkwijzer natuur, maatschappelijke kosten-batenanalyses, 2018.

³⁸ Stuurman, R., en M. Mens, analyse weerbaarheid grondwaterafhankelijke natuur in 2050, 2020

³⁹ Deltares, Natuureffectmodule voor de Grote Rivieren, 2019.

- Limburgse Maas inclusief Grensmaas, stroomafwaarts tot splitsingspunt met Maas-Waal kanaal bij Nijmegen (Hoge Zandgronden Zuid);
- Bedijkte Maas, stroomafwaarts tot de stuw van Lith (Rivierengebied).

In het stroomgebied van de Rijn betreft het de Rijntakken:

- Waal, stroomafwaarts tot Zaltbommel (Rivierengebied);
- Neder-Rijn/Lek, stroomafwaarts tot de stuw bij Hagestein (Rivierengebied);
- IJssel, stroomafwaarts tot Kampen (IJsselmeergebied).

De natuureffectmodule heeft als invoer de rivierpeilen en stroomsnelheid uit het NWM (LSM-light) gebruikt om via kennisregels afgeleid uit de KRW-tool *waterplanten Rijn* en literatuur de effecten te bepalen voor verschillende waterplanten, twee amfibiesoorten en de verwachte plantenbegroeiing in zachthoutoobos.

Effecten die zijn meegenomen voor de grote rivieren, zijn de veranderingen in rivierafvoer en veranderende nutriëntenkringlopen. Effecten van temperatuur, zoutindringing en veranderingen in stroomsnelheid als gevolg van veranderende rivierafvoer niet. De riviernatuur gebruikt dezelfde hydrologische input als scheepvaart.

De analyse is beschikbaar voor de Deltascenario's *Rust*, *Druk*, *Stoom* en *Warm* in 2050 en 2100. Per scenario is het effect uitgedrukt in de omvang van het areaal. De verandering van het areaal geeft aan of sprake is van verbetering of achteruitgang. Deze effecten zijn niet in geld uit te drukken.

2.9 ECONOMISCH KANSRIJKE MAATREGELEN EN VOORKEURSPAKKET

In fase 3a van de MKBA is per individuele maatregel een analyse gedaan naar de kosteneffectiviteit. Hierbij is gebruik gemaakt van de regionale factsheets en waar mogelijk van aanvullende berekeningen met het Quickscaninstrumentarium of al beschikbare studies. Deze analyse heeft geresulteerd in een 'economisch kansrijk' pakket. Dit zijn de uitvoeringsmaatregelen die op basis van de kosten-batenanalyse en in combinatie als rendabel zijn beoordeeld. Deze set economisch kansrijke maatregelen dient in de MKBA als vergelijkingsmateriaal voor het voorkeurspakket. Hoe kleiner het verschil tussen het voorkeurspakket en het economisch kansrijke pakket, hoe kleiner het risico is dat teveel betaald wordt voor een bepaald welvaartseffect en dat met een andere keuze uit de maatregelen een beter resultaat kan worden bereikt. Er zijn drie situaties:

1. Beide pakketten komen overeen: in dit geval is het voorkeurspakket als economisch meest kansrijk⁴⁰ bestempeld.
2. In het voorkeurspakket zitten maatregelen die (nog) niet als economisch kansrijk en kosteneffectief uit de bus zijn gekomen. Het is belangrijk dat wordt voorkomen dat een dergelijke maatregel onbedoeld meelift of dat een zeer onrendabele maatregel het totale maatregelenpakket niet rendabel maakt. Er zijn verschillende vervolgstappen mogelijk:

⁴⁰ Er is geen 100% zekerheid omdat de nauwkeurigheid waarmee veel effecten worden geschat beperkt is en ondanks het aantal maatregelen dat de revue gepasseerd is, er andere meer efficiënte maatregelen kunnen bestaan.

- a. er is nog onvoldoende informatie over sommige effecten om de maatregel als economisch kansrijk te beoordelen. Een pilot of verkennend onderzoek kan dan verstandig zijn;
 - b. andere criteria zijn belangrijk om voor deze maatregelen te kiezen (bijvoorbeeld solidariteit of innovatie);
 - c. de maatregelen zijn (nog) niet kosteneffectief. In dat geval kan overwogen worden het voorkeurspakket bij te stellen of een maatregel uit te stellen totdat deze wel kosteneffectief is, bijvoorbeeld bij meer zekerheid over een extreem klimaatscenario.
3. Een maatregel zit alleen in de set economisch kansrijke maatregelen. In dat geval zou de zoetwateropgave mogelijk tegen lagere maatschappelijke kosten kunnen worden opgepakt door de maatregel aan het voorkeurspakket toe te voegen, mogelijk in de plaats van een andere maatregel. Het kan zijn dat de maatregel al door de regio zelf uitgevoerd wordt of er zijn risico's en belemmeringen voor uitvoering. Het effect van toevoeging van deze maatregelen aan het voorkeurspakket is daarom onderzocht.

Dit hoofdstuk behandelt de verwachte omvang van de toekomstige zoetwaterknelpunten en de relatieve toename ten opzichte van huidig klimaat. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen scenario's in de zichtjaren 2050 en 2100. Deze analyse is gebaseerd op de rapportage van Deltares *Actualisatie knelpuntenanalyse* en het dashboard met hydrologische data: *modeldata Deltares*.⁴¹

In deze geactualiseerde knelpuntanalyse van Deltares, zijn meer knelpunten geïdentificeerd, dan waarvan de effecten in de economische analyse zijn bepaald. Deze knelpunten nemen toe in *Warm* en *Stoom* en niet in *Druk* en *Rust*. De scenario's *Druk* en *Rust* komen in grote lijnen overeen met de *Referentie*.

Het gaat o.a. om:

- Een daling van de laagste grondwaterstand;
- Een toename van bodemvochttekorten;
- Verzilting in wortelzone;
- Droogval van beken.

Deze knelpunten leiden tot een extra risico voor de landbouw en natuur. Effecten op verstedelijking, funderingsschade, leefbaarheid en infrastructuur als gevolg van grondwaterstanden / bodemdaling zijn niet meegenomen in deze studie, maar kunnen aanzienlijk zijn.

Daarnaast nemen in geval van lagere rivierafvoeren de concentraties opgeloste stoffen toe en dringt zeewater verder binnen (verzilting), zodat vaker inlaatpunten voor industrie en drinkwater gesloten moeten worden. Dit is in de economische effectmodule ingebouwd. Bij lage afvoeren ondervindt ook de scheepvaart een knelpunt. Voor meer informatie wordt verwezen naar geactualiseerde knelpuntanalyse van Deltares.

3.1 NEDERLAND IN HYDROLOGISCHE GEBIEDEN

Nederland is ingedeeld in 17 waterhuishoudkundige regio's⁴² (zie ook Figuur 17). De hydrologische regio's zijn geaggregeerd tot 5 voorzieningsgebieden. De indeling in voorzieningsgebieden wordt gebruikt bij het bespreken van de opgave en het kosten-batensaldo van deelgebieden in dit rapport. Indien nodig wordt incidenteel ingezoomd op het niveau van hydrologische regio's om meer inzicht te krijgen in de verdeling van effecten binnen een voorzieningsgebied. Aan de ene kant kan een regionale detaillering meer inzicht verschaffen

⁴¹ *Modeldata Deltares* verwijst voor hydrologische data naar de dashboardversies van 19-11-18 'Dashboard 20181109 (Q 17r) – LHMmz' voor 2050 en ref17 en dashboardversie '20190410 (17r 5r) - Parijs' voor 2100 en Parijs die Deltares beschikbaar heeft gesteld voor de analyse.

⁴² De Waddeneilanden zijn niet in het NWM opgenomen en worden daarom niet meegenomen in de analyse.

doordat de gemiddelde tekorten per voorzieningsgebied niet altijd een representatief beeld voor alle deelgebieden geven, aan de andere kant levert dit soms een schijnnaauwkeurigheid op. Er is voor gekozen de economische analyses per deelregio achterwege te laten. Er zijn ook bestuurlijke zoetwaterregio's. Deze overlappen grotendeels met de voorzieningsgebieden, maar niet volledig (zie Tabel 7).



Figuur 17: hydrologische regio's (Deltares, 2019)

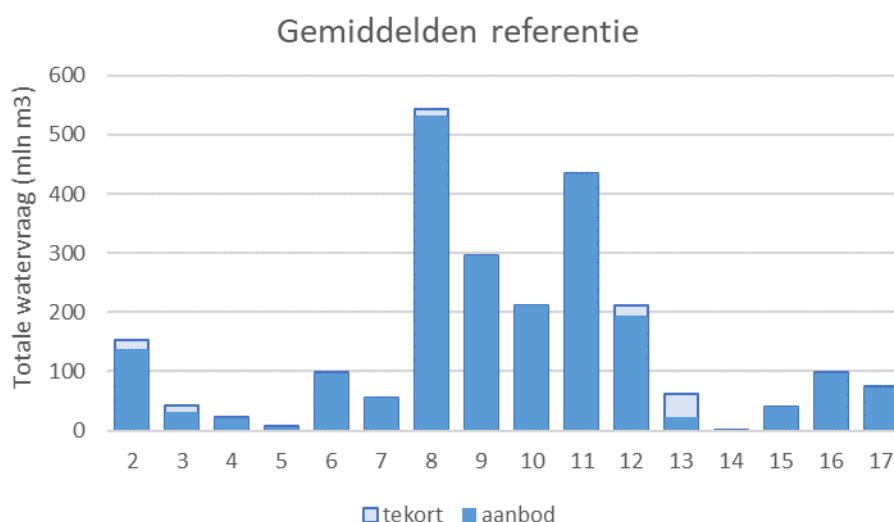
Tabel 7: toedeling hydrologische regio's aan voorzieningsgebieden en bestuurlijke zoetwaterregio's

Hydrologische gebieden	Voorzieningsgebieden	Zoetwaterregio
1. Waddeneilanden	Niet opgenomen/toegedeeld	Noord-Nederland
2. Midden-Limburg en Noord-Brabantse kanalen gebied	Hoge Zandgronden	Hoge Zandgronden Zuid
3. Zuid-Nederland-Midden	Hoge Zandgronden	Hoge Zandgronden Zuid
4. Centrale hoge zandgebieden	Hoge Zandgronden	Hoge Zandgronden Oost Nederland
5. Oostelijk zandgebied	Hoge Zandgronden	Hoge Zandgronden Oost Nederland
6. Rivierengebied – noord	Bovenrivieren	Rivierengebied
7. Rivierengebied – zuid	Bovenrivieren	Rivierengebied
8. Fries-Gronings kustgebied	IJsselmeergebied	Noord-Nederland
9. Noord-Holland	IJsselmeergebied	Noord-Nederland
10. West-Nederland-West – extern verzilt	Benedenrivieren	West-Nederland
11. Midden-West-Nederland niet extern verzilt	Bovenrivieren	West-Nederland
12. Zuid-West-Nederland – met zoetwateraanvoer	Benedenrivieren	Zuidwestelijke Delta+ West Nederland
13. Zuid-West-Nederland – zonder zoetwateraanvoer	Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	Zuidwestelijke Delta
14. Zuid-Limburg	Hoge Zandgronden	Hoge Zandgronden Zuid
15. Flevopolders	IJsselmeergebied	Noord-Nederland
16. IJssel-Vechtgebied	IJsselmeergebied	Noord-Nederland
17. Drents plateau	IJsselmeergebied	Noord-Nederland

3.2 OPPERVLAKTEWATERTEKORTEN

Referentie

Momenteel zijn in een gemiddeld jaar in enkele regio's oppervlaktewatertekorten (zie Figuur 18). De tekorten treden het sterkst op in de Hoge Zandgronden (regio 2 en 3) en de Zuidwestelijke Delta met en zonder aanvoer, en in beperktere vorm in het Fries-Gronings kustgebied. Een deel van de huidige vraag in Zuidwest Nederland zonder aanvoer wordt nooit bediend door het ontbreken van de aanvoer uit het hoofdwatersysteem (regio 13). De peilbeheerde gebieden op de Hoge Zandgronden hebben wel aanvoer uit het hoofdwatersysteem, maar voor een groot deel van de Hoge Zandgronden geldt dit niet. Alleen met regionale en sectorale maatregelen kan wat aan de tekorten gedaan worden, niet met maatregelen in het hoofdwatersysteem.



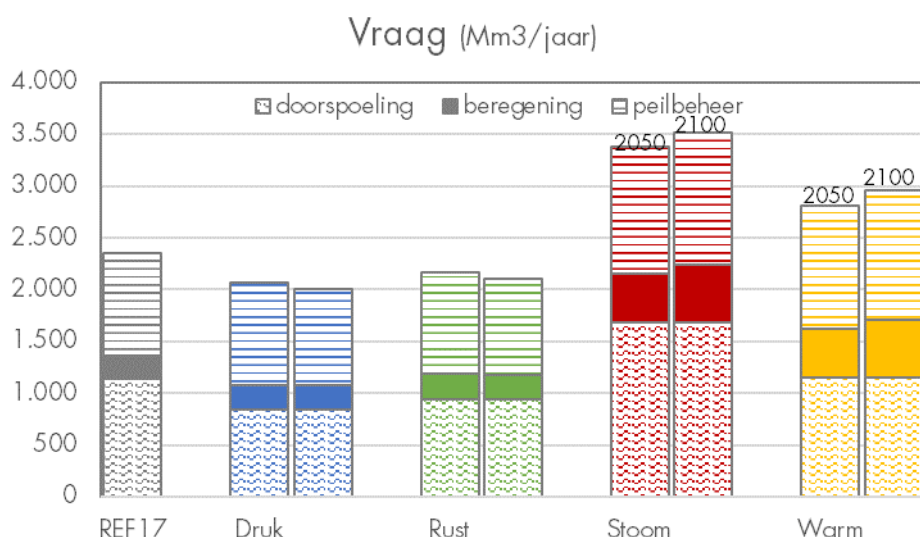
Figuur 18: gemiddelde watervraag en tekorten per regio in Referentie op basis van modeldata Deltares

Ontwikkeling vraag en tekorten per scenario

De ontwikkeling van de absolute watervraag per scenario is getoond in Figuur 19.

De absolute vraag in scenario *Rust* en *Druk* neemt iets af ten opzichte van de *Referentie*. Dit is vooral het gevolg van de doorspoelvraag. In *Rust* is de doorspoelvraag hoger dan in *Druk* vanwege het grotere landbouw- en natuurareaal in *Rust* ten opzichte van *Druk*. De verdamping neemt in deze scenario's in de zomer sterker toe dan de neerslaghoeveelheid. Hoewel het landbouwareaal afneemt, neemt het deel dat beregend wordt toe. De vraag naar oppervlaktewater voor beregening blijft daardoor min of meer gelijk. De watervraag voor peilbeheer blijft tot 2050 ongeveer gelijk en neemt na 2050 iets af.

De absolute vraag in de scenario's *Warm* en *Stoom* neemt sterk toe ten opzichte van de *Referentie*. Hoewel het landbouwareaal afneemt, groeit het deel dat beregend wordt in beide scenario's sterk. De verdamping stijgt in deze scenario's in de zomer sneller dan de neerslaghoeveelheid. De vraag naar oppervlaktewater voor beregening verdubbelt daardoor in 2050 en naar 2100 groeit de vraag verder. De watervraag voor peilbeheer neemt voor beide scenario's iets toe. In *Stoom* stijgt ook de watervraag voor doorspoeling. Dit is het gevolg van de sociaaleconomische ontwikkeling.



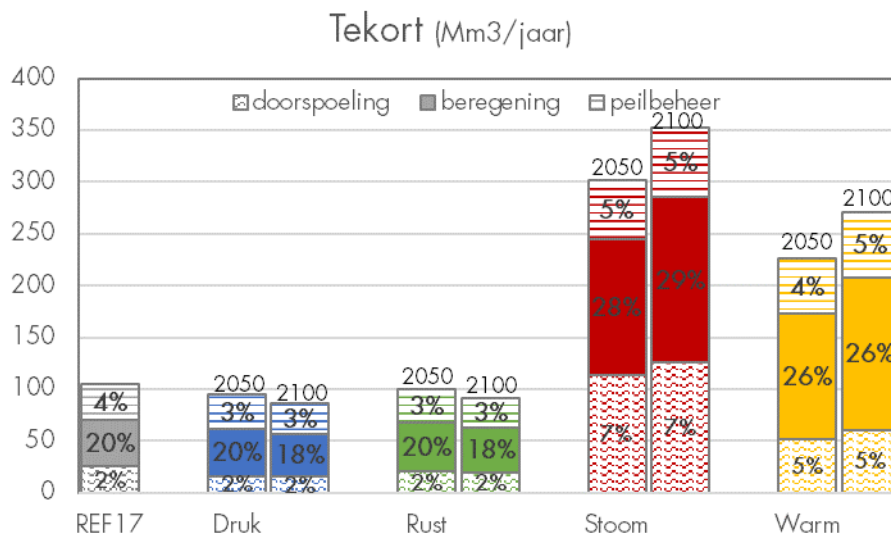
Figuur 19: ontwikkeling watervraag per scenario op basis van modeldata Deltares

Voor de scenario's *Druk* en *Rust* nemen de absolute tekorten iets af en blijven de relatieve tekorten gelijk ten opzichte van de *Referentie* (zie Figuur 20). Na 2050 nemen de tekorten voor beregening en peilbeheer verder af.

Het scenario *Warm* leidt tot een groter watertekort dan in de *Referentie*, zowel absoluut als relatief ten opzichte van vraag. De vraag naar beregening neemt sterk toe door afname van de neerslag, toename van de verdamping in de zomer en toename van het beregeningsareaal. De laagste afvoeren van de Rijn en Maas nemen af en vergroten het knelpunt in *Warm*.

Het grootste tekort ontstaat in het scenario *Stoom*. In dit scenario neemt de vraag naar beregening toe hoewel het areaal 10% afneemt (intensieve landbouw). De tekorten worden het grootst voor de beregeningsvraag. Tekorten nemen absoluut (3x) en relatief toe, van 20% naar 28% in 2050 en 29% in 2100. De doorspoelvraag stijgt door de toenemende vraag uit stedelijke functies, landbouw en natuur.

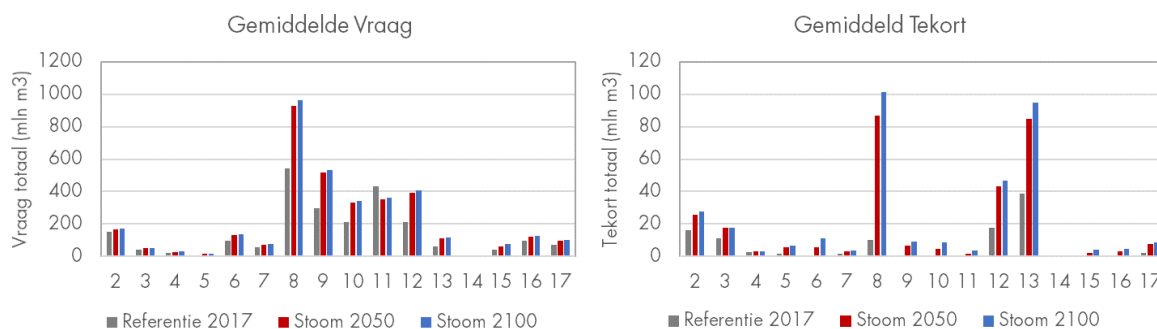
Absoluut nemen de tekorten in *Stoom* en *Warm* nog iets verder toe na 2050 door de verdergaande klimaatverandering.



Figuur 20: ontwikkeling tekorten per scenario op basis van modeldata Deltares (let op andere schaal dan Figuur 19)

Ontwikkeling vraag en tekorten per regio in Stoom en Rust

Per regio is naar de totale vraag en tekorten volgens de scenario's *Stoom* en *Rust* gekeken. *Stoom* (veel klimaatverandering en hoge groei) is het scenario met de grootste watervraag, zie Figuur 21. Het scenario dat hier het meest van afwijkt is *Rust* (gematigde klimaatverandering en beperkte economische groei), zie Figuur 22. *Rust* is echter niet het scenario met de kleinste watervraag. Dat is *Druk* door het kleinere landbouwareaal.

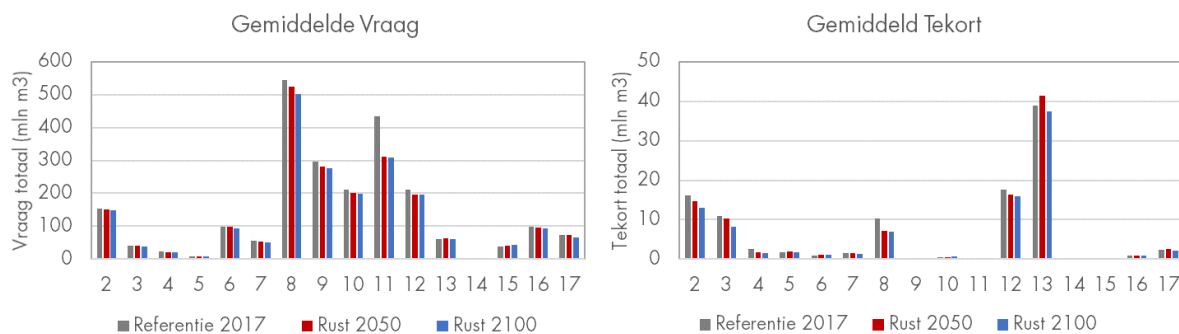


Figuur 21: ontwikkeling vraag tekorten per scenario in Stoom op basis van modeldata Deltares (let op andere schaal dan Figuur 22)

De totale watervraag neemt in *Stoom* toe met ruim 40% in 2050 (Figuur 21). Voor 2100 komt daar ruim 5% bij. De tekorten nemen in kubieke meters met bijna 200% toe in 2050 en met 50% extra in 2100. Relatief nemen de tekorten toe van 4% naar 9% in 2050 en 10% in 2100.

De totale tekorten zijn het grootst in het Fries-Gronings kustgebied (8) en de Zuidwestelijke delta met (12) en zonder aanvoer (13). De toename van de vraag en het tekort tussen 2017 en 2050 zijn volgens de modelberekeningen het grootst in het Fries-Gronings kustgebied (8).

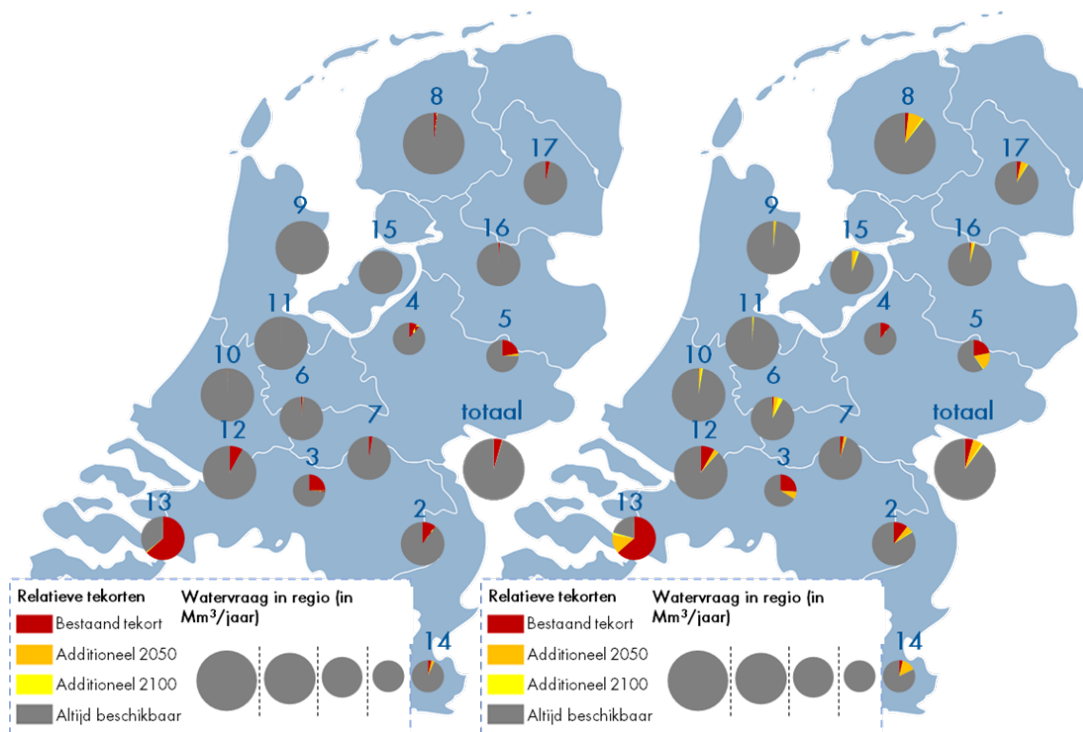
Relatief is het tekort het grootst in de Zuidwestelijke delta zonder aanvoer. Daar kan met oppervlaktmaatregelen weinig aan worden gedaan.



Figuur 22: ontwikkeling vraag tekorten per scenario in Rust op basis van modeldata Deltares (let op andere schaal dan Figuur 21)

Totale watervraag neemt in *Rust* in 2050 af met 8% (Figuur 22). In 2100 neemt vraag 3% extra af. De afname is het grootst in regio 11: West-Nederland niet verzilt. Tekorten nemen in 2050 af met 4% ten opzichte van de *Referentie* en in 2100 met 8% ten opzichte van 2050.

In regio 13 en 2 bestaan de tekorten uit de beregeningsvraag en peilbeheer. In de regio 8 en 12 vooral uit doorspoeling. Regio 3 heeft vooral tekorten voor beregening. In de overige regio's zijn de absolute tekorten verwaarloosbaar.



Figuur 23: procentuele tekorten peilbeheer, doorspoeling en beregening in scenario Rust (links) en Stoom (rechts). Figuur opgesteld op basis van modeldata Deltares⁴³

⁴³ Modeldata Deltares verwijst voor hydrologische data naar de dashboardversies van 19-11-18 'Dashboard 20181109 (Q 17r) – LHMmz' voor 2050 en ref17 en dashboardversie '20190410 (17r 5r) - Parijs' voor 2100 en Parijs die Deltares beschikbaar heeft gesteld voor de analyse.

Figuur 23 laat de relatieve tekorten per regio zien. Deze zijn het grootste voor de Zuidwestelijke delta zonder aanvoer, zowel in de *Referentie* (rode taartpunten), als in het *Stoom*-scenario. Ook op de Hoge Zandgronden (2, 3, 5) en het Drents plateau (17) zijn er grote relatieve tekorten, die toenemen in *Stoom*. Deze zijn moeilijk op te lossen met oppervlaktewatermaatregelen. In regio 4 neemt het bestaande (kleine) tekort niet toe in het *Stoom*-scenario. Een regio waar significante relatieve tekorten ontstaan in 2050 is regio 8. Er is geen rekening gehouden met extra adaptatiemaatregelen⁴⁴ door de gebruikers. De tekorten zijn hierdoor waarschijnlijk hoger geschat dan ze in werkelijkheid zullen optreden.

3.3 KNELPUNTEN DOOR GRONDWATERTEKORTEN

Het grondwaterwatersysteem van Nederland bestaat grofweg uit poldersystemen met peilgestuurde watersystemen en (deels) wateraanvoer en vrij-afwaterende systemen waar geen wateraanvoer mogelijk is. In de vrij afwaterende gebieden kan het peil beheerst worden door middel van het vasthouden van water achter stuwen. De peilgestuurde gebieden liggen over het algemeen in de lagere delen van Nederland, terwijl de vrij-afwaterende gebieden vaak op de hogere delen aanwezig zijn, zoals Veluwe, Oost-Nederland, Brabant en Limburg.

In perioden met neerslagoverschot stroomt water de bodem in naar het grondwater. Een groot deel daarvan stroomt door de ondergrond naar greppels, beken en sloten. Vanuit het ondiepe grondwater kan in perioden van neerslagtekort grondwater opstijgen naar de wortelzone. Een klein deel van de neerslag bereikt de diepere grondwaterlagen.

In het NWM worden vragen aan grondwater (voor beregening, drinkwaterbereiding, en industrieel gebruik) altijd geleverd. Een tekort vertaalt zich op deze manier in een dalende grondwaterstand. Veranderingen in klimaat beïnvloeden de grondwaterstand ook. De grondwaterstand zal stijgen bij een hogere gemiddelde neerslag. Een daling van de grondwaterstand is te verwachten bij:

1. Een toename van de watervraag uit grondwater (voor beregening, drinkwater of industrie);
2. Een toename van de potentiële verdamping;
3. Bij bodemdaling.

Een daling van de grondwaterstand kan betekenen dat het grondwater de wortelzone niet meer bereikt en dat een verdampingstekort optreedt. Als gevolg van een verdampingstekort kan een gewas zich niet optimaal ontwikkelen en berekent het NWM een droogterisico voor landbouw en natuur.

Naast dit droogterisico is de weerbaarheid tegen droogte van de grondwaterafhankelijke natuur een belangrijk criterium. Bij onvoldoende weerbaarheid is onherstelbare schade aan de natuur niet te voorkomen. Hiervoor is door Deltares met medewerking van KWR en Ecohydrologie een maatstaf ontwikkeld (zie Kader 4).⁴⁵

⁴⁴ Buiten de toename van het beregeningsareaal in de Deltascenario's. Deze kunnen in fase 3 worden meegenomen.

⁴⁵ Stuurman, R., en M. Mens, analyse weerbaarheid grondwaterafhankelijke natuur in 2050, 2020

Kader 4: indicator en opgave weerbaarheid tegen droogte van grondwaterafhankelijke natuur (gebaseerd op Mens et al, 2020)

De mate van uitzakking van de grondwaterstand in de zomer is een maat voor de 'klap' van een droogte voor de grondwaterafhankelijke natuur in de Hoge Zandgronden. In Mens et al (2020) is verondersteld dat onherstelbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur ontstaat als de laagste grondwaterstand in een extreem droog jaar dieper wegzakt dan de 10% laagste waarden uit de 100-jarige reeks, de GG10, van de laagste grondwaterstanden in een jaar (de LG3) in het huidige klimaat. Dit betekent dat natuur zich nog wel kan herstellen van tijdelijke schokken die gemiddeld eens in de 10 jaar of vaker voorkomen. Meerjarige droogte wordt met deze aanpak uit pragmatische overwegingen buiten beschouwing gelaten. De opgave is vervolgens gedefinieerd als de afwijking (verdere daling) van de zomergrondwaterstand in een extreem droog jaar ten opzichte van deze kritische drempelwaarde. Om deze opgave in te vullen en onherstelbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen, zijn maatregelen nodig zoals herinrichting van het watersysteem, vermindering van grondwateronttrekkingen en het beter vasthouden van winterneerslag. Of dergelijke maatregelen ook kosteneffectief zijn, zal worden bepaald bij de beoordeling van de voorgestelde maatregelen per regio.

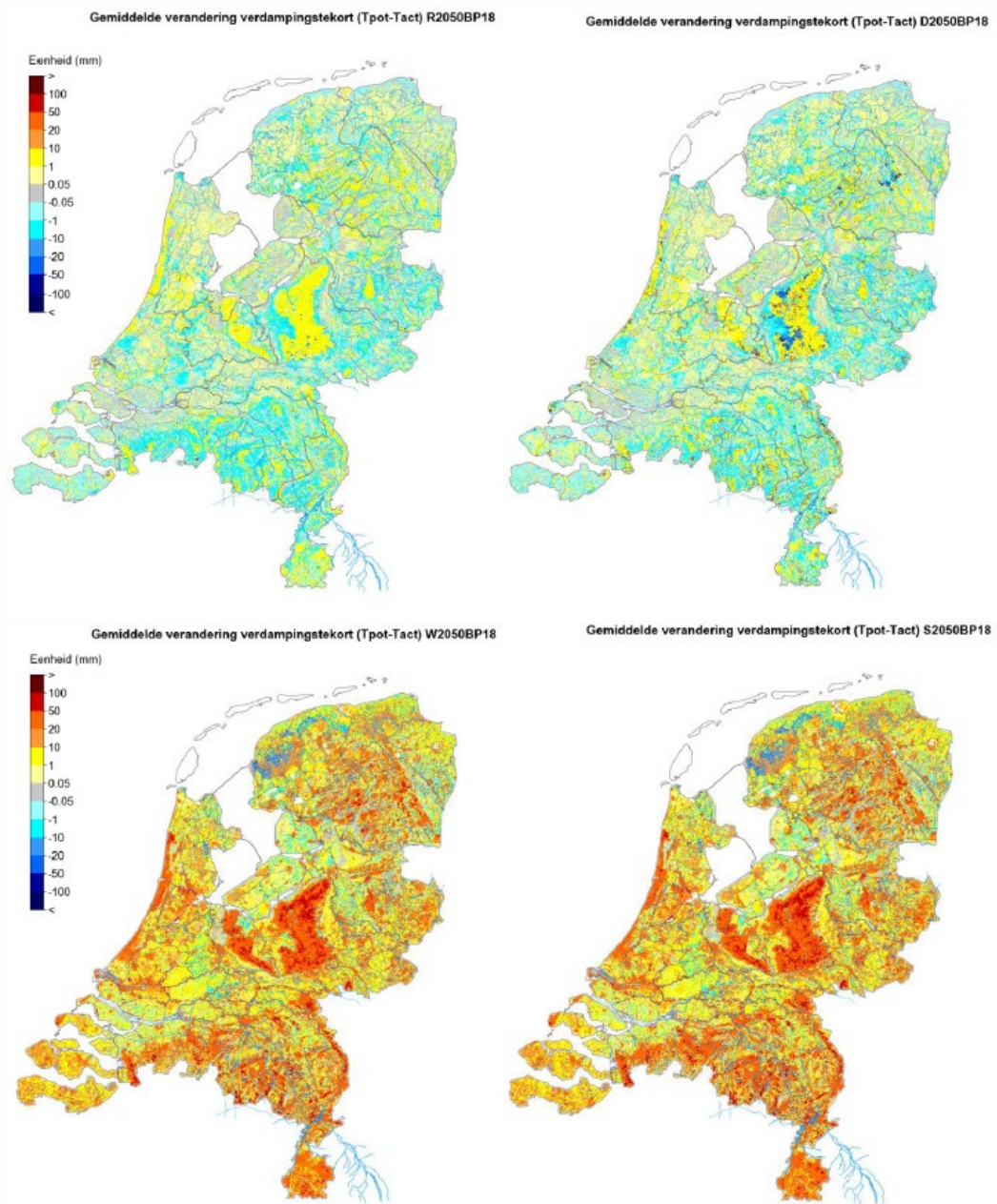
Gemiddelde opgaves over areaal grondwaterafhankelijke natuur per regio, op basis van GG10

Regio		Referentie	Stoom
ID	naam	opgave (cm)	opgave (cm)
2	Zuidelijk zandgebied - MLNBK	0,22	0,31
3	Zuidelijk zandgebied - overige	0,36	0,43
4	Centrale hoge zandgebieden	0,40	0,35
5	Oostelijk zandgebied	0,40	0,46
8	Fries Gronings kustgebied	0,20	0,29
16	IJssel-Vecht	0,22	0,27
17	Drents plateau	0,26	0,37

Klimaat beïnvloedt niet als enige het verdampingstekort. Ook veranderingen in landgebruik of waterbeheer hebben invloed. In de Deltascenario's *Rust* en *Druk* wordt een beperkte verandering van het verdampingstekort berekend. Voor *Stoom* en *Warm* gaat het om een verdampingstekort van meer dan 50 mm over het hele jaar voor het berekend en niet-berekend areaal (zie Figuur 24).

In de regio Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer kan ook geen zoet water uit het hoofdwatersysteem worden ingenomen, behalve via de landbouwwaterleiding. De zoetwatervraag in dit deelgebied moet worden vervuld door het lokale wateraanbod. In de huidige situatie vormt dit al een knelpunt. Sloten vallen 's zomers droog en de meeste landbouw is afhankelijk van de aanwezigheid van dunne regenwaterlenzen, waaronder zich ondiep zout grondwater bevindt. In de scenario's met sterke klimaatverandering nemen deze knelpunten toe. In de gematigde scenario's (*Druk*, *Rust*) blijven de knelpunten min of meer gelijk, zie verder de knelpuntenanalyse.⁴⁶

⁴⁶ M. Mens et al., Deltares, Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, 2019 en berekeningen met het Nationaal Water Model ("Basisprognoses2018").



Figuur 24: verandering van de gemiddelde verdampingstekorten voor de scenario's Rust (linksboven), Druk (rechtsboven), Warm (linksonder), Stoom (rechtsonder), overgenomen uit geactualiseerde knelpuntenanalyse, Deltares.

3.4 KNELPUNTEN DOOR LAAG WATER

Als gevolg van klimaatverandering kunnen er bij lagere rivierafvoeren vaker laagwatercondities optreden. Lange aaneengesloten perioden van laagwater zijn problematisch voor de scheepvaart omdat de vracht toch vervoerd zal moeten worden met lagere beladingsgraden of via andere modaliteiten. De afvoer van de grote rivieren (Rijn, Maas) die voor deze situatie bepalend is, is in de Deltascenario's alleen afhankelijk verondersteld van klimaatverandering en niet van sociaaleconomische ontwikkelingen. Er zijn dus slechts twee scenario's relevant: die met matige klimaatverandering

(KNMI'14 GL - verwerkt in *Druk* en *Rust*), en die met sterke klimaatverandering ($W_{H,dry}$, verwerkt in *Warm* en *Stoom*).

Bij matige klimaatverandering blijkt dat de afvoeren toenemen ten opzichte van de *Referentie*. Dit is gunstig voor de scheepvaart. Bij sterke klimaatverandering neemt de afvoer echter af. Een overschrijding van de afvoer van 750 m³/s komt in het huidige klimaat eens per 10 jaar voor en met sterke klimaatverandering in 2050 elke 3 jaar. De duur van lage afvoeren met een herhalingstijd van 10 jaar neemt bij sterke klimaatverandering toe van 0 naar 51 dagen.

3.5 KNELPUNTEN DOOR ONVOLDOENDE WATERKWALITEIT

In de toekomst kunnen we vaker en langer te maken krijgen met periodes van droogte, waarin de verdunning van verontreinigingen door lagere afvoeren afneemt. Het aantal dagen dat de waterkwaliteit onvoldoende is voor het beoogde gebruik van industrie of drinkwaterbedrijven neemt dan toe. Ook de natuur heeft last van onvoldoende waterkwaliteit.

De knelpuntenanalyse laat zien dat in de scenario's *Stoom* en *Warm* zowel de drinkwatersector als de industrie vaker en langer te maken gaan krijgen met overschrijdingen van de gebruikte normen. Voor de scenario's *Druk* en *Rust* is nauwelijks sprake van een toename. De resulterende overschrijdingen per scenario staan beschreven in Hoofdstuk 4 bij de gebruiksfuncties drinkwater en industrie.

In dit hoofdstuk worden per gebruiksfunctie de resultaten en conclusies voor het nulalternatief gepresenteerd.

4.1 LAND- EN TUINBOUW

De landbouw neemt meer dan de helft van het oppervlak van Nederland in. Het areaal cultuurgrond voor de landbouw bedraagt ca. 1,9 mln. hectare.⁴⁷ Het overgrote deel hiervan (ca. 70%) is in gebruik voor de productie van voedergewassen (gras- of mais). Daarnaast vertegenwoordigen granen met 10% een relatief belangrijk deel. In termen van economisch potentieel is de bijdrage van voedergewassen beduidend minder (ca. 25%) en wordt de bijdrage van hoge toegevoegde waarde teelten, waaronder fruit- en boomteelt en aardappelen, groter.

In de Deltascenario's wordt voor 2050 rekening gehouden met een krimpend landbouwareaal in verband met oprukkende verstedelijking en een grotere vraag naar natuurgebieden. De afname is het grootst in de scenario's *Druk* en *Stoom* (ca. -10%) en het kleinst in de scenario's *Rust* en *Warm* (ca. -3%). Daarnaast houden de scenario's rekening met veranderingen in de gewassenstelling.

In de Deltascenario's is een toename aangenomen van het beregeningsareaal als autonome adaptatie van de landbouw aan klimaatverandering (Tabel 8). De landbouw kan in de toekomst vaker te maken krijgen met droge periodes. Verondersteld wordt dat agrariërs hierop anticiperen en meer agrariërs zullen beschikken over een beregeningsinstallatie. Het beregeningsareaal neemt sterk toe in de Deltascenario's *Warm* en *Stoom*, als reactie op de toenemende frequentie van droogte en de hiermee samengaannde verwachte gewasopbrengstderving.

Tabel 8: ontwikkeling areaal beregening

Scenario / zichtjaar	Beregeningsareaal uit grondwater [x 1000 ha]	Beregeningsareaal uit oppervlaktewater [x1000 ha]	Beregeningsareaal totaal [x1000 ha]
Referentie 2017	183	241	424
Rust 2050	195 (+6%)	263 (+9%)	458 (+8%)
Druk 2050	184 (+0%)	257 (+7%)	441 (+4%)
Warm 2050	278 (+51%)	399 (+66%)	677 (+60%)
Stoom 2050	277 (+51%)	380 (+58%)	657 (+60%)

4.1.1 Specifieke correcties/analyse

Bij het kwantificeren van de economische effecten op basis van de Effectmodule Landbouw wordt onderscheid gemaakt tussen afnemers uit Nederland en het buitenland. De module berekent het totale economische effect voor producenten en consumenten en corrigeert deze. Voor producten

⁴⁷ Hier bedoeld: grasland en voedergewassen, akkerbouw en tuinbouw open grond, op basis van AGRICOM. Tuinbouw onder glas is niet meegenomen hierin, zie ook verwijzing naar scope in Hoofdstuk 2.

waar Nederland een groot aandeel op de wereldmarkt heeft, zullen producenten een deel van het verlies verhalen via hogere exportprijzen. Het zijn dan buitenlandse consumenten waarvoor een verlies aan consumentensurplus optreedt. Om inzichtelijk te maken hoe het welvaartseffect is opgebouwd, zijn de verschillende componenten apart berekend.

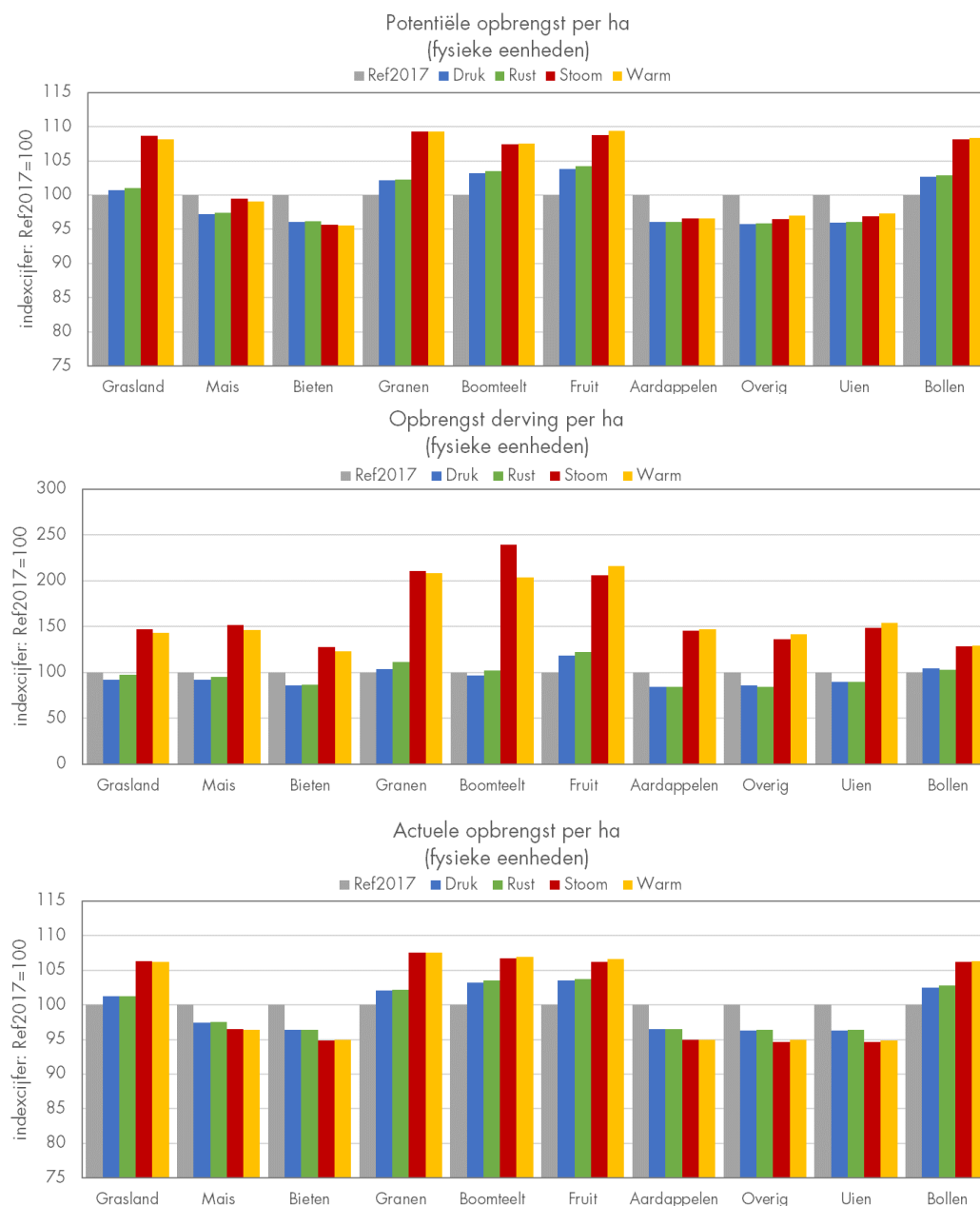
Na afronding van de analyse in fase 2 bleek dat de aangeleverde landbouwdata gebaseerd waren op een onjuiste aanname. Voor de scenario's *Stoom*, *Warm*, *Rust* en *Druk* in het zichtjaar 2050 en voor de *Referentie* 2017 zijn nieuwe datasets aangeleverd. Als gevolg hiervan valt het droogterisico voor de landbouw per scenario gemiddeld lager uit. De resultaten beperken zich tot deze scenario's en het zichtjaar 2017 en 2050, doordat geen nieuwe data beschikbaar zijn gekomen voor het zichtjaar 2100. Op basis van de eerdere analyse wordt aangenomen dat het effect in 2100 voor *Stoom* en *Warm* sterk toeneemt en voor *Druk* en *Rust* min of meer gelijk blijft aan 2050.

4.1.2 Resultaten landbouw

Figuur 25 geeft inzicht in de ontwikkeling van de potentiële opbrengst, opbrengstderving en actuele opbrengst per hectare per scenario. Voor gras, granen, boomteelt, fruit en sierteelt neemt in *Stoom* en *Warm* de potentiële opbrengst per ha (matig tot fors) toe als gevolg van klimaatverandering. Voor mais, bieten, aardappelen en uien is sprake van een dalende potentiële opbrengst per ha. In *Stoom* en *Warm* neemt ook de derving toe. In *Druk* en *Rust* is het effect op de opbrengstderving per hectare relatief beperkt.⁴⁸

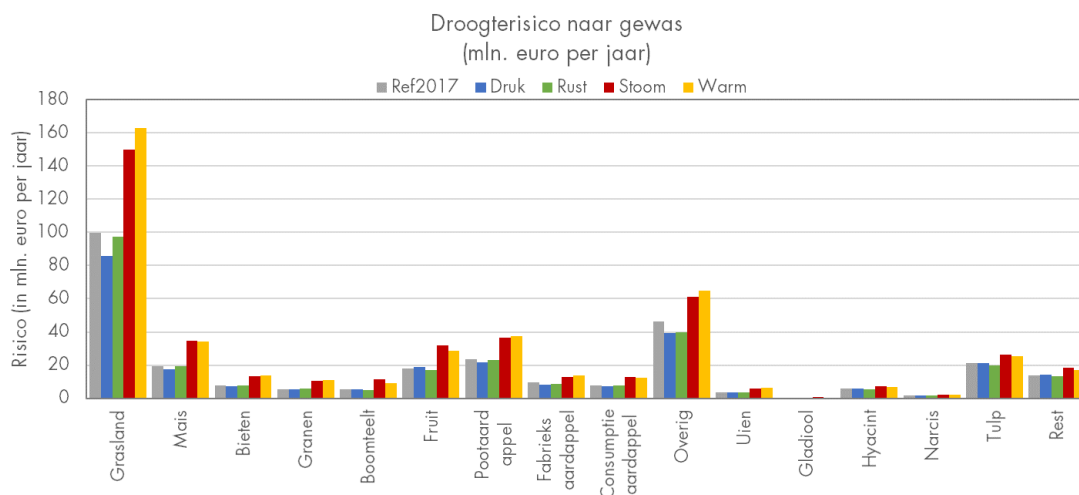
In alle scenario's daalt de actuele opbrengst per saldo voor mais, bieten, aardappelen en uien. De daling lijkt het gevolg van een optelsom van autonome verslechtering van de productieomstandigheden voor deze gewassen (dalende potentiële opbrengst per hectare) en oplopende zoetwatertekorten (droogte, verzilting).

⁴⁸ De potentiële opbrengst per ha wordt bepaald als de langjarig gemiddelde potentiële gewasopbrengst vermenigvuldigd met de verdampingsfactor. Niet alle elementen van de verdampingsfactor zijn per Deltascenario in effectmodule aangepast. Hierdoor is de groei van de potentiële opbrengst mogelijk overschat.



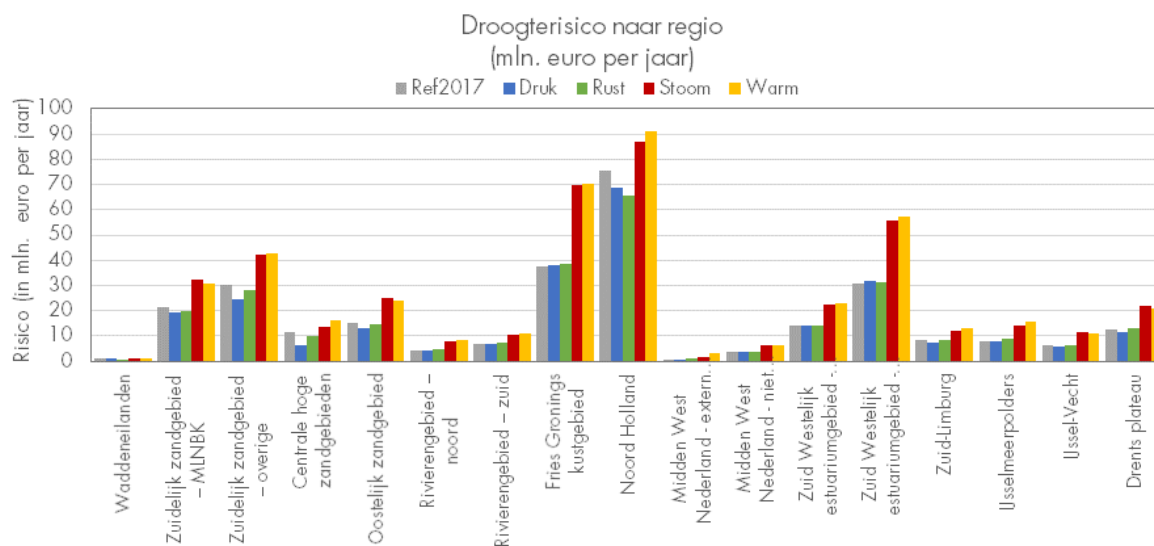
Figuur 25: verandering potentiële en actuele opbrengst en opbrengstderving per hectare per gewas en Deltascenario (excl. btw, prijspeil 2018)

Uit de opbrengstderving en de toename van de variabele beregeningskosten kan vervolgens het droogterisico per gewas worden bepaald, zie Figuur 26. Een toename van het droogterisico is voornamelijk gebonden aan de scenario's *Stoom* en *Warm*, waarbij de toename van het risico in absolute zin voor ca. 50% is terug te voeren tot grasland en mais. Voor de scenario's *Druk* en *Rust* zijn de verschillen ten opzichte van de huidige situatie (zeer) beperkt.

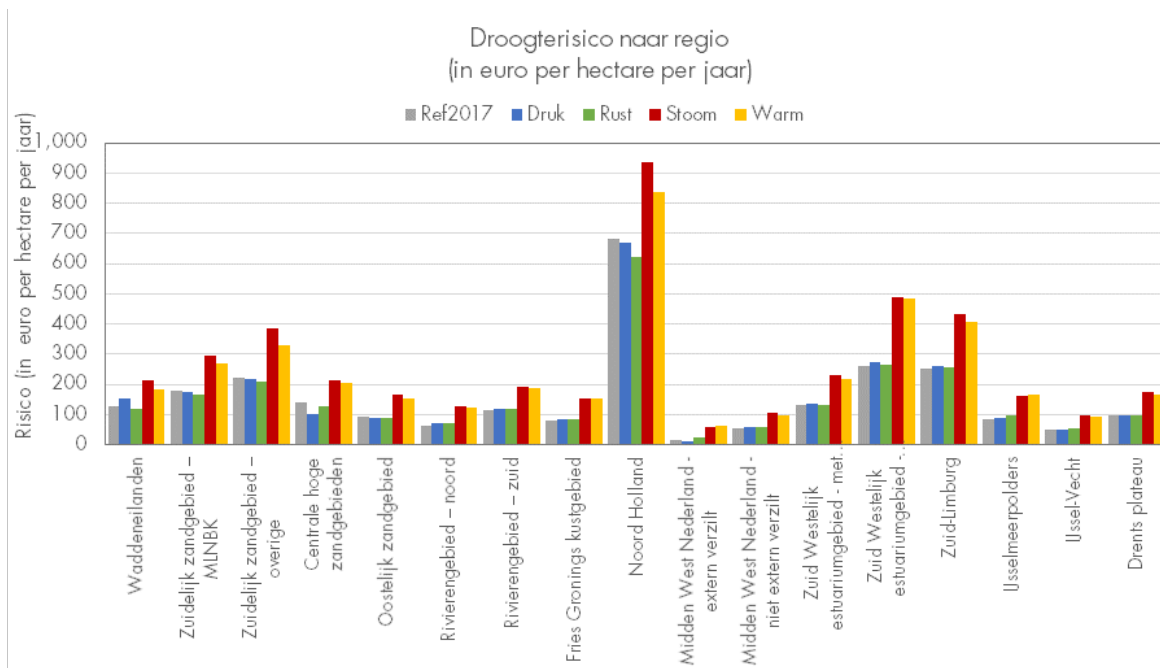


Figuur 26: droogterisico naar gewas in 2050 (excl. btw, prijspeil 2018)

Figuur 27 illustreert de regionale verschillen in het optreden van het droogterisico. Het hoogste droogterisico treedt op in de Hoge Zandgronden en in het Fries-Gronings kustgebied (watertekort) en Noord-Holland (verziltig). Per hectare hebben Noord-Holland, de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer en de Hoge Zandgronden Zuid per hectare het hoogste landbouwdroogterisico (zie Figuur 28). Deze regio's zijn niet alleen groot in oppervlak, maar verbouwen relatief veel gewassen met veel derving per hectare door droogte of verziltig, zoals aardappelen, bollen en bieten.

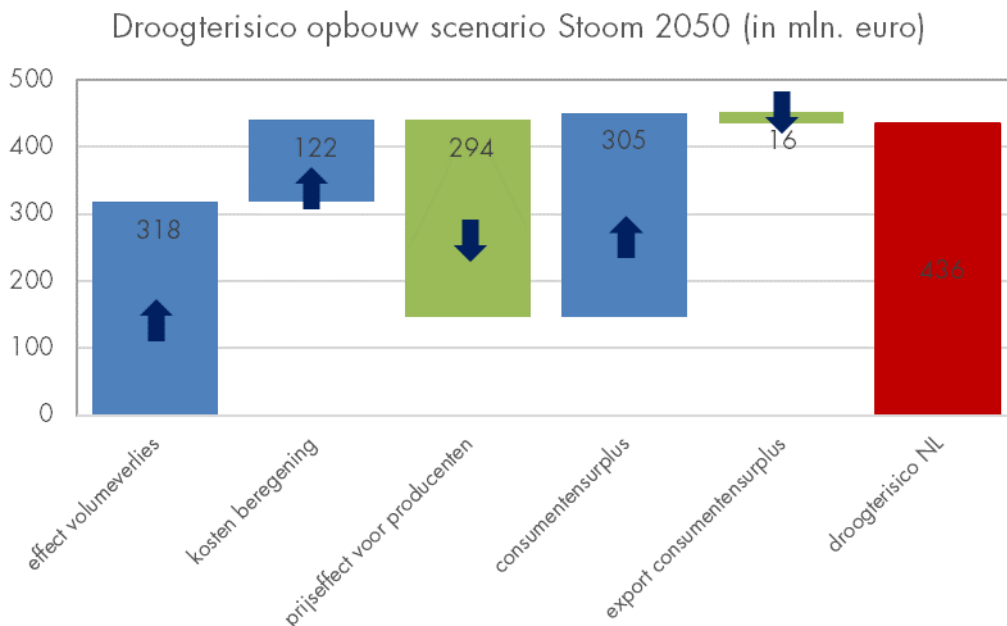


Figuur 27: totale droogterisico naar regio (excl. btw, prijspeil 2018)



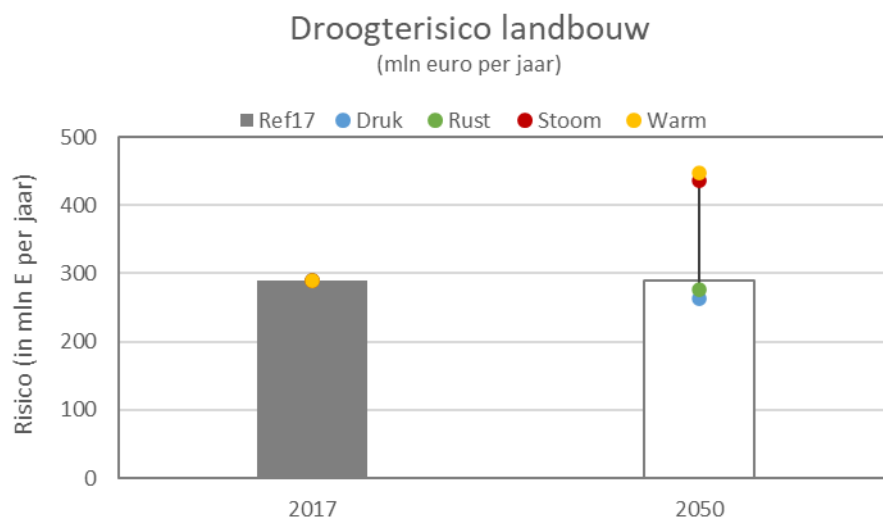
Figuur 28: droogterisico per ha naar regio (excl. btw, prijspeil 2018)

Rekening houdend met de aanwezigheid van mogelijke prijseffecten voor de betreffende gewassen, wordt de verandering van het welvaartseffect bepaald. Voor het scenario *Stoom* 2050 komt het geaggregeerde welvaartseffect voor Nederland als gevolg van de effecten op de landbouw uit op circa 436 miljoen euro. Hiervan bedragen de kosten van extra beregenen ca. 122 miljoen euro. Een (relatief klein) deel van de kosten die primair ten laste komen van de producent (€ 16 miljoen) wordt afgewenteld via export op buitenlandse afnemers (zie Figuur 29).



Figuur 29: opbouw droogterisico Stoom 2050 (excl. btw, prijspeil 2018)

In het scenario *Stoom* is het welvaartsverlies voor Nederland in dezelfde grootteorde als *Warm*, zie Figuur 30. In *Druk* en *Rust* verandert in termen van droogteschade en zoutstress nauwelijks iets ten opzichte van de huidige situatie.



Figuur 30: geaggregeerde droogterisico per zichtjaar en scenario (excl. btw, prijspeil 2018)

De resultaten per zichtjaar zijn vertaald in een contante waarde van het droogterisico in 2020 (Tabel 9). Aangenomen is dat het risico na 2050 gelijk blijft. Voor *Warm* en *Stoom* is dit een onderschatting. Er zijn echter geen bruikbare data voor 2100 beschikbaar.

Tabel 9: droogterisico per jaar en contante waarde droogterisico (na correctie weglek naar buitenland) in mln. euro (excl. btw, prijspeil 2018).

Scenario	Ref 2017	Druk	Rust	Stoom	Warm
Jaarlijks risico 2050	€ 289	€ 264	€ 276	€ 436	€ 447
CW	€ 6.344	€ 6.014	€ 6.176	€ 8.279	€ 8.425
CW t.o.v. Referentie	€ -	€ -330	€ -167	€ 1.935	€ 2.081

4.1.3 Duiding en conclusies landbouw.

In de *Referentie* is het droogterisico in de landbouw voor Nederland per jaar ongeveer 290 miljoen euro (CW € 6,3 miljard). Voor de Deltascenario's *Warm* en *Stoom* wordt rekening gehouden met een sterke toename van het risico tot ca. 436-447 miljoen euro in 2050. Ten opzichte van het huidige risico is dit een toename van ca. 150 miljoen euro per jaar in 2050. De contante waarde neemt ten opzichte van de *Referentie* met ca. 2 miljard euro toe.

In de Deltascenario's *Druk* en *Rust* is sprake van status quo of een kleine daling (*Druk*) van het droogterisico in vergelijking met de huidige situatie. Daarmee kenmerkt (de verandering van) het toekomstig droogterisico zich door een enorme bandbreedte.

De absolute toename van het droogterisico concentreert zich in enkele gebieden (het Fries-Gronings kustgebied en de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer) en gewassen (gras, mais). Per hectare is het risico het grootst voor Noord-Holland, gevolgd door de Zuidwestelijke delta zonder aanvoer.

Een opvallende uitkomst is dat voor sommige gewassen de verwachte toename in de potentiële fysieke opbrengsten per hectare de opbrengstderving door droogte overstijgen vanwege gunstigere

groeiomstandigheden door veronderstelde hogere temperaturen (bijv. grasland, granen, fruit, bloembollen). Voor deze gewassen leidt klimaatverandering per saldo tot gemiddeld betere productieomstandigheden.

De uiteindelijke resultaten zijn mede afhankelijk van de sociaaleconomische omstandigheden zoals landgebruik en berekening volgens de Deltascenario's. De toename van hoogwaardige landbouw (zoals groenteteelt) in combinatie met berekening in de scenario's *Druk* en *Stoom* leidt tot een toename van de berekende gemiddelde (potentiële) waarde per hectare van de landbouwopbrengst, terwijl deze bij de scenario's *Rust* en *Warm* in veel gevallen ongewijzigd blijft of juist afneemt.

Door droogte en verzilting worden lagere fysieke gewasopbrengsten gerealiseerd dan in potentie haalbaar zijn. Ook nemen de kosten van berekening bij een warmer klimaat toe. In totaal maken de toegenomen beregeningskosten ca. 40% van het economisch effect uit. Slechts een klein deel van het risico wordt afgewenteld op afnemers in het buitenland (3-4%). Dit gaat om pootaardappelen, boomteelt, uien en bollen waar Nederland een deel van de productie exporteert.

Ter duiding van de relevantie van de toename van het risico kan een vergelijking worden gemaakt met de (theoretische) waarde van de potentiële opbrengst op basis van de Effectmodule Landbouw in de referentiesituatie van 6 miljard euro per jaar. Uitgaande hiervan neemt het risico toe van ca. 5% van de opbrengstwaarde in de referentiesituatie tot ca. 7% in de scenario's *Warm* en *Stoom* in 2050.

Opgemerkt moet worden dat bij het oplossen van alle watertekorten mogelijk niet de hele opbrengstderving voorkomen zal worden. In een situatie zonder droogte of verzilting is er immers altijd nog het risico op ziekten of vernattingschade als gevolg waarvan de actuele en potentiële opbrengst verminderen. Hiermee wordt in de berekeningen nu geen rekening gehouden. Hoe groot de maximaal haalbare actuele en potentiële opbrengst zouden kunnen zijn als rekening gehouden wordt met deze factoren vraagt vervolgonderzoek dat buiten de scope van de economische analyse valt.

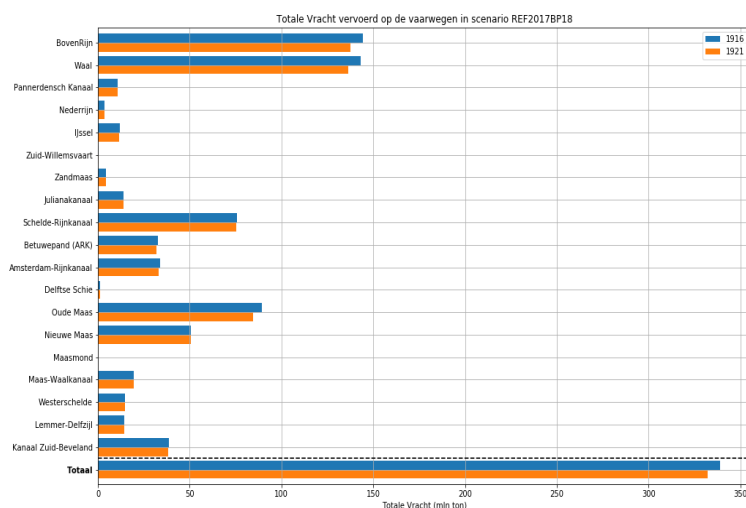
4.2 SCHEEPVAART

De economische analyse van het droogterisico voor de scheepvaart beperkt zich tot de binnenvaart op de grote rivieren (Rijn, IJssel, Maas) en de kanalen. Deze rivieren dekken het grootste deel van de transportvolumes af en vertegenwoordigen zowel de effecten op gestuwde als ongestuwde rivieren. Overige rivieren en kanalen, net als de recreatievaart, blijven buiten beschouwing.

De invloed van droogte op de bevaarbaarheid verloopt voor de Rijn en de Maas via verschillende mechanismen. In de Rijn wordt de bevaarbaarheid tijdens droogte beperkt doordat de vaardiepte op een aantal kritieke punten in Nederland en Duitsland afneemt, waardoor schepen niet meer volledig beladen kunnen varen. De Maas is een gestuwde rivier, waardoor de diepgang vrijwel altijd op peil blijft. Het schutten van schepen door de sluizen bij de stuwen verplaatst echter aanzienlijke hoeveelheden water, waardoor bovenstrooms watertekort kan ontstaan. Daarom wordt op de Maas tijdens droogte het aantal schuttingen beperkt. Dat leidt tot economische schade door de langere reistijd.

Een belangrijk deel van de vracht is gesitueerd op de corridor Rotterdam-Lobith (Waal en Bovenrijn), op het Schelde-Rijnkanaal richting Antwerpen en binnen de Rijnmaasmonding (Oude en Nieuwe Maas) bij de haven van Rotterdam. In een droge periode zal als gevolg van lage

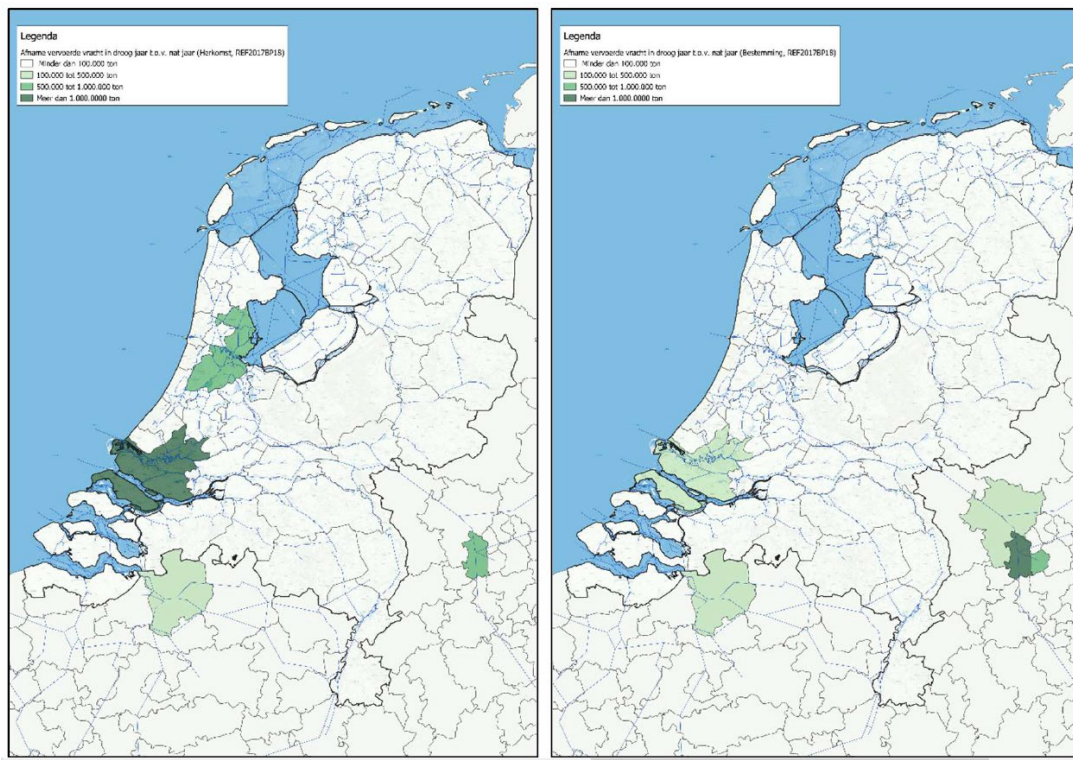
waterstanden vaker moeten worden gevaren met lagere bezetting om dezelfde hoeveelheid vracht op de plaats van bestemming te krijgen. Dit uit zich in per saldo hogere vaarkosten. Bij te lage waterstanden bestaat daarnaast het risico dat vrachten niet meer per binnenvaartschip kunnen worden vervoerd. Figuur 31 illustreert dit. In een droog (klimaat)jaar (1921) is de totaal (direct) vervoerde vracht per saldo (gemiddeld ca. 2%) kleiner dan in nat (klimaat)jaar⁴⁹ (1916). De gemiddelde bezettingsgraad van de schepen die wel vracht hebben vervoerd, komt voor een droog jaar (1921) uit op ca. 93% van de (optimale) bezetting in een nat jaar (1916).



Figuur 31: vervoerde vracht op de gegeven vaarwegen voor een nat jaar (1916) en een droog jaar (1921)

De afname van de vervoerde vracht als gevolg van (te) grote ondiepte (=niet-vervoerde vracht) is het grootst op de corridor Rotterdam (Herkomst) – Duitsland (Bestemming). Door beperkingen in de diepte op de Rijn zijn de gevolgen op deze corridor het grootst (zie Figuur 32).

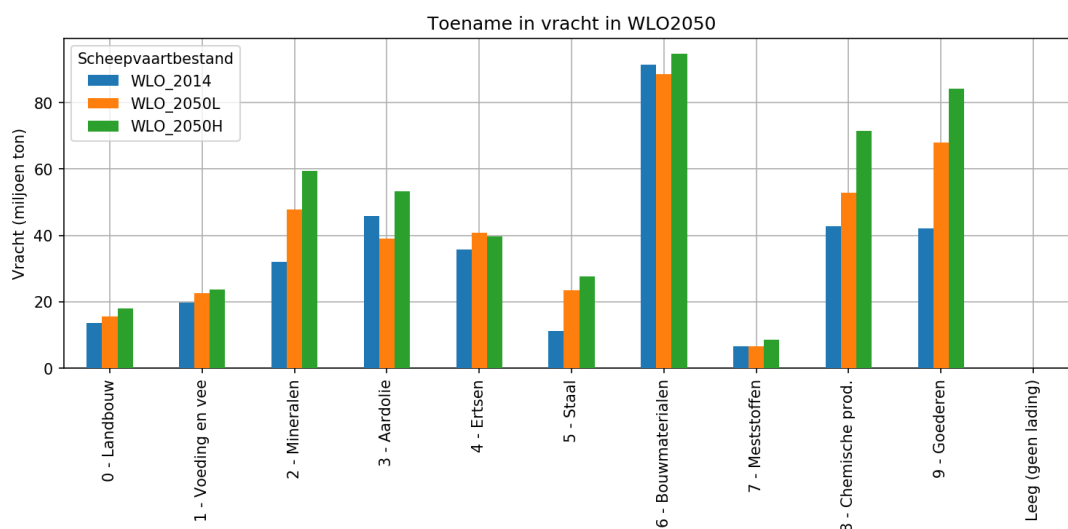
⁴⁹ De genoemde jaren hebben alleen betrekking op de klimaatomstandigheden, niet op de sociaaleconomische situatie.



Figuur 32: afname in vervoerde vracht in een droog jaar (1921) ten opzichte van een nat jaar (1916), met links de herkomst en rechts de bestemming van de vracht.

Voor het huidige klimaat (*Referentie*) rekent BIVAS⁵⁰ met ruim 400.000 vaarbewegingen per jaar. In toekomstige situaties neemt dit aantal toe door de economische groei, tot maximaal 550.000 vaarbewegingen in 2050 op basis van het scenario WLO-hoog. Het WLO-hoogscenario wordt gebruikt in de Deltascenario's *Druk* en *Stoom* en het WLO-laagscenario in de Deltascenario's *Rust* en *Warm*. Figuur 33 geeft inzicht in de veronderstelde ontwikkeling van de vervoerde vracht tot 2050. Na 2050 wordt de groei op nul verondersteld.

⁵⁰ BIVAS staat voor "Binnenvaart analyse systeem" en is ontwikkeld voor Rijkswaterstaat om netwerkanalyses uit te voeren voor de binnenvaart.



Figuur 33: vervoerde vracht in de scenario's WLO_2050L en WLO_2050H ten opzichte van basisjaar 2014

4.2.1 Specifieke correcties/analyse

Ten opzichte van de standaardmethodiek waarbij wordt gewerkt met een 100-jarige klimaatreeks is voor de scheepvaart voor het zichtjaar 2100 een 30-jarige klimaatreeks gebruikt in de analyses. In deze 30-jarige reeksen ontbreekt 1916 als natste aangemerkte jaar en als nulpunt waartegen de toename van de vaar- en transportkosten voor de andere jaren uit de reeks worden bepaald. In de 30-jarige reeks geldt 1981 als het natste jaar. Het jaar 1981 kenmerkt zich ten opzichte van 1916 echter door meer lage rivierafvoeren en al relatief hoge kosten ten gevolge van droogte, waardoor de aan droogte gerelateerde kosten voor 2100 in de verschillende jaren in de reeks worden onderschat. Om die reden is het voor het klimaat van 2050 aangepaste jaar 1916 als referentiejaar toegevoegd aan de 30-jarige reeks. Ook met deze aanpassing is de inschatting voor het droogterisico voor 2100 minder nauwkeurig.

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 wordt aangenomen dat partijen in de logistieke keten autonoom investeren in capaciteit om de kans te minimaliseren op het niet adequaat kunnen hanteren van vrachten in de toekomst. Uitgangspunt in de berekening is dat de sector een zeer kleine kans accepteert en dusdanig investeert in aanpassing van de opslag-, weg- en spoorcapaciteit dat er in het meest extreme jaar cumulatief een periode van 30 dagen kan worden overbrugd (dat wil zeggen om vracht tijdelijk op te slaan dan wel per weg of spoor te vervoeren zonder dat op deze modaliteiten knelpunten ontstaan). Hoeveel uitbreiding in capaciteit benodigd is, verschilt per scenario. De berekening van de structurele capaciteit is daarnaast sterk gevoelig voor de minimale afvoer in het betreffende scenario voor de in beschouwing genomen zichtjaren. Door gebruik van de 30-jarige reeks ontbreekt het meest droge jaar 1921 voor het zichtjaar 2100. De benodigde kosten voor een structurele uitbreiding zouden zo in 2100 worden onderschat. Om die reden is ervoor gekozen voor 2100 uit te gaan van eenzelfde bedrag aan autonome investeringen in aanpassing van de opslag-, weg- en spoorcapaciteit als voor het zichtjaar 2050.

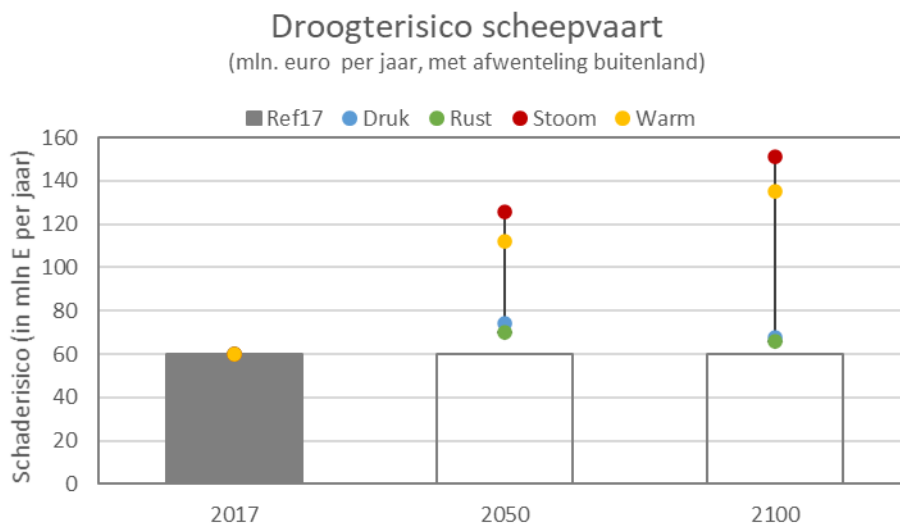
4.2.2 Resultaten scheepvaart

Tabel 10 laat zien hoe het droogterisico in de verschillende scenario's is opgebouwd. Het grootste deel van het risico bestaat uit de toename van de vaarkosten. De toename van de vaarkosten zorgt

er ook voor dat bepaalde afnemers afhaken (vraaguitval). Het totale droogterisico bestaat verder uit de meerkosten voor het in tijden van droogte overschakelen op andere modaliteiten en uit de adaptatiekosten voor capaciteit. Dit risico wordt verondersteld te worden doorbelast aan de afnemers in de vorm van hogere prijzen. De binnenvaartsector haalt een belangrijk deel van zijn omzet uit de export, ca. 50%. Op die manier wordt een deel van het risico geëxporteerd. Het welvaartsverlies voor Nederland is daarmee ca. 50% van het totale droogterisico.

Tabel 10: opbouw droogterisico per scenario (excl. btw, prijspeil 2017)

	2017	2050				2100 incl. correctie 30-/100-jarige reeks (1981 +/- 1916)			
	Ref	Druk	Rust	Stoom	Warm	Druk	Rust	Stoom	Warm
Toename vaarkosten door laagwater	97	114	101	177	157	111	100	216	191
Vraaguitval	5	5	5	11	10	3	3	11	10
Meerkosten extra opslag	5	8	6	16	14	4	3	19	16
Meerkosten modal shift	4	4	3	29	26	1	1	39	34
Toename structurele kosten	-	15	23	14	16	15	23	14	16
Totaal risico laagwater	111	146	139	248	222	134	131	299	267
Afwenteling (aandeel NL)	53,6%	50,7%	50,6%	50,7%	50,6%	50,7%	50,6%	50,7%	50,6%
Economisch effect NL	60	74	70	126	112	68	66	151	135
(Verskil t.o.v. huidig)	-	14	11	66	53	8	7	92	76



Figuur 34: ontwikkeling droogterisico per zichtjaar en scenario (excl. btw, prijspeil 2017)

In alle Deltascenario's neemt het droogterisico voor de scheepvaart toe. Voor de scenario's *Stoom* en *Warm* is het negatieve economische effect het grootst. In *Druk* en *Rust* is de toename relatief beperkt (zie Figuur 34).

De resultaten per zichtjaar zijn vertaald in een contante waarde van het droogterisico in 2020 (Tabel 11). De contante waarde (CW) is bepaald voor de situatie waarin het risico na 2050 gelijk blijft en waarin het risico geleidelijk verloopt naar het risico in 2100.

Tabel 11: contante waarde en droogterisico in mln. euro. (excl. btw, prijspeil 2017)

Scenario	Ref 2017	Druk	Rust	Stoom	Warm
Risico 2050	€ 60	€ 74	€ 70	€ 126	€ 112
Risico 2100	€ 60	€ 68	€ 66	€ 151	€ 135
CW incl. 2100 data	€ 1.317	€ 1.489	€ 1.440	€ 2.243	€ 2.054
CW excl. 2100 data	€ 1.317	€ 1.502	€ 1.449	€ 2.189	€ 2.004
CW excl. 2100 t.o.v. Referentie	€ -	€ 185	€ 132	€ 872	€ 687

4.2.3 Duiding en conclusies

Het Nederlands droogterisico voor de scheepvaart is in de *Referentie* ongeveer 60 miljoen euro per jaar (CW € 1,3 miljard, prijspeil 2017). De ontwikkeling van het droogterisico varieert per Deltascenario. Voor *Druk* en *Rust* neemt het jaarlijks risico in beperkte mate toe (+ ca. € 10 miljoen). In de Deltascenario's *Stoom* en *Warm* neemt het risico significant toe. Voor *Stoom* verdubbelt het risico naar ca. 126 miljoen euro in 2050 waarna het risico verder oploopt tot ca. 151 miljoen euro in 2100. Voor *Warm* komt het jaarlijkse risico in beide zichtjaren uit op respectievelijk ca. 112 miljoen euro en 135 miljoen euro. De contante waarde neemt in *Stoom* en *Warm* ten opzichte van de *Referentie* met respectievelijk 0,9 en € 0,7 miljard euro toe.

In bovenstaande bedragen is er rekening mee gehouden dat de scheepvaartsector het risico in belangrijke mate via de prijs kan afwentelen op afnemers, waarvan ongeveer de helft buitenlandse klanten. Het totale risico is derhalve ca. 2x zo hoog als de hierboven vermelde cijfers.

Veruit het grootste deel van het risico (ca. 90% voor de *Referentie* en 70-80% voor de Deltascenario's) bestaat uit de extra vaarkosten die worden gemaakt doordat bij lagere afvoeren gekozen wordt voor alternatieve (suboptimale) vaarroutes (omvaren) en het nodig is vaker te varen in verband met aanpassing van de beladingsgraad.

Het overige deel van het risico bestaat uit kosten voor het tijdelijk opslaan van vracht, de meerkosten van het vervoer per weg of spoor, extra structurele capaciteit voor spoor, weg en opslag, en enige vraaguitval.

Het risico neemt in de berekeningen deels toe door een veronderstelde toename van de hoeveelheid per binnenvaart vervoerde vracht in de Deltascenario's in de periode tot 2050. Door deze groei van de binnenvaart nemen de gevolgkosten bij droogte in absolute zin toe. De toename in vracht bedraagt rond de 10-20% voor *Rust* en *Warm* en 30-40% voor *Druk* en *Stoom*.

In de *Referentie* is ca. 87% van het risico terug te voeren op het vervoer van (droge en natte) bulk. In de Deltascenario's daalt dit aandeel en valt een groter deel van het droogterisico aan het containervervoer toe. Dit wordt deels verklaard door in de Deltascenario's aangenomen relatief sterke toename van het containervervoer (ten opzichte van bulk). Daarnaast wordt in droge periodes bij containers sneller gekozen voor (duurder) transport per weg of spoor, terwijl voor bulk (tegen relatief lage kosten) tijdelijk opslag plaatsvindt. Ten opzichte van de totale omzet á ca. 2,6 miljard euro⁵¹ per jaar in de binnenvaartsector bedraagt de toename van het risico in *Warm* en *Stoom* enkele procentpunten (2-4%).

⁵¹ Maritieme Monitor 2018, Nederland Maritiem Land (2018).

4.3 DRINKWATER

Nederland verbruikt 1.160 miljoen m³ (2016) drinkwater per jaar⁵². Daarvan wordt 55% gewonnen uit grondwater, 40% uit oppervlaktewater en 5% uit natuurlijk duinwater en oeverinfiltratie. In West-Nederland is het oppervlaktewater afkomstig uit de Rijn, de Maas en het IJsselmeer de belangrijkste bron voor drinkwater. Prognoses voor de ontwikkeling van de vraag naar drinkwater tot 2050 variëren van een lichte daling in het scenario *Rust* (-10%) tot een sterke stijging in scenario *Stoom* (+35%).⁵³ Bij *Druk* neemt de vraag licht toe (+10%) en bij *Warm* blijft de vraag nagenoeg gelijk tot 2050.

Drinkwater stelt zeer hoge eisen aan de waterkwaliteit en put uit specifieke delen van het Nederlandse watersysteem. Bij overschrijdingen van gestelde kwaliteitsnormen stoppen drinkwaterbedrijven tijdelijk de waterinname, mengen ze water, of zetten ze additionele zuiveringsprocessen in. Bij innamestops van water moet men voldoende buffercapaciteit hebben of alternatieve bronnen. In de praktijk worden ook tijdelijk ontheffingen aangevraagd bij overschrijding van de normconcentraties.



Figuur 35: geanalyseerde drinkwaterinnamepunten

Drinkwaterbedrijven kunnen in de toekomst vaker en langer te maken krijgen met periodes van droogte, waarin de verdunning van verontreinigingen afneemt en innamestops vaker en langer optreden. Droogte veroorzaakt lagere afvoeren met als gevolg een toename van chlorideconcentratie of toxische stoffen (bestrijdingsmiddelen, medicijnresten) en een mogelijke

⁵² Vewin, Dutch Drinking Water Statistics 2017, 2017

⁵³ Deltares (2018), Actualisering 2017, Deltascenario's voor 21e eeuw.

stijging van de watertemperatuur. Ook toekomstige sociaaleconomische ontwikkelingen, waaronder een steeds ouder wordende bevolking, kunnen effect hebben op de waterkwaliteit.

De duur van de overschrijding van een maatgevende stof kan leiden tot een toename van de benodigde investeringen om aan de leveringsplicht te kunnen voldoen.

Tabel 12 en Figuur 35 presenteren welke innamepunten die oppervlaktewater gebruiken, zijn geanalyseerd.

Tabel 12: geanalyseerde drinkwaterinlaatpunten

Innamepunt oppervlaktewater/ oevergrondwater	Waterbedrijf	Productie drinkwater (Mm ³ / jaar) ⁵⁴	Productieindustrie water (Mm ³ / jaar)
1. Gat van de Kersloot (Maas, Biesbosch/Amer)*	Evides	127	39
2. Nieuwegein (Lekkanaal)*	Waternet	65	23
3. Brakel (Afgedamde Maas)*	Dunea	82	0
4. Andijk (IJsselmeer)	PWN	63	12
5. Nieuwegein (Lekkanaal)*	PWN	16	0
6. 7 productielocaties Oasen (oeverinfiltratie Lek)*	Oasen	43,6	0
7. Heel (lateraalkanaal Maas)*	WML	20	0
8. Engelse Werk (IJssel)*	Vitens	9	0
9. Vechterweerd (Overijsselse Vecht)	Vitens	5	0
10. De Punt (Drentsche Aa)	WBG	7	0

* Locaties waarvoor analyse drinkwater is uitgevoerd

Niet voor alle drinkwaterinnamepunten was het mogelijk de analyse uit te voeren vanwege modelbeperkingen (nr. 4, deel nr. 6), overschakeling op grondwater (nr. 10) of onvoldoende zicht op de kwaliteit van het gebruikte effluent (nr. 9).

De maatgevende stoffen en toetswaarden waarvoor de analyse is uitgevoerd, verschillen per drinkwaterlocatie (Tabel 13).⁵⁵ In principe zijn de door het drinkwaterbedrijf opgegeven stoffen en waarden gebruikt.⁵⁶ Naast deze stoffen en waarden die door drinkwaterbedrijven zijn opgegeven, zijn ook analyses uitgevoerd voor concentraties carbamazepine (medicijn). Die zijn gebruikt ter vervanging van de toetswaarde voor bromide, die niet goed gemodelleerd kan worden. De signaalwaarde (0,1 µg/l voor carbamazepine) wordt nu volgens de analyses al vaak overschreden.

⁵⁴ Ecorys (2017), Effecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie, en Vewin (2017), Drinkwaterstatistieken 2017.

⁵⁵ KWR (2017), Gevolgen van zoetwatertekorten voor industrie en drinkwaterproductie.

⁵⁶ Ecorys (2017), Effecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie.

Tabel 13: gebruikte toetswaarden en maatgevende stoffen

Sluitingsdagen	Carbamazepine > 0,1 µg/l	Chloride > 150 mg/l	Chloride > 200 mg/l	Glyfosaat > 1 µg/l	Ampa > 1 µg/l
Evides - Gat van de Kersloot (Maas, Biesbosch/Amer)	Toetswaarde 1 # dagen				
Waternet - Nieuwegein (Lekkanaal)	Signaalwaarde # dagen i.p.v. bromide		Toetswaarde 1, # dagen		
Dunea - Brakel (Afgedamde Maas)	Toetswaarde 1 # dagen	Toetswaarde 2, # dagen			
PWN - Andijk (IJsselmeer)	Geen resultaten				
PWN - Nieuwegein (Lekkanaal)	Signaalwaarde # dagen i.p.v. bromide		Toetswaarde 1, # dagen		
Oasen - 7 productielocaties Oasen (Lek)		Toetswaarde 1 jaargem. Oeverinfiltratie			
WML - Heel (lateraalkanaal Maas)				Toetswaarde 1, # dagen	Toetswaarde 2, # dagen
Vitens - Engelse Werk (IJssel)	Maatgevende waarde # dagen dat IJsselafvoer lager is dan huidige laagste zomerafvoer Referentie				
Vitens - Vechter Weerd (Overijsselse Vecht)	Geen resultaten				
WBG - De Punt (Drentsche Aa)	Geen resultaten				

4.3.1 Specifieke correcties/analyse

Ten opzichte van de standaardmethodiek zoals beschreven in Hoofdstuk 2, waren er voor twee locaties specifieke correcties nodig. Het gebruik van de 30-jarige reeks voor het zichtjaar 2100 maakte een extra benaderingsslag nodig om de methodiek toe te passen.

Oasen

Oasen gebruikt voor de drinkwatervoorziening zes pompstations gelegen aan de Lek. Het opgepompte water is een mengsel van rivierwater van verschillende ouderdom gemengd met lokaal grondwater. Piekconcentraties microverontreinigingen in het oppervlaktewater worden op deze manier uitgevlakt tijdens bodempassage. Voor de locaties waar drinkwaterwinning via oeverinfiltratie plaatsvindt, is daarom de jaargemiddelde chlorideconcentratie van belang in plaats van het aantal dagen dat de toetswaarde wordt overschreden. Chlorideconcentraties nemen niet af tijdens bodempassage of conventionele zuivering en de jaargemiddelde drinkwaternorm is 150 mg/l. Als deze norm wordt overschreden, is aangenomen dat voor de hele jaarproductie een oplossing gezocht wordt. Deze oplossing bestaat bij Oasen uit *reverse osmosis*.

Engelse Werk

Vitens produceert drinkwater hoofdzakelijk uit grondwater, maar voor twee locaties wordt gewonnen grondwater aangevuld met oppervlaktewater. Een kwetsbare oevergrondwaterwinning is Engelse Werk, waar oevergrondwater wordt gewonnen uit de IJssel. Daarnaast is er bij Engelse Werk nog sprake van een grondwaterwinning. Deze winning staat los van de IJssel, maar de afvoer van de IJssel kan bij deze winning een beperkende factor zijn doordat minimaal 60% van het geproduceerde water volgens de vergunning afkomstig moet zijn van de IJssel. Dit is omdat het intrekgebied voor grondwaterwinning niet te groot mag zijn en de stad Zwolle bereiken. We nemen aan - in lijn met de methodiek in de effectmodule - dat in de *Referentie* de

buffercapaciteit voldoende is. De buffercapaciteit zou dan voldoende zijn voor de laagste afvoer van de IJssel in de 100-jarige reeks. Deze bedraagt in de modelresultaten voor de IJssel ter hoogte van Westervoort 73 m³/s. In de Deltascenario's *Rust* en *Druk* komt de laagste afvoer niet onder deze waarde uit en er is dan ook geen droogterisico. In de scenario's *Stoom* en *Warm* is er in 2050 90 dagen en in 2100 100 dagen sprake van een lagere afvoer. Dit bepaalt de investering in additionele reservecapaciteit, nl. de watervraag gedurende 90 respectievelijk 100 dagen.

Vergelijkbaarheid 30- en 100-jarige reeksen

Voor de meeste oppervlaktewaterinnamepunten is het aantal sluitingsdagen per jaar maatgevend voor het droogterisico. Uitgangspunt is dat in minder dan 1% van de gevallen er een probleem mag ontstaan. Voor de scenario's waarbij gewerkt is met een 100-jarige klimaatreeks kan de buffercapaciteit dan worden afgeleid uit het aantal sluitingsdagen in het jaar met het hoogste aantal sluitingsdagen. Dit aantal wordt vergeleken met het maximum aantal sluitingsdagen per jaar in de *Referentie*. Een toename betekent dat er aanvullende reservecapaciteit moet worden aangelegd. De kosten hiervan vormen het droogterisico. Omdat voor de scenario's voor 2100 een reeks van 30 jaar is gebruikt, is dezelfde methodiek niet direct toepasbaar. Dit komt omdat het meest extreme jaar qua sluitingsdagen niet in de gekozen 30 jaar hoeft te vallen. Dit bleek het geval waardoor er een correctieslag nodig was om op basis van de modelresultaten voor 30 jaar een 100-jarige reeks te benaderen. Op basis van de benaderde 100-jarige reeks is het droogterisico voor 2100 bepaald. Door de benadering zijn de resultaten minder nauwkeurig en minder vergelijkbaar met de resultaten die daadwerkelijk gebaseerd zijn op 100 jaar.

4.3.2 Resultaten drinkwater

Tabel 14 laat zien hoeveel dagen extra capaciteit er per scenario nodig zijn. Het maximaal aantal dagen dat extra capaciteit nodig is, neemt toe in *Stoom*. Ook voor *Warm* neemt het aantal sluitingsdagen in de meeste gevallen toe (in 2100 en voor een deel in 2050). Het aantal beperkingen neemt af in *Druk* ten opzichte van de *Referentie*, behalve in het Lekkanaal. De concentratie carbamazepine hangt af van de bevolkingsomvang en die neemt sterker toe in *Druk* en *Stoom*. In *Rust* neemt het aantal beperkingen gemiddeld verder af ten opzichte van de *Referentie*.

Tabel 14: sluitingsdagen voor verschillende scenario's (onderstreept toename t.o.v. Referentie)

Dagen reservecapaciteit (dagen zonder productie)	Maatgevende stof	Ref 17	Rust 2050	Druk 2050	Warm 2050	Stoom 2050	Rust 2100	Druk 2100	Warm 2100	Stoom 2100
Evides - Gat van de Kersloot (Maas, Biesbosch/Amer)	carbamazepine > 0,1 µg/l	163	91	140	161	<u>167</u>	90	113	<u>174</u>	<u>170</u>
Waternet - Nieuwegein (Lekkanaal)	carbamazepine > 0,1 µg/l	290	290	<u>300</u>	289	<u>299</u>	251	227	<u>309</u>	<u>303</u>
Dunea - Brakel (Afgedamde Maas)	carbamazepine > 0,1 µg/l	26	15	18	28	<u>34</u>	6	9	<u>31</u>	<u>33</u>
PWV - Nieuwegein (Lekkanaal)	carbamazepine > 0,1 µg/l	290	290	<u>300</u>	289	<u>299</u>	251	227	<u>309</u>	<u>303</u>
Oasen - 7 productie-locaties Oasen (Lek)*	chloride > 150 mg/l	deels overschrijding	deels overschrijding	deels overschrijding	<u>100% overschrijding</u>	<u>100% overschrijding</u>	deels overschrijding	deels overschrijding	<u>100% overschrijding</u>	<u>100% overschrijding</u>
WML - Heel (lateraalkanaal Maas)	ampa > 1 µg/l	76	64	66	<u>90</u>	<u>93</u>	65	67	<u>96</u>	<u>102</u>
Vitens - Engelse Werk (IJssel)	Minimum afvoer < ref	-	-	-	<u>90</u>	<u>90</u>	-	-	<u>100</u>	<u>100</u>

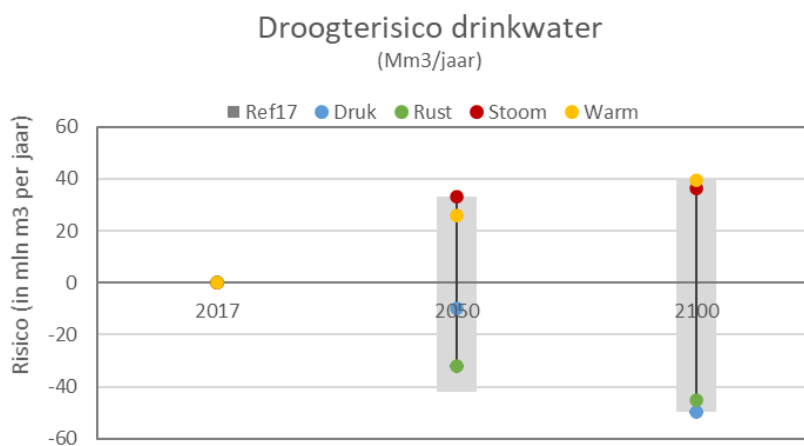
Uit het aantal sluitingsdagen worden de kosten berekend nodig om voldoende drinkwater te kunnen leveren in de te overbruggen periode (zie Tabel 15). Voor het scenario *Stoom* in 2050 is het droogterisico bijna 9 miljoen euro. De meerkosten zullen niet leiden tot vraaguitval en evenmin is sprake van grote import of exportvolumes waardoor ook het economisch effect voor Nederland 9 miljoen euro bedraagt.

Tabel 15: berekening van droogterisico voor scenario Stoom 2050 (excl. btw, prijspeil 2017)

Extra capaciteit (max)	Extra sluitingsdagen	jaarcapaciteit incl. correctie droogte*	Extra benodigde capaciteit	Extra jaarkosten*	Economische effect
	Stoom 2050	Mln. m ³	Mln. m ³	€ per Mm ³	€ mln. per jaar
Evides - Gat van de Kersloot (Maas, Biesbosch/Amer)	4	165	1,8	€ 72.689	€ 0,13
Waternet - Nieuwegein (Lekkanaal)	9	85	2,1	€ 72.689	€ 0,15
Dunea - Brakel (Afgedamde Maas)	8	82	1,8	€ 72.689	€ 0,13
PWN - Nieuwegein (Lekkanaal)	9	21	0,5	€ 72.689	€ 0,04
Oasen - 7 productielocaties Oasen (Lek), oeverinfiltratie	365	22	22,0	€ 282.418	€ 6,21
WML - Heel (lateraalkanaal Maas)	17	26	1,2	€ 72.689	€ 0,09
Vitens - Engelse Werk (IJssel)	90	16	3,85	€ 537.176	€ 2,07
Totaal			33,3		€ 8,8

*resultaten berekend met kentallen effectmodule Ecorys

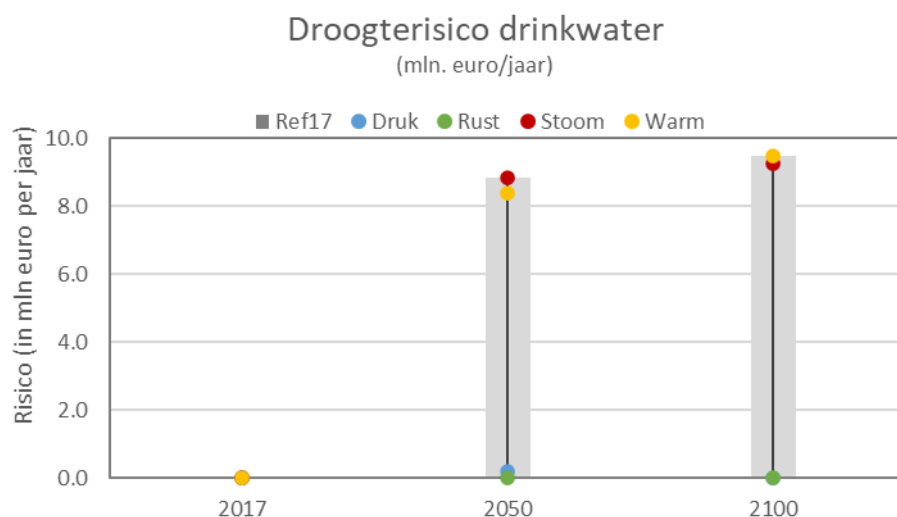
Ook in het Deltascenario *Warm* komt de risicoberekening uit op 9 miljoen euro, zie Figuur 37. In *Druk* en *Rust* is er nauwelijks sprake van een droogterisico en neemt de benodigde buffercapaciteit af, zie Figuur 36.



Figuur 36: ontwikkeling benodigde reservecapaciteit per zichtjaar en scenario (excl. btw, prijspeil 2017)

In de *Referentie* is aangenomen dat het droogterisico nul is omdat drinkwaterbedrijven een leveringsverplichting hebben. Ze moeten voldoende reservecapaciteit hebben om de sluitingsdagen te overbruggen.

Vermindering van de benodigde buffercapaciteit in de gematigde scenario's levert dan geen voordeel op doordat de kosten voor voldoende reservecapaciteit al gemaakt zijn in de *Referentie*. Op termijn zou de reservecapaciteit mogelijk slechts deels vervangen kunnen worden.



Figuur 37: ontwikkeling droogterisico per zichtjaar en scenario (excl. btw, prijspeil 2017)

De resultaten per zichtjaar zijn vertaald in een contante waarde van het droogterisico in 2020 (zie Tabel 16). Hiermee komt de CW uit op 0 tot 2 miljoen euro in de gematigde scenario's en de *Referentie*. De warmere scenario's hebben een CW van rond de 115 miljoen euro.

Tabel 16: droogte risico en contante waarde droogterisico in mln. euro (excl. btw, prijspeil 2017).

Scenario	Ref 2017	Druk	Rust	Stoom	Warm
Risico 2050	€ -	€ 0,2	€ -	€ 8,8	€ 8,4
Risico 2100	€ -	€ -	€ -	€ 9,2	€ 9,5
CW incl. 2100 data	€ -	€ 2	€ -	€ 117	€ 113
CW excl. 2100 data	€ -	€ 3	€ -	€ 116	€ 111

4.3.3 Duiding en conclusies

Voor de drinkwatersector is alleen sprake van een droogterisico in de warmere Deltascenario's *Stoom* en *Warm*. Het droogterisico ligt dan op 9 miljoen euro per jaar, in 2050 een krappe 9 miljoen euro, in 2100 een ruime 9 miljoen euro. De contante waarde neemt ten opzichte van de *Referentie* met ca. 115 miljoen euro toe. Het berekende droogterisico is het grootst voor Oasen bij de Lek en Vitens op de locatie Engelse Werk.

Niet alle drinkwaterbedrijven die gebruik maken van oppervlaktewater zijn in de resultaten meegenomen. Het mogelijke extra droogterisico voor deze bedrijven is naar verwachting echter klein.

In de Deltascenario's *Rust* en *Druk* neemt het aantal sluitingsdagen ten opzichte van het huidige klimaat gemiddeld af. Dit levert niet direct een besparing op omdat de reservecapaciteit al in huidige klimaat nodig is. Op termijn kan dit wel leiden tot lagere vervangingskosten dan in het

huidige klimaat. De afname is echter klein en de onzekerheden in de verschillende berekeningen groter.

Berekeningen voor de concentratie carbamazepine leiden tot een hoog aantal sluitingsdagen, ook in het huidige klimaat (bijv. 290 dagen voor Lek). Het grote aantal dagen overschrijding van de drempelwaarde van carbamazepine is opvallend, omdat in de huidige situatie er geen langdurige sluiting is van innamepunten door deze stof. Deze stof is door verschillende drinkwaterbedrijven meestal ook niet als maatgevend aangegeven. Een verklaring hiervoor kan worden gevonden in de gebruikte drempelwaarde. In de praktijk wordt deze gebruikt als een signaalwaarde. Innamepunten zullen niet altijd sluiten als deze waarde wordt bereikt. De gepresenteerde resultaten voor carbamazepine geven dus een conservatieve schatting van de problemen bij de desbetreffende drinkwaterinnamepunten. Aanbevolen wordt te onderzoeken of de concentraties op termijn in de praktijk daadwerkelijk problemen kunnen gaan geven, omdat bij een groeiende bevolking en stijgend medicijngebruik de concentraties verder zullen toenemen. De medicijnrestenschattingen, waaronder carbamazepine, worden betrouwbaar geacht vanwege de uitgevoerde validatie.⁵⁷

De schatting van de chlorideachtergrondconcentratie is minder betrouwbaar, doordat er onvoldoende gegevens zijn over de chlorideconcentratie van (individuele) regionale wateren en de locaties van chloridebronnen. Voor de overige stoffen (bestrijdingsmiddelen) geldt hetzelfde als voor chloride. De herkomst van de stof is onduidelijk en daarbij kan er geen betrouwbare schatting worden gegeven van de bijdrage van deze stoffen aan de concentratie in de Nederlandse wateren. Hierdoor kunnen de concentraties worden over- of onderschat. De vrachten uit het buitenland worden in de Deltascenario's bovendien constant verondersteld. Doordat de debieten op de Rijn en Maas veranderen heeft dat invloed op de berekende concentraties.

Voor de reguliere drinkwaterinnamepunten lijken de inschattingen van het economisch effect vrij betrouwbaar doordat gebruik is gemaakt van de kosten van maatregelen die de sector zelf zou kunnen nemen. Voor de oeverinfiltraties (Oasen) is sprake van een overschatting van het economisch effect doordat bij overschrijding van de norm het economische effect gelijk wordt gesteld aan de kosten van het omzetten van de hele jaarproductie van het innamepunt naar *reverse osmosis*. In de praktijk kunnen de kosten beperkt worden met een gedeeltelijke overstap om onder een concentratie van 150 mg/l uit te komen of een andere verdeling van de productie tussen de innamepunten.

De meerkosten van de extra zuivering van oppervlaktewater en buffercapaciteit zullen worden doorberekend aan de consument en veroorzaken in 2050 dan een stijging van maximum 2 ct. per m³ in de scenario's *Warm* en *Stoom*⁵⁸, indien toegerekend aan drinkwater uit oppervlaktewater. Het tarief voor consumenten was in 2016 gemiddeld € 1,41 per m³ (€ 1,11 tot € 2,32 per m³).⁵⁹

De toename van het jaarlijkse droogterisico lijkt daarmee gemiddeld nog steeds betaalbaar voor alle gebruikers en inkomensgroepen. Voor enkele drinkwaterbedrijven die te maken krijgen met een relatief hoog droogterisico (bijvoorbeeld Oasen) kan de toename hoger uitpakken: een

⁵⁷ Deltares, Effectmodules, juli 2019.

⁵⁸ € 9 mln. / (40% x 1160 mln. M3)

⁵⁹ Vewin (2017), Drinkwaterstatistieken 2017

toename⁶⁰ van maximaal 14 ct. per m³ in de scenario's *Warm* en *Stoom*. De verschillen tussen gemeenten en drinkwaterbedrijven zijn nu groter dan deze toename.

4.4 INDUSTRIE

De industriector gebruikt water op twee manieren: daadwerkelijke onttrekking en tijdelijk gebruik als koelwater. De totale onttrekking is circa 3400 miljoen m³. Hiervan betreft 2600 miljoen m³ oppervlaktewater en 770 miljoen m³ grondwater.⁶¹ Het gebruikte oppervlaktewater bestaat uit circa 190 miljoen m³ per jaar voor proceswater en de rest van het oppervlaktewater wordt gebruikt als koelwater.

De netto omzet van de Nederlandse industrie die afhankelijk is van oppervlaktewater en proceswater voor het realiseren van productie bedroeg in 2016 228 miljard euro of 71% van de industriële netto omzet.⁶² Deze industrie stelt wisselende eisen aan de kwaliteit van het water, en is bijvoorbeeld gevoelig voor het chloridegehalte, naast andere indicatoren voor de waterkwaliteit. Voor industriewater gelden geen wettelijke normen, maar er zijn vaak wel afspraken gemaakt omdat een te hoog chloridegehalte schadelijk kan zijn voor de industrie.

In de industriector vinden twee tegenstrijdige ontwikkelingen plaats. Enerzijds zal de vraag naar water toenemen met de economische groei, anderzijds zullen efficiëntere installaties en gesloten waterketens, eventueel gestimuleerd door beleid, de vraag weer doen afnemen. De scenario's binnen het Deltaprogramma houden rekening met een maximum bandbreedte van *Rust* (-40%) tot *Stoom* (+15%) in 2050. Bij *Druk* krimpt de vraag met 30% en in *Warm* daalt de vraag tot 2050 met 10%. Dit hangt samen met verschillen in economische groei en klimaatverandering.

Voor de berekening van het droogterisico zijn de industriegebieden met de grootste proceswatervraag geanalyseerd waar alleen achtergrondconcentraties voor chloride een rol spelen (zie Figuur 38). Industrielocaties (die oppervlaktewater gebruiken) waar externe verzilting en interne verzilting⁶³ een rol spelen kunnen met het huidige instrumentarium nog niet goed gemodelleerd worden. Dit is het geval voor West-Nederland. Voor West-Nederland met de industriegebieden in Groot-Rijnmond, West-Noord-Brabant, Zuidoost Zuid-Holland spelen externe verzilting en interne verzilting een belangrijke rol. Om voor deze gebieden bruikbare data te vinden moeten de fysieke processen nauwkeuriger worden gemodelleerd. Dit is niet mogelijk in deze economische analyse. Vanwege de omvang van de vraag in Groot-Rijnmond is voor het deel dat water uit het Bernisse – Brielse Meer gebruikt wel een aanvullende analyse gedaan.

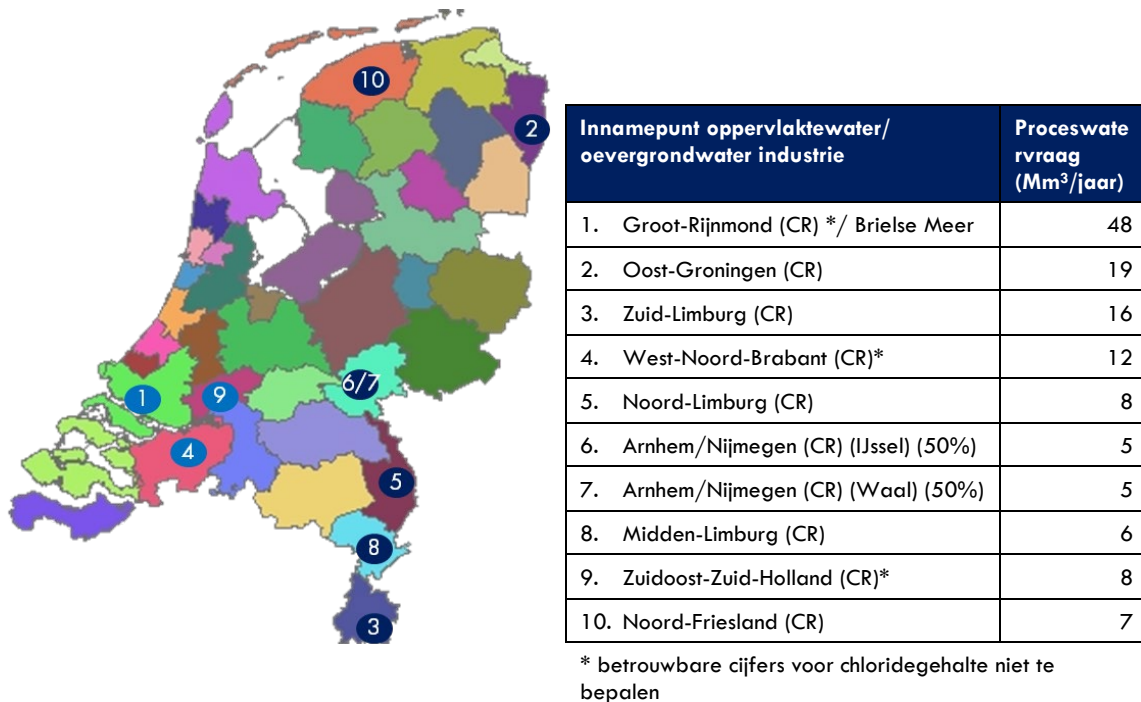
De watervraag in gebieden met informatie dekt daardoor slechts een deel van de totale vraag af. Het berekende droogterisico voor de industrie wordt daardoor onderschat.

⁶⁰ € 6,2 mln. / 43,7 mln. m³

⁶¹ Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie – Eindrapport, 2018.

⁶² Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie – Eindrapport, 2018.

⁶³ Interne verzilting is verzilting door brakke of zoute kwel, externe verzilting ontstaat door aanvoer van brak oppervlaktewater.



Figuur 38: industrielocaties met proceswatervraag

4.4.1 Specifieke correcties/analyse

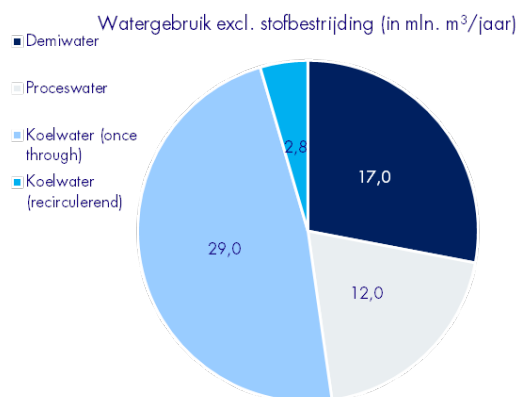
Een deel van het gebruik in Groot-Rijnmond is in fase 2 geschat op basis van een aanvullende studie.⁶⁴ Voor Groot-Rijnmond komt een deel van het water uit het Brielse Meer en een deel uit andere bronnen. Voor het Brielse Meer speelt achterwaartse verzilting en nalevering een rol.⁶⁵ De maximale concentratie van nalevering neemt naar verwachting niet toe door klimaatverandering, de duur en frequentie wel (*Stoom* en *Warm*). Vanwege de verwachte omvang van het risico van nalevering is hiervoor door Deltares een indicatieve schatting gemaakt. Achterwaartse verzilting zonder nalevering is naar verwachting beperkt doordat het netto waterstandsverschil tussen het Haringvliet en de Noordzee beperkt is en het kantelpunt in de huidige klimaatscenario's nog niet wordt bereikt.

De kosten voor nalevering (zie Tabel 17 en Figuur 39) zijn afhankelijk van de gemiddelde duur en het aantal 'events'. Een 'event' is een situatie waarin meer dan 7 dagen nalevering optreedt.

Voor recirculerende koeling (norm 250 mg/l) en proceswater (norm 150 mg/l) is aangenomen dat drinkwater wordt bijgemengd om de chlorideconcentratie onder de norm te krijgen.

⁶⁴ Deltares, Voorspellen optreden nalevering bij Bernisse, mei 2019

⁶⁵ Nalevering is het proces waarbij door windopzet eerst zout via de Nieuwe Waterweg, Oude Maas en Spui het Haringvliet instroomt (achterwaartse verzilting) en bij gesloten Haringvlietssluisen weer terug stroomt via het Spui naar het noorden (nalevering) en voor langdurige verhoging van de chlorideconcentraties bij Bernisse /Brielse Meer kan zorgen.



Figuur 39: watergebruik industrie Brielse Meer

Voor de demiwatervraag moeten extra kosten voor chemicaliën en energiegebruik worden gemaakt bij een te hoog chloridegehalte. In totaal is het jaarlijks risico in de *Referentie* 0,9 miljoen per jaar. Dit neemt toe met 0,3 miljoen euro per jaar in *Warm* en 0,6 miljoen euro per jaar in *Stoom*.

De toename in *Stoom* is gevolg van de grotere watervraag, terwijl de watervraag krimpt in *Warm*.

Tabel 17: droogterisico per scenario Brielse Meer 2050⁶⁶, (excl. btw, prijspeil 2017)

	Referentie/ Druk/ Rust	Warm	Stoom
Aantal events	41 per 100 jaar	51 per 100 jaar	51 per 100 jaar
Duur events	26 dagen	30 dagen	30 dagen
Risico koelwater per event	€ 0,11 mln.	€ 0,11 mln.	€ 0,15 mln.
Risico proceswater per event	€ 1,80 mln.	€ 1,87 mln.	€ 2,39 mln.
Risico demiwater per event	€ 0,31 mln.	€ 0,36 mln.	€ 0,36 mln.
Gemiddeld risico per jaar	€ 0,91 mln.	€ 1,20 mln.	€ 1,48 mln.

4.4.2 Resultaten industrie

Tabel 18 laat het maximum aantal dagen zien per scenario dat de normwaarden overschreden worden. Het maximum aantal dagen neemt in de scenario's *Warm* en *Stoom* voor enkele locaties toe t.o.v. de *Referentie*. De gebruikte 30-jarige klimaatreeks voor 2100 bleek minder extreem dan de 100-jarige reeks voor 2050 en de *Referentie*. Resultaten van de 30-jarige reeks zijn daarom gebruikt om een representatieve 100-jarige reeks via extrapolatie te benaderen, net als bij drinkwater. Door de benadering zijn de resultaten minder nauwkeurig en minder vergelijkbaar met de resultaten die daadwerkelijk gebaseerd zijn op 100 jaar.

⁶⁶ Het berekende risico is een boveninschatting, doordat is aangenomen dat de gemiddelde concentratie chloride bij een naleveringsevent 400 mg/l bedraagt. Waarschijnlijk ligt gemiddelde concentratie lager.

Tabel 18: sluitingsdagen voor verschillende scenario's bij verhoogde chloride achtergrondconcentraties (excl. interne/externe verzilting)

Innamepunt oppervlaktewater/ oevergrondwater	Toetswaarde # dagen overschrijding	Ref 17	Rust '50	Druk '50	Warm '50	Stoom '50	Rust '00**	Druk '00**	Warm '00**	Stoom '00**
Groot-Rijnmond (CR)*	chloride >150 mg/liter	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Oost-Groningen (CR)	chloride >150 mg/liter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zuid-Limburg (CR)	chloride >150 mg/liter	11	13	13	70	69	12	12	83	82
West-Noord-Brabant (CR)	chloride >150 mg/liter	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Noord-Limburg (CR)	chloride >150 mg/liter	0	0	0	3	3	0	0	5	5
Arnhem/Nijmegen (CR) (IJssel/Waal)	chloride >150 mg/liter	9	0	0	89	89	0	0	162	162
Midden-Limburg (CR)	chloride >150 mg/liter	0	0	0	3	3	0	0	5	5
Zuidoost-Zuid-Holland (CR)*	chloride >150 mg/liter	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Noord-Friesland (CR)	chloride >150 mg/liter	0	0	0	0	0	0	0	0	0

In *Stoom* neemt het risico toe tot 1 miljoen euro in 2050 en 2 miljoen euro per jaar in 2100 maar zonder de industrie in West-Nederland (Tabel 19). De inschatting voor het risico bij nalevering in Brielse Meer bedraagt € 1,5 mln. per jaar ofwel € 0,6 mln. extra ten opzichte van de *Referentie*.

Voor het scenario *Warm* is het risico gelijk, respectievelijk 1 miljoen euro en 2 miljoen euro eveneens zonder effecten voor West-Nederland. De inschatting voor het risico bij nalevering rond het Brielse Meer bedraagt 1,2 miljoen euro per jaar ofwel 0,3 miljoen euro extra ten opzichte van de *Referentie*.

Voor de scenario's *Druk* en *Rust* is het risico in 2050 en 2100 verwaarloosbaar. In 2100 neemt het aantal dagen dat een overschrijding optreedt met 1 dag af in Zuid-Limburg. Het risico blijft verwaarloosbaar.

Tabel 19: droogterisico voor verschillende scenario's (excl. btw, prijspeil 2017)

2050 (2100 indien afwijkend)	Referentie, Rust, Druk		Stoom '50 (2100)		Warm '50 (2100)	
	Extra reser- vecapaciteit (mln. m³)	Jaarkosten (mln. euro) **	Extra reser- vecapaciteit (mln. m³)	Jaarkosten (mln. euro)**	Extra reser- vecapaciteit (mln. m³)	Jaarkosten (mln. euro)**
Groot-Rijnmond (CR) incl. Brielse Meer*	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Oost-Groningen (CR)	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Zuid-Limburg (CR)	0,1 (0,0)	0,02 (0,01)	2,5 (3,1)	0,63 (0,77)	2,6 (3,2)	0,64 (0,76)
West-Noord-Brabant (CR)	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Noord-Limburg (CR)	0,0	-	0,1	0,02 (0,03)	0,1	0,02 (0,03)
Arnhem/Nijmegen (CR)	-0,2	-	2,5 (4,2)	0,55 (1,04)	2,2 (4,2)	0,55 (1,04)
Midden-Limburg (CR)	0,0	-	0,0 (0,1)	0,01 (0,02)	0,0 (0,1)	0,01 (0,02)
Zuidoost-Zuid-Holland (CR)*	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Noord-Friesland (CR)	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Totaal 2050	0,1 + p.m.	0,02+ p.m.	4,8 + p.m.	1,21 + p.m.	4,9 + p.m.	1,22 + p.m.
Totaal 2100	0,0 + p.m.	0,01+ p.m.	7,5 + p.m.	1,86 + p.m.	7,6 + p.m.	1,88 + p.m.
Brielse Meer 2050	Mengen en ontzilten	€ 0,91	Mengen en ontzilten	€ 1,20	Mengen en ontzilten	€ 1,48
Totaal 2050 incl. Brielse Meer	0,1 + p.m.	€ 0,93+ p.m.	4,8 + p.m.	€ 2,41 + p.m.	4,9 + p.m.	€ 2,70 + p.m.

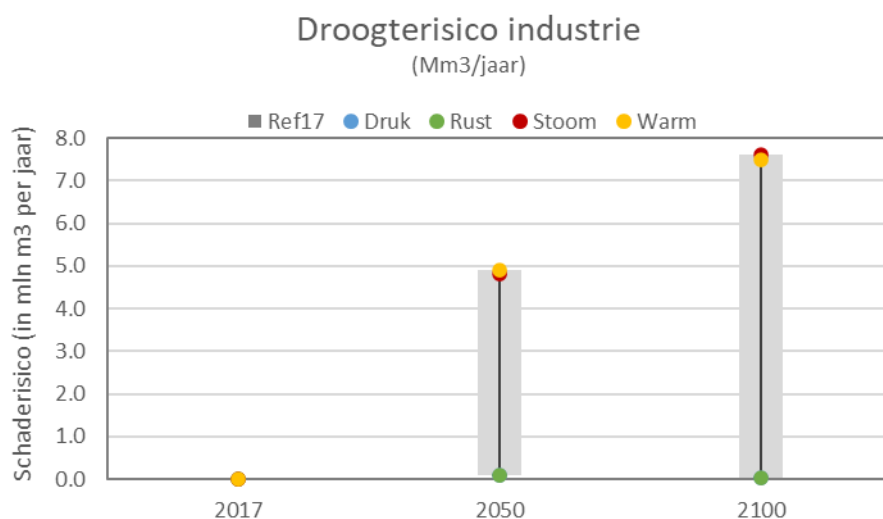
*Cijfers niet beschikbaar, **Kental USG effectmodule Ecorys o.b.v. gem. kosten demiwater

De standaard risicoberekening komt uit op een toename van het droogterisico t.o.v. de *Referentie* voor *Stoom* en *Warm* (zie Figuur 40 en Figuur 41). In de *Referentie* is aangenomen dat het droogterisico nul is omdat niet leveren voor de industrie meer kost dan investeren in een alternatieve/reserve watervoorziening. Voor het Brielse Meer geldt dat in de huidige situatie wel schade optreedt (€ 0,9 mln. per jaar). Voor het berekenen van het welvaartseffect gaat het om het verschil dat een maatregel hierop kan maken.

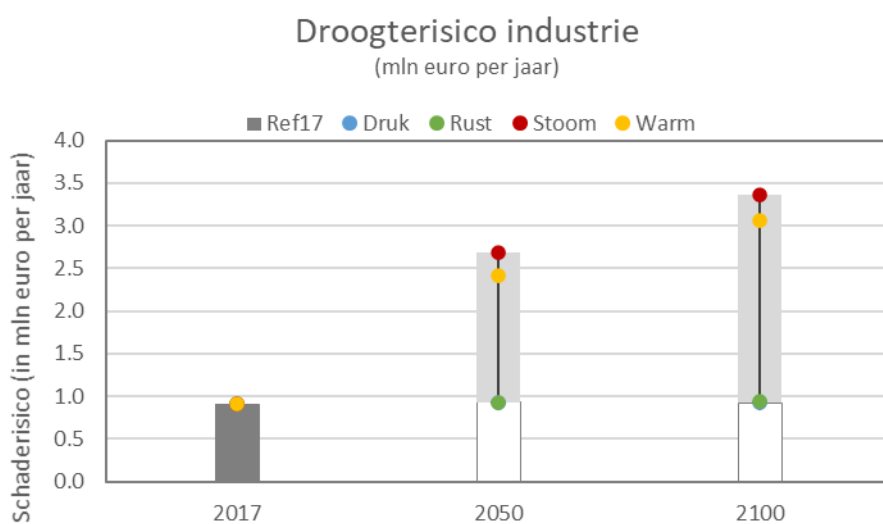
Bij toename van het droogterisico is extra capaciteit nodig. De kosten van deze capaciteit zijn berekend o.b.v. de kosten van demiwaterproductie.⁶⁷

In de figuren is de toename van het risico bij het Brielse Meer (*Stoom* en *Warm*) alleen weergegeven voor wat betreft het droogterisico, omdat het risico is opgebouwd uit de kosten van bijmengen van drinkwater en demiwaterproductie. Aangenomen is dat het effect in 2100 gelijk is aan 2050.

⁶⁷ USG-Chemelot, €0,25/ m3, bron Ecorys



Figuur 40: ontwikkeling benodigde reservecapaciteit per zichtjaar en scenario (excl. Brielse Meer, excl. btw, prijspeil 2017)



Figuur 41: ontwikkeling droogterisico per zichtjaar en scenario (incl. Brielse Meer, excl. btw, prijspeil 2017)

De resultaten per zichtjaar zijn vertaald in een contante waarde van het droogterisico in 2020 (zie Tabel 20).

Tabel 20: droogterisico en contante waarde droogterisico (incl. Brielse Meer) in mln. euro (excl. btw, prijspeil 2017)

Scenario	Ref 2017	Druk	Rust	Stoom	Warm
Risico 2050	€ 0,9	€ 0,9	€ 0,9	€ 2,7	€ 2,4
Risico 2100	€ 0,9	€ 0,9	€ 0,9	€ 3,4	€ 3,1
CW incl. 2100 data	€ 20	€ 20	€ 20	€ 45	€ 41
CW excl. 2100 data	€ 20	€ 20	€ 20	€ 43	€ 40
CW t.o.v. Referentie	€ -	€ 0	€ 0	€ 23	€ 20

4.4.3 Duiding en conclusies

Voor de industrie treedt een droogterisico op in de Deltascenario's *Stoom* en *Warm*. Het droogterisico ligt dan op ruim 1,5 miljoen euro per jaar in 2050 en ruim 2 miljoen euro per jaar in 2100 hoger dan de *Referentie*. De contante waarde hiervan ten opzichte van de *Referentie* bedraagt 20-25 miljoen euro.

In deze cijfers is het droogterisico in West-Nederland nog niet meegenomen. Dit droogterisico zal naar verwachting groter zijn dan het nu berekende droogterisico door de omvang van de ontbrekende proceswatervraag en de gevoeligheid van dit gebied voor de effecten van klimaatverandering. Een schatting op basis van de verwachte extra benodigde reservecapaciteit (5 mln. tot 15 mln. m³ in scenario *Warm* volgens KWR⁶⁸) zou uitkomen op maximum € 4 mln. in totaal voor Nederland.

In de Deltascenario's *Rust* en *Druk* is het droogterisico met uitzondering van het Brielse Meer ten opzichte van het huidige klimaat verwaarloosbaar. Dit geldt waarschijnlijk ook voor de gebieden waarvoor nu geen informatie beschikbaar is.

Voor het Brielse Meer mag er niet vanuit worden gegaan dat het droogterisico nu nihil is. Ook in het huidige klimaat treedt schade op. De gemaakte inschatting voor Brielse Meer bedraagt 0,9 miljoen euro en neemt toe in *Warm* en *Stoom* met respectievelijk 0,3 miljoen euro en 0,6 miljoen euro. Mogelijk zijn er nu al maatregelen die vanuit maatschappelijk welvaartspectief voordelig zijn om te implementeren.

De CW in 2020 is inclusief Brielse Meer 45 miljoen euro voor *Stoom* en 41 miljoen euro voor *Warm*. Voor de overige scenario's is de CW in 2020 20 miljoen euro als gevolg van het risico bij het Brielse Meer.

Om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over het resterende droogterisico voor de industrie in West-Nederland/het Benedenrivierengebied is verder onderzoek nodig. De rapportage over de effectmodules geeft meer informatie over de onzekerheden in de analyse en de betrouwbaarheid.⁶⁹

De resultaten voor de overige regio's zijn waarschijnlijk een onderschatting van de daadwerkelijke effecten, doordat schade aan installaties en/of additionele operationele kosten door bijmenging van drinkwater (m.u.v. Brielse Meer) of inzet van corrosie-inhibitors niet is geschat. Opgemerkt moet worden dat ook toename van het (regionale) industrieel gebruik voor koeling van datacenters (nog) niet is meegenomen in de prognose van de vraagontwikkeling. In de Deltascenario's is met een algemeen percentage gerekend. Aan de regio's is gevraagd aan te geven of er bovenop de prognose in de Deltascenario's rekening gehouden moet worden met een andere vraagontwikkeling. Eventueel kan dit in een vervolg als maatregel worden meegenomen.

De hoogte van het risico is ten opzichte van de netto omzet en productiekosten van de industrie beperkt. De industrie die van oppervlaktewater afhankelijk is, heeft een netto omzet van 228 miljard euro per jaar. Het jaarlijkse droogterisico van een paar miljoen valt daarbij in het niet en lijkt geen bedreiging voor de levensvatbaarheid van de industrie.

⁶⁸ Bron Ecorys (2017), Effecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie

⁶⁹ Deltares (2019), Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte

4.5 NATUUR

Binnen de natuur is onderscheid gemaakt tussen grondwaterafhankelijke natuur (merendeel van terrestrische natuur) en natuur in en langs de grote rivieren (groot deel van aquatische natuur). Voor de overige natuur, zoals veenplassen, het IJsselmeer, en duingebieden was analyse nog niet mogelijk.

De watervraag voor de grondwaterafhankelijke natuur hangt sterk af van de ontwikkeling van het natuur- en waterbeleid, zoals de ruimte voor natuurgebieden en keuze voor peilbeheer, en de klimaatverandering (neerslagvolume en temperatuur). Het is soms moeilijk om aan de hoge kwaliteitseis van natuurgebieden te voldoen: water uit het hoofdwatersysteem heeft vaak een te hoog sulfaatgehalte of is in ander opzicht van onvoldoende kwaliteit. Dit zorgt ervoor dat waterbeheerders in tijden van droogte moeten kiezen tussen verdrogen en vervuilen.

De natuur in en langs de grote wateren, stelt andere eisen. Er is geen sprake van een vaste benodigde watervraag. Belangrijk zijn waterdiepte en grondwaterstanden, chloridegehalte, stroomsnelheid en de aanwezigheid van getijde. Deze factoren variëren sterk in tijd en plaats. Soorten of ecosystemen vestigen zich hierdoor, verplaatsen zich of verdwijnen. Grotere fluctuaties in het waterpeil tussen de seizoenen stellen andere eisen aan de aanwezige natuur.

Ten opzichte van de huidige situatie neemt het areaal natuur in alle Deltascenario's toe. Deze toename is niet meegenomen in de analyse. Veranderingen in natuurwaarde zijn daarom het gevolg van de verandering in de ecotootypes en de kwaliteit ervan.

4.5.1 Aandachtspunten analyse

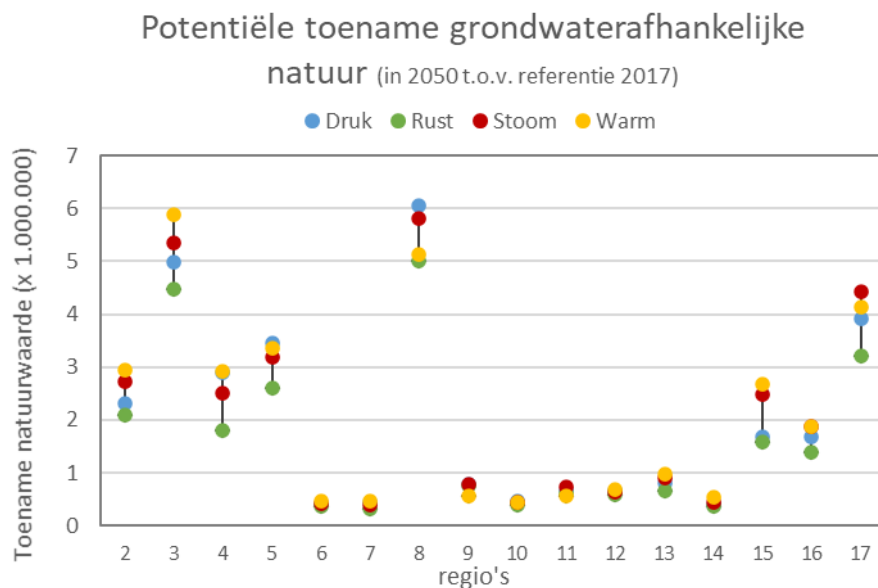
Klimaatverandering heeft geen eenduidige invloed op natuurgebieden. Toenemende droogte en toenemende neerslag kunnen beide zowel kansen als bedreigingen vormen afhankelijk van de beschouwde soort of het ecotootype. De beoordeling van of het ene type natuur beter is dan het andere is niet eensluidend. Het verdwijnen van soorten wordt doorgaans wel als negatief gezien. Doordat de effecten voor de verschillende types natuur vooralsnog niet optelbaar zijn, is het lastig om de effecten op de natuur onder één noemer te brengen. De resultaten voor de grondwaterafhankelijke natuur en de riviernatuur worden daarom apart benoemd en een toename en afname van natuurwaarde worden niet gesaldeerd.

Een ander aandachtspunt is dat beide modules nieuw zijn en nog niet alle effecten en natuuronderdelen te modelleren zijn. De resultaten van de analyses moeten daarom met de nodige voorbehouden gebruikt worden.⁷⁰

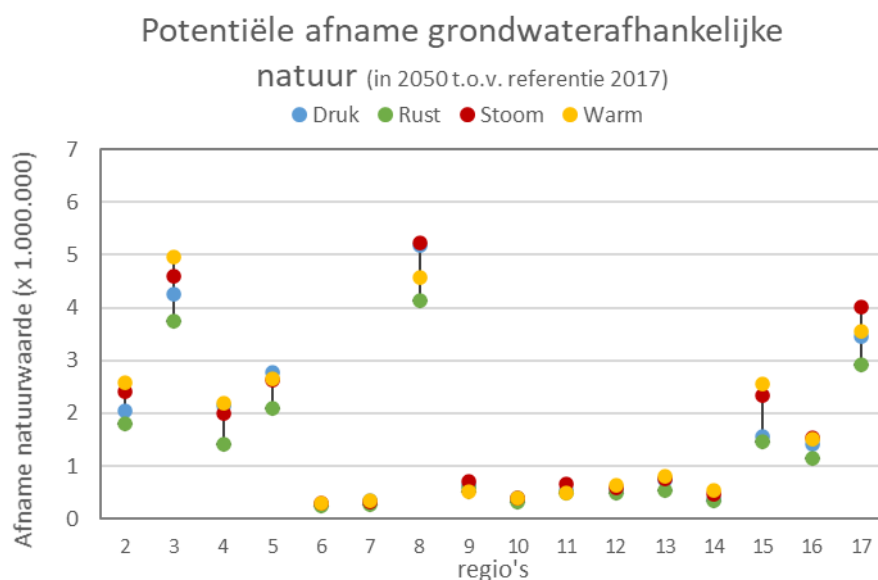
⁷⁰Inmiddels zijn de resultaten en inzichten uit 2019 achterhaald door aanpassingen aan de modellen. De vervolganalyse door KWR van het maatregelpakket in 2020 voor de *Referentie* en *Stoom* leverde op dat er in de input van de berekeningen in fase 2 onjuiste waarden zijn gebruikt. Voor *Stoom* is er nog steeds een potentiële toename. Nieuwe resultaten van KWR zijn echter te laat beschikbaar om te worden verwerkt in de MKBA. Resultaten voor andere scenario's zijn niet bepaald, waardoor de fase 2-resultaten sowieso niet geüpdatet kunnen worden. Doordat de potentiële toename en afname van de natuurwaarde alleen gebruikt worden voor het nulalternatief en niet voor de beoordeling van het maatregelpakket is de impact beperkt. Aanbevolen wordt de aanpak voor natuur door te ontwikkelen, zodat bij een volgende economische analyse het risico op tussentijdse wijzigingen in aanpak en modellen beperkt is.

4.5.2 Resultaten grondwaterafhankelijke natuur

Voor de 'terrestrische' natuur zijn er verschuivingen in natuurwaarde⁷¹ in 2050 ten opzichte van de Referentie (zie Figuur 42 en Figuur 43).



Figuur 42: absolute potentiële natuurtoename per regio en Deltascenario

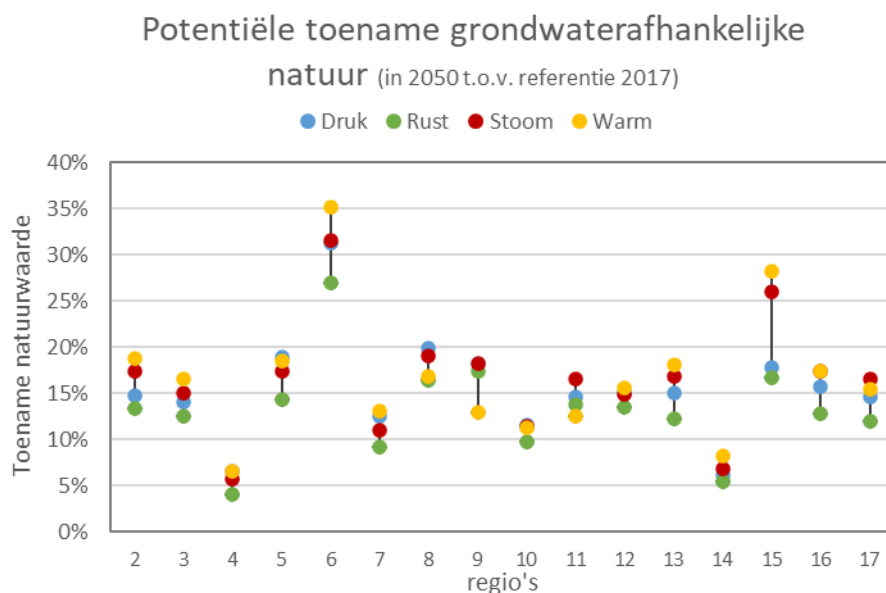


Figuur 43: absolute potentiële natuurafname per regio en Deltascenario

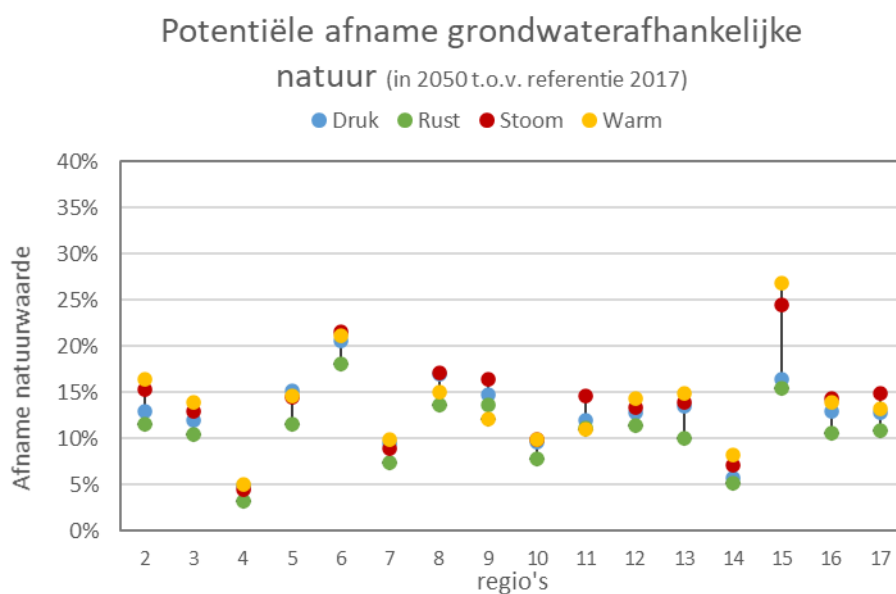
De effecten zijn absoluut groot op de Hoge Zandgronden (regio 2, 3, 4, 5) en voor het IJsselmeergebied (8, 15, 16, 17) m.u.v. Noord-Holland (9).

⁷¹ Natuurwaarde is bepaald volgens procentueel geschaalde Gelderland methode. Zie verder KWR 2019.

In totaal is de toename in natuurwaarde op basis van de fase 2-resultaten groter dan de afname. Het gaat echter om andere ecotopen waardoor ze niet gesaldeerd mogen worden. Toename is er voor bossen en struwelen op vochtige, voedselarme, zure bodems (H41),⁷² pioniersvegetaties en graslanden op natte, voedselarme, zwak zure bodems (K22) en pioniersvegetaties, graslanden en ruigten op voedselrijke bodem (K27). De afname betreft de drogere ecotopen, bijv. bossen en struwelen op droge, voedselarme, zure bodems (H61) en pioniersvegetaties op droge, voedselarme en zure bodems (K61).



Figuur 44: relatieve potentiële toename natuurwaarde per regio en Deltascenario



Figuur 45: relatieve potentiële afname natuurwaarde per regio en Deltascenario

⁷² Zie voor codes bijlage met omschrijving gebruikte ecotootypes.

Relatief liggen de toenames en afnamen van natuurwaarden meestal tussen de 10%-20%, zie Figuur 44 en Figuur 45.

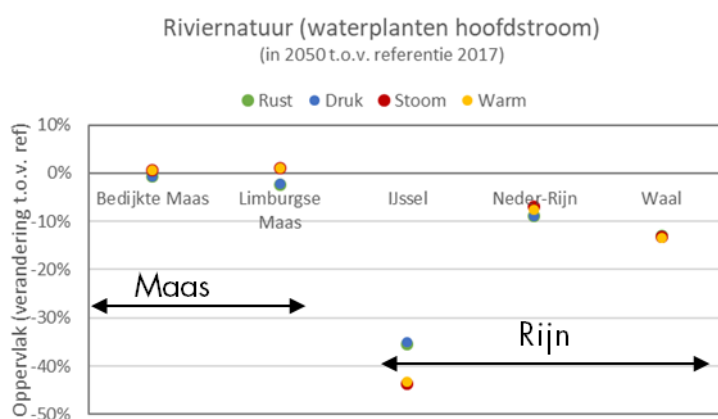
Een grote relatieve toename in natuurwaarde wordt verwacht in het rivierengebied noord (regio 6) en de IJsselmeerpolders (regio 15) in *Stoom* en *Warm* door toename van pioniersvegetaties, grasland en ruigten op natte matig voedselrijke bodems (K27) en in het IJsselmeergebied door de toename van bossen en struwelen op natte, matig voedselrijke bodems (H27). In deze twee gebieden zijn er tegelijkertijd grote relatieve afnamen. Het gaat dan om bossen en struwelen (H47 en H48), pioniersvegetaties en graslanden (K47 en K48) op vochtige matig en zeer voedselrijke bodems. In Zuid-Limburg (regio 14) en op de Centrale hoge zandgebieden (regio 4) zijn relatief weinig veranderingen.

4.5.3 Resultaten riviernatuur

Voor de natuur in de grote rivieren en uiterwaarden zijn de resultaten per Deltascenario bepaald voor:

- Waterplanten in de hoofdstroom;
- Waterplanten in de uiterwaarden;
- De plantenbedekking in het zachthoutoobos in de uiterwaarden;
- De plassen die geschikt zijn voor populatie van twee amfibieën: de kamsalamander en de rugstreeppad.

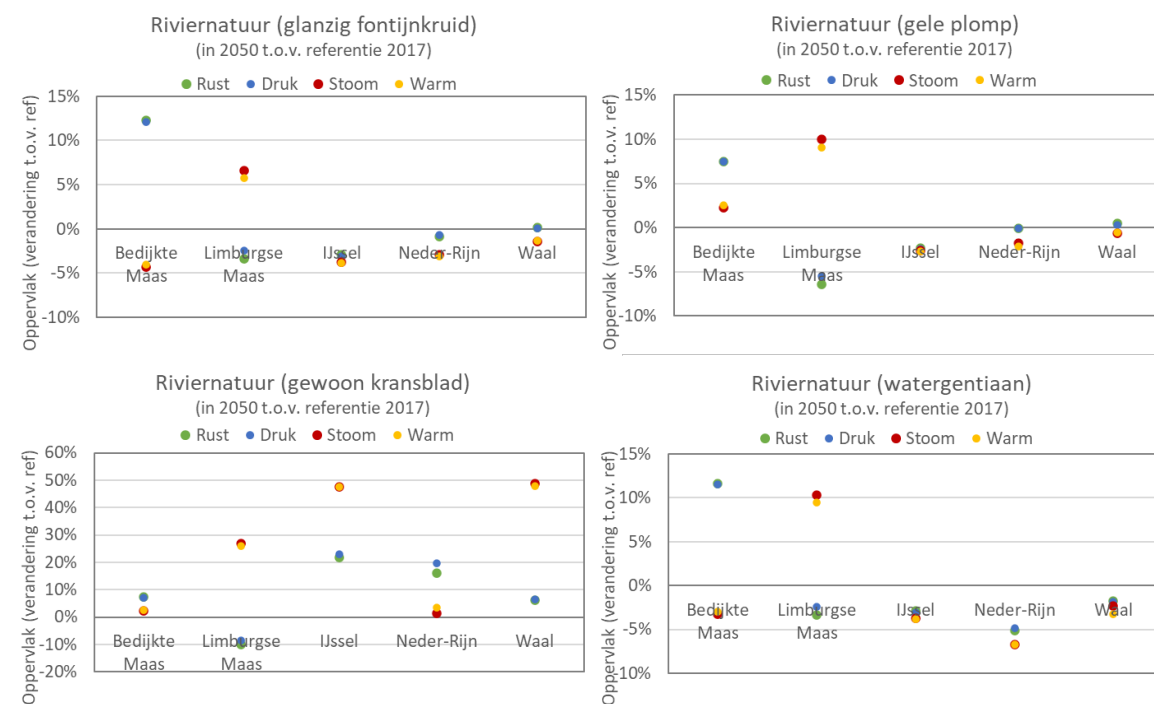
De situatie voor waterplanten in de Rijnhoofdstroom verslechtert maar voor de Maastakken verandert er weinig (zie Figuur 46). Het potentieel areaal van ondergedoken waterplanten in de hoofdstroom neemt in de Rijn af als gevolg van lagere rivierpeilen, met name in de vrij afstromende IJssel. Voor de bedijkte Maas zijn er nauwelijks veranderingen in rivierpeil en dus het areaal waterplanten. Voor de Limburgse Maas is het resultaat onverwacht doordat het peil wel afneemt.



Figuur 46: potentiële ontwikkeling waterplanten riviertakken per Deltascenario

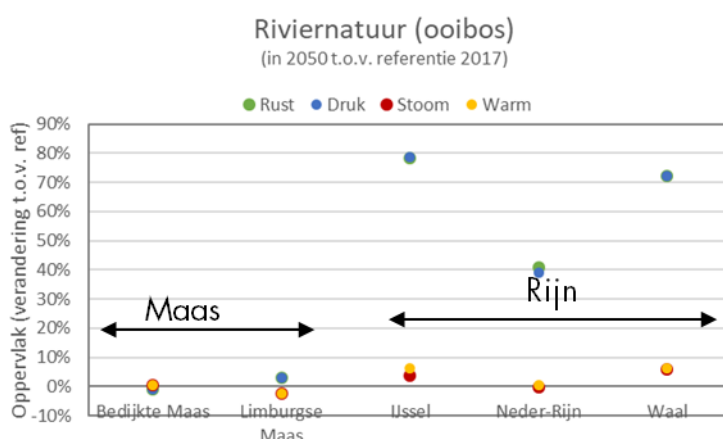
De potentiële bedekking met waterplanten van uiterwaarden varieert afhankelijk van de plantensoort en het scenario (zie Figuur 47). Soorten die baat hebben bij een stabiel waterpeil (gele plomp, watergentiaan, glanzig fonteinkruid) gaan er soms licht op achteruit (met name op de Rijntakken). Langs de Maas is het beeld hiervoor gevarieerd. Soorten die gedijen in tijdelijk

droogvallende wateren (gewoon kransblad) gaan er potentieel op vooruit, en het meest in de Deltascenario's *Warm* en *Stoom*.



Figuur 47: potentiële ontwikkeling waterplanten uiterwaarden per Deltascenario

De gewenste bedekking van het zachthoutooibosareaal in de uiterwaarden bestaand uit munt en gele lis, neemt fors toe (40%-80%) langs de Rijntakken in de gematigde klimaatscenario's (zie Figuur 48). Dit wordt verklaard door hogere voorjaarsgrondwaterstanden. Voor de Maas en de overige scenario's zijn de veranderingen beperkt.

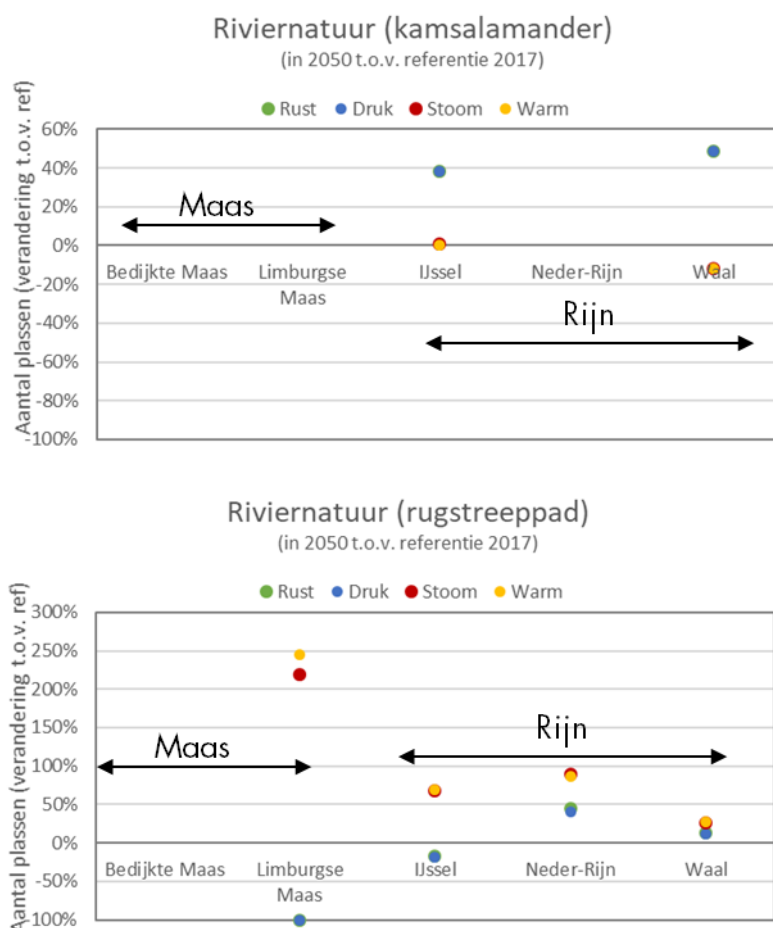


Figuur 48: potentiële ontwikkeling bedekking (munt & gele lis) zachthoutooibos per Deltascenario

De ontwikkeling van de amfibieënpopulatie per Deltascenario hangt af van de soortvoorkeur (zie Figuur 49).

Voor de ontwikkeling van natte natuur is het aantal plassen met amfibieën vergeleken bij verschillende Deltascenario's. Plassen met kamsalamanders komen voor langs IJssel en Waal, plassen met de rugstreeppad in vier van de vijf riviertakken, maar niet langs bedijkte Maas.

De kamsalamander komt voor in diepere wateren zonder droogval en profiteert daarom in *Druk* en *Rust*. De rugstreeppad gedijt in ondiepere wateren die geheel droogvallen in de zomer. Als gevolg daarvan profiteert de rugstreeppad vooral in de warmere Deltascenario's. Gemiddeld gaan de omstandigheden erop vooruit richting 2050. Na 2050 (niet weergegeven) nemen de condities af voor de rugstreeppad.



Figuur 49: potentiële ontwikkeling populatie kamsalamander en rugstreeppad per Deltascenario

4.5.4 Duiding en conclusies

Het algemene beeld voor de grondwaterafhankelijke natuur verbetert op basis van de resultaten van de KWR-studie in 2019 in alle Deltascenario's ten opzichte van de *Referentie* als gevolg van klimaatverandering en (autonoom) beleid. De resultaten voor de natuur in de rivieren en uiterwaarden variëren. Doordat de resultaten niet gesaldeerd en gemonetariseerd kunnen worden, kan geen totaal droogterisico per scenario worden vastgesteld.

Dit is eerste keer dat natuur in deze mate van detail wordt meegenomen in de economische analyse. Hierdoor zijn de effecten nog niet volledig of onder één noemer gebracht. Verdere ontwikkeling en validatie is gewenst.

Grondwaterafhankelijke natuur

Voor de grondwaterafhankelijke natuur zijn er grote potentiële verschuivingen in natuurwaarde van nu naar 2050, de toename is groter dan de afname: gemiddeld 14% ten opzichte van 12% volgens de resultaten in fase 2. Toename van de nattere gebieden ten koste van drogere valt deels te verklaren uit het feit dat in de Deltascenario's meer aandacht en ruimte komt voor natte natuur, zoals gebieden die van internationaal belang zijn (nieuwe generatie 'Natura 2050'-gebieden, klimaatbossen en uiterwaarden) in *Druk* of het peilbeheer wordt losgelaten en veengebieden vernatten (*Warm*). Daarnaast stijgt ook de jaarlijkse neerslagsom. Natuur is vooral gevoelig voor een droog voorjaar. In de scenario's zit een natter voorjaar en een drogere zomer. Vandaar dat de KWR-studie positieve effecten laat zien voor de natuur. De afname in natuurwaarde treedt vooral op voor de minder robuuste natuur.⁷³ In het huidige klimaat is al een kans op onherstelbare schade aan de natuur op de zandgronden als gevolg van te ver uitzakkende grondwaterstanden in zeer droge zomers.

De verschillen tussen de Deltascenario's zijn relatief klein in vergelijking met de ontwikkeling tussen nu en 2050. Tussen de regio's zijn er grote verschillen die vooral verklaard kunnen worden uit het oppervlak natuur.

Natuur in rivieren en uiterwaarden

De beplanting in en langs de Rijntakken lijkt gevoeliger voor klimaatverandering dan de Maas. De situatie voor waterplanten in de Rijntakken verslechtert in alle Deltascenario's door lagere rivierafoeren en de gewenste bedekking van het zachthoutoibosareaal in uiterwaarden langs Rijn neemt fors toe in de gematigde klimaatscenario's door de hogere voorjaarsgrondwaterstanden. Voor het stroomgebied van de Maas zijn er dan nauwelijks veranderingen. De resultaten voor de Limburgse Maas zijn echter niet goed verklaarbaar en wijken vaak af van de resultaten van andere riviertakken. Ze moeten daarom met de nodige voorzichtigheid worden beschouwd.

De ontwikkeling van amfibieën en waterplanten in de uiterwaarden geeft een minder uitgesproken beeld. Het verloop van de amfibieënpopulatie per Deltascenario hangt af van de soortvoorkeur:

- Diepere wateren zonder droogval nemen toe in *Rust* en *Druk*. Dit is positief voor de populatie kamsalamanders;
- Ondiepere wateren met droogval nemen toe in *Warm* en *Stoom*. Dit is gunstig voor de rugstreeppadden.

De potentiële bedekking met waterplanten in de uiterwaarden varieert afhankelijk van de plantensoort, de riviertak en het scenario. Hiervoor is het lastig algemene conclusies te trekken.

⁷³ Inmiddels zijn de resultaten en inzichten uit 2019 achterhaald door aanpassingen aan de modellen. De vervolganalyse door KWR van het maatregelpakket in 2020 voor de *Referentie* en *Stoom* leverde op dat er in de input van de berekeningen in fase 2 onjuiste waarden zijn gebruikt. Voor *Stoom* is er nog steeds een potentiële toename. Nieuwe resultaten van KWR zijn echter te laat beschikbaar om te worden verwerkt in de MKBA.

4.6 OVERIGE FUNCTIES

De economische effecten zijn vooralsnog alleen bepaald voor de gebruiksfuncties die de grootste effecten van droogte ondervinden: landbouw, scheepvaart, drinkwater, industrie en natuur. De effecten op andere gebruiksfuncties zoals recreatie en energie zijn naar verwachting verwaarloosbaar. Stedelijke functies, schade aan infrastructuur en hittestress zijn niet meegenomen omdat ze onderdeel uitmaken van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie. Het totale droogterisico is daardoor onderschat.

Energie

De (fossiele) energiesector is voor koelwater voornamelijk afhankelijk van oppervlaktewater. De geschiktheid van oppervlaktewater als koelwater hangt vooral samen met de temperatuur ervan, en daarmee met de mogelijkheid om het water te lozen na gebruik. Het gebruik van oppervlaktewater voor koeling is gebonden aan regelgeving om de aquatische ecologie te beschermen. Bij onvoldoende lozingsmogelijkheid moet de productie worden verminderd. Als gevolg hiervan kan mogelijk tijdelijk niet worden voldaan aan de volledige vraag naar elektriciteit.

Vanwege de verschuiving van energiecentrales naar de kust, efficiëntieverbeteringen en de transitie naar hernieuwbare energie vermindert de afhankelijkheid van de energiesector voor zoetwaterbeschikbaarheid. Aangenomen is dat het droogterisico en de noodzaak voor aanvullende maatregelen bij verdere klimaatverandering daarom beperkt of niet aanwezig zijn.

Recreatie

Binnen de recreatieve watersector is er een duidelijk verschil tussen locatiegebonden waterrecreatie zoals oeverrecreatie, en kleine watersport en toervaart. Locatiegebonden recreatie is sterk afhankelijk van de waterkwaliteit, die de recreatieve mogelijkheden en de beleving beïnvloedt. Vooral een toename van de voedselrijkdom (eutrofiëring) die algengroei veroorzaakt, is een bedreiging.

Recreatietoervaart is vooral afhankelijk van waterdieptes, stroomsnelheden en golfslag en dus waterkwantiteit. Dit geldt in het bijzonder voor het op landelijke schaal gedefinieerde Basistoervaartnet. De waterkwaliteit heeft invloed op de beleving.

Omdat de impact van klimaatverandering zowel positief als negatief is en de absolute effecten als beperkt worden verondersteld mede vanwege het feit dat vaak sprake is van verdringing is er geen analyse gedaan van het droogterisico voor recreatie. In de maatregelanalyse zijn effecten waar relevant kwalitatief beschouwd.

Stedelijke functies

De watervraag in het stedelijk gebied omvat doorspoeling en peilbeheer. Doorspoeling is vooral belangrijk om verzilting te bestrijden en zo de kwaliteit van het stedelijk oppervlaktewater te borgen.

Peilbeheer heeft als doel het oppervlaktewaterpeil op het gewenste niveau te houden en zo veel mogelijk (grond)wateroverlast en grondwateronderlast te voorkomen. Een constant grondwaterpeil voorkomt verzakkingen en kostbare schade aan funderingen. Als het grondwater te laag staat (grondwateronderlast), kunnen de houten palen gaan rotten en kan een pand verzakken. Grondwateronderlast kan ook (ongelijkmatige) zetting veroorzaken met beschadiging van boven- en ondergrondse infrastructuur als gevolg.

De effecten voor stedelijke functies op het totale droogterisico zijn niet bepaald omdat ze onderdeel uitmaken van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie. In de maatregelanalyse zijn effecten waar relevant kwalitatief beschouwd.

Veiligheid en infrastructuur

Bij de natte, droge en ondergrondse infrastructuur speelt de gevoeligheid voor zettingen en zakkingen een rol. Deze kunnen kostbare herstelwerkzaamheden met zich meebrengen. Handhaving van het grondwaterpeil is belangrijk voor de stabiliteit van waterkeringen en objecten. Veenkaden en veendijken zijn in potentie gevoelig voor droge periodes. Het effect van droogte is echter lastig te modelleren en afhankelijk van diverse factoren zoals de aanwezigheid van een hydraulische blokkade en het boezempeil. De effecten hiervan op het droogterisico zijn niet bepaald door het ontbreken van betrouwbare modellering en omdat een deel onder stedelijke functies en dus onder het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie valt. In de maatregelanalyse zijn effecten waar relevant kwalitatief beschouwd.

Het Deltaprogramma zoetwater zoekt naar een pakket van maatregelen dat een duurzame zoetwatervoorziening oplevert en vanuit maatschappelijk welvaartsperspectief voordelig is. Daarvoor hebben de regio's en RWS elk een voorkeurspakket opgesteld.

Het welvaartseffect van dit voorkeurspakket is beoordeeld door het droogterisico bij uitvoering van de verschillende maatregelen te vergelijken met het droogterisico in het nulalternatief zonder maatregelen voor het scenario *Stoom* en voor de *Referentie* (= huidig klimaat) en vervolgens het verschil af te zetten tegen de kosten van de maatregelen. Bij een positief saldo (het vermeden droogterisico $\geq$ kosten) is het pakket vanuit maatschappelijk welvaartsperspectief aantrekkelijk.

Een positief saldo is echter nog geen garantie dat dit ook een optimaal pakket is. We putten bijvoorbeeld 'alleen' uit de 180 maatregelen die gedurende het proces van samenwerking met de zoetwaterregio's de revue zijn gepasseerd. Wel verwachten we door de gevolgde aanpak die we hieronder verder toelichten dat de pakketten een redelijk hoge mate van efficiëntie zullen hebben.

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop de selectie van maatregelen en beoordeling van de pakketten heeft plaatsgevonden. De volgende hoofdstukken presenteren de resultaten per regio.

5.1 METHODE

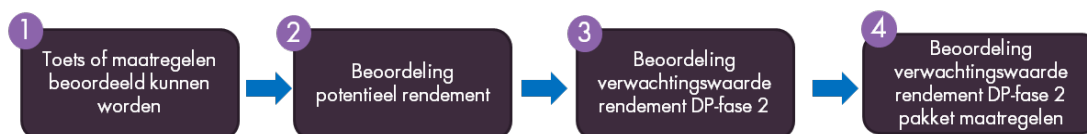
De resultaten van een doorrekening van een voorkeurspakket met het nationaal waterinstrumentarium zeggen niets over de efficiëntie van een individuele maatregel maar leveren een beeld op van de efficiëntie van het samenspel van maatregelen in dat pakket. In theorie kunnen minder rendabele of onrendabele maatregelen ongewenst meeliften of andersom kunnen een paar zeer onrendabele maatregelen het totale maatregelenpakket maatschappelijk onvoordelig maken. Dit wil je voorkomen met het oog op het aanleveren van de juiste beslisinformatie voor besluitvorming over het toekennen van investeringsmiddelen.

Daarom is voor alle maatregelen afzonderlijk een analyse gedaan en een pakket samengesteld met economisch kansrijke maatregelen. Dit is een pakket dat bestaat uit maatregelen met elk afzonderlijk een positief of neutraal kosten-batensaldo.

Vanwege beperkingen in doorlooptijd en middelen was het niet mogelijk een gedetailleerde MKBA voor elke maatregel uit te voeren maar is volstaan met een beknopte analyse van de ongeveer 180 maatregelen die zijn aangeleverd door de regio. Om het proces te structureren is een vierstappenplan ontwikkeld (zie Figuur 50), waarin de beoordeling van grof naar fijn gaat, maar waarin ook de laatste stap niet het detailniveau van een volwaardige maatschappelijke kosten-batenanalyse voor elke maatregel heeft. Vanwege de benoemde beperkingen is dit het maximaal haalbare detailniveau waarop de economische beoordeling van de maatregelen plaats kan vinden.

Op hoofdlijnen is de aanpak als volgt:

1. Selectie van de maatregelen die in aanmerking komen voor de analyse. Dat zijn maatregelen waarvoor voldoende informatie beschikbaar is om een kwantitatief kostenbatensaldo te bepalen.
2. Beoordeling of de kosten van de maatregelen laag genoeg zijn om als maatregel potentieel rendabel te kunnen zijn. Dit gebeurt op basis van een benchmark.
3. Bepaling of de maatregelen *de komende fase* van het Deltaprogramma (2022-2027) naar verwachting rendabel worden. Daarvoor wordt beoordeeld of de jaarlijkse verwachtingswaarde van het vermeden droogterisico bij inzet van een maatregel in de komende periode, hoger ligt dan de jaarlijkse kosten.
4. Ten slotte de vaststelling of de combinatie van de maatregelen effectief en efficiënt is. Sommige maatregelen zijn niet combineerbaar (niet effectief) en als het oplossend vermogen van de maatregelen samen hoger ligt dan het tekort kan de maatregelcombinatie minder effectief en dus ook minder efficiënt zijn.



Figuur 50: aanpak op hoofdlijnen

Vervolgens zijn de maatregelen uit het voorkeurspakket en het economisch kansrijke pakket die konden worden gemodelleerd⁷⁴ door Deltares geanalyseerd met het nationaal waterinstrumentarium. Met deze resultaten is de eerdere maatregelenanalyse geactualiseerd. Hierbij is direct ook nieuwe informatie meegenomen die nadien tijdens het proces beschikbaar kwam uit de regio. Doordat ook van enkele economisch kansrijke maatregelen die niet in het voorkeurspakket zijn opgenomen resultaten beschikbaar zijn, is het mogelijk een indicatie te geven van de mate waarin het saldo van het voorkeurspakket verbeterd kan worden. In de volgende paragrafen lichten we per stap de aanpak toe.

5.2 STAP 1: TOETS OP MOGELIJKHEID TOT BEOORDELING

In stap 1 is een aantal maatregelen afgevalen voor de beoordeling. Er zijn drie hoofdredenen waarom een maatregel kan zijn vervallen:

1. De maatregel is een pilot of een onderzoek. De effectiviteit van deze maatregelen kan in veel gevallen (nog) niet worden uitgerekend (of alleen bij veel aanvullend onderzoek). Bij een pilot of een onderzoek zijn de onderzoekskosten bekend. De implementatiekosten en het hydrologische effect kunnen meestal nog niet worden bepaald. Deze data is nodig om het hydrologisch potentieel en het verwachte economische rendement te bepalen. Dit is meestal het doel van een pilot of onderzoek. Pilots en onderzoeken zijn wel opgenomen in de voorkeursstrategie maar worden in deze analyse niet beoordeeld op economische rentabiliteit.

⁷⁴ Niet alle maatregelen kunnen met het zoetwaterinstrumentarium worden geanalyseerd. Maatregelen die niet gemodelleerd konden worden met het landelijk instrumentarium zijn met een nieuw ontwikkelde methode ('kentallenaanpak') beoordeeld.

2. Het is een maatregel die betrekking heeft op peilbeheer in het veenweidegebied (met onderwaterdrainage). Deze vallen voor het Deltaprogramma Zoetwater onder externe ontwikkelingen. De maatschappelijke relevantie van dit type maatregelen zou kunnen worden afgeleid uit een vergelijking van resultaten voor het Deltascenario *Druk-Parijs* met *Druk*.⁷⁵ Door ondertekening van het Klimaatakkoord van Parijs is de impliciete aanname dat deze maatregelen worden uitgevoerd als gevolg van klimaatafspraken. De maatregelen worden echter niet gefinancierd door het Deltaprogramma Zoetwater en vormen daarom geen onderdeel van het te beoordelen pakket voor hetzelfde Deltaprogramma.
3. Het is een maatregel die betrekking heeft op operationeel beheer. Als de effecten van zo'n maatregel niet concreet te kwantificeren zijn, kunnen we de maatregel hier niet beoordelen. Ze zijn wel opgenomen in de voorkeursstrategie. De studie slim watermanagement⁷⁶ ondersteunt de veronderstelling dat veel van deze maatregelen een positief kosten-batensaldo hebben. Hoeveel budget hiervoor verstandig is te reserveren, is een politiek-bestuurlijke keuze.

Daarnaast bleken enkele maatregelen dubbel te zijn aangeleverd of was er onvoldoende bekend over de invulling van de maatregel, de kosten en (hydrologische) effecten om de maatregelen te beoordelen.

5.3 STAP 2: BEOORDELEN POTENTIEEL RENDEMENT

In stap 2 is het maximum haalbare rendement van een maatregel bepaald. Dit doen we door per maatregel de jaarlijkse kosten en het potentiële hydrologische effect te bepalen. De verhouding tussen deze twee factoren vergelijken we met een (normatieve) benchmark, die als proxy dient voor de (veronderstelde maatschappelijke) betalingsbereidheid. Hoeveel mag een kubieke meter water maximaal kosten?

Maatregelen die in de meest nijpende omstandigheden (de omstandigheid waarbij een tekort aan water optreedt) onvoldoende effect hebben om de jaarlijkse kosten te rechtvaardigen, zullen zonder positieve neveneffecten op andere onderdelen dan watertekorten nooit een positief welvaartssaldo opleveren.

Hoe berekenen we de jaarlijkse kosten?

De investeringskosten drukken we uit in de jaarlijkse annuïteit (zie Kader 2, Hoofdstuk 2). De investering van de maatregel wordt dan vertaald in een serie van gelijke kasstromen gedurende de looptijd van een investering. De investeringskosten worden als het ware 'uitgesmeerd' naar een vast bedrag per jaar zoals bij een annuïteitenhypotheek. De jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud en energie worden hierbij opgeteld. Het voordeel van een vast jaarbedrag is dat het jaarlijkse kostenbedrag direct kan worden vergeleken met de verwachtingswaarde van de effecten per jaar. Het punt waar de kosten- en batenlijnen elkaar snijden is het punt waarop het kosten-batensaldo van teken verandert, en in dit geval de investering meestal hogere baten heeft dan

⁷⁵ Voor de gebruiksfunctie landbouw zijn geen bruikbare gegevens voor *Druk-Parijs* beschikbaar gesteld waardoor de cijfers voor dit scenario niet in de MKBA zijn opgenomen en de gevoeligheidsanalyse niet in deze MKBA heeft kunnen plaatsvinden.

⁷⁶ Stratelligence & Witteveen+Bos, Economische effecten en kosten van Slim Watermanagement, oktober 2019.

kosten.⁷⁷ Bij een blijvende opgave, dat wil zeggen de eerste investering wordt blijvend opgevolgd met vervangingsinvesteringen, is dat moment gelijk aan het optimale investeringsmoment. Als je eerder investeert, neem je een periode mee met hogere kosten dan baten, en als je later investeert mis je een stukje potentiële winst.

Data van de zoetwaterregio zijn waar nodig gecorrigeerd om te zorgen dat alle bedragen inclusief btw⁷⁸, objectoverstijgende risico's en in prijspeil (PP) januari 2020⁷⁹ zijn uitgedrukt. Wanneer de regio niet zelf kosteninformatie heeft aangeleverd, is in voorkomende gevallen een voorstel gedaan dat door de zoetwaterregio is geaccordeerd.

Hoe berekenen we het hydrologische effect?

We gaan uit van de door de zoetwaterregio opgegeven extra te realiseren waterbeschikbaarheid in m³ per jaar. Als er twee waarden zijn opgegeven, één voor een gemiddeld jaar en één voor een droog jaar, is in stap 2 de hoogste waarde gebruikt. In deze stap onderzoeken we immers het maximum hydrologisch rendement. Dat ontstaat bij het maximaal realiseerbare leveringspotentieel. Als er door de regio's geen waarde is opgegeven, is in een aantal gevallen een voorstel gedaan door Deltares dat is overgenomen.

Hoe is de benchmark bepaald?

Om te beoordelen of de kosten van de maatregel laag genoeg zijn, is het potentieel te vermijden economisch risico per m³ geïnventariseerd, als maatstaf voor de maximale betalingsbereidheid⁸⁰ voor een m³. Deze waarde in euro's per m³ verschilt per voorzieningsgebied en gebruiker. De industrie en drinkwatersector hebben doorgaans geen tekort aan water, maar aan water met voldoende kwaliteit (zie paragraaf 4.3 en 4.4). Bij onvoldoende kwaliteit zijn extra zuiveringsslagen nodig. Maatregelen gericht op de drinkwatersector of de industrie beperken het aantal dagen met een te hoge hoeveelheid opgeloste stoffen of vormen een alternatieve levering van water gedurende (een deel van) die periode. De benchmark is in dit geval gebaseerd op de kosten per m³ om het water extra te zuiveren (kosten bepaald in fase 2), zie Tabel 21. Deze kosten zijn gecorrigeerd zodat ze nu worden uitgedrukt inclusief btw en in prijspeil januari 2020. De kosten liggen lager dan voor landbouw (zie hieronder).

⁷⁷ In principe kan het kantelpunt ook het jaar zijn vanaf wanneer de baten juist lager liggen dan de kosten. Dan wordt bepaald of een investering zich terugbetaalt voor dat moment.

⁷⁸ In de MKBA heeft het de voorkeur om kosten en effecten inclusief BTW weer te geven. Baten en kosten worden bepaald door de voorkeuren of het gezichtspunt van de Nederlandse inwoners. Voor kostenposten is de prijs inclusief BTW eenvoudig te bepalen. Dit zijn consumentenprijzen of marktprijzen inclusief BTW. Voor batenposten die niet door de markt bepaald zijn, maar bestaan uit winst (of verlies) wordt geen BTW bijgeteld, maar moet de winst of het verlies worden omgerekend naar besteedbaar inkomen van huishoudens. Als rekening gehouden wordt met meer of minder inkomsten aan indirecte belastingen en het inverteffect, moeten kosten en baten zonder BTW worden verhoogd met een gemiddeld percentage van 18%, uitgaande van 21% BTW in de hoogste categorie.

⁷⁹ Voor deze studie is als prijspeil januari 2020 gebruikt. De kosten en effecten zijn vertaald naar dit prijspeil met behulp van percentages voor kostenstijgingen gekregen van Rijkswaterstaat.

⁸⁰ Dit is een versimpeling die in Kader 5 wordt toegelicht.

Tabel 21: benchmarkdata: gebruikte waarde van een m³ water voor drinkwater en industrie indien sprake is van tekort als proxy voor betalingsbereidheid

Gebruik	Kosten excl. btw, pp 2017	Kosten incl. btw, pp 2020 ⁸¹
Industrie	€ 0,25 per m ³	€ 0,32
Drinkwater uit oppervlaktewater extra zuivering	€ 0,07 per m ³	€ 0,09
Drinkwater reverse osmosis bij oeverinfiltratie	€ 0,28 per m ³	€ 0,36

De landbouwbenchmark is gebaseerd op het vermeden droogterisico bij beregening (zie Tabel 22). Deltares heeft hiervoor de gemiddelde kosten aangeleverd die worden gebruikt in de Effectmodule Landbouw. De benchmark is gelijk aan de vermeden droogteschade per extra m³ water gecorrigeerd voor de extra beregeningskosten.

Per voorzieningsgebied verschilt de benchmark. Dit komt doordat de gewasmix per regio verschilt. Dat heeft te maken met de gewassen en vochtbehoefte. In het Benedenrivierengebied ligt de benchmark bijvoorbeeld hoger dan op de Hoge Zandgronden omdat er meer hoogwaardige gewassen met een hoge vochtbehoefte geteeld worden (bollen, bomen). De gewassen op de hoge zandgronden zijn gemiddeld genomen toleranter voor droogte. In het *Stoom*-scenario 2050 liggen de benchmarkcijfers lager dan in de *Referentie*. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in *Stoom* het beregend areaal toeneemt en overal ook minder hoogwaardige gewassen worden beregend. De gemiddelde benchmark neemt dan af.

Deze benchmark wordt ook gebruikt voor maatregelen met een effect op landbouwgewassen die niet beregend worden, peilbeheer, doorspoeling, grondwatermaatregelen en voor maatregelen ten behoeve van natuur. Hiervoor is gekozen omdat geen alternatieve benchmark bekend is en vaak geen helder onderscheid te maken is in water dat voor landbouw en voor natuur wordt gebruikt. Dat geldt ook voor grondwater, peilbeheer en doorspoeling. Bovendien wordt bij een tekort aan zoetwater als eerste een beregeningsverbod voor de landbouw ingesteld - de verdringingsreeks - om water voor andere functies te sparen. Dat ondersteunt de aanname dat de betalingsbereidheid voor een m³ water voor andere functies minimaal op het niveau van de landbouwbenchmark ligt.

⁸¹ De kosten voor de extra zuiveringslag bij drinkwater uit oppervlaktewater liggen lager dan de benchmark voor de industrie of oeverinfiltratie. Dit wordt verklaard door de goedkopere technieken die kunnen worden ingezet. De benchmarks voor de industrie en oeverinfiltratie zijn gebaseerd op de kosten voor reverse osmose, opgegeven door de sector (zie Ecorys, 2018). Kleine verschillen daarin zijn mogelijk te wijten aan verschillen in kostenstructuur en relevante volumes.

Tabel 22: gebruikte benchmarks landbouw, natuur en grondwater⁸²

Benchmark landbouw, natuur en grondwater	Referentie Vermeden schade min beregeningskosten		Stoom2050 Vermeden schade min beregeningskosten	
	pp 2016, excl. btw	pp 2020, incl. btw	pp 2016, excl. btw	pp 2020, incl. btw
Noord-Nederland	€ 0,63	€ 0,89	€ 0,39	€ 0,55
West-Nederland	€ 0,86	€ 1,22	€ 0,67	€ 0,95
Rivierengebied	€ 0,92	€ 1,30	€ 0,51	€ 0,72
Zuidwestelijke Delta	€ 0,95	€ 1,35	€ 0,61	€ 0,86
Hoge Zandgronden	€ 0,63	€ 0,89	€ 0,56	€ 0,79
Nederland totaal	€ 0,74	€ 1,05	€ 0,47	€ 0,67

De benchmark is door de definitie per m³ water toegespitst op watertekorten. Maatregelen die gericht zijn op waterkwaliteit en geen m³ opleveren, kunnen hiermee niet goed beoordeeld worden. In die gevallen is per maatregel bekeken of de waterkwaliteits- en overige baten groot genoeg kunnen zijn om de kosten te compenseren. Voor maatregelen gericht op het tegengaan van verzilting van oppervlaktewater is dit meestal niet nodig. Verziltingsschade ontstaat bij een doorspoeltekort. Doorspoeltekort is een tekort in m³ en wordt al afgedekt met de benchmark.

Ook voor gewassen die niet beregend worden, gebruiken we deze benchmark en trekken we impliciet kosten voor beregning af. Er is voor gekozen de beregeningskosten af te trekken van de gemiddelde gewasopbrengst per m³ omdat gewassen die niet beregend worden gemiddeld een lagere opbrengst hebben dan beregende gewassen. De benchmark zou zonder aftrek te hoog zijn. Alle benchmarkkosten zijn gecorrigeerd zodat ze worden uitgedrukt incl. btw en in prijspeil januari 2020. Idealiter zou je een benchmark per gewas gebruiken. Er is echter geen inzicht in de watertekorten per gewas. Zonder deze tekorten is het effect niet te bepalen.

Maatregelen die lagere kosten per m³ hebben dan de benchmark, hebben in theorie een positief welvaartssaldo. Voor maatregelen die bijvoorbeeld gericht zijn op waterkwaliteit en geen m³ opleveren, is dit potentiële rendement niet te bepalen. Daarvoor is een maatwerkanalyse uitgevoerd. Maatregelen die niet voldoen aan de benchmark, maar die veel positieve effecten hebben die niet gerelateerd zijn aan het verminderen van een watertekort kunnen alsnog een positief saldo hebben.

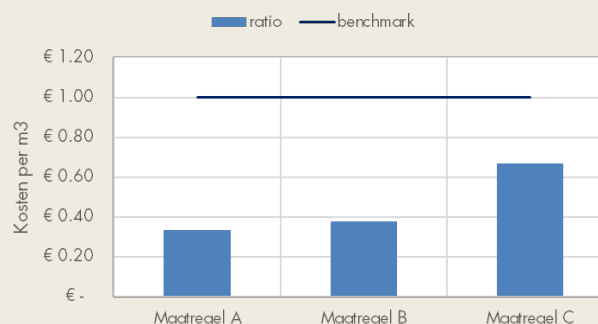
⁸² De verschillende benchmarks suggereren dat de baten met grote nauwkeurigheid te berekenen zijn. Dit is niet het geval. Om de genoemde waarde van elke benchmark is een grote onzekerheidsbandbreedte. Omdat de benchmark sterk varieert tussen de voorzieningsgebieden, is echter gekozen de gebruikte waarden niet af te ronden naar bijvoorbeeld € 1,0 per m³. Als gevolg daarvan zou onzekerheid verder toenemen.

Kader 5: vertaalslag stappenplanpak naar betalingsbereidheid aan de hand van drie voorbeeldmaatregelen**Stap 2 benchmark / potentieel rendement**

De methode hanteert een benchmark voor de baten die is gebaseerd op de vermeden kosten of het risico per m³ water(tekort). Deze benchmark wordt gebruikt als benadering voor de gemiddelde betalingsbereidheid voor een extra m³ water in tijden van tekort (marginale baten).

In stap 2 hebben we alle maatregelen vergeleken met de benchmark. In het voorbeeld in dit kader voldoen alle drie de maatregelen. De jaarkosten per m³ liggen immers lager dan de

veronderstelde betalingsbereidheid (€ 1,0) voor een m³ vermindering van het tekort. Maatregelen die meer kosten dan de benchmark zouden op basis van deze stap nooit kosteneffectief kunnen worden.



Maatregelen	Capaciteit	Jaarkosten	Jaarkosten per m ³
A	3 Mm ³	€ 1,00 mln.	€ 0,33
B	8 Mm ³	€ 3,00 mln.	€ 0,38
C	15 Mm ³	€ 10,00 mln.	€ 0,67

Het gebruik van een waarde (de benchmark) is echter een versimpeling van de werkelijkheid. In werkelijkheid zal de betalingsbereidheid meestal variëren naar gebruikersgroep. De betalingsbereidheid van bijv. bollenboeren voor een extra m³ is door de hogere gewaswaarde bijvoorbeeld hoger dan voor mais. Dit verschil zien we terug in de verschillen in de hoogte van de benchmark per regio, die de gemiddelde waarde per m³ weergeeft, maar kunnen we niet toepassen in de analyse door het ontbreken van informatie over de verdeling van het tekort over gewassen en de betalingsbereidheid per groep afnemers.⁸³ Door uit te gaan van een gemiddelde, lopen we het risico dat de kosten van een maatregel lager liggen dan de werkelijke betalingsbereidheid van een deel van de afnemers maar dat deze toch als niet kosteneffectief wordt bestempeld. Andersom geldt dit ook. Een maatregel wordt wel als kosteneffectief beoordeeld (bijv. C). Maar omdat er al andere maatregelen zijn uitgevoerd (A+B want die zijn kosteneffectiever) wordt deze maatregel duurder dan de in werkelijkheid lagere betalingsbereidheid van de resterende watervragers.

Voor de conclusies van deze MKBA verwachten we dat de impact hiervan beperkt is. Daarvoor zijn drie redenen.

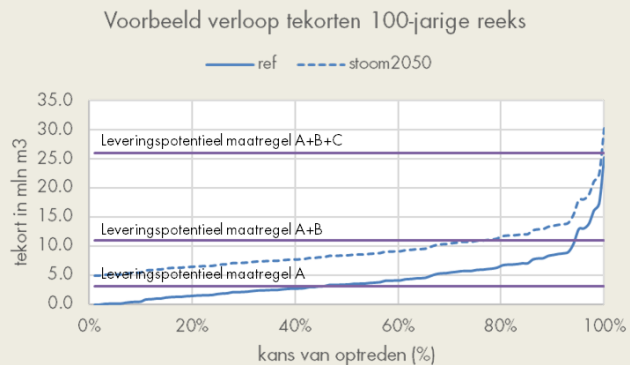
1. Veel maatregelen kunnen niet heel gericht worden ingezet. Van extra aanvoer of verlaging van de verzilting profiteren alle gebruikers in een gebied gemiddeld in dezelfde mate. In dat geval is het werken met de gemiddelde betalingsbereidheid correct.
2. Er is slechts een beperkt aantal maatregelen dat daadwerkelijk gecombineerd wordt in een gebied bij eenzelfde gebruiksfunctie. Er is dan geen sprake van twee maatregelen waarvoor een verschillende betalingsbereidheid zou kunnen optreden.
3. De impact van de variatie in het jaarlijks tekort is voor veel gebieden groot en heeft vermoedelijk een veel grotere impact op de gevonden waarden voor het vermeden droogterisico per m³ dan de variatie in betalingsbereidheid voor deze extra m³ tussen de verschillende afnemers. Deze variatie in jaarlijks tekort is wel in detail onderzocht.

⁸³ In principe zijn deze cijfers waarschijnlijk wel uit het modelinstrumentarium te destilleren, maar ze worden niet gerapporteerd. Het was niet mogelijk dit binnen deze studie te achterhalen.

Stap 3 maximale betalingsbereidheid (normatief) als functie van tekort

In werkelijkheid zal de betalingsbereidheid lager zijn als er maar een beperkt tekort is. De geleden schade blijft dan immers beperkt. De betalingsbereidheid wordt nihil als er helemaal geen tekort is. Het kan dus best zo zijn dat een maatregel wel voldoet aan het criterium in stap 2 maar niet aan het criterium in stap 3. Dit principe hebben we meegenomen door in stap 3 te onderzoeken welke reductie op de betalingsbereidheid er verwacht mag worden in de Referentie en in Stoom als gevolg van een tekort dat lager ligt dan het leveringspotentieel van de maatregelen. In de figuur is te

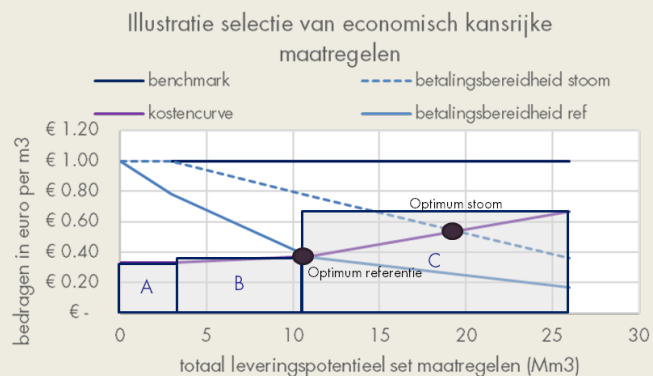
zien dat de meest kosteneffectieve maatregel (A) in de Referentie toch niet voor het hele leveringspotentieel mag rekenen op de prijs per m³ van de benchmark, maar slechts 78% daarvan (het oppervlak onder het leveringspotentieel en het tekort in Referentie). Voor Stoom is het tekort altijd groter dan de capaciteit van maatregel A en is geen afslag nodig als alleen A wordt uitgevoerd.



Maatregel	Totale capaciteit	Betalingsbereidheid Referentie	Betalingsbereidheid Stoom
A	3 Mm ³	€ 0,78 (78%)	€ 1,00 (100%)
B (na A)	11 Mm ³	€ 0,37 (37%)	€ 0,77 (77%)
C (na A+B)	26 Mm ³	€ 0,17 (17%)	€ 0,36 (36%)

Stap 4 maximale betalingsbereidheid (normatief) bij combinatie van maatregelen

De betalingsbereidheid neemt ook af naarmate er meer maatregelen genomen zijn en het tekort verder is teruggedrongen door de genomen maatregelen. Daarvoor hebben we alle potentieel kosteneffectieve maatregelen op de X-as gezet in aflopende kosteneffectiviteit met het aanvullende leveringspotentieel en gecombineerd met de hiervoor geschatte maximale betalingsbereidheid. Voor de eerste maatregel (A) is de betalingsbereidheid in de Referentie € 0,78 per m³ (zie tabel hierboven). Voor maatregel A+B samen zakt de betalingsbereidheid in de Referentie naar € 0,37 per m³. De verwachtingswaarde van het tekort is maar 37% van het leveringspotentieel (het oppervlak onder het leveringspotentieel A+B en het tekort in Referentie in figuur bij stap 3). Op dezelfde wijze zijn knikpunten voor Stoom en de combinatie van maatregel A+B+C bepaald.



De optimale selectie van maatregelen wordt bepaald door het snijpunt van de betalingsbereidheid en de kostencurve.

In het voorbeeld is te zien dat maatregel B nadat maatregel A al is uitgevoerd nog net economisch kansrijk is in de Referentie. Als A niet zou bestaan dan zou de betalingsbereidheid hoger zijn. Blokje B schuift dan naar de y-as toe. Maatregel C is zeker niet kansrijk in de Referentie als A en B al genomen zijn en ook niet in Stoom, tenzij maatregel C voor zo'n 50% van capaciteit uitgerold kan worden en tegelijkertijd de kosten halveren.

De optimale selectie van maatregelen is in het voorbeeld voor de Referentie maatregel A+B en voor Stoom A+B+50% C als genoemde schaling mogelijk is.

5.4 **STAP 3: BEOORDELING VERWACHTINGSWAARDE RENDEMENT KOMENDE FASE VAN HET DELTAPROGRAMMA**

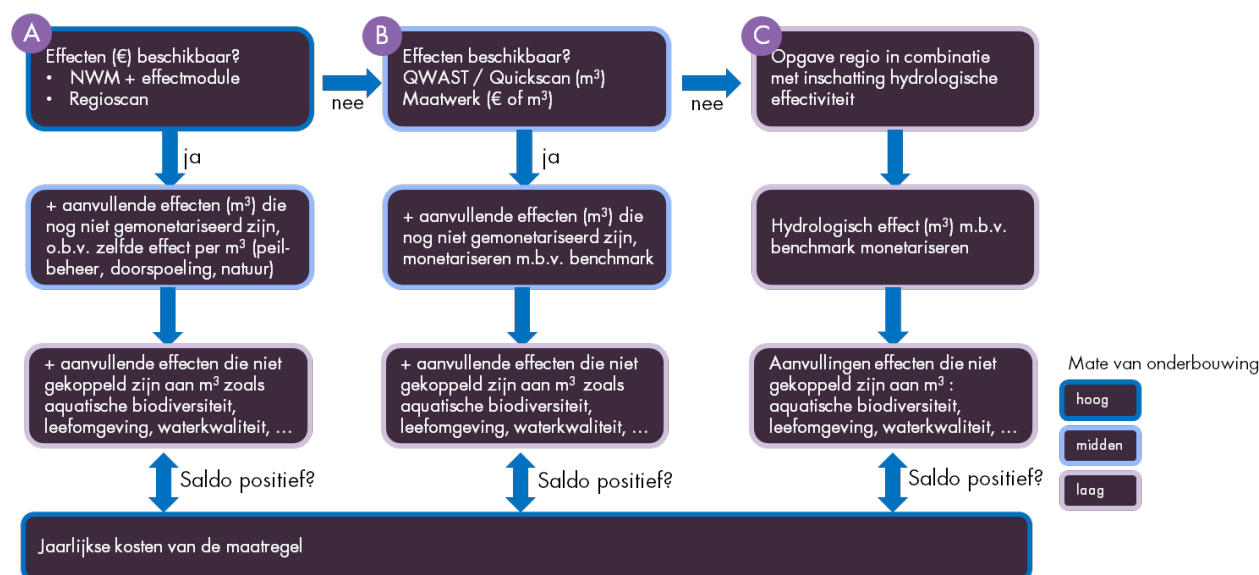
In stap 3 bepalen we of de maatregelen naar verwachting in *de komende fase* van het Deltaprogramma (2022-2027) rendabel worden. Daarvoor beoordelen we of de jaarlijkse verwachtingswaarde (in plaats van het potentiële effect dat in stap 2 is geanalyseerd) hoger ligt dan de jaarlijkse kosten van de maatregel. Als er geen tekort verwacht wordt, is de verwachtingswaarde van het rendement van de maatregel nihil. De betalingsbereidheid voor een m³ water (benaderd in stap 2) geldt in de praktijk alleen als baat als er daadwerkelijk een onvervulde behoefte is. De vraag varieert afhankelijk van het klimaatscenario, de regio en de andere maatregelen die genomen worden. Je bepaalt dus of een kansrijke maatregel nu al of pas bij een veel hoger tekort rendabel wordt.

Deze analyse levert vaak een lager rendement op dan de vorige beoordeling. De reden is dat in de eerste beoordeling met minder zaken rekening wordt gehouden. In stap 2 nemen we aan dat er elk jaar een groot tekort is, en er geen andere beperkingen zijn, zoals onvoldoende doorvoercapaciteit of water om aan het begin van het seizoen een buffer te vullen. Ook houden we geen rekening met prijseffecten, terwijl we dat bij gebruik van de Effectmodule Landbouw in stap 3 wel doen. Bijvoorbeeld het maximale effect van een buffer zal alleen optreden als de buffer elk jaar volledig kan worden gebruikt en tegelijk de buffer ook elke jaar volledig kan worden gevuld.

Maatregelen die niet als kansrijk beoordeeld zijn in stap 2, zullen niet als kansrijk beoordeeld worden in stap 3. Stap 2 lijkt dan overbodig. Stap 2 heeft in het proces wel meerwaarde om de analyse-inspanning te beperken. Maatregelen die niet voldoen aan stap 2 zullen ook bij extreme jaarlijkse tekorten niet een positief kosten-batensaldo krijgen. Maatregelen die nog niet voldoen aan stap 3 worden wellicht wel rendabel in 2050 in *Stoom*.

Voor de *Referentie* en *Stoom* 2050 is het kosten-batensaldo van een individuele maatregel ingeschat. Daarvoor zijn verschillende methoden gebruikt. Bij voorkeur gebruiken we informatie uit het Nationaal Water Model en de effectmodules of de regioscan. Dit levert de meest nauwkeurige resultaten op. Voor maatregelen waarvoor deze informatie niet beschikbaar is, gebruiken we indien mogelijk informatie van minder gedetailleerde instrumenten zoals het Quickscaninstrumentarium of maatwerkanalyses. Wanneer ook die niet aanwezig zijn, vallen we terug op informatie uit de Factsheets en de benchmark. Daarbij kan geen rekening worden gehouden met bovenregionale effecten. Wanneer de capaciteit van een maatregel (in m³) groter is dan het tekort dat gemiddeld vermeden kan worden schatten we de benodigde correctie. Dit is de verwachtingswaarde van het jaarlijks te vermijden tekort gedeeld door het maximum leveringspotentieel van de maatregel.

Na toevoeging van eventuele aanvullende effecten bepalen we het totale effect per jaar in de *Referentie* en in *Stoom* 2050. Dit vergelijken we met de jaarlijkse annuïteit van de kosten van de maatregel (zie Figuur 51).



Figuur 51: schema effectbepaling

Voor maatregelen die in de *Referentie* niet maatschappelijk rendabel zijn en in *Stoom 2050* wel (doordat in *Stoom 2050* het tekort verder is opgelopen en daarmee maatregelen effectiever worden), onderzoeken we of ze in de komende fase al renderen bij een gelijke kans op de gebruikte scenario's.

Hoe bepalen we de verwachtingswaarde van de hydrologische effectiviteit?

Als er geen jaarlijkse verwachtingswaarde voor het economisch effect bepaald is met het modelinstrumentarium of de effectmodules, gebruiken we de benchmark (als proxy voor waarde in euro per m³) in combinatie met de verwachtingswaarde voor het hydrologisch effect (vermeden tekort in m³). Het gemiddelde te verwachten hydrologische effect van oppervlaktewatermaatregelen is zoveel mogelijk overgenomen uit QWAST-⁸⁴, QuickScan⁸⁵ of NWM-resultaten⁸⁶ van Deltares (zie Figuur 51).

Voor grondwatermaatregelen is er geen correctie van het door de regio opgegeven hydrologisch effect toegepast, mits de effectinschatting van de zoetwaterregio betrekking heeft op een gemiddeld jaar en het effect niet groter is dan het regionale tekort. Stijging van de grondwaterstand tot boven het maaiveld is niet waarschijnlijk, gezien de structurele afname van de gemiddelde grondwaterstanden sinds de jaren vijftig met 30 cm bovenop de daling van 20 cm in de periode voorafgaand⁸⁷ en de geformuleerde regionale ambitie van 20 cm grondwaterstijging.

Bij het ontbreken van een hydrologisch effect uit QWAST-, de QuickScan of NWM-analyse is het gemiddelde hydrologisch effect van een oppervlaktewatermaatregel in de *Referentie* en in *Stoom 2050* geschat aan de hand van bekende tekorten per regio of functie uit het NWM voor

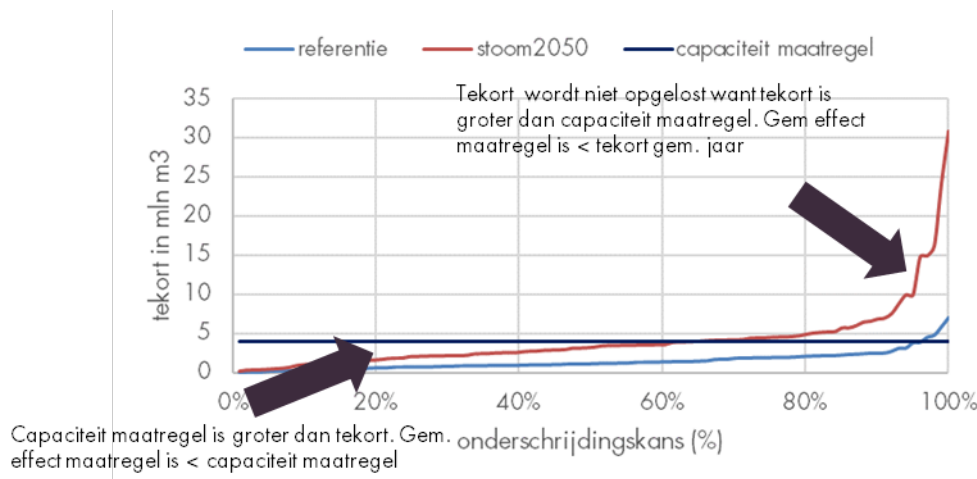
⁸⁴ M. Mens, Deltares, Technische documentatie van de aanvullende quick scan berekeningen ten behoeve van de economische analyse voor DPZW, maart 2020.

⁸⁵ J. Delsman, Deltares, Een verkenning van de effecten van kansrijke maatregelen op waterverdeling, scheepvaart en landbouw, februari 2020.

⁸⁶ J. Delsman, Deltares, Hydrologische analyse VP en EP.v3, juli 2020

⁸⁷ M. Knotters en P. Jansen, Honderd jaar verdroging in kaart, Stromingen 2005, nr. 4.

de 100-jarige klimaatreeks en de capaciteit van de maatregel (zie Figuur 52). De capaciteit van de maatregel is de maximale hydrologische capaciteit (in m³) zoals opgegeven door de zoetwaterregio.



Figuur 52: illustratie aanpak voor oppervlaktewatermaatregelen waarvoor geen economische effecten met effectmodules berekend zijn en ook NWM, QWAST- en Quickscandata ontbreken

Figuur 52 toont het berekende tekort voor de *Referentie* (lichtblauwe lijn) en *Stoom* (rode lijn) voor de 100-jarige klimaatreeks.⁸⁸ De capaciteit van de maatregel (maximum leveringspotentieel in m³) is in donkerblauw uitgezet. Duidelijk is dat in een groot deel van de jaren het op te lossen tekort kleiner is dan de capaciteit (linkerpijl; tekort is kleiner dan capaciteit maatregel). Voor de *Referentie* is dit in het voorbeeld in meer dan 90% van de jaren zo, voor *Stoom 2050* in ruim 60% van de jaren. Daarnaast is de capaciteit van de maatregel in de meest extreme jaren onvoldoende om het gehele tekort op te lossen (rechterpijl; tekort is groter dan capaciteit maatregel). De gemiddelde hydrologische effectiviteit ligt als gevolg hiervan meestal lager dan de maximale hydrologische effectiviteit berekend in stap 2.

Hoe bepalen we het gemiddelde te verwachten rendement?

Bij voorkeur gebruiken we de economische effecten zoals die zijn bepaald met de effectmodules die speciaal voor het Deltaprogramma Zoetwater zijn ontwikkeld. Als die ontbreken schatten we de jaarlijkse verwachtingswaarde van de zoetwaterbaten als de jaarlijkse verwachtingswaarde voor het hydrologische effect op basis van een 100-jarige reeks (i.p.v. het maximum) keer de relevante benchmark uit stap 2. Indien van toepassing worden deze gemonetariseerde effecten aangevuld met extra kwalitatieve effecten. Extra effecten die niet in de benchmarkbedragen meegenomen zijn, betreffen bijvoorbeeld vaarcondities voor de scheepvaart. In de meeste gevallen is de regionale (landbouw)benchmark gebruikt die ook voor natuur en grondwater wordt gebruikt. In enkele gevallen is de benchmark voor drinkwater of industrie gebruikt als het gaat om vermindering van het gebruik van oppervlaktewater voor deze sectoren.

Het totale effect in de *Referentie* en in *Stoom 2050* is vergeleken met de jaarlijkse kosten (annuïteit) van de maatregel, net als in stap 2. Maatregelen die rendabel zijn in de *Referentie* en in *Stoom 2050* zijn als economisch kansrijk beoordeeld. Maatregelen die noch rendabel zijn in de *Referentie*

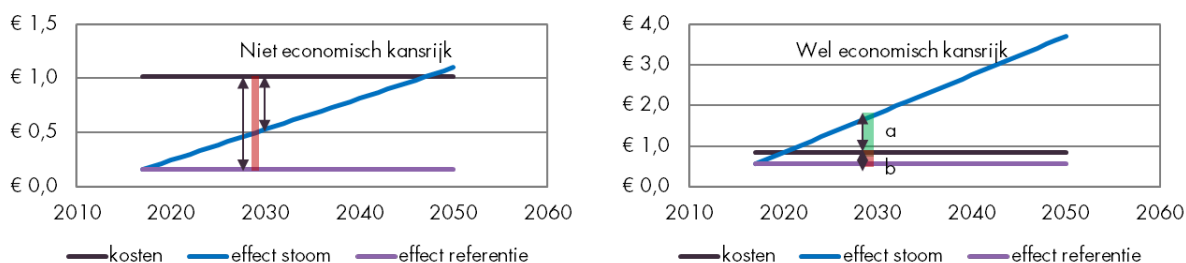
⁸⁸ M. Mens et al., Deltares, Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, 2019 en berekeningen met het Nationaal Water Model ("Basisprognoses2018").

noch in *Stoom* 2050 zijn niet economisch kansrijk in de volgende DP-fase. Enkele maatregelen zijn wel rendabel in *Stoom* 2050 maar niet in de *Referentie*. Daarvoor is een aanvullende analyse gedaan.

Hoe combineren we een positief rendement in *Stoom* 2050 en een negatief in de *Referentie*?

Om te beoordelen of een maatregel economisch kansrijk is in de vervolgfase van het Deltaprogramma, berekenen we het kantelpunt waarop het jaarlijkse positieve effect groter wordt dan de jaarlijkse kosten. Eerst interpoleren we de becijferde effecten tussen 2017 en 2050. Het punt in 2017 wordt bepaald door de *Referentie*. Voor 2050 zijn er twee punten: één voor *Stoom* 2050 (en *Warm* 2050) en één voor de gematigde scenario's *Rust* en *Druk* in 2050. De berekende effecten voor de *Referentie* gebruiken we doordat deze een goede proxy vormen voor de gematigde scenario's in 2050.

Het jaar waarin de uitvoering van de maatregel in het *Stoom*-scenario voor de eerste keer kosteneffectief wordt (kantelpunt), komt overeen met het snijpunt tussen de lijn met de geïnterpoleerde effecten en de lijn met de jaarlijkse kosten (annuïteit) van de maatregel. Voor de beoordeling van maatregelen voor de komende DP-fase is 2028 als uiterst jaar gekozen waarop de maatregel operationeel en kosteneffectief moet zijn. Als in dat jaar (de start van de daaropvolgende DP-fase, 2028-2033) nog geen positief saldo bestaat, kan uitvoering van de maatregel vanuit welvaartspectief beter uitgesteld worden.⁸⁹



Figuur 53: illustratie bepaling kantelpunt en beoordeling maatregel

Voor de maatregel in Figuur 53 links is te zien dat het kantelpunt zich voorlopig niet voordoet. Zowel in de *Referentie* als in het *Stoom*-scenario liggen in 2028 (het einde van komende DP-fase) de jaarlijkse kosten van de maatregel (ver) boven de becijferde gemiddelde jaarlijkse verwachtingswaarde van het effect. Alleen in het *Stoom*-scenario krijgt de maatregel tegen 2050 een positief rendement. De maatregel in Figuur 53 rechts is bij het *Stoom*-scenario al in de komende DP-fase kosteneffectief. De blauwe lijn ligt in 2028 boven de jaarlijkse kosten van de maatregel.

Omdat het daadwerkelijke scenario onzeker is (*Stoom*, *Warm*, *Druk* of *Rust*) beschouwen we een maatregel alleen als economisch kansrijk als het saldooordeel in een extreem scenario (*Stoom*) groter is dan het nadeel bij een gematigd scenario (*Referentie*). Dat wil zeggen als de waarde van verschil a groter is dan b in Figuur 53, rechts. In feite nemen we dus aan dat de kans op een gematigd scenario even groot is als de kans op een extremer klimaatscenario. Voor zover mogelijk worden niet gekwantificeerde effecten in de afweging betrokken door de additionele effecten naast de kwantitatieve resultaten te presenteren.

⁸⁹ Als effect afneemt in de tijd betekent uitstel afstel.

Deze afweging houdt nog geen rekening met de mogelijkheid om een maatregel in een volgende periode alsnog uit te voeren (adaptieve strategie). Met name voor maatregelen die een hoge investering hebben en een lange levensduur, kan het verstandig zijn om een investering door te schuiven naar een volgende fase. Dat wil zeggen dat een maatregel pas uitgevoerd wordt als op basis van nieuwe informatie het uitzicht op een extremer klimaatscenario, waarschijnlijker is geworden en het uitzicht op een gematigd scenario minder waarschijnlijk. Het risico van uitstel is nl. in het ergste geval gelijk aan 6 jaar de gemiste voordelen bij een extreem scenario. Maar het voordeel is dat je niet de hele levensduur van een maatregel geconfronteerd wordt met de hogere kosten en onvoldoende baten als een gematigd scenario optreedt. Bij de resultaten is aangegeven voor welke maatregelen uitstel een economisch verstandige strategie kan zijn. Het resultaat van die strategie is gunstiger dan de gemiddelde verwachtingswaarde van beide scenario's.

5.5 STAP 4: SELECTEREN VAN MAATREGELEN NAAR KOSTENEFFECTIVITEIT VAN DE COMBINATIE

Ten slotte beoordelen we of combinatie van verschillende maatregelen effectief en efficiënt is. Sommige maatregelen zijn niet combineerbaar (niet effectief) en als het oplossend vermogen van de maatregelen samen hoger ligt dan het tekort wordt de maatregelcombinatie minder effectief. De combinatie is dan ook minder efficiënt.

Checks die zijn uitgevoerd, betreffen:

1. Zijn combinaties van maatregelen mogelijk? Zo niet, dan kiezen we de meest efficiënte maatregel totdat het resterende tekort niet meer rendabel kan worden opgelost. Dit is bijvoorbeeld het geval op de zandgronden waar voor hetzelfde gebied zowel het dempen van de sloten als het verondiepen van de sloten genoemd staan.
2. Vermindert een combinatie van maatregelen het oplossend vermogen van (één van) de maatregelen sterk? In dat geval kijken we of in plaats van de combinatie beter één van maatregelen kan worden geselecteerd.
3. Heeft de combinatie van de maatregelen samen meer leveringspotentieel dan dat het knelpunt groot is? In dat geval laten we de minst efficiënte maatregel vervallen of beoordelen we of afschaling mogelijk en kosteneffectiever is. Dit laatste is bijvoorbeeld het geval bij de maatregel *Beperken externe verzilting Afsluitdijk (M18)*. Deze maatregel bestaat uit vier deelmaatregelen die afzonderlijk kunnen worden uitgevoerd.

Een deel van het voorkeurspakket en een deel van het pakket met economisch kansrijke maatregelen is in combinatie doorgerekend met het NWM. Deze analyse geeft informatie over het effect van combinatie en over de bovenregionale effecten.

Hoe bepalen we of en hoe maatregelen combineerbaar zijn?

Of maatregelen combineerbaar zijn, hebben we vooral op basis van de beschrijvingen van de maatregelen gedaan en getoetst bij Deltares. Maatregelen die in hetzelfde gebied op hetzelfde perceel met hetzelfde doel worden ingezet, kunnen doorgaans niet kosteneffectief gecombineerd worden en het effect is niet stapelbaar.

Als de maatregelen niet gecombineerd kunnen worden, beoordelen we de minder kosteneffectieve als minder economisch kansrijk. In deze beoordeling worden waar mogelijk de niet-gekwantificeerde effecten meegenomen. Als ze wel gecombineerd kunnen worden, kijken we of de combinatie kosteneffectiever is dan één van de maatregelen los. Dit is bijvoorbeeld het geval

bij een combinatie van vergroting van de inlaatcapaciteit en vraagvermindering. De tweede maatregel heeft nog steeds effect maar veel minder omdat het tekort al grotendeels door maatregel 1 is opgelost, terwijl de kosten van maatregel 2 niet lager uitpakken bij combinatie. Als er geen specifieke informatie is en geen hydrologische doorrekening van de combinatie, nemen we aan dat effecten wel optelbaar zijn. Dit lijkt een realistische veronderstelling omdat de meeste maatregelen waarvoor dit speelde in een ander gebied of op een ander tekort gericht zijn.

Hoe bepalen we hoe groot het knelpunt is?

Het op te lossen tekort voor oppervlaktewatermaatregelen is met het modelinstrumentarium bepaald als het verschil tussen vraag en aanbod in de verschillende doorrekeningen. Onvoldoende aanbod om in de vraag te kunnen voorzien, betekent een gekwantificeerd tekort. Dit tekort verschilt van jaar tot jaar. Het oplossend vermogen van de combinatie van verschillende maatregelen kan vergeleken worden met dit tekort. Als de resultaten van de effectmodules of veronderstelde betalingsbereidheid (benchmark) voor het oplossend vermogen van de combinatie van maatregelen hoger zijn dan kosten van het pakket, is het pakket rendabel.

Voor de maatregelen gericht op grondwaterafhankelijke natuur is dit ingewikkelder. Er is nog geen gekwantificeerde maatstaf voor 'tekorten' gedefinieerd. Tijdens de economische analyse is een voorlopige indicator voor de weerbaarheid van grondwaterafhankelijke natuur tegen droogte ontwikkeld door Deltares in samenwerking met experts. De opgave die hieruit volgt ten aanzien van het grondwaterpeil is in de *Referentie* al dusdanig groot dat de beoogde implementatieomvang van de pakketten voor de zandgronden deze opgave niet volledig kunnen invullen. Daaruit kan worden afgeleid dat de maatregelen bijdragen aan het oplossen van een reeds bestaand knelpunt.

5.6 ONZEKERHEID EN BEOORDELING MAATREGELEN

Van verschillende maatregelen is het niet mogelijk alle effecten te monetariseren. Ook zijn er andere oorzaken voor onzekerheden in de beoordeling. Vandaar dat niet altijd met voldoende zekerheid kan worden bepaald of een maatregel een positief of negatief rendement heeft. Naast de beoordeling *positief* en *negatief* gebruiken we daarom ook de beoordeling *kansrijk* en *twijfel of niet te beoordelen*. De criteria die hierbij gebruikt zijn, staan vermeld in Tabel 23.

Een maatregel krijgt een *positieve* beoordeling wanneer het saldo (het resultaat van stap 2, 3 en 4) in *Stoom 2050* en in de *Referentie 2017* positief of neutraal is en de additionele kwalitatieve effecten eveneens positief of neutraal zijn.

Wanneer het saldo in *Stoom* (2050) positief is en het saldo van *Referentie* (2017) negatief is dan wordt gekeken naar 2028 in de gematigde en extreme Deltascenario's. Voor de gematigde scenario's is aangenomen dat het saldo in 2028 gelijk is aan de *Referentie 2017*. Voor de extreme scenario's wordt het saldo geïnterpoleerd tussen de *Referentie* in 2017 en *Stoom* in 2050. Als het saldo in 2028 in een extreem scenario voldoende is om een negatief saldo in een gematigd scenario te compenseren⁹⁰ en de kwalitatieve effecten positief zijn dan wordt de maatregel als *kansrijk* beoordeeld. Twee andere situaties voor de beoordeling *kansrijk*, zijn 1) de maatregel is een randvoorwaarde voor andere kansrijke maatregelen en 2) voor de zandgronden het saldo is niet representatief/beschikbaar maar de maatregel voldoet wel aan de benchmark per m³ en de kwalitatieve effecten zijn positief.

⁹⁰ Als we aannemen dat de kans op gematigd even groot is als de kans op een extremer scenario.

Twijfel is er als onduidelijk is of de kwalitatieve effecten het totale saldo positief of negatief laten eindigen. Bijvoorbeeld bij een negatief gemonetariseerd saldo en positieve kwalitatieve effecten. Een maatregel krijgt een *negatieve* beoordeling wanneer het saldo van gemonetariseerde en kwalitatieve effecten in 2028 negatief is.

Tabel 23: criteria beoordeling

Beoordeling kosten-batensaldo	Laag-Nederland incl. maatregelen Maas	Zandgronden
Positief	Referentie ≥ 0 , Stoom ≥ 0 Kwalitatieve effecten ≥ 0	Referentie ≥ 0 , Stoom ≥ 0 Kwalitatieve effecten ≥ 0
Kansrijk	Referentie < 0 , Stoom ≥ 0 In 2028 Stoom + Referentie ≥ 0 Kwalitatieve effecten ≥ 0	a) Voldoet aan benchmark €/m ³ . In 2028 Stoom + Referentie + kwalitatieve effecten ≥ 0 (evt. kleinere uitrol) b) Randvoorwaarde c) Voldoet aan benchmark €/m ³ en saldo modelvertaling niet representatief/niet beschikbaar, kwalitatieve effecten ≥ 0
Twijfel/niet te bepalen	Kosten-batensaldo + kwalitatieve effecten in 2028 = positief of negatief Kansrijk of positief als losse maatregel maar negatief in combinatie	Kosten-batensaldo + kwalitatieve effecten in 2028 = positief of negatief
Negatief	Kosten-batensaldo + kwalitatieve effecten < 0	Kosten-batensaldo + kwalitatieve effecten < 0

5.7 TOEDELING MAATREGELEN ZOETWATERREGIO'S AAN VOORZIENINGSGEBIEDEN

Diverse maatregelen zijn in de periode tussen april 2019 en oktober 2020 beschouwd en geanalyseerd. Er is voor gekozen in de MKBA alleen de maatregelen te vermelden die zijn opgenomen in 1) het definitieve voorkeurspakket van één van de zoetwaterregio's of 2) het economisch kansrijke pakket. Maatregelen die zijn afgefallen doordat ze niet meer in het voorkeurspakket zitten, niet beoordeeld zijn als economisch kansrijk of niet zijn geanalyseerd door gebrek aan informatie (d.w.z. vervallen in stap 1 van het selectieproces), zijn vermeld in de bijlagen.

De resterende maatregelen zijn toegelicht per zoetwatervoorzieningsgebied. Dat betekent dat maatregelen voor het hoofdwatersysteem (HWS) zijn te vinden in de regio('s) die te maken hebben met de effecten van de maatregel. Enkele HWS-maatregelen hebben effect in meerdere regio's en voorzieningsgebieden. De analyse is dan opgenomen in het voorzieningsgebied dat het meest profiteert van de maatregel. In de andere gebieden wordt verwezen naar deze analyse (zie Tabel 24).

Tabel 24: overzicht geanalyseerde maatregelen per bestuurlijke zoetwaterregio en voorzieningsgebied

Zoetw-regio	Naam	VP	Aanvullingen EP	totaal	Voorzieningsgebied	Effect andere gebieden
HWS	Maatregelen m.b.t. Maas	5	-	5	Hoge Zandgronden	-
HWS	Vergroten debiet Hagestein (M15)	1	-	1	Bovenrivieren	Benedenrivieren
HWS	Verkenning ARK-route (M16)	-	1	1	IJsselmeergebied	Benedenrivieren, Bovenrivieren
HWS	Beperken externe verzilting Afsluitdijk (M18) en Voorstudie Twentekanal (M20)	2	-	2	IJsselmeergebied	-
ZON	Maatregelen m.b.t. Hoge Zandgronden Oost-Nederland	24	-	24	Hoge Zandgronden	-
HZG	Maatregelen m.b.t. Hoge Zandgronden Zuid	26	-	26	Hoge Zandgronden	-
Noord	Maatregelen m.b.t. IJsselmeergebied Laag	8 ⁹¹	2 ⁹²	10	IJsselmeergebied	-
Noord	Maatregelen m.b.t. IJsselmeergebied Hoog	28	-	28	IJsselmeergebied	-
RIV	Maatregelen m.b.t. Rivierengebied	2	-	2	Bovenrivieren	
West	Maatregelen m.b.t. West Nederland	7	-	7	Benedenrivieren	-
West	Aanvoerroutes: inlaatwerk Kromme Rijn, opschalen temmen van brakke kwel, Doorvoer Lek-Schieland	3	-	3	Benedenrivieren	Bovenrivieren
ZWD	Maatregelen m.b.t. ZWD zonder aanvoer	6	-	6	Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	-
ZWD	Slim regionaal waterbeheer	1	-	1	Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	Benedenrivieren
ZWD	D4 aanvoer Oostflakkee, D7 PAN-polders en Tholen St. Philipsland, D8 Reigersbergse polder, Krekenvisie	4	-	4	Benedenrivieren	-
		117	3	120		

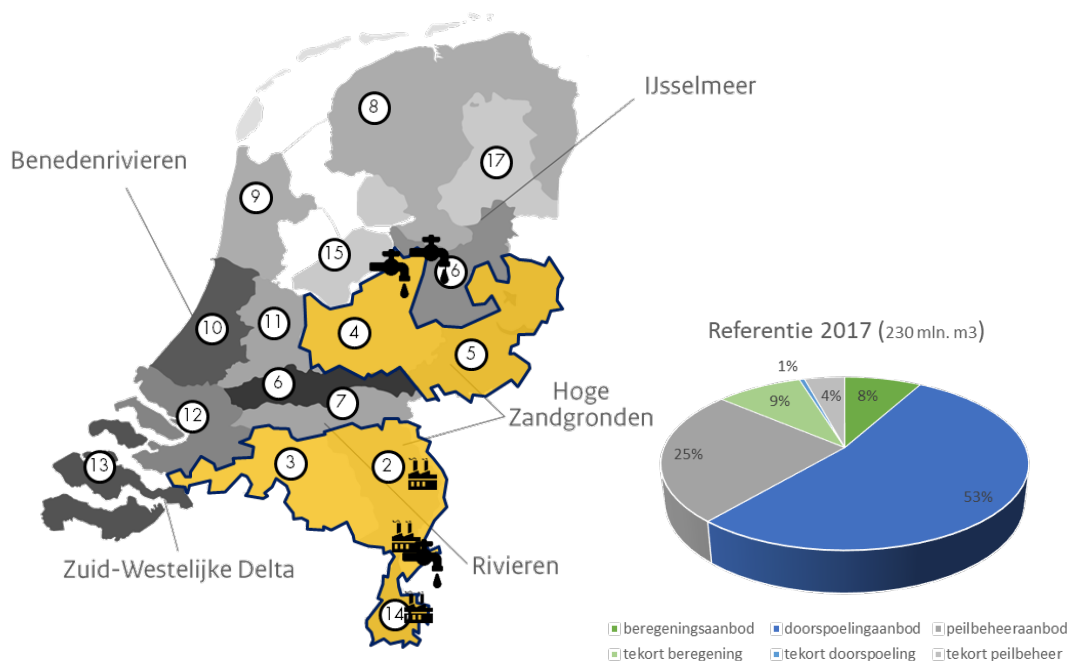
⁹¹ Eén van maatregelen is gesplitst M42 Spaarwater, stimuleringsmaatregelen.

⁹² De maatregelen Hoogland (M86) en vergroten capaciteit aanvoer en gemalen (M87) zijn toegevoegd. M87 is verkenning in plannen Noord.

Dit hoofdstuk gaat in op het voorzieningsgebied Hoge Zandgronden, de ontwikkelingen bij het nulalternatief in de verschillende Deltascenario's, de relevante maatregelen gericht op het beperken en voorkomen van watertekorten en het verwachte welvaartseffect van de maatregelen. Maatregelen in de Maas, de Hoge Zandgronden Zuid en Hoge Zandgronden Oost-Nederland worden per gebied toegelicht.

6.1 NULALTERNATIEF

Voor de Hoge Zandgronden is slechts ten dele aanvoer van water mogelijk vanuit de Maas (Hoge Zandgronden Zuid) of vanuit de IJssel (Hoge Zandgronden Oost). De invloed van het hoofdwatersysteem op het voorzieningsgebied is daarom beperkt (zie Figuur 54). Een groot deel van het gebied is volledig van neerslag en grondwater afhankelijk.



Figuur 54: de Hoge Zandgronden in regio's en de oppervlaktewatervraag verdeeld over levering en tekort

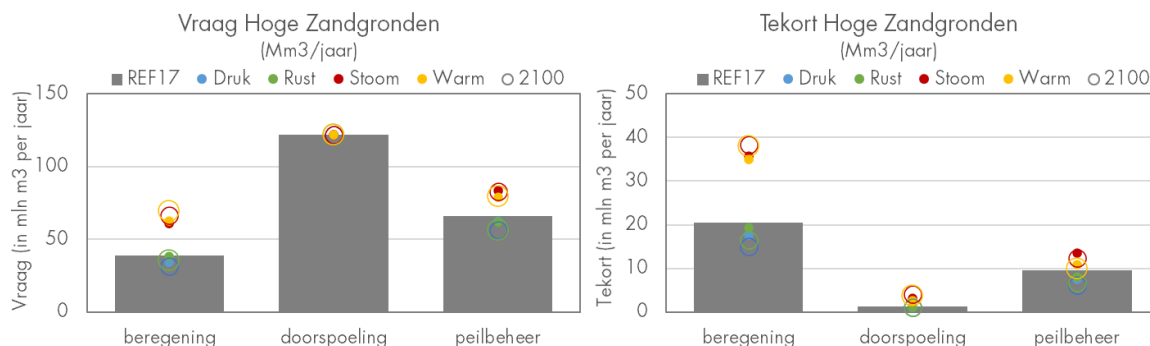
Regio 2 - Midden-Limburg en Noord-Brabantse kanalen gebied en Regio 3 - Zuid-Nederland-Midden. Het gebied is voor het oppervlaktewater volledig afhankelijk van neerslag en aanvoer vanuit de Maas. Peilbeheer is verreweg de grootste watervraag van het oppervlaktewater en landbouwwaterberegening (in Regio 3).

Regio 4 - Centrale Hoge Zandgronden en Regio 5 - het Oostelijk Zandgebied: Het peil beheerste deel van dit gebied is zeer klein, het gebied bestaat vooral uit hoge gronden. Het peilbeheerste deel is voor de oppervlaktewatervraag afhankelijk van de IJssel en het IJsselmeer. De belangrijkste watervragers zijn doorspoeling (Regio 4 stedelijk) en peilbeheer (Regio 4 & 5).

Regio 14 - Zuid-Limburg. Het gebied is voor het oppervlaktewater vrijwel volledig afhankelijk van neerslag met uitzondering van een minimale watervraag voor beregening.

In Limburg is veel oppervlaktewater gebruikende industrie gevestigd en bij Heel haalt WML water uit het Lateraalkanaal voor drinkwaterproductie. Daarnaast vindt op de Maas beperkt vrachtvervoer over water plaats.

Op de Hoge Zandgronden beslaat de grondwaterafhankelijke natuur zo'n 2450 vierkante km⁹³. Ook valt een deel van de beschouwde riviernatuur in dit gebied (Limburgse Maas).



Figuur 55: oppervlaktewatervraag en tekorten per scenario (let op: schaal verschilt per voorzieningsgebied)

Het risico in dit gebied is het grootst voor de landbouw. Op de Hoge Zandgronden met aanvoer van oppervlaktewater treden gemiddeld nu al grote tekorten op voor beregening en peilbeheer (zie Figuur 55). Deze watervraag en de tekorten blijven min of meer gelijk in de scenario's *Rust* en *Druk* tot 2050. Daarna nemen ze iets af. In de scenario's *Stoom* en *Warm* nemen met name de beregeningsvraag en beregeningstekorten toe. Het jaarlijks risico voor de landbouw bedraagt zo'n 40-45⁹⁴ mln. euro in *Stoom* en *Warm* t.o.v. de *Referentie* als gevolg van (oppervlakte)watertekorten. In 2100 neemt het risico toe.

Voor de industrie is het risico in *Stoom* en *Warm* begroot op ongeveer 0,7 mln. euro per jaar. Het droogterisico voor de drinkwatersector is begroot op minder dan 0,1 mln. euro per jaar. Het droogterisico voor de scheepvaart door laagwater in de Maas is beperkt door het lagere volume dat wordt vervoerd over de Maas in vergelijking met de Rijntakken en doordat de Maas gestuwd is. Het risico bestaat met name uit extra wachttijden bij de stuwen, die minder vaak zullen schutten om het water langer vast te houden.

Op basis van de Fase 2-resultaten⁹⁵ profiteert de grondwaterafhankelijke natuur in alle Deltascenario's meer dan dat er verliezen zijn door de autonome toegenomen ruimte voor natte natuur en een stijging van de jaarlijkse neerslagsom. Er is echter in het huidige klimaat al een kans op onherstelbare schade aan natuur als gevolg van te ver uitzakkende grondwaterstanden in zeer droge zomers. Deze opgave wordt naar de toekomst toe niet veel groter. In gebieden met grondwaterafhankelijke natuur laten de modelresultaten in het huidige klimaat een opgave zien van 20-40 cm⁹⁶ (afhankelijk van de regio) op basis van de grondwaterstand. Voor de natuur in

⁹³ Oppervlak natuur in regio 2, 3, 4, 5, 14 in analyse KWR (2019).

⁹⁴ Cijfers in prijspeil 2020, exclusief btw.

⁹⁵ KWR 2019. Inmiddels zijn de resultaten en inzichten uit 2019 achterhaald door aanpassingen aan de modellen. De vervolganalyse door KWR van het maatregelpakket in 2020 voor de *Referentie* en *Stoom* leverde op dat er in de input van de berekeningen in fase 2 onjuiste waarden zijn gebruikt. Voor *Stoom* is er nog steeds een potentiële toename. Nieuwe resultaten van KWR zijn echter te laat beschikbaar om te worden verwerkt in de MKBA.

⁹⁶ R. Stuurman en M. Mens, Deltares, Analyse weerbaarheid grondwaterafhankelijke natuur, oktober 2020.

de Limburgse Maas lijken er geen algemene conclusies te trekken over de invloed van veranderende klimatologische en hydrologische condities op natuurwaarden, anders dat er relatief weinig impact door de Deltascenario's is.

6.2 MAATREGELEN MAAS

Deze paragraaf gaat in op de relevante maatregelen voor het gebied dat afhankelijk is van wateraanvoer van de Maas, het verwachte kosten-batensaldo per maatregel en het kosten-batensaldo van het voorkeurspakket van maatregelen. Daarvoor wordt de aanpak in stappen gevolgd die is beschreven in Hoofdstuk 5. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de Factsheets.⁹⁷

Beoordeelde maatregelen (stap 2)

Hieronder wordt ingegaan op de maatregelen die beoordeeld kunnen worden en die onderdeel zijn van het voorkeurspakket (VP) (Tabel 25). Alle maatregelen voldoen aan de benchmark (stap 2).

Tabel 25: overzicht beoordeelde maatregelen en resultaat stap 2

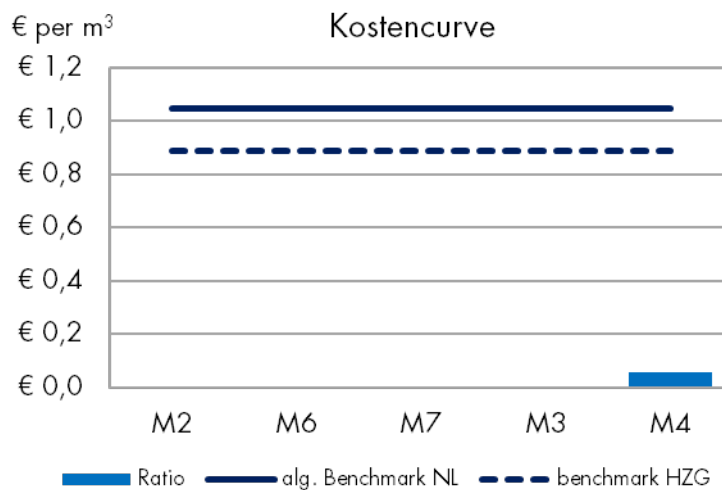
ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ⁹⁸ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
M2	Hevelend schutten Born en Heel	€ 0,04 ⁹⁹	28,4	€ 0,00	€ 1,05	voldoet
M3	Schutten met spaarbekkens Born/Maasbracht	€ 0,30 ⁹⁹	85,5	€ 0,00	€ 1,05	voldoet
M4	Circulair pompen Born/Maasbracht	€ 2,60 ⁹⁹	46,7	€ 0,06	€ 1,05	voldoet
M6	Internationale samenwerking met Duitsland (afvoer Roer)	€ 0,07	31,6	€ 0,00	€ 1,05	voldoet
M7	Internationale samenwerking met België (afvoer Maas)	€ 0,07	31,6	€ 0,00	€ 1,05	voldoet

Alle maatregelen hebben een potentieel rendement in euro per m³ (zie voor toelichting paragraaf 5.3) dat ruimschoots aan de gebruikte benchmark voldoet (Figuur 56).

⁹⁷ De zoetwaterregio's hebben voor alle maatregelen Factsheets aangeleverd volgens een vast format. Vanwege de omvang van het hele pakket zijn deze niet als bijlage opgenomen.

⁹⁸ Zie Hoofdstuk 5, stap 2 voor toelichting benchmark.

⁹⁹ De eenmalige kosten voor het voorbereidend onderzoek (fte) zijn hier aan alle drie de varianten toegekend. Bij combinatie van maatregelen hoeft dit bedrag (€ 0,036 mln.) slechts één keer opgevoerd te worden.



Figuur 56: vergelijking kosteneffectiviteit met benchmark

Kosten en effecten per maatregel (stap 3)

Of het potentieel rendement in de *Referentie* en *Stoom* al bereikt wordt, bepalen we met maatwerkanalyses in stap 3. Hierbij worden ook kwalitatieve effecten meegenomen.



Figuur 57: vergelijking kwalitatieve effecten opgegeven door zoetwaterregio

Maatregelen schutten Maas (M2, M3 en M4)

Maatregelen *Hevelend schutten* (M2), *Schutten met spaarbekkens* (M3) en *Circulair pompen* (M4) zijn alle drie gericht op het besparen van water bij het schutten in de Maas. Het effect op de scheepvaart is voor alle drie de maatregelen berekend door Deltares in de QuickScan. Bij een strategie waarbij er ingezet wordt op zoveel mogelijk pompen is er volgens deze analyse een kleine besparing voor de beroepsscheepvaart (zie Tabel 26). Voor de recreatievaart schat de regio een klein nadeel in (zie Figuur 57). Naast het effect voor scheepvaart betekent zuinig schutten dat er meer water beschikbaar is voor de Grensmaas.¹⁰⁰ Voor de Grensmaas wordt een minimum debiet van 10 m³ per seconde aangehouden om schade aan natuur te voorkomen. Wanneer er minder

¹⁰⁰ Bron RWS via Deltares.

dan 10 m³ per seconde beschikbaar is, kunnen de schutmaatregelen dus een positief effect hebben. De waarde hiervan is bepaald aan de hand van de tekorten voor de 100-jarige reeks uit NWM (aangeleverd door Deltares). Het gemiddelde tekort per jaar van de Grensmaas is 0,15 Mm³ in de *Referentie* en 2,80 Mm³ in *Stoom 2050*. Het maximumtekort op een dag is 0,29 Mm³ of 0,53 Mm³. Om de gemiddelde tekorten te voorkomen, moet het leveringspotentieel dus 0,29 Mm³ of 0,53 Mm³ per dag zijn. Een hogere capaciteit heeft geen meerwaarde bij deze scenario's.

De maatregel *Hevelend schutten* heeft een leveringspotentieel van 0,3 Mm³, *Schutten met spaarbekkens* 1,0 Mm³ en *Circulair pompen* 0,55 Mm³ per dag. Conclusie is dat voor de *Referentie* alle maatregelvarianten voldoende capaciteit hebben, voor *Stoom 2050* alleen *Schutten met spaarbekkens* of *Circulair pompen*.

Tabel 26: analyse maatregelen schutten Maas

Naam	Gem effect vermindering wachtkosten scheepvaart bij maximaal pompen	Vermindering tekort Grensmaas	Waarde van vermindering tekort en verbetering	Jaarlijkse kosten	Saldo en uitkomst stap 3
MAATWERK M2. Hevelend schutten	Ref € 0,0 mln. Stoom2050 € 0,01 mln. – nadeel recreatievaart	Ref 0,15 Mm ³ Stoom2050 2,6 Mm ³	Ref € 0,16 mln. Stoom2050 € 1,74 mln.	€ 0,04 mln.	Ref € 0,12 mln. Stoom2050 € 1,71 mln. – p.m. positief
MAATWERK M3. Schutten met spaarbekkens	Ref € 0,02 mln. Stoom2050 € 0,28 mln. – nadeel recreatievaart	Ref 0,15 Mm ³ Stoom2050 2,8 Mm ³	Ref € 0,16 mln. Stoom2050 € 1,88 mln.	€ 0,30 mln.	Ref -€ 0,12 mln. Stoom2050 € 1,86 mln. – p.m. kansrijk
MAATWERK M4. Circulair pompen	Ref € 0,02 mln. Stoom2050 € 0,15 mln. plus voordeel recreatievaart	Ref 0,15 Mm ³ Stoom2050 2,8 Mm ³	Ref € 0,16 mln. Stoom2050 € 1,88 mln. plus kwalitatief voordeel aquatische biodiversiteit, energiebesparing en nadeel waterkwaliteit	€ 2,60 mln.	Ref -€ 2,42 mln. Stoom2050 -€ 0,57 mln. + p.m. negatief

Nauwkeurigheid hoog

Nauwkeurigheid midden

Nauwkeurigheid laag

De betalingsbereidheid voor extra water naar de Grensmaas is benaderd met de benchmark voor landbouw/natuur voor Nederland totaal: € 1,05 per m³ voor de *Referentie* en € 0,67 per m³ voor *Stoom 2050*. Maatregel *Hevelend schutten* is kosteneffectief in de *Referentie* en *Stoom 2050*, maatregel *Schutten met spaarbekkens* in *Stoom 2050*. *Circulair pompen* is niet kosteneffectief zonder positieve kwalitatieve effecten, zoals energiewinning/besparing op pompkosten en baten als gevolg van betere vismigratie en voordeel voor recreatievaart. In de *Referentie* zouden deze 2,42 mln. euro per jaar moeten opbrengen en 0,57 mln. euro in *Stoom*. Voor de *Referentie* is een dergelijke opbrengst niet waarschijnlijk. De totale energiekosten van RWS voor stuwen en sluizen

bedragen ongeveer 2,7 mln. euro per jaar.¹⁰¹ Alles overwegende, beoordelen we voor de komende DP-fase *Hevelend schutten* en *Schutten met spaarbekkens* als kosteneffectief respectievelijk kansrijk.

Internationale samenwerking (M6 en M7)

De maatregel *internationale samenwerking met Duitsland (afvoer Roer) (M6)* is in de QuickScan¹⁰² op hoofdlijnen voor *Stoom 2050* geanalyseerd. De waarde van de vermeden berekeningstekorten in de landbouw bedragen 0,91 miljoen euro (incl. btw en prijspeil 2020). Daarnaast zullen er ook positieve effecten voor natuur zijn als gevolg van vermindering van doorspoel- en peilbeheertekorten. Voor de *Referentie* is er geen informatie. Op basis van de genoemde landbouwbaten is de maatregel rendabel in *Stoom 2050*. De jaarlijkse baten liggen veel hoger dan de jaarlijkse kosten.

Voor de *Referentie* bepalen we hoeveel procent van de opgegeven maximale hydrologische capaciteit van de maatregel nodig is voor een positief saldo bij gebruik van de benchmark (€1,05 per m³) als proxy voor de betalingsbereidheid per m³ water.

*Referentie: percentage * 31,6 Mm³ per jaar * €1,05 per m³ (baten) + kwalitatieve effecten = € 0,07 mln. (jaarlijkse kosten)*

→ *percentage ≥ 0,2% (0,067 Mm³ per jaar)*

Er zijn alleen positieve kwalitatieve effecten. We veronderstellen dat deze tekortvermindering gerealiseerd wordt. Het is slechts een klein deel van het maximum leveringspotentieel van de maatregel en het tekort in regio 2 is in de *Referentie* gemiddeld meer dan 16 Mm³. De maatregel krijgt dan het oordeel positief, zie Tabel 27.

Tabel 27: overzicht resultaten beoordeelde maatregelen (excl. Schutten Maas)

Naam	Vermindering tekort	Effecten	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
MAATWERK Internationale samenwerking met Duitsland (afvoer Roer) (M6)	Referentie: niet bekend Stoom2050: p.m. Mm ³	Referentie: onbekend Stoom2050: € 0,91 mln. + kwalitatief voordeel recreatie, waterkwaliteit, scheepvaart, aquatische biodiversiteit	€ 0,07 mln.	Referentie: positief bij 0,2% van max capaciteit Stoom2050: € 0,84 mln. Positief
MAATWERK Internationale samenwerking met België (afvoer Maas) (M7)	Vergelijkbaar met vorige maatregel	Vergelijkbaar met vorige maatregel	€ 0,07 mln.	Aanname gelijk aan maatregel Duitsland Positief

 Nauwkeurigheid hoog  Nauwkeurigheid midden  Nauwkeurigheid laag

Effect maatregelen in combinatie (stap 4)

Combinatie van maatregelen kan de kosteneffectiviteit van de maatregel verminderen. Bij het combineren van de kosteneffectieve maatregelen uit stap 3 valt *Schutten met spaarbekkens* af.

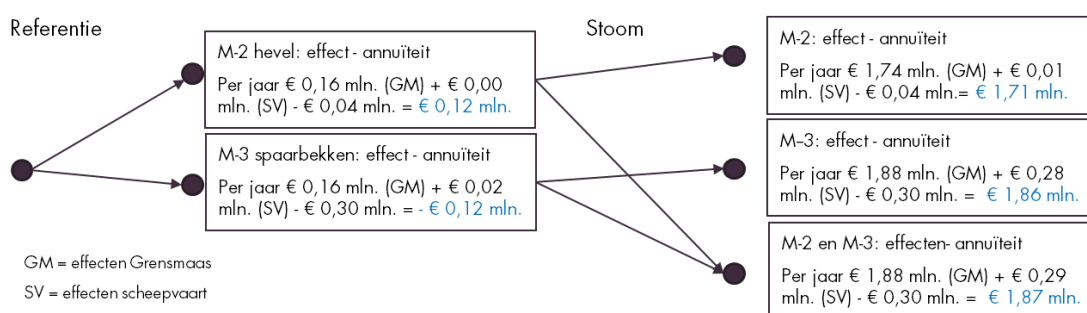
¹⁰¹ In 2017 was totale energiegebruik voor stuwen en sluizen RWS 96 TJ (= 26667 MWh). Op basis van grootgebruikersprijs van € 100 per MWh (incl. btw) is dat een kostenpost van 2,7 mln. euro per jaar.

¹⁰² J. Delsman, Deltares, Een verkenning van de effecten van kansrijke maatregelen op waterverdeling, scheepvaart en landbouw, februari 2020.

Maatregel *Hevelend schutten* is het meest gunstig in de *Referentie*, in de gematigde klimaatscenario's en alleen in de extreme scenario's is sprake van een nadeel van 0,15 miljoen euro per jaar (€1,86 mln. - € 1,71 mln.), zie Figuur 58.

Keuze voor *Schutten met spaarbekkens* is het meest gunstig in een extreem scenario, maar in een gematigd scenario en in de *Referentie* is het nadeel 0,24 miljoen euro per jaar (€ 0,12 mln. + € 0,12 mln.).

Voor de komende periode is *Hevelend schutten* dus kosteneffectiever dan *Schutten met spaarbekkens*. Op langere termijn als de kans op een *Stoom*-scenario toeneemt, kan (uitbreiding met) *Schutten met spaarbekkens* aantrekkelijker worden. De uitbreiding van *Hevelend schutten* met *Schutten met spaarbekkens* zorgt voor een toename van het kosten-batensaldo van 1,71 miljoen euro naar 1,87 miljoen euro, zie Figuur 58. Dit is in *Stoom* nog iets hoger dan wanneer alleen voor *Schutten met spaarbekkens* was gekozen. De keuze voor *Hevelend schutten* is daardoor no-regret. In de *Referentie* heeft deze maatregel het hoogste kosten-batensaldo en als *Stoom* werkelijkheid wordt, komt men via uitbreiding ook op het maximum saldo uit.



Figuur 58: ontwikkelpaden bij Referentie en Stoom 2050¹⁰³

Kosten-batensaldo voorkeurspakket (eindresultaat)

Het totale voorkeurspakket (zie Tabel 28) bestaat uit 3 tot 5 maatregelen. De maatregelen vragen een relatief beperkte investering en worden vaak nog voorafgegaan door onderzoek.

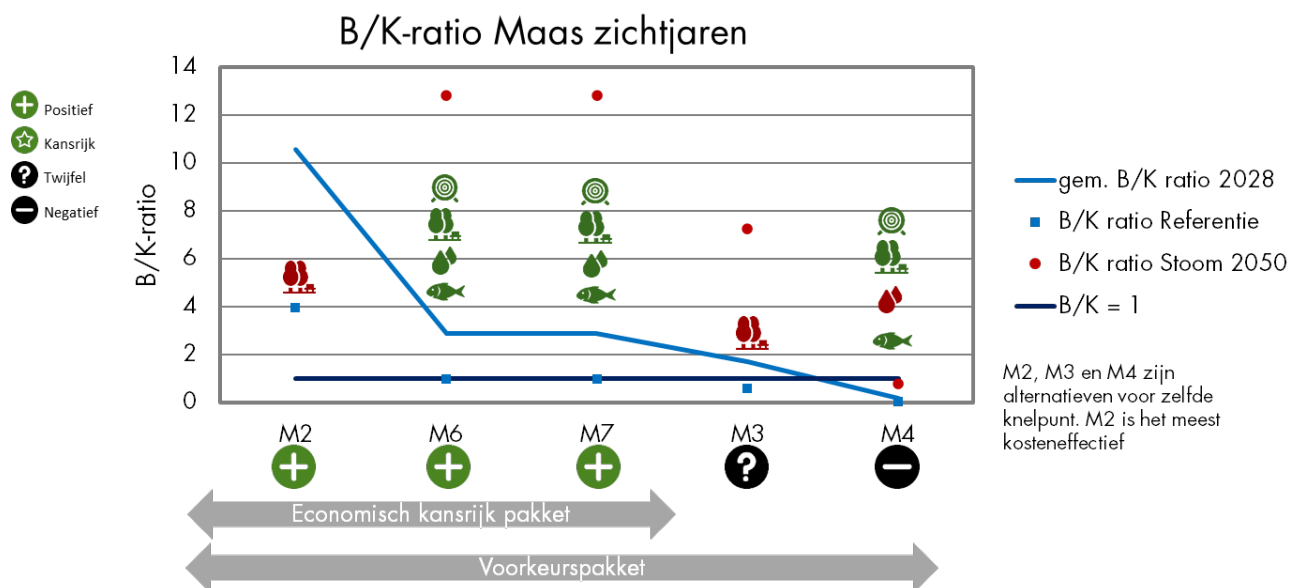
¹⁰³ Aanname dat voordeel voor scheepvaart opgeteld mag worden. Dit effect is echter beperkt € 0,01 mln. Effect op vermindering tekorten Grensmaas kan niet opgeteld worden. m³ kan alle tekorten in *Stoom* al voorkomen. In de jaarlijkse kosten is een vast bedrag voor de verkenning meegenomen (fte). Bij combinatie van 2 maatregelen wordt deze dubbel telling gecorrigeerd (€ -0,04 mln.).

Tabel 28: beoordeelde maatregelen voorkeurspakket Hoge Zandgronden Maas

ID	Naam	VP	EP	Saldo (als losse maatregelen)	NCW Referentie	NCW Stoom	Uitkomst analyse
2	Hevelend schutten Born en Heel	X	X	Ref € 0,12 mln. Stoom2050 € 1,71 mln. – nadeel recreatievaart	€ 2 mln. – p.m.	€ 21 mln. – p.m.	positief
3	Schutten met spaarbekkens	X	-	Ref -€ 0,12 mln. Stoom2050 € 1,86 mln. – nadeel recreatievaart	- € 2 mln. – p.m.	€ 22 mln. – p.m.	voorlopig twijfel door combinatie M2*
4	Circulair pompen	X	-	Ref -€ 2,42 mln. Stoom2050 -€ 0,57 mln. + kwalitatief voordeel aquatische biodiversiteit, recreatievaart en energiebesparing en nadeel waterkwaliteit	- € 39 mln. + p.m.	- € 17 mln. + p.m.	negatief
6	Internationale samenwerking Duitsland	X	X	Ref ≥ € 0 Stoom2050 € 0,84 mln. + kwalitatief voordeel recreatie, waterkwaliteit, scheepvaart, aquatische biodiversiteit	≥ € 0 mln. + p.m.	€ 10 mln. + p.m.	positief
7	Internationale samenwerking België	X	X	Ref ≥ € 0 Stoom2050 € 0,84 mln. + kwalitatief voordeel recreatie, waterkwaliteit, scheepvaart, aquatische biodiversiteit	≥ € 0 mln. + p.m.	€ 10 mln. + p.m.	positief
					Bij keuze M2: € 2 mln. Bij keuze M4: - € 39 mln. + kwalitatief	Bij keuze M2: € 41 mln. Bij keuze M4: € 3 mln. + kwalitatief	

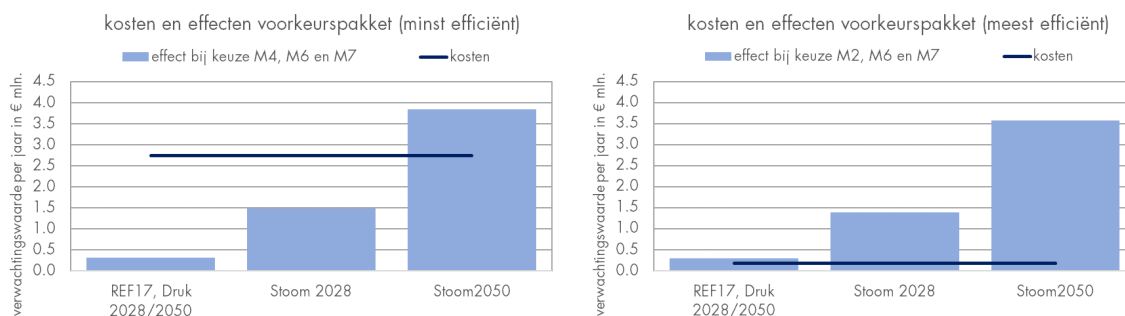
*doordat M2 kosteneffectiever is, maar misschien niet mogelijk

Het economisch kansrijke pakket bevat maatregel M3 en M4 niet (zie Figuur 59). M4 heeft een negatieve B/K-ratio. M3 heeft wel een positieve B/K-ratio als M2 niet mogelijk is, maar als M2 wel een goede optie is, dan is deze maatregel kosteneffectiever dan M3 en hoort M3 niet in het economisch kansrijke pakket.



Figuur 59: B/K-ratio's beoordeelde maatregelen (legenda additionele kwalitatieve effecten zie Figuur 57)

In het voorkeurspakket laat men de uitvoeringskeuze van schutten Maas nog open (M2 en/of M3 en/of M4). Het meest positieve saldo ontstaat bij keuze voor M2 (zie Figuur 60 links). Als uit de verkenning blijkt dat deze optie niet werkt, is de 2^e optie (M3) ook economisch kansrijk. De 3^e optie (M4) lijkt dat vooralsnog niet. Bij de huidige inschattingen levert deze optie een negatief saldo op, zie Figuur 60 rechts. Op basis van de resultaten van de geplande verkenning voor *schutten Maas* zal in de komende DP-fase door Rijkswaterstaat een afweging worden gemaakt welke maatregel wordt uitgevoerd.



Figuur 60: jaarlijkse kosten en effecten voorkeurspakket (meest efficiënt links – minst efficiënt rechts)

6.3 MAATREGELEN HOGE ZANDGRONDEN ZUID

Deze paragraaf gaat in op de relevante maatregelen voor de Hoge Zandgronden Zuid, het verwachte kosten-batensaldo per maatregel en het mogelijk welvaartseffect voor het voorkeurspakket. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de Factsheets.¹⁰⁴

¹⁰⁴ De zoetwaterregio's hebben voor alle maatregelen Factsheets aangeleverd volgens een vast format. Vanwege de omvang van het hele pakket zijn deze niet als bijlage opgenomen.

Beoordeelde maatregelen (stap 2)

In de voorbereiding van de MKBA-opstelling is bepaald of de 26 ingediende maatregelen economisch beoordeeld kunnen worden, zie Tabel 29. Voor alle 26 maatregelen is dat het geval. Bij de Hoge Zandgronden is sprake van een programma in plaats van een concreet pakket. Onbekend is hoe het voorkeurspakket precies zal worden samengesteld uit de maatregelen. Dit zal afhangen van de resultaten van het gebiedsproces. De ambitie van de regio is om de maatregelen voor de komende DP-fase (6 jaar) over 20% van het areaal uit te rollen en daarmee 20 cm grondwaterstandverhoging te realiseren. Hiervoor verwacht men 200 mln. euro nodig te hebben.

In de onderstaande tabel zijn de basisgetallen vermeld die zijn berekend of overgenomen uit de data van de regio. Ook is het resultaat van de analyse van stap 2, de benchmarkanalyse aangegeven.

Tabel 29: overzicht beoordeelde maatregelen bij volledige implementatie en resultaat stap 2

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm³)	Ratio (€/m³)	Benchmark ¹⁰⁵ Referentie (€/m³)	Uitslag stap 2
127	flexibel peilbeheer	€ 0,27	320,0	€ 0,00	€ 0,89	voldoet
128	beekherstel en herprofilering leggerwaterlopen	€ 9,72	27,5	€ 0,35	€ 0,89	voldoet
129	regelbare drainage	€ 73,99	244,0	€ 0,30	€ 0,89	voldoet
130	onderwaterdrainage	€ 0,62	1,8	€ 0,34	€ 0,89	voldoet
131	sloten dempen	€ 18,25	147,5	€ 0,12	€ 0,89	voldoet ¹⁰⁶
132	sloten verondiepen of afdammen	€ 13,95	147,5	€ 0,09	€ 0,89	voldoet ¹⁰⁶
133	greppels afsluitbaar maken	€ 19,52	147,5	€ 0,13	€ 0,89	voldoet ¹⁰⁶
134	duikers verhogen	€ 12,87	147,5	€ 0,09	€ 0,89	voldoet
135	plaatsen stuwen detailwaterlopen	€ 58,83	139,5	€ 0,42	€ 0,89	voldoet
136	aanleg infiltratiegreppel	€ 27,27	6,4	€ 4,26	€ 0,89	voldoet niet
137	beperken oppervlakkige afstroming	€ 0,15	10,2	€ 0,01	€ 0,89	voldoet
138	afkoppelen verhard oppervlak	€ 61,28	130,0	€ 0,47	€ 0,89 / niet representatief	voldoet
139	groenblauwe structuren	€ 2,30	0,0	n.v.t.	niet representatief	niet te bepalen

¹⁰⁵ Zie Hoofdstuk 5, stap 2 voor toelichting benchmark.

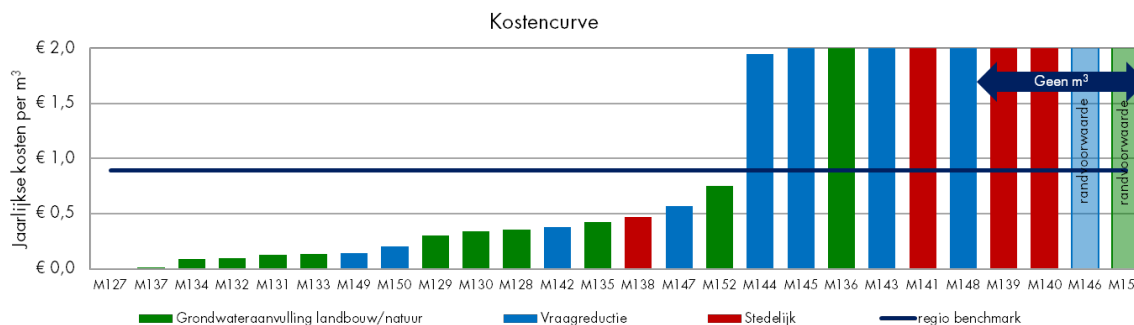
¹⁰⁶ Maatregel M134 heeft waarschijnlijk hoger welvaartseffect. Waar maatregelen uitwisselbaar zijn is M134 welvaartsoptimaal.

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹⁰⁵ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
140	waterpartijen omvormen tot wadi's	€ 29,19	0,0	n.v.t.	niet representatief	niet te bepalen
141	ontsteden publiek verhard oppervlak	€ 58,92	7,2	€ 8,18	niet representatief	niet te bepalen
142	verbeteren bodemstructuur	€ 8,13	21,5	€ 0,38	€ 0,89	voldoet
143	druppelirrigatie	€ 12,41	2,8	€ 4,43	€ 0,89	voldoet niet
144	subirrigatie	€ 55,93	28,7	€ 1,95	€ 0,89	voldoet niet
145	water opvangen in bassins	€ 27,73	10,2	€ 2,72	€ 0,89	voldoet niet
146	bedrijfsgerichte stimuleringsplannen	€ 0,08	0,0	n.v.t.	€ 0,89	Randvoorwaarde
147	besparen drinkwater	€ 0,87	1,5	€ 0,57	€ 0,89	voldoet
148	hergebruik regenwater	€ 50,19	3,5	€ 14,3	€ 0,89	voldoet niet
149	hergebruik proceswater	€ 1,15	8,0	€ 0,14	€ 0,89	voldoet
150	hergebruik RWZI-effluent	€ 3,34	16,8	€ 0,20	€ 0,89	voldoet
151	functie veranderen in ruimte voor water	€ - ¹⁰⁷	0,0	n.v.t.	€ 0,89	Randvoorwaarde
152	naaldbos omzetten	€ 0,20	0,3	€ 0,75	€ 0,89	voldoet

Zestien maatregelen uit het pakket voldoen aan de benchmark (zie Tabel 29 en Figuur 61). Zes maatregelen verminderen de tekorten: ze vergroten het aanbod of reduceren de vraag, maar voldoen niet aan de benchmark. Voor deze maatregelen zijn de kosten per m³ hoger dan de benchmark en de meerkosten ten opzichte van de benchmark worden naar verwachting niet door andere kwalitatieve effecten gecompenseerd. Vier maatregelen die geen m³ opleveren, voldoen per definitie niet aan de benchmark. Twee ervan hebben een sterke link met het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA). In twee gevallen gaat het om maatregelen die randvoorwaardelijk zijn voor andere maatregelen (zie Figuur 61, uiterst rechterzijde). *Bedrijfsgerichte stimuleringsplannen* (M146) is als economisch kansrijk beoordeeld omdat de kosten per jaar laag liggen en de maatregel als randvoorwaarde voor verschillende andere potentieel rendabele maatregelen dient. Ook de maatregel *functie veranderen in ruimte voor water* (M151) is als economisch kansrijk beoordeeld. Deze maatregel is randvoorwaardelijk voor maatregelen M128 en M131 t/m M135 die in potentie rendabel zijn. Omdat de kosten van deze maatregel substantieel zijn, zijn deze verwerkt in de kosten voor de maatregelen M128 en M131 t/m M135. Ook met de extra kosten zijn deze maatregelen nog steeds economisch kansrijk. In totaal hebben

¹⁰⁷ Kosten zijn substantieel en verdeeld over maatregel M128 (16%), M131/132/133/134/135 (84%). De 84% is volledig aan elke maatregel toegekend omdat deze maatregelen elkaar in praktijk uitsluiten. Bij combinatie van M128 en een van de maatregelen M131 t/m M135 is dan 100% van kosten M151 toegewezen.

8 van de 26 maatregelen in het voorkeurspakket/programma geen positief kosten-batensaldo als we alleen kijken naar de benchmark die gebruikt is om de betalingsbereidheid te benaderen.



Figuur 61: vergelijking kosteneffectiviteit met benchmark opgegeven door zoetwaterregio

Kosten en effecten per maatregel (stap 3)

De beoordeling van het pakket Hoge Zandgronden volgens stap 3 is gedaan aan de hand van twee aanvullende analyses.

- De analyse voor elke maatregel van de jaarlijkse kosten per hectare en de vergelijking daarvan met de jaarlijkse effecten per hectare van een modelvertaling door Deltares van het pakket van de Hoge Zandgronden (zie bijlage uitgangspuntendocument¹⁰⁸).
- Het saldo van de additionele kwalitatieve effecten voor aquatische natuur, recreatie en leefomgeving, scheepvaart, waterkwaliteit en overig. Deze effecten zijn voor de Hoge Zandgronden niet verwerkt in de eerste twee analyses en mogen dus opgeteld worden bij die resultaten.

Vergelijking kosten per hectare met opbrengst per hectare van potentieel pakket

Door Deltares is voor een mogelijke modelvertaling van dit pakket met het zoetwaterinstrumentarium onderzocht hoe groot het effect is. Het onderzochte pakket is uitgerold over 302.000 hectares op de Hoge Zandgronden Zuid. Het gaat vooral om maatregelen die de robuustheid van het watersysteem vergroten en de bodemkwaliteit verbeteren (M129, M131 t/m M135, M142, M143). Het effect van deze maatregelen voor de landbouw bedraagt 16,0 mln. euro in de *Referentie* en 23,9 mln. euro per jaar in *Stoom* (zie Tabel 30). Omgerekend per hectare is er een gekwantificeerd effect van 93 euro per hectare per jaar in de *Referentie* en 161 euro per hectare per jaar in *Stoom*. Lokaal kunnen de baten en betalingsbereidheid voor een maatregel hoger zijn dan het hier gepresenteerde gemiddelde effect per hectare. De kosten per hectare per jaar liggen voor verschillende gemodelleerde maatregelen lager dan de effecten van het gekwantificeerde modelpakket (zie Tabel 29). Een pakket met een positief kosten-batensaldo is dus in principe mogelijk.

Bij een volledig vrije keuze uit alle mogelijke maatregelen is ook een veel minder kosteneffectief pakket mogelijk.

¹⁰⁸ J. Hunink et al (2020).

Tabel 30: resultaten doorrekening mogelijk pakket (Deltares, Mens et al. 2020b)

	Referentie		Stoom	
	ha	Effect (mln. €/jaar, incl. BTW)	ha	Effect (mln. €/jaar, incl. BTW)
Landbouw	171.894	€ 15,98	148.706	€ 23,91
Natuur	130.256	€ 12,11 ¹⁰⁹	139.094	€ 22,36
Totaal	302.150	€ 28,10	287.800	€ 46,27

Een effect dat nog niet is meegenomen in deze resultaten is het effect op de weerbaarheid tegen droogte van grondwaterafhankelijke natuur.¹¹⁰ De modelresultaten laten zien dat het maatregelpakket niet in staat is onherstelbare schade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Slechts een klein deel van de opgave kan met het maatregelpakket worden voorkomen (zie Tabel 31).

Tabel 31: opgaves en effect van pakket gemiddeld over areaal grondwaterafhankelijke natuur per regio, op basis van GG10 (tabelresultaten overgenomen uit Mens et al, 2020b)

Regio		Ref2017			Stoom2050		
ID	naam	opgave (cm)	effect (cm)	effect (%)	opgave (cm)	effect (cm)	effect (%)
2	Zuidelijk zandgebied - MLNBK	0,22	0,12	55%	0,31	0,09	29%
3	Zuidelijk zandgebied - overige	0,36	0,08	22%	0,43	0,07	16%

De analyses van KWR met de Waterwijzer Natuur¹¹¹ om de effecten van het maatregelpakket te beoordelen zijn niet op tijd beschikbaar gekomen om integraal in de MKBA te worden meegenomen. Uit de conceptrapportage kan geconcludeerd worden dat er bij uitvoering van het maatregelenpakket in de *Referentie* een potentiële verschuiving optreedt van drogere naar nattere natuur. Uit de resultaten blijkt ook dat in *Stoom* de potentiële netto toename van de natuurwaarde positief is bij uitvoering van het pakket maatregelen.

Saldo niet-gemonetariseerde effecten

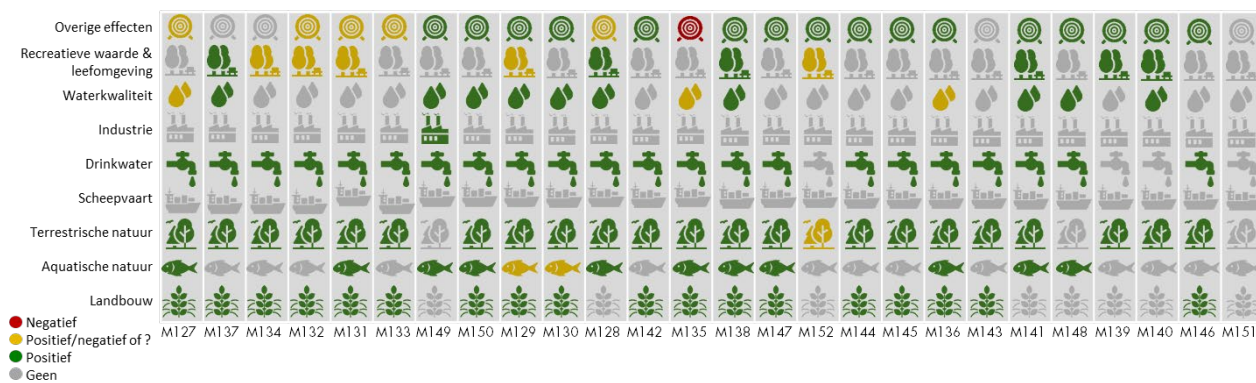
Ten slotte is het saldo van de niet-gemonetariseerde effecten gewogen (zie Figuur 62). Daarbij tellen alleen effecten op recreatieve waarde en leefomgeving, waterkwaliteit, scheepvaart, aquatische natuur en overige effecten¹¹² mee. Het gebruik van zoetwater door industrie, drinkwaterbedrijven, terrestrische natuur en landbouw is (impliciet) al meegenomen in de benchmark per m³ en het effect per hectare.

¹⁰⁹ De effecten voor natuurgebieden zijn gekwantificeerd op grond van een gelijke opbrengst per hectare als voor landbouw, D.w.z. hectares natuur x opbrengst landbouw in euro's / hectares landbouw.

¹¹⁰ Rapport Mens et al 2020b

¹¹¹ KWR 2020.

¹¹² Onder overige effecten vallen zeer verschillende effecten. Het kan gaan om vermindering hittestress, bijdrage aan vermindering wateroverlast, energiebesparing, CO₂-vastlegging, vermindering bodemdaling.



Figuur 62: vergelijking kwalitatieve effecten opgegeven door zoetwaterregio

De resultaten van deze twee analyses en de analyse van stap 2 zijn samengevat in Tabel 32. De eerste berekende ratio (kosten in euro per m³) voor vergelijking met de benchmark moet kleiner zijn dan 0,89 euro per m³ voor een positief (groen) resultaat. De tweede berekende ratio (kosten in euro per hectare) moet kleiner zijn dan 93 euro per hectare in de *Referentie* en kleiner dan 161 euro per hectare in *Stoom* voor een positief¹¹³ resultaat. De laatste kolom geeft het aantal additionele kwalitatieve effecten dat nog bij de eerdere analyses moet worden betrokken omdat deze hier niet in begrepen zijn.

Tabel 32: analyse positief kosten-batensaldo maatregelen

ID	Code	Naam	Ratio voor vergelijking Benchmark (€/m ³)	Ratio voor vergelijking kosten per hectare (€/ha)	Additionalen kwalitatieve effecten	Uitkomst stap 3
127	1.1	flexibel peilbeheer	€ 0,00	€ 0	2x positief	positief
128	1.2	beekherstel en herprofilering leggerwaterlopen	€ 0,35	€ 177	3x positief	kansrijk
129	1.3a	regelbare drainage	€ 0,30	€ 228	2x positief	kansrijk
130	1.3b	onderwaterdrainage	€ 0,34	€ 257	2x positief	twijfel
131	1.4a	sloten dempen	€ 0,12	€ 62	1x positief	positief
132	1.4b	sloten verondiepen of afdammen	€ 0,09	€ 47	-	positief
133	1.4c	greppels afsluitbaar maken	€ 0,13	€ 66	-	positief
134	1.4d	duikers verhogen	€ 0,09	€ 44	-	positief
135	1.4e	plaatsen stuwen detailwaterlopen	€ 0,42	€ 211	1x positief, 1x negatief	twijfel
136	1.4f	aanleg infiltratiegreppel	€ 4,26	€ 852	2x positief	negatief

¹¹³ Groen: voldoet in de *Referentie* en *Stoom*, lichtgroen: voldoet alleen in *Stoom*.

ID	Code	Naam	Ratio voor vergelijking Benchmark (€/m³)	Ratio voor vergelijking kosten per hectare (€/ha)	Additionele kwalitatieve effecten	Uitkomst stap 3
137	1.4g	beperken oppervlakkige afstroming	€ 0,01	€ 5	2x positief	positief
138	1.5a	afkoppelen verhard oppervlak	€ 0,47	€ 2.366	4x positief	kansrijk
139	1.5b	groenblauwe structuren	n.v.t.	€ 3.281	2x positief	niet te bep.
140	1.5c	waterpartijen omvormen tot wadi's	n.v.t.	€ 13.268	3x positief	niet te bep.
141	1.5d	ontstenen publiek verhard oppervlak	€ 8,18	€ 24.550	4x positief	niet te bep.
142	2.1	verbeteren bodemstructuur	€ 0,38	€ 42	1 x positief	positief
143	2.2a	druppelirrigatie	€ 4,43	€ 730	-	negatief
144	2.2b	subirrigatie	€ 1,95	€ 608	1 x positief	negatief
145	2.3	water opvangen in bassins	€ 2,72	€ 1.631	1 x positief	negatief
146	2.4	bedrijfsgerichte stimuleringsplannen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	rand-voorwaarde
147	2.5	besparen drinkwater	€ 0,57	n.v.t.	2x positief	kansrijk
148	2.6a	hergebruik regenwater	€ 14,3	n.v.t.	3x positief	negatief
149	2.6b	hergebruik proceswater	€ 0,14	n.v.t.	3x positief	kansrijk
150	2.6c	hergebruik RWZI-effluent	€ 0,20	n.v.t.	3x positief	kansrijk
151	3.1	functie veranderen in ruimte voor water	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	rand-voorwaarde
152	3.2	naaldbos omzetten	€ 0,75	€ 133	1 x positief	kansrijk
Voldoet aan criterium			Voldoet in een scenario of bijna aan criterium			

Effect maatregelen in combinatie (stap 4)

Per perceel kan soms gekozen worden uit verschillende maatregelen die een vergelijkbaar effect hebben. Dit geldt vooral voor maatregel M131 t/m M135, en M136 en M137. Met de aanname dat iedere maatregel de gewenste 20 cm grondwaterstandverhoging kan realiseren, heeft de maatregel met de laagste jaarlijkse kosten het hoogste kosten-batensaldo, nl. *duikers verhogen (M134)* en *beperken oppervlakkige afstroming (M137)*. Deze maatregelen hebben ook in een droog jaar het meeste effect en geen negatieve kwalitatieve effecten. In werkelijkheid zal vanuit het gebiedsproces niet altijd (alleen) deze maatregel worden gekozen. Dit leidt tot een voorkeurspakket met een lager gemonetariseerd kosten-batensaldo. Voor sommige maatregelen kunnen wel de additionele kwalitatieve effecten de balans doen omslaan.

Kosten-batensaldo voorkeurspakket (eindresultaat)

Onbekend is hoe het voorkeurspakket van de regio er precies uit zal zien, doordat gewerkt wordt met een programma dat via een gebiedsproces nader zal worden ingevuld. Daardoor is het niet mogelijk het kosten-batensaldo van een voorkeurspakket te bepalen. Wel duidelijk is dat niet alle maatregelen die de regio voorstelt om uit te putten een positief kosten-batensaldo zullen hebben. Afhankelijk van de daadwerkelijke keuze uit de maatregelen zal derhalve een pakket met een positief of negatief kosten-batensaldo ontstaan.

In principe is een keuze met een positief kosten-batensaldo mogelijk. De modelanalyse van een uitvoerbaar pakket laat per hectare voldoende positieve effecten zien om een deel van de maatregelen ook op basis van deze analyse positief uit te laten vallen. Ook combinatie van sommige maatregelen per hectare kan nog tot een positief saldo leiden, bijvoorbeeld combinatie van M127, M142 en M134 kost 86 euro per hectare. Dit ligt lager dan de modelopbrengst per hectare van 93 euro per hectare.

Tabel 33: maatregelen die passen in een voorkeurspakket met een positief kosten-batensaldo

ID	Code	Naam	Rendabel op basis van benchmark/ benadering betalingsbereidheid	Eindoordeel
127 131 132 133 134 137 142	1.1 1.4a 1.4b 1.4c 1.4d 1.4g 2.1	flexibel peilbeheer sloten dempen sloten verondiepen of afdammen greppels afsluitbaar maken duikers verhogen beperken oppervlakkige afstroming verbeteren bodemstructuur	Rendabel op basis van benchmark per m ³ , per hectare in de Referentie en Stoom een neutraal of positief saldo en de additionele kwalitatieve effecten hebben een positief of neutraal saldo.	Positief
128 129 138 146 147 149 150 151 152	1.2 1.3a 1.5a 2.4 2.5 2.6b 2.6c 3.1 3.2	beekherstel regelbare drainage afkoppelen verhard oppervlak bedrijfsgerichte stimuleringspl. [RW] besparen drinkwater hergebruik proceswater hergebruik RWZI-effluent functie veranderen in water [RW] naaldbos omzetten	a) Rendabel op basis van benchmark per m ³ maar per hectare niet in Referentie en wel in Stoom. Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0 . b) Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0 , rendabel op basis van benchmark per m ³ en benchmark per hectare is niet representatief c) maatregel is randvoorwaarde [RW] voor kansrijke maatregelen	Kansrijk
130 135	1.3b 1.4e	onderwaterdrainage plaatsen stuwen detailwaterlopen	Rendabel op basis van benchmark per m ³ maar niet per hectare. Saldo kwalitatieve effecten kan mogelijk benchmark per hectare compenseren, maar misschien ook niet.	Twijfel
136 143 144 145 148	1.4f 2.2a 2.2b 2.3 2.6a	aanleg infiltratiegreppel druppelirrigatie subirrigatie water opvangen in bassins hergebruik regenwater	Niet rendabel op basis van benchmark per m ³ . Kosten-batensaldo incl. kwalitatieve effecten < 0	Niet kansrijk / negatief
139 140 141	1.5b 1.5c 1.5d	groenblauwe structuren waterpartijen omvormen tot wadi's ontsteden publiek verhard oppv.	Niet rendabel op basis van benchmark per m ³ . Saldo kwalitatieve effecten is positief. Benchmark is niet representatief voor betalingsbereidheid.	niet te bepalen

De modelanalyse laat zien dat ook voor grondwatermaatregelen, net als voor oppervlaktewatermaatregelen, niet altijd het maximale hydrologische effect wordt gerealiseerd. De impliciete benchmark¹¹⁴ die uit de modelresultaten te halen is, ligt lager¹¹⁵ dan de gebruikte benchmark voor betalingsbereidheid in Tabel 29. Voor een positief kosten-batensaldo is het nodig dat de berekende kosten per m³ voldoende marge hebben met de benchmark.

De beschikbare maatregelen hebben we op grond van de drie analyses in vijf categorieën ingedeeld: een positief gemonetariseerd kosten-batensaldo, kansrijk voor een positief saldo, niet kansrijk, twijfel en niet te bepalen (zie Tabel 33).

De regio verwacht 200 mln. euro¹¹⁶ nodig te hebben voor DP-fase 2. Daarmee zullen maatregelen over 20% van het areaal kunnen worden geïmplementeerd (over 128.000 hectare). Bij een gemiddelde levensduur van de maatregelen die ligt tussen de 20 en 100 jaar komen de kosten uit op 120 tot 71 euro per hectare per jaar. Voor de *Referentie* is het berekende vermeden droogterisico per hectare 93 euro per jaar en voor *Stoom 2050* 161 euro per jaar. Voor de Hoge Zandgronden Zuid is het benodigde investeringsbudget voor DP-fase 2 dus in lijn met de in potentie te realiseren welvaarseffecten. Onherstelbare schade aan de grondwaterafhankelijke natuur kan met het pakket niet worden voorkomen.

6.4 MAATREGELEN HOGE ZANDGRONDEN OOST-NEDERLAND

Deze paragraaf gaat in op de relevante maatregelen voor de Hoge Zandgronden Oost-Nederland, het verwachte kosten-batensaldo per maatregel en het mogelijke welvaartseffect voor het voorkeurspakket. Daarvoor wordt dezelfde aanpak gevolgd als voor de Hoge Zandgronden Zuid. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de Factsheets.¹¹⁷

Beoordeelde maatregelen (stap 2)

De maatregelen zijn in principe gelijk aan die op de Hoge Zandgronden Zuid. Er zijn enkel twee maatregelen minder. Dit zijn *aanleg infiltratiegreppel* en *beperken oppervlakkige afstroming*. Er is nl. onvoldoende hoogteverschil in deze regio om deze maatregelen toe te kunnen passen.

Alle resterende 24 maatregelen kunnen worden beoordeeld en zijn vermeld in Tabel 33. De ambitie van de regio is om in de komende fase over 20% van het areaal één of meer maatregelen uit te rollen. Hiervoor verwacht men 200 mln. euro te investeren.

In de onderstaande tabel zijn de basisgetallen vermeld die zijn berekend of overgenomen uit de data van de regio. Ook is het resultaat van de analyse van stap 2 aangegeven. Voor enkele maatregelen is geen oordeel mogelijk of is er twijfel. De ratio per maatregel is zo goed als gelijk aan die voor de Hoge Zandgronden Zuid. De uitkomst van de beoordeling is wat minder positief. Dat komt doordat het droogterisico dat opgelost kan worden met maatregelen in deze regio minder groot lijkt te zijn dan in de Hoge Zandgronden Zuid.

¹¹⁴ Voor impliciete benchmark wordt opbrengst per hectare gedeeld door aantal m³ per hectare bij 20 cm grondwaterstijging. Dit is 100 m x 100 m x 0,2 m x 25% = 500 m³ per ha.

¹¹⁵ Deze is 20-40% van gebruikte benchmark in Hoge Zandgronden Zuid.

¹¹⁶ Bron: oplegmemo BPZ, 17 september 2020.

¹¹⁷ De zoetwaterregio's hebben voor alle maatregelen Factsheets aangeleverd volgens een vast format. Vanwege de omvang van het hele pakket zijn deze niet als bijlage opgenomen.

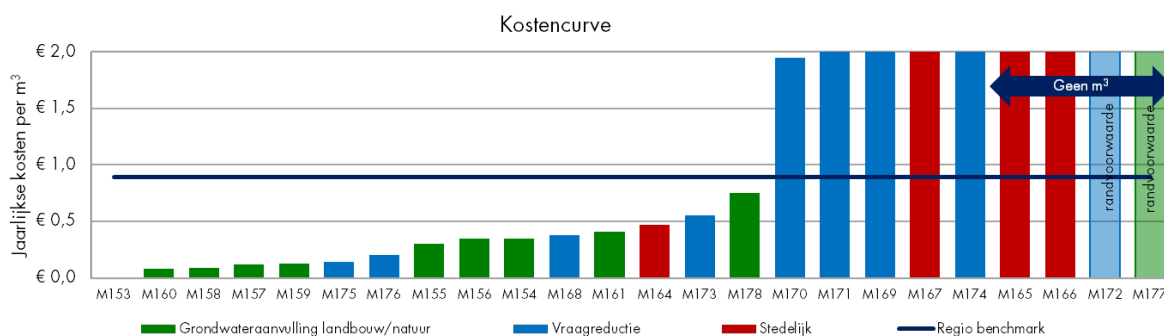
Tabel 34: overzicht beoordeelde maatregelen bij volledige implementatie en resultaat stap 2

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹¹⁸ Referentie (€/m ³)	Uitslag stap 2
153	flexibel peilbeheer	€ 0,27	460,0	€ 0,00	€ 0,89	voldoet
154	beekherstel en herprofilering leggerwaterlopen	€ 12,18	35,0	€ 0,35	€ 0,89	voldoet
155	regelbare drainage	€ 62,91	207,0	€ 0,30	€ 0,89	voldoet
156	onderwaterdrainage	€ 18,24	52,9	€ 0,34	€ 0,89	voldoet
157	sloten dempen	€ 31,23	265,0	€ 0,12	€ 0,89	voldoet ¹¹⁹
158	sloten verondiepen of afdammen	€ 23,50	265,0	€ 0,09	€ 0,89	voldoet ¹¹⁹
159	greppels afsluitbaar maken	€ 32,97	265,0	€ 0,12	€ 0,89	voldoet ¹¹⁹
160	duikers verhogen	€ 21,57	265,0	€ 0,08	€ 0,89	voldoet
161	plaatsen stuwen detailwaterlopen	€ 103,96	253,0	€ 0,41	€ 0,89	voldoet
164	afkoppelen verhard oppervlak	€ 54,44	115,5	€ 0,47	€ 0,89/ niet representatief	voldoet
165	groenblauwe structuren	€ 1,97	0,0	n.v.t.	niet representatief	niet te bepalen
166	waterpartijen omvormen tot wadi's	€ 26,54	0,0	n.v.t.	niet representatief	niet te bepalen
167	ontsteden publiek verhard oppervlak	€ 54,01	6,6	€ 8,18	niet representatief	niet te bepalen
168	verbeteren bodemstructuur	€ 13,47	35,6	€ 0,38	€ 0,89	voldoet
169	druppelirrigatie	€ 3,65	0,8	€ 4,42	€ 0,89	voldoet niet
170	subirrigatie	€ 46,82	24,0	€ 1,95	€ 0,89	voldoet niet
171	water opvangen in bassins	€ 8,15	3,0	€ 2,72	€ 0,89	voldoet niet
172	bedrijfsgerichte stimuleringsplannen	€ 0,08	0,0	n.v.t.	€ 0,89	Randvoorwaarde
173	besparen drinkwater	€ 0,78	1,4	€ 0,56	€ 0,89	voldoet
174	hergebruik regenwater	€ 48,58	3,1	€ 15,67	€ 0,89	voldoet niet

¹¹⁸ Zie Hoofdstuk 5, stap 2 voor toelichting benchmark.¹¹⁹ Maatregel M160 heeft waarschijnlijk een hoger welvaartseffect. Waar maatregelen uitwisselbaar zijn is M160 welvaartsoptimaal.

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹¹⁸ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
175	hergebruik proceswater	€ 0,60	4,2	€ 0,14	€ 0,89	voldoet
176	hergebruik RWZI-effluent	€ 3,58	17,8	€ 0,20	€ 0,89	voldoet
177	functie veranderen in ruimte voor water	€ - ¹²⁰	0,0	n.v.t.	€ 0,89	Randvoorwaarde
178	naaldbos omzetten	€ 3,98	5,3	€ 0,75	€ 0,89	voldoet

Vijftien maatregelen uit het pakket voldoen aan de benchmark (zie Tabel 33 en Figuur 63). Vijf maatregelen verminderen de tekorten: ze vergroten het aanbod of reduceren de vraag, maar voldoen niet aan de benchmark die is gebruikt als benadering voor betalingsbereidheid. Voor deze maatregelen ligt de ratio hoger dan de benchmark en het 'gat' ten opzichte van de benchmark wordt naar verwachting niet door andere kwalitatieve effecten opgebracht. Vier maatregelen die geen m³ opleveren voldoen per definitie niet aan de benchmark. Net als bij hoge Zandgronden Zuid hebben twee een sterke link met het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie en in twee gevallen gaat het om maatregelen die randvoorwaardelijk zijn voor andere maatregelen. De laatste twee zijn daarom als economisch kansrijk beoordeeld omdat de maatregelen als randvoorwaarde voor verschillende andere potentieel rendabele maatregelen dienen. De kosten zijn toegerekend aan de maatregelen waarvoor ze als randvoorwaarde dienen. In totaal hebben 7 van de 24 maatregelen in het voorkeurspakket/programma geen positief kosten-batensaldo als we alleen kijken naar de benchmark gebruikt om de betalingsbereidheid te benaderen.



Figuur 63: vergelijking kosteneffectiviteit met benchmark opgegeven door zoetwaterregio

Kosten en effecten per maatregel (stap 3)

Het pakket Hoge Zandgronden Oost-Nederland is op dezelfde manier beoordeeld als voor de Hoge Zandgronden Zuid.

¹²⁰ Kosten zijn substantieel en verdeeld over maatregel M154 (12%), M157/158/159/160/161 (88%). De 88% is volledig aan elke maatregel toegekend omdat deze maatregelen elkaar in de praktijk uitsluiten. Bij combinatie van M128 en een van de maatregelen M131 t/m M135 is dan 100% van kosten M177 toegewezen.

Vergelijking kosten per hectare met opbrengst per hectare van potentieel pakket

Door Deltares is voor een mogelijke modelvertaling van dit pakket met het zoetwaterinstrumentarium onderzocht hoe groot het effect is. Het onderzochte pakket is uitgerold over 378.500 hectares op de Hoge Zandgronden Oost-Nederland (zie Tabel 35). Het gaat vooral om maatregelen die de robuustheid van het watersysteem vergroten en de bodemkwaliteit verbeteren (M155, M157 t/m M161, M168, M169). Het effect van deze maatregelen voor de landbouw bedraagt 8,0 mln. euro in de *Referentie* en 13,7 mln. euro per jaar in *Stoom*. Omgerekend per hectare is er een gekwantificeerd effect van 37 euro per hectare per jaar in de *Referentie* en 71 euro per hectare per jaar in *Stoom*. De kosten per hectare per jaar liggen voor de meeste gemodelleerde maatregelen hoger (zie Tabel 34). Een pakket met een positief kostenbatensaldo is op basis van deze gemiddelde effecten lastig te realiseren in de *Referentie*. Het is onwaarschijnlijk dat met alleen de maatregel *flexibel peilbeheer* (M153) het effect van het doorgerkende pakket kan worden gerealiseerd. Lokaal kunnen de baten en betalingsbereidheid voor een maatregel hoger zijn dan het hier gepresenteerde gemiddeld effect per hectare.

Tabel 35: resultaten doorrekening mogelijk pakket (Deltares, Mens et al. 2020)

	Referentie		Stoom	
	ha	Effect (mln. €/jaar, incl. BTW)	ha	Effect (mln. €/jaar, incl. BTW)
Landbouw	217.813	€ 7,97	192.538	€ 13,65
Natuur	160.688	€ 5,88	169.044	€ 11,98
Totaal	378.500	€ 13,86	361.581	€ 25,63

Een effect dat hierin nog niet is meegenomen is het effect op de weerbaarheid tegen droogte van grondwaterafhankelijke natuur.¹²¹ De modelresultaten laten zien dat het maatregelenpakket niet in staat is onherstelbare schade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Slechts een klein deel van de opgave kan met het maatregelenpakket worden voorkomen (zie Tabel 36).

Tabel 36: opgaves en effect van pakket gemiddeld over areaal grondwaterafhankelijke natuur per regio, op basis van GG10 (tabelresultaten overgenomen uit Mens et al, 2020b)

Regio		Ref2017			Stoom2050		
ID	naam	opgave (cm)	effect (cm)	effect (%)	opgave (cm)	effect (cm)	effect (%)
4	Centrale hoge zandgebieden	0,40	0,09	22%	0,35	0,08	22%
5	Oostelijk zandgebied	0,40	0,08	19%	0,46	0,07	14%

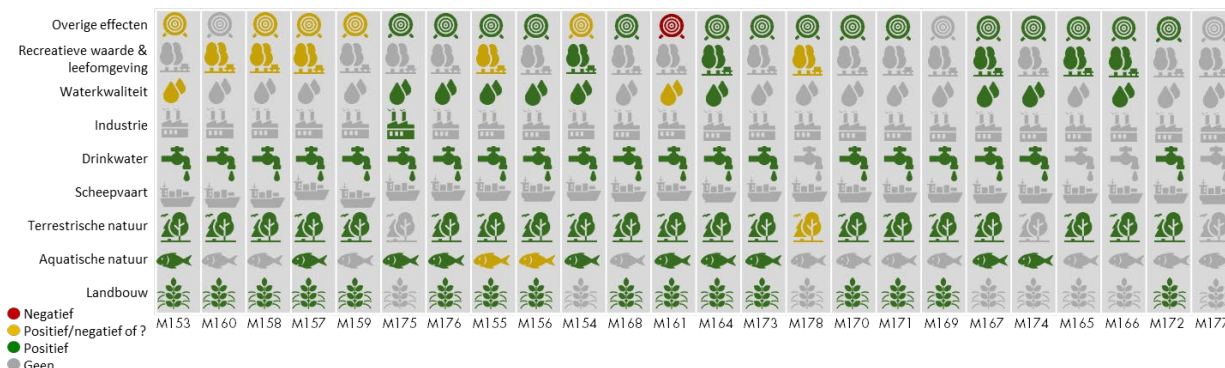
De analyses van KWR met de Waterwijzer Natuur¹²² om de effecten van het maatregelenpakket te beoordelen zijn niet op tijd beschikbaar gekomen om integraal in de MKBA te worden meegenomen. Uit de conceptrapportage kan geconcludeerd worden dat er bij uitvoering van het maatregelenpakket in de *Referentie* een potentiële verschuiving optreedt van drogere naar nattere natuur. Uit de resultaten blijkt ook dat in *Stoom* de potentiële netto toename van de natuurwaarde positief is bij uitvoering van het pakket maatregelen.

¹²¹ Rapport Mens et al 2020b

¹²² KWR 2020.

Saldo niet-gemonetariseerde effecten

Ten slotte is het saldo van de niet-gemonetariseerde effecten gewogen (zie Figuur 64). Daarbij tellen alleen effecten op de recreatieve waarde en leefomgeving, waterkwaliteit, scheepvaart, aquatische natuur en overige effecten mee. Het gebruik van zoetwater door industrie, drinkwaterbedrijven, terrestrische natuur en landbouw is (impliciet) meegenomen in benchmark per m³ en het effect per hectare.



Figuur 64: vergelijking kwalitatieve effecten opgegeven door zoetwaterregio

De resultaten van de drie analyses van stap 2 en 3 zijn samengevat in Tabel 37. De eerste berekende ratio (kosten in euro per m³) voor vergelijking met de benchmark moet kleiner zijn dan 0,89 euro per m³ voor een positief (groen) resultaat. De tweede berekende ratio (kosten in euro per hectare) moet kleiner zijn dan 37 euro per hectare in de *Referentie* en kleiner dan 71 euro per hectare in *Stoom* voor een positief¹²³ resultaat. De laatste kolom geeft het aantal additionele kwalitatieve effecten op, dat nog bij de eerdere analyses moet worden betrokken omdat deze effecten niet in de met de benchmarks benaderde betalingsbereidheid begrepen zijn.

Tabel 37: analyse positief kosten-batensaldo maatregelen

ID	Code	Naam	Ratio voor vergelijking Benchmark (€/m ³)	Ratio voor vergelijking kosten per hectare (€/ha)	Additionele kwalitatieve effecten	Uitkomst stap 3
153	1.1	flexibel peilbeheer	€ 0,00	€ 0	2x positief	positief
154	1.2	beekherstel en herprofilering leggerwaterlopen	€ 0,35	€ 177	3x positief	twijfel
155	1.3a	regelbare drainage	€ 0,30	€ 228	2x positief	twijfel
156	1.3b	onderwaterdrainage	€ 0,34	€ 257	2x positief	twijfel
157	1.4a	sloten dempen	€ 0,12	€ 62	1x positief	kansrijk
158	1.4b	sloten verondiepen of afdammen	€ 0,09	€ 47	-	kansrijk
159	1.4c	greppels afsluitbaar maken	€ 0,12	€ 66	-	kansrijk

¹²³ Groen: voldoet in de *Referentie* en *Stoom*, lichtgroen: voldoet alleen in *Stoom*.

ID	Code	Naam	Ratio voor vergelijking Benchmark (€/m³)	Ratio voor vergelijking kosten per hectare (€/ha)	Additionele kwalitatieve effecten	Uitkomst stap 3
160	1.4d	duikers verhogen	€ 0,08	€ 44	-	kansrijk
161	1.4e	plaatsen stuwen detailwaterlopen	€ 0,41	€ 211	1 x positief, 1 x negatief	negatief
164	1.5a	afkoppelen verhard oppervlak	€ 0,47	€ 2.366	4x positief	kansrijk
165	1.5b	groenblauwe structuren	n.v.t.	€ 3.281	2x positief	niet te bepalen (stedelijk)
166	1.5c	waterpartijen omvormen tot wadi's	n.v.t.	€ 13.268	3x positief	niet te bepalen (stedelijk)
167	1.5d	ontstenen publiek verhard oppervlak	€ 8,18	€ 24.550	4x positief	niet te bepalen (stedelijk)
168	2.1	verbeteren bodemstructuur	€ 0,38	€ 42	1 x positief	kansrijk
169	2.2a	druppelirrigatie	€ 4,42	€ 730	-	negatief
170	2.2b	subirrigatie	€ 1,95	€ 608	1 x positief	negatief
171	2.3	water opvangen in bassins	€ 2,72	€ 1.631	1 x positief	negatief
172	2.4	bedrijfsgerichte stimuleringsplannen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	randvoorwaarde
173	2.5	besparen drinkwater	€ 0,56	n.v.t.	2x positief	kansrijk
174	2.6a	hergebruik regenwater	€ 15,7	n.v.t.	3x positief	negatief
175	2.6b	hergebruik proceswater	€ 0,14	n.v.t.	3x positief	kansrijk
176	2.6c	hergebruik RWZI-effluent	€ 0,20	n.v.t.	3x positief	kansrijk
177	3.1	functie veranderen in ruimte voor water	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	randvoorwaarde
178	3.2	naaldbos omzetten	€ 0,75	€ 133	1 x positief	twijfel

	Voldoet aan criterium		Voldoet in een scenario of bijna aan criterium
--	-----------------------	--	--

Effect maatregelen in combinatie (stap 4)

Per perceel kan soms gekozen worden uit verschillende maatregelen die een vergelijkbaar effect hebben. Dit geldt vooral voor maatregel M157 t/m M161. Met de aanname dat iedere maatregel de gewenste 20 cm grondwaterstandverhoging kan realiseren, heeft de maatregel met de laagste jaarlijkse kosten het hoogste kosten-batensaldo, nl. *duikers verhogen* (M160). Deze maatregel heeft ook in een droog jaar het meeste effect en geen negatieve kwalitatieve effecten. In werkelijkheid zal vanuit het gebiedsproces niet altijd deze maatregel worden gekozen. Dit leidt tot een

voorkeurspakket met een lager gemonetariseerd kosten-batensaldo. Voor sommige maatregelen kunnen wel de additionele kwalitatieve effecten de balans doen omslaan.

Kosten-batensaldo voorkeurspakket (eindresultaat)

Onbekend is hoe het voorkeurspakket van de regio er precies uit zal zien, doordat gewerkt wordt met een programma dat via een gebiedsproces nader zal worden ingevuld. Daardoor is het niet mogelijk het kosten-batensaldo van een voorkeurspakket te bepalen. Wel duidelijk is dat niet alle maatregelen die de regio voorstelt om uit te putten een positief kosten-batensaldo zullen hebben. Afhankelijk van de daadwerkelijke keuze uit de maatregelen zal derhalve een pakket met een positief of negatief kosten-batensaldo ontstaan.

Bij de beoogde uitrolomvang en een gematigd klimaatscenario is een pakket met een positief kosten-batensaldo niet eenvoudig te realiseren. De modelanalyse van een uitvoerbaar pakket laat per hectare onvoldoende positieve effecten zien om een groot deel van de maatregelen op basis van deze analyse in het huidige klimaat een positief kosten-batensaldo te geven. Het is niet waarschijnlijk dat met alleen de maatregel flexibel peilbeheer hetzelfde hydrologisch effect kan worden bewerkstelligd als in het doorgerkende pakket. Alleen van deze maatregel liggen de kosten per hectare lager dan de berekende effecten per hectare (€ 37 per hectare). Aanpassing van de modelvertaling naar een kleiner werkgebied met een groter vermeden droogterisico, zou de resultaten kunnen veranderen. Over deze mogelijke resultaten is echter geen informatie beschikbaar.

De modelanalyse laat zien dat ook voor grondwatermaatregelen, net als voor oppervlaktewatermaatregelen, niet altijd het maximale hydrologische effect wordt gerealiseerd. De impliciete benchmark¹²⁴ als benadering voor de betalingsbereidheid die uit de modelresultaten te halen is, ligt lager¹²⁵ dan de gebruikte benchmark in Tabel 34. Voor een positief kosten-batensaldo is het nodig dat de berekende kosten per m³ voldoende marge hebben met de benchmark. Dat aantal maatregelen is beperkter dan in Hoge Zandgronden Zuid.

De beschikbare maatregelen hebben we op grond van de drie analyses in vijf categorieën ingedeeld: een positief gemonetariseerd kosten-batensaldo, kansrijk voor een positief saldo, twijfel, niet kansrijk en niet te bepalen (zie Tabel 38).

De regio verwacht 200 mln. euro¹²⁶ te investeren in DP-fase 2. Daarmee zullen maatregelen over 20% van het areaal kunnen worden geïmplementeerd (over 184.000 hectare). Bij een gemiddelde levensduur van de maatregelen die ligt tussen de 20 en 100 jaar komen de kosten uit op 84 tot 50 euro per hectare per jaar. Voor de *Referentie* is het berekende vermeden droogterisico per hectare 37 euro per jaar en voor *Stoom* 2050 71 euro per jaar. Voor de Hoge Zandgronden Oost-Nederland is het ingeschatte investeringsbudget voor DP-fase 2 hoger dan de verwachte te realiseren welvaarseffecten van de modelvertaling in de *Referentie*. In *Stoom* 2050 is het budget in lijn met de potentiële effecten. Onherstelbare schade aan de grondwaterafhankelijke natuur kan met het pakket niet worden voorkomen.

¹²⁴ Voor impliciete benchmark wordt opbrengst per hectare gedeeld door aantal m³ per hectare bij 20 cm grondwaterstijging. Dit is $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 25\% = 500 \text{ m}^3$ per ha.

¹²⁵ Deze is 7-14% van gebruikte benchmark in Hoge Zandgronden Oost-Nederland.

¹²⁶ Bron: oplegmemo BPZ, 17 september 2020.

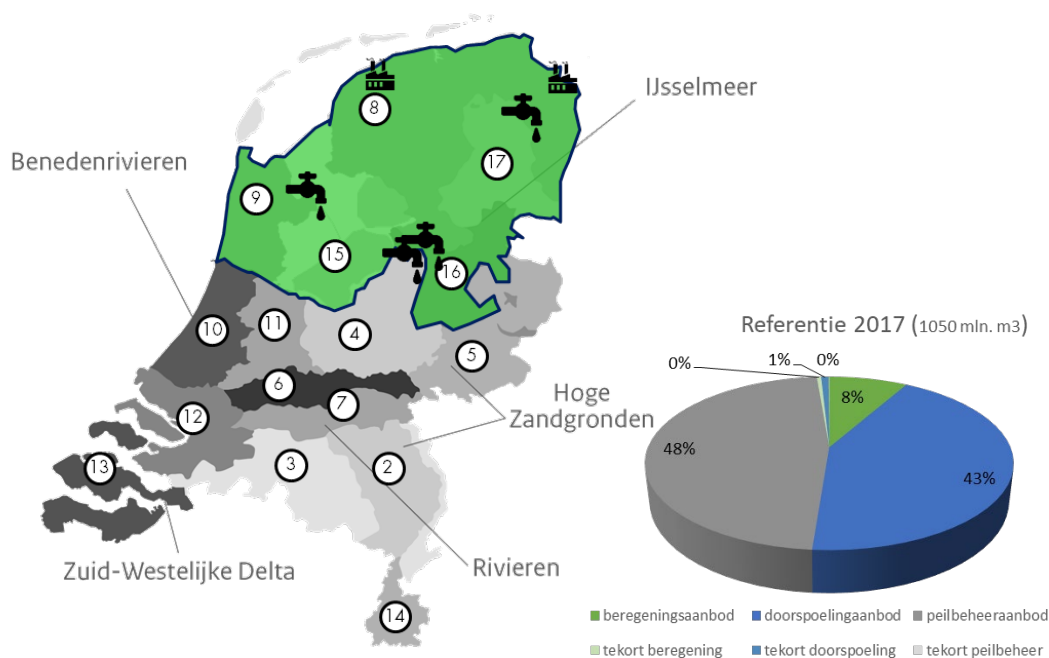
Tabel 38: maatregelen die passen in een voorkeurspakket met een positief kosten-batensaldo

ID	Code	Naam	Rendabel op basis van benchmark/ benadering betalingsbereidheid	Eindoordeel
153	1.1	flexibel peilbeheer	Rendabel op basis van benchmark per m ³ , per hectare in de Referentie en Stoom een neutraal of positief saldo en de additionele kwalitatieve effecten hebben een positief of neutraal saldo.	Positief
157 158 159 160 164 168 172 173 175 176 177	1.4a 1.4b 1.4c 1.4d 1.5a 2.1 2.4 2.5 2.6b 2.6c 3.1	sloten dempen sloten verondiepen of afdammen greppels afsluitbaar maken duikers verhogen afkoppelen verhard oppervlak verbeteren bodemstructuur bedrijfgerichte stimuleringspl. [RW] besparen drinkwater hergebruik proceswater hergebruik RWZI-effluent functie veranderen in water [RW]	a) Rendabel op basis van benchmark per m ³ maar per hectare niet in Referentie en wel in Stoom. Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0 . b) Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0 , rendabel op basis van benchmark per m ³ en benchmark per hectare is niet representatief c) maatregel is randvoorwaarde [RW] voor kansrijke maatregelen	Kansrijk
154 155 156 178	1.2 1.3a 1.3b 3.2	beekherstel regelbare drainage onderwaterdrainage naaldbos omzetten (op termijn)	Rendabel op basis van benchmark per m ³ maar niet per hectare. Saldo kwalitatieve effecten kan mogelijk benchmark per hectare compenseren, maar misschien ook niet.	Twijfel
161 169 170 171 174	1.4e 2.2a 2.2b 2.3 2.6a	plaatsen stuwen detailwaterlopen druppelirrigatie subirrigatie water opvangen in bassins hergebruik regenwater	Niet rendabel op basis van benchmark per m ³ . Kosten-batensaldo incl. kwalitatieve effecten < 0	Niet kansrijk / negatief
165 166 167	1.5b 1.5c 1.5d	groenblauwe structuren waterpartijen omvormen tot wadi's ontsteden publiek verhard oppv.	Niet rendabel op basis van benchmark per m ³ . Saldo kwalitatieve effecten is positief. Benchmark is niet representatief voor betalingsbereidheid.	niet te bepalen

Dit hoofdstuk gaat in op het voorzieningsgebied IJsselmeer, de ontwikkelingen bij het nulalternatief in de verschillende Deltascenario's, de relevante maatregelen gericht op het beperken en voorkomen van watertekorten en het verwachte welvaartseffect van de maatregelen. Maatregelen in de lage dalen en op de zandgronden worden apart toegelicht.

7.1 NULALTERNATIEF

Het IJsselmeergebied omvat verschillende deelgebieden, die allen voor de oppervlaktelevering afhankelijk zijn van het IJsselmeer en Markermeer (zie Figuur 65). In regio 16 en 17 zijn grote delen ook aangewezen op grondwater.



Figuur 65: IJsselmeergebied in regio's en de oppervlaktewater vraag verdeeld over levering en tekort

Regio 8 - Fries-Groningskustgebied: De grootste watervrager in dit gebied is peilbeheer, daarna doorspoeling met minder dan de helft van de watervraag voor peilbeheer.

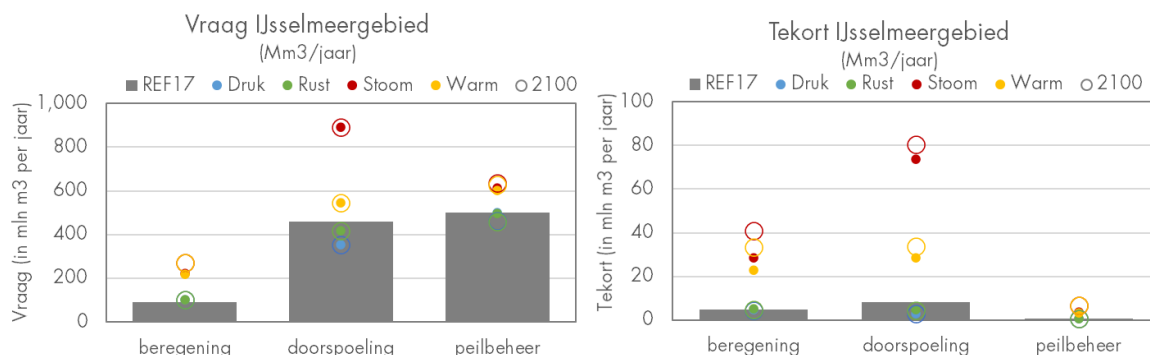
Regio 9 - Noord-Holland: Peilbeheer is de grootste watervrager, daarna volgen beregening en doorspoeling.

Regio 15 - Flevopolders: De belangrijkste watervrager is doorspoeling, gevolgd door beregening. Omdat er veel kwelwater is, is de watervraag voor peilbeheer relatief gering.

Regio 16 - IJssel-Vechtgebied: Dit gebied is voor oppervlaktewaterlevering vooral afhankelijk van de IJssel en de Vecht. Verreweg de belangrijkste watervraag is het peilbeheer.

Regio 17 - Het Drents plateau: De belangrijkste watervrager in dit gebied is peilbeheer.

De grootste watervrager nu is peilbeheer (zie Figuur 66). In Oost-Groningen (o.a. Eemshaven) en Noord-Friesland is veel oppervlaktewater gebruikende industrie. De zoetwaterregio heeft aangegeven dat de watervraag zal toenemen door uitbreiding van de industrie rond de Eemshaven. Bij Andijk haalt PWN water uit het IJsselmeer voor drinkwaterproductie, bij de IJssel Vitens en in Groningen WBG. Een klein deel van het Nederlands vrachtvervoer over water maakt gebruik van de IJssel. De grondwaterafhankelijke natuur in het IJsselmeergebied beslaat bijna 1300 vierkante km.¹²⁷ Voor de natuur in de grote rivieren is gekeken naar de IJssel.



Figuur 66: oppervlaktewatervraag en tekorten per scenario (let op: schaal verschilt per voorzieningsgebied)

Volgens de modelberekeningen is er in de *Referentie* een knelpunt in de oppervlaktewaterlevering voor doorspoeling en beregening.

In het scenario *Druk* en *Rust* nemen vraag en tekorten af ten opzichte van de *Referentie*. In de scenario's *Warm* en *Stoom* krijgen beregening en doorspoeling te maken met significante tekorten. Dit heeft gevolgen voor het risico voor de landbouw in dit gebied. Het jaarlijks extra risico voor de landbouw ten opzichte van de *Referentie* bedraagt in 2050 zo'n 70 mln.¹²⁸ euro in *Stoom* en *Warm* als gevolg van (oppervlakte)watertekorten. Na 2050 neemt het risico verder toe. In *Druk* en *Rust* neemt het risico na 2050 af.

Voor de industrie treedt volgens de modelberekeningen geen knelpunt op, ook niet in het *Warm*- of *Stoom*-scenario. Geen rekening is gehouden met een specifieke toename hoger dan de algemene aanname in de Deltascenario's.

Voor de drinkwatersector is bij het drinkwaterpunt Engelse Werk het risico bepaald. Dit bedraagt ongeveer 2 miljoen euro in *Warm* en *Stoom*. Voor de scheepvaart is het droogterisico niet toe te delen naar scheepvaart op de IJssel.

Op basis van de Fase 2-resultaten¹²⁹ gaat de grondwaterafhankelijke natuur er in alle Deltascenario's meer op vooruit dan achteruit door de autonome toegenomen ruimte voor natte natuur en een stijging van de jaarlijkse neerslagsom. Er is echter in het huidige klimaat al een kans op onherstelbare schade aan natuur als gevolg van te ver uitzakkende grondwaterstanden in zeer droge zomers. Deze opgave wordt naar de toekomst toe niet veel groter. In gebieden met

¹²⁷ Oppervlak natuur regio 8, 9, 15, 16, 17 in analyse KWR (2019).

¹²⁸ Cijfers in prijspeil 2020, exclusief btw.

¹²⁹ KWR 2019. Inmiddels zijn de resultaten en inzichten uit 2019 achterhaald door aanpassingen aan de modellen. De vervolganalyse door KWR van het maatregelpakket in 2020 voor de *Referentie* en *Stoom* leverde op dat er in de input van de berekeningen in fase 2 onjuiste waarden zijn gebruikt. Voor *Stoom* is er nog steeds een potentiële toename. Nieuwe resultaten van KWR zijn echter te laat beschikbaar om te worden verwerkt in de MKBA.

grondwaterafhankelijke natuur laten de modelresultaten in het huidige klimaat een opgave zien voor het IJsselmeergebied van 20-26 cm¹³⁰ op basis van de grondwaterstand.

7.2 MAATREGELEN LAGE DELEN IJSSELMEER

Deze paragraaf gaat in op de relevante maatregelen voor de lage delen van het IJsselmeergebied en het verwachte kosten-batensaldo per maatregel. Daarvoor wordt de aanpak in stappen gevolgd die is beschreven in Hoofdstuk 5. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de Factsheets.¹³¹

Beoordeelde maatregelen (stap 2)

In de voorbereidende fase zijn de maatregelen verzameld die economisch beoordeeld kunnen worden en die onderdeel zijn van het voorkeurspakket of eerder als economisch kansrijk zijn beoordeeld. De maatregelen zijn vermeld in Tabel 39. Het gaat om in totaal 13 maatregelen die deels door de zoetwaterregio Noord en deels door RWS zijn opgegeven als onderdeel van maatregelen in het hoofdwatersysteem. Drie maatregelen zijn geen onderdeel van het voorkeurspakket maar hier meegenomen omdat ze in de voorbereidende fase als economisch kansrijk naar voren kwamen (M87 en M16) of omdat ze in de praktijk al zijn uitgevoerd (M86), maar nog niet in het modelinstrumentarium in het nulalternatief zijn verwerkt.

Tabel 39: overzicht beoordeelde maatregelen en resultaat stap 2

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹³² referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
16	Verkenning ARK-route	€ 0,25	311,0	€ 0,00	€ 0,89	voldoet (geen VP)
18	Beperken externe verzilting Afsluitdijk	€ 4,84 (schutsluizen Den Oever € 1,29)	948,7	€ 0,01	€ 0,89	voldoet
20	Twentekanal: min. inschatting kosten	€ 0,06 (max € 0,23)	0,0	n.v.t.	€ 0,89	niet te bepalen
25	Sluis Delfzijl (tegengaan verzilting)	€ 0,16	7,5	€ 0,02	€ 0,89	voldoet
40	Verbetering infrastructuur Noordkop	€ 0,13	2,0	€ 0,07	€ 0,89	voldoet
42	Optimaliseren waterbeschikbaarheid op bedrijfsniveau: anti-verziltingsdrainage	€ 0,11	2,5	€ 0,04	€ 0,89	voldoet

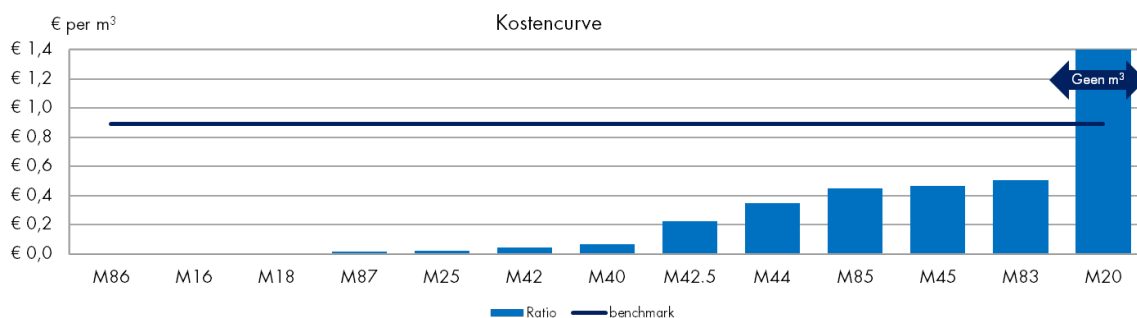
¹³⁰ R. Stuurman en M. Mens, Deltares, Analyse weerbaarheid grondwaterafhankelijke natuur, oktober 2020.

¹³¹ De zoetwaterregio's hebben voor alle maatregelen Factsheets aangeleverd volgens een vast format. Vanwege de omvang van het hele pakket zijn deze niet als bijlage opgenomen.

¹³² Zie Hoofdstuk 5, stap 2 voor toelichting benchmark.

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹³² referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
42.5	Optimaliseren waterbeschikbaarheid: druppelirrigatie	€ 0,05	0,2	€ 0,23	€ 0,89	voldoet
44	Verbeteren bodemstructuur kleigronden	€ 0,77	2,2	€ 0,35	€ 0,89	voldoet
45	Klimaatbuffer Noord-Kennemerland	€ 4,67	10,0	€ 0,47	€ 0,89	voldoet
83	Ondergrondse drinkwateropslag	€ 0,50	1,0	€ 0,50	€ 0,89	voldoet
85	Hergebruik RWZI-effluent Garmerwolde	€ 1,44	3,2	€ 0,45	€ 0,89	voldoet
86	Uitbreiding inlaat Hoogland	€ 0,01	79,1	€ 0,00	€ 0,89	voldoet ¹³³ (geen VP)
87	Vergroten aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen	€ 0,57	30,2	€ 0,02	€ 0,89	voldoet (geen VP)

Alle maatregelen behalve de Twentekanalen voldoen aan de algemene benchmark bij de maximale potentiële kosteneffectiviteit, zie Figuur 67. De maatregel *Twentekanalen* levert geen m³ op en zal dus nooit aan deze benchmarkbenadering voor de betalingsbereidheid voldoen.



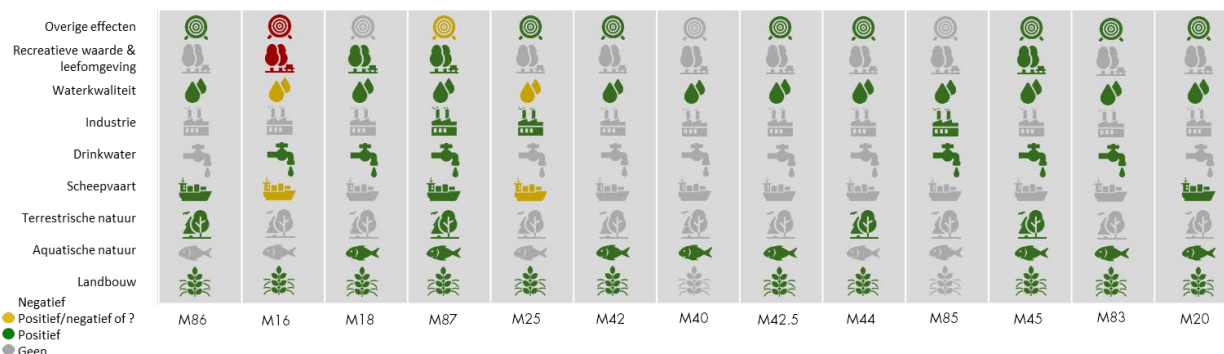
Figuur 67: vergelijking kosteneffectiviteit met benchmark

Kosten en effecten per maatregel (stap 3)

Of de maatregelen in de praktijk voldoende opleveren bepalen we in stap 3 met een aanvullende hydrologische analyse, deels via het nationaal waterinstrumentarium deels met maatwerk. Deze tweede analyse levert vaak een lager rendement op dan de eerste beoordeling. De reden is dat in de eerste beoordeling met minder zaken rekening wordt gehouden. We nemen in stap 2 aan dat er elk jaar een groot tekort is, er geen andere beperkingen zijn en houden geen rekening met prijseffecten. Bijvoorbeeld het maximale effect van een buffer zal alleen optreden als de buffer elk jaar volledig kan worden gebruikt en tegelijk de buffer ook elke jaar volledig kan worden gevuld.

¹³³ Maatregel is in de praktijk al uitgevoerd en daarom geen onderdeel van het opgegeven VP. Voor analyse is maatregel wel toegevoegd aan VP.

De jaarlijkse verwachtingswaarde van de effecten bij inzet van een maatregel zijn op basis van stap 3 voor 11 van de 13 maatregelen voldoende voor een positief kosten-batensaldo. Tabel 40 vermeldt de resultaten, die hieronder per maatregel worden toegelicht. Met uitzondering van de *ARK-route (M16)* hebben de maatregelen enkel positieve of neutrale kwalitatieve effecten (zie Figuur 68). Deze effecten zijn in stap 3 meegewogen.



Figuur 68: vergelijking kwalitatieve effecten opgegeven door regio

ARK-route (M16)

De maatregel *verkenning ARK-route (M16)* is doorgerekend met het NWM en de effectmodules. In het IJsselmeergebied is sprake van significante opgeloste tekorten. De toename van de vaarkosten per jaar voor de scheepvaart in het rivierengebied is minimaal (€0 in de *Referentie* en € 16.000 in *Stoom 2050*). De kosten van de maatregel betreffen de extra operationele kosten. In de NWM-doorrekening van het voorkeurspakket is verondersteld dat de maatregel *beperken externe verzilting Afsluitdijk (M18)* al is uitgevoerd. Zonder deze aanname zal het effect van de ARK-route groter zijn. Per saldo is het rendement in de *Referentie* en in *Stoom 2050* positief ook als M18 al wel is uitgevoerd.

Inzet van de ARK-route leidt tot mogelijke effecten op de (recreatie)scheepvaart bij stremming van sluizen voor de doorvoer van water. Deze effecten worden verondersteld lager te liggen dan voor de beroepsscheepvaart. Ook nemen de operationele kosten bij inzet van de ARK-route toe, omdat water van het ARK-peil naar het Markermeerpeil moet worden opgevoerd. Deze kosten zijn in de kosten van de maatregel meegeteld. De maatregel is daarom als *kansrijk* beoordeeld, ook al zit hij niet in het voorkeurspakket. Een keuze voor ARK kan de noodzaak voor vervolginvesteringen van M18 verder uitstellen.

Beperken externe verzilting Afsluitdijk (M18)

Voor de maatregel *Beperken van de externe verzilting van de Afsluitdijk (M18)* is een aparte NWM-som uitgevoerd. Dat was nodig omdat uitvoering van deze maatregel onterecht al in het gemodelleerde nulalternatief is verondersteld. Hierdoor zijn de berekende tekorten in het nulalternatief te laag geraamd. In het nulalternatief is de maatregel verantwoordelijk voor een reductie van het tekort van 6,3 mln. m³ en in *Stoom 2050* een reductie van 30,8 mln. m³ per jaar. Er zijn geen effecten voor de scheepvaart berekend. De berekende effecten voor de landbouw betreffen alleen de berekeningstekorten. De effecten zijn daarom opgehoogd met geschatte effecten voor doorspoeltekorten en peilbeheertekorten op grond van dezelfde opbrengst per m³. In de komende DP-fase is er een klein positief saldo (effect minus kosten van maatregel) bij een extreem scenario. Bij een gematigd scenario is het saldo bij volledige uitvoering nog negatief. De regio programmeert voor de komende fase echter slechts een deel van alle maatregelen: alleen de

schutsluizen bij Den Oever, en niet de schutsluizen bij Kornwerderzand en de spuisluizen op beide locaties. De jaarlijkse kosten van deze eerste stap liggen beduidend lager dan uitvoering van hele pakket. Aangenomen is dat met uitvoering van alleen de schutsluizen bij Den Oever de reductie van de tekorten in de *Referentie* gerealiseerd kunnen worden. Het totale leveringspotentieel van alle vier de deelmaatregelen is door de regio op ongeveer 950 miljoen m³ geschat. Het vermeden tekort in de *Referentie* van 6,3 miljoen m³ lijkt dan met 25% van de capaciteit haalbaar. Bij deze veronderstelling leidt de adaptieve strategie tot een *positief kostenbatensaldo*. De komende fase worden enkel deze schutsluizen aangepakt, en bij verdere klimaatverandering worden indien nodig vervolgstappen geprogrammeerd.

Doordat het effect van volledige uitrol al in de *Referentie* is verondersteld vallen de effecten van andere maatregelen in het IJsselmeergebied mogelijk iets positiever uit dan bepaald met het modelinstrumentarium.

Twentekanalen (M20)

De Twentekanalen en het achterliggende gebied worden van oppervlaktewater voorzien via het gemaal Eefde. In 2018 en 2019 daalde het waterpeil op de IJssel dusdanig dat de maalcapaciteit bij Eefde drastisch daalde omdat de opvoerhoogte te groot was. In beide jaren is een tijdelijke pompinstallatie ingezet. De kosten daarvan zijn substantieel. Het doel van de voorgestelde maatregel is bijdragen aan een robuuste aanvoer richting de Twentekanalen door op een kostefficiënte manier voldoende water op te pompen bij een hoge watervraag en een lage waterstand op de IJssel. Bij een goede oplossing worden de kosten van de noodpompen vermeden. Deze bedragen nu in 80% van de jaren (bij onderschrijding van NAP+3 m) 100.000 euro voor plaatsing plus gemiddeld 65 dagen huur á 20.000 euro per week. In 31% van de jaren als het water onder de NAP+2 m komt is een extra set pompen nodig. Dit kost 100.000 euro voor plaatsing plus gemiddeld 32 dagen huur.¹³⁴ Bij incidentele verdere onderschrijding lopen de kosten op. De kosten van de goedkoopste alternatieve oplossing liggen onder deze gemiddelde kosten per jaar in de *Referentie*. In *Stoom* zullen de vermeden kosten oplopen en blijft de maatregel dus *kosteneffectief*.

Anti-verziltingsmaatregelen Sluis Delfzijl (M25), Hoogland (M86) en vergroten aanvoercapaciteit kanalen (M87)

De maatregelen *anti-verziltingmaatregelen bij Delfzijl (M25)*, de *Uitbreiding inlaat Hoogland (M86)* en *Vergroten van de aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen (M87)* zijn door Deltares in combinatie doorgerekend met het NWM. De combinatie levert in de *Referentie* een reductie van het tekort met 0,7 mln. m³ per jaar op en in *Stoom* 16,1 mln. m³. Er zijn geen effecten voor de scheepvaart. De effecten op de landbouw bedragen 2,7 mln. euro in *Referentie* en 6,1 mln. euro in *Stoom*. Dit betreft alleen de berekeningstekorten. De effecten zijn daarom opgehoogd met geschatte effecten voor doorspoeltekorten en peilbeheertekorten op grond van dezelfde opbrengst per m³ vermeden tekort. In de komende DP-fase is het saldo zowel bij *Stoom* als bij een gematigd scenario positief, ook zonder de effecten voor doorspoeling en peilbeheer en zonder de kwalitatieve voordelen. In de voorbereidende doorrekening (met QWAST/Kentalanalyse) waren alle drie de maatregelen afzonderlijk *positief*.

¹³⁴ Opgegeven door RWS.

Optimaliseren waterbeschikbaarheid op bedrijfsniveau (M42 & M42.5) en verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44)

Optimaliseren van de waterbeschikbaarheid op bedrijfsniveau door middel van anti-verziltingsdrainage (M42) en door druppelirrigatie (M42.5) en de maatregel verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44) zijn met de Regioscan door Deltares geanalyseerd. Door de zoetwaterregio is in factsheets aangegeven dat in de komende fase anti-verziltingsdrainage (M42) op 500 ha wordt toegepast, en druppelirrigatie (M42.5) op 45 ha. De maatregel verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44) is toegepast op 22.000 ha. Wanneer de effecten vergeleken worden met de jaarlijkse kosten heeft de maatregel M42 zowel in de Referentie als in Stoom 2050 een positief kosten-batensaldo. De andere twee maatregelen hebben in beide scenario's een negatief kosten-batensaldo. Voor de maatregel druppelirrigatie (M42.5) is per jaar 28.000 euro of 670 euro per hectare aan opbrengsten uit waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit en vermindering van kosten waterbeheer nodig voor een positief saldo. Voor het verbeteren van de bodemstructuur (M44) is per jaar 0,49 mln. euro of 22 euro per hectare uit waterkwaliteitseffecten, vermindering wateroverlast, en doelen Deltaplan Agrarisch Waterbeheer nodig voor een positief saldo. Voor druppelirrigatie ligt het niet voor de hand dat dit gat wordt gedicht en beoordelen we het kosten-batensaldo als negatief. Voor de maatregel verbeteren van de bodemstructuur (M44) achten we een positief saldo mogelijk. We beoordelen de kosteneffectiviteit van het verbeteren van de bodemstructuur daarom als een twijfelgeval.

Verbeteren infrastructuur Noordkop (M40)

Er is in de huidige situatie in de Noordkop geen gemaal dat water uitmaalt. In de toekomst zal door zeespiegelstijging de mogelijkheid om te spuien afnemen. Hierdoor zal het steeds vaker noodzakelijk zijn om het relatief brakke water uit het Balgzandkanaal af te voeren naar de zoete Schermerboezem, wanneer onvoldoende water via de spuisluis Oostoever kan worden afgevoerd. De maatregel zorgt voor betere sturing op het vasthouden van zoet water in een regio waar verzilting een toenemend probleem is. In de huidige situatie bestaat nog geen probleem, in Stoom wel en zal de maatregel zo'n 2 Mm³ water kunnen besparen. De waarde van dit effect is gemonetariseerd met de benchmark als benadering voor de betalingsbereidheid. Hoewel de maatregel in de Referentie nog een negatief saldo heeft is de verwachtingswaarde bij een gelijke kans op een gematigd en extremer klimaatscenario in 2028 positief. Ook heeft de maatregel nog diverse kwalitatieve effecten: verbeterde waterkwaliteit en vispasseerbaarheid van enkele kunstwerken, aanleg paai- en opgroeiplaatsen voor vis in Spuikanaal, Balgzandkanaal en het Amstelmeerkanaal. We beoordelen de maatregel daarom als kansrijk voor de komende DP-fase.

Klimaatbuffer Noord-Kennemerland (M45)

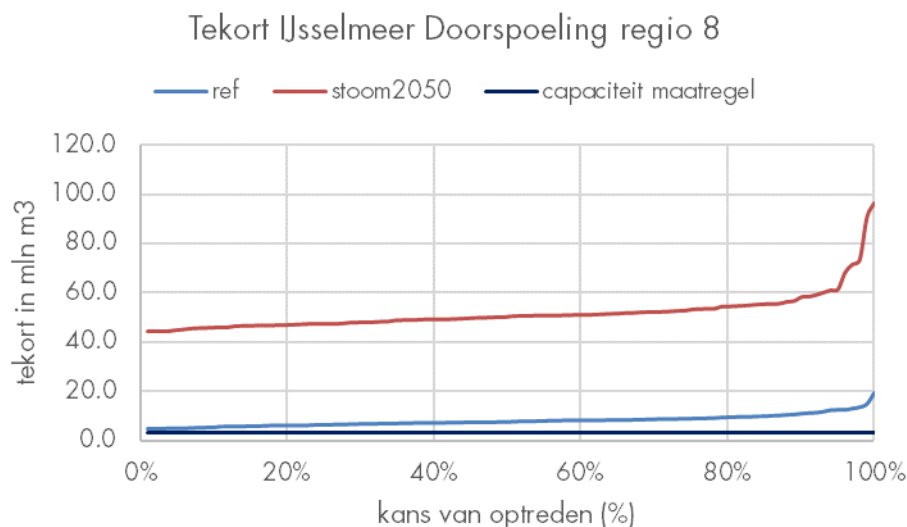
De klimaatbuffer Kennemerland heeft als doel het verbeteren van de beschikbaarheid van zoetwater uit de duinen ten behoeve van zowel drinkwater, natuur als landbouw door het kwelwater langer vast te houden. Nu stroomt er veel (schoon) kwelwater uit het duinmassief naar de boezem en is de strategische zoetwatervoorraad in de binnenduintrand sterk geslonken. Deze aanvulling van het duinwater is naar verwachting elk jaar te realiseren (conform grondwater). De effectiviteit wordt daarom in stap 3 niet gecorrigeerd. De maatregel wordt als kosteneffectief (positief kosten-batensaldo) beoordeeld, mede vanwege de additionele kwalitatieve effecten (waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, recreatieve en landschappelijke waarde).

Ondergrondse drinkwateropslag (M83)

Met de maatregel *ondergrondse drinkwateropslag (M83)* wordt IJsselmeerwater na het zuiveringsproces als drinkwater opgeslagen. In tijden van droogte en veelal een slechtere chemische waterkwaliteit (verzilting) van het IJsselmeer, kan op die manier drinkwater uit de ondergrondse drinkwateropslag ingezet worden. Dit leidt tot een zuiniger en efficiënter gebruik van IJsselmeerwater. De volledige drinkwatervraag hoeft daardoor in perioden met een hogere watervraag of een beperkte beschikbaarheid niet meer te worden ingenomen uit het IJsselmeer. Hierdoor wordt 1 miljoen m³ vrijgespeeld in een periode dat waterinname voor de drinkwaterproductie niet mogelijk is (bij verzilting van of calamiteiten op het IJsselmeer) of bij calamiteiten in de distributie. Deze miljoen m³ kan dan voor andere watervragers worden ingezet, mits deze watervragers geen last ondervinden van verzilting of van de calamiteit. Daarnaast zorgt de ondergrondse drinkwateropslag ervoor dat, bij verzilting van het IJsselmeer door droogte de noodzaak om te spuien afneemt. Het effect van deze maatregel is gemonetariseerd door de omvang van de buffer af te zetten tegen de tekorten in het IJsselmeergebied. De gemiddelde verwachtingswaarde van deze tekorten liggen jaarlijks veel hoger dan 1 mln. m³. In de *Referentie* en in *Stoom* is de hydrologische effectiviteit van deze maatregel daarom op 100% gezet. Het resultaat is dat de maatregel als *kosteneffectief (=positief)* wordt beoordeeld.

Hergebruik RWZI Garmerwolde (M85)

Het *hergebruik RWZI-effluent Garmerwolde* is vooral bedoeld voor de industrie. De vraag uit de industrie zal de komende jaren flink toenemen volgens de regio. Bij inzet van deze maatregel wordt er minder RWZI-water afgelaten op het oppervlaktewater en hoeft de industrie minder oppervlaktewater te gebruiken. Door de betere kwaliteit van het oppervlaktewater is de doorspoelvraag volgens de regio kleiner. Voor het monetariseren gebruiken we daarom de algemene benchmark. Omdat de doorspoeltekorten in de regio al in de *Referentie* veel groter zijn dan de capaciteit van deze maatregel, nemen we aan dat de effectiviteit in beide scenario's 100% is (zie Figuur 69). De maatregel heeft dan een *positief* kosten-batensaldo.



Figuur 69: verloop tekort doorspoeling vs. leveringspotentieel maatregel RWZI Garmerwolde (M85)

Tabel 40: overzicht resultaten beoordeelde maatregelen

Naam	Vermindering tekort	Effect	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
NWM Verkenning ARK-route (M16)	Referentie: 0 Mm ³ (Noord) Stoom2050: 8,1 Mm ³ (Noord)	Referentie: € 0,01 mln. (berekening) + € 0,00 mln. (doorspoeling & peilbeheer) Stoom2050: € 0,77 mln. (berekening) + € 1,39 mln. (doorspoeling & peilbeheer) – € 0,016 mln. scheepvaart - nadeel recreatievaart	€ 0,25 mln.	Referentie: € -0,23 mln. Stoom2050: € 1,91 mln. Kansrijk
NWM Beperken externe verzilting Afsluitdijk (M18)	Referentie: 6,3 (VP-basis) Mm ³ (3,6 Mm ³ berekening) Stoom2050: 30,8 Mm ³ (12,2 Mm ³ berekening)	Referentie: € 1,25 mln. (berekening) + € 0,94 mln. (doorspoeling & peilbeheer) Stoom2050: € 3,74 mln. (berekening) + € 5,71 mln. (doorspoeling & peilbeheer) Plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, recreatieve waarde	€ 4,84 mln. bij 100% uitvoering € 1,29 mln. uitvoering schutsluis Den Oever	Referentie: - € 2,65 mln. (100%) € 0,89 mln. (schutsluis Den Oever) Stoom2050: € 4,62 mln. (100% uitvoering) Positief
MAATWERK Twentekanal en/ sluis Eefde (M20)	Vermijden inzet noodpompen	Minimum: vermeden kosten noodpompen: > € 0,29 mln. per jaar Plus kleine voordelen aquatische biodiversiteit, landbouw, scheepvaart, waterkwaliteit wanneer noodpompen onvoldoende capaciteit hebben	€ 0,06 mln. tot € 0,23 mln.	€ 0,06 tot € 0,22 mln. Positief
NWM Anti-verziltingsmaatregelen Sluis Delfzijl (M25) + Uitbreiding inlaat Hoogland (M86) + Vergroten aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen (M87)	Referentie: 0,7 Mm ³ (0,4 Mm ³ berekening) Stoom2050: 16,1 Mm ³ (5,4 Mm ³ berekening)	Referentie: € 2,71 mln. (berekening) + € 2,15 mln. (doorspoeling & peilbeheer) Stoom2050: € 6,12 mln. (berekening) + € 12,13 mln. (doorspoeling & peilbeheer) Plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, terrestrische natuur, scheepvaart, recreatieve waarde en overige doelen	€ 0,75 mln.	Referentie: € 4,11 mln. Stoom2050: € 17,50 mln. Positief

Naam	Vermindering tekort	Effect	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
KENTAL Verbeteren infrastructuur Noordkop (M40)	Referentie: 0% * 2 Mm ³ Stoom: 100% * 2 Mm ³	Referentie: € 0,00 mln. Stoom2050: € 1,10 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit	€ 0,13 mln.	Referentie: € -0,13 mln. Stoom2050: € 0,97 mln. Kansrijk
Regioscan: Optimaliseren waterbeschikbaarheid op bedrijfsniveau: anti-verziltingsdrainage (M42)	Referentie: 0,16 Mm ³ (500 ha) Stoom2050: 0,26 Mm ³ (500 ha)	Referentie: € 0,35 mln. Stoom2050: € 0,37 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit	€ 0,11 mln. (5% uitrol)	Referentie: € 0,24 mln. Stoom2050: € 0,27 mln. Positief
Regioscan: Optimaliseren waterbeschikbaarheid op bedrijfsniveau: druppelirrigatie (M42,5)	Referentie: 0,02 Mm ³ (45 ha) Stoom2050: 0,02 Mm ³ (45 ha)	Referentie: € 0,02 mln. Stoom2050: € 0,03 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit	€ 0,05 mln. (5% uitrol)	Referentie: € - 0,03 mln. Stoom2050: € -0,02 mln. Vooralsnog negatief
Regioscan: Verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44)	Referentie: 0,13 Mm ³ Stoom2050: 2,32 Mm ³	Referentie: € 0,29 mln. Stoom2050: € 0,25 mln. Plus waterkwaliteits-effecten, vermindering wateroverlast, en doelen Deltaplan Agrarisch Waterbeheer	€ 0,77 mln.	Referentie: -€ 0,49 mln. Stoom2050: € -0,53 mln. Twijfelgeval
KENTAL: Klimaatbuffer Noord-Kennemerland (M45)	Referentie: 100%* 10 Mm ³ Stoom2050: 100%* 10 Mm ³	Referentie: € 8,90 mln. Stoom2050: € 5,50 mln. Plus waterkwaliteit, recreatieve en landschappelijke waarde, aquatische biodiversiteit, overig	€ 4,67 mln.	Referentie: € 4,23 mln. Stoom2050: € 0,83 mln. Positief
KENTAL: Ondergrondse drinkwateropslag (M83)	Referentie: 100% * 1 Mm ³ Stoom: 100% * 1 Mm ³	Referentie: € 0,89 mln. Stoom2050: € 0,55 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, overig	€ 0,50 mln.	Referentie: € 0,39 mln. Stoom2050: € 0,05 mln. Plus vermeden kosten transportleiding Positief
KENTAL: Hergebruik RWZI Garmerwolde (M85)	Referentie: 100% * 3,2 Mm ³ Stoom: 100% * 3,2 Mm ³	Referentie: € 2,85 mln. Stoom2050: € 1,76 mln. Plus voordeel waterkwaliteit	€ 1,44 mln.	Referentie: € 1,41 mln. Stoom2050: € 0,32 mln. Positief

Nauwkeurigheid hoog
 Nauwkeurigheid midden
 Nauwkeurigheid laag

Effecten maatregelen in combinatie (stap 4)

Een deel van de maatregelen is al in combinatie doorgerekend (M25/86/87) en als combinatie positief beoordeeld. De maatregel *beperken externe verzilting Afsluitdijk (M18)* is in het nulalternatief verondersteld, waardoor alle met NWM doorgerekende maatregelen in combinatie zijn geanalyseerd. Dat levert een positief saldo op voor deze maatregelen en laat ook nog een resterend tekort over voor het IJsselmeergebied van 13 mln. m³ in de *Referentie* en 92 mln. m³ in *Stoom*. In de *Referentie* kan het tekort bovendien hoger liggen doordat de maatregel *beperken externe verzilting Afsluitdijk (M18)* niet volledig wordt uitgevoerd en de maatregel *Vergroten aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen (M87)* niet is geprogrammeerd in het voorkeurspakket.

De resterende omvang van het tekort laat ruimte voor volledige benutting van de overige maatregelen. We veronderstellen daarom dat de combinatie van alle maatregelen in voorkeurspakket niet tot een grote vermindering van de geschatte effectiviteit zal leiden.

Kosten-batensaldo voorkeurspakket (eindresultaat)

Het voorkeurspakket van de regio bestaat uit 9 maatregelen. De maatregel *Hoogland (M86)* is niet opgenomen omdat deze al is uitgevoerd, en na aanvang van de modeldoorrekening is de maatregel *Vergroten aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen (M87)* teruggetrokken. Omdat de effecten van deze maatregel in combinatie zijn bepaald, nemen we aan dat zowel de *Uitbreiding inlaat Hoogland (M86)* als *Vergroten aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen (M87)* onderdeel van het pakket zijn (+2 maatregelen VP). De maatregel *Optimaliseren waterbeschikbaarheid (M42)* is gesplitst omdat het 2 verschillende deelmaatregelen betreft: *anti-verziltingsirrigatie en druppelirrigatie* (+1 maatregel VP). Het resultaat is een pakket van 12 geanalyseerde maatregelen (zie Tabel 41), waarbij er drie in combinatie zijn geanalyseerd.

Tabel 41: beoordeelde maatregelen voorkeurspakket IJsselmeergebied

ID	Naam	VP	EP	Saldo	NCW Referentie	NCW Stoom	Resultaat analyse
18	Beperken externe verzilting Afsluitdijk	X	X	Referentie: € 0,89 mln. (schutsluis Den Oever) Stoom2050: € 4,62 mln. Plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, recreatieve waarde	€ 14 mln. (alleen den Oever schutsluis) + p.m.	€ 45 mln. + p.m.	Positief bij gefaseerde aanpak
20	Twentekanalens/ sluis Eefde	X	X	€ 0,06 – € 0,22 mln. per jaar. Plus kleine voordelen aquatische biodiversiteit, landbouw, scheepvaart, waterkwaliteit wanneer noodpompen onvoldoende capaciteit hebben	€ 1 mln. tot € 4 mln. + p.m.	> € 1 mln. tot € 4 mln. + p.m.	Positief
25+ 86+ 87 ¹³⁵	Anti-verziltingsmaatregelen Sluis Delfzijl	X*	X	Referentie: € 4,11 mln. Stoom2050:	€ 66 mln. + p.m.	€ 227 mln. + p.m.	Positief

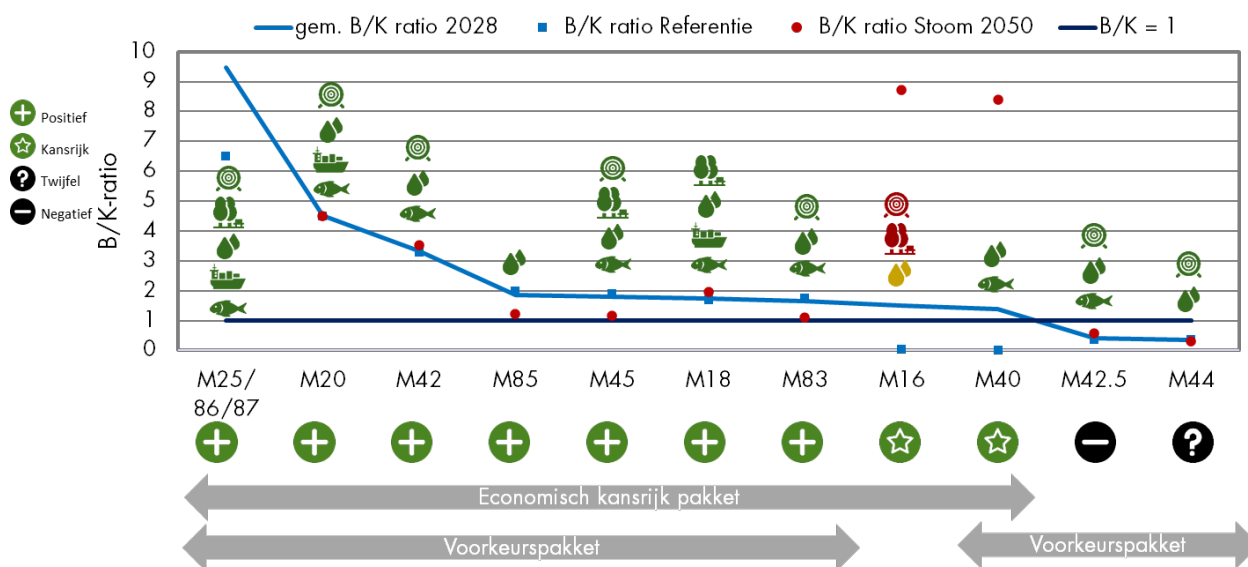
¹³⁵ Maatregel 86 en 87 zijn niet genoemd als onderdeel voorkeurspakket, maar zijn niet los geanalyseerd. M86 is al uitgevoerd en M87 was eerder wel onderdeel.

ID	Naam	VP	EP	Saldo	NCW Referentie	NCW Stoom	Resultaat analyse
	(M25) + Uitbreiding inlaat Hoogland (M86) + Vergroten aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen (M87)			€ 17,50 mln. Plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, terrestrische natuur, scheepvaart, recreatieve waarde en overige doelen			
40	Verbeteren infrastructuur Noordkop	X	X	Referentie: € -0,13 mln. Stoom2050: € 0,97 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit	€ -2 mln. + p.m.	€ 11 mln. + p.m.	Kansrijk
42	Optimaliseren waterbeschikbaarheid op bedrijfsniveau: anti-verziltingsdrainage (M42)	X	X	Referentie: € 0,24 mln. Stoom2050: € 0,27 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit	€ 4 mln. + p.m.	€ 4 mln. + p.m.	Positief
42.5	Optimaliseren waterbeschikbaarheid op bedrijfsniveau: druppelirrigatie (M42,5)	X	-	Referentie: € - 0,03 mln. Stoom2050: € - 0,02 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit	€ -0 mln. + p.m.	€ -0 mln. + p.m.	Vooralsnog negatief
44	Verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44)	X	-	Referentie: € - 0,49 mln. Stoom2050: € - 0,53 mln. Plus waterkwaliteitseffecten, vermindering wateroverlast, en doelen Delta-plan Agrarisch Waterbeheer	€ -8 mln. + p.m.	€ -8 mln. + p.m.	Twijfelgeval
45	Klimaatbuffer Noord-Kennemerland (M45)	X	X	Referentie: € 4,23 mln. Stoom2050: € 0,83 mln. Plus waterkwaliteit, recreatieve en landschappelijke waarde, aquatische biodiversiteit, overig	€ 68 mln. + p.m.	€ 27 mln. + p.m.	Positief
83	Ondergrondse drinkwateropslag (M83)	X	X	Referentie: € 0,39 mln. Stoom2050: € 0,05 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, overig	€ 6 mln. + p.m.	€ 2 mln. + p.m.	Positief
85	Hergebruik RWZI Garmerwolde (M85)	X	X	Referentie: € 1,41 mln. Stoom2050: € 0,32 mln. Plus waterkwaliteit	€ 23 mln. + p.m.	€ 10 mln. + p.m.	Positief

ID	Naam	VP	EP	Saldo	NCW Referentie	NCW Stoom	Resultaat analyse
	Totaal voorkeurspakket				€ 174 mln. + kwalitatief	€ 320 mln. + kwalitatief	
16	ARK-route		X	Referentie: € -0,23 mln. Stoom 2050 € 1,91 mln. Plus nadeel recreatievaart	€ -4 + p.m.	€ 22 + p.m.	Kansrijk

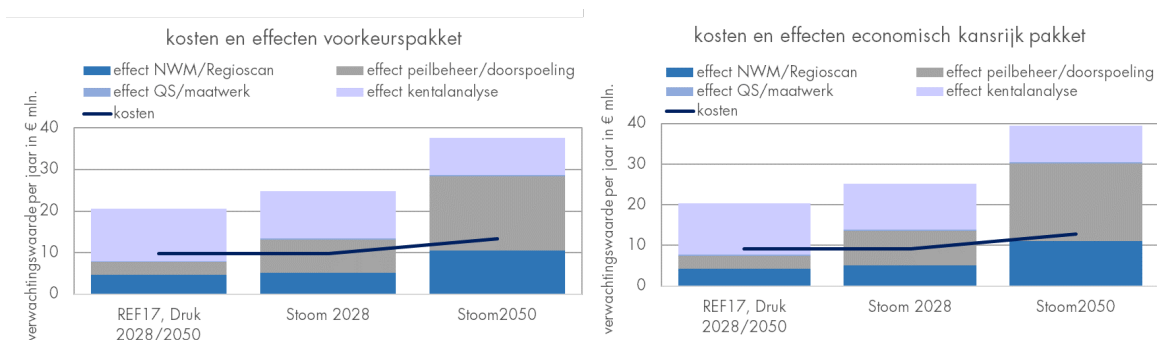
Het voorkeurspakket bevat twee maatregelen die op basis van de gemonetariseerde effecten niet (zeker) kosteneffectief zijn (*druppelirrigatie (M42.5)* en *verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44)*). Geen onderdeel van het voorkeurspakket is de *ARK-route (M16)*. Deze is wel geanalyseerd omdat uit de voorbereidende analyse voor de MKBA bleek dat deze economisch kansrijk was. Het economisch kansrijke pakket bevat maatregel M42,5 en M44 niet, maar wel maatregel ARK (M16) (zie Figuur 70).

B/K-ratio IJsselmeergebied zichtjaren



Figuur 70: B/K-ratio's beoordeelde maatregelen (legenda additionele kwalitatieve effecten zie)

Door de minder rendabele maatregelen te laten vervallen (*druppelirrigatie (M42.5)* en *verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44)*) en/of de *ARK-route (M16)* toe te voegen kan het kostenbatensaldo van het voorkeurspakket iets verbeterd worden (zie Figuur 71 links voorkeurspakket en rechts geoptimaliseerd pakket).



Figuur 71: jaarlijkse kosten en effecten voorkeurspakket links (excl. M16) en economisch kansrijk pakket rechts (excl. M42½, M44 en incl. M16)

7.3 MAATREGELEN ZANDGRONDEN IJSSELMEER

Deze paragraaf gaat in op de relevante maatregelen voor de zandgronden in het voorzieningsgebied IJsselmeer, het verwachte kosten-batensaldo per maatregel en het mogelijke welvaartseffect voor het voorkeurspakket. Daarvoor wordt dezelfde aanpak gevolgd als voor Hoge Zandgronden Zuid en Oost-Nederland. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de Factsheets.¹³⁶

Beoordeelde maatregelen (stap 2)

De maatregelen zijn in principe gelijk als die voor Hoge Zandgronden Oost-Nederland. Daarnaast zijn er vier extra maatregelen voor de zandgronden gedefinieerd. Dit betreft specifieke uitwerkingen van de maatregel beekherstel.

Alle beoordeelde 28 maatregelen zijn vermeld in Tabel 42. De ambitie van de regio is om in de komende fase over 20% van het areaal één of meer maatregelen uit te rollen en 20 cm grondwaterstandverhoging te realiseren. Hiervoor verwacht men een investeringsbudget van 60 mln. euro¹³⁷ nodig te hebben.

In de onderstaande tabel zijn de basisgetallen vermeld die zijn berekend of overgenomen uit de data van de regio. Ook is het resultaat van de analyse van stap 2 aangegeven. De ratio per maatregel die met de benchmark voor betalingsbereidheid wordt vergeleken, is op dezelfde manier bepaald als voor de andere zandgronden. De ratio wijkt echter sterk af, doordat het opgegeven effect in m³ in de factsheets hoger ligt dan voor de andere zandgronden. We hebben hiervoor geen plausibele verklaring gevonden of gekregen van de regio.

¹³⁶ De zoetwaterregio's hebben voor alle maatregelen Factsheets aangeleverd volgens een vast format. Vanwege de omvang van het hele pakket zijn deze niet als bijlage opgenomen.

¹³⁷ bron oplegmemorandum BPZ, 17 september 2020.

Tabel 42: overzicht beoordeelde maatregelen bij volledige implementatie en resultaat stap 2

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹³⁸ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
48	flexibel peilbeheer	€ 0,01	120,1	€ 0,00	€ 0,89	voldoet
49	beekherstel en herprofile-ring leggerwaterlopen	€ 0,41	4,6	€ 0,09	€ 0,89	voldoet
50	regelbare drainage	€ 3,32	54,0	€ 0,06	€ 0,89	voldoet
51	onderwaterdrainage	€ 0,96	13,8	€ 0,07	€ 0,89	voldoet
52	sloten dempen	€ 1,62	69,2	€ 0,02	€ 0,89	voldoet ¹³⁹
53	sloten verondiepen of afdammen	€ 1,21	69,2	€ 0,02	€ 0,89	voldoet ¹³⁹
54	greppels afsluitbaar maken	€ 1,70	69,2	€ 0,02	€ 0,89	voldoet ¹³⁹
55	duikers verhogen	€ 1,11	69,2	€ 0,02	€ 0,89	voldoet ¹³⁹
56	plaatsen stuwen detailwaterlopen	€ 4,52	66,0	€ 0,07	€ 0,89	voldoet
59	afkoppelen verhard oppervlak	€ 23,83	30,1	€ 0,79	€ 0,89	voldoet
60	groenblauwe structuren	€ 0,10	0,0	n.v.t.	€ 0,89	niet te bepalen
61	waterpartijen omvormen tot wadi's	€ 1,40	0,0	n.v.t.	€ 0,89	niet te bepalen
62	ontstenen publiek verhard oppervlak	€ 2,85	1,7	€ 1,65	€ 0,89	niet te bepalen
63	verbeteren bodemstructuur	€ 0,71	9,3	€ 0,08	€ 0,89	voldoet
64	druppelirrigatie	€ 0,19	0,2	€ 0,89	€ 0,89	twijfel
65	subirrigatie	€ 2,35	6,3	€ 0,37	€ 0,89	voldoet
66	water opvangen in bassins	€ 0,43	0,8	€ 0,55	€ 0,89	voldoet
67	bedrijfsgerichte stimuleringsplannen	€ 0,00	0,0	n.v.t.	€ 0,89	Randvoorwaarde
68	besparen drinkwater	€ 0,04	0,4	€ 0,11	€ 0,89	voldoet
69	hergebruik regenwater	€ 2,56	0,8	€ 3,16	€ 0,89	voldoet niet
70	hergebruik proceswater	€ 0,03	1,1	€ 0,03	€ 0,89	voldoet
71	hergebruik RWZI-effluent	€ 0,19	4,6	€ 0,04	€ 0,89	voldoet

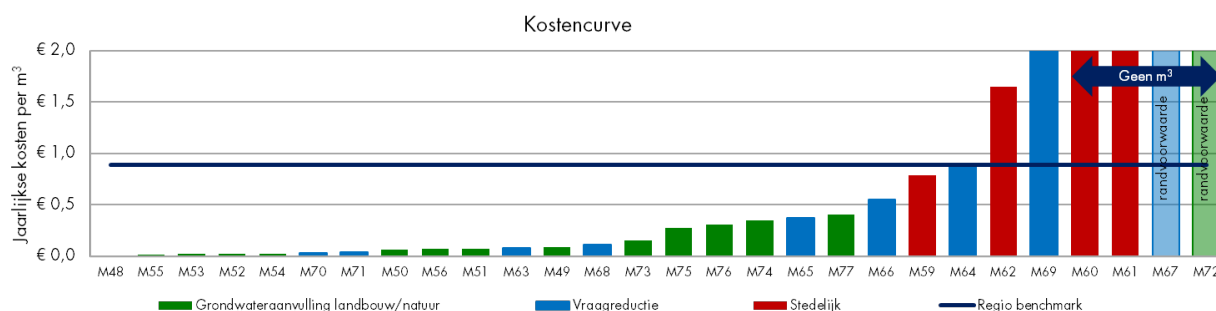
¹³⁸ Zie Hoofdstuk 5, stap 2 voor toelichting benchmark.

¹³⁹ Maatregel M55 heeft waarschijnlijk hoger welvaartseffect. Waar maatregelen uitwisselbaar zijn is M55 welvaartsoptimaal.

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹³⁸ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
72	functie veranderen in ruimte voor water	€ - 140	0,0	n.v.t.	€ 0,89	Randvoorwaarde
73	naaldbos omzetten	€ 0,21	1,4	€ 0,15	€ 0,89	voldoet
74	Inrichting Beekdal Linde	€ 0,35	1,0	€ 0,35	€ 0,89	voldoet
75	Beekherstel Hunze	€ 0,62	2,3	€ 0,27	€ 0,89	voldoet
76	Inrichting Beekdal Koningsdiep	€ 0,18	0,6	€ 0,30	€ 0,89	voldoet
77	Beekherstel Drentsche Aa	€ 0,60	1,5	€ 0,40	€ 0,89	voldoet

Uit het pakket voldoen 22 maatregelen aan de benchmark die betalingsbereidheid benadert (zie Tabel 42 en Figuur 72). Twee maatregelen verminderen de tekorten: ze vergroten het aanbod of reduceren de vraag, maar voldoen niet aan de benchmark. Voor deze maatregelen ligt de ratio hoger dan de benchmark en het 'gat' ten opzichte van de benchmark wordt naar verwachting niet door andere kwalitatieve effecten opgebracht. Vier maatregelen die geen m³ opleveren voldoen per definitie niet aan de benchmark. Twee ervan hebben een sterke link met het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA). In twee gevallen gaat het om maatregelen die voorwaardelijk zijn voor andere maatregelen. *Bedrijfsgerichte stimuleringsplannen (M67)* en *functie veranderen in ruimte voor water (M72)*. Deze zijn beide als economisch kansrijk beschouwd. De laatste maatregel is voorwaardelijk voor maatregelen M49 en M52 t/m M56 die in potentie rendabel zijn. De kosten van maatregel M72 zijn substantieel, en daarom verwerkt in de kosten voor deze maatregelen. In totaal hebben 4 van de 28 maatregelen in het voorkeurspakket/programma geen positief kosten-batensaldo als we alleen kijken naar benchmark. Opvallend is dat de prestatie van verschillende maatregelen op basis van de regio-input gunstiger is dan in de Hoge Zandgronden Oost-Nederland, terwijl die data door regio gebruikt zijn om een inschatting te maken van de kosten voor de zandgronden in Noord-Nederland. De ingeschatte hydrologische effectiviteit ligt beduidend hoger. Hiervoor is geen verklaring. Doordat we drie deelanalyses doen (benchmark, vergelijking kosten en baten per ha, en kwalitatieve effecten) is de impact hiervan beperkt.

¹⁴⁰ Kosten zijn substantieel en verdeeld over maatregel M49 (15%), M52/53/54/55/56 (85%). De 85% is volledig aan elke maatregel toegekend omdat deze maatregelen elkaar in praktijk uitsluiten. Bij combinatie van M49 en een van de maatregelen M52 t/m M56 is dan 100% van kosten M72 toegewezen.



Figuur 72: vergelijking kosteneffectiviteit met benchmark opgegeven door zoetwaterregio

Kosten en effecten per maatregel (stap 3)

Het pakket Zandgronden IJsselmeergebied is op dezelfde manier beoordeeld als voor de andere Hoge Zandgronden.

Vergelijking kosten per hectare met opbrengst per hectare van potentieel pakket

Door Deltares is voor een mogelijk en uitvoerbaar pakket met het zoetwaterinstrumentarium onderzocht hoe groot het effect is van dit pakket. Het onderzochte effect is uitgerold over 209.500 hectares op de Zandgronden IJsselmeergebied. Het effect van de maatregelen voor de landbouw bedraagt 5,2 mln. euro in de *Referentie* en 9,6 mln. euro per jaar in *Stoom* (zie Tabel 43). Omgerekend per hectare is er een gekwantificeerd effect van 36 euro per hectare per jaar in de *Referentie* en 72 euro per hectare per jaar in *Stoom*. De kosten per hectare per jaar liggen voor de meeste maatregelen hoger (zie Tabel 42). Een pakket met een positief kosten-batensaldo is lastig te realiseren in de *Referentie* op basis van deze gemiddelde effecten. Het is onwaarschijnlijk dat met de maatregel *flexibel peilbeheer (M48)* alleen het effect van het doorgerekende pakket kan worden gerealiseerd. Lokaal kunnen de baten van een maatregel hoger zijn dan het hier gepresenteerde gemiddeld effect per hectare.

Tabel 43: resultaten doorrekening mogelijk pakket (Deltares, Mens et al. 2020b)

	Referentie		Stoom	
	ha	Effect (mln. €/jaar, incl. BTW)	ha	Effect (mln. €/jaar, incl. BTW)
Landbouw	145.256	€ 5,20	134.150	€ 9,62
Natuur	64.300	€ 2,30	65.206	€ 4,68
Totaal	209.556	€ 7,50	199.356	€ 14,30

Een effect dat hierin nog niet is meegenomen is het effect op de weerbaarheid tegen droogte van grondwaterafhankelijke natuur.¹⁴¹ De modelresultaten laten zien dat het maatregelenpakket niet in staat is onherstelbare schade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Slechts een klein deel van de opgave kan met het maatregelenpakket worden voorkomen (zie Tabel 44).

¹⁴¹ Mens et al, Deltares, 2020b

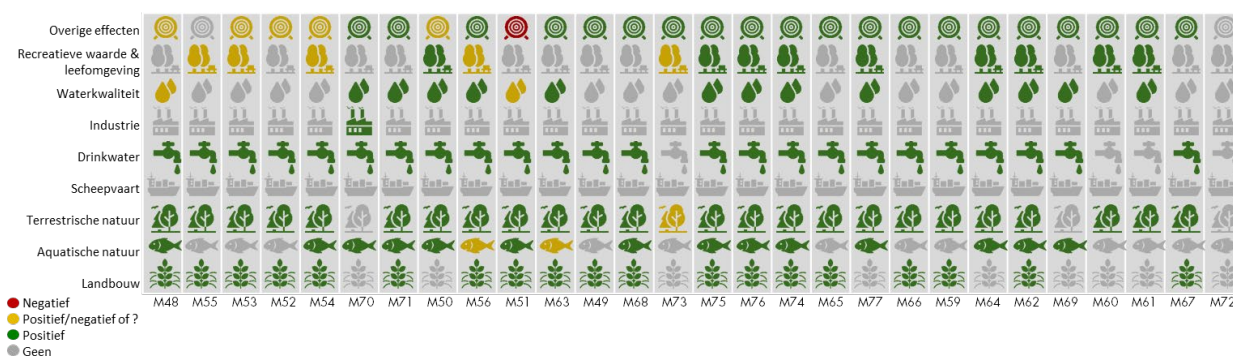
Tabel 44: opgaves en effect van pakket gemiddeld over areaal grondwaterafhankelijke natuur per regio, op basis van GG10 (tabel overgenomen uit Mens et al, 2020b)

Regio		Ref2017			Stoom2050		
ID	naam	opgave (cm)	effect (cm)	effect (%)	opgave (cm)	effect (cm)	effect (%)
8	Fries Gronings kustgebied	0,20	0,08	40%	0,29	0,06	21%
16	IJssel-Vecht	0,22	0,06	28%	0,27	0,05	19%
17	Drents plateau	0,26	0,11	40%	0,37	0,09	23%

De analyses van KWR met de Waterwijzer Natuur¹⁴² om de effecten van het maatregelenpakket te beoordelen zijn niet op tijd beschikbaar gekomen om integraal in te MKBA te worden meegenomen. Uit de conceptrapportage kan geconcludeerd worden dat er bij uitvoering van het maatregelenpakket in de *Referentie* een potentiële verschuiving optreedt van drogere naar nattere natuur. Uit de resultaten blijkt ook dat in *Stoom* de potentiële netto toename van de natuurwaarde positief is bij uitvoering van het pakket maatregelen.

Saldo niet-gemonetariseerde effecten

Ten slotte is het saldo van de niet-gemonetariseerde effecten gewogen (zie Figuur 73). Daarbij tellen alleen effecten op recreatieve waarde en leefomgeving, waterkwaliteit, scheepvaart, aquatische natuur en overige effecten mee. De betalingsbereidheid voor zoetwater door industrie, drinkwaterbedrijven, terrestrische natuur en landbouw is (impliciet) meegenomen in benchmark per m³ en het effect per hectare.



Figuur 73: vergelijking kwalitatieve effecten opgegeven door zoetwaterregio

De resultaten van de drie analyses van stap 2 en 3 zijn samengevat in Tabel 45. De eerste berekende ratio (kosten in euro per m³) voor vergelijking met de benchmark moet kleiner zijn dan 0,89 euro per m³ voor een positief (groen) resultaat. De tweede berekende ratio (kosten in euro per hectare) moet kleiner zijn dan 36 euro per hectare in de *Referentie* en kleiner dan 72 euro per hectare in *Stoom* voor een positief¹⁴³ resultaat. De laatste kolom geeft het aantal additionele kwalitatieve effecten dat nog bij de eerdere analyses moet worden betrokken omdat deze effecten niet in de benchmarkbenadering voor de betalingsbereidheid begrepen zijn.

¹⁴² KWR 2020.

¹⁴³ Groen: voldoet in de *Referentie* en *Stoom*, lichtgroen: voldoet alleen in *Stoom*.

Tabel 45: analyse positief kosten-batensaldo maatregelen

ID	Code	Naam	Ratio voor vergelijking Benchmark (€/m³)	Ratio voor vergelijking kosten per hectare (€/ha)	Additionele kwalitatieve effecten	Uitkomst stap 3
48	16a	flexibel peilbeheer	€ 0,00	€ 0	2x positief	Positief
49	16b	beekherstel en herprofilering leggerwaterlopen	€ 0,09	€ 177	3x positief	twijfel
50	16c	regelbare drainage	€ 0,06	€ 228	2x positief	twijfel
51	16d	onderwaterdrainage	€ 0,07	€ 257	2x positief	twijfel
52	16e	sloten dempen	€ 0,02	€ 62	1 x positief	kansrijk
53	16f	sloten verondiepen of afdammen	€ 0,02	€ 47	-	kansrijk
54	16g	greppels afsluitbaar maken	€ 0,02	€ 66	-	kansrijk
55	16h	duikers verhogen	€ 0,02	€ 44	-	kansrijk
56	16i	plaatsen stuwen detailwaterlopen	€ 0,07	€ 211	1 x positief, 1 x negatief	negatief
59	16l	afkoppelen verhard oppervlak	€ 0,79	€ 2.366	4x positief	kansrijk
60	16m	groenblauwe structuren	n.v.t.	€ 3.281	2x positief	niet te bepalen (stedelijk)
61	16n	waterpartijen omvormen tot wadi's	n.v.t.	€ 13.268	3x positief	niet te bepalen (stedelijk)
62	16o	ontstenen publiek verhard oppervlak	€ 1,65	€ 24.550	4x positief	niet te bepalen (stedelijk)
63	16p	verbeteren bodemstructuur	€ 0,08	€ 42	1 x positief	kansrijk
64	16q	druppelirrigatie	€ 0,89	€ 730	-	negatief
65	16r	subirrigatie	€ 0,37	€ 608	1 x positief	negatief
66	16s	water opvangen in bassins	€ 0,55	€ 1.631	1 x positief	negatief
67	16t	bedrijfsgerichte stimuleringsplannen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	rand-voorwaarde
68	16u	besparen drinkwater	€ 0,11	n.v.t.	2x positief	kansrijk
69	16v	hergebruik regenwater	€ 3,16	n.v.t.	3x positief	negatief
70	16w	hergebruik proceswater	€ 0,03	n.v.t.	3x positief	kansrijk
71	16x	hergebruik RWZI-effluent	€ 0,04	n.v.t.	3x positief	kansrijk
72	16y	functie veranderen in ruimte voor water	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	rand-voorwaarde

ID	Code	Naam	Ratio voor vergelijking Benchmark (€/m ³)	Ratio voor vergelijking kosten per hectare (€/ha)	Additionele kwalitatieve effecten	Uitkomst stap 3
73	16z	naaldbos omzetten	€ 0,15	€ 133	1x positief	twijfel
74	17	Inrichting Beekdal Linde	€ 0,35	Geen info	4x positief	kansrijk
75	18	Beekherstel Hunze	€ 0,27	Geen info	4x positief	kansrijk
76	19	Inrichting Beekdal Koningsdiep	€ 0,30	Geen info	4x positief	kansrijk
77	20	Beekherstel Drentsche Aa	€ 0,40	Geen info	4x positief	kansrijk

	Voldoet aan criterium		Voldoet in een scenario of bijna aan criterium
--	-----------------------	--	--

Effect maatregelen in combinatie (stap 4)

Per perceel kan soms gekozen worden uit verschillende maatregelen die een vergelijkbaar effect hebben. Dit geldt vooral voor maatregel M52 t/m M56. Met de aanname dat iedere maatregel de gewenste 20 cm grondwaterstandverhoging kan realiseren, heeft de maatregel met de laagste jaarlijkse kosten het hoogste kosten-batensaldo, nl. *duikers verhogen (M55)*. Deze maatregel heeft ook in een droog jaar het meeste effect en geen negatieve kwalitatieve effecten. In werkelijkheid zal vanuit het gebiedsproces niet altijd (alleen) deze maatregel worden gekozen. Dit leidt tot een voorkeurspakket met een lager gemonetariseerd kosten-batensaldo. Voor sommige maatregelen kunnen wel de additionele kwalitatieve effecten de balans doen omslaan.

Kosten-batensaldo voorkeurspakket (eindresultaat)

Onbekend is hoe het voorkeurspakket van de regio er precies uit zal zien. Daardoor is het niet mogelijk het kosten-batensaldo van het voorkeurspakket te bepalen. Wel duidelijk is dat niet alle maatregelen die de regio voorstelt om uit te putten een positief kosten-batensaldo hebben. Afhankelijk van de keuze uit de maatregelen zal derhalve een pakket met een positief of negatief kosten-batensaldo ontstaan.

Bij de beoogde uitrolomvang in de *Referentie* is een pakket met een positief kosten-batensaldo niet eenvoudig te realiseren. De analyse van een modelvertaling van het pakket laat per hectare onvoldoende positieve effecten zien om over zo'n groot deel van het areaal een positief kosten-batensaldo te realiseren. Het is niet waarschijnlijk dat met alleen de maatregel flexibel peilbeheer hetzelfde hydrologisch effect kan worden bewerkstelligd als in het doorgerkende pakket.

De modelanalyse laat zien dat ook voor grondwatermaatregelen, net als voor oppervlaktewatermaatregelen, niet altijd het maximale hydrologische effect wordt gerealiseerd. De impliciete benchmark¹⁴⁴ die uit modelresultaten in Tabel 43 te halen is, ligt lager¹⁴⁵ dan de gebruikte benchmark voor betalingsbereidheid in Tabel 42. Voor een positief kosten-batensaldo

¹⁴⁴ Voor impliciete benchmark wordt opbrengst per hectare gedeeld door aantal m³ per hectare bij 20 cm grondwaterstijging. Dit is $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 25\% = 500 \text{ m}^3$ per ha.

¹⁴⁵ Deze is 7-14% van gebruikte benchmark in het IJsselmeergebied.

is het nodig dat de berekende kosten per m³ voldoende marge hebben met deze benchmark. Het aantal maatregelen waarvoor dat geldt, is beperkter dan in de Hoge Zandgronden Zuid.

De beschikbare maatregelen hebben we op grond van de drie analyses in vijf categorieën ingedeeld: een positief kosten-batensaldo, kansrijk voor een positief saldo, niet kansrijk, twijfel en niet te bepalen (zie Tabel 46).

Tabel 46: maatregelen die passen in een voorkeurspakket met een positief kosten-batensaldo

ID	Naam	Rendabel op basis van benchmark	Eindoordeel
48	flexibel peilbeheer	Rendabel op basis van benchmark per m ³ , per hectare in de Referentie en Stoom een neutraal of positief saldo en de additionele kwalitatieve effecten hebben een positief of neutraal saldo.	Positief
52	sloten dempen	a) Rendabel op basis van benchmark per m ³ maar per hectare niet in Referentie en wel in Stoom. Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0 . b) Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0 , rendabel op basis van benchmark per m ³ en 2 ^e benchmark per hectare is niet representatief c) maatregel is randvoorwaarde [RW] voor kansrijke maatregelen	Kansrijk
53	sloten verondiepen of afdammen		
54	greppels afsluitbaar maken		
55	duikers verhogen		
59	afkoppelen verhard oppervlak		
63	verbeteren bodemstructuur		
67	bedrijfsgerichte stimuleringspl. [RW]		
68	besparen drinkwater		
70	hergebruik proceswater		
71	hergebruik RWZI-effluent		
72	functie veranderen voor water [RW]		
74	Inrichting Beekdal Linde	Rendabel op basis van benchmark per m ³ maar niet per hectare. Saldo kwalitatieve effecten kan mogelijk benchmark per hectare compenseren, maar misschien ook niet.	Twijfel
75	Beekherstel Hunze		
76	Inrichting Beekdal Koningsdiep		
77	Beekherstel Drentsche Aa		
49	beekherstel	Niet rendabel op basis van benchmark per m ³ . Kosten-batensaldo incl. kwalitatieve effecten < 0	Niet kansrijk / negatief
50	regelbare drainage		
51	onderwaterdrainage		
73	naaldbos omzetten		
56	plaatsen stuwen detailwaterlopen	Niet rendabel op basis van benchmark per m ³ . Saldo kwalitatieve effecten is positief. Benchmark is niet representatief.	niet te bepalen
64	druppelirrigatie		
65	subirrigatie		
66	water opvangen in bassins		
69	hergebruik regenwater		
60	groenblauwe structuren		
61	waterpartijen omvormen tot wadi's		
62	ontstenen publiek verhard oppv.		

De regio verwacht een investeringsbudget van 60 mln. euro¹⁴⁶ nodig te hebben voor DP-fase 2. Hiermee zal over 20% van het areaal (over 48.100 hectare), 20 cm grondwaterstandsverhoging worden gerealiseerd. Bij een gemiddelde levensduur van de maatregelen die ligt tussen de 20 en 100 jaar komen de kosten uit op 96 tot 57 euro per hectare per jaar. Voor de *Referentie* is het berekende vermeden droogterisico per hectare 36 euro per jaar en voor *Stoom* 2050 72 euro per jaar. Het begrote investeringsbudget voor DP-fase 2 is voor de Hoge Zandgronden in Noord-Nederland hoger dan de in potentie te realiseren welvaarseffecten bij een gematigd

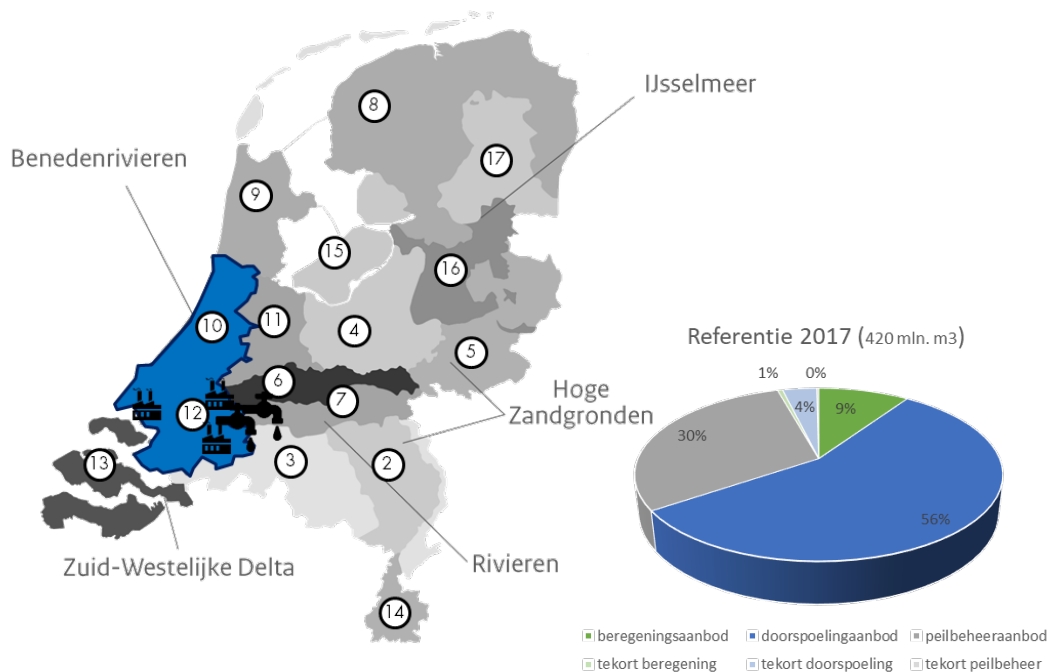
¹⁴⁶ Bron: oplegmemor BPZ, 17 september 2020.

klimaatscenario. In *Stoom 2050* is het budget in lijn met de potentiële effecten. Onherstelbare schade aan de grondwaterafhankelijke natuur kan met het pakket niet worden voorkomen.

Dit hoofdstuk gaat in op het voorzieningsgebied Benedenrivieren, de ontwikkelingen bij het nulalternatief in de verschillende Deltascenario's, de relevante maatregelen gericht op het beperken en voorkomen van watertekorten en het verwachte welvaartseffect van de maatregelen.

8.1 NULALTERNATIEF

Het Benedenrivierengebied bestaat uit regio 10 en 12 (zie Figuur 74). Deze regio's hebben te maken met het risico op externe verzilting en zijn afhankelijk van de Rijntakken en de Maas voor hun aanvoer.



Figuur 74: Benedenrivieren in regio's en de oppervlaktewatervraag verdeeld over levering en tekort

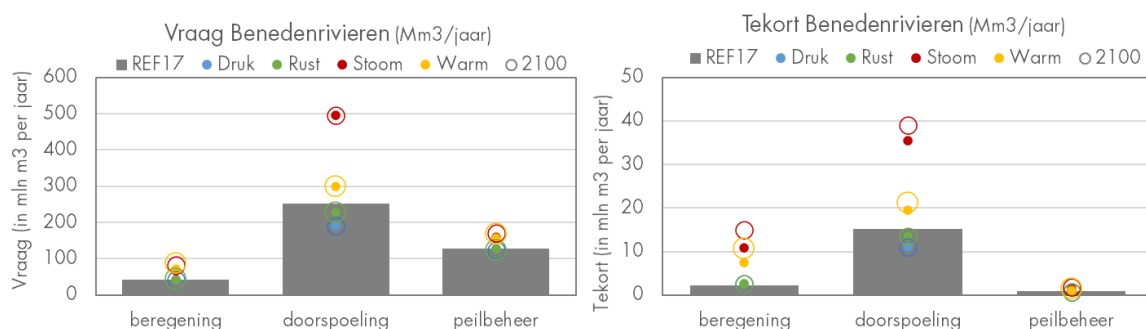
Regio 10 - West-Nederland West extern verzilt: Dit gebied is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken, in het bijzonder de Neder-Rijn en de Waal (via het Amsterdam-Rijnkanaal). De belangrijkste watervrager is het peilbeheer, maar ook doorspoeling vraagt vele miljoenen kubieke meters.

Regio 12 - Zuid-West-Nederland met aanvoer: Dit gebied is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken en de Maas. Doorspoeling is de belangrijkste watervrager in dit gebied, gevolgd door peilbeheer en beregening.

De grootste watervrager is nu en in de toekomst doorspoeling (zie Figuur 75). In het Benedenrivierengebied gebruiken verschillende industriegebieden grote hoeveelheden oppervlaktewater voor industriële processen. De fysieke processen die bepalen of het oppervlaktewater geschikt is bij klimaatverandering zijn echter nog onvoldoende nauwkeurig te bepalen, waardoor kwantificering alleen voor het Brielse Meer is gedaan, en niet voor de overige industriegebieden.

Bij Brakel neemt Dunea water in en bij de Biesbosch Evides voor de drinkwaterproductie.

Een groot deel van het Nederlands vrachtvervoer over water gebruikt de waterwegen in dit gebied. De grondwaterafhankelijke natuur in het Benedenrivierengebied beslaat zo'n 135 vierkante km.¹⁴⁷



Figuur 75: oppervlaktewatervraag en tekorten Benedenrivieren per scenario (let op: schaal verschilt per voorzieningsgebied)

In de modelberekeningen is er bij de *Referentie* een knelpunt in de oppervlaktewaterlevering voor doorspoeling en beregening als gevolg van verzilting bij de inlaten. In het scenario *Druk* en *Rust* nemen vraag en tekorten alleen voor doorspoeling iets af ten opzichte van de *Referentie*. In de scenario's *Warm* en *Stoom* neemt de vraag toe en krijgen beregening en doorspoeling te maken met significante tekorten. Dit heeft gevolgen voor het risico voor de landbouw in dit gebied. Het jaarlijks risico bedraagt in 2050 ruim 10 mln.¹⁴⁸ euro in *Warm* en *Stoom*, en neemt na 2050 verder toe.

Voor de industrie zijn geen resultaten beschikbaar behalve voor het gebied rond het Brielse Meer. Daar is er nu al een mogelijk knelpunt door achterwaartse verzilting van het Haringvliet, ter grootte van 1 miljoen euro per jaar. Op termijn wordt dit knelpunt iets groter bij de scenario's *Warm* en *Stoom* (0,3 - 0,6 mln. euro).

Het maximum droogterisico voor de drinkwatersector is in 2050 begroot op ongeveer 0,3 mln. euro per jaar. Het risico van laagwater voor passerende scheepvaart is groot maar wordt vooral veroorzaakt door laagwater in het Bovenrivierengebied in plaats van het Benedenrivierengebied. Op basis van de Fase 2-resultaten¹⁴⁹ gaat de grondwaterafhankelijke natuur er in alle Deltascenario's meer op vooruit dan achteruit.

8.2 MAATREGELEN BENEDENRIVIEREN

Deze paragraaf gaat in op de relevante maatregelen voor de Benedenrivieren, het verwachte kosten-batensaldo per maatregel en voor het voorkeurspakket. Daarvoor wordt de aanpak in

¹⁴⁷ Oppervlak natuur regio 10 en 12 in analyse KWR (2019)

¹⁴⁸ Cijfers in prijspeil 2020, exclusief btw.

¹⁴⁹ KWR 2019. Inmiddels zijn de resultaten en inzichten uit 2019 achterhaald door aanpassingen aan de modellen. De vervolganalyse door KWR van het maatregelpakket in 2020 voor de *Referentie* en *Stoom* leverde op dat er in de input van de berekeningen in fase 2 onjuiste waarden zijn gebruikt. Voor *Stoom* is er nog steeds een potentiële toename. Nieuwe resultaten van KWR zijn echter te laat beschikbaar om te worden verwerkt in de MKBA.

stappen gevolgd die is beschreven in Hoofdstuk 5. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de Factsheets.¹⁵⁰

Beoordeelde maatregelen (stap 2)

De maatregelen die beoordeeld konden worden en in het voorkeurspakket zitten, zijn vermeld in Tabel 47. Er is geen uitvoeringsmaatregel die niet onder het voorkeurspakket valt en die eerder wel als economisch kansrijk is beoordeeld. De laatste kolom vermeldt de uitkomst van de analyse.

Tabel 47: overzicht beoordeelde maatregelen en resultaat stap 2

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹⁵¹ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
93	Aanvoerroutes: inlaatwerk Kromme Rijn	€ 1,09	31,1	€ 0,04	€ 1,22	voldoet
94	COASTAR: Case 1 brakwaterwinning polders ¹⁵²	€ 0,41	0,2	€ 2,43	niet representatief	niet te bepalen
95	COASTAR: Case 2 brakwaterwinning kust(duinen)	€ 0,58	0,3	€ 1,92	niet representatief	niet te bepalen
96	COASTAR: Case 3 Westland droge voeten, voldoende gietwater	€ 0,30	0,4	€ 0,68	€ 1,22	voldoet
97	COASTAR: case 4 Rotterdam: cities2recharge (enabling urban ground water recharge)	€ 0,59	0,5	€ 1,17	€ 1,22 / niet representatief	voldoet
98	Opschalen temmen van brakke kwel	€ 4,53	100,0	€ 0,05	€ 1,22	voldoet
101	Hergebruik Effluent - Harnaschpolder	€ 2,60	15,8	€ 0,16	€ 1,22	voldoet
102	Hergebruik Effluent: Realisatie Zoetwaterfabriek Kortenoord	€ 1,74	3,2	€ 0,55	€ 1,22	voldoet
104	Doorvoer Lek-Schieland/Krimpenerwaard	€ 1,20	42,8	€ 0,03	€ 1,22	voldoet
107	Aanvoerroutes: Beter benutten Bergsluis	€ 0,15	0,0	n.v.t.	€ 1,22	niet te bepalen
121	Krekensvisie West-Brabant, fase 2	€ 1,98	2,5	€ 0,79	€ 1,22	voldoet
122	Maatregel D7, alt. Aanvoer W-Br, Thol. St Phil (122)	€ 4,20	0,0	n.v.t.	€ 1,22	voldoet

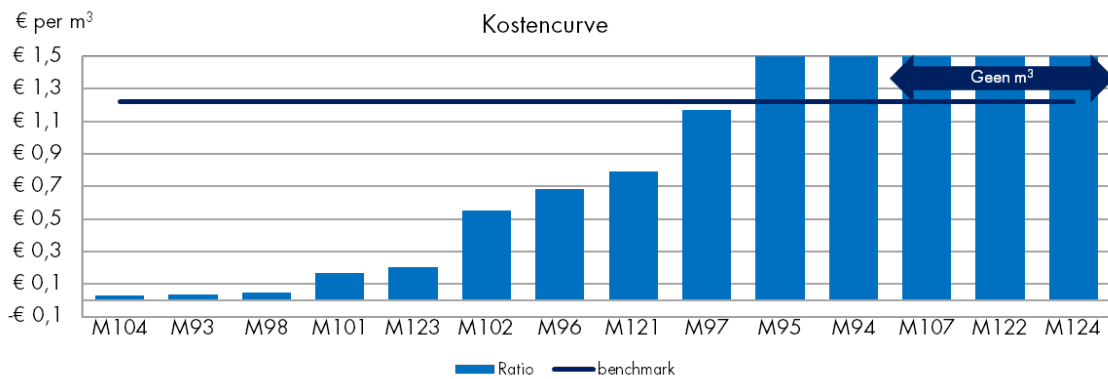
¹⁵⁰ De zoetwaterregio's hebben voor alle maatregelen Factsheets aangeleverd volgens een vast format. Vanwege de omvang van het hele pakket zijn deze niet als bijlage opgenomen.

¹⁵¹ Zie Hoofdstuk 5, stap 2 voor toelichting benchmark.

¹⁵² Voor coastarmaatregelen 1, 2 en 3 zijn de verwachte kosten en het leveringspotentieel van de mogelijke uitvoering geschaald naar de investering in de pilot. Het verwachte rendement van de pilot is dan gelijk aan de uitvoeringsmaatregel. Aangezien de uitvoering nog niet aangevraagd is voor DP-fase 2, zou het rendement van deze maatregelen het saldo van het voorkeurspakket onterecht positief of negatief beïnvloeden.

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹⁵¹ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
123	Maatregel D4, alt. Aanvoer Oostflakkee	€ 0,49	2,4	€ 0,20	€ 1,22	voldoet
124	Maatregel D8, Reigersbergsche polder	€ 0,08	0,0	n.v.t.	€ 1,22	voldoet

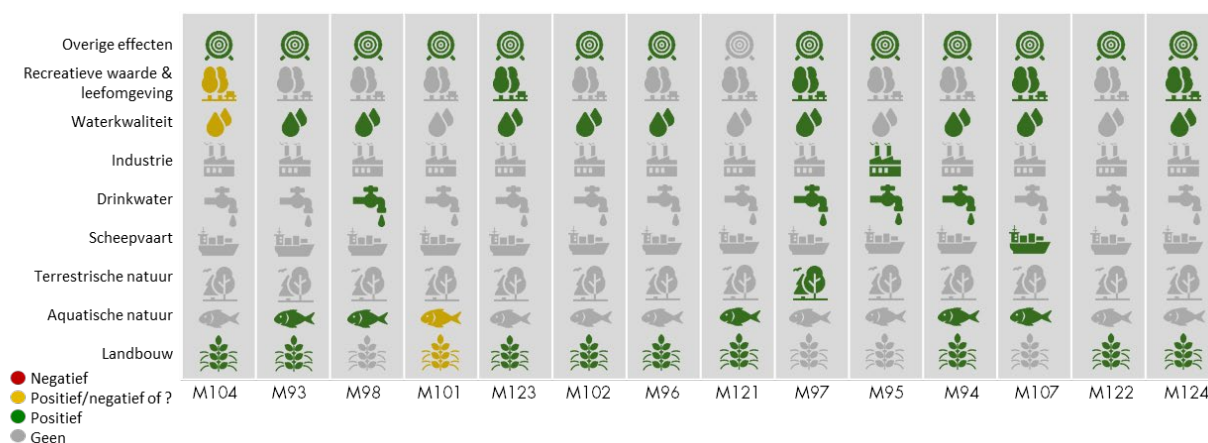
De beoordeling van de losse maatregelen uit het voorkeurspakket volgt de methodiek uit hoofdstuk 5. Met uitzondering van vijf maatregelen voldoen de maatregelen aan de algemene benchmark bij de maximale hydrologische effectiviteit, zie Figuur 76. De maatregel *Beter benutten Bergsluis* (M107), *Maatregel D7, alt. Aanvoer W-Br, Thol. St Phil* (M122) en *Maatregel D8, Reigersbergsche polder* (M124) leveren volgens de factsheets geen m³ op en zullen dus nooit voldoen aan deze benchmark die betalingsbereidheid benadert. Maatregel *COASTAR: case 1 brakwaterwinning polders* (M94), en *Maatregel COASTAR: case 2 Brakwaterwinning kust duinen* (M95) leveren te weinig water voor de investering om te voldoen aan de benchmark.



Figuur 76: vergelijking kosteneffectiviteit met benchmark

Kosten en effecten per maatregel (stap 3)

Of de maatregelen in de praktijk voldoende opleveren bepalen we zoveel mogelijk met een aanvullende hydrologische analyse, deels via het nationaal waterinstrumentarium deels met maatwerk. Hierin worden ook de kwalitatieve effecten meegewogen. Alle maatregelen hebben positieve of neutrale kwalitatieve effecten (zie Figuur 77).



Figuur 77: vergelijking kwalitatieve effecten opgegeven door regio

De jaarlijkse verwachtingswaarde van de effecten bij inzet van een maatregel zijn voor 9 van de 14 maatregelen voldoende voor een positief of kansrijk kosten-batensaldo. De *effluentmaatregel Kortenoord (M102)* is voorlopig niet kosteneffectief, zie Tabel 49. Voor vier maatregelen *de Doorvoer Lek-Schieland/Krimpenerwaard (M104)*, *de Bergsluis (M107)*, en *de Coastarmaatregel case 1 en 2 (M94 en M95)* is twijfel over het saldoteken door de additionele kwalitatieve effecten en grote spreiding in de praktijkvoorbeelden.

Aanvoerroutes: inlaatwerk Kromme Rijn (M93)

De *Kromme Rijn (M93)* is een maatregel waarvoor geen bruikbare modelresultaten beschikbaar zijn. In de huidige situatie wordt een tekort voorkomen door de inzet van noodpompen. Het tekort zou zonder noodpompen ontstaan bij lage rivierwaterstanden op de Neder-Rijn. Het hoogheemraadschap HDSR kan dan geen water meer inlaten bij de inlaat Kromme Rijn. Dit knelpunt komt nu al voor en zal in de toekomst vaker en langduriger optreden. Bij uitvoering van de maatregel zijn diverse voordelen te verwachten.¹⁵³ In ieder geval valt de inzet van de noodpompen weg. De vermeden kosten hiervan in de *Referentie* zijn hoger dan de jaarlijkse kosten van de maatregel *Kromme Rijn*, zie ook Kader 6. Bovenop deze effecten noemt de regio o.a. ondersteuning van de KWA, het belang van voldoende wateraanvoer naar het Kromme Rijngebied met hoogwaardig fruit, behoud van de natuurlijke stromingsrichting van de bovenloop van de Kromme Rijn (relevant voor KRW) en minder overlast voor de scheepvaart bij de Irenesluizen. Het kosten-batensaldo van de maatregel is daarom als *positief* beoordeeld.

¹⁵³ HDSR, Onderbouwing maatregel inlaat Kromme Rijn, vs. 6 april 2020.

Kader 6: toelichting berekening vermeden elektriciteitskosten noodpompen

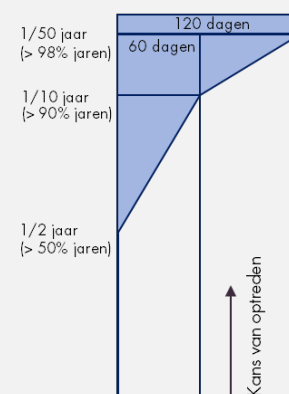
De kosten van de inzet van noodpompen nu bedragen minimaal de marginale kosten van het elektriciteitsgebruik van de noodpompen die nu worden ingezet. De kosten voor afschrijving, onderhoud en plaatsing nemen we in de berekening niet mee.

Uit de HDSR-notitie blijkt dat momenteel (2019) de kritieke waterstand (+2.50 m NAP) 1 keer per 2 jaar wordt bereikt. Er kan dan geen of beperkt water worden ingelaten. Eens per 10 jaar duurt deze situatie ongeveer 60 dagen en eens per 50 jaar zelfs 4 maanden. Gemiddeld komt dat minimaal neer op een periode van 21,6 dagen per jaar (grove schatting).

De noodpompen pompen 3,8 m³ per s. Dit komt neer op het pompen van 7,1 mln. m³ per jaar. De energie-efficiëntie van de noodpompen is lager dan van eenemaal. Als we de feitelijke energiekosten van het gemeentelijk Winsemius gebruiken (€ 0,21 per 100 m³, opgave HHD in studie slim watermanagement) komt dat neer op een kostenpost van € 1,5 mln. per jaar. In Stoom en bij een lagere energie efficiëntie zal dit hoger uitvallen. Dit bedrag ligt boven de jaarlijkse kosten van de voorgestelde maatregel.

Schatting gemiddelde: oppervlak 2 vierhoeken + 2 driehoeken

$2\% \cdot 120 \text{ dagen} + 8\% \cdot 90 \text{ dagen} + 40\% \cdot 30 \text{ dagen} = 21,6 \text{ dagen}$



COASTAR: Case 1 brakwaterwinning polders (M94)

De maatregel *Coastar case 1 (M94)* voldoet niet aan de benchmark. Jaarlijks is er een batig gemonetariseerd tekort van zo'n 6 miljoen euro bij full-scale uitvoering (d.w.z. investering aanleg € 94 mln. excl. btw) dat gecompenseerd moet worden door kwalitatieve effecten zoals het verbeteren van de waterkwaliteit in de polders (afname brakke, nutriëntrijke kwel), het verzoeten van grondwater aan de randen van de polders, aquatische biodiversiteit, mogelijk de vermindering van bodemdaling, verminderen van het openbaarstrisico, en lagere operationele kosten. Vooralsnog kan niet worden aangetoond dat het effect van deze baten hoger ligt dan 6 miljoen euro per jaar door het ontbreken van details en lijkt het bedrag per jaar relatief hoog. Resultaten van onderzoek kunnen dit veranderen. Vanwege de verschillende kwalitatieve effecten, de beperkte onderbouwing van de effecten en het plan om voor nu alleen een uitgebreide pilot te doen, geven we het saldo van de maatregel het predicaat *'twijfel'*.

COASTAR: Case 2 brakwaterwinning kust(duinen) (M95)

De *Coastarmaatregel case 2 (M95)* beperkt de watervraag aan het hoofdwatersysteem, voorkomt verzilting van zoetwaterlens in de duinen, en vergroot de zoetwaterbel. De vergroting van de zoetwaterbel heeft elk jaar effect. Om die reden wordt deze maatregel gelijkgesteld aan een grondwatermaatregel en wordt er geen afslag van de hydrologische effectiviteit uitgevoerd. Het becijferde saldo is echter niet voldoende om de kosten te compenseren. Wel is sprake van de mogelijkheid om Warmte en koude op te slaan (verminderen fossiel energiegebruik) en loopt het rendement in euro per m³ van de genoemde voorbeeldprojecten in de factsheets sterk uiteen. Vanwege de mogelijke kwalitatieve effecten, de grote spreiding in de effecten van de voorbeeldprojecten en het voornemen om voor nu alleen een uitgebreide pilot te doen, geven we het saldo van de maatregel het predicaat *'twijfel'*.

COASTAR: Case 3 Westland droge voeten, voldoende gietwater (M96)

De *Coastarmaatregel case 3 (M96)* zorgt voor verzoeting van het grondwater (verbetering grondwaterkwaliteit) door infiltratie van neerslagoverschotten en minder wateroverlast bij piekbuien door het creëren van extra berging in bassins. Effecten op het grondwater hebben naar

verwachting elk jaar effect. Om die reden wordt er geen afslag van de hydrologische effectiviteit uitgevoerd. Net als bij de *brakwaterwinning kust(duinen)* (M95) biedt de maatregel mogelijkheden voor warmte- en koudeopslag. Ook zou volgens de regio de riolering in het stedelijk gebied kunnen worden ontlast. De maatregel is als rendabel, dus *positief*, beoordeeld op basis van de kentalaanpak.

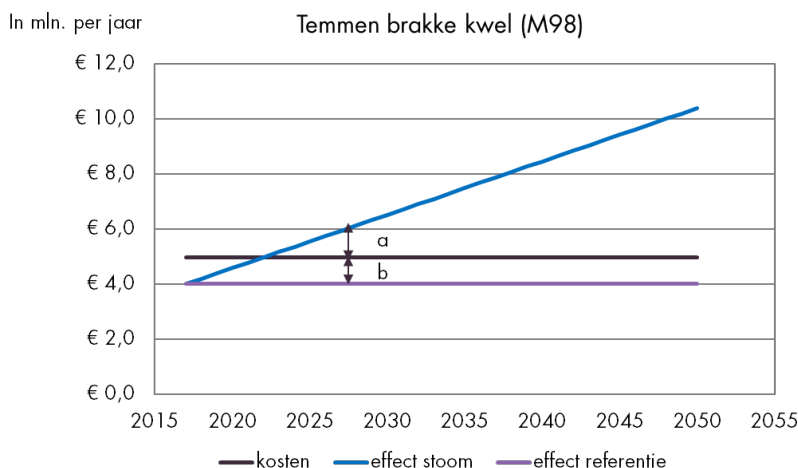
COASTAR: Case 4 Rotterdam: cities2recharge (M97)

De maatregel *Coastar case 4* (M97) is gericht op het beperken van schade als gevolg van wateroverlast en -onderlast in stedelijk gebied, het voorkomen van benodigde uitbreiding van de capaciteit van riool en boezem en het vergroten van de leefbaarheid in wijken (hittestress, vergroening, ontmoeting). De maatregel voldoet net niet aan de benchmark maar heeft positieve kwalitatieve baten: ontlasting riolering stedelijk gebied, verminderen van bodemdaling, een betere waterkwaliteit, verhogen van de recreatieve en cultuurhistorische waarde. De landbouw-natuurbenchmark is in dit geval niet echt van toepassing. In de Economische analyse Zoetwater wordt geen aandacht besteed aan maatregelen in het stedelijk gebied en wordt infrastructuurschade als gevolg van bodemdaling niet meegenomen. Het exacte kosten-batensaldo is niet te bepalen met een effectmodule, evenmin is het fysieke effect voor de kwalitatieve effecten bekend. Vanwege de positieve kwalitatieve effecten wordt de maatregel echter wel als *kansrijk* beoordeeld.

Opschalen temmen van brakke kwel (M98)

Voor de maatregel *Temmen brakke kwel* (M98) zijn de tekorten zoals berekend met QWAST gebruikt en aangevuld met de interne tekorten in het hoofdwatersysteem. Deze tekorten zijn door Deltares apart bepaald. Ook zijn er extra baten voorzien door de productie van 6 mln. m³ drinkwater. De schatting van de zoetwaterregio komt op 4,0 miljoen euro per jaar. Deze baten zijn onvoldoende om de maatregel in de *Referentie* positief te laten zijn. In *Stoom 2050* is het saldo van de maatregel echter zeer positief. Het verloop van de jaarlijkse kosten en effecten is getoond in Figuur 78. In de komende DP-fase is het positieve saldo bij het *Stoom*-scenario net iets groter dan het negatieve saldo bij de *Referentie* (gematigd scenario). Omdat het een investering met een levensduur van gemiddeld 23 jaar betreft, kan het verstandig zijn het risico van een onrendabele investering (bij gematigd scenario) te beperken en eventueel de maatregel uit te stellen. Vanwege het feit dat de maatregel de waterkwaliteit vermoedelijk¹⁵⁴ verbetert door het verminderen van brak uitslagwater uit de Horstermeer en minder vaak noodgemalen ingezet moeten worden voor voldoende doorspoeling is de maatregel als economisch *kansrijk* voor de komende DP-fase beoordeeld.

¹⁵⁴ Intussen is er nieuwe informatie dat de maatregel tot een langere verblijftijd van water in het systeem kan leiden met algenbloei tot gevolg (Waternet, Effecten van het winnen van brak grondwater in de Horstermeer op het omringende oppervlaktewater, juli 2020 concept).



Figuur 78: beoordeling verwachtingswaarde gemiddeld rendement komende DP-fase verbeteren temmen brakke kwel

Hergebruik Effluent - Harnaschpolder (M101)

In de QuickScan van Deltares zijn de effecten van de maatregelen *Hergebruik effluent* voor heel Nederland als totaal doorgerekend. Ze verminderen het tekort voor landbouw en doorspoeling maar veroorzaken iets hogere maar verwaarloosbare kosten voor de scheepvaart. Deze resultaten zijn echter niet bruikbaar voor de effluentmaatregelen in het Benedenrivierengebied die in regio 10 liggen. Met de kentalanalyse is daarom de jaarlijkse te verwachten effectiviteit geschat. Deze bedraagt 2% in de *Referentie* en 93% in *Stoom* 2050¹⁵⁵. Alle maatregelen zijn dan rendabel in *Stoom* 2050 maar niet in de *Referentie*. Bij vergelijking van de saldi in de komende DP-fase, blijkt dat voor de *Harnaschpolder* het positieve saldo in *Stoom* iets groter is dan het negatieve in de *Referentie*. De maatregel is daarom bij deze aannames als economisch kansrijk beoordeeld. De maatregel Kortenoord (zie hierna) is nauwkeuriger geanalyseerd met het hydrologisch instrumentarium. Dit leidt ertoe dat het rendement van de maatregel negatiever uitvalt. De kans is groot dat de beoordeling van de effluentmaatregel Harnaschpolder met de kentalaanpak te hoog uitpakt. Er zijn echter additionele kwalitatieve effecten: de vermindering van bodemdaling en verbetering van grondwaterkwaliteit. We beoordelen de maatregel daarom als *kansrijk*.

Hergebruik Effluent - Realisatie Zoetwaterfabriek Kortenoord (M102)

Voor de maatregel *Hergebruik Effluent: Realisatie Zoetwaterfabriek Kortenoord (M102)* zijn NWM-resultaten en resultaten van de landbouweffectmodule beschikbaar. De resultaten van de landbouweffectmodule hebben alleen betrekking op het droogterisico door een beregeningstekort. Omdat er ook sprake is van vermindering van de peilbeheer en doorspoeltekorten, vullen we de landbouweffecten aan op basis van dezelfde betalingsbereidheid per m³. De totale opbrengst is dan echter nog onvoldoende om de jaarlijkse kosten te compenseren.

Om de maatregel wel als economisch kansrijk te beoordelen, moet het gemiddelde effect per jaar van waterkwaliteit en vermindering van operationele kosten meer dan 0,6 miljoen euro bedragen.

¹⁵⁵ Voor de berekening is de gecombineerde capaciteit van 3 effluentmaatregelen vs. totaal tekort in regio 10 gebruikt. De pilot Hoogvliet is meegeteld.

Dit komt overeen met 0,21 euro per m³ bij de maximale capaciteit. Er is geen informatie over de mogelijke daling van de operationele kosten van het waterbeheer of de omvang van de waterkwaliteitsverbetering. Ook is de maatregel *Harnaschpolder (M101)* kosteneffectiever, qua kosten per m³. Vooralsnog beoordelen we het saldo van de maatregel daarom *negatief*.

Doorvoer Lek-Schieland/Krimpenerwaard (M104)

Voor de maatregel *doorvoer Lek-Schieland/Krimpenerwaard (M104)* zijn NWM-resultaten en resultaten van landbouw- en scheepvaarteffectmodule beschikbaar. De resultaten van de landbouweffectmodule hebben alleen betrekking op het droogterisico door een berekeningstekort. Omdat er ook sprake is van vermindering van de peilbeheer- en doorspoeltekorten, vullen we de landbouweffecten aan op basis van hetzelfde effect per m³. De totale effecten zijn dan nog onvoldoende om de jaarlijkse kosten te compenseren. De effecten op de scheepvaart zijn beperkt maar negatief. De toename van de kosten voor de scheepvaart bij combinatie van maatregel *Hagestein* en de *doorvoer Lek-Schieland/Krimpenerwaard* bedraagt 90.000 euro in de *Referentie* en 170.000 euro in *Stoom*. In het meest ongunstige geval wordt het hele effect aan de *doorvoer Lek-Schieland* toegeschreven en in het meest gunstige geval is er geen effect.

Om de maatregel wel als economisch kansrijk te kunnen beoordelen, moet het gemiddelde saldo per jaar van de additionele kwalitatieve effecten meer dan 1 miljoen euro per jaar bedragen. Dit lijkt niet uit te sluiten, omdat er volgens de regio verschillende kwalitatieve effecten zijn: extra water voor bijvoorbeeld remmen bodemdaling en de drinkwatervoorziening (plannen Dunea), het beperken van hittestress en risico's op funderingsschade in het stedelijk gebied. De *doorvoer Lek-Schieland* biedt ook meer ruimte voor een klimaatbestendige zoetwatervoorziening van het hoofdwatersysteem en maakt de aanvoerroutes van zoetwater naar West-Nederland robuuster. Bovendien is de berekening van de vermeden verziltingsschade in West-Nederland in het NWM nog niet optimaal. We beoordelen het saldo van de maatregel daarom voorlopig als *twijfelgeval*.

Beter benutten Bergsluis (M107)

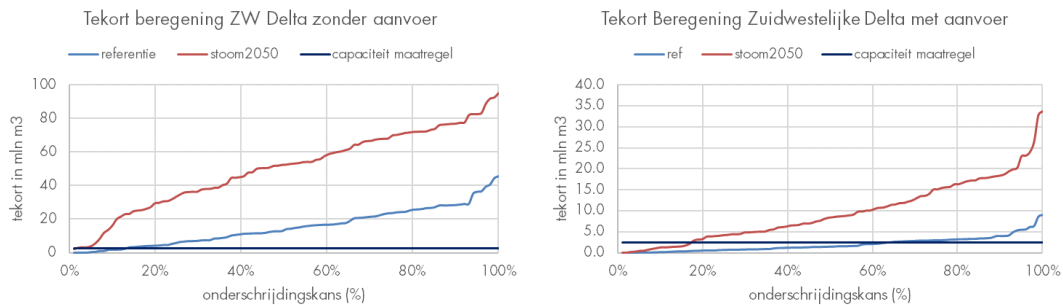
De maatregel *Beter benutten Bergsluis (M107)* bespaart geen water, maar het water komt van een andere plek en heeft een betere waterkwaliteit. Er zijn geen beschikbare modelresultaten en ook een benadering op basis van het gemiddelde hydrologisch effect kan niet worden toegepast. Het effect van de vermeden energiebesparing bedraagt ongeveer 20.000 euro per jaar.¹⁵⁶ De kwalitatieve baten voor de vismigratie en robuustheid moeten dus de resterende jaarlijkse kosten voor de Bergsluis (nog € 0,13 mln. per jaar) kunnen compenseren. Het is onzeker of dat zo is maar zeker niet uit te sluiten. Het saldo van deze maatregel beoordelen we als *twijfelgeval*.

Krekenvisie West-Brabant (M121)

De maatregel *Krekenvisie West-Brabant (M121)* gaat om het verhogen van oppervlaktewaterstanden om langer te kunnen voorzien in de beregeningsbehoefte bij afnemende (en tekorten in) rivierafvoeren. Het opgegeven leveringspotentieel is beperkt in verhouding met het berekeningstekort in de polders in Zeeland (Figuur 79 links) en West-Brabant (Figuur 79 rechts). Op basis van de benchmarkwaarde per m³ voor West-Brabant (regio 12) en volledige inzet daar levert de maatregel geen positief kosten-batensaldo op in de *Referentie*. Bij de benchmarkwaarde per m³ voor Zeeland (regio 13) en volledige inzet daar levert de maatregel wel

¹⁵⁶ Arcadis, Beter benutten Bergsluis, februari 2020.

een positief kosten-batensaldo op. Verdeling van de capaciteit van de maatregel over beide gebieden zal het resultaat positief kunnen maken. Mede vanwege de waterkwaliteitsopbrengsten veronderstellen we dat deze maatregel ongeveer een neutraal kosten-batensaldo heeft in de *Referentie* en licht positief is in *Stoom*. De maatregel beoordelen we als *kansrijk*.



Figuur 79: verloop tekort berekening voor zuidwestelijke delta zonder aanvoer (links) en met aanvoer (rechts)

Maatregel D7, alternatieve aanvoer W-Brabant en Tholen en St. Philipsland (M122)

De maatregel *alternatieve aanvoer W-Brabant en Tholen en St. Philipsland (M122)* kost per jaar 4,2 miljoen euro. Deze kosten moeten terugverdiend worden door vermindering van de berekeningstekorten, landbouweffecten vanwege een lager chloridegehalte en minder kans op blauwalg. De omvang van de laatste twee elementen is tijdens de ontwerp- rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer bepaald door Alterra voor het huidige klimaat (zie Tabel 48). Deze effecten voor de PAN-polders en Tholen-St. Philipsland zijn substantieel en voldoende om de kosten te compenseren. Deze maatregel heeft daardoor in *Referentie* en *Stoom* een *positiefsaldo*. Aanname is dat in *Stoom* de effecten hoger zullen liggen dan in *Referentie*. De studie van Alterra geeft ook informatie over de maatregelen *Oostflakkee* en *Reigersbergsche polder*.

Tabel 48: jaarlijkse inkomensverandering land- en tuinbouw (overgenomen uit MKBA Stratelligence 2014), incl. btw

Gebied	Jaarlijkse verandering (mln. € per jaar) prijspeil 2014			
	Baten door verbeteren chloridegehalte	Extra baten bij oplossen blauwalg probleem	Totaal prijspeil 2014	Totaal prijspeil 2020 (aangevuld)
PAN-polders	€ 1,32	€ 0,07	€ 1,39	€ 1,53
Tholen-St. Philipsland	€ 3,17	€ 0,36	€ 3,53	€ 3,89
Reigersbergsche Polder	€ 0,15	€ 0,02	€ 0,16	€ 0,18
Oostflakkee	€ 0,72	€ 0,10	€ 0,81	€ 0,89
Totaal	€ 5,37	€ 0,55	€ 5,92	€ 6,53

Bron: Alterra maart 2014, berekeningen met €ureyeopener 2.1.

Maatregel alternatieve aanvoer Oostflakkee (M123)

De maatregel *Oostflakkee (M123)* is met het Nationaal Water Model doorgerekend. Hieruit volgen beperkte landbouweffecten als gevolg van een berekeningstekort. Naast de tekorten is echter ook sprake van een verminderd risico op verziltingsschade en overlast door blauwalg. Deze zijn bepaald op 0,89 mln. euro per jaar in de *Referentie* (zie Tabel 48). De totale effecten liggen

boven de begrote jaarlijkse kosten in de *Referentie*. In *Stoom* zullen de effecten hoger uitvallen. Het saldo is dus *positief*.

Maatregel Reigersbergsche polder (M124)

De maatregel *Reigersbergsche polder (M124)* is doorgerekend in de Quickscananalyse. Hieruit volgt nog geen positief saldo door het beperkte berekende effect. Dit effect omvat echter niet het waterkwaliteitseffect en blauwalgeffect. Dit effect is voor Reigersbergsche polder bepaald in de MKBA rijksstructuurvisie Grevelingen Volkerak-Zoommeer op 0,18 mln. per jaar. De jaarlijkse kosten van de maatregel liggen lager en dus is de maatregel *kosteneffectief*.

Tabel 49: overzicht resultaten beoordeelde maatregelen

Naam	Vermindering tekort	Effect	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
MAATWERK Aanvoerroutes: inlaatwerk Kromme Rijn (M93)	Inzet noodpompen gem. 22 dagen per jaar 3,8 m ³ per s	Minimum: vermeden energiekosten noodpompen: € 1,5 mln. per jaar + voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, en overige effecten.	€ 1,09 mln.	> € 0,41 mln. Positief
KENTAL COASTAR: Case 1 brakwaterwinning polders (M94)	0,2 Mm ³	Referentie: € 0,20 mln. Stoom: € 0,16 mln. plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, en overige effecten.	€ 0,41 mln.	Referentie: -€ 0,20 mln. Stoom: -€ -0,25 mln. Twijfel/niet te bepalen
KENTAL COASTAR: Case 2 brakwaterwinning kust(duinen) (M95)	0,3 Mm ³	Referentie: € 0,37 mln. Stoom: € 0,29 mln. plus voordelen overige effecten.	€ 0,58 mln.	Referentie: € -0,21 mln. Stoom: € -0,29 mln. Twijfel/niet te bepalen
KENTAL: COASTAR: Case 3 Westland droge voeten, voldoende gietwater (M96)	0,4 Mm ³	Referentie: € 0,53 mln. Stoom: € 0,41 mln. plus voordelen waterkwaliteit en overige effecten.	€ 0,30 mln.	Referentie: € 0,23 mln. Stoom: € 0,11 mln. Positief
KENTAL: COASTAR: Case 4 Rotterdam: cities2recharge (M97)	0,5 Mm ³	Referentie: € 0,61 mln. Stoom: € 0,48 mln. Plus voordelen waterkwaliteit, recreatie en leefomgeving, en overige effecten.	€ 0,59 mln.	Referentie: € 0,02 mln. Stoom: -€ 0,11 mln. -> Kansrijk door kwalitatieve effecten

Naam	Vermindering tekort	Effect	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
QWAST+NWM+Kental: Opschalen temmen van brakke kwel (M98)	Referentie: 0 +0 Mm ³ Stoom: 4,96 + 1,76 Mm ³	Referentie: € 0,0 mln. + effect 6 Mm ³ drinkwater (4 mln.) Stoom: € 6,38 mln. + effect 6 Mm ³ drinkwater (4 mln.) + voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, en overige effecten.	€ 4,53 mln.	Referentie: - € 0,53 mln. Stoom: € 5,85 mln. Kansrijk
KENTAL Hergebruik Effluent – Har- naschpolder (M101)	Referentie: 2% * 15,8 Mm ³ Stoom: 93% * 15,8 Mm ³	Referentie: € 0,38 mln. Stoom: € 13,93 mln. plus voordelen overige effecten.	€ 2,60 mln.	Referentie: -€ 2,21 mln. Stoom: € 11,33 mln. Kansrijk
NWM Hergebruik Effluent: Realisatie Zoetwaterfabriek Kortenoord (M102)	Referentie: 0,01 Mm ³ Stoom: 0,19 Mm ³	Referentie: € 0,00 mln. Stoom: € 0,07 mln. plus voordelen waterkwaliteit en overige effecten.	€ 1,74 mln.	Referentie: - € 1,74 mln. Stoom: - € 1,67 mln. Negatief
NWM Doorvoer Lek-Schie- land/Krimpenerwaard (M104)	Referentie: 0,213 Mm ³ Stoom: 1,681 Mm ³	Referentie: € 0,02 mln. - scheepvaart (€ 0 - 0,09 mln.) Stoom: € 0,39 mln. - scheepvaart (€ 0 - € 0,17 mln.) plus voordelen verschillende overige effecten.	€ 1,20 mln.	Referentie: -€ 1,18 mln. – effect scheepvaart Stoom: -€ 0,82 mln. – effect scheepvaart Twijfel
MAATWERK Aanvoerroutes: Beter benutten Bergsluis	0 Mm ³ – water- kwaliteit en energiekosten	€ 0,02 mln. + voordelen water- kwaliteit, aquatische biodiversiteit, en overige effecten.	€ 0,15 mln.	-€ 0,13 mln.+p.m. Twijfel
KENTAL Krenvisie West-Brabant fase 2 (121)	Referentie: (61% of 93%)*2,5 Mm ³ Stoom: (90% of 100%)*2,5 Mm ³	Referentie: € 1,86 mln. (NB) - € 3,14 mln. (ZL) Stoom: € 2,14 mln. (NB) € 2,15 mln. (ZL) plus voordelen aquatische biodiversiteit	€ 1,98 mln.	Referentie: € -0,12 mln. (NB) € 1,16 mln. (ZL) Stoom: € 0,16 mln. (NB & ZL) Kansrijk
MAATWERK Maatregel D7, alt. Aan- voer W-Br, Thol. St Phil (122)	Geen m ³ wel vermeden chlo- ride en robuuster	Referentie: effect chloride/ blauwalg: € 5,42 mln.	€ 4,20 mln.	Referentie: € 1,22 mln. Stoom: > € 1,22 mln.

Naam	Vermindering tekort	Effect	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
		Stoom: chloride/blauwalg: > 5,42 mln. plus voordelen leveringszekerheid		Positief
NWM + MAATWERK Maatregel D4, alt. Aanvoer Oostflakkee (123)	Referentie: 0,2 Mm ³ Stoom: 2,5 Mm ³	Referentie: € 0,01 mln. + chloride/blauwalg: € 0,98 mln. Stoom: € 0,28 mln. + chloride/blauwalg: € 0,98 mln. plus voordelen waterkwaliteit en recreatie en leefomgeving, leveringszekerheid en lagere operationele kosten	€ 0,49 mln.	Referentie: € 0,41 mln. Stoom: € 0,68 mln. Positief
Maatwerk + Quickscan Maatregel D8, Reigersbergse polder (124)	Referentie: 0,01 Mm ³ Stoom: 0,01 Mm ³	Referentie: € 0,01 mln. + effect chloride/blauwalg: € 0,18 mln. Stoom: € 0,01 mln. + effect chloride/blauwalg: > 0,18 mln. plus voordelen waterkwaliteit, recreatie en leefomgeving, leveringszekerheid en lagere operationele kosten	€ 0,08 mln.	Referentie: € 0,11 mln. Stoom: > € 0,11 mln. Positief

Effecten maatregelen in combinatie (stap 4)

De meeste maatregelen hebben betrekking op een ander deelgebied of deelttekort en ze sluiten elkaar niet uit. De totale capaciteit van de maatregelen die wel op hetzelfde tekort inspelen is gecombineerd berekend met het modelinstrumentarium (Doorvoer Lek-Schieland, Kromme Rijn). Voor het opschalen van temmen brakke kwel is een aparte QWAST en NWM-analyse gebruikt. Een groot deel van het becijferde effect voor *Temmen brakke kwel (M98)* bestaat uit drinkwaterbaten. Daardoor wordt verwacht dat combinatie van de analyse niet tot andere conclusies zal leiden.

Kosten-batensaldo voorkeurspakket (eindresultaat)

Het voorkeurspakket bevat 14 maatregelen. De maatregelen *Temmen brakke kwel*, *aanvoer Kromme Rijn*, twee van de vier *Coastarmaatregelen*, *effluent Harnaschpolder* en de maatregelen uit de Zuidwestelijke Delta met aanvoer zijn kansrijk of hebben een positief kosten-batensaldo. Voor *Temmen brakke kwel* is eerst nog een verkenning of pilot voorzien voordat de uitvoering zal worden gestart (zie Tabel 50). Voor de *Coastarmaatregelen case 1, 2, en 3* wordt een bijdrage gevraagd voor een pilot.

Tabel 50: beoordeelde maatregelen voorkeurspakket Benedenrivieren

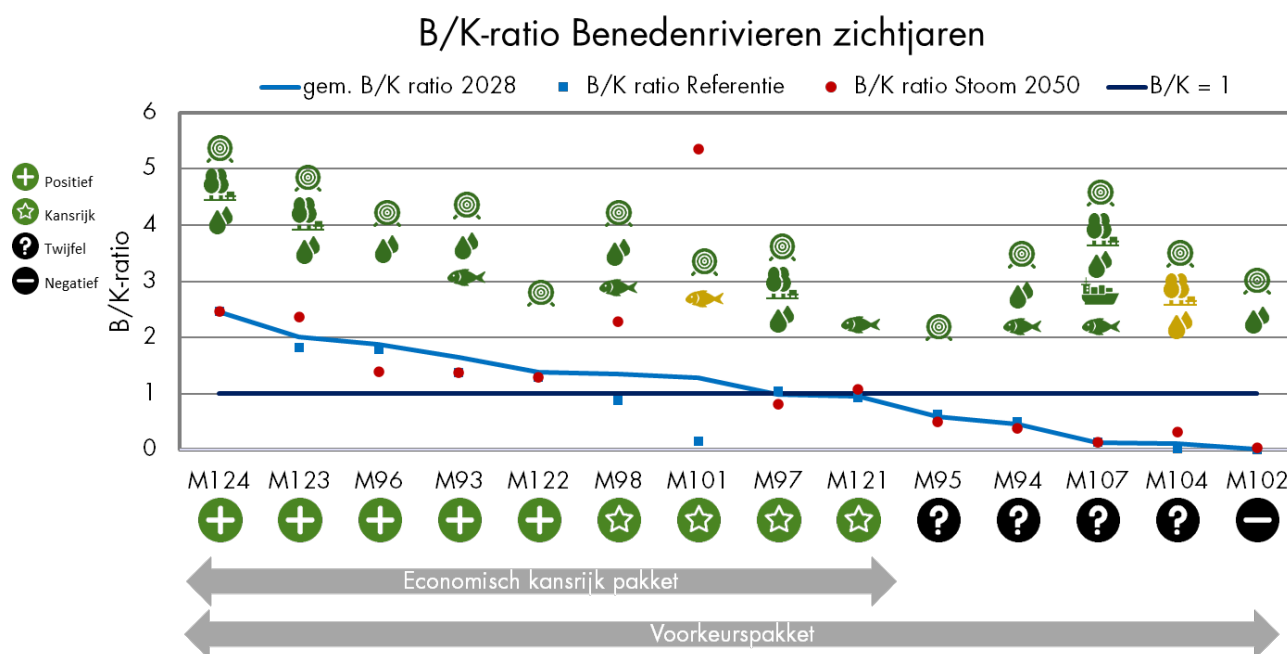
ID	Naam	VP	EP	Saldo	NCW Referentie	NCW Stoom	Resultaat analyse
93	Aanvoerroutes: inlaatwerk Kromme Rijn	X	X	> € 0,41 mln. plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, en overige effecten.	€ 7 mln. + p.m.	€ 7 mln. + p.m.	Positief
94	COASTAR: Case 1 brakwaterwinning polders	X		Referentie: -€ 0,20 mln. Stoom: -€ 0,25 mln. plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, en overige effecten.	€ -3 mln. + p.m. Enkel pilot	€ -4 mln. + p.m. Enkel pilot	Twijfel, niet te bepalen
95	COASTAR: Case 2 brakwaterwinning kust(duinen)	X		Referentie: -€ 0,21 mln. Stoom: -€ 0,29 mln. plus voordelen overige effecten.	€ -3 mln. + p.m. Enkel pilot	€ -4 mln. + p.m. Enkel pilot	Twijfel, niet te bepalen
96	COASTAR: Case 3 Westland droge voeten, voldoende gietwater	X	X	Referentie: € 0,23 mln. Stoom: € 0,11 mln. plus voordelen waterkwaliteit en overige effecten.	€ 4 mln. + p.m. Enkel pilot	€ 2 mln. + p.m. Enkel pilot	Positief
97	COASTAR: Case 4 Rotterdam: cities2recharge	X	X	Referentie: € 0,02 mln. Stoom: -€ 0,11 mln. Kansrijk met kwalitatieve effecten: waterkwaliteit, recreatie en leefomgeving, en overige effecten.	€ 0 mln. + p.m.	€ 0 mln. + p.m.	Kansrijk
98	Opschalen temmen van brakke kwel	X	X	Referentie: -€ 0,53 mln. Stoom: € 5,85 mln. plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, en overige effecten.	- € 9 mln. + p.m.	€ 68 mln. + p.m.	Kansrijk
101	Hergebruik Effluent – Harnaschpolder	X	X	Referentie: -€ 2,21 mln. Stoom: € 11,33 mln. plus voordelen overige effecten.	- € 36 mln. + p.m.	€ 127 mln. + p.m.	Kansrijk

ID	Naam	VP	EP	Saldo	NCW Referentie	NCW Stoom	Resultaat analyse
102	Hergebruik Effluent: Realisatie Zoetwaterfabriek Kortenoord	X		Referentie: - € 1,74 mln. Stoom: - € 1,67 mln. plus voordelen waterkwaliteit en overige effecten.	- € 28 mln. + p.m.	- € 27 mln. + p.m.	Negatief
104	Doorvoer Lek-Schieland/Krimpenerwaard	X		Referentie: -€ 1,18 mln. Stoom: - € 0,82 mln. plus voordelen verschillende overige effecten.	- € 19 mln. + p.m.	€ -15 + p.m.	Twijfel
107	Aanvoerroutes: Beter benutten Bergsluis	X		- € 0,13+p.m. plus voordelen waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit, en overige effecten.	- € 2 mln. + p.m.	- € 2 mln. + p.m.	Twijfel
121	Krekenvisie West-Brabant fase 2	X	X	Ref € 0,00 mln. Stoom2050 € 0,16 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit	€ 0 mln. + p.m.	€ 2 mln. + p.m.	Kansrijk
122	Maatregel D7, alt. Aanvoer W-Br, Thol. St Phil (122)	X	X	Ref € 1,22 mln. Stoom2050 > € 1,22 mln. plus voordelen meer leveringszekerheid	€ 20 mln. + p.m.	> € 20 mln. + p.m.	Positief
123	Maatregel D4, alt. Aanvoer Oostflakkee	X	X	Ref € 0,41 mln. Stoom2050 > € 0,68 mln. plus voordelen waterkwaliteit en recreatie en leefomgeving, meer leveringszekerheid en lagere operationele kosten	€ 7 mln. + p.m.	> € 10 mln. + p.m.	Positief
124	Maatregel D8, Reigersbergsche polder	X	X	Ref € 0,11 mln. Stoom2050 > € 0,11 mln. plus voordelen waterkwaliteit, recreatie en leefomgeving, meer leveringszekerheid en lagere operationele kosten	€ 2 mln. + p.m.	> € 2 mln. + p.m.	Positief
	Totaal voorkeurspakket				- € 61 mln. + p.m.	€ 185 mln. + p.m.	
	Voorkeurspakket zonder twijfelgevallen en maatregelen met negatief saldo				- € 6 mln. + p.m.	€ 237 mln. + p.m.	



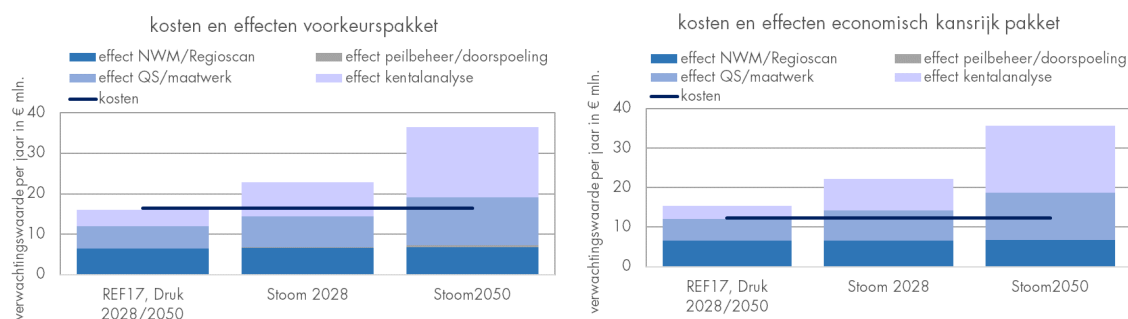
Voor maatregelen Hagestein (M15) zie bovenrivierengebied, ARK (M16) zie IJsselmeergebied, Slim regionaal waterbeheer (M111) zie Zuidwestelijke Delta.

In het voorkeurspakket zitten enkele maatregelen die op basis van gemonetariseerde effecten niet (zeker) kosteneffectief zijn. Het economisch kansrijke pakket bevat deze maatregelen niet (zie Figuur 80).



Figuur 80: B/K-ratio's beoordeelde maatregelen (legenda additionele kwalitatieve effecten zie Figuur 77)

Door in te zetten op enkele meer rendabele maatregelen kan het kosten-batensaldo van het voorkeurspakket verbeterd worden (zie Figuur 81).

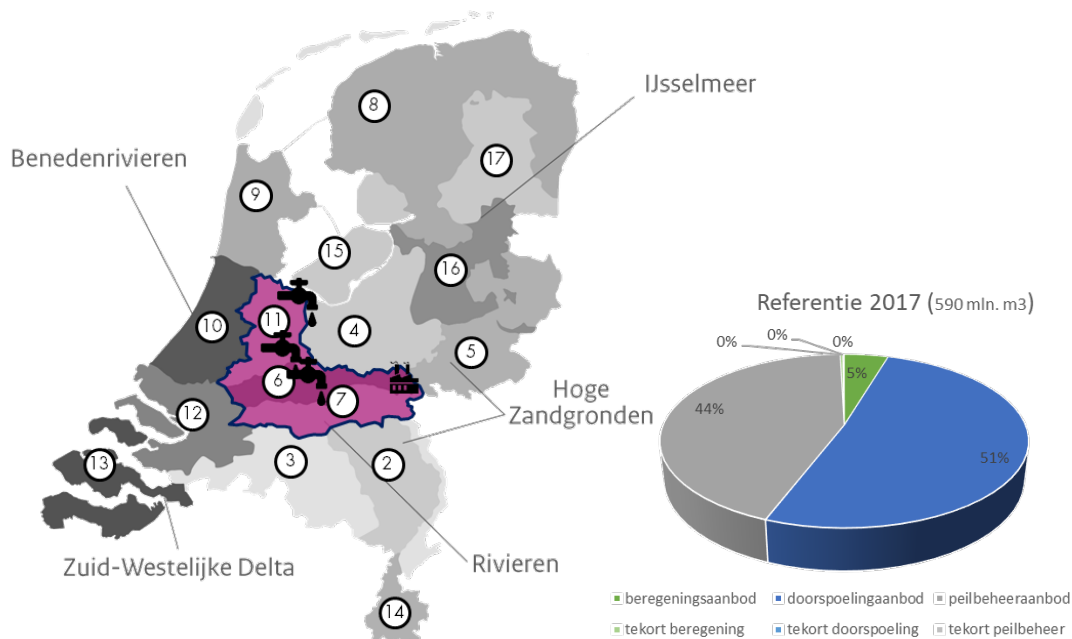


Figuur 81: jaarlijkse kosten en effecten voorkeurspakket links en alternatief pakket rechts (enkel M93, M96, M97, M98, M101, M121, M122, M123, M124)

Dit hoofdstuk gaat in op het voorzieningsgebied Bovenrivieren, de ontwikkelingen bij het nulalternatief in de verschillende Deltascenario's, de relevante maatregelen gericht op het beperken en voorkomen van watertekorten en het verwachte welvaartseffect van de maatregelen.

9.1 NULALTERNATIEF

Het Bovenrivierengebied bevat regio 6, 7 en 11 (zie Figuur 82). Het gebied is voor de watervoorziening vooral afhankelijk van de situatie in de Waal, Maas, Neder-Rijn, het Pannerdensch Kanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal.



Figuur 82: het Bovenrivierengebied in regio's en de oppervlaktewatervraag verdeeld over levering en tekort

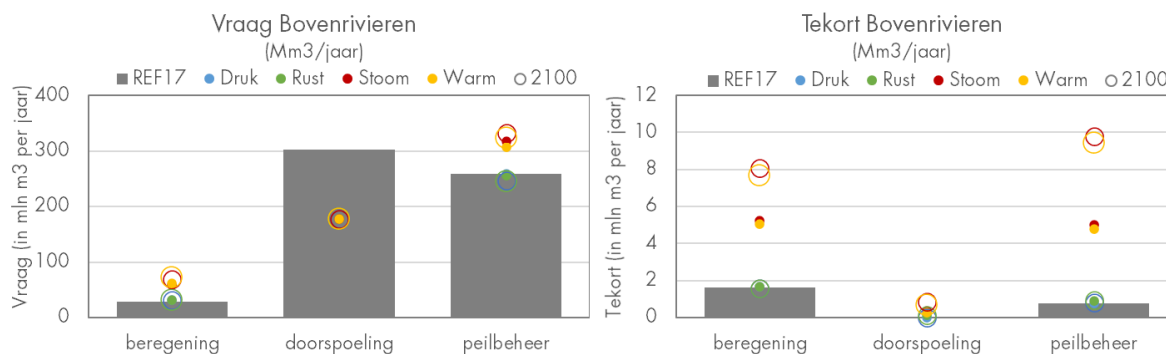
Regio 6 – Rivierengebied Noord: Dit gebied is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Rijnakken, in het bijzonder het Pannerdensch kanaal en de Neder-Rijn. Peilbeheer en beregening zijn de belangrijkste watervragers, peilbeheer is daarvan de grootste.

Regio 7 - Rivierengebied Zuid: Dit gebied ligt ingeklemd tussen Waal en Maas, maar is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Maas. Peilbeheer en doorspoelen zijn de belangrijkste watervragers.

Regio 11 - Midden-West-Nederland niet extern verzilt: Dit gebied is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Rijnakken, in het bijzonder de Neder-Rijn en de Waal (via het Amsterdam-Rijnkanaal). Verreweg de belangrijkste watervrager is het peilbeheer.

De grootste watervragers zijn doorspoeling en peilbeheer (zie Figuur 83). Bij Arnhem/Nijmegen is veel oppervlaktewater gebruikende industrie. Langs de Lek gebruiken verschillende drinkwaterbedrijven oppervlaktewater voor drinkwaterproductie: Waternet, PWN, Oasen.

Het merendeel van het Nederlands vrachtvervoer over water passeert dit voorzieningsgebied. De grondwaterafhankelijke natuur in het Bovenrivierengebied beslaat zo'n 185 vierkante km.¹⁵⁷ Voor de riviernatuur is gekeken naar twee uitsneden van de Rijntakken: de Waal en de Neder-Rijn die in dit gebied liggen en naar de bedijkte Maas.



Figuur 83: oppervlaktewatervraag en tekorten Bovenrivieren per scenario (let op: schaal verschilt per voorzieningsgebied)

De grootste risico's in dit gebied ontstaan voor de landbouw en scheepvaart, maar het scheepvaartrisiko wordt landelijk beschouwd.

In de huidige situatie en in 2050 *Druk* en *Rust* zijn er beperkte tekorten voor beregning en peilbeheer. In de scenario's *Warm* en *Stoom* worden deze knelpunten 5x zo groot, maar zijn klein ten opzichte van de totale watervraag. Het jaarlijks risico voor de landbouw bedraagt zo'n 10 mln.¹⁵⁸ euro in *Stoom* en *Warm* in 2050 en neemt na 2050 verder toe. In *Druk* en *Rust* verandert er weinig ten opzichte van de *Referentie* in 2050. Na 2050 lijkt er sprake van een verbetering.

De doorspoelvraag wordt alleen bepaald door de vraag naar koelwater voor energiebedrijven. Die neemt in de toekomst naar verwachting af. De doorspoelvraag kent nauwelijks tekorten.

Voor de industrie is het risico in *Stoom* en *Warm* 2050 begroot op 0,6 mln. euro. Dit loopt op in 2100 naar ruim 1 miljoen euro. Het droogterisiko voor de drinkwatersector is begroot op zo'n 7 mln. euro per jaar. Het risico voor passerende scheepvaart van laagwater is in dit gebied relatief het grootst binnen Nederland. Voor Nederland gaat het om een totaal risico van 55 - 70 mln. euro per jaar in 2050 en 80-100 mln. in 2100 t.o.v. de *Referentie*.

Op basis van de Fase 2-resultaten¹⁵⁹ gaat de grondwaterafhankelijke natuur er in alle Deltascenario's meer op vooruit dan achteruit. In de Rijntakken verwacht men vooruitgang in oobosbeplanting in de gematigde scenario's. Waterplanten in de hoofdstroom hebben juist te maken met een potentiële afname. Voor de bedijkte Maas zijn de veranderingen beperkt.

¹⁵⁷ Oppervlak natuur regio 6, 7 en 11 in analyse KWR (2019)

¹⁵⁸ Cijfers in prijspeil 2020, exclusief btw.

¹⁵⁹ KWR 2019. Inmiddels zijn de resultaten en inzichten uit 2019 achterhaald door aanpassingen aan de modellen. De vervolganalyse door KWR van het maatregelpakket in 2020 voor de *Referentie* en *Stoom* leverde op dat er in de input van de berekeningen in fase 2 onjuiste waarden zijn gebruikt. Voor *Stoom* is er nog steeds een potentiële toename. Nieuwe resultaten van KWR zijn echter te laat beschikbaar om te worden verwerkt in de MKBA.

9.2 MAATREGELEN BOVENRIVIEREN

Deze paragraaf gaat in op de relevante maatregelen voor het Bovenrivierengebied, het verwachte kosten-batensaldo per maatregel en het saldo van het voorkeurspakket voor het voorzieningsgebied. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de Factsheets.¹⁶⁰

Beoordeelde maatregelen (stap 2)

In de voorbereidende fase zijn de maatregelen verzameld die economisch beoordeeld kunnen worden en die onderdeel zijn van het voorkeurspakket of economisch kansrijk zijn. De maatregelen die beoordeeld konden worden, zijn vermeld Tabel 51. Het gaat voor dit gebied om drie maatregelen die hier worden toegelicht. Voor de maatregelen *Kromme Rijn (M93)*, *temmen brakke kwel (M98)*, *doorvoer Lek-Schieland (M104)* wordt verwezen naar de analyse Benedenrivieren. Maatregel *ARK (M16)* is uitgewerkt bij het IJsselmeergebied. Deze maatregelen hebben enige, maar beperkte invloed in het voorzieningsgebied Bovenrivieren.

De beoordeling van de losse maatregelen voor de Bovenrivieren is gedaan zoals beschreven in Hoofdstuk 5. In de tabel zijn de berekende basisgetallen vermeld die zijn overgenomen of berekend uit de data van de regio en de uitkomst van stap 2.

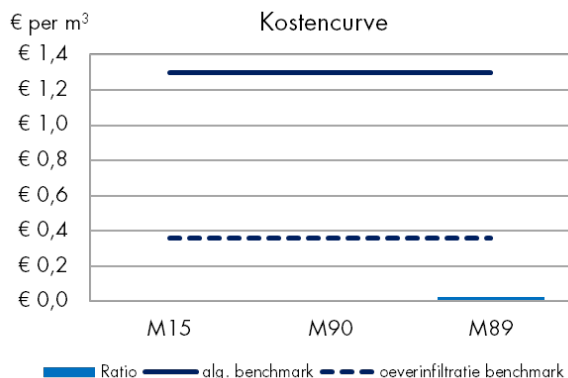
Tabel 51: overzicht beoordeelde maatregelen en resultaat stap 2

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹⁶¹ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
89	Stimuleringsregeling waterbesparende maatregelen agrariërs	€ 0,09	3,9	€ 0,02	€ 1,30	voldoet
90	Optimaliseren inlaten en waterverdeling (fase 1)	€ 0,12	12,6	€ 0,01	€ 1,30	voldoet
15	Vergroten debiet Hagestein	€ 0,23	213,8	€ 0,00	€ 1,30	voldoet

Alle drie de maatregelen voldoen op basis van de input van de zoetwaterregio en het maximaal oplossend vermogen van de maatregel ruimschoots aan de algemene benchmark die betalingsbereidheid benadert. Voor de maatregel *Hagestein* is ook de (lagere) benchmark voor de oeverinfiltratie relevant. Hieraan wordt met een grote marge voldaan (zie Figuur 84).

¹⁶⁰ De zoetwaterregio's hebben voor alle maatregelen Factsheets aangeleverd volgens een vast format. Vanwege de omvang van het hele pakket zijn deze niet als bijlage opgenomen.

¹⁶¹ Zie Hoofdstuk 5, stap 2 voor toelichting benchmark.

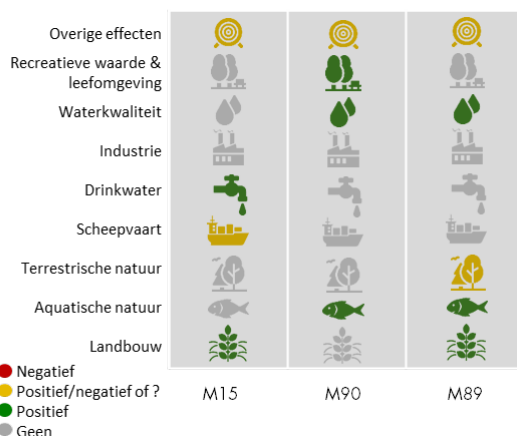


Figuur 84: vergelijking kosteneffectiviteit in euro per m³ water die de maatregel oplevert met benchmark

Kosten en effecten per maatregel (stap 3)

Of de maatregelen in de praktijk gemiddeld ook zo effectief zijn, wordt in stap 3 waar mogelijk bepaald met een aanvullende analyse. Afhankelijk van de maatregel wordt maatwerk, een kentalanalyse of een van de hydrologische instrumenten ingezet. Hierdoor kan de nauwkeurigheid van de resultaten gaan verschillen.

De jaarlijkse verwachtingswaarden van de maatregelen *Stimuleringsregeling agrariërs (M89)* en *Optimaliseren inlaten en waterverdeling (M90)* en *Hagestein (M15)* als losse maatregelen zijn positief. Naast de effecten die zijn verwerkt in de verwachtingswaarde zijn er kwalitatieve effecten (zie Figuur 85). Waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit en recreatieve en landschappelijke waarde zijn additionele effecten ten opzichte van gemonetariseerde resultaten.



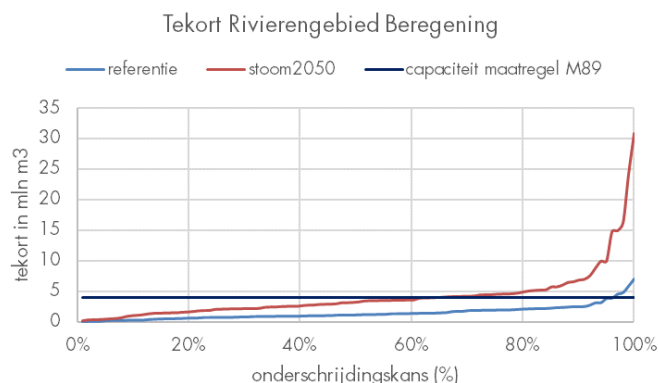
Figuur 85: vergelijking kwalitatieve effecten opgegeven door zoetwaterregio

Stimuleringsregeling agrariërs (M89) en Optimaliseren inlaten en waterverdeling (M90)

Het hydrologisch effect van de maatregelen (M89, M90) is bepaald door het gemiddelde op te lossen tekort te bepalen bij de watertekorten berekend in het nulalternatief.¹⁶² Door dit effect (het oppervlak onder de curve en de capaciteit van de maatregel in Figuur 86) te vermenigvuldigen

¹⁶² M. Mens et al., Deltares, Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, 2019 en berekeningen met het Nationaal Water Model ("Basisprognoses2018").

met de benchmark is de gemiddelde betalingsbereidheid per jaar geschat. Voor deze resultaten is de nauwkeurigheid beperkt in vergelijking met maatregelen die met het hydrologisch instrumentarium zijn doorgerekend. Conclusie is dat de maatregelen beide *kosteneffectief* zijn als



individuele maatregel (zie Tabel 52).

Figuur 86: voorbeeld van bepaling gem. oplozend vermogen per jaar: 36% en 73% voor M-89

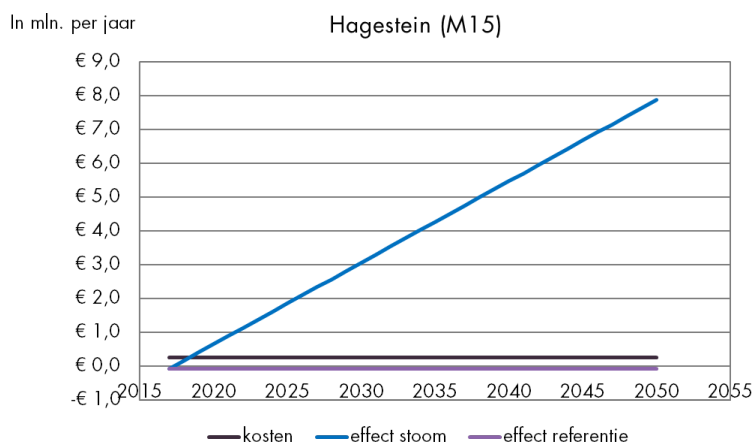
Vergroten debiet Hagestein (M15)

Voor de maatregel *vergroten debiet Hagestein (M15)* zijn NWM-resultaten beschikbaar. Er is geen effect van de maatregel op het verminderen van tekorten in de *Referentie* en *Stoom 2050*. De effecten op de scheepvaart zijn beperkt. De toename van de kosten voor de scheepvaart bij combinatie van maatregel *Hagestein* en de *doorvoer Lek-Schieland* bedraagt 90.000 euro in de *Referentie* en 170.000 euro in *Stoom*.¹⁶³ In het meest ongunstige geval wordt het hele effect aan *Hagestein* toegeschreven. Om het minimale kosten-batensaldo te bepalen, gebruiken we deze meest ongunstige schatting.

Daarnaast heeft de maatregel effect op het chloridegehalte bij de oeverinlaatpunten voor drinkwater. De verziltingsduur neemt wat af ten opzichte van het nulalternatief. Als de toename van het aantal sluitingsdagen in *Stoom 2050* kan worden voorkomen – deze aanname wordt door Deltares aannemelijk geacht-, is dat een baat van 6,21 miljoen euro per jaar (excl. btw, prijspeil 2017). Na correctie voor prijspeil en btw vallen de baten (€ 8,0 mln.) in *Stoom 2050* hoger uit dan de kosten, ook als wordt meegewogen dat er sprake is van overschatting van het effect.¹⁶⁴ In de komende fase is deze maatregel economisch kansrijk omdat het negatieve saldo bij een gematigd scenario (benaderd door *Referentie*) veel kleiner is dan de voordelen bij een extreem scenario (*Stoom*), zie Figuur 87. Uitstel van de maatregel tot een volgende fase levert een vermindering van de verwachtingswaarde op. Als het drinkwatereffect hoger ligt dan 25% van berekende waarde plus de additionele operationele kosten, is de maatregel in de komende DP-fase rendabel. Extra beheer- en onderhoudskosten voor het meetsysteem zijn al in de kosten van de maatregel begrepen. Of de genoemde extra operationele kosten (overige effecten) daarmee volledig zijn gedekt, is onzeker. Op termijn biedt de maatregel volgens de regio mogelijk ook kansen om bodemdaling te voorkomen. We beoordelen de maatregel dan ook als *kansrijk*.

¹⁶³ De landbouweffectmodule laat geen bruikbare resultaten zien voor het bovenrivierengebied. Voor scheepvaart bedroeg effect eerder met QWAST doorgerekend € 5.000 in de *Referentie* en € 50.000 in *Stoom*.

¹⁶⁴ In Hoofdstuk 4 is toegelicht dat bij overschrijding van norm, niet voor de hele jaarcapaciteit reverse osmosis noodzakelijk is. In de praktijk zullen de kosten waarschijnlijk beperkt worden met een gedeeltelijke overstap.



Figuur 87: beoordeling verwachtingswaarde gemiddeld rendement komende DP-fase Hagestein

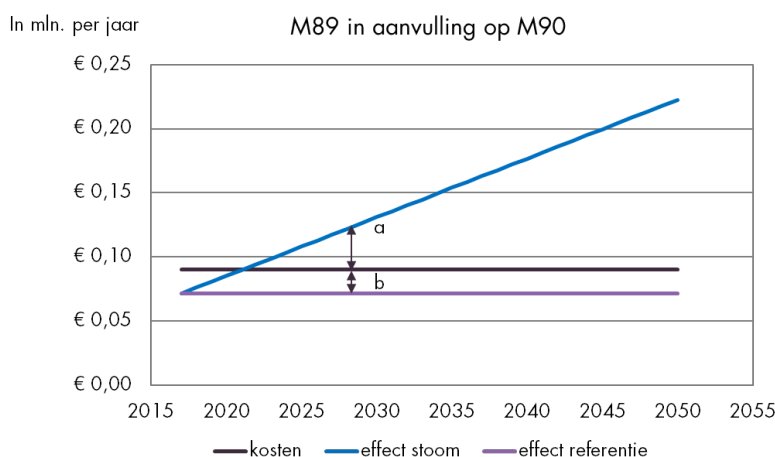
Tabel 52: resultaten kosten en effecten per maatregel

Naam	Vermindering tekort	Effecten	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
KENTAL (3) Stimuleringsregeling waterbesparende maatregelen agrariërs (M89)	Referentie: 36%*3,9 Mm ³ Stoom: 73%*3,9 Mm ³	Referentie: € 1,82 mln. Stoom: € 2,04 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit en waterkwaliteit	€ 0,09 mln.	Referentie: € 1,73 mln. Stoom: € 1,95 mln. Positief
QWAST (2) Stimuleringsregeling waterbesparende maatregelen agrariërs (M89 als M90 al is uitgevoerd)	Referentie: 0,055 Mm ³ Stoom: 0,309 Mm ³	Referentie: € 0,07 mln. Stoom: € 0,22 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit en waterkwaliteit	€ 0,09 mln.	Referentie: -€ 0,02 mln. Stoom: € 0,13 mln. Positief dankzij kwal. effecten
KENTAL (3) Optimaliseren inlaten en watervdeling (fase 1) (M90)	Referentie: 16%*12,6 Mm ³ Stoom: 100%* 12,6 Mm ³	Referentie: € 2,63 mln. Stoom: € 9,11 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit en hogere recreatieve en landschappelijke waarde	€ 0,12 mln.	Referentie: € 2,51 mln. Stoom: € 8,99 mln. Positief
NWM + MAATWERK (1) Vergroten debiet Hagestein (M15)	NWM+ maatwerk: Referentie: 0 Mm ³ + waterkwaliteit Stoom2050: 0 Mm ³ + waterkwaliteit	Referentie: € 0,0 mln. - scheepvaart (€ 0,01 tot 0,09 mln.) Stoom2050: € 0,0 mln. + € 8,0 mln. drink-	€ 0,23 mln.	Referentie: minimaal - € 0,32 mln. +waterkwaliteit/overige effecten Stoom2050: minimaal

Naam	Vermindering tekort	Effecten	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
		water - scheepvaart (€ 0,06 tot 0,17 mln.) plus voordeel bodemdaling en nadeel operationele kosten		€ 7,60 mln.+ overige effecten Kansrijk
Nauwkeurigheid hoog Nauwkeurigheid midden Nauwkeurigheid laag				

Effecten maatregelen in combinatie (stap 4)

Bij het selecteren van de kosteneffectieve maatregelen in combinatie valt de *Stimuleringsregeling agrariërs (M89)* in eerste instantie af in de *Referentie*. *Optimaliseren inlaten en waterverdeling (M90)* heeft een positiever saldo dan M89 en wordt daarom als eerste geselecteerd. Om het aanvullende effect te bepalen bij combinatie is met QWAST voor M89 tevens bepaald wat het effect zou zijn als de inlaat- en doorvoercapaciteit al voldoende is (d.w.z. maatregel M90 al is uitgevoerd). Door dit effect te vermenigvuldigen met de benchmark is de gemiddelde aanvullende baat per jaar bepaald. De toevoeging van M89 aan M90 heeft in de *Referentie* een klein negatief effect.



Figuur 88: beoordeling verwachtingswaarde gemiddeld rendement komende DP-fase stimuleringsregeling agrariërs in aanvulling op vergroten inlaatcapaciteit

Bij weging van het positieve saldo in een extreem scenario met het negatieve saldo in een gematigd scenario is *Stimuleringsregeling agrariërs (M89)* in de komende fase economisch kansrijk. Echter de maatregelen die hiervoor genomen worden, gaan lang mee. Daarom is ook geanalyseerd of het gemiddelde gemonetariseerde saldo verbetert als de maatregel wordt uitgesteld. Op langere termijn lijkt (uitbreiding met) M89 iets kosteneffectiever dan direct (zie Figuur 88). Hierin is het effect van de waterkwaliteitsverbetering en het effect op de aquatische biodiversiteit echter nog niet meegenomen. Als de waarde hiervan zo'n 2000 euro per jaar is, is het saldo wel al de komende periode positief. Om deze reden wordt het maatschappelijk saldo groter of gelijk aan nul beoordeeld (*positief*).

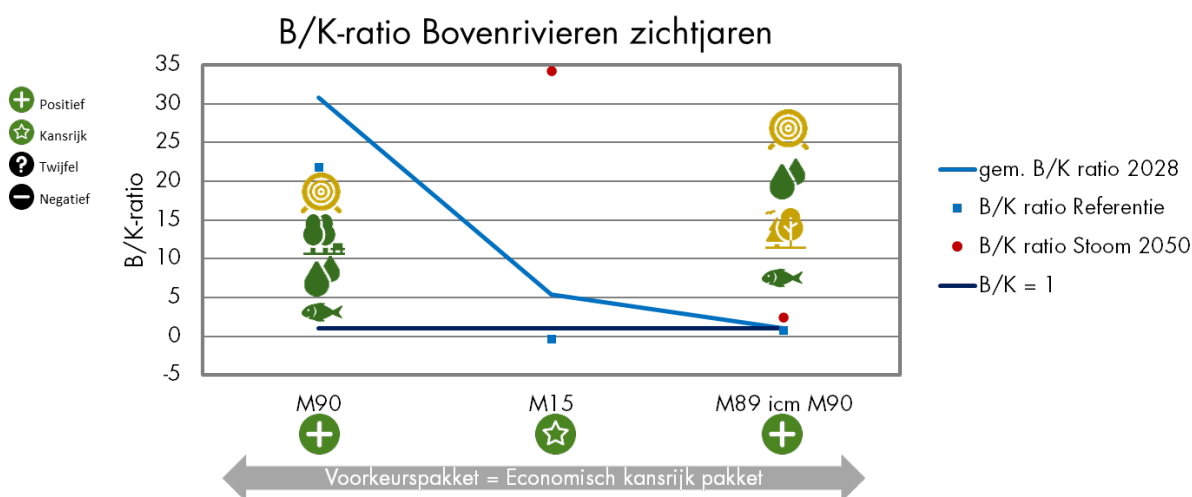
Kosten-batensaldo voorkeurspakket (eindresultaat)

Het resultaat van de analyse is dat het voorkeurspakket enkel uit maatregelen (zie Tabel 53) bestaat die een positief of neutraal kosten-batensaldo hebben. Voor de *Stimuleringsregeling agrariërs (M89)* is het op basis van de gekwantificeerde kosten en baten kosteneffectiever om de maatregel nog even uit te stellen, maar de niet gekwantificeerde effecten op waterkwaliteit en aquatische biodiversiteit zijn naar verwachting groter dan het voordeel van uitstel. Er zijn geen andere maatregelen in beeld die economisch kansrijk zijn en niet in het voorkeurspakket zitten (zie Figuur 89).

Tabel 53: beoordeelde maatregelen voorkeurspakket Bovenrivieren

ID	Naam	VP	EP	Saldo	NCW ref	NCW Stoom	Resultaat analyse
89	Stimuleringsregeling waterbesparende maatregelen agrariërs i.c.m. M90	X	X	Ref - € 0,02 mln. Stoom2050 € 0,13 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit en waterkwaliteit	- € 0 mln. + p.m.	€ 2 mln. + p.m.	Positief o.b.v. kwalitatieve baten
90	Optimaliseren Inlaten en Waterverdeling (fase 1)	X	X	Ref € 2,51 mln. Stoom2050 € 8,99 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit en hogere recreatieve en landschappelijke waarde	€ 40 mln. + p.m.	€ 118 mln. + p.m.	Positief
15	Vergroten debiet Hagestein	X	X	Ref - € 0,32 mln. Stoom2050 € 7,60 mln. plus voordeel bodemdaling en nadeel operationele kosten	- € 5 mln. + p.m.	€ 90 mln. + p.m.	Kansrijk
					€ 35 mln. + kwalitatief	€ 209 mln. + kwalitatief	

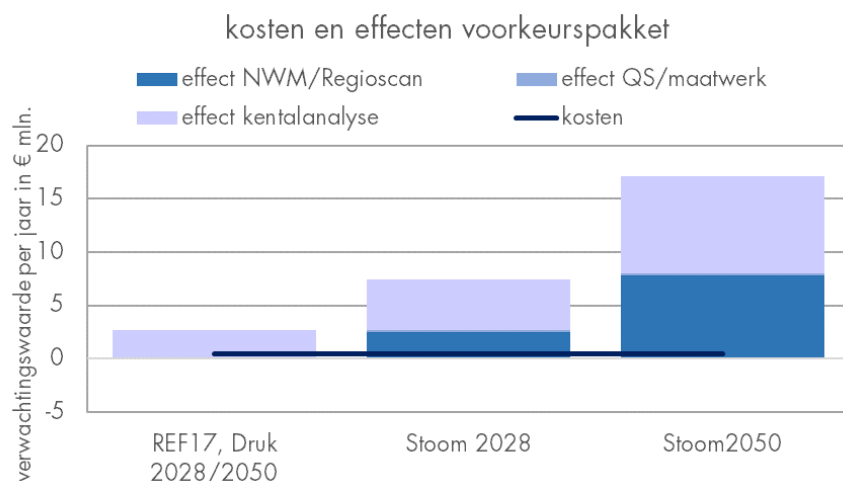
Voor Kromme Rijn, temmen brakke kwel en doorvoer Lek-Schieland zie Benedenrivieren. ARK is te vinden in het hoofdstuk over het IJsselmeergebied



Figuur 89: B/K-ratio's beoordeelde maatregelen (legenda additionele kwalitatieve effecten zie Figuur 85)

Het voorkeurspakket heeft een positief saldo van 35 miljoen euro in netto contante waarde in een gematigd scenario en 209 miljoen euro in een extremer klimaatscenario. Daarbij is aangenomen dat de maatregelen vanaf 2028 operationeel zijn. Naast deze gemonetariseerde effecten zijn er ook kwalitatieve effecten. Deze zijn indien bekend doorgaans positief. Verwacht wordt dat het totale effect op aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit en leefomgeving het saldo gunstiger doet uitvallen.

De effecten van de drie maatregelen hebben elk een andere nauwkeurigheid. Het meest nauwkeurig is de effectanalyse van Hagestein (M15), vervolgens de *effecten van Stimuleringsregeling waterbesparende maatregelen agrariërs (M89) in aanvulling op M90* en ten slotte *Optimaliseren Inlaten en Waterverdeling (M90)* (zie Figuur 90).



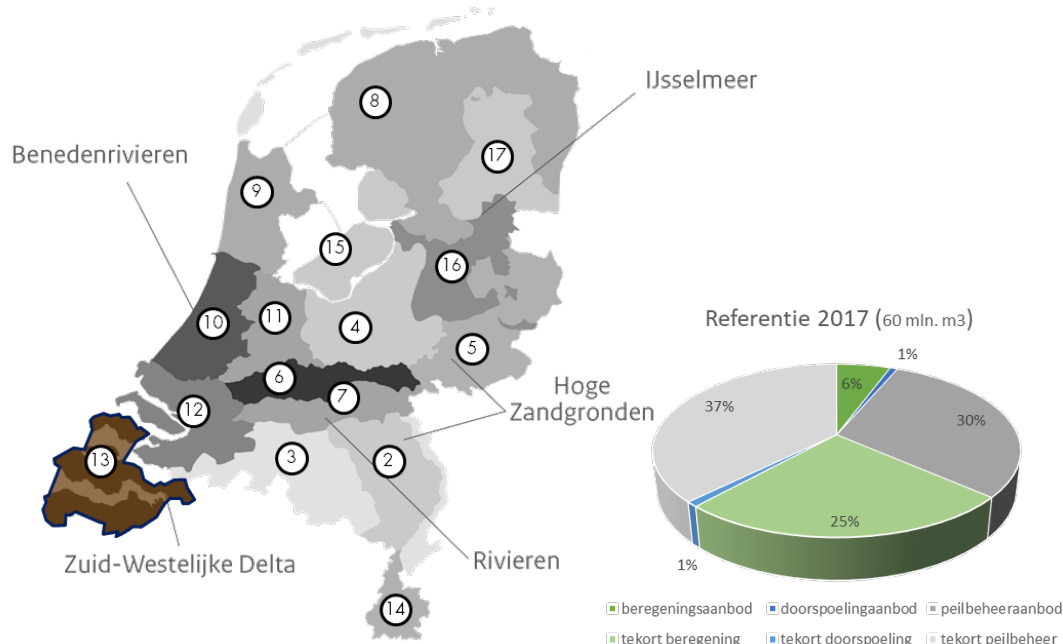
Figuur 90: opbouw effecten maatregelen voorkeurspakket

HOOFDSTUK 10 DE ZUIDWESTELIJKE DELTA ZONDER AANVOER

Dit hoofdstuk gaat in op het voorzieningsgebied Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer, de ontwikkelingen bij het nulalternatief in de verschillende Deltascenario's, de relevante maatregelen gericht op het beperken en voorkomen van watertekorten en het verwachte welvaartseffect van de maatregelen.

10.1 NULALTERNATIEF

De Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer is een apart gebied omdat het niet van oppervlaktewater kan worden voorzien, maar wel oppervlaktewatertekorten heeft (zie Figuur 91).

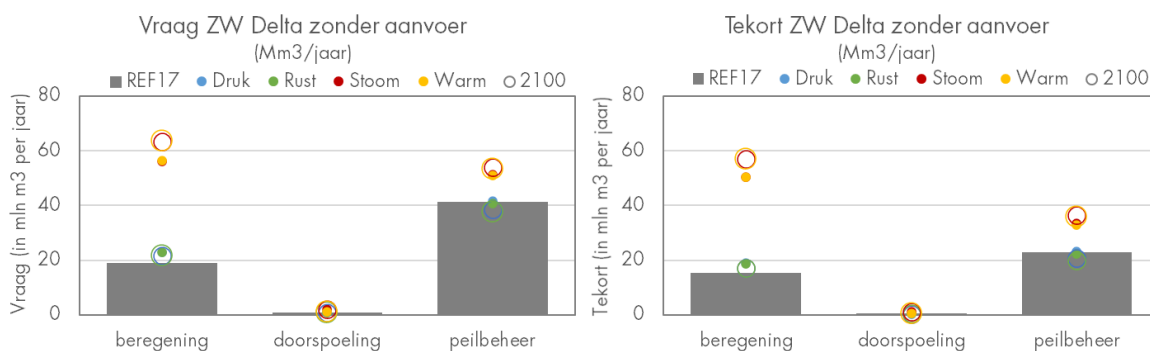


Figuur 91: de oppervlaktewatervraag Zuidwestelijke Delta verdeeld over levering en tekort

Het peilbeheer is de grootste watervraagpost (zie Figuur 92). Het gaat hierbij om de hoeveelheid water die nodig zou zijn om het oppervlaktewaterpeil in de aanwezige waterlopen op peil te houden. Omdat er geen wateraanvoer is, kan het oppervlaktewater alleen op peil gehouden worden met water dat intern wordt geleverd. Dit is bijvoorbeeld het neerslagoverschot of kwelwater, mits dit in de verschillende jaren voldoende aanwezig is.

In de watervraag wordt voorzien door in droge periodes een beroep te doen op de zoetwaterlenzen en de pijpleiding voor de fruitteelt in Zuid-Beveland. Regionale maatregelen zijn nodig om de tekorten te verminderen.

In dit voorzieningsgebied is geen drinkwaterbedrijf of industrie die zoet oppervlaktewater inlaat. Scheepvaart over het Schelde-Rijnkanaal heeft weinig last van laagwatercondities. De grondwaterafhankelijke natuur in de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer beslaat zo'n 100 vierkante km.¹⁶⁵



Figuur 92: oppervlaktewatervraag en tekorten per scenario (let op: schaal verschild per voorzieningsgebied)

In dit gebied treft droogte de landbouwsector. Hoewel de verwachting was dat natuur te maken zou krijgen met een groot droogterisico, volgt uit de Fase 2-analyse¹⁶⁶ meer toename dan afname in natuurwaarde.

In het deel van de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer vanuit het hoofdwatersysteem leidt een tekort aan zoet water op dit moment en ook in 2050 *Druk* en *Rust* tot knelpunten. Landbouw en natuur in dit gebied ondervinden hierdoor schade. Wanneer er door klimaatverandering in *Stoom* en *Warm* een groter neerslagtekort in de zomer ontstaat en mede daardoor de interne verzilting toeneemt, wordt de opgave vergroot.

Het jaarlijks risico voor de landbouw bedraagt in 2050 een kleine 30 mln.¹⁶⁷ euro in *Stoom* en *Warm* ten opzichte van *Referentie* als gevolg van (oppervlakte)watertekorten. Na 2050 neemt het risico verder toe. Er is geen industrie en drinkwatersector die afhankelijk is van oppervlaktewater. Het risico voor de scheepvaart is beperkt door het ontbreken van laagwaterknelpunten in dit gebied.

10.2 MAATREGELEN ZUIDWESTELIJKE DELTA ZONDER AANVOER

Deze paragraaf gaat in op de relevante maatregelen voor de Zuidwestelijke Delta, het verwachte kosten-batensaldo per maatregel en het saldo voor het voorkeurspakket. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de Factsheets.¹⁶⁸

¹⁶⁵ Oppervlak natuur regio 13 in analyse KWR (2019)

¹⁶⁶ KWR 2019. Inmiddels zijn de resultaten en inzichten uit 2019 achterhaald door aanpassingen aan de modellen. De vervolganalyse door KWR van het maatregelpakket in 2020 voor de *Referentie* en *Stoom* leverde op dat er in de input van de berekeningen in fase 2 onjuiste waarden zijn gebruikt. Voor *Stoom* is er nog steeds een potentiële toename. Nieuwe resultaten van KWR zijn echter te laat beschikbaar om te worden verwerkt in de MKBA.

¹⁶⁷ Cijfers in prijspeil 2020, exclusief btw.

¹⁶⁸ De zoetwaterregio's hebben voor alle maatregelen Factsheets aangeleverd volgens een vast format. Vanwege de omvang van het hele pakket zijn deze niet als bijlage opgenomen.

Beoordeelde maatregelen (stap 2)

Maatregelen die onderdeel zijn van het voorkeurspakket of economisch kansrijk zijn en die beoordeeld konden worden zijn vermeld in Tabel 54. De maatregel externe aanvoer Zeeuws-Vlaanderen is niet meer opgenomen in de beschrijving van het voorkeurspakket voor een bijdrage uit het Deltafonds¹⁶⁹ en wordt derhalve niet meer beschreven.

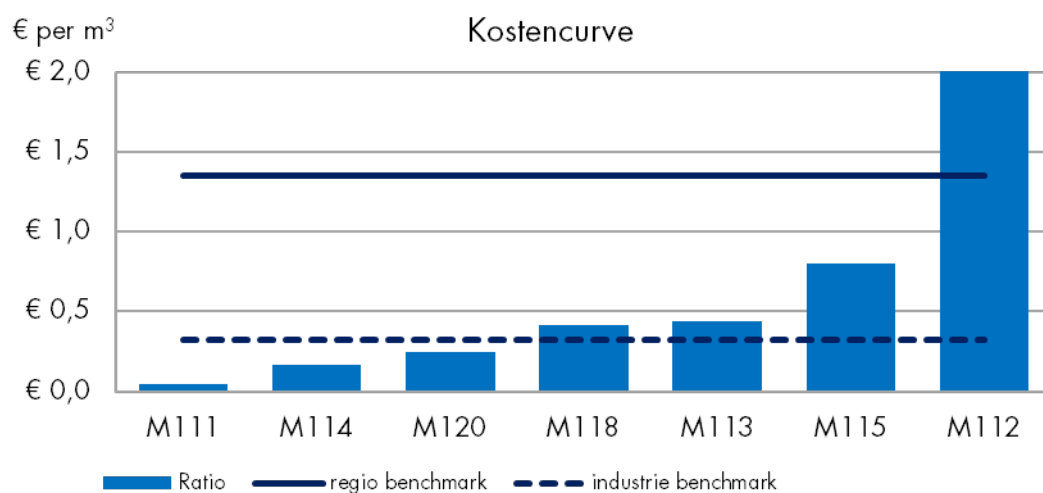
Tabel 54: overzicht beoordeelde maatregelen en resultaat stap 2

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm ³)	Ratio (€/m ³)	Benchmark ¹⁷⁰ Referentie (€/m ³)	Uitkomst stap 2
111	Slim regionaal waterbeheer	€ 1,52	36,0	€ 0,04	€ 1,35	voldoet
112	Slimmer doorspoelen zoute polders	€ 0,01	0,0	n.v.t.	€ 1,35	Niet te bepalen
113	Hergebruik effluent ZWD	€ 0,57	1,3	€ 0,44	€ 1,35	voldoet
114	Wetland	€ 0,82	5,0	€ 0,16	€ 1,35	voldoet
115	Ondergrondse zoetwateropslag	€ 0,40	0,5	€ 0,80	€ 1,35	voldoet
118	Uitrollen proeftuin	€ 2,07	5,0	€ 0,41	€ 1,35	voldoet
120	Optimalisatie watersysteem	€ 1,25	5,1	€ 0,24	€ 1,35	voldoet

Zes maatregelen voldoen ruimschoots aan de algemene benchmark in stap 2. Er is een maatregel (*Slimmer doorspoelen zoute polders (M112)*) die op basis van de benchmark niet voldoet, omdat de maatregel geen m³ oplevert (zie Figuur 93). De maatregel *Wetlands (M114)* is op de industrie gericht en voldoet ook aan de industriële benchmark. Deze benchmark is hier echter minder van toepassing omdat deze niet gebaseerd is op een tekort aan water maar op een tekort aan water met voldoende kwaliteit. De maatregel *ondergrondse zoetwateropslag (M115)* is deels bedoeld voor de industrie en deels voor de landbouw. Omdat het hier niet gaat om de kwaliteit van industriewater gebruiken we de algemene benchmark als benadering voor de betalingsbereidheid.

¹⁶⁹ Groeidocument maatregelpakket zoetwater Zuidwestelijke Delta 2022-2027, September 2020.

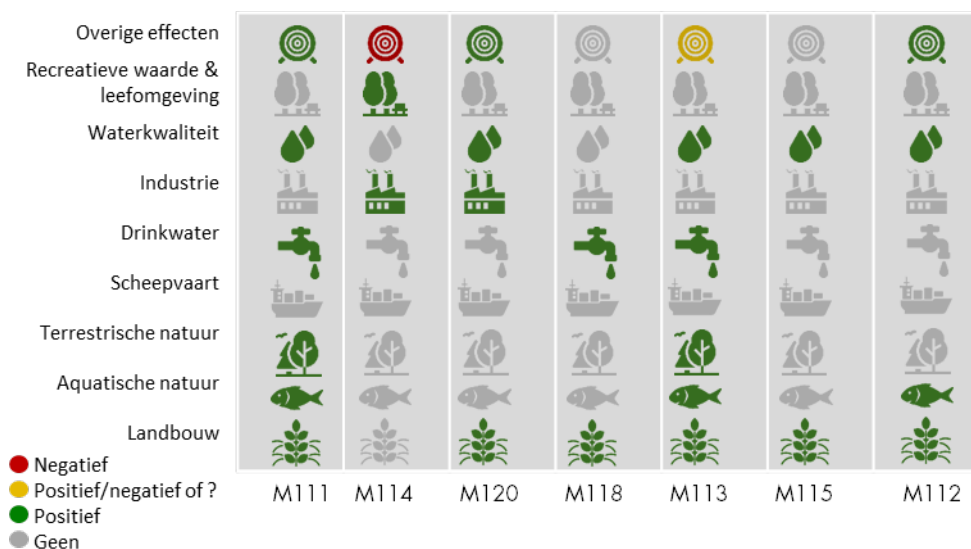
¹⁷⁰ Zie Hoofdstuk 5, stap 2 voor toelichting benchmark.



Figuur 93: vergelijking kosteneffectiviteit met benchmark

Kosten en effecten per maatregel (stap 3)

Naast de effecten die zijn verwerkt in de benchmark zijn er kwalitatieve effecten (zie Figuur 94). Waterkwaliteit, aquatische natuur en recreatieve en landschappelijke waarde moeten aanvullend worden beschouwd. De negatieve overige effecten betreffen bij maatregel *Wetlands* (M114) extra operationele kosten.



Figuur 94: vergelijking kwalitatieve effecten opgegeven door zoetwaterregio

Niet altijd zal de volledige capaciteit van een maatregel nodig zijn en de waarde zoals benaderd met de benchmark voor betalingsbereidheid haalbaar zijn. Zoveel mogelijk maatregelen zijn daarom ook geanalyseerd met het hydrologisch instrumentarium of maatwerkanalyses in stap 3 (zie hieronder en Tabel 55).

Slim regionaal waterbeheer (M111)

De effecten van de maatregelen *Slim regionaal waterbeheer* (M111) zijn in de QuickScan geschat in de vorm van een aantal cm's peilopzet op de watergangen. Het resulterende hydrologische

effect is dan 4,6 miljoen m³ zowel in de *Referentie* als *Stoom*. Door het hydrologisch effect via de benchmark te monetariseren komen we uit op een *positief* kosten-batensaldo. De regio schat daarnaast een extra potentieel volume van 36 miljoen m³ door toename van de diepte van de zoetwaterbel als gevolg van verhoging van het grondwaterpeil. De effectiviteit van beide onderdelen is afhankelijk van of het water dat gebufferd moet worden beschikbaar is. Daar is geen rekening mee gehouden. Er is daarom geen extra baat opgeteld bij de berekende effecten voor de peilopzet in de watergangen. Wel is de benchmark gebruikt om dit effect te monetariseren. Dat is een inschatting voor de betalingsbereidheid die aan de hoge kant ligt.

Uitrollen proeftuin (M118)

De maatregel proeftuin omvat verschillende innovatieve technieken om lokaal zoetwater optimaal te gebruiken en zoetwater op te slaan. In de komende DP-fase wordt een regeling opgesteld die gebruikers moet stimuleren deze technieken toe te passen. Het potentiële effect van de maatregel *uitrollen proeftuin (M118)* op de landbouw is voor een modelvertaling met de Regioscan bepaald. Dit effect ligt ruim boven de kosten van de maatregel, zoals opgegeven door de regio. De koppeling tussen de opgegeven kosten en de modelvertaling hebben we echter niet kunnen vaststellen. De maatregel heeft een zeer *positief* kosten-batensaldo. Ook bij enig afschalen van het effect zal het saldo naar verwachting *positief* blijven.

Optimalisatie watersysteem (M120)

De effecten van de maatregelen *uitrollen proeftuin (M118)* zijn in de QuickScan in combinatie met *optimalisatie watersysteem (M120)*¹⁷¹ bepaald. Aangezien de maximale capaciteiten van beide maatregelen zoals opgegeven door de regio ongeveer gelijk zijn -5,0 mln. m³ en 5,1 mln. m³-, is aangenomen dat elke maatregel verantwoordelijk is voor ongeveer 50% van het in de QuickScan berekende hydrologische effect. Door het hydrologisch effect via de benchmark voor de betalingsbereidheid te monetariseren komen we uit op een *positief* kosten-batensaldo.

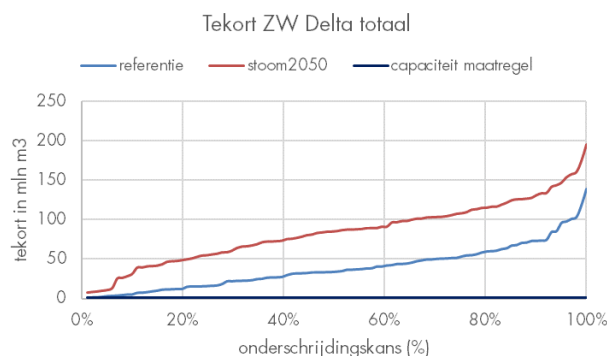
Slimmer doorspoelen zoute polders (M112)

De maatregel *slimmer doorspoelen zoute polders* levert volgens de regio vooral een *positief* effect op voor de aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit en de operationele kosten. Deze zouden hoger moeten liggen dan de kosten á 10.000 euro per jaar voor een *positief* saldo. Bij reductie van de doorspoelvraag met 10% zoals beschreven in de Factsheets (10-20% mogelijk), ontstaat er een *positief* saldo, ook los van de waterkwaliteitsverbetering. Het saldo van de maatregel is daarom als *positief* beoordeeld.

Hergebruik effluent ZWD (M113)

De maatregel *Hergebruik effluent (M113)* levert extra m³ op die voor verschillende tekorten kunnen worden ingezet. Aangezien de capaciteit van de maatregel (1,3 mln. m³) veel lager ligt dan het gemiddelde tekort en lager dan het minimum tekort in de Zuidwestelijke Delta, passen we geen correctie toe voor het daadwerkelijke effect (zie Figuur 95). Elk jaar nemen we aan dat de capaciteit nuttig kan worden ingezet om de tekorten te verminderen. Het effect waarderen we door de watercapaciteit te vermenigvuldigen met de benchmark voor de betalingsbereidheid. Het saldo wordt daardoor *positief*.

¹⁷¹ We gebruiken de resultaten niet voor *uitrollen proeftuin M118* omdat daar nieuwere nauwkeurigere informatie van beschikbaar is.



Figuur 95: verdeling tekort per scenario en capaciteit maatregel hergebruik effluent

Wetlands (M114)

De maatregel *Wetland (M114)* houdt water vast (zonder verwachte beïnvloeding van de lokale hydrologie) dat wordt behandeld in plaats van doorgepompt naar de Westerschelde. Dit effect treedt continu op en is bedoeld om de aanvoer van drinkwater door Evides uit de Biesbosch te voorkomen. We nemen daarom aan dat het niet nodig is een correctie op het hydrologische effect te doen. De jaarlijkse kosten van de maatregel liggen ruim lager dan de verwachtingswaarde van de effecten op basis van de benchmark. We achten het onwaarschijnlijk dat de extra operationele kosten (kwalitatief effect) dit saldo zullen doen omslaan. Het saldo is dus als *positief* beoordeeld.

Ondergrondse drinkwateropslag (M115)

Ondergrondse zoetwateropslag (M115) kost per jaar 0,4 mln. euro. Bij een opbrengst van 0,5 mln. m³ per jaar, betekent dat een bedrag van 0,80 euro per m³. Dit ligt beneden de algemene benchmark voor de betalingsbereidheid voor de Zuidwestelijke Delta. De maatregel is bedoeld gecombineerd te worden met maatregel *Wetlands*. De combinatie heeft een ruime marge met de benchmark. Gezien de beperkte capaciteit van de maatregel nemen we aan dat de maatregel volledig kan worden benut door de landbouw en/of de industrie en beoordelen we hem als positief.

Tabel 55: overzicht resultaten beoordeelde maatregelen

Naam	Vermindering tekort	Effect maatregel	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
QuickScan Slim regionaal water-beheer (111)	QuickScan: Referentie: 4,6 Mm ³ Stoom: 4,6 Mm ³	Referentie: € 6,21 mln. Stoom: € 3,96 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit en lagere operationele kosten	€ 1,52 mln.	Referentie: € 4,69 mln. Stoom: € 2,44 mln. Positief
KENTAL	Factsheet zoetwaterregio: ¹⁷²	Referentie: € 0,14 mln.	€ 0,01 mln.	Referentie: € 0,12 mln.

¹⁷² Hoewel in totale effectentabel geen hydrologisch effect is vermeld, staat in de Factsheet dat de maatregel 10% van de doorspoelvraag kan reduceren. Dit betekent dat de 'capaciteit' van de maatregel respectievelijk 0,1 en 2,1 mln. m³

Naam	Vermindering tekort	Effect maatregel	Jaarlijkse kosten	Saldo per jaar en uitkomst stap 3
Slimmer doorspoelen zoute polders (112)	Referentie: 10% * 1 Mm ³ Stoom: 10% * 2,1 Mm ³	Stoom: € 0,18 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit en lagere operationele kosten		Stoom: € 0,17 mln. Positief
KENTAL Hergebruik effluent ZWD (113)	Referentie: 100% * 1,3 Mm ³ Stoom: 100% * 1,3 Mm ³	Referentie: € 1,76 mln. Stoom: € 1,12 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit, minder nutriënten maar hogere operationele kosten	€ 0,57 mln.	Referentie: € 1,18 mln. Stoom: € 0,55 mln. Positief
KENTAL Wetland (114)	5,0 Mm ³	Referentie: € 6,75 mln. Stoom: € 4,30 mln. plus voordelen recreatie en leefomgeving en minus hogere operationele kosten	€ 0,82 mln.	Referentie: € 5,93 mln. Stoom: € 3,48 mln. Positief
KENTAL Ondergrondse drinkwateropslag (115)	0,5 Mm ³	Referentie: € 0,68 mln. Stoom: € 0,43 mln. plus voordelen waterkwaliteit	€ 0,40 mln.	Referentie: € 0,27 mln. Stoom: € 0,03 mln. Positief
Regioscan Uittrollen proeftuin (118)	Niet bekend voor modelvertaling	Referentie: € 4,94 mln. Stoom: € 13,16 mln.	€ 2,07 mln.	Referentie: € 2,87 mln. Stoom: € 11,10 mln. Positief
QuickScan optimalisatie watersysteem (120)	Referentie: 50%*3,0 Mm ³ Stoom: 50%*7,3 Mm ³	Referentie: € 2,03 mln. Stoom: € 3,14 mln. plus voordelen waterkwaliteit en lagere operationele kosten	€ 1,25 mln.	Referentie: € 0,78 mln. Stoom: € 1,89 mln. Positief

Nauwkeurigheid hoog
 Nauwkeurigheid midden
 Nauwkeurigheid laag

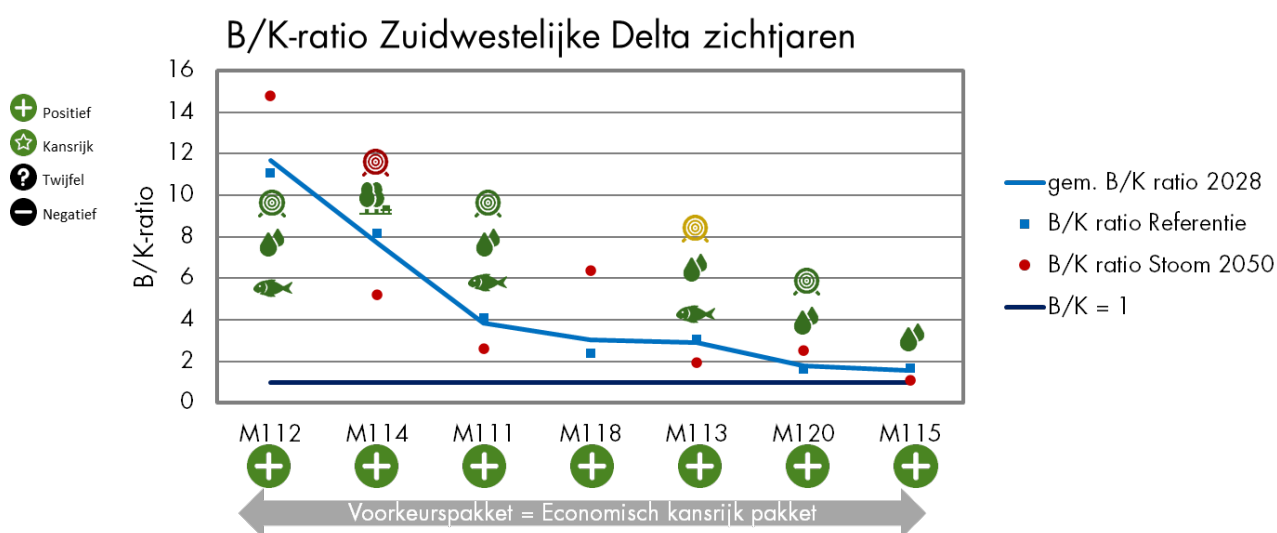
voor de *Referentie* en voor *Stoom* is. Het doorspoeltekort in de *Referentie* en *Stoom* is alle jaren groter dan deze capaciteit. Aangenomen is dat de capaciteit volledig benut kan worden. Het saldo van de maatregel is dan positief in de *Referentie* en in *Stoom*.

Effecten maatregelen in combinatie (stap 4)

De meeste individueel rendabele maatregelen hebben betrekking op een deelgebied of deelttekort en sluiten elkaar niet uit. De totale capaciteit van de maatregelen om een tekort op te lossen lijkt geen overdimensionering. Het maximumtekort in de *Referentie* en *Stoom 2050* ligt met respectievelijk 139 Mm³ en 169 Mm³ ruim boven de capaciteit van de maatregelen in het voorkeurspakket (minder dan 50 Mm³ excl. de capaciteit Wetlands die aanvoer Biesboswater moet vervangen).

Kosten-batensaldo voorkeurspakket (eindresultaat)

Het resultaat van de analyse is dat alle 7 maatregelen uit het voorkeurspakket (zie Tabel 56) een positief kosten-batensaldo hebben, nog afgezien van de positieve kwalitatieve effecten. Ook als al deze maatregelen worden uitgevoerd, wordt naar verwachting niet het gehele watertekort opgelost. Er zijn geen maatregelen bekend waardoor het voorkeurspakket zou kunnen worden verbeterd (zie Figuur 96).



Figuur 96: B/K-ratio's beoordeelde maatregelen (legenda additionele kwalitatieve effecten zie Figuur 96)

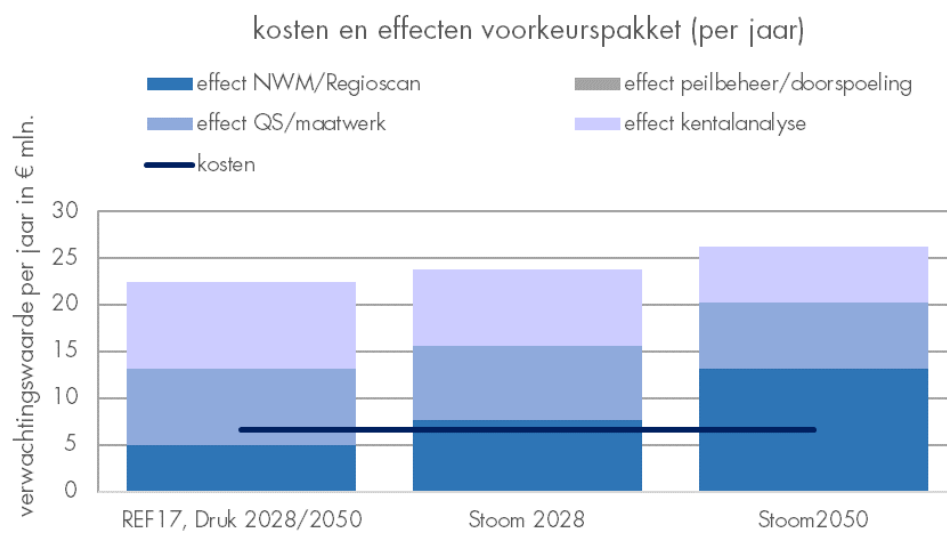
Het voorkeurspakket heeft een positief saldo van 254 miljoen euro in netto contante waarde in een gematigd scenario en 300 miljoen euro in een extremer klimaatscenario.¹⁷³ Naast deze gemonetariseerde effecten zijn er ook positieve kwalitatieve effecten op het gebied van aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit, lagere operationele kosten, hogere kwaliteit van de leefomgeving en recreatiewaarde. Deze zullen het saldo verbeteren indien ze gemonetariseerd zouden kunnen worden.

¹⁷³ Aangenomen is dat maatregelen vanaf 2028 operationeel zijn.

Tabel 56: beoordeelde maatregelen voorkeurspakket Zuidwestelijke Delta

ID	Naam	VP	EP	Saldo	NCW ref	NCW Stoom	Resultaat analyse
111	Slim regionaal waterbeheer	X	X	Ref € 4,69 mln. Stoom2050 € 2,44 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit en lagere operationele kosten	€ 75 mln. + p.m.	€ 48 mln. + p.m.	positief
112	Slimmer doorspoelen zoute polders	X	X	Ref € 0,12 mln. Stoom2050 € 0,17 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit en lagere operationele kosten	€ 2 mln. + p.m.	€ 3 mln. + p.m.	positief
113	Hergebruik effluent ZWD	X	X	Ref € 1,18 mln. Stoom2050 € 0,55 mln. plus voordelen aquatische biodiversiteit, waterkwaliteit, minder nutriënten maar hogere operationele kosten	€ 19 mln. + p.m.	€ 11 mln. + p.m.	positief
114	Wetland	X	X	Ref € 5,93 mln. Stoom2050 € 3,48 mln. plus voordelen recreatie en leefomgeving en minus hogere operationele kosten	€ 95 mln. + p.m.	€ 66 mln. + p.m.	positief
115	Ondergrondse drinkwateropslag	X	X	Ref € 0,27 mln. Stoom2050 € 0,03 mln. plus voordelen waterkwaliteit	€ 4 mln. + p.m.	€ 1 mln. + p.m.	positief
118	Uitrollen proeftuin	X	X	Ref € 2,87 mln. Stoom2050 € 11,10 mln.	€ 46 mln.	€ 145 mln.	positief
120	Optimalisatie watersysteem	X	X	Ref € 0,78 mln. Stoom2050 € 1,89 mln. plus voordelen waterkwaliteit en lagere operationele kosten	€ 12 mln. + p.m.	€ 26 mln. + p.m.	positief
					€ 254 mln. + p.m.	€ 300 mln. + p.m.	

Een deel van de uitgevoerde analyses heeft een beperkte nauwkeurigheid (zie Figuur 97). De kosten van het pakket worden echter in *Stoom* en in de *Referentie* al grotendeels afgedekt door effecten van maatregelen die nauwkeuriger bepaald zijn. Het voorkeurspakket voor het voorzieningsgebied Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer lijkt dus over de gehele linie en als pakket een positief welvaartssaldo te hebben, zowel in het *Referentie*- als het *Stoom*-scenario.



Figuur 97: opbouw effecten maatregelen voorkeurspakket

In de vorige hoofdstukken zijn de opgave en resultaten per gebruiksfunctie en regio beschreven. In dit hoofdstuk combineren we deze resultaten. Eerst worden de conclusies uit de hydrologische knelpunten samengevat. De conclusies over de omvang van de opgave (de tekorten) en de hydrologische effectiviteit van de maatregelen leunen sterk op de analyse van Deltares en de bijbehorende rapportage en worden derhalve uit deze rapportage overgenomen.

Vervolgens vatten we de economische effecten samen van de veranderende waterbeschikbaarheid in de verschillende Deltascenario's. De omvang van dit berekende droogterisico is een maat voor de urgentie voor het nemen van maatregelen. Bij een hoog droogterisico in de huidige omstandigheden of bij één of meer Deltascenario's heeft het zin maatregelen te onderzoeken zoals in het voorkeurspakket die dit droogterisico kunnen verminderen.

Ten slotte tonen we het totale verwachte effect bij uitvoering van het voorkeurspakket, de kosten van het voorkeurspakket, het saldo van het voorkeurspakket en de kwalitatieve effecten. Het voorkeurspakket is de combinatie van alle maatregelen en saldi uit de regionale voorkeurspakketten voor Laag-Nederland en de Maas. Het totale kosten-batensaldo geeft in combinatie met de kwalitatieve effecten een beeld van het verwachte maatschappelijk rendement van het maatregelpakket. Het totale voorkeurspakket scoort positief door een positief maatschappelijk kosten-batensaldo en per saldo positieve kwalitatieve effecten. Dit voorkeurspakket kan iets positiever scoren door enkele maatregelen met een negatief kosten-batensaldo te verwijderen en niet opgenomen maatregelen met een positief kosten-batensaldo toe te voegen. Het effect daarvan is eveneens aangegeven door het economisch kansrijke pakket.

11.1 CONCLUSIES KNELPUNTEN

In de geactualiseerde knelpuntenanalyses¹⁷⁴ is in beeld gebracht hoe watervraag en –tekort zich in de toekomst kunnen ontwikkelen onder invloed van klimaatveranderingen en sociaaleconomische ontwikkelingen. De conclusies uit deze studies zijn hieronder samengevat.

Kans op droogte

De kans op droogte neemt toe bij sterke klimaatverandering en blijft ongeveer gelijk bij matige klimaatverandering, zowel tot 2050 als tot 2100. Bij sterke klimaatverandering treedt in 2050 het maximaal cumulatief neerslagtekort dat in het huidige klimaat eens in de 10 jaar optreedt bijna jaarlijks op. De duur van lage Rijnafoeren (bij Lobith; T=10 jaar) neemt met sterke klimaatverandering toe van grofweg 1 maand naar bijna 3 maanden.

¹⁷⁴ Deltares. Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater, fase II en Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater: Effecten van Parijs-maatregelen en doorkijk naar zichtjaar 2100, 2019.

Bij sterke klimaatverandering worden zoetwaterknelpunten verder versterkt richting 2100, maar de toename is minder groot dan tussen het huidige klimaat en zichtjaar 2050.

Grondwaterstanden

Als gevolg van veranderingen in het klimaat in combinatie met andere ontwikkelingen, zoals grotere wateronttrekkingen en bodemdaling, kan de grondwaterstand veranderen. Het effect verschilt per gebied (zie Tabel 57).

Tabel 57: effect op grondwaterstanden

Voorbeeld gebieden	Effect grondwaterstand
Infiltratiegebieden met diepe grondwaterstanden, zoals de Veluwe	De grondwaterstanden gaan in deze gebieden veelal omhoog, zowel in de winter als in de zomer.
Poldergebieden in West-Nederland en langs beekdalen (onder andere in het Drents Plateau)	De wintergrondwaterstand volgt de bodemdaling.
Hoge Zandgronden	Grote daling van grondwaterstanden in de zomer.

Stijghoogte

Grotere drinkwater- en industrieonttrekkingen zorgen ervoor dat de stijghoogte in de diepe watervoerende pakketten in Noord-Brabant lager wordt. Voor *Stoom* gaat het om 1 tot 2 meter, in het scenario *Druk* om een beperkte afname. Een afname van de stijghoogte betekent dat de grondwatervoeding van kwelgebieden afneemt en dat de kans op droogval van beken toeneemt.

Oppervlaktewatertekort

Watertekorten zijn absoluut het grootst in het voorzieningsgebied Zuidwestelijke Delta gevolgd door de Hoge Zandgronden en het IJsselmeergebied. De tekorten nemen het sterkst toe in het scenario *Stoom* en nemen licht af in het scenario *Druk*. Tekorten in het IJsselmeergebied en het Benedenrivierengebied nemen in *Stoom* sterker toe dan in *Warm*, door het grote aandeel en de grote toename van de doorspoelvraag om de watergangen in de kustgebieden zoet te houden.

Bij sterke klimaatverandering wordt de direct beschikbare bufferschijf van 20 cm in het IJsselmeer gemiddeld eens in de 20 jaar (2050) en 15 jaar (2100) volledig ingezet. In het huidige klimaat en bij matige klimaatverandering is de beschikbare buffer meestal toereikend.

De Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA) wordt in de toekomst (2050) gemiddeld eens in de 10 jaar (*Druk/Rust*) tot eens in de 2 à 3 jaar (*Warm/Stoom*) ingezet. De capaciteit is daarbij grofweg eens in de 10 jaar (*Stoom* 2050) à 15 jaar (*Warm* 2050) niet toereikend voor de toenemende watervraag in deze scenario's. Naar 2100 treedt dit vaker op.

Door een grotere regionale watervraag en geringere aanvoer door de Maas vanuit België neemt het debiet van de Grensmaas af. Voor de scenario's *Warm* en *Stoom* wordt in 2050 bijna jaarlijks een overschrijding van 10 m³/s verwacht.

Zout in de wortelzone

In de Zuidwestelijke Delta is de landbouw grotendeels afhankelijk van een zoete regenwaterlens of zoet grondwater in de kreekruggen. In het huidige klimaat treden hierdoor al regelmatig beregeningstekorten op. In de scenario's met sterke klimaatverandering (*Warm*, *Stoom*) verergeren de huidige knelpunten. In de gematigde scenario's (*Druk*, *Rust*) is de verandering beperkt maar neemt de indringing van zout grondwater in de wortelzone door zeespiegelstijging toe.

Waterkwaliteit

Bij de onderzochte drinkwaterinnamepunten worden er vaker overschrijdingen van de toetswaarden voor concentraties maatgevende stoffen berekend in de scenario's *Warm* en *Stoom*.

Drinkwaterinnamepunten die gebruik maken van oeverinfiltratie langs de Lek kunnen in de scenario's *Warm* en *Stoom* vaker dan nu te maken krijgen met jaargemiddelde chlorideconcentraties hoger dan 150 mg/l en 200 mg/l. Dit kan leiden tot knelpunten bij de oeverinfiltraties. In de Deltascenario's *Rust* en *Druk* treden er geen knelpunten door een te hoge chlorideconcentratie op.

11.2 ECONOMISCHE EFFECTEN VAN DE VERANDERENDE WATERBESCHIKBAARHEID

Achtereenvolgens zullen in deze paragraaf het totale droogterisico opgedeeld naar sector en naar voorzieningsgebied worden gegeven. Aan het einde van deze paragraaf wordt ingegaan op de contante waarde van het risico over een 100-jarige economische reeks en de spreiding van het droogterisico. Stedelijke functies, schade aan infrastructuur en hittestress zijn niet meegenomen. Ze maken onderdeel uit van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie en er bestaan nog geen goede hydrologische modellen of effectmodules. Het economische effect hiervan is daarom niet in het droogterisico meegeteld, maar kan wel zeer groot zijn.

Risico Referentie

In de *Referentie* is het droogterisico voor Nederland ongeveer 370 miljoen euro per jaar (prijsspeil 2020, excl. btw). Dit bestaat uit een risico van 66 miljoen euro voor de scheepvaart en 305 miljoen euro voor de landbouw. Het risico voor de overige sectoren (drinkwater, industrie) is kleiner dan 1 miljoen euro. Het risico voor natuur is niet gemonetariseerd maar kwalitatief omschreven. Ook in het huidige klimaat leidt extreme droogte tot dalende zomergrondwaterstanden met onherstelbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur tot gevolg. Om dit te voorkomen zou op de zandgronden een grondwaterstandsstijging van 10 tot 25 cm gerealiseerd moeten worden.

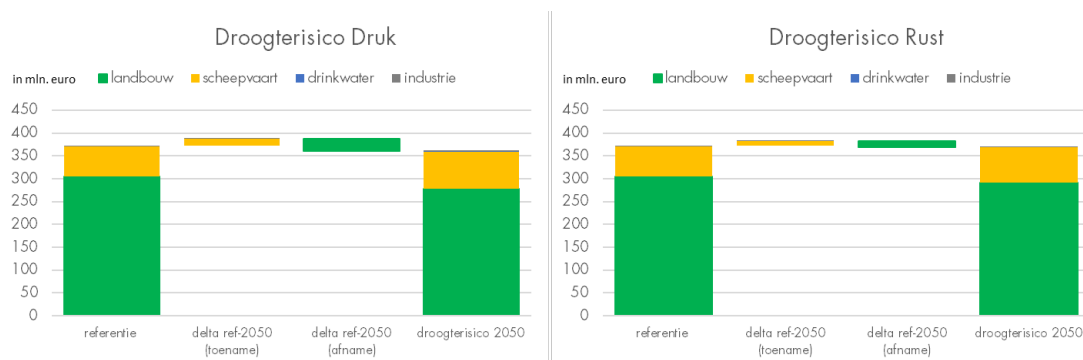
Risico gematigde scenario's

De gematigde Deltascenario's leveren per saldo geen tot een kleine verandering in economisch effect ten opzichte van de *Referentie* (zie Figuur 98 en Tabel 58). De resultaten voor natuur zijn alleen in de tabellen opgenomen omdat ze niet opgeteld kunnen worden bij de gemonetariseerde resultaten voor de andere functies in Figuur 98. Voor landbouw, scheepvaart, industrie en drinkwater geven positieve getallen een toename van het risico weer ten opzichte van de *Referentie* en negatieve een afname. Positieve getallen zijn een *ongunstige* ontwikkeling. Bij natuur is de toename of afname van de natuurwaarde ten opzichte van de *Referentie* weergegeven. Positieve getallen zijn dan *gunstig* en negatieve *ongunstig*. Het teken van natuur in Tabel 58 is dus tegengesteld aan de andere gebruiksfuncties.

Voor de landbouw kan in *Druk* en *Rust* 2050 een klein positief economisch effect of een reductie van het risico ontstaan. Het gaat om een voordeel voor de Hoge Zandgronden en het IJsselmeergebied en daardoor voor heel Nederland. De toename van de potentiële opbrengst per hectare veroorzaakt door hogere temperaturen, meer zonuren en daardoor een toename van de verdamping, en de beperkte opbrengstderving door een natter groeiseizoen, zijn groter dan de extra beregeningskosten voor de landbouw. Het saldo valt daardoor positief uit.

De scheepvaart loopt een extra risico tussen 10 – 15 miljoen euro per jaar, vooral door de toename van het vervoer, niet per se door het vaker optreden van lage(re) waterstanden. Doordat in de Deltascenario's het vervoer over water niet verder toeneemt na 2050 en de laagste rivierafvoeren wel wat minder optreden, neemt het droogterisico na 2050 weer iets af.¹⁷⁵

Voor de drinkwatersector en industrie blijft het risico gelijk aan de *Referentie*. De rivierafvoeren nemen in de gematigde scenario's toe en daardoor neemt het aantal dagen waarop de concentratie maatgevende stoffen de toetswaarde in het water overschrijdt af. De grondwaterafhankelijke natuur gaat er in de gematigde scenario's op vooruit vanwege de grotere aandacht voor natte natuur die is opgenomen in de Deltascenario's en de toename van de jaarlijkse neerslagsom, maar de kans op onherstelbare schade aan de grondwaterafhankelijk natuur blijft bestaan. Voor de riviernatuur is er een duidelijke verbetering voor de ooibosbeplanting door de hogere voorjaarsgrondwaterstanden.



Figuur 98: droogterisico Druk en Rust excl. natuur (let op schaal wijkt af van Figuur 99)

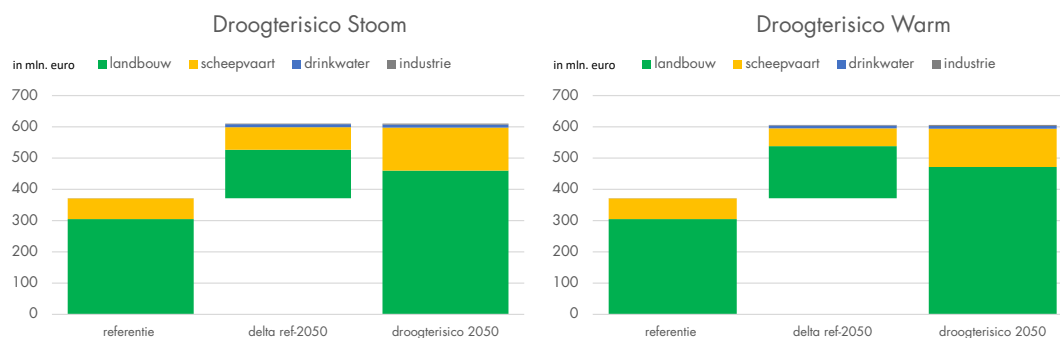
Risico scenario's met meer extreme klimaatverandering

De extremere klimaatscenario's *Stoom* en *Warm* hebben een negatief economisch effect op alle sectoren. Het totale droogterisico neemt met bijna 65% toe in 2050 ten opzichte van de *Referentie* naar ongeveer 610 mln. euro.

Voor de landbouw neemt het risico toe met 155-165 miljoen euro in 2050. Alle gebieden voelen de gevolgen van meer droogte en zoutstress. Met name op de Hoge Zandgronden en in het IJsselmeergebied gaat het om een extra risico van meer dan 40 miljoen euro en rond de 70 miljoen euro per jaar. Een groot deel van het risico bestaat uit de extra kosten voor beregening. De totale kosten voor beregening in 2050 bedragen per jaar gemiddeld 65 miljoen euro extra ten opzichte van de *Referentie*. Dit is ongeveer een verdubbeling. Naar 2100 neemt het totale risico naar verwachting verder toe.

Ten opzichte van de *Referentie* kan het risico voor de scheepvaart oplopen met 65-70 miljoen euro per jaar in 2050, vooral door de toename van laagwatergebeurtenissen die de groei van de scheepvaart hindert. Naar 2100 neemt het risico verder toe.

¹⁷⁵ Door ontbreken sociaaleconomische scenario's na 2050 is omvang binnenvaart in 2100 gelijk aan 2050 verondersteld.



Figuur 99: droogterisico Warm en Stoom excl. natuur (let op schaal wijkt af van Figuur 98)

Tabel 58: risico's 2050 per sector, scenario en gebied t.o.v. de Referentie en ontwikkeling natuurwaarde (gemiddelden per jaar in mln. euro, prijspeil 2020, excl. btw)

Stoom	IJsselmeer	Benedenrivieren	Bovenrivieren	Hoge Zandgronden	Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	Nederland
Landbouw	€ 68 mln.	€ 10 mln.	€ 9 mln.	€ 41 mln.	€ 27 mln.	€ 155 mln.
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	€ 72 mln.
Drinkwater	€ 2 mln.	€ 0 mln.	€ 7 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 10 mln.
Industrie	€ 0 mln.	€ 1 mln.	€ 1 mln.	€ 1 mln.	€ 0 mln.	€ 3 mln.
Natuur ¹⁷⁶	-17% /19% +IJssel	-12% /13%	-13% /17% +Waal/N-Rijn	-10% /12% +Maas	-14% /17%	-13% /15%
Totaal	€ 70 mln. + natuur	€ 11 mln. + natuur	€ 17 mln. + natuur	€ 42 mln. + natuur	€ 27 mln. + natuur	€ 240 mln. + natuur
Rust						
Landbouw	- € 8 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	- € 6 mln.	€ 1 mln.	- € 13 mln.
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	€ 11 mln.
Drinkwater	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.
Industrie	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.
Natuur ¹⁷⁶	-13% /15% +IJssel	-10% /12%	-11% /14% +Waal/N-Rijn	-8% /9% +Maas	-10% /12%	-10% /12%
Totaal	- € 8 mln. + natuur	€ 0 mln. + natuur	€ 0 mln. + natuur	- € 6 mln. + natuur	€ 1 mln. + natuur	- € 2 mln. + natuur
Warm						
Landbouw	€ 73 mln.	€ 12 mln.	€ 11 mln.	€ 42 mln.	€ 28 mln.	€ 166 mln.
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	€ 57 mln.

¹⁷⁶ De verschillen voor de grondwaterafhankelijke natuur zijn hier weergegeven t.o.v. de *Referentie*. Voor de riviernatuur wordt verwezen naar de hoofdstukken over natuur. Een toename van de natuurwaarde heeft een positief teken. Bij andere functies betekent een positief teken dat het risico toeneemt en dus sprake is van ongunstige ontwikkeling.

Stoom	IJsselmeer	Benedenrivieren	Bovenrivieren	Hoge Zandgronden	Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	Nederland
Drinkwater	€ 2 mln.	€ 0 mln.	€ 7 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 9 mln.
Industrie	€ 0 mln.	€ 1 mln.	€ 1 mln.	€ 1 mln.	€ 0 mln.	€ 3 mln.
Natuur ¹⁷⁶	-16% /18% +IJssel	-12% /14%	-12% /16% +Waal/N-Rijn	-11% /13% +Maas	-15% /18%	-13% /15%
Totaal	€ 75 mln. + natuur	€ 13 mln. + natuur	€ 19 mln. + natuur	€ 43 mln. + natuur	€ 28 mln. + natuur	€ 235 mln. + natuur
Druk						
Landbouw	- € 8 mln.	- € 1 mln.	- € 1 mln.	- € 18 mln.	€ 1 mln.	- € 26 mln.
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	€ 15 mln.
Drinkwater	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.
Industrie	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.	€ 0 mln.
Natuur ¹⁷⁶	-15% /17% +IJssel	-11% /13%	-12% /16% +Waal/N-Rijn	-10% /12% +Maas	-14% /15%	-12% /14%
Totaal	- € 8 mln. + natuur	- € 1 mln. + natuur	- € 1 mln. + natuur	- € 18 mln. + natuur	€ 1 mln. + natuur	- € 11 mln. + natuur

Een deel van het risico van de drinkwatersector en industrie is nog niet te modelleren. Hierdoor is het economisch effect niet volledig bepaald. Voor de drinkwatersector is er een beperkte toename van het risico met ongeveer 10 miljoen euro en voor de industrie met zo'n 3 miljoen euro in 2050. De grote industriegebieden in West-Nederland met uitzondering van het Brielse Meer zijn echter nog niet meegenomen in de analyse, wat waarschijnlijk een onderschatting oplevert. Doordat meer dan de helft van het drinkwaterproductievolume wel betrokken is in de analyse en het maximum risico voor de industrie inclusief de industriegebieden in West-Nederland is ingeschat op 4 miljoen euro¹⁷⁷ per jaar, blijft de omvang van het droogterisico klein in vergelijking tot de landbouw en scheepvaart.

Na 2050 neemt het risico verder toe, met ruim 50% van de toename tussen 2017 en 2050. Het totale droogterisico blijft echter relatief klein in vergelijking tot de landbouw en scheepvaart.

De grondwaterafhankelijke natuur profiteert net als in de gematigde scenario's bij de meer extreme klimaatverandering.¹⁷⁸ Gemiddeld gezien kunnen nattere winters en drogere zomers tot een kleine verschuiving naar nattere natuur leiden. Tegelijkertijd neemt de kans op zeer lage

¹⁷⁷ Op basis van een inschatting van het tekort van KWR komt het maximum risico uit op € 4 mln.

¹⁷⁸ op basis van de KWR-resultaten uit fase 2 (KWR 2019). Inmiddels zijn de resultaten en inzichten uit 2019 achterhaald door aanpassingen aan de modellen. De vervolganalyse door KWR van het maatregelpakket in 2020 (KWR 2020) voor de *Referentie* en *Stoom* leverde op dat er in de input van de berekeningen in fase 2 onjuiste waarden zijn gebruikt. Voor *Stoom* is er nog steeds een potentiële toename. Nieuwe resultaten van KWR zijn echter te laat beschikbaar om te worden verwerkt in de MKBA.

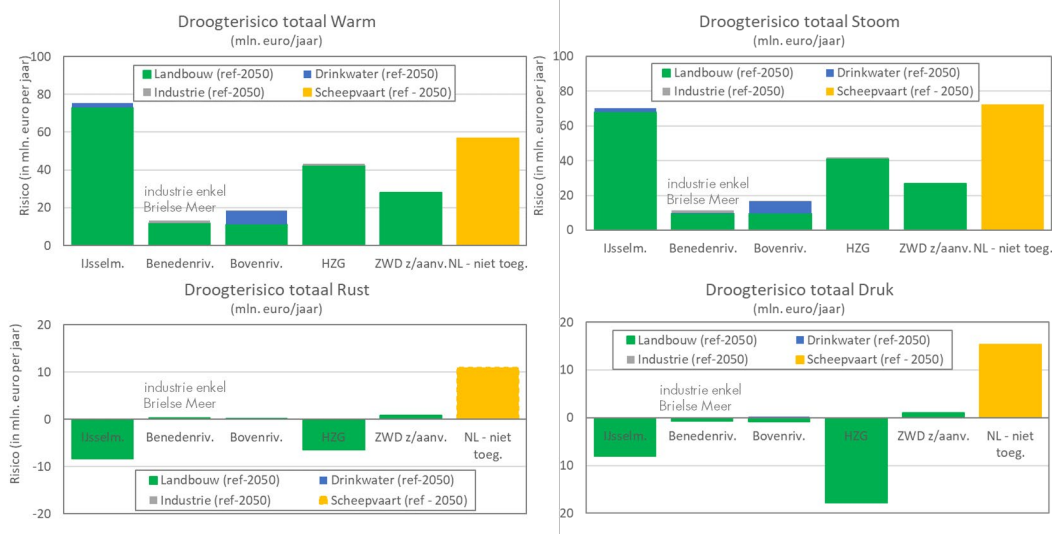
zomergrondwaterstanden met onherstelbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur significant toe.

Voor de riviernatuur (niet weergegeven in de Tabel) is er geen uitgesproken beeld. Afhankelijk van de soort flora of fauna en de riviertak die bekeken is, is er sprake van verbetering, achteruitgang of status quo. Waterplanten langs de Rijntakken hebben last van de lagere rivierafvoeren, maar de bedekking van het ooibosareaal neemt toe door de hogere voorjaarsgrondwaterstanden. In *Warm* en *Stoom* worden de condities voor rugstreeppadden gunstiger door toename van ondiepe wateren met droogval. In *Druk* en *Rust* profiteren kamsalamanders van toename van de diepere wateren zonder droogval.

Risicoverdeling per voorzieningsgebied

De landbouwdroogterisico's zijn niet gelijk verdeeld per voorzieningsgebied (zie Figuur 100):

- De Hoge Zandgronden en het voorzieningsgebied IJsselmeer hebben bij een gematigd scenario te maken met een verbetering ten opzichte van de *Referentie* van tussen de 5 en 20 miljoen euro. In de *Referentie* is sprake van significante (landbouw)risico's, die in extremere klimaatscenario's toenemen met respectievelijk 40 en 70 miljoen euro.
- De landbouwdroogterisico's in de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer liggen op ongeveer 30 miljoen per jaar hoger in *Stoom* en *Warm* dan de *Referentie* in 2050 en minder dan 5 miljoen in *Rust* en *Druk*.
- In de Benedenrivieren en Bovenrivieren liggen de landbouwriscio's op ongeveer 10 miljoen euro per jaar per gebied hoger in *Stoom* en *Warm* dan de *Referentie* in 2050 en zijn ze ongeveer gelijk aan de *Referentie* in *Rust* en *Druk*.
- Tussen de regio's zijn grote verschillen in oppervlak van het landbouwareaal. Daarom hebben we ook gekeken naar het risico per hectare. Hoe hoger het risico per hectare hoe groter meestal de kans is dat er een kosteneffectieve maatregel bestaat. Noord-Holland, de Hoge Zandgronden Zuid en de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer hebben de hoogste droogterisico's per ha landbouwgrond.



Figuur 100: droogterisico per voorzieningsgebied 2050 (let op andere schaal gematigde Deltascenario's en warmere Deltascenario's)

Regio's die op basis van de KWR-studie uit 2019 relatief weinig toename en afname aan grondwaterafhankelijke natuur kunnen verwachten, zijn Zuid-Limburg en de Centrale Hoge Zandgebieden. Op het niveau van de voorzieningsgebieden zijn er relatief weinig veranderingen in het Benedenrivierengebied en de Hoge Zandgronden. Grotere veranderingen zijn er in alle Deltascenario's voor het Rivierengebied Noord (regio 6) en de IJsselmeerpolders (regio 15). Op het niveau van de voorzieningsgebieden zijn de meeste verschuivingen te vinden in het IJsselmeergebied en het Bovenrivierengebied.

De condities voor waterplanten in de Rijntakken in het Bovenrivierengebied en het IJsselmeergebied verslechteren in alle Deltascenario's door lagere rivierafvoeren. De potentiële bedekkingsgraad van zachthoutoibos in de uiterwaarden van de Rijn neemt in de gematigde scenario's toe door de hogere voorjaarsgrondwaterstand. Bij sterke klimaatverandering zijn de veranderingen klein. Voor het stroomgebied van de Maas (de Hoge Zandgronden en het Bovenrivierengebied) zijn er nauwelijks veranderingen.

Het effect van maatregelen op de overige sectoren is naar verwachting beperkt. Daarom en vanwege het grote aantal maatregelen zijn de effecten niet bepaald.

Contante waarde

Omdat de effecten per jaar kunnen verschillen en daardoor moeilijk vergelijkbaar zijn, hebben we één contante waarde per Deltascenario bepaald. Dit is gedaan door de gemonetariseerde resultaten voor de verschillende zichtjaren te interpoleren en vervolgens de contante waarde met een discontovoet van 4,5% te bepalen voor elk Deltascenario. De resultaten staan in Tabel 59. Doordat natuureffecten en verschillende kwalitatieve effecten niet gemonetariseerd zijn, zijn deze niet begrepen in deze contante waarde.¹⁷⁹

Tabel 59: contante waarde risico (prijsspeil 2020, excl. btw)

Contante waarde risico (in mln. €)	Referentie	Rust	Druk	Warm	Stoom
Landbouw	€ 6.699	€ 6.324	€ 6.499	€ 9.006	€ 9.168
t.o.v. ref	€ -	€ -375	€ -200	€ 2.307	€ 2.468
Scheepvaart	€ 1.441	€ 1.629	€ 1.576	€ 2.454	€ 2.247
t.o.v. ref	€ -	€ 188	€ 135	€ 1.013	€ 806
Drinkwater	€ -	€ 3	€ -	€ 128	€ 124
t.o.v. ref	€ -	€ 3	€ -	€ 128	€ 124
Industrie	€ 22	€ 22	€ 22	€ 49	€ 45
t.o.v. ref	€ -	€ 0	€ 0	€ 27	€ 23
Totaal	€ 8.162	€ 7.978	€ 8.097	€ 11.638	€ 11.583
t.o.v. ref	€ -	- € 184	- € 65	€ 3.476	€ 3.422

¹⁷⁹ Als ze wel gemonetariseerd zouden zijn, dan was de discontovoet voor deze effecten 3%, omdat de relatieve waarde van natuur geacht wordt toe te nemen.

Spreiding risico en onzekerheid

Doordat er droge, minder droge en natte jaren zitten in de 100-jarige klimaatreeks verschilt het risico per jaar. Tabel 60 laat per gebruiksfunctie de maximum spreiding van het risico over de jaren zien, zoals die volgt uit de modelresultaten. De laagste waarde is het droogterisico in het 'natste' jaar in de 100-jarige klimaatreeks voor een gebruiksfunctie en de hoogste waarde het droogterisico in het 'droogste' jaar in de reeks voor een gebruiksfunctie. De bandbreedte van het totale risico (landbouw + scheepvaart) zal lager zijn dan de bandbreedte aangegeven in de tabel omdat de jaren waarin minimum en maximum optreden voor scheepvaart en landbouw niet gelijk liggen. De maximum spreiding, die berekend is door beide minima en maxima op te tellen, is daardoor een overschatting van de spreiding.¹⁸⁰

Door de gekozen methodiek in de effectmodules voor drinkwater en industrie is er geen spreiding voor het risico voor deze sectoren. De maximum periode die door een buffer moet worden overbrugd, wordt immers bepaald door de overbruggingsduur vast te stellen op basis van het meest extreme jaar in 100-jarige klimaatreeks in plaats van het gemiddelde. Voor natuur is alleen de toename en afname van de natuurwaarde voor grondwaterafhankelijke natuur ten opzichte van de *Referentie* opgenomen. Uit de resultaten is geen bandbreedte af te leiden. Er is bij natuur niet gewerkt met een meerjarige reeks bij het bepalen van de natuurwaarde. De terrestrische natuurwaarde is bepaald aan de hand van gemiddelde grondwaterregimes, berekend over een langere periode. Daarom is geen bandbreedte berekend.

Tabel 60: spreiding resultaten risico in 2050 (prijspeil 2020, excl. btw)

Risico (in mln. €)	Referentie	Rust 2050	Druk 2050	Warm 2050	Stoom 2050
Landbouw (bandbreedte)	€ 305 (22 tot 1787)	€ 292 (22 tot 1736)	€ 279 (21 tot 1659)	€ 472 (44 tot 2165)	€ 460 (46 tot 2189)
Scheepvaart (bandbreedte)	€ 66 (0 tot 289)	€ 77 (13 tot 334)	€ 81 (8 tot 375)	€ 123 (-2 tot 485)	€ 138 (-5 tot 543)
Drinkwater (bandbreedte)	€ - (0 tot 0)	€ - (0 tot 0)	€ 0 (0 tot 0)	€ 9 (9 tot 9)	€ 10 (10 tot 10)
Industrie (bandbreedte)	€ 1 (1 tot 1)	€ 1 (1 tot 1)	€ 1 (1 tot 1)	€ 3 (3 tot 3)	€ 3 (3 tot 3)
Toename grondwater- afh. natuur	- (n.b.)	11,7% (n.b.)	14,1% (n.b.)	15,0% (n.b.)	14,8% (n.b.)
Afname grondwater- afh. natuur	- (n.b.)	-9,8% (n.b.)	-11,8% (n.b.)	-12,7% (n.b.)	-12,9% (n.b.)
Totaal (Bandbreedte)	€ 372 (23 tot 2077)	€ 369 (35 tot 2071)	€ 361 (30 tot 2035)	€ 606 (53 tot 2663)	€ 610 (54 tot 2745)

¹⁸⁰ Het gaat om de maximum spreiding en niet de standaard deviatie.

11.3 KOSTEN-BATENSALDO VOORKEURSPAKKET

In deze paragraaf laten we het totale kosten-batensaldo zien voor de voorzieningsgebieden waarvoor een maatregelpakket is gespecificeerd (Laag-Nederland en Maas). De zandgronden gaan uit van een programma waarvoor in een gebiedsproces de maatregelen nog nader dienen te worden gespecificeerd, zodat niet duidelijk is welk kosten-batensaldo het te kiezen pakket zal hebben. Daarom ontbreken de Hoge Zandgronden Zuid, Hoge Zandgronden Oost-Nederland en de Zandgronden in het IJsselmeergebied in de opstelling van het kosten-batensaldo. Wel hebben we onderzocht met welke maatregelen een pakket met een positief saldo mogelijk is. Het Bovenrivierengebied heeft pas in september 2020 aangegeven eveneens over te willen gaan op een programma. Deze wijziging is niet meer verwerkt in de MKBA.

Kosten en effecten

Tabel 61 toont de kosten en effecten voor het voorkeurspakket per voorzieningsgebied voor Laag-Nederland en de Maas (zie eerdere hoofdstukken voor resultaten per maatregel). Naast het voorkeurspakket zijn voor enkele voorzieningsgebieden ook de resultaten getoond van een alternatief pakket (het economisch kansrijke pakket) dat economisch mogelijk meer rendabel is. Dit economisch kansrijke pakket bevat enkel maatregelen die als kansrijk of positief beoordeeld zijn, dat wil zeggen de baten-kostenverhouding is groter dan 1. Deze informatie volgt uit de kosteneffectiviteitsanalyse van de individuele maatregelen in Hoofdstuk 6 tot en met 10. De voorzieningsgebieden waar een alternatief pakket getoond is, zijn:

- IJsselmeergebied; in het alternatieve pakket zijn de maatregelen *Optimaliseren waterbeschikbaarheid: druppelirrigatie (M42.5)* en *Verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44)* vervallen en is maatregel *Verkenning ARK-route (M16)* toegevoegd ten opzichte van het voorkeurspakket.
- Benedenrivieren; in het alternatieve pakket zijn maatregel *Coastar: Case 1 (M94)*, *Coastar Case 2 (M95)*, *Zoetwaterfabriek Kortenoord (M102)*, *Doorvoer Lek-Schieland (M104)* en *Beter benutten Bergse diepsluis (M107)* vervallen.
- Hoge Zandgronden Maas; het alternatieve pakket laat hier de uitkomst zien wanneer *Hevelend schutten (M2)* als maatregel uit de verkenning komt en het voorkeurspakket de uitkomst als *Circulair pompen (M4)* als maatregel uit de verkenning komt. Het voorkeurspakket kiest niet voor *Circulair pompen*, maar laat die keuze afhangen van de uitkomst van de verkenning. Het alternatieve pakket gaat uit van de meest kosteneffectieve variant op basis van de beschikbare informatie.

Voor de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer en het Bovenrivierengebied is geen alternatief pakket gevonden met een hoger kosten-batensaldo dan het aangeleverde voorkeurspakket. Het voorkeurspakket is in deze gebieden gelijk aan het alternatieve pakket.

Het totale alternatieve pakket (alle gebieden opgeteld) heeft een iets hoger gemonetariseerd saldo en een iets betere baten-kostenverhouding dan het voorkeurspakket, doordat de effecten ongeveer even groot zijn, maar de kosten van het alternatieve pakket wat lager liggen (ong. 7 miljoen euro per jaar). Dit nadeel van het voorkeurspakket zou gecompenseerd kunnen worden door het verschil in kwalitatieve effecten. Meer details over de kwalitatieve effecten zijn te vinden in Tabel 63.

Tabel 61: overzicht kosten en effecten per jaar (Laag Nederland en maatregelen Maas, excl. rest Hoge Zandgronden), zichtjaren zijn vermeld in titel: 2017, 2028, 2050.

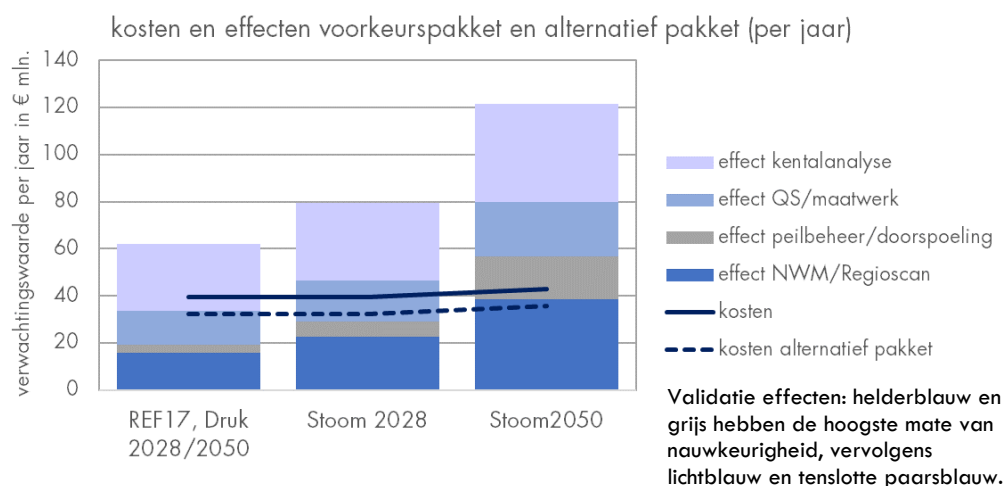
Gemonetariseerde effecten, pp 2020, Bedragen per jaar incl. btw, kwalitatieve effecten p.m.	Voorkeurspakket			Economisch meer kansrijke pakket		
	Ref2017	Stoom 2028	Stoom 2050	Ref2017	Stoom 2028	Stoom 2050
	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.	Mln. euro/jr.
Effecten landbouw, natuur, drinkwater, industrie, scheepvaart per jaar						
IJsselmeergebied - lage delen	€ 20,6	€ 23,8	€ 37,5	€ 20,3	€ 24,3	€ 39,4
Bovenrivieren	€ 2,6	€ 7,5	€ 17,2	€ 2,6	€ 7,5	€ 17,2
Benedenrivieren	€ 16,0	€ 22,9	€ 36,5	€ 15,4	€ 22,2	€ 35,6
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 22,5	€ 23,8	€ 26,3	€ 22,5	€ 23,8	€ 26,3
Maas	€ 0,3	€ 1,5	€ 3,9	€ 0,3	€ 1,4	€ 3,6
Totaal	€ 62,0	€ 79,5	€ 121,4	€ 61,1	€ 79,1	€ 122,1
Kwalitatieve effecten leefomgeving & recreatie, waterkwaliteit, aquatische natuur, overige scheepvaart, overig						
IJsselmeergebied - lage delen	34 positief / 0 negatief			29 positief / 2 negatief		
Bovenrivieren	5 positief / 1 negatief			5 positief / 1 negatief		
Benedenrivieren	32 positief / 0 negatief			20 positief / 0 negatief		
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	12 positief / 1 negatief			12 positief / 1 negatief		
Maas	13 positief / 1 negatief			10 positief / 1 negatief		
Totaal	96 positief / 3 negatief			76 positief / 5 negatief		
Kosten maatregelpakket per jaar						
IJsselmeergebied - lage delen	€ 9,8	€ 9,8	€ 13,3	€ 9,2	€ 9,2	€ 12,7
Bovenrivieren	€ 0,4	€ 0,4	€ 0,4	€ 0,4	€ 0,4	€ 0,4
Benedenrivieren	€ 19,9	€ 19,9	€ 19,9	€ 15,9	€ 15,9	€ 15,9
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 6,6	€ 6,6	€ 6,6	€ 6,6	€ 6,6	€ 6,6
Maas	€ 2,7	€ 2,7	€ 2,7	€ 0,2	€ 0,2	€ 0,2
Totaal	€ 39,5	€ 39,5	€ 43,1	€ 32,3	€ 32,3	€ 35,9
Saldo maatregelpakket per jaar						
IJsselmeergebied - lage delen	€ 10,9+p.m.	€ 14,1+p.m.	€ 24,2+p.m.	€ 11,1+p.m.	€ 15,1+p.m.	€ 26,7+p.m.
Bovenrivieren	€ 2,2+p.m.	€ 7,0+p.m.	€ 16,7+p.m.	€ 2,2+p.m.	€ 7,0+p.m.	€ 16,7+p.m.
Benedenrivieren	- € 3,9+p.m.	€ 3,0+p.m.	€ 16,6+p.m.	- € 0,4+p.m.	€ 6,4+p.m.	€ 19,8+p.m.
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 15,8+p.m.	€ 17,1+p.m.	€ 19,6+p.m.	€ 15,8+p.m.	€ 17,1+p.m.	€ 19,6+p.m.
Maas	- € 2,4+p.m.	- € 1,3+p.m.	€ 1,1+p.m.	€ 0,1+p.m.	€ 1,2+p.m.	€ 3,4+p.m.
Totaal	€ 22,5+p.m.	€ 39,9+p.m.	€ 78,3+p.m.	€ 28,8+p.m.	€ 46,7+p.m.	€ 86,2+p.m.
Baten-kosten ratio maatregelpakket						
IJsselmeergebied - lage delen	2,1+p.m.	2,4+p.m.	2,8+p.m.	2,2+p.m.	2,6+p.m.	3,1+p.m.
Bovenrivieren	6,3+p.m.	18,2+p.m.	41,8+p.m.	6,3+p.m.	18,2+p.m.	41,8+p.m.
Benedenrivieren	0,8+p.m.	1,2+p.m.	1,8+p.m.	1,0+p.m.	1,4+p.m.	2,2+p.m.
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	3,4+p.m.	3,6+p.m.	4,0+p.m.	3,4+p.m.	3,6+p.m.	4,0+p.m.
Maas	0,1+p.m.	0,5+p.m.	1,4+p.m.	1,5+p.m.	7,0+p.m.	18,0+p.m.
Totaal	1,6+p.m.	2,0+p.m.	2,8+p.m.	1,9+p.m.	2,5+p.m.	3,4+p.m.

Voor het IJsselmeergebied zijn de effecten van het alternatieve pakket hoger dan voor het voorkeurspakket. Dit is het gevolg van de extra maatregel ARK die aan het alternatieve pakket is toegevoegd. De afgevalen maatregelen in het IJsselmeergebied hebben beperkte effecten. Belangrijke notie is dat geen van beide pakketten het huidige of toekomstige droogterisico volledig kan voorkomen, alleen verminderen.

Er is gekozen eerst de jaarbedragen en het saldo in 2028 te bepalen in plaats van direct de netto contante waarden, zodat ook een oordeel kan worden gegeven over de juiste timing om een maatregel te nemen. Een maatregel of pakket kan een positieve NCW hebben als direct wordt geïnvesteerd, maar een hogere netto contante waarde als de investering wordt uitgesteld tot het optimale investeringsmoment.¹⁸¹ Als het optimale investeringsmoment voor het einde van de komende DP-fase ligt, dan is investeren nu slim, zo niet dan kan beter worden gewacht.

Nauwkeurigheid en voorbehouden gemonetariseerde kosten en effecten

Niet alle gemonetariseerde effecten zijn even nauwkeurig bepaald. Daarom laten we in Figuur 101 de verschillende categorieën qua mate van validatie en nauwkeurigheid zien. Helderblauw en grijs zijn het meest nauwkeurig bepaald, vervolgens lichtblauw en tenslotte paarsblauw. Van de kosteninschatting wordt aangenomen dat deze gemiddeld een betrouwbaarheidsinterval hebben van $\pm 50\%$. Dit is gebruikelijk voor kostenramingen in deze fase van beleidsvoorbereiding en besluitvorming. De geschatte effecten hebben een grotere onzekerheidsbandbreedte door beperkingen in het modelinstrumentarium en de beperkte nauwkeurigheid van de alternatieve aanpakken om de effecten te becijferen. Ook heeft het grote aantal maatregelen ertoe geleid dat de diepgang van de analyse per maatregel, en daarmee de nauwkeurigheid van de resultaten, begrensd is. Dit betekent dat deze economische analyse bruikbaar is om het meest kansrijke pakket en de meest kansrijke maatregelen te identificeren, maar dat voor besluitvorming over daadwerkelijke investeringen, per maatregel een verdiepingsslag nodig is.



Figuur 101: kosten en effecten voorkeurspakket en alternatief pakket

Netto contante waarde pakketten

In Tabel 62 is naast de investering en het maximum leveringspotentieel per voorzieningsgebied de netto contante waarde getoond voor zowel de gematigde (benaderd door resultaten *Referentie*) als extremere scenario's (kolom *Stoom*).

¹⁸¹ Zie ook methode first year rate of return.

Tabel 62: overzicht investering, leveringspotentieel en netto contante waarde per pakket (Laag Nederland en maatregelen Maas, excl. rest Hoge Zandgronden, incl. btw)

Investering (mln. Euro)	Voorkeurspakket		Economisch meer kansrijke pakket	
	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	€ 60	€ 119 ¹⁸²	€ 60	€ 118
Bovenrivieren	€ 6	€ 6	€ 6	€ 6
Benedenrivieren	€ 186	€ 186	€ 144	€ 144
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 59	€ 59	€ 59	€ 59
Maas	€ 32	€ 32	€ 3	€ 3
Totaal	€ 343	€ 402	€ 272	€ 330
Contante waarde kosten (mln. euro, PP 2020)	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	€ 204	€ 292	€ 192	€ 280
Bovenrivieren	€ 10	€ 10	€ 10	€ 10
Benedenrivieren	€ 438	€ 438	€ 348	€ 348
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 146	€ 146	€ 146	€ 146
Maas	€ 60	€ 60	€ 4	€ 4
Totaal	€ 858	€ 946	€ 700	€ 788
Leveringspotentieel (Mm ³)	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	375	1087	684	1395
Bovenrivieren	230	230	230	230
Benedenrivieren	199	199	153	153
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	53	53	53	53
Maas	110	110	92	92
Totaal	967	1679	1212	1923
Contante waarde effecten (mln. euro, PP 2020)	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	€ 378 + p.m.	€ 612 + p.m.	€ 371 + p.m.	€ 631 + p.m.
Bovenrivieren	€ 45 + p.m.	€ 219 + p.m.	€ 45 + p.m.	€ 219 + p.m.
Benedenrivieren	€ 377 + p.m.	€ 623 + p.m.	€ 342 + p.m.	€ 585 + p.m.
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 400 + p.m.	€ 446 + p.m.	€ 400 + p.m.	€ 446 + p.m.
Maas	€ 21 + p.m.	€ 63 + p.m.	€ 6 + p.m.	€ 45 + p.m.
Totaal	€ 1,221 + p.m.	€ 1,963 + p.m.	€ 1,164 + p.m.	€ 1,926 + p.m.
Netto contante waarde (mln. euro, PP 2020)	Referentie*	Stoom	Referentie*	Stoom
IJsselmeergebied - lage delen	€ 174 + p.m.	€ 320 + p.m.	€ 179 + p.m.	€ 351 + p.m.
Bovenrivieren	€ 35 + p.m.	€ 209 + p.m.	€ 35 + p.m.	€ 209 + p.m.
Benedenrivieren	- € 61 + p.m.	€ 185 + p.m.	- € 6 + p.m.	€ 237 + p.m.
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	€ 254 + p.m.	€ 300 + p.m.	€ 254 + p.m.	€ 300 + p.m.
Maas	- € 39 + p.m.	€ 3 + p.m.	€ 2 + p.m.	€ 41 + p.m.
Totaal	€ 363 + p.m.	€ 1,017 + p.m.	€ 464 + p.m.	€ 1,138 + p.m.

* De Referentie wordt gebruikt als proxy voor Druk en Rust, Stoom als proxy voor Warm

Voor de gematigde scenario's *Druk* en *Rust* is het jaarsaldo van de *Referentie* gebruikt. De netto contante waarde voor *Warm* en *Stoom* is berekend op basis van een saldo in 2017 gelijk aan de

¹⁸² Voor de maatregel beperken externe verzilting Afsluitdijk, is voor *Stoom* de extra investering in schutsluizen Kornwerderzand, en de spuisluizen meegenomen. De berekende effecten voor *Stoom* zijn hiervan uitgegaan. In de *Referentie/Druk/Rust* is alleen de investering in de schutsluizen bij Den Oever beschouwd.

Referentie en in 2050 gelijk aan *Stoom 2050*. Daartussen is lineair geïnterpoleerd. Voor de periode na 2050 is het saldo constant verondersteld. Een rekenvoorbeeld is te vinden in de bijlagen. Idealiter worden in een kosten-batentabel in een MKBA de fysieke effecten en de gemonetariseerde effecten getoond, bijvoorbeeld het vermeden droogterisico in kilogrammen landbouwopbrengst en de waarde van deze fysieke opbrengsten in euro contante waarde. Doordat de opbrengst van de maatregelen vaak niet te splitsen is over de verschillende gebruiksfuncties en bij landbouw over de verschillende gewassen, maar wel het potentiële extra leveringspotentieel aan zoetwater bekend is, is dit leveringspotentieel opgenomen in de tabel.

Verdelingseffecten per gebruiksfunctie

In een MKBA-opstelling worden idealiter de verschillende (gemonetariseerde en niet-gemonetariseerde) effecten apart genoemd, bij voorkeur per individuele maatregel om zo inefficiëntie in het totale pakket waar mogelijk te beperken. Dit is in dit geval niet mogelijk vanwege het grote aantal maatregelen en de behoefte de hoofdresultaten, zoals gepresenteerd in Tabel 61 en Tabel 62, overzichtelijk en leesbaar te houden. Voor verschillende maatregelen is het bovendien niet mogelijk de effecten toe te kennen aan de verschillende gebruiksfuncties. In de voorgaande hoofdstukken is per maatregel vaak wel meer informatie te vinden.

De meeste effecten hebben betrekking op vermindering van de droogteschade voor de landbouw. De berekeningstekorten, peilbeheer en/of doorspoeltekorten nemen af. Ook de natuur profiteert hiervan.

Soms profiteren de industrie en drinkwatersector van een maatregel. Bijvoorbeeld als de waterkwaliteit verbetert (*Hagestein*) of er water van een goede kwaliteit beschikbaar komt (*Temmen brakke kwel*) of grotere buffervoorraden ontstaan. Voorbeelden van maatregelen waarvoor dit geldt zijn: *Wetlands* en de *Ondergronds drinkwateropslag* in het IJsselmeergebied.

Behalve de schutmaatregelen op de Maas zijn er geen maatregelen die erop gericht zijn het risico van de (beroeps)scheepvaart te verminderen. Wel is soms sprake van een klein negatief effect in het Boven- en Benedenrivierengebied (*Hagestein*, *Verkenning ARK-route*, *Doorvoer Lek-Schieland*).

Additionele kwalitatieve effecten

Naast de gemonetariseerde effecten hebben de meeste maatregelen ook verschillende additionele kwalitatieve effecten, waarvan het totale saldo is weergegeven in Tabel 61. In Tabel 62 vallen deze effecten onder de p.m.-post. Dit betreft bijvoorbeeld effecten op de waterkwaliteit, bodemdaling, aquatische biodiversiteit of de leefomgeving. Enkele uitzonderingen daargelaten zijn het vooral positieve effecten. Als ze wel gewaardeerd zouden kunnen worden, mag worden verwacht dat het kosten-batensaldo gunstiger zal uitvallen. In Tabel 63 is de opbouw van deze kwalitatieve effecten samengevat. Er is geen onderscheid tussen de Deltascenario's. Door de kleine verschillen in maatregelen tussen het voorkeurspakket en het alternatieve pakket, zijn ook de kwalitatieve verschillen beperkt (highlight lichtblauw geeft lagere score aan dan andere pakket).

Het alternatieve pakket scoort gemiddeld iets lager dan het voorkeurspakket op de kwalitatieve effecten. De verschillen zijn klein en worden deels verklaard door het kleinere aantal maatregelen in het alternatieve pakket. De verschillen worden toegelicht in Kader 7.

Tabel 63: overzicht samenstelling additionele kwalitatieve effecten Laag-Nederland en Maas (Hoge Zandgronden)

Kwalitatieve effecten positief / negatief					
Voorkeurspakket	leefomgeving & recreatie	aquatiscche natuur	waterkwaliteit	overige scheepvaart	overig
IJsselmeergebied - lage delen	3 plus / -	8 plus / -	11 plus / -	4 plus / -	8 plus / -
Bovenrivieren	1 plus / -	2 plus / -	2 plus / -	- / -	- / 1 min
Benedenrivieren	4 plus / -	5 plus / -	9 plus / -	1 plus / -	13 plus / -
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	1 plus / -	3 plus / -	5 plus / -	- / -	3 plus / 1 min
Maas	3 plus / -	3 plus / -	2 plus / 1 min	2 plus / -	3 plus / -
Totaal	12 plus / -	21 plus / -	29 plus / 1 min	7 plus / -	27 plus / 2 min
Economisch kansrijk pakket	leefomgeving & recreatie	aquatiscche natuur	waterkwaliteit	overige scheepvaart	overig
IJsselmeergebied - lage delen	3 plus / -	7 plus / -	9 plus / -	4 plus / -	6 plus / 1 min
Bovenrivieren	1 plus / -	2 plus / -	2 plus / -	- / -	- / 1 min
Benedenrivieren	3 plus / -	3 plus / -	6 plus / -	- / -	8 plus / -
Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	1 plus / -	3 plus / -	5 plus / -	- / -	3 plus / 1 min
Maas	2 plus / -	2 plus / -	2 plus / -	2 plus / -	2 plus / -
Totaal	10 plus / -	17 plus / -	24 plus / -	6 plus / -	19 plus / 3 min

Om een keuze te maken tussen het voorkeurspakket en het alternatieve pakket moet het gemonetariseerde voordeel van het alternatieve pakket, ruim 100 mln. euro in netto contante waarde¹⁸³ vergeleken worden met een jaarlijks nadeel in kwalitatieve effecten ten opzichte van het voorkeurspakket beschreven in Kader 7. Dit nadeel bestaat uit effecten voor de recreatievaart, waterkwaliteit, aquatische natuur, en overige effecten zoals duurzame energie, bodemdaling, funderingsschade.

¹⁸³ 101 mln. euro gematigde Deltascenario's en 121 mln. euro extremere scenario's

Kader 7: toelichting kwalitatieve verschillen

Recreatie en leefomgeving Toevoeging van de ARK-route ten behoeve van het voorzieningsgebied IJsselmeer betekent een nadeel voor de recreatievaart omdat afhankelijk van de uitvoeringswijze, de Irenesluizen vaker gestremd zullen zijn. Keuze voor hevelend schutten in plaats van circulair pompen bij de Maas betekent een verlies van meerwaarde voor de recreatievaart bij circulair pompen die omslaat in een nadeel. Het nadeel voor de recreatievaart bij hevelend schutten treedt op, doordat de recreatievaart last kan hebben van langere wachttijden maar niet profiteert van hogere vaardiepten. In het benedenrivierengebied vervalt een door de regio opgegeven voordeel van de Bergse diepsluis voor de recreatie. Onduidelijk is echter waaruit deze waarde bestaat. Mogelijk is het een dubbeltelling met het voordeel voor de recreatievaart, dat ook bij scheepvaart beschreven is.
Waterkwaliteit De twee maatregelen die vervallen in het alternatieve pakket (druppelirrigatie en verbeteren bodemstructuur kleigronden) voor het IJsselmeergebied hebben beide een voordeel voor de waterkwaliteit. Dit vervalt in het alternatieve pakket. In het benedenrivierengebied bevat het alternatieve pakket 5 maatregelen minder. Drie ervan hebben een voordeel voor de waterkwaliteit. Bij de Maas heeft het alternatieve pakket een voordeel ten opzichte van circulair pompen. Bij circulair pompen bestaat een risico voor de waterkwaliteit door de hogere watertemperatuur en de verminderde doorstroming. Dit risico vervalt in het alternatieve pakket.
Scheepvaart In het benedenrivierengebied vervalt het voordeel van de Bergse diepsluis voor de recreatievaart. De regio verwacht minder sluisstremmingen voor de recreatievaart als gevolg van de maatregel. Dit is mogelijk een dubbeltelling met het effect bij de recreatieve waarde.
Aquatische natuur In het IJsselmeergebied verdwijnt met het afvallen van de maatregel druppelirrigatie een klein mogelijk voordeel voor de aquatische biodiversiteit. In het benedenrivierengebied bevat het alternatieve pakket 5 maatregelen minder. Twee ervan hebben een voordeel voor de aquatische natuur. Dat is verbetering van de vismigratie voor de Bergse Diepsluis (M104), en de verminderde verzilting als gevolg van Coaster brakwaterwinning polders (M94). In de Maas vervalt het voordeel van de hogere visvriendelijkheid van de circulaire pomp als wordt gekozen voor hevelend schutten.
Overige effecten In het IJsselmeergebied vervallen voordelen van de maatregel verbeteren bodemstructuur voor andere doelen op het gebied van KRW, het Natuurnetwerk Nederland, WB21, Deltaplan Agrarisch Waterbeheer en Klimaatadaptatie. De regio verwacht lagere kosten voor het operationeel waterbeheer bij inzet van beide maatregelen. De toevoeging van de ARK-route doet de kosten voor het operationeel waterbeheer juist stijgen omdat het water opgevoerd moet worden naar het Markermeer. In het benedenrivierengebied vervallen mogelijke positieve effecten op o.a. bodemdaling, kansen voor warmte-koudeopslag, vermindering van het risico op openbarsten van dijken en funderingsschade en wordt de aanvoer robuuster. Bij de Maas vervalt de mogelijkheid energie op te wekken met de circulaire pomp als wordt gekozen voor hevelend schutten.

Kosten-batensaldo zandgronden

Voor de zandgronden (Hoge Zandgronden Zuid, Hoge Zandgronden Oost-Nederland en Zandgronden IJsselmeergebied) is onbekend hoe het voorkeurspakket er precies uit zal komen te zien, doordat gewerkt wordt met een programma dat via een gebiedsproces nader zal worden ingevuld. Daardoor is binnen deze studie geen kosten-batensaldo van een voorkeurspakket voor dit gebied bepaald.

De analyse heeft zich daarom toegespitst op de vraag welke maatregelen kansrijk zijn voor een positief kosten-batensaldo in de *Referentie* en *Stoom* 2050 en op de vraag of het mogelijk is een voorkeurspakket samen te stellen dat na afloop van DP-fase 2 een positief kosten-batensaldo heeft. Deltares heeft daarvoor een modelvertaling van een pakket voor 2050 gemaakt. De potentiële effecten van dit pakket op de grondwaterstanden en de landbouwopbrengsten zijn gebruikt in de beoordeling. Ook zijn deze resultaten gebruikt om te bepalen of de effecten van de maatregelen

voldoende zijn om het investeringsbudget voor DP-fase 2 te rechtvaardigen. Ten slotte is bekeken of het investeringsbudget per hectare voldoende ruimte biedt voor de bekostiging van de aangedragen maatregelen.

Tabel 64: maatregelen die passen in een voorkeurspakket met een positief kosten-batensaldo (voor details kosten en effecten zie hoofdstuk 6 en 7)

ID HZZ	ID ZON	ID IJM	Naam	Eindoordeel HZZ	Eindoordeel ZON/IJM
127	153	48	flexibel peilbeheer	Positief	Positief
128	154	49	beekherstel	Kansrijk*	Twijfel*
129	155	50	regelbare drainage	Kansrijk*	Twijfel*
130	156	51	onderwaterdrainage	Twijfel	Twijfel
131	157	52	sloten dempen	Positief*	Kansrijk*
132	158	53	sloten verondiepen of afdammen	Positief*	Kansrijk*
133	159	54	greppels afsluitbaar maken	Positief*	Kansrijk*
134	160	55	duikers verhogen	Positief*	Kansrijk*
135	161	56	plaatsen stuwen detailwaterlopen beperken	Twijfel*	Negatief*
136	-	-	oppervlakkige afstroming	Negatief	-
137	-	-	aanleg infiltratiegreppel	Positief	-
138	164	59	afkoppelen verhard oppervlak	Kansrijk	Kansrijk
139	165	60	groenblauwe structuren	Niet te bep.	Niet te bep.
140	166	61	waterpartijen omvormen tot wadi's	Niet te bep.	Niet te bep.
141	167	62	ontsteden publiek verhard oppv.	Niet te bep.	Niet te bep.
142	168	63	verbeteren bodemstructuur	Positief*	Kansrijk*
143	169	64	druppelirrigatie	Negatief	Negatief
144	170	65	subirrigatie	Negatief	Negatief
145	171	66	water opvangen in bassins	Negatief	Negatief
146	172	67	bedrijfsgerichte stimuleringspl. [RW]	Kansrijk	Kansrijk
147	173	68	besparen drinkwater	Kansrijk	Kansrijk
148	174	69	hergebruik regenwater	Negatief	Negatief
149	175	70	hergebruik proceswater	Kansrijk	Kansrijk
150	176	71	hergebruik RWZI-effluent	Kansrijk	Kansrijk
151	177	72	functie veranderen in water [RW]	Kansrijk	Kansrijk
152	178	73	naaldbos omzetten	Kansrijk*	Twijfel*
-	-	74	inrichting Beekdal Linde	-	Kansrijk
-	-	75	beekherstel Hunze	-	Kansrijk
-	-	76	inrichting Beekdal Koningsdiep	-	Kansrijk
-	-	77	beekherstel Drentsche Aa	-	Kansrijk

* De beoordeling van Hoge Zandgronden Zuid is positiever dan in Oost-Nederland of IJsselmeergebied. De reden is dat droogterisico per hectare in HZZ groter is. Een vergelijkbare uitrol van de maatregelen in HZZ levert daarom meer effect op dan in overige gebieden, terwijl de kosten per hectare gelijk zijn.

Voor de Hoge Zandgronden Zuid lijkt een pakket met een positief kosten-batensaldo mogelijk. De modelvertaling van een voorkeurspakket laat per hectare voldoende potentie zien, zowel bij de gematigde als de meer extreme klimaatscenario's. Het vermeden (landbouw)droogterisico per hectare ligt hoger dan de kosten per hectare van een groot deel van de maatregelen.¹⁸⁴ Tegelijkertijd lijken de voorgestelde maatregelen niet in staat om onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Het budget dat de regio verwacht nodig te hebben voor DP-fase 2 past bij de ambitie om over 20% van het areaal maatregelen te

¹⁸⁴ Investerings en beheerkosten zijn uitgedrukt in kosten per hectare voor alle individuele maatregelen. De resultaten per hectare zijn vervolgens vergeleken met het vermeden droogterisico per hectare.

implementeren. Er zijn verschillende maatregelen die voor het beschikbare budget per hectare kunnen worden uitgevoerd.

Voor de Hoge Zandgronden Oost-Nederland en de zandgronden in het IJsselmeergebied blijkt dat de potentiële risicoreductie voor landbouw aanzienlijk is, maar dat de baten onvoldoende zijn om de investering te rechtvaardigen in een gematigd scenario als alleen naar de zoetwatereffecten wordt gekeken. De analyse van een modelvertaling laat bij een grootschalige uitrol, per hectare onvoldoende positieve effecten zien. Er is slechts één maatregel beschikbaar (*flexibel peilbeheer*) die in de *Referentie* en gematigde scenario's per hectare lagere kosten heeft dan het berekende effect per hectare. Het effect per hectare is lager dan in de Hoge Zandgronden Zuid, doordat het droogterisico kleiner is en er minder hoogwaardige gewassen worden geteeld. Voor de extremere klimaatscenario's zijn er meer maatregelen die voldoen. Vooralsnog is echter niet duidelijk of een dergelijk scenario ook gaat optreden. Bij een gelijke weging van de scenario's en als alleen wordt gekeken naar de vermeden zoetwatertekorten zijn na de komende DP-fase in 2028 de effecten per hectare voldoende om de kosten van de vier meest kosteneffectieve maatregelen te rechtvaardigen. Deze maatregelen zijn echter niet in staat om onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Het investeringsbudget dat volgens de regio's nodig is voor DP-fase 2 resulteert in kosten per hectare die hoger liggen dan de berekende opbrengst per hectare in de gematigde scenario's en bij een gelijke weging van de scenario's in DP-fase 2. In het *Stoom*-scenario in 2050 liggen de opbrengsten per hectare voor zes maatregelen hoger dan de kosten per hectare. Het investeringsbudget per hectare is wel voldoende om de aanlegkosten van verschillende maatregelen af te dekken.

In bovenstaande is echter geen rekening gehouden met natschade en het feit dat de opbrengst per hectare niet overal even hoog is. Natschade zal de opbrengst kunnen verlagen en de uitrol van gerichte maatregelen over een kleiner gebied met een hoger droogterisico zal de opbrengst per hectare naar verwachting hoger doen uitvallen. Gedeeltelijke uitrol in de komende DP-fase kan dan een positief welvaartssaldo opleveren. Over het effect van gedeeltelijke uitrol en van natschade is echter geen informatie beschikbaar. Ook kan het verstandig zijn eerder te beginnen met uitvoering vanwege de lange doorlooptijd van gebiedsprocessen en de lange reactietijd van het grondwatersysteem. Uitvoering van de modelvertaling van het pakket kan onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur niet voorkomen. Het effect van het modelpakket (gemiddeld over de regio's) is klein in verhouding tot de opgave (circa 30% effect in de huidige situatie en 20% in scenario *Stoom* 2050). Dit betekent dat aanvullende (mogelijk ingrijpendere) maatregelen nodig zijn om onherstelbare schade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Denk hierbij aan herinrichting van het watersysteem, vermindering van grondwateronttrekkingen en het beter vasthouden van winterneerslag.

Gevoeligheidsanalyse resultaten voor discontovoet

Alle analyses zijn om praktische redenen doorgerekend met een discontovoet van 4,5%, terwijl voor drinkwater en natuur een andere discontovoet (3%) wellicht logischer was. Daarnaast is per 1 januari 2021 de standaard discontovoet bijgesteld naar 2,25%. Die informatie was pas na oplevering van het eindconcept bekend. Omdat het effect gunstig zal zijn voor de beoordeling van maatregelen - ze vallen eerder positief uit -, hebben we voor die maatregelen die nu als twijfelgeval zijn of negatief beoordeeld zijn, bekeken of de lagere discontovoet het oordeel kan veranderen. Maatregelen die nu al positief of kansrijk zijn, zullen dat blijven bij een lagere discontovoet. Een gevoeligheidsanalyse van alle maatregelen is niet haalbaar maar ook niet nodig

voor de eindconclusie. Voor Laag-Nederland (incl. Maas) zijn er 8 maatregelen¹⁸⁵ die bij een discontovoet van 4,5% het oordeel negatief of twijfel hebben gekregen en waarvan het oordeel zou kunnen veranderen bij een lagere discontovoet. Aanpassing van de discontovoet naar 3% (discontovoet conform werkgroep discontovoet 2015) en 2,25% (nieuwe discontovoet per 1 januari 2021) heeft een klein effect op de hoogte van de jaarlijkse annuïteit (zie Tabel 65). Aanpassing leidt niet tot significante verbetering van het saldo in de *Referentie2017* of *Stoom 2050*. Het gewogen saldo in 2028 blijft voor al deze maatregelen negatief of er blijft twijfel of de kwalitatieve effecten het saldo de komende DP-fase al positief kunnen maken. Hoewel de absolute resultaten voor het voorkeurspakket en het economisch kansrijke pakket zullen verbeteren, leidt het niet tot een andere samenstelling van het economisch kansrijke pakket.

Tabel 65: gevolgen gebruik andere discontovoet voor maatregelen met oordeel negatief of twijfel

Naam	Effect	Jaarlijkse (meer)kosten 4,5% 3,0% 2,25%	Saldo per jaar Referentie	Saldo per jaar Stoom 2050	Uitkomst analyse
M3. Schutten met spaarbekkens in aanvulling op hevelend schutten (M2)	Ref € 0,02 mln. Stoom € 0,42 mln.	€ 0,26 mln. € 0,20 mln. € 0,17 mln.	- € 0,24 mln. - € 0,18 mln. - € 0,15 mln.	€ 0,16 mln. € 0,22 mln. € 0,25 mln.	Twijfel: pas op termijn bij Stoom of als M2 niet mogelijk blijkt
M4. Circulair pompen	Ref € 0,16 mln. Stoom2050 € 1,88 mln. plus kwalitatief voordeel aquatische biodiversiteit, recreatievaart energiebesparing en nadeel waterkwaliteit	€ 2,60 mln. € 2,27 mln. € 2,12 mln.	-€ 2,42 mln. -€ 2,09 mln. -€ 1,94 mln. +p.m.	-€ 0,57 mln. -€ 0,24 mln. -€ 0,09 mln. + p.m.	Blijft negatief
Optimaliseren waterbeschikbaarheid op bedrijfsniveau: druppelirrigatie (M42,5)	Referentie: € 0,02 mln. Stoom2050: € 0,03 mln. Plus waterkwaliteit, aquatische biodiversiteit	€ 0,05 mln. € 0,04 mln. € 0,04 mln. (5% uitrol)	-€ 0,03 mln. -€ 0,02 mln. -€ 0,02 mln. +p.m.	-€ 0,02 mln. -€ 0,01 mln. -€ 0,01 mln. +p.m.	Blijft vooralsnog negatief
Verbeteren bodemstructuur kleigronden (M44)	Referentie: € 0,29 mln. Stoom2050: € 0,25 mln. Plus waterkwaliteitseffecten, vermindering wateroverlast, en doelen Deltaplan Agrarisch Waterbeheer	€ 0,77 mln. € 0,74 mln. € 0,72 mln.	-€ 0,49 mln. -€ 0,45 mln. -€ 0,43 mln. +p.m.	-€ 0,53 mln. -€ 0,49 mln. -€ 0,47 mln. +p.m.	Blijft twijfelgeval
COASTAR: Case 1 brakwaterwinning polders (M94)	Referentie: € 0,20 mln. Stoom: € 0,16 mln.	€ 0,41 mln. € 0,37 mln. € 0,35 mln.	-€ 0,20 mln. -€ 0,16 mln. -€ 0,14 mln. +p.m.	-€ 0,25 mln. -€ 0,21 mln. -€ 0,19 mln. +p.m.	Blijft twijfel/niet te bepalen

¹⁸⁵ Maatregel M3 Schutten met spaarbekkens is als twijfelgeval beoordeeld. Dit komt doordat er een kosteneffectievere maatregel beschikbaar is: M2 Hevelend schutten. We beoordelen daarom de kosteneffectiviteit van M3 als aanvulling op M2.

Naam	Effect	Jaarlijkse (meer)kosten 4,5% 3,0% 2,25%	Saldo per jaar Referentie	Saldo per jaar Stoom 2050	Uitkomst analyse
	plus voordelen water- kwaliteit, aquatische biodiversiteit, en ove- rige effecten.				
COASTAR: Case 2 brakwater- winning kust(dui- nen) (M95)	Referentie: € 0,37 mln. Stoom: € 0,29 mln. plus voordelen overige effecten.	€ 0,58 mln. € 0,54 mln. € 0,52 mln.	-€ 0,21 mln. -€ 0,17 mln. -€ 0,15 mln. +p.m.	-€ 0,29 mln. -€ 0,25 mln. -€ 0,23 mln. +p.m.	Blijft twijfel/ niet te bepa- len
Hergebruik Efflu- ent: Realisatie Zoetwaterfa- briek Kortenoord (M102)	Referentie: € 0,00 mln. Stoom: € 0,07 mln. plus voordelen water- kwaliteit en overige ef- fecten.	€ 1,74 mln. € 1,58 mln. € 1,50 mln.	-€ 1,74 mln. -€ 1,58 mln. -€ 1,50 mln. + p.m.	-€ 1,67 mln. -€ 1,51 mln. -€ 1,43 mln. + p.m.	Blijft negatief
Doorvoer Lek- Schieland/Krim- penerwaard (M104)	Referentie: € 0,02 mln. - scheep- vaart (€ 0 - 0,09 mln.) Stoom: € 0,39 mln. - scheep- vaart (€ 0 - € 0,17 mln.) plus voordelen verschil- lende overige effecten.	€ 1,20 mln. € 1,06 mln. € 0,99 mln.	-€ 1,18 mln. -€ 1,04 mln. -€0,97 mln. - scheepvaart + p.m.	-€ 0,82 mln. -€ 0,67 mln. -€0,61 mln. - scheepvaart + p.m.	Blijft twijfel
Aanvoerroutes: Beter benutten Bergsluis (M107)	€ 0,02 mln. + voorde- len waterkwaliteit, aquatische biodiversi- teit, en overige effec- ten.	€ 0,15 mln. € 0,13 mln. € 0,12 mln.	-€ 0,13 mln. -€ 0,11 mln. -€ 0,10 mln. +p.m.	-€ 0,13 mln. -€ 0,11 mln. -€ 0,10 mln. +p.m.	Blijft twijfel

Ook voor de Hoge Zandgronden is de gevoeligheidsanalyse gedaan voor de discontovoet. Voor alle maatregelen waarbij of voor de Hoge Zandgronden Zuid, Hoge Zandgronden Oost-Nederland of de zandgronden in het IJsselmeergebied een oordeel twijfel of negatief is afgegeven in de eerste analyse met een discontovoet van 4,5% is bepaald wat de kosten per m³ en de kosten per hectare zouden zijn bij een discontovoet van 2,25%. Hoewel de jaarlijkse annuïteit van de kosten soms flink afneemt (bijv. beekherstel), is het voor geen van de maatregelen voldoende om in een nieuwe categorie terecht te komen. Het oordeel twijfel blijft twijfel en het oordeel negatief blijft negatief.

De analyse laat zien dat de opbouw van de kosten verschilt. Voor maatregelen met een lange levensduur en zonder jaarlijkse operationele en onderhoudskosten is het effect van de aangepaste discontovoet het grootst. Voor maatregelen met een korte levensduur of significante beheer- en onderhoudskosten is het effect minder (bijv. irrigatie en stuwen detailwaterlopen).

Tabel 66: gevolgen gebruik andere discontovoet (4,5% en 2,25%) voor maatregelen Hoge Zandgronden met oordeel negatief of twijfel

Naam	Kosten per m ³ 4,5%	Kosten per m ³ 2,25%	Kosten per ha 4,5%	Kosten per ha 2,25%	Eindoordeel HZZ	Eindoordeel ZON/IJM
beekherstel	€ 0,35	€ 0,20	€ 177	€ 98	Kansrijk	Twijfel
regelbare drainage	€ 0,30	€ 0,25	€ 228	€ 186	Kansrijk	Twijfel
onderwaterdrainage	€ 0,34	€ 0,28	€ 257	€ 209	Twijfel	Twijfel
stuwen detailwaterlopen	€ 0,42	€ 0,38	€ 211	€ 190	Twijfel	Negatief
beperken opp., afstroming	€ 4,26	€ 3,98	€ 852	€ 797	Negatief	-
druppelirrigatie	€ 4,43	€ 4,16	€ 730	€ 685	Negatief	Negatief
subirrigatie	€ 1,95	€ 1,77	€ 608	€ 554	Negatief	Negatief
water opvangen in bassins	€ 2,72	€ 2,50	€ 1631	€ 1499	Negatief	Negatief
hergebruik regenwater	€ 14,34	€ 12,80	n.v.t.	n.v.t.	Negatief	Negatief
naaldbos omzetten	€ 0,75	€ 0,42	€ 133	€ 73	Kansrijk	Twijfel

Onzekerheden in resultaten

De resultaten van de verschillende analyses zijn omgeven met onzekerheden. Die onzekerheden hebben verschillende oorzaken, waaronder:

- Het ontbreken van gekwantificeerde effecten;
- Beperkingen in de modellen en modelresultaten;
- Onzekerheden in klimaatscenario's;
- Spreiding van de droogtegebeurtenissen;
- Pragmatische vereenvoudigingen in de analyse;
- Onzekerheid in de kosteninschattingen.

De mate van onzekerheid kan soms worden aangegeven, maar is vaak ook niet bekend. Zo weten we dat de onzekerheid in de kosteninschattingen in deze fase vaak plus of min 50% is, en dat de inschatting van de effecten onzekerder is dan de kosteninschatting. Hoe groot de onzekerheid in de modellen en effecten precies is, is echter niet bekend. Enkel dat de ene methodiek nauwkeuriger is dan de andere. Hierdoor is het niet mogelijk een resulterende bandbreedte voor al de onzekerheden aan te geven. Alleen een indicatie per type effect of per gebruikte methodiek is mogelijk met de huidige kennis en informatie.

Ontbreken van gekwantificeerde effecten

Een potentieel grote onzekerheid ontstaat als een effect niet meegenomen is, maar wel invloed heeft. In deze economische analyse zijn de effecten voor droogte- en verziltingsschade voor de landbouw, het droogterisico voor de scheepvaart, de industrie en drinkwatersector gemonetariseerd. Dit was mogelijk doordat voor deze functies het waterinstrumentarium de hydrologische effecten bepaalt en er effectmodules ontwikkeld zijn om de hydrologische effecten te moneteriseren. Alle kwadranten in het kwadrantenmodel kunnen gevuld worden. Voor de natuur is het droogterisico voor het eerst gekwantificeerd, maar is nog de nodige ontwikkeling nodig om de fysieke effecten (Q2¹⁸⁶) in natuurschade uit te drukken. Natuur is dan alsnog niet goed vergelijkbaar met de gemonetariseerde effecten. Van stedelijke effecten, het risico voor infrastructuur en natschade is bekend dat de effecten groot kunnen zijn, maar voor deze effecten is nog geen geschikt analyse-instrumentarium beschikbaar. De vertaalslag van de klimaat effecten

¹⁸⁶ Zie kwadrantenmethodiek paragraaf 2.2

naar fysieke effecten (Q2) is niet bekend. Daardoor is het ook niet mogelijk de economische effecten (Q3) te bepalen. Het droogterisico is dan ook geen onderdeel van de economische analyse. Bovendien vallen deze gebruiksfuncties onder de verantwoordelijkheid van het DPRA.

Wel is voor verschillende maatregelen door de regio kwalitatief aangegeven of een positief of negatief effect verwacht mag worden. Deze beoordeling is getoetst door het ECKB.

Deze kwalitatieve beoordeling is waar mogelijk en relevant meegewogen in de beoordeling van de maatregel. Kwalitatieve effecten op stedelijk gebied zijn vooral te vinden op de Hoge Zandgronden. Voor Laag-Nederland zijn maatregelen vooral gericht op het niet-stedelijk gebied. Als een maatregel geen kwalitatief effect heeft op het stedelijk gebied, infrastructuur et cetera dan heeft het ontbreken van de kwantificering geen effect op de resultaten van de maatregelbeoordeling. Als een maatregel al kansrijk of positief beoordeeld is aan de hand van de gemonetariseerde effecten en het effect op het stedelijk gebied of infrastructuur is positief dan zal het ontbreken van deze effecten evenmin invloed op het oordeel hebben.

Samenvattend verwachten we dat het niet meenemen van de effecten voor het stedelijk gebied, infrastructuur en natschade vanwege de samenstelling van de pakketten vooral invloed zou kunnen hebben op de conclusies voor de Hoge Zandgronden. Daarom is bij maatregelen gericht op het stedelijk gebied soms noodgedwongen aangegeven dat de beoordeling niet te maken is en bij maatregelen waarbij natschade een rol kan spelen het ontbreken van dit effect benoemd.

Beperkingen in de modellen en modelresultaten

Niet alle effecten die gemonetariseerd konden worden, zijn even nauwkeurig bepaald. Dit heeft te maken met de kwaliteit van de hydrologische modellering. Het ene model is gedetailleerder en uitgebreider gevalideerd dan het andere. Voor elke maatregel hebben we de meest nauwkeurige beschikbare modelresultaten gebruikt, maar niet voor alle maatregelen waren nauwkeurige modellen beschikbaar, waardoor we soms moesten kiezen voor een minder nauwkeurig (quick scan) model of een afschattingsmethodiek. Daarom laten we in verschillende figuren en tabellen de verschillende categorieën qua mate van validatie en nauwkeurigheid zien.

Dit is de eerste keer dat natuur (grondwaterafhankelijke natuur en riviernatuur) in deze mate van detail wordt meegenomen in een economische analyse voor zoetwatermaatregelen. Hierdoor kwamen er ook verbeter- en ontwikkelpunten naar boven. Het uitdrukken van effecten in natuurlinies was bijvoorbeeld nog niet mogelijk en evenmin het combineren van de resultaten voor grondwaterafhankelijke natuur en riviernatuur. Verdere ontwikkeling en validatie van de methodes is dan ook gewenst.

In de economische analyse zijn niet alle industriegebieden geanalyseerd doordat de berekening van het verziltingseffect voor West-Nederland niet als voldoende betrouwbaar wordt beschouwd. Voor het totale droogterisico in 2050 betekent dit een onderschatting van mogelijk 1 mln. euro.¹⁸⁷ Voor de beoordeling van de maatregelen heeft dit weinig effect. Gebieden die niet konden worden meegenomen hebben ook geen specifiek op de industrie gerichte maatregelen ingediend. Wel zou de industrie in deze gebieden kunnen profiteren van enkele algemene maatregelen. De

¹⁸⁷ Een schatting op basis van de verwachte extra benodigde reservecapaciteit in scenario *Warm* volgens KWR zou uitkomen op een droogterisico van maximum € 4 mln. voor heel Nederland. Onze inschatting exclusief enkele industriegebieden komt uit op € 3 mln.

effecten van maatregelen waarvoor dit geldt, zijn bepaald met de kental/benchmarkmethodiek waardoor ook het effect voor de industrie impliciet bepaald is.

Hoe groot de totale modelonzekerheid is, is niet bekend. Dit betekent dat deze economische analyse bruikbaar is om het meest kansrijke pakket en maatregelen te identificeren, maar dat voor besluitvorming over daadwerkelijke investering, per maatregel een verdiepingsslag nodig is. De rapportage over de effectmodules geeft meer informatie over de specifieke onzekerheden in de analyse van de effectmodules en de betrouwbaarheid.¹⁸⁸

Onzekerheden in Deltascenario's

Deltascenario's zijn plausibele toekomsten maar geen zekere toekomsten. De werkelijke toekomst zal hoogstwaarschijnlijk anders uitpakken dan elk van de bekende scenario's. Er kan geen kans worden verbonden aan het optreden van elke scenario. We kijken daarom naar het rendement van maatregelen bij verschillende scenario's.

Aanpassingen aan het systeem die geen onderdeel zijn van de Deltascenario's, zijn niet meegewogen in de economische analyse. Het effect hiervan op het droogterisico kan in principe groot zijn. Het optreden van autonome teeltaanpassing in de landbouw is in onze ogen de belangrijkste ontwikkeling die niet meegeteld is en wel het droogterisico kan beperken. Vandaar dat een belangrijke aanbeveling is om de gevoeligheid voor teeltaanpassing te onderzoeken. Dit was niet mogelijk binnen deze studie, aangezien het Nationaal Water Model en de Effectmodule Landbouw hier nog geen mogelijkheid voor bieden.

Aanpassingen in het systeem die wel zijn meegenomen stoelen ook op noodzakelijke aannames. Er is bijvoorbeeld – op advies van het CPB op de analyse in de vorige DPZW-fase - aangenomen dat boeren hun beregeningsbeleid aanpassen in reactie op klimaatverandering. Dit vertaalt zich in (onzekere) aannames over het potentieel beregend areaal en werkt significant door in het berekende landbouwisico.

Spreiding van de droogtegebeurtenissen

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 wordt gewerkt met een 100-jarige klimaatreeks in plaats van een aantal extreme jaren of een gemiddeld jaar. Hierdoor wordt de verwachtingswaarde van het droogterisico nauwkeuriger bepaald dan in eerdere economische analyses zoetwater. Per jaar kan het economische effect van droogte sterk afwijken van de gemiddelde verwachtingswaarde. De bandbreedte in de resultaten die hierdoor ontstaat, is getoond in paragraaf 11.2.

Pragmatische vereenvoudigingen van analyse

In de economische analyse is een groot aantal maatregelen geanalyseerd. Daardoor moesten in de analyse vereenvoudigingen worden doorgevoerd en is de diepgang van de analyse per maatregel beperkt. Enkele voorbeelden van vereenvoudigingen zijn:

- Voor maatregelen waarvoor geen effecten konden worden bepaald met het hydrologisch instrumentarium is een benchmark (euro/m³) gebruikt. Deze benchmark is gebruikt om de waarde te monetariseren van zoet water dat als gevolg van de maatregel extra beschikbaar is. De benchmarkwaarde is voor elke regio gebaseerd op de gemiddelde

¹⁸⁸ Deltares (2019), Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte

opbrengst van een kuub vermeden watertekort in de landbouw in die regio, maar ook gebruikt voor een kuub die wordt ingezet voor natuur of het stedelijk gebied. Dit is een grove benadering met een grote onzekerheidsbandbreedte. Hoe groot de onzekerheid is, kan niet worden aangegeven. Daarvoor is vergelijking met bijvoorbeeld resultaten van het waterinstrumentarium nodig en die zijn er juist niet. Er wordt daarom aanbevolen deze aanpak te toetsen.

- Voor de berekening van het droogterisico voor de drinkwater en industrie zijn analyses uitgevoerd voor concentraties carbamazepine (medicijn). Deze zijn gebruikt ter vervanging van de toetswaarde voor bromide, die niet goed gemodelleerd kan worden met het instrumentarium. De signaalwaarde voor carbamazepine wordt volgens de analyses nu al extreem vaak overschreden op locaties aan de Lek. Als sprake zou zijn van een toetswaarde in plaats van een signaalwaarde dan zou de inlaat bijna voortdurend gesloten zijn. Dit zou kunnen betekenen dat het gebruik van carbamazepine als vervanging voor bromide of het instrumentarium niet erg nauwkeurig is. Voor de conclusies van deze economische analyse maakt dit weinig verschil omdat geen van de onderzochte maatregelen gericht is op een van de drinkwaterinlaatpunten waar carbamazepine maatgevend was.
- De analyse heeft zich beperkt tot maatregelen die gedurende het project door de regio of RWS zijn benoemd. Dit was een groot aantal zodat geen ruimte was om daarnaast aanvullende maatregelen te onderzoeken. Niet kan worden uitgesloten dat er andere kosteneffectievere maatregelen zijn. Als dat zo is dan kan dat gevolgen hebben voor de analyse. Kanshebbers hiervoor zijn teeltaanpassing en vermindering van grondwateronttrekking bij droogte. Aanbevolen wordt om te onderzoeken welke maatregelen die nog niet onderzocht zijn een hoger welvaartsaldo zouden kunnen opleveren. Aan de andere kant zijn de regio's goed op de hoogte van de lokale problematiek en mogelijkheden.

Onzekerheid in de kosteninschattingen

Niet alleen de effecten maar ook de kosten zijn met de nodige onzekerheden omgeven. Van de kosteninschatting weten we dat deze gemiddeld een betrouwbaarheidsinterval hebben van $\pm 50\%$. Dit is gebruikelijk voor kostenramingen in deze fase van beleidsvoorbereiding en besluitvorming.

In dit hoofdstuk worden de hoofdconclusies samengevat en aangevuld met aanbevelingen voor verder onderzoek.

12.1 HOOFDCONCLUSIES

Het Deltaprogramma heeft als opdracht Nederland structureel te beschermen tegen hoogwater en duurzaam te voorzien van voldoende zoet water met als doel een klimaatbestendige, veilige en aantrekkelijke inrichting van ons land. De strategieën die hiertoe moeten leiden, bestaan uit een samenhangend geheel van fysieke maatregelen en beleidsinstrumenten dat erin voorziet dat de juiste hoeveelheid en kwaliteit zoet water op de juiste locaties aanwezig is.

Doordat de vraag naar zoetwater toeneemt en het klimaat verandert staat deze zoetwatervoorziening in Nederland steeds vaker onder druk. Om in de toekomst weerbaar te zijn tegen droogte zijn de zoetwaterregio's en Rijkswaterstaat op basis van de knelpuntenanalyse aan de slag gegaan met het identificeren van additionele maatregelen. Ter onderbouwing van het geïdentificeerde maatregelenpakket startte de Economische analyse Zoetwater eind 2018 met de volgende vragen:

1. Wat zijn de economische effecten van veranderende waterschikbaarheid in de verschillende Deltascenario's?
2. Welke zoetwatermaatregelen zijn vanuit maatschappelijk welvaartsperspectief het meest voordelig? En wat is het te verwachten welvaartseffect van het voorgestelde maatregelenpakket?

De volgende paragrafen geven antwoord op deze vragen.

12.1.1 Economische effecten van veranderende waterschikbaarheid

Referentie

In de *Referentie* (het huidige klimaat) is het droogterisico voor Nederland ongeveer 370 miljoen euro per jaar (prijsspeil 2020, excl. btw). Dit bestaat uit een risico van 66 miljoen euro voor scheepvaart en 305 miljoen euro voor landbouw. Het risico voor de overige sectoren (drinkwater, industrie) is kleiner dan 1 miljoen euro. Het risico voor natuur is niet gemonetariseerd maar kwalitatief beschouwd. Het gaat daarbij vooral om de weerbaarheid van de grondwaterafhankelijke natuur die onvoldoende is om perioden van droogte goed te doorstaan.

Gematigde scenario's

De gematigde Deltascenario's *Rust* en *Druk* leveren per saldo geen tot een kleine verandering in economisch effect op ten opzichte van de *Referentie*. Voor de landbouw kan in *Druk* en *Rust* 2050 een klein positief economisch effect of een reductie van het risico ontstaan. Het gaat om een voordeel voor de Hoge Zandgronden en het IJsselmeergebied en daardoor voor heel Nederland.

De scheepvaart loopt een extra risico tussen 10 – 15 miljoen euro per jaar, vooral door de toename van het vervoer, niet per se door het vaker optreden van lage(re) waterstanden. Voor de

drinkwatersector en industrie blijft het risico gelijk aan de *Referentie*. De grondwaterafhankelijke natuur gaat er in de gematigde scenario's op vooruit.

Extremere klimaatscenario's

De extremere klimaatscenario's *Stoom* en *Warm* hebben een negatief economisch effect op alle sectoren. Het droogterisico neemt met ongeveer 65% toe in 2050 ten opzichte van de *Referentie*. Voor de landbouw neemt het risico toe met 155-165 miljoen euro in 2050. Alle gebieden voelen de gevolgen van meer droogte en zoutstress. Met name op de Hoge Zandgronden en in het IJsselmeergebied gaat het om een extra risico van meer dan 40 miljoen euro en rond de 70 miljoen euro per jaar. Een groot deel van het risico bestaat uit de extra kosten voor beregening. Deze bedragen gemiddeld 65 miljoen euro per jaar extra ten opzichte van de *Referentie* in 2050.

Ten opzichte van de *Referentie* kan het risico voor de scheepvaart oplopen met 65-70 miljoen euro per jaar in 2050, vooral door de toename van laagwatergebeurtenissen die de groei van de scheepvaart hindert. Voor de drinkwatersector is er een beperkte toename van het risico met ongeveer 10 miljoen euro en voor de industrie met zo'n 3 miljoen euro in 2050. De grote industriegebieden in West-Nederland met uitzondering van het Brielse Meer zijn echter nog niet meegenomen in de analyse, wat waarschijnlijk een onderschatting oplevert. De grondwaterafhankelijke natuur profiteert net als in gematigde scenario's. Tegelijkertijd neemt de kans op zeer lage zomergrondwaterstanden met onherstelbare schade aan grondwaterafhankelijke natuur significant toe.

12.1.2 Zoetwatermaatregelen kansrijk vanuit maatschappelijk welvaartspectief

Zoetwatermaatregelen Laag-Nederland en Maas

Om een oordeel te geven over de zoetwatermaatregelen die vanuit maatschappelijk welvaartspectief verstandig zijn, zijn alle te beoordelen maatregelen uit de voorkeurspakketten beschouwd. De meeste maatregelen die zijn voorgesteld door de regio's zijn kansrijk te noemen of lijken op basis van de beschikbare analyses een positief kosten-batensaldo te hebben. Dit betekent overigens niet dat de maatregelen (volledig) door de overheid gefinancierd moeten worden. De resultaten van het pakket als totaal zijn ook positief, zowel in het huidige klimaat en de Deltascenario's *Druk* en *Stoom* in 2050, en na afloop van DP-fase 2 in 2028.

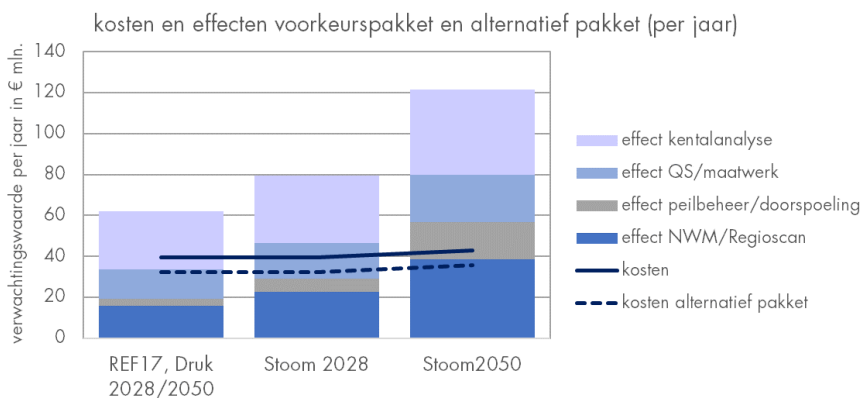
De meeste effecten hebben betrekking op vermindering van de droogteschade voor de landbouw. De beregeningstekorten, peilbeheer en/of doorspoeltekorten nemen af en ook de natuur profiteert van de vermindering van de tekorten. Soms is een maatregel gericht op de industrie en drinkwatersector. Behalve de maatregelen op de Maas zijn er geen maatregelen die erop gericht zijn het risico van de (beroeps)scheepvaart te verminderen. Wel is soms sprake van een klein negatief effect.

Voor drie voorzieningsgebieden (IJsselmeergebied, Hoge Zandgronden voor wat betreft het deel met aanvoer uit de Maas, en de Benedenrivieren) is ook het effect bepaald van een pakket dat enkel bestaat uit als economisch kansrijk beoordeelde maatregelen. Dit gaat om kleine aanpassingen in vergelijking met het totaal aantal maatregelen, omdat de meeste maatregelen in het voorkeurspakket als economisch kansrijk zijn gekwalificeerd, en er weinig aanvullende economisch kansrijke maatregelen bekend zijn. Dit alternatieve pakket heeft een iets hoger gemonetariseerd saldo en een iets betere baten-kostenverhouding, doordat de effecten ongeveer even groot zijn, maar de kosten van het alternatieve pakket wat lager liggen. Voor de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer en het Bovenrivierengebied is geen alternatief pakket met

een hoger saldo opgesteld, omdat alle maatregelen een positief saldo hadden en er geen maatregelen bekend zijn die niet in het voorkeurspakket zaten en wel als economisch kansrijk beoordeeld zijn.

Naast de gemonetariseerde effecten hebben de meeste maatregelen ook verschillende additionele kwalitatieve effecten, die nog niet zijn meegewogen in het kosten-batensaldo. Dit betreft bijvoorbeeld effecten op waterkwaliteit, bodemdaling, aquatische biodiversiteit of de leefomgeving. Enkele uitzonderingen daargelaten betreft het vooral positieve effecten. Als ze wel gewaardeerd zouden kunnen worden, mag worden verwacht dat het kosten-batensaldo gunstiger zal uitvallen. Door de kleine verschillen in maatregelen tussen het voorkeurspakket en het alternatieve pakket, zijn ook de verschillen in kwalitatieve effecten beperkt. Het alternatieve pakket scoort gemiddeld iets lager dan het voorkeurspakket op de kwalitatieve effecten. De verschillen zijn klein en worden deels verklaard door het kleinere aantal maatregelen in het alternatieve pakket. Geen van beide pakketten kan het huidige of toekomstige droogterisico volledig voorkomen, alleen verminderen.

Niet alle gemonetariseerde effecten zijn even nauwkeurig bepaald. Daarom laten we in Figuur 102 de mate van validatie zien. Helderblauw en grijs hebben de hoogste mate van validatie, vervolgens lichtblauw en tenslotte paarsblauw.



Figuur 102: kosten en effecten voorkeurspakket en alternatief pakket

Maatregelen zandgronden

Voor de zandgronden (Hoge Zandgronden Zuid, Hoge Zandgronden Oost-Nederland en Zandgronden IJsselmeergebied) is onbekend hoe het voorkeurspakket er precies uit zal zien, doordat gewerkt wordt met een programma dat via een gebiedsproces nader zal worden ingevuld. Daardoor is geen kosten-batensaldo van het voorkeurspakket bepaald.

De analyse heeft zich daarom toegespitst op de vraag welke maatregelen kansrijk zijn voor een positief kosten-batensaldo. Deltares heeft daarvoor een modelvertaling van een pakket voor 2050 gemaakt. De potentiële effecten van dit pakket op de grondwaterstanden en de landbouwopbrengsten zijn gebruikt in de beoordeling. Ook zijn deze resultaten gebruikt om te bepalen of de effecten van de maatregelen voldoende zijn om het investeringsbudget voor DP-fase 2 te rechtvaardigen. Ten slotte is bekeken of het investeringsbudget per hectare voldoende ruimte biedt voor de bekostiging van de aangedragen maatregelen.

Voor de Hoge Zandgronden Zuid lijkt een pakket met een positief kosten-batensaldo mogelijk. De modelvertaling van een voorkeurspakket laat per hectare voldoende potentie zien, zowel bij de gematigde als de meer extreme klimaatscenario's. Het vermeden droogterisico per hectare ligt hoger dan de kosten per hectare van een groot deel van de maatregelen. Tegelijkertijd lijken de voorgestelde maatregelen niet in staat om onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Het budget dat de regio verwacht nodig te hebben voor DP-fase 2 past bij de ambitie om over 20% van het areaal maatregelen te implementeren. Er zijn verschillende maatregelen die voor het beschikbare budget per hectare kunnen worden uitgevoerd.

Voor de Hoge Zandgronden Oost-Nederland en de zandgronden in het IJsselmeergebied blijkt dat de potentiële risicoreductie voor landbouw aanzienlijk is, maar dat de baten onvoldoende zijn om de investering te rechtvaardigen in een gematigd scenario als alleen naar de zoetwatereffecten wordt gekeken. De analyse van een modelvertaling laat bij een grootschalige uitrol, per hectare onvoldoende positieve effecten zien. Er is slechts een maatregel beschikbaar (flexibel peilbeheer) die in de *Referentie* en gematigde scenario's per hectare lagere kosten heeft dan het berekende effect per hectare. Het effect per hectare is lager dan in de Hoge Zandgronden Zuid, doordat het droogterisico kleiner is en er minder hoogwaardige gewassen worden geteeld. Voor de extremere klimaatscenario's zijn er meer maatregelen die voldoen. Vooralsnog is echter niet duidelijk of een dergelijk scenario ook gaat optreden. Bij een gelijke weging van de scenario's en als alleen wordt gekeken naar de vermeden zoetwatertekorten zijn na de komende DP-fase in 2028 de effecten per hectare voldoende om de kosten van de vier meest kosteneffectieve maatregelen te rechtvaardigen. Deze maatregelen zijn echter niet in staat om onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Het investeringsbudget dat volgens de regio's nodig is voor DP-fase 2 resulteert in kosten per hectare die hoger liggen dan de berekende opbrengst per hectare in de gematigde scenario's en bij een gelijke weging van de scenario's in DP-fase 2. In het *Stoom*-scenario in 2050 liggen de opbrengsten per hectare voor zes maatregelen hoger dan de kosten per hectare. Het investeringsbudget per hectare is wel voldoende om de aanlegkosten van verschillende maatregelen af te dekken.

Geen rekening is echter gehouden met natschade en het feit dat de opbrengst per hectare niet overall even hoog is. Natschade zal de opbrengst kunnen verlagen en de uitrol van gerichte maatregelen over een kleiner gebied met een hoger droogterisico zal de opbrengst per hectare naar verwachting hoger doen uitvallen. Gedeeltelijke uitrol in de komende DP-fase kan dan een positief welvaartssaldo opleveren. Over het effect van gedeeltelijke uitrol en van natschade is echter geen informatie beschikbaar. Ook kan het verstandig zijn eerder te beginnen met uitvoering vanwege de lange doorlooptijd van gebiedsprocessen en de lange reactietijd van het grondwatersysteem. Uitvoering van de modelvertaling van het pakket kan onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur niet voorkomen. Ook dit vraagt om gerichtere investeringen.

12.2 AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Gedurende het onderzoek van de Economische analyse Zoetwater is al een aantal aanbevelingen gedaan. Binnen de doorlooptijd van de studie was het niet mogelijk deze aanbevelingen tijdens

de uitvoering op te pakken.¹⁸⁹ De eerdere aanbevelingen komen daarom terug in de aanbevelingen van de eindrapportage.

1. De resultaten van de nieuwe effectmodules riepen soms vragen op die niet volledig konden worden verklaard op basis van de beschikbare informatie. Verschillende aanbevelingen gaan daarom in op nadere detaillering van de modules of van de resultaten.
 - a) Voor de verschillende Deltascenario's kunnen de resultaten in potentiële opbrengst voor de landbouwgewassen niet volledig worden verklaard zonder dieper in de uitgangspunten in AGRICOM te duiken. Zo zien we dat bepaalde gewassen positief reageren op temperatuur, maar andere juist niet. Aanbevolen wordt hiervoor een korte onderzoeksoopdracht uit te zetten bij modelspecialisten gericht op inzicht/validatie over hoe bepalende parameters het gedrag in gewasopbrengst bepalen in de scenario's. Ook kan afgewacht kan worden of de Waterwijzer Landbouw als opvolger van AGRICOM dit probleem oplost of dat hiervoor eenzelfde aanbeveling geldt.
 - b) Het gebruik van de term potentiële opbrengst bij de berekening van het landbouwriscico roept veel op. Bovendien is het mogelijk dat bij het oplossen van alle watertekorten niet de hele opbrengstderving (potentiële – actuele opbrengst) voorkomen zal worden. In een situatie zonder droogte of verzilting is er immers altijd nog het risico op ziekten of vernattingsschade als gevolg waarvan de actuele en potentiële opbrengst verminderen. Aanbevolen wordt vervolgonderzoek te initiëren om te bepalen hoe groot de actuele en potentiële opbrengst zouden kunnen zijn als rekening gehouden wordt met vooral vernattingsschade. Het effect wordt nu constant verondersteld.
 - c) In zijn algemeenheid bleek tijdens het onderzoek dat er meer behoefte is aan 'proefberekeningen' voor de verschillende risico's. De wens om deze proefberekeningen toe te voegen aan de rapportage is door het onderzoeksteam en de begeleidingsgroep benoemd. Meer inzicht in de AGRICOM/prijsstool, BIVAS en op sommige punten ook in de hydrologische modellen kunnen een betere duiding van de resultaten ondersteunen.
 - d) Er zijn vragen of BIVAS het gedrag van schippers voldoende goed modelleert. Het lijkt alsof er voorkeur wordt gegeven aan omvaren terwijl varen met een iets lagere beladingsgraad meer voor de hand ligt. Aanbevolen wordt dit te onderzoeken en eventueel de BIVAS-resultaten aan te passen. Ook zou een correctie kunnen worden gedaan om tijdelijke opslagkosten toe te voegen wanneer vracht via een andere modaliteit vervoerd wordt. Daarnaast laat de ruimtelijke interpretatie van de resultaten te wensen over wat het duiden (en uitleggen) van de effecten van maatregelen bemoeilijkt.
 - e) Voor drinkwater leiden de berekeningen voor de concentratie carbamazepine ook in de *Referentie* al tot een hoog aantal overschrijdingsdagen. Een verklaring hiervoor is dat de concentratie carbamazepine nu gebruikt wordt als signaalwaarde. Dit betekent niet dat feitelijk sprake is van een innamestop. Aanbevolen wordt te onderzoeken of

¹⁸⁹ Zie ook definitieve versie effectmodule rapportage Deltares voor aanbevelingen.

de concentraties op termijn in de praktijk daadwerkelijk problemen kunnen geven, omdat bij een groeiende bevolking en toenemend medicijngebruik de concentraties verder zullen stijgen.

- f) Over de mate van onzekerheid van de verschillende effectmodules en van het hydrologisch instrumentarium is weinig informatie bekend. Hierdoor kunnen geen bandbreedtes worden getoond van de analyses en is het lastig een inschatting te maken van de robuustheid van de conclusies. Hoewel wordt getwijfeld over de haalbaarheid van het bepalen van de totale mate van onzekerheid voor de resultaten, wordt aanbevolen te onderzoeken hoe groot de mate van onzekerheid van verschillende instrumenten is en wat dat betekent voor de conclusies die getrokken worden uit de resultaten van de verschillende instrumenten. Kan alleen de hoogte van de uitkomst veranderen of bijvoorbeeld ook de ranking van de maatregelen?
2. Hoewel het gebruik van de nieuwe effectmodules en het zoetwaterinstrumentarium een belangrijke verbeteringstap betekent voor deze MKBA, zijn er nog steeds effecten die ontbreken of kunnen worden verbeterd. Het gaat dan om vernattingsschade, effecten voor de glastuinbouw, verzilting in West-Nederland, het effect van droogte op infrastructuur en gebouwen, hittestress en bodemdaling. Aanbevolen wordt hiervoor mogelijk samen met het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie effectmodules te ontwikkelen.
- a) Vernattingsschade is nog geen onderdeel van het gebruikte zoetwaterinstrumentarium, maar kan als gevolg van verschillende zoetwatermaatregelen wel toenemen, bijvoorbeeld voor de maatregelen op de Hoge Zandgronden die het grondwaterpeil verhogen.
 - b) Teelt onder glas valt buiten de scope van de analyse, terwijl een niet onbelangrijk deel van de glastuinbouw gebruik maakt van oppervlaktewater als aanvulling op regenwater. Deze bron komt door klimaatverandering onder druk te staan. Dit knelpunt zou moeten worden betrokken in de analyse, zowel in de hydrologische effecten als in bedrijfseconomisch relevante termen (bedrijfsrendement, inkomen) en droogterisico, bijvoorbeeld via een effectmodule voor de glastuinbouw.
 - c) Het risico voor de industrie in West-Nederland als gevolg van verzilting kan niet goed bepaald worden. Hiervoor moeten de fysieke processen nauwkeuriger worden gemodelleerd. Alleen voor het Brielse Meer is een aanvullende studie gedaan door Deltares. Aanbevolen wordt te onderzoeken of verdere modellering binnen een van de volgende fases wel mogelijk is, aangezien het gaat om een grote proceswatervraag in een gebied dat gevoelig is voor klimaatverandering.
 - d) Voor stedelijke functies, schade aan infrastructuur en hittestress bestaan er nog geen goede hydrologische modellen of effectmodules. Aanbevolen wordt dat het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie en het Deltaprogramma Zoetwater hiervoor instrumenten laten ontwikkelen omdat het economische effect hiervan wel zeer groot kan zijn. Er raakt steeds meer bekend over het effect van droogte op funderingen. Dit zou in de toekomst meegenomen kunnen worden in een economische analyse. Hoewel deze zaken vallen onder het programma

Ruimtelijk Adaptatie, wordt aanbevolen de effecten over en weer op te nemen in de definitieve rapportages zodat duidelijk is hoe groot de zoetwater risico's zijn ten opzichte van de risico's die onder de scope van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie vallen.

3. Dit is eerste keer dat natuur in deze mate van detail wordt meegenomen in de economische analyse. De effecten zijn nog niet volledig in beeld gebracht en evenmin zijn de toename en afname van de grondwaterafhankelijke natuur en de natuur in de grote rivieren onder een (vergelijkbare) noemer (als gehanteerd voor de andere sectoren) gebracht. Verdere ontwikkeling en validatie van de methodes is dan ook gewenst. De ontwikkeling van de Waterwijzer Natuur zou ertoe moeten leiden dat resultaten kunnen worden uitgedrukt in natuurlinies en dat resultaten voor grondwaterafhankelijke natuur en riviernatuur kunnen worden gecombineerd. Meer onderzoek is ook nodig naar de gevolgen van droogte op de natuur. Over de kwetsbaarheid van grondwaterafhankelijke natuur voor droogte is nog weinig bekend, terwijl het Deltaprogramma Zoetwater wel verantwoordelijk wordt gesteld voor het weerbaar maken van de huidige natuur tegen droogte en het voorkomen van een verdere achteruitgang in ecologische waarde als gevolg van klimaatverandering en toenemend watergebruik. Het Deltaprogramma heeft dus een opgave die nog niet uitgedrukt kan worden in een heldere maatstaf. Wanneer is de opgave voldoende uitgevoerd? In overleg met grondwater en natuurexperts is gedurende deze studie een pragmatische definitie gehanteerd. Er is echter nog veel onderzoek nodig om de gevolgen van droogte en condities waaronder onomkeerbare schade optreedt te doorgronden.
4. Om de effecten van een zo'n groot pakket aan diverse maatregelen door te rekenen is gedurende het proces een heuristische aanpak ontwikkeld om relatief snel maatregelen op vergelijkbare wijze te beoordelen ondanks verschillen in hoeveelheid informatie, data, modelresultaten etc. Hierdoor kan toch een eerste indruk worden gegeven van de kosteneffectiviteit en de kansrijkheid van een pakket met een zo groot aantal uiteenlopende maatregelen. Door het tempo waarin deze aanpak ontwikkeld is en de complexiteit ervan, is er nog winst te behalen als de aanpak verder uitgedragen en getoetst wordt. Mogelijk is deze aanpak breder toepasbaar, met name omdat het ook in de toekomst niet waarschijnlijk is dat alle maatregelen individueel en als pakket met het waterinstrumentarium kunnen worden geanalyseerd. Aanbevolen wordt de hoogte van de gebruikte benchmark te onderzoeken en te verifiëren en inzicht te vergaren in de nauwkeurigheid van de aanpak.
5. Door de omvang van het maatregelenpakket dat door de regio's is aangedragen, is gekozen om de analyse te beperken tot de aangeleverde regiomaatregelen. Dit betekent dat er geen energie is gestoken in het verzamelen van aanvullende maatregelen of een ander type maatregel dat een hoger welvaartsaldo zou kunnen opleveren. Aanbevolen wordt om in een vervolg te onderzoeken welke aanvullende en andere types beleidsmaatregelen een positief welvaartsaldo zouden kunnen opleveren. Te denken valt bijvoorbeeld aan specifieke maatregelen gericht op de scheepvaart. Hoewel de scheepvaart te maken heeft met een niet onaanzienlijk droogterisico zijn enkel de schutmaatregelen Maas hierop gericht. Ook andere soorten maatregelen zouden gunstig kunnen uitpakken, bijvoorbeeld vermindering van grondwateronttrekkingen door drinkwaterbedrijven of industrie in perioden van droogte en aanpassing van de teelten. De maatregelen uit het

voorkeurspakket gericht op grondwateraanvulling lijken het knelpunt voor natuur in droge periodes maar beperkt te kunnen verminderen doordat de onttrekking door landbouw- en drinkwaterbedrijven dan juist toenemen. Andere maatregelen zouden kosteneffectiever kunnen zijn.

6. Aanbevolen wordt om in een vervolganalyse tijd in te ruimen om gevoeligheidsanalyse te doen naar de effecten van klimaatadaptatie (vernatting veengebieden) en het *Druk-Parijs* scenario, toe- of afname van het berekend areaal, en invoer van bijvoorbeeld droogteverzekeringen, aanpassing van de grondwateronttrekking en van de teelten.
7. De uitvoering van de Economische analyse Zoetwater heeft een lange doorlooptijd en veel iteraties nodig gehad. Een deel is niet te voorkomen bij doorrekening met het zoetwaterinstrumentarium, het grote aantal maatregelen en het tegelijkertijd ontwikkelen van een nieuwe methodiek. Echter een deel werd ook veroorzaakt doordat gedurende het proces data en voorkeurspakketten wijzigden en het ophalen van de gegevens in de regio veel tijd vroeg. In het vervolg zou het kunnen helpen om het proces anders in te richten en bijvoorbeeld sommige onderdelen zoals het ophalen van informatie eerst voor één regio te doorlopen, zodat knelpunten opgelost worden voordat alle regio's ermee te maken krijgen. Aanbevolen wordt het proces te evalueren, zodat een vervolgproject kan leren van deze ervaring.

AFKORTINGEN

AGRICOM	AGRIcultural COst Model
ARK	Amsterdam-Rijnkanaal
BIVAS	Binnenvaart analyse systeem
CW	Contante waarde
DP	Deltaprogramma
DPRA	Deltaprogramma ruimtelijke Adaptatie
DPZW	Deelprogramma Zoetwater
EAA	Equal Annual Annuity
HDSR	Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
HWS	Hoofdwatersysteem
KRW	Kaderrichtlijn Water
KWA	Klimaatbestendige Wateraanvoer
MKBA	Maatschappelijke kosten-batenanalyse
N2000	Natura 2000
NCW	Netto contante waarde
NWM	Nationaal Water Model
PP	Prijspeil
WWN	Waterwijzer Natuur

LITERATUURLIJST

Algemeen

- CPB/PBL (2013), *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse*, 2013
- CPB/PBL, *Achtergronddocument Klimaat en Energie*, 2016
- Deltares (2018), *Actualisering 2017, Deltascenario's voor 21^e eeuw*, mei 2018
- Deltares (2019), *Uitgangspunten variant Parijs en zichtjaar 2100*, 2019
- Hunink, J. C., et al, Deltares (2018), *Vertaling van Deltascenario's 2017 naar modelinvoer voor het Nationaal Water Model*, 2018, Deltares rapport 11202240-009. Delft.
- Mens, M., et al, Deltares (2020a). *Quick scan analyse van maatregelclusters voor het Deltaprogramma Zoetwater fase 2*. Deltares 11205271-000-ZWS-0001. Delft.
- Schasfoort, F., et al., Deltares (2019), *Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte, vs. 0.1* augustus 2019, Deltares 11203734-010. Delft.
- Mens, M., et al., Deltares (2020b) *Hydrologische en economische effecten van twee maatregelpakketten voor Deltaprogramma Zoetwater fase II*. Deltares 11205271-005, concept november 2020.

Hydrologie

- Delsman, J., et al., Deltares (2020), *Hydrologische analyse Voorkeurspakket en Economisch pakket Deltaprogramma Zoetwater*. Concept 30 juli 2020
- Hunink, J.C. et al, Deltares (2020), *Uitgangspunten en modelimplementatie Voorkeurspakket en Economisch pakket Deltaprogramma Zoetwater fase II in Nationaal Water Model*, 29 september 2020, Deltares 11205271-005. Utrecht.
- Mens, M., et al., Deltares (2019a), *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II*, Deltares 11203734-003. Delft.
- Mens, M. et al, Deltares (2019b), *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater: Effecten van Parijs-maatregelen en doorkijk naar zichtjaar 2100, vs. 1.0*, juli 2019.

Landbouw

- Alterra (2014), *AGRICOM 2.01, Theorie en gebruikshandleiding*, september 2014.
- LEI (2015), *Bepaling van economische effecten van droogte voor de landbouw, Baten van maatregelen om effecten te verminderen*, februari 2015.
- STOWA (2018), *Regioscan Zoetwatermaatregelen, Verkennen van het perspectief van kleinschalige zoetwatermaatregelen voor de regionale zoetwateropgave. Rapport 13*.
- Wageningen Economic Research (2017), *Prijstool Landbouw*, november 2017
- Wageningen Economic Research en Deltares (2019), *Economische effecten van droogte voor landbouw in Nederland, samenvatting*, april 2019

Scheepvaart

- Deltares (2018), *Effectmodule Droogte-Scheepvaart - Resultaten 2017 (11200588-013-ZWS-0001)*, 6 februari 2018.
- Deltares (2019), *Oplevernotitie BP2018 van Deltaprogramma Zoet Water Effectmodule Scheepvaart (11203734-012-ZWS-0001_v1.0)*, 15 februari 2019.
- Ecorys (2018), *Kosten en effecten van droogte voor de scheepvaart, Eindrapportage*, april 2018.

Drinkwater- en industrie

- Deltares (2019), *Voorspellen optreden nalevering bij Bernisse*, mei 2019.
- Ecorys (2017/2018), *Casebeschrijvingen drinkwater*, 2017/2018.
- Ecorys (2017), *Effecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie*, december 2017.
- Ecorys (2018), *Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie – Eindrapport*, december 2018.
- KWR (2017), *Gevolgen van zoetwatertekorten voor industrie en drinkwaterproductie*, december 2017.

Natuur

- CE Delft (2018), *Werkwijzer natuur, maatschappelijke kosten-batenanalyses*, oktober 2018
- Deltares (2019), *Natuureffectmodule voor de grote rivieren*, mei 2019
- KWR (2019), *Effecten van klimaatverandering op natuur in Nederland*, juni 2019
- KWR (2020), *Effecten van maatregelen op de natuur van de hoge zandgronden: Een modelstudie met de Waterwijzer Natuur*, oktober 2020, Concept
- Stuurman, R. en M. Mens, Deltares (2020), *Analyse droogte-weerbaarheid grondwaterafhankelijke natuur in 2050*, 19 oktober 2020.

OMSCHRIJVING VAN GEBRUIKTE ECOTOOPGROEPEN

Beschrijving is overgenomen uit KWR (2019).

- H27 bossen en struwelen op natte, matig voedselrijke bodems (elzenbroekbos, nat hellingbos)
- H41 bossen en struwelen op vochtige, voedselarme, zure bodems (vochtige eiken-berkenbossen en beuken-zomereikenbossen met Pijpenstraatje)
- H47 bossen en struwelen, op vochtige, matig voedselrijke bodems (oudere stinzenbossen en andere parkachtige bossen op rivierklei, leem en lemige bodems).
- H48 bossen en struwelen, op vochtige zeer voedselrijke bodems (jonge aangeplante bossen op kleigrond).
- H61 bossen en struwelen op droge, voedselarme, zure bodems (droge eiken-berkenbossen en beuken-zomereikenbossen).
- K22 pioniersvegetaties en graslanden op natte, voedselarme, zwak zure bodems (veenmosrietlanden, trilvenen, blauwgraslanden, kalkarme duinvalleien).
- K27 pioniersvegetaties, grasland en ruigten op natte, matig voedselrijke bodems (hooilanden in het laagveen en in de middenloop van beekdalen).
- K47 pioniersvegetaties en graslanden op vochtige, matig en zeer voedselrijke bodems (dijkhellingen, glanshaverhooilanden).
- K48 pioniersvegetaties en graslanden op vochtige zeer voedselrijke bodems (akkers, bermen en fabrieksterreinen).
- K61 pioniersvegetaties en graslanden op droge, voedselarme zure bodems (droge heiden).

BIJLAGE: REKENVOORBEELD OMREKENING JAARBEDRAGEN NAAR CONTANTE WAARDE

De beoordeling van de kosteneffectiviteit van een maatregel is grotendeels gebaseerd op de vergelijking van de jaarlijkse geamortiseerde kosten van een maatregel (de annuïteit) met de verwachtingswaarde van de effecten in een bepaald zichtjaar en scenario.

Jaarbedragen

De berekening start met het bepalen van de jaarlijkse annuïteit van de kosten van een maatregel (zie Kader 8). Voor elke maatregel zijn daartoe de levensduur, de investering en de jaarlijkse operationele kosten geïnventariseerd. Deze jaarlijkse annuïteit is voor elk jaar en scenario gelijk.

Kader 8: annuïteitberekening

De equivalente jaarlijkse annuïteit wordt gebruikt om een contante waarde of investering te vertalen in een serie van gelijke kasstromen over de looptijd of levensduur van een investering.

$$\text{annuïteit} = \frac{r \cdot (\text{investering})}{1 - (1+r)^{-n}} + \text{jaarlijkse kosten}$$

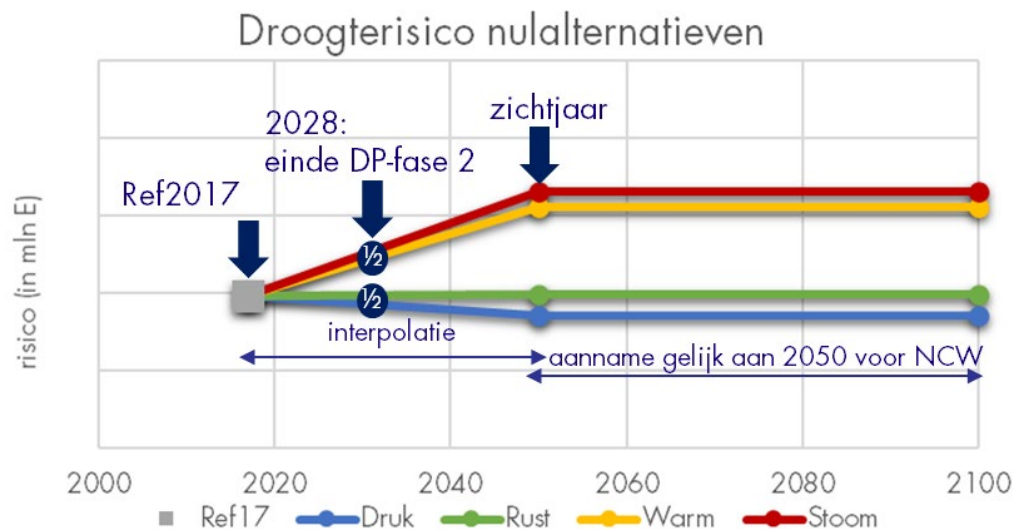
Waarbij r de discontovoet is per periode, n het aantal perioden (levensduur).

Het nut van deze vertaalslag is dat investeringen met verschillende looptijden/levensduur vergelijkbaar gemaakt kunnen worden. De lengte van een investering (n) speelt geen rol.

Voor de berekening zijn de volgende gegevens nodig:

- Investering maatregel in aanlegkosten inclusief btw en objectoverstijgende risico's.
- Jaarlijkse operationele kosten, zoals B&O en energie, inclusief btw en objectoverstijgende risico's.
- Levensduur maatregel (n)
- Discontovoet 4,5% (r)

Vervolgens zijn de effecten per maatregel bepaald voor de *Referentie 2017* en *Stoom 2050* (zie resultaten in Hoofdstuk 6 tot en met 10). Deze effecten zijn gebruikt om ook voor de andere jaren en scenario's het te verwachten effect te schatten. Voor de extremere klimaatscenario's wordt geïnterpoleerd tussen 2017 en 2050 (zie Figuur 103). Voor de gematigde scenario's is aangenomen dat het saldo gelijk blijft aan de waarde in de *Referentie 2017*.



Figuur 103: illustratie berekening contante waarde uit jaarlijkse kosten en baten

De beoordeling of een maatregel kansrijk is, is gedaan op basis van het resulterende saldo in 2028 (zie Figuur 103). Beide scenario's zijn daarvoor even zwaar meegewogen. Dat wil zeggen de helft van het saldo van de *Referentie 2017* als proxy voor de gematigde scenario's en de helft van het saldo in *Stoom 2028* als proxy voor de extremere scenario's.

Netto contante waarde

De netto contante waarde van het voorkeurspakket en economisch kansrijke pakket is berekend door voor alle jaren tot 2120 de kosten en effecten te verdisconteren naar 2020. Verondersteld is dat alle maatregelen in 2028 (direct na afloop van DP-fase 2) operationeel zijn en de effecten vanaf dat jaar starten.

Rekenvoorbeeld

Beide berekeningen worden geïllustreerd voor maatregel Hagestein (M15). De data zijn overgenomen uit Hoofdstuk 9 of de Factsheets:

Kosten maatregel uitgedrukt in de annuïteit:

- Investering: € 1,08 mln. (incl. btw, PP 2020)
- Jaarlijkse operationele kosten: € 0,093 mln. per jaar (incl. btw, PP 2020)
- Levensduur: 10 jaar

De jaarlijkse annuïteit bij een discontovoet van 4,5% is dan € 0,23 mln.

Jaarlijkse verwachtingswaarde effecten:

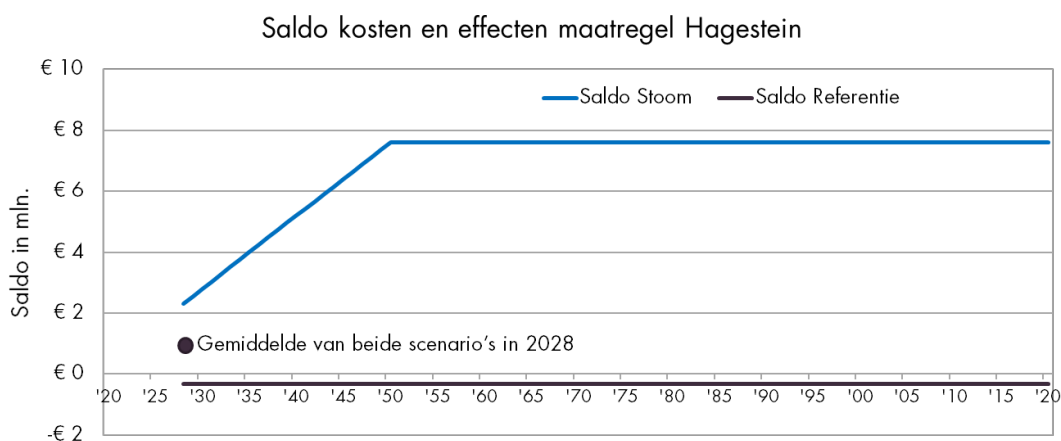
- In de *Referentie 2017* is de jaarlijkse verwachtingswaarde minimaal - € 0,09 mln. + p.m.
- In *Stoom 2050* is de jaarlijkse verwachtingswaarde minimaal + € 7,83 mln. + p.m.

Saldo van effecten minus kosten:

- Voor de gematigde scenario's is het saldo benaderd met de *Referentie 2017*. Het saldo is - € 0,09 mln. - € 0,23 mln. = - € 0,32 mln. Dit bedrag geldt voor elk jaar tussen 2028

en 2120 (zie Figuur 104). De NCW in het basisjaar 2020 is dan bij een discontovoet van 4,5%: - € 5 mln.

- Voor de extreme scenario's is het saldo benaderd door tussen de *Referentie 2017* en *Stoom 2050* te interpoleren (zie Figuur 104). In *Stoom 2050* is het saldo: € 7,83 mln. - € 0,23 mln. = € 7,60 mln. Na 2050 blijft het saldo gelijk. In de *Referentie 2017* is het saldo - € 0,32 mln. Interpolatie leidt tot een saldo van € 2,32 mln. in 2028. De NCW in het basisjaar 2020 is dan bij een discontovoet van 4,5%: € 90 mln.
- De afweging van de maatregel volgt ook uit deze cijfers. In 2028 is het saldo in de *Referentie* negatief (- € 0,32 mln. zonder p.m.-posten). In het *Stoom*-scenario is het saldo positief (€ 2,32 mln. zonder p.m.-posten). In 2028 is het gemiddelde saldo dus € 1,0 mln. exclusief de p.m.-posten. Kwalitatieve effecten zullen dit saldo naar verwachting niet sterk negatief beïnvloeden. Dus is de maatregel kansrijk.
- Of uitstel tot DP-fase 3 aantrekkelijker is, is beoordeeld door het risico van 10 jaar onnodige investering (de levensduur) te vergelijken met de gemiste baten tussen 2028 en 2033 in het *Stoom*-scenario. De gemiste baten zijn hoger waardoor uitvoering de komende DP-fase de hoogste verwachtingswaarde heeft.



Figuur 104: netto contante waarde berekening rendement komende DP-fase maatregel Hagestein

BIJLAGE: NIET-BESCHOUWDE MAATREGELEN

Gedurende het proces om te komen tot een Economische analyse Zoetwater, zijn er verschuivingen opgetreden in het voorkeurspakket. Ook konden niet alle maatregelen economisch beoordeeld worden, bijvoorbeeld als het gaat om onderzoek. Wanneer een maatregel eerder als economisch kansrijk is beoordeeld maar geen onderdeel meer is van het definitieve voorkeurspakket, is die wel meegenomen in de analyse, tenzij de informatie over een maatregel ook veranderd is: bijvoorbeeld aanpassing maatregel van uitvoering naar onderzoek waarbij cijfers uitvoering niet meer correct zijn. De niet (meer) beoordeelde maatregelen zijn in deze bijlage te vinden.

HOOFDWATERSYSTEEM

Verschillende maatregelen van het HWS zijn niet beoordeeld in definitieve analyse.

Tabel 67: niet beoordeelde maatregelen HWS

ID	Code	Naam	reden
1	4	Hergebruik effluent RWZI industrie Chemelot	Niet in VP en niet economisch kansrijk op basis van eerste analyse
5	16	Verkenning naar spaarbekkens langs de Grensmaas	Onderzoek
8	27	Slimmer gebruik van water in de keten	Onderzoek
9	LT1	Grotere waterbuffers voor drinkwater Maas	Niet in VP en op basis van eerste analyse pas kansrijk op later moment
10	LT5	Onderzoek naar het sluiten van de waterkringloop van industrie	Onderzoek
11	LT15	Uitbreiding pompcapaciteit van sluizen	Onderzoek
12	LT17	Extra buffercapaciteit door robuustere infrastructuur	Onderzoek
13	SBN1	SBN Overall	Dubbel
14	SBN2	Verkenning strategische zoetwaterbuffers	Onderzoek
17	SBN4-1	Vergroten debiet Irenesluizen	Onderzoek
19	SBN6	Flexibilisering stuwprogramma Driel	Operationeel
21	SBN8	BOS Rijntakken	Operationeel
22	SBN9	Monitoring en info	Operationeel
23	SWM	Slim watermanagement beslissingssysteem en onderzoek	Operationeel
?		Kanaal Gent – Terneuzen (=planstudie)	Onderzoek
?		Doorspoelen Eemskanaal	Onderzoek en uitvoering i.c.m. M25

NOORD-NEDERLAND

Verschillende maatregelen uit Noord-Nederland zijn niet beoordeeld in de definitieve analyse. Ze zijn vermeld in Tabel 68 plus 10 die dubbel waren. Van de maatregelen voor de zandgronden zijn er twee niet relevant vanwege onvoldoende hoogteverschil.

Tabel 68: niet beoordeelde maatregelen

ID	Code	Naam	reden
24	1	Onderzoek anti-verziltingsmaatregelen Sluis Harlingen	Niet in VP en op basis van eerste analyse voorlopig uitgesteld
26-34	div	Dubbele maatregelen	Dubbel
35	4	Onderzoek optimaliseren doorspoelen met zoetwater	Vervallen/geen info
36	5	Seapcat	Vervallen/geen info
37	6	Zoet-Zout Lauwersmeer	pilot
38	7	Salfar	onderzoek
39	8	Zoete toekomst Texel	pilot
41	10	Optimaliseren peilbeheer in verziltende gebieden, veengebieden en hoge zandgronden	Vervallen/geen info
43	12	Boeren-Meten-Water	pilot
46	15	Optimalisatie inlaten NZV	Vervallen/geen info
57	16j	aanleg infiltratiegreppel	Niet toepasbaar in IJsselmeergebied
58	16k	beperken oppervlakkige afstroming	Niet toepasbaar in IJsselmeergebied
78	21	Peilbeheer veenweidegebied	veenweide
79	22	Drainage veenweidegebied Flevoland	veenweide
80	23	Alternatief landgebruik veen	veenweide
81	24	Opslagwater door industrie (meerdere projecten: Noord-Holland en Groningen)	onderzoek
82	25	Onderzoek c.q. pilot voor hergebruik water uit waterketen van de Friese Waddeneilanden	pilot
84	27	Aanleggen spaarbekken PWN Andijk	Vervallen/geen info
88	31	Freshem	pilot

HOGE ZANDGRONDEN

Voor de hoge zandgronden zijn alle maatregelen beoordeeld. Alle maatregelen zijn onderdeel van het voorkeurspakket/programma. Twee maatregelen zijn niet relevant voor de Hoge Zandgronden Oost Nederland. Dit zijn *aanleg infiltratiegreppel (M162)* en *beperken oppervlakkige afstroming (M163)*. Er is onvoldoende hoogteverschil in deze zoetwaterregio om deze maatregelen toe te kunnen passen.

WEST-NEDERLAND

Verschillende maatregelen zijn niet beoordeeld (Tabel 69).

Tabel 69: niet beoordeelde maatregelen

ID	Code	Naam	reden
99	7	Landbouwmaatregelen	Niet in VP en op basis van eerste analyse niet kansrijk
100	8	Hergebruik Effluent - Pilot Hoogvliet	Niet in VP en op basis van eerste analyse niet kansrijk
103	11	Aanvoerroutes: AORTA	Vervallen/onvoldoende info
105	13	Aanvoerroutes: Optimalisatie KWA	Vervallen/onvoldoende info
108	16	Aanvoerroutes: inlaatmogelijkheden Muiden	Niet in VP en op basis van eerste analyse niet kansrijk
109	17	Slim regionaal waterbeheer	Onvoldoende info
110	18	Aanvoerroutes: waterkwaliteitsscherm Amstelboezem + Rijnland	Vervallen/onvoldoende info

ZUIDWESTELIJKE DELTA

Niet beoordeeld in de economische analyse zijn 5 maatregelen genoemd in Tabel 70.

Tabel 70: niet beoordeelde maatregelen

ID	Code	Naam	reden
116	2c	Extra aanvoer Zeeuws-Vlaanderen	Niet expliciet in VP en op basis van beschrijving mogelijk deels nu onder 2b meegeteld.
117	3a	Maatwerktoolbox	pilot
119	3c	Uitbreiden toolbox	pilot
125	6a	Ondergronds zoet/zout monitoring	onderzoek
126	6b	Grondwatermodellering	onderzoek

RIVIERENGEBIED

Niet beoordeeld zijn 2 maatregelen die vermeld zijn in Tabel 71.

Tabel 71: niet beoordeelde maatregelen

ID	Code	Naam	reden
91	3	Onderwaterdrainage in veengebieden	Vervallen/geen info
92	4	Stimuleringsregeling: onderzoek actieve voorraadvorming	onderzoek