



RWS ONGECLASSIFICEERD

Beleidsaanbevelingen voor het langetermijn peilbeheer in het IJsselmeergebied.

Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied.

Datum juni 2019
Status definitief



Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat WVL
Informatie	
Telefoon	
Fax	
Uitgevoerd door	
Opmaak	juni 2019
Datum	Definitief
Status	

Beleidsaanbevelingen voor het langetermijn peilbeheer in het IJsselmeergebied.

Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied

Inhoud

Voorwoord—3

Samenvatting aanbevelingen—5

1 Inleiding—7

2 Beleidskeuzes en uitvoeringsbeslissingen—9

- 2.1 Keuzes in hun samenhang—9
- 2.2 Timing, herijking en speelruimte—11

3 Aanbevelingen—13

- 3.1 Aanbevelingen voor het IJsselmeer—13
 - 3.1.1 Gemiddeld winterpeil IJsselmeer.—13
 - 3.1.2 Piekbeheersing IJsselmeer—15
 - 3.1.3 Spuicapaciteit IJsselmeer—17
- 3.2 Aanbevelingen voor het Markermeer—18
 - 3.2.1 Gemiddeld winterpeil Markermeer—18
 - 3.2.2 Pompen Markermeer—20
- 3.3 Aanvullende aanbevelingen—22
 - 3.3.1 Leren uit de praktijk—22
 - 3.3.2 Adaptief ontwerpen waterafvoermiddelen—22
 - 3.3.3 Faalkansen waterafvoermiddelen—23
 - 3.3.4 Keuze van klimaatscenario's—23
 - 3.3.5 Veranderingen in waterbeheer omgeving—25

Bijlages—27

Bijlage A ISWP rapporten—29

Bijlage B Samenvatting uitgangspunten ISWP—30

Bijlage C Aanpassing kosten beheer en onderhoud afvoermiddelen—34

Bijlage D Aanvullende analyse: versnelde zeespiegelstijging—37

Bijlage E Aanvullende analyse: aanpassing piekafvoeren IJssel—43

Bijlage F Aanvullende analyse: meestijgen Markermeer—46

Bijlage G Vergelijking kostenberekeningen ISWP en CPB-studie—50

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van de Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer (ISWP). De studie is door Rijkswaterstaat uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-generaal Water en Bodem van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. ISWP geeft waardevol inzicht in de consequenties van lange-termijnkeuzes voor peilbeheer en waterafvoer in het IJsselmeergebied ná 2050. Dit eindrapport geeft concrete aanbevelingen. De Deltabeslissing IJsselmeergebied uit 2014 wordt in hoofdlijnen herbevestigd, maar de aanbevelingen geven daarop wel aanvullingen en aanscherpingen. De studie werpt geen nieuw licht op nu lopende projecten of maatregelen.

In de komende tijd zal worden nagegaan hoe de besluitvorming over de beleidsmatige aanbevelingen zal plaatsvinden. Wanneer er voldoende informatie over de gevolgen beschikbaar is kunnen aanbevelingen mogelijk al worden meegenomen in de lopende herijking van de Deltabeslissingen. Waar er behoefte is aan meer inzicht in de (inhoudelijke of juridische) consequenties kan besloten worden om nog aanvullend onderzoek te doen. Hierbij zullen zo nodig ook de effecten voor het regionale systeem worden meegenomen. Het gevolg is dat de betreffende aanbevelingen dan pas bij de volgende herijking kunnen worden meegenomen.

Directeur Waterveiligheid, Klimaatadaptatie en Bestuur

Samenvatting aanbevelingen

De werkgroep ISWP doet aanbevelingen voor het toekomstig waterbeheer in het IJsselmeergebied, gericht op de vervangingsopgave van de spuisluizen in de Afsluitdijk in 2050 en het omgaan met klimaatverandering. De aanbevelingen zijn gebaseerd op uitgevoerde analyses en zijn opgesteld in samenspraak met deskundigen en waterbeheerders. Ze vormen een samenhangend geheel van beleidskeuzes voor het waterbeheer, aangevuld met aanbevelingen die vooral te maken hebben met de principes van robuustheid en adaptiviteit en rekening houden met onzekerheden. De aanbevelingen, die hieronder zijn samengevat, worden in dit rapport toegelicht en onderbouwd. Aanbevelingen die beginnen met het woord *handhaaf* bevestigen het bestaande beleid. Aanbevelingen die beginnen met het woord *kies* zijn een aanpassing van of aanvulling op het bestaande beleid. Alle aanbevelingen hebben betrekking op de periode ná 2050.

Aanbevelingen voor beleidskeuzes in het IJsselmeergebied:

- *Handhaaf* de keuze dat het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer niet stijgt.
 - *Handhaaf* hierbij de beleidsmatige speelruimte (maximale stijging die kan plaatsvinden na 2050) van 30 cm uit het NWP.
 - *Kies* er voor om een eventuele peilstijging binnen de speelruimte geleidelijk door te voeren, zodat de omgeving tijd voor aanpassing heeft.
- *Kies* voor een gematigde beheersing van de meerpeilpieken in het IJsselmeer. Dat wil zeggen dat de pompcapaciteit zodanig wordt gekozen dat meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van ca. 1/10 per jaar gelijk zullen blijven.
- *Kies* als uitgangspunt dat er na 2050 spuicapaciteit beschikbaar zal zijn. Bij de herijking van de Deltabeslissingen in 2039 kan een definitieve keuze worden gemaakt.
- *Handhaaf* de keuze dat het gemiddeld winterpeil van het Markermeer niet stijgt.
 - *Kies* daarbij voor een speelruimte (maximale stijging die kan plaatsvinden na 2050) van 30 cm.
- *Handhaaf* de keuze om de waterafvoer van het Markermeer via spuien te laten plaatsvinden.
 - *Kies* er daarbij voor om de mogelijkheid open te laten om pompen in te zetten wanneer op enig moment gekozen wordt om de speelruimte voor de peilstijging van het IJsselmeer te benutten (bij gelijkblijvend Markermeerpeil) of wanneer de klimaatverandering blijkt te leiden tot sterke toename van de meerpeilpieken.
- *Handhaaf* de keuze dat het peilbeheer in de Veluwerandmeren niet verandert.
- *Kies* er voor om deze aanbevelingen mee te nemen in de eerste zesjaarlijkse herijking van de Deltabeslissingen in 2021 en ze vervolgens iedere zes jaar te herijken.
 - *Kies* er voor om de omgeving maximale zekerheid te bieden door bij aanpassing van beslissingen de doorwerking daarvan pas na 25 jaar te laten plaatsvinden (behoudens dringende noodzaak). Zo wordt voor 25 jaar zekerheid geboden aan de omgeving.

Aanvullende aanbevelingen:

- *Kennisontwikkeling t.b.v. de vervangingsopgave van de spuisluisen:*
 - Leer uit de praktijk: analyseer de ervaringen met ander peilbeheer, met pompen op de Afsluitdijk en met extreme situaties als de droogte in 2018.
 - Werk de mogelijkheden voor een ontwerp van waterafvoermiddelen zo uit, dat uitbreiding van de pompcapaciteit snel en efficiënt mogelijk wordt (adaptiviteit).
 - Doe nader onderzoek naar de mogelijkheden om de faalkansen van waterafvoermiddelen te beperken.
- *Keuze klimaatscenario's:* Kies voor een gematigd klimaatscenario als uitgangspunt bij berekeningen van de benodigde pompcapaciteit en de hydraulische belastingen van de dijken rond het IJsselmeer. Kies voor het Markermeer voor een scenario met sterke klimaatverandering, tenzij er wordt besloten pompen op de Houtribdijk te bouwen.
- *Afstemming:* Houdt bij aanpassingen in de waterafvoer van de omgeving (bouw van gemalen, aanpassing afvoerverdeling Rijn) expliciet rekening met de gevolgen voor het IJsselmeergebied.

ISWP is gericht op de lange termijn: de studie draagt bij aan de verkenningen over het opvangen van de effecten van klimaatverandering en zeespiegelstijging ná 2050. ISWP beveelt voor nu geen koerswijziging van het waterbeleid voor het IJsselmeergebied aan, wel aanvulling en aanscherping. De studie wijst daarbij op de grote onzekerheden waarmee we te maken hebben, waardoor op termijn aanpassingen van het beleid noodzakelijk kunnen worden.

Voor lopende projecten is het van belang om bewust rekening te houden met deze onzekerheden. Omdat geen koerswijziging wordt aanbevolen geeft ISWP echter geen aanleiding om lopende projecten te heroverwegen. Binnen ISWP is het model DEZY ontwikkeld waarbij het effect van uiteenlopende toekomstscenario's op de peildynamiek van IJsselmeer en Markermeer berekend kan worden. Dit model is een goed hulpmiddel voor projecten om na te gaan met welke omstandigheden op langere termijn rekening moet worden gehouden. De aanbevelingen uit ISWP bakenen daarbij het speelveld af. Behalve in ISWP is DEZY al toegepast bij onder meer de voorbereiding van het nieuwe peilbesluit voor het IJsselmeergebied en een analyse van de belasting van de Markermeerdijken in verschillende scenario's.

1 Inleiding

Eind 2014 heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (Directoraat Generaal Water en Bodem) opdracht gegeven aan RWS-WVL voor de uitvoering van de Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied (ISWP). ISWP was opgenomen in de kennisagenda van het Deltaprogramma IJsselmeergebied (2014). De studie is gericht op het toekomstig waterbeheer, maar met het gereedkomen van de Agenda IJsselmeergebied 2050 komen de resultaten ervan in het bredere kader van de ontwikkeling van het IJsselmeergebied te staan.

ISWP heeft als doel het inzicht te vergroten in de relaties tussen waterafvoer, waterveiligheid en peilbeheer in het IJsselmeergebied. De studie richt zich op de situatie ná het jaar 2050. Dat is het moment waarop de spuicomplexen in de Afsluitdijk technisch zijn afgeschreven. Er zullen tijdig keuzes gemaakt moeten worden voor de vervangende bouw van spuisluizen en/of gemalen, in samenhang met keuzes voor het peilbeheer en maatregelen voor het handhaven van de waterveiligheid. Hierbij moet natuurlijk rekening worden gehouden met klimaatverandering en zeespiegelstijging.

De analyses van ISWP hebben inzicht gegeven in de effecten van verschillende strategieën voor het toekomstig peilbeheer en in de kosten die gemaakt moeten worden voor waterveiligheid en waterafvoer in het hoofdwatersysteem. ISWP kijkt naar de zeer lange termijn: de periode 2050 tot 2175. Dit betekent dat er sprake is van grote onzekerheden. Te denken valt daarbij aan de klimaatontwikkeling, innovaties rond dijkversterkingen en gemalen (wat de kosten kan beïnvloeden) en beleidsontwikkelingen. De analyse is daarom vooral van belang voor de inzichten die er uit voortvloeien: inzichten in de werking van het watersysteem, in de effecten van maatregelen daarop en in de verhouding van kosten van verschillende strategieën. De analyses zijn uitgevoerd in samenwerking met Deltares en adviesbureau HKV.

De resultaten van ISWP-analyses zijn samengevat in drie rapporten (zie Bijlage A). Als afronding van het project bevat dit vierde rapport een advies van de werkgroep ISWP. Dit advies is, voor afronding, besproken met de waterbeheerders in het gebied. Voorafgaand aan het verschijnen van dit rapport is het advies januari 2019 al als nota aangeboden aan de opdrachtgever.

Een uitgebreide beschrijving van de opzet en resultaten van ISWP is te vinden in het rapport over fase 3 van het project (Remmelzwaal et al, 2018). De opgestelde aanbevelingen zijn grotendeels gebaseerd op de resultaten uit dat rapport. Daarnaast is gebruik gemaakt van enkele aanvullende berekeningen, die zijn uitgevoerd na afronding van fase 3. De resultaten daarvan zijn samengevat in de Bijlage C t/m F van dit rapport. Het gaat om:

1. De kosten van beheer en onderhoud van pompen. De kosten zijn uiteindelijk iets aangepast t.o.v. de berekeningen in fase 3.
2. De effecten van versnelde zeespiegelstijging.
3. De effecten van aanpassing van de piekafvoer van de IJssel.
4. De effecten van meestijgen van het Markermeer stijgend IJsselmeerpeil.

Omwille van de zelfstandige leesbaarheid van dit rapport is in Bijlage B van dit rapport een samenvatting van de belangrijkste uitgangspunten van ISWP opgenomen.



Het WVL projectteam voor een pomp van 50 m³/s uit het gemaal IJmuiden. Op termijn zijn tientallen pompen van dit soort capaciteit nodig voor de waterafvoer van het IJsselmeer naar de Waddenzee. Als onderdeel van de analyses van ISWP is de benodigde pompcapaciteit bij verschillende vormen van peilbeheer onder invloed van klimaatverandering berekend.

2 Beleidskeuzes en uitvoeringsbeslissingen

Dit hoofdstuk beschrijft in paragraaf 1 voor welke thema's rond het toekomstig peilbeheer in het IJsselmeergebied keuzes gemaakt moeten worden, wat de samenhang is in die keuzes en welke uitvoeringsbeslissingen er aan verbonden zijn. Paragraaf 2 geeft vervolgens algemene aanbevelingen rond deze keuzes: timing, herijking en speelruimte. De inhoudelijke invulling van de keuzes komt in hoofdstuk 3 aan de orde.

2.1 Keuzes in hun samenhang

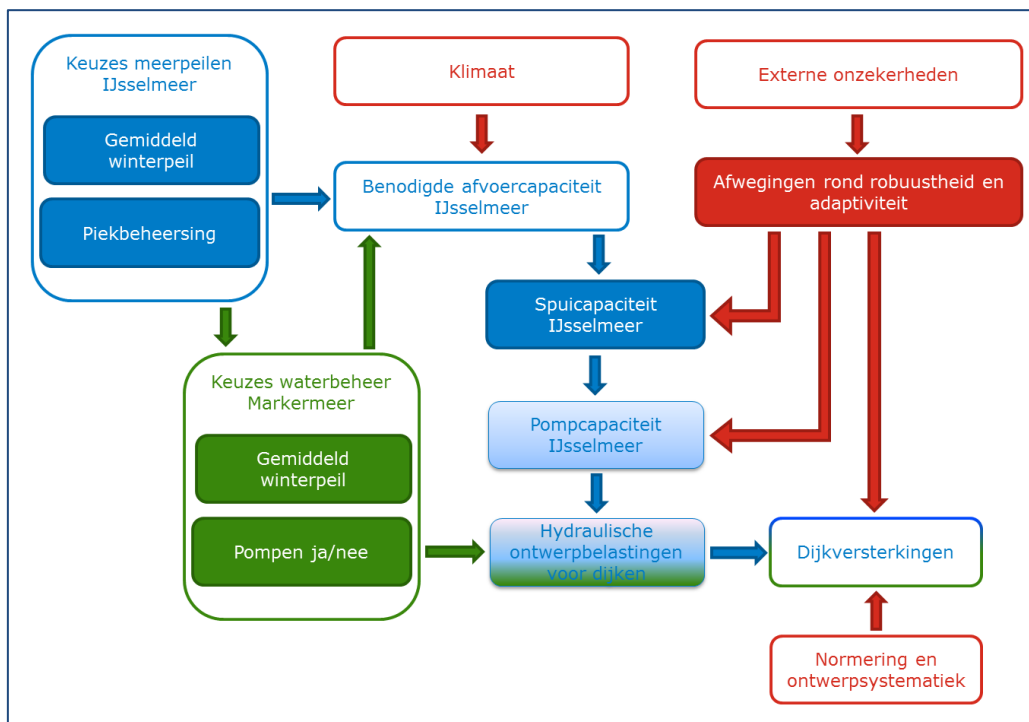
In deze paragraaf is onderscheid gemaakt tussen de keuzes voor de drie peilcompartimenten van het IJsselmeergebied: het IJsselmeer (inclusief Ketelmeer), het Markermeer (inclusief IJmeer en Gooi-Eemmeer) en de Veluwerandmeren. Daarna wordt besproken hoe onzekerheden een rol spelen bij deze keuzes. De te nemen keuzes hangen onderling samen en moeten daarom ook in samenhang met elkaar genomen worden. Het gaat om de keuzes die worden gemaakt voor de periode ná 2050.

De keuzes voor het IJsselmeer.

In Figuur 1 zijn de beleidskeuzes voor het IJsselmeer **donkerblauw** weergegeven. Het gaat om de randvoorwaarden die aan de meerpeilen worden gesteld. In de eerste plaats betreft dat het *gemiddeld* winterpeil. In de praktijk varieert het meerpeil sterk: er kunnen forse pieken in optreden. Daarom is het ook nodig een keuze te maken in de mate waarin *pieken* in het winterpeil worden beheerst. Deze beleidskeuzes staan aan de basis van alle andere keuzes in het IJsselmeergebied.

Gegeven een bepaalde klimaatontwikkeling kan op basis van de keuzes voor het gemiddeld winterpeil en de beheersing van de meerpeilpieken de benodigde afvoercapaciteit bij de Afsluitdijk worden berekend voor verschillende momenten in de toekomst. De benodigde waterafvoercapaciteit kan met verschillende combinaties van spuien en pompen worden gerealiseerd. Het is logisch om te beginnen met een keuze voor de te realiseren (en/of handhaven) spuicapaciteit in 2050. De bestaande spuisluizen zijn dan technisch afgeschreven en daarom is dan de vraag aan de orde of ze vervangen moeten worden. Als de spuicapaciteit gekozen is kan vervolgens voor ieder moment berekend worden wat de benodigde pompcapaciteit is om aan de randvoorwaarden voor het peilbeheer te voldoen. De benodigde pompcapaciteit is dan dus geen vrije keuze meer. We noemen de periodieke berekening van de pompcapaciteit een *uitvoeringsbeslissing*. Uitvoeringsbeslissingen voor het IJsselmeer zijn **lichtblauw** weergegeven in het schema. De berekening van de pompcapaciteit moet, als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging, periodiek herhaald worden.

Op basis van de gemaakte keuzes kunnen vervolgens de omstandigheden worden berekend waarmee rekening gehouden moet worden bij de versterking van dijken (hydraulische ontwerpbelastingen). Deze berekening is in het schema ook weergegeven als periodieke uitvoeringsbeslissing (lichtblauw), omdat de belasting rechtstreeks wordt afgeleid uit de keuzes voor het waterbeheer. Gegeven de wettelijke normering en ontwerpsystematiek voor dijken kunnen op basis van de ontwerpbelastingen de benodigde dijkversterkingen worden ontworpen.



Figuur 1 Keuzes voor het toekomstig waterbeheer van het IJsselmeergebied en de doorwerking daarvan in de benodigde pompcapaciteit en noodzakelijke dijkversterkingen. [Blauw: keuzes voor het IJsselmeer, groen: keuzes voor het Markermeer, rood: externe factoren].

De keuzes voor het Markermeer

De keuzes voor het peilbeheer van het Markermeer zijn **groen** weergegeven in Figuur 1. Het gaat om het gemiddeld winterpeil en de vraag of al dan niet pompen worden ingezet voor de waterafvoer. In principe zou ook voor het Markermeer een keuze aan de orde zijn over de mate van beheersing van de meerpeilpieken. Uit de ISWP analyses blijkt echter dat dit niet zinvol is. Er is namelijk heel weinig verschil tussen de pompcapaciteit die nodig is voor sterke en voor beperkte beheersing van de meerpeilpieken. Dit komt doordat de wateraanvoer naar het Markermeer veel lager is dan die naar het IJsselmeer (waar het water vooral uit IJssel en Vecht komt), waardoor pieken relatief eenvoudig te beheersen zijn met pompen. De keuze is daarom vooral die tussen wel en niet pompen inzetten. Daarbij is er sprake van afhankelijkheid van de keuzes voor het Markermeer van de keuzes die voor het IJsselmeer gemaakt worden. Zo zullen pompen voor het Markermeer noodzakelijk zijn wanneer wordt gekozen voor peilstijging op het IJsselmeer en handhaving van het peil van het Markermeer. De keuzes voor het Markermeer werken op hun beurt weer door in de peildynamiek van het IJsselmeer en daarmee op de daar benodigde afvoercapaciteit en de dijkbelastingen. Dit effect is echter veel kleiner dan het effect van de keuzes voor het IJsselmeer op het Markermeer.

De keuzes voor de Veluwerandmeren

In Figuur 1 ontbreken keuzes voor de Veluwerandmeren: het derde peilcompartiment van het IJsselmeergebied. De Veluwerandmeren worden gekenmerkt door kleine wateraanvoer uit de omgeving en grote dijk lengtes ten opzichte van de oppervlakte. Water uit de Veluwerandmeren kan gespuid worden naar het Markermeer

(via het Gooi-Eemmeer) en naar het IJsselmeer (via het Ketelmeer). Er lijkt geen aanleiding te zijn om aanpassing van het winterpeil van de Veluwerandmeren te overwegen. Bij gelijk houden van het gemiddeld winterpeil van IJsselmeer en Markermeer kan het huidige peil van de Veluwerandmeren, net als nu, gehandhaafd worden met spuien onder vrij verval. De meerpeilpieken zullen dan wel toenemen, als gevolg van toenemende pieken in de neerslag. Bij eventuele peilstijging van IJsselmeer of Markermeer is een gemaal van beperkte capaciteit voldoende om het gemiddeld winterpeil en de pieken in de peilen van de Veluwerandmeren te handhaven op het huidige niveau (grootteorde capaciteit: 20 m³/s). Hiermee worden overlast en toenemende belasting van dijken voorkomen. In ISWP zijn de Veluwerandmeren niet verder geanalyseerd.

Robuustheid en adaptiviteit

Bij het maken van de keuzes voor de waterafvoer is een belangrijke vraag hoe om te gaan met onzekerheden. Bij onzekere omstandigheden moeten keuzes robuust zijn (bestand tegen onverwachte gebeurtenissen) of adaptief (eenvoudig aanpasbaar bij veranderende omstandigheden). Afwegingen rond robuustheid en adaptiviteit spelen mee in het keuzeprocess en bij het ontwerpen van maatregelen. In Figuur 1 is dit in **rood** aangegeven.

Robuustheid en adaptiviteit kunnen op gespannen voet staan met elkaar. Adaptiviteit betekent dat investeringen zo lang mogelijk uitgesteld moeten worden, om handelingsvrijheid te houden. Adaptiviteit geeft daardoor maximale mogelijkheden om in te kunnen inspelen op nieuwe ontwikkelingen en om optimaal te profiteren van innovaties of nieuwe inzichten. Robuustheid vraagt juist dat investeringen vroeg worden gedaan, zodat het systeem zo goed mogelijk is voorbereid op extreme gebeurtenissen. Adaptiviteit vraagt om speelruimte in keuzes: een gedefinieerde mogelijkheid om af te wijken van de keuze, als omstandigheden of gewijzigde inzichten daar aanleiding toe geven. Het vigerende beleid kiest bijvoorbeeld voor handhaven van het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer, maar creëert speelruimte door aan te geven dat een stijging van maximaal 30 cm niet wordt uitgesloten. Dit geeft uiteraard een mate van onzekerheid voor de omgeving, maar een keuze zonder speelruimte zou wel eens schijnzekerheid kunnen bieden. Er moet bij de keuzes rond adaptiviteit en robuustheid gewaakt worden voor een stapeling van "voorzorgsprincipes".

2.2 Timing, herijking en speelruimte

Het is van belang dat de keuzes rond het peilbeheer vroegtijdig worden genomen, gezien de gevolgen die ze hebben voor de uitvoeringen van dijkversterkingen en buitendijkse ontwikkelingen. Zo wordt bij dijkversterkingen veelal rekening gehouden met de hydraulische belasting 50 jaar na het versterkingsmoment. Gezien de onzekerheden rond toekomstige ontwikkelingen is het van belang bij iedere keuze:

1. een zekere speelruimte aan te geven (waar mogelijk): de beleidsmatige ruimte om af te wijken van de keuze als gewijzigde omstandigheden of inzichten daartoe aanleiding geven;
2. af te spreken dat de keuze periodiek wordt herijkt.

Hiermee wordt het kader geschapen voor robuuste en/of adaptieve inrichting van het gebied. De speelruimte stimuleert alle betrokkenen om rekening te houden met mogelijke toekomstige ontwikkelingen. De herijkingen gaan na of verdergaande aanpassing van beslissingen nodig is dan binnen de speelruimte mogelijk is.

Het vroegtijdig nemen van beslissingen is lastig, omdat er veel onzekerheden zijn rond klimaatontwikkeling maar ook rond de toekomstige wensen vanuit verschillen-

de gebruiksfuncties. Het is daarom noodzakelijk de beslissingen periodiek te herijken. In het Deltaprogramma is een zesjaarlijkse herijking voorzien, waarvan de eerste in 2021 plaatsvindt. Het is van belang terughoudend te zijn bij de herijkingen en ingrijpende beleidskeuzes alleen aan te passen als daar dringende redenen voor zijn. Daarbij bevelen we aan bij een herijking steeds zekerheid voor de komende periode van 25 jaar te geven. Dit betekent dat een aanpassing van een beleidsbeslissing in principe pas na 25 jaar tot fysieke gevolgen zal leiden.

De berekening van de benodigde pompcapaciteiten (uitvoeringsbeslissing) kan aan de herijking gekoppeld worden. Ook daarvoor lijkt een termijn van ca. 25 jaar een goede keuze. De berekeningen van de hydraulische ontwerpbelastingen kunnen volgens de bestaande systematiek periodiek worden uitgevoerd. Op deze manier blijft het watersysteem optimaal aangepast aan de daadwerkelijke klimaatverandering en zeespiegelstijging.

Het ligt voor de hand de aanbevelingen uit deze nota mee te nemen bij de eerste herijking van de Deltabeslissingen in 2021. De herijking van 2039 is vervolgens een belangrijk moment, omdat naar verwachting rond die tijd de planvorming voor de vervanging van de spuiccomplexen in de Afsluitdijk zal starten. Voor zover aanbevelingen uit deze nota niet landen in de Deltabeslissingen (en daarmee iedere zes jaar herijkt worden) kan de herijking ervan parallel aan de herijking van de Deltabeslissingen plaatsvinden.

3 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk komen aanbevelingen voor de beleidskeuzes voor IJsselmeer en Markermeer aan de orde, aanbevelingen die betrekking hebben op de periode ná 2050. Het hoofdstuk sluit af met een aantal aanvullende aanbevelingen.

3.1 Aanbevelingen voor het IJsselmeer

3.1.1 *Gemiddeld winterpeil IJsselmeer.*

Aanbevelingen

- *Handhaaf* de keuze dat het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer niet stijgt.
 - *Handhaaf* hierbij de beleidsmatige speelruimte (maximale stijging die kan plaatsvinden na 2050) van 30 cm uit het NWP.
 - *Kies* er voor om een eventuele peilstijging binnen de speelruimte geleidelijk door te voeren, zodat de omgeving tijd voor aanpassing heeft.

Toelichting

Klimaatverandering leidt tot stijging van het gemiddeld winterpeil. Bij stijging van de zeespiegel nemen de spui mogelijkheden af en zal, zonder aanvullende maatregelen, het gemiddeld winterpeil meestijgen. Uit de ISWP analyses blijkt dat het meestijgen aanvankelijk trager verloopt dan de zeespiegelstijging, omdat met de bestaande spuicapaciteit nog enige zeespiegelstijging kan worden opgevangen. Een sterkere zeespiegelstijging werkt echter voor bijna 90% door in het gemiddeld winterpeil. Ook toenemende pieken in het wateraanbod (neerslag en rivierafvoer) dragen bij aan verhoging van het gemiddeld meerpeil. Uit de ISWP analyses blijkt echter dat het effect van de zeespiegelstijging daarbij enkele malen groter is dan het effect van toenemende pieken in de wateraanvoer.

Handhaven van het IJsselmeerpeil vraagt grote pompcapaciteit. Het gemiddeld winterpeil kan gelijk gehouden worden door de inzet van pompen. De daarvoor benodigde pompcapaciteit neemt toe met de klimaatverandering en zeespiegelstijging. Bij het standaard gehanteerde klimaatscenario in ISWP is over 150 jaar een pompcapaciteit van 1200 tot 3200 m³/s nodig voor het handhaven van het gemiddeld winterpeil, afhankelijk van de mate waarin de meerpeilpieken beheerst worden. Ter vergelijking: de capaciteit van het gemaal bij IJmuiden, het op een na grootste ter wereld, is 260 m³/sec (het grootste gemaal staat in New Orleans en heeft een capaciteit van ca 500 m³/s). De toename van de benodigde pompcapaciteit kan iets worden vertraagd door vergroting van de spuicapaciteit.

Vanuit het oogpunt van kosten voor waterveiligheid en waterafvoer in het hoofdwatersysteem is er geen reden om te kiezen voor stijging van het gemiddeld winterpeil. Bij stijging van het gemiddeld winterpeil nemen de kosten voor waterafvoer van het hoofdwatersysteem af, omdat er minder pompcapaciteit nodig is¹. Het gaat daarbij om de initiële investeringen, beheer en onderhoud, vervangingsinvesteringen en energiekosten voor de pompen van het IJsselmeer, het Markermeer en de Veluwerandmeren. De kosten van dijkversterkingen nemen echter toe. De effecten op de kosten van waterafvoer en dijkversterkingen liggen in dezelfde orde van grootte, zodat de totale kosten (waterafvoer + dijkversterkingen in het hoofdwater-

¹ Bij peilstijging moeten er wel gemalen komen voor de waterafvoer van het Markermeer en de Veluwerandmeren. De kosten daarvoor zijn meegenomen in de berekeningen.

systeem) weinig uiteen lopen. Een stijging van het gemiddeld winterpeil van 30 cm leidt tot een kostenstijging van ca. 4% (gemiddeld over de varianten met een verschillende mate van beheersing van de meerpeilpieken), een stijging van 60 cm verhoogt de kosten met gemiddeld 9%. Deze toename is zeer klein, in het licht van de grote onzekerheden in een gebiedsbrede studie waarin 150 jaar vooruit wordt gekeken. Daarnaast geldt dat deze verschillen vrijwel wegvallen als dijkversterkingskosten afnemen (bijvoorbeeld door nieuwe, innovatieve methoden van versterking). Aan het kostenverschil mag dus maar weinig betekenis worden toegekend¹. De kosten van de strategieën worden natuurlijk sterk bepaald door de uitgangspunten in de berekeningen. Gevoeligheidsanalyses hebben echter aangetoond dat zelfs forse veranderingen in die uitgangspunten niet leiden tot grote kostenverschillen tussen strategieën met en zonder meerpeilstijging. In de ISWP kostenberekeningen is het effect van peilstijging op de beweegbare keringen en op waterafvoer uit de regionale systemen niet meegenomen. Dit effect wordt hieronder bij de overige effecten kwalitatief beschreven.

Stijging van het gemiddeld winterpeil heeft negatieve effecten op de omgeving. Stijging van het gemiddeld winterpeil heeft negatieve invloed op buitendijkse gebieden (frequenter of permanente overstroming, meer erosie). Het gaat om natuurgebieden, recreatiegebieden maar ook gebieden met landbouw of, industrie of bebouwing. De stijging heeft ook effect op de sluitfrequentie van stormvloedkeringen zoals de Ramspolkering, de Kadoelerkeersluis, de sluis van het Meppelderdiep en de keersluis Zwolle. Ook de vele kleine keringen langs de binnenstad van Kampen vallen hieronder. De keringen zullen frequenter moeten sluiten. Bij sterkere peilstijging kan de sluitfrequentie onrealistisch worden en moeten alternatieve oplossingen worden gezocht.

Ook op het regionaal waterbeheer heeft stijging van het gemiddeld winterpeil invloed: meer kwel, grotere opvoerhoogte gemalen, minder mogelijkheden voor spuien onder vrij verval. Voor de scheepvaart heeft peilstijging gemengde effecten. In de winter neemt de vaardiepte toe, maar neemt de doorvaarthoogte onder bruggen af. De grotere vaardiepte kan ook worden vertaald in lagere beheerskosten voor de vaargeulen. Het is duidelijk dat compensatie/mitigatie van de negatieve effecten van peilstijging op de omgeving extra kosten met zich mee zal brengen. De grote ingrepen die daarbij nodig zijn kunnen negatief uitwerken voor landschap en cultuurhistorie.

Vanwege de negatieve effecten op de omgeving en de daaraan verbonden kosten zal er weinig draagvlak zijn voor stijging van het gemiddeld winterpeil. Dit gebrek aan draagvlak heeft ertoe geleid dat in de Agenda IJsselmeergebied het uitgangspunt is geformuleerd dat wateronttrekkingen uit het IJsselmeergebied in de toekomst niet verder toenemen, zodat geen hogere waterpeilen nodig zijn dan nu zijn aangegeven in het nieuwe peilbesluit. Dit gaat over het zomerpeil, maar het is wel duidelijk dat de omgeving alle vormen van peilstijging wil beperken.

Stijging van het gemiddeld winterpeil heeft geen rechtstreekse invloed op de buffervoorraad zoetwater in het IJsselmeer in de zomer. De buffervoorraad zoetwater

¹ In 2012 heeft het CPB in het kader van het Deltaprogramma een snelle kosten-batenanalyse (KEA) uitgevoerd van verschillende vormen van peilbeheer in het IJsselmeergebied. Hieruit kwam een veel groter verschil in kosten tussen wel en niet stijgen van het gemiddeld winterpeil naar voren dan in ISWP. Er is een analyse uitgevoerd naar de verschillen tussen beide studies, die is samengevat in Bijlage G.

wordt bepaald door het verschil tussen het maximale en minimale meerpeil van het IJsselmeer in de zomerperiode. Het gemiddeld winterpeil heeft hier geen invloed op. Toch is er wel een relatie tussen zomer- en winterpeil. Als voor de watervoorziening gekozen wordt voor een significante verhoging van het zomerpeil zal dat aanpassingen in buitendijkse gebieden en mogelijk op een aantal plaatsen ook extra dijkversterkingen ten gevolg hebben. Wanneer vanuit de zomersituatie zulke aanpassingen toch al nodig zijn is het logisch om na te gaan of dan een verhoging van het gemiddeld winterpeil eenvoudiger mogelijk wordt. Bovendien kan niet altijd gegarandeerd worden dat het gewenste hogere zomerpeil tijdig gerealiseerd wordt als het winterpeil te ver onder het zomerpeil ligt.

Speelruimte is belangrijk. Het is belangrijk beleidsruimte te houden om in te kunnen spelen op veranderende inzichten of omstandigheden. Het is daarom van belang de maximale stijging van 30 cm die het NWP voor de periode na 2050 als mogelijkheid open laat te handhaven. Door de periodieke herijking van de beleidskeuzes is het niet nodig om aan te geven dat dit de maximale peilstijging tot 2100 is. Benutten van de speelruimte moet altijd geleidelijk plaatsvinden, zodat er tijd is om noodzakelijke aanpassingen uit te voeren. Vanuit de aanbeveling in hoofdstuk 2 om voor ca. 25 jaar beleidszekerheid te bieden zou bijvoorbeeld een in 2021 genomen besluit tot peilstijging betekenen dat rond 2046 begonnen wordt met een geleidelijke peilstijging.

3.1.2 *Piekbeheersing IJsselmeer*

Aanbeveling

- *Kies* voor een gematigde beheersing van de meerpeilpieken in het IJsselmeer. Dat wil zeggen dat de pompcapaciteit zodanig wordt gekozen dat meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van ca. 1/10 per jaar gelijk zullen blijven.

Toelichting

Klimaatverandering leidt tot toename van de meerpeilpieken. Gemiddeld wordt er ca. 16 miljard kubieke meter water per jaar naar het IJsselmeer aangevoerd. Bijna driekwart daarvan is afkomstig uit de IJssel, de rest uit de Vecht en uit de neerslag op het meer en de directe omgeving. Het water wordt grotendeels afgevoerd via de spuisluisen in de Afsluitdijk. Spuien is mogelijk wanneer de waterstand aan de meerzijde van de Afsluitdijk hoger is dan aan de zeezijde. Bij ongunstige wind kan er, soms langere tijd, niet gespuid worden. Dit betekent dat het meerpeil stijgt: er ontstaat een piek in het meerpeil. Bij langdurig beperkte spui mogelijkheden en hoge aanvoer van water kunnen deze pieken hoog oplopen. Klimaatverandering leidt tot hogere pieken in de watertoevoer. Dit betekent dat er in een periode waarin niet gespuid kan worden meer water kan worden aangevoerd, waardoor de pieken in de meerpeilen zullen toenemen.

Pompen werken anders door op de meerpeilen dan spuisluisen. Stijging van het gemiddeld meerpeil en toename van de meerpeilpieken kan worden voorkomen door vergroting van de spuicapaciteit of door de bouw van gemalen. Daarbij geldt dat, door zeespiegelstijging, vergroting van de spuicapaciteit slechts een tijdelijke oplossing is. Een belangrijk inzicht uit ISWP is dat spuien anders doorwerkt op meerpeilpieken dan pompen. Door vergroten van de spuicapaciteit worden de hoge meerpeilpieken meer verlaagd dan de lage meerpeilpieken. Dit komt doordat bij hoge meerpeilpieken het verval over de spui middelen groter is dan bij lage meerpeilpieken en dus de afvoercapaciteit groter is. Pompen hebben dit effect nauwe-

lijks. Met pompen worden de minder extreme meerpeilpieken beter beheerst dan de extreme pieken. Wanneer de waterafvoer in de toekomst meer afhankelijk wordt van pompen zal de meerpeilstatistiek (dat is: de frequenties waarmee bepaalde meerpeilen worden overschreden) veranderen. Het gelijk houden aan de huidige statistiek is technisch niet mogelijk. Er kan gekozen worden voor een sterke beheersing van de meerpeilpieken (met extreem grote pompcapaciteit) of een minder sterke beheersing ervan (met minder pompcapaciteit). Bij sterke beheersing worden ten opzichte van de huidige situatie extreme pieken gelijk gehouden, maar dalen de minder extreme pieken in hoogte. Bij beperkte beheersing worden frequent optredende pieken gelijk gehouden, maar nemen extremere pieken toe in hoogte.

Sterke beheersing van de meerpeilpieken vraagt grote pompcapaciteit. Als het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer gelijk gehouden wordt is voor een sterke beheersing van de meerpeilpieken over 150 jaar een pompcapaciteit van 3200 m³/s nodig. Een sterke beheersing betekent dat pieken met een overschrijdingsfrequentie van eenmaal per 100.000 jaar niet in hoogte mogen toenemen. Het gevolg daarvan is dat alle frequenter voorkomende pieken in hoogte zullen afnemen. Als de pieken beperkt beheerst worden is de benodigde pompcapaciteit 1200 m³/s. Pieken met een overschrijdingsfrequentie van eenmaal per jaar nemen dan niet in hoogte toe, de minder frequent voorkomende pieken doen dat dan wel¹.

Vanuit het oogpunt van kosten voor waterveiligheid en waterafvoer in het hoofdwatersysteem is er geen duidelijke voorkeur voor een sterke of juist minder sterke beheersing van de meerpeilpieken. De som van de kosten van waterveiligheid en waterafvoer in het hoofdwatersysteem is het laagst bij een sterke beheersing van de meerpeilpieken. Deze kosten nemen maximaal 7% toe bij een matige of beperkte beheersing van de meerpeilpieken. Het effect van de beheersing van de meerpeilpieken op de "totale" kosten is daarmee zeer klein, zeker gezien de onzekerheden in de berekeningen. Daarnaast geldt dat deze verschillen vrijwel wegvallen als dijkversterkingskosten afnemen (bijvoorbeeld door nieuwe, innovatieve methoden van versterking). De opbouw van de kosten verandert wel. Bij een sterke beheersing wordt de benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk erg groot. Bij een beperkte beheersing van de pieken is er minder pompcapaciteit nodig, maar zullen dijken fors meer versterkt moeten worden. Er zijn verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Daaruit blijkt dat ook bij versnelde zeespiegelstijging, sterke verlaging van de kosten voor waterafvoer of sterke verlaging van de kosten van dijkversterkingen er geen grote kostenverschillen ontstaan tussen de varianten met meer of minder sterke beheersing van de meerpeilpieken.

Een sterke toename van de meerpeilpieken heeft negatieve effecten voor de omgeving. Net als stijging van het gemiddeld winterpeil leidt toename van de meerpeilpieken tot meer wateroverlast en erosie in buitendijkse gebieden en hogere sluitfrequenties van de beweegbare keringen. Er is ook effect op kwel en waterafvoer vanuit de regionale watersystemen. Pieken zijn wel beperkt in duur, maar kunnen toch enkele weken duren. Bovendien treden pieken in de meerpeilen meestal op wanneer de afvoerbehoefte vanuit de regionale systemen groot is. Afname van de meerpeilpieken zal gunstige effecten hebben op de waterafvoer uit de regio en de sluitfrequentie van beweegbare keringen. Ook de overstroming van laaggelegen buitendijkse gebieden zal afnemen. De meeste bebouwde gebieden zijn op dit moment voldoende beschermd tegen pieken. Op sommige plaatsen treedt nu al wel overlast op,

¹ Als pieken met een bepaalde kans op vóórkomen in hoogte toenemen, komen pieken van een bepaalde hoogte vaker voor. Dit zijn twee verschillende manieren om dezelfde verschuiving in de frequentielijn te beschrijven.

maar die wordt veroorzaakt door opwaaiing en niet door een piek in het meerpeil. Ook voor recreatie is de afname weinig relevant, omdat het gaat over het winterseizoen. Voor de natuur kan afname van de meerpeilpieken in de winter zelfs negatief uitpakken, omdat de peildynamiek een gunstig effect heeft op de natuurlijke verjonging van rietkragen. Vanwege de negatieve effecten op de omgeving zal er weinig draagvlak zijn voor sterke toename van de van de meerpeilpieken.

Een gematigde beheersing van de meerpeilpieken lijkt de juiste middenweg. Een gematigde beheersing van de meerpeilpieken komt het dichtst in de buurt bij de huidige situatie. Bij een gematigde beheersing van de pieken (orde van grootte: pieken met een overschrijdingsfrequentie van 10 jaar worden gelijk gehouden) zullen de meest voorkomende pieken geleidelijk wat in hoogte afnemen en zullen de incidentele pieken geleidelijk in hoogte toenemen. Bij de keuze voor gematigde beheersing zijn nauwelijks negatieve effecten voor de omgeving meer. Een nevenvoordeel van gematigde beheersing van de meerpeilpieken is dat de klimaatopgave niet eenzijdig wordt opgevangen met óf de pompcapaciteit óf dijkversterkingen, maar daarover verdeeld wordt. Zo worden zowel extreme pompcapaciteiten als vergaande dijkverhogingen voorkomen. Mede gezien alle onzekerheden lijkt dit een verstandige keuze.

De kosten voor dijkversterking (voor de periode 2025-2175) liggen bij gematigde piekbeheersing ca. 1 miljard lager dan bij beperkte piekbeheersing en ruim een miljard hoger dan bij sterke piekbeheersing. Bij gematigde piekbeheersing zijn de kosten van dijkversterkingen voor de periode 2050 t/m 2175 ca. 2 miljard, dat is ongeveer gelijk aan de kosten die vóór 2050 gemaakt moeten worden om de dijken aan te passen aan de nieuwe normering en ontwerpssystematiek. De kosten van waterafvoer voor de periode 2015-2175 geven een omgekeerd beeld. Die zijn bij gematigde beheersing van de meerpeilpieken ruim een miljard hoger dan bij beperkte beheersing en een miljard lager dan bij sterke beheersing van de meerpeilpieken.

3.1.3 *Spuicapaciteit IJsselmeer*

Aanbeveling

- *Kies* als uitgangspunt dat er na 2050 spuicapaciteit beschikbaar zal zijn. Bij de herijking van de Deltabeslissingen in 2039 kan een definitieve keuze worden gemaakt.

Toelichting

Het nut van spui neemt af met de zeespiegelstijging. Als het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer gelijk wordt gehouden met behulp van spuisluizen en pompen, neemt het aandeel van spui in de waterafvoer af als de zeespiegel stijgt. Bij 115 cm zeespiegelstijging is het aandeel van spui in de afvoer nihil geworden en wordt het water vrijwel geheel door de pompen afgevoerd. De spui blijft dan echter nog wel een rol houden in het beheersen van extreme pieken in de meerpeilen: spui houdt dan nog een soort "overloofunctie". Bij sterke beheersing van de meerpeilpieken leidt spui dan nog tot beperking van de benodigde pompcapaciteit. Bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken werkt leidt de aanwezigheid van spui dan tot beperking van de dijkversterkingskosten. Bij verder stijgen van de zeespiegel verdwijnen deze effecten uiteindelijk ook.

Het kosteneffect van spui is beperkt. In de ISWP berekeningen met standaard zeespiegelstijging bleek het hebben van spui een kleine reductie van de kosten van de

strategieën met een sterke peilbeheersing met zich mee te brengen. Het kostenvoordeel nam toe met stijging van het gemiddeld meerpeil. Bij versnelde zeespiegelstijging¹ leidt investeren in de vervanging van spui in 2050 nog steeds tot een klein kostenvoordeel. Bij sterke beheersing van de meerpeilpieken komt dit door reductie van de kosten van waterafvoer, bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken door reductie van de kosten van dijkversterking. Alle kostenverschillen zijn echter klein in het licht van de onzekerheden van de studie. De snelheid van zeespiegelstijging en de ontwikkelingen in de kosten van spui, pompen en dijkversterkingen kunnen van grote invloed zijn op de vraag of investeren in spui al dan niet een kostenvoordeel met zich meebrengt. Naarmate de zeespiegelstijging sneller verloopt, zal het kostenvoordeel van spui afnemen en omslaan in een nadeel. Misschien zijn er mogelijkheden om gemalen zo te ontwerpen dat er ook mee gespuid kan worden wanneer de waterstand aan de IJsselmeerzijde hoger is dan die aan de Waddenzeezijde. Dit zou de kosten voor het hebben van een spui-faciliteit kunnen beperken.

Spuisluizen dragen mogelijk bij aan risicospreiding. Het is van cruciaal belang voor de veiligheid dat de kansen van het falen van de volledige waterafvoer van het IJsselmeer heel klein zijn. Spuisluizen met een noodstroomvoorziening zouden als een noodoverloop kunnen dienen wanneer er sprake is van grootschalig falen van pompen. Of spuisluizen daadwerkelijk bijdragen aan het beperken van de faalkans van de waterafvoer is sterk afhankelijk van het ontwerp van de waterafvoer als geheel (zie paragraaf 3.3.3). Uiteraard neemt het nut van spuisluizen als noodoverloop af naarmate de zeespiegel verder stijgt.

De keuze voor aanleg of handhaven van spuicapaciteit niet urgent. De keuze voor de spuicapaciteit in de Afsluitdijk hoeft pas definitief gemaakt te worden als de vervanging van de oude spuicomplexen die rond 2050 aan de orde is wordt voorbereid. Inzichten en ervaringen die tot die tijd worden opgedaan kunnen dus benut worden bij de keuze, net als gegevens over de daadwerkelijke zeespiegelstijging. Ook moet dan worden meegewogen wat de mogelijkheden zijn om de rond 2021 toegevoegde spuicapaciteit te handhaven.

3.2 Aanbevelingen voor het Markermeer

3.2.1 Gemiddeld winterpeil Markermeer

Aanbevelingen

- *Handhaaf* de keuze dat het gemiddeld winterpeil van het Markermeer niet stijgt.
 - *Kies* daarbij voor een speelruimte (maximale stijging die kan plaatsvinden na 2050) van 30 cm.

Toelichting

Het gemiddeld winterpeil Markermeer stijgt bij stijging van het gemiddeld winterpeil IJsselmeer. Het overschot aan water van het Markermeer wordt afgevoerd naar het IJsselmeer, via spuisluizen in de Houtribdijk. Of er gespuid kan worden is afhankelijk van de meerpeilen en van de wind. Zuiden- tot westenwind maakt dat er aan de Markermeerzijde opwaaiing optreedt bij de spuisluizen en aan de IJsselmeerzijde afwaaiing. In deze situatie kan er vaak nog gespuid worden op momenten dat het gemiddeld peil van het Markermeer lager is dan dat van het IJsselmeer. Doordat in Nederland de winden tussen zuid en west overheersen kan het gemiddeld winterpeil

¹ Zie Bijlage 2, Tabel B1 voor de gehanteerde zeespiegelstijgingen. Bij versnelde zeespiegelstijging is uitgegaan van 130 cm in 2100.

van het Markermeer 12 cm lager zijn dan dat van het IJsselmeer. Bij stijging van het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer zal dat van het Markermeer ook stijgen. Die stijging van het Markermeer is daarbij iets minder dan die van het IJsselmeer. Het verschil is mede afhankelijk van de mate waarin de pieken in de IJsselmeerpeilen worden beheerst. Als het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer met 30 cm stijgt, stijgt dat van het Markermeer met 21 cm bij sterke beheersing van de pieken in het IJsselmeerpeil en 27 cm bij beperkte beheersing van het IJsselmeerpeil.

Handhaven van het gemiddeld winterpeil van het Markermeer bij 30 cm peilstijging van het IJsselmeer leidt tot hogere kosten voor waterafvoer en lagere kosten voor dijkversterkingen. In ISWP zijn de kosten voor waterafvoer en dijkversterkingen geanalyseerd wanneer het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer stijgt met 30 cm en het Markermeer blijft spuien onder vrij verval. Het gemiddeld winterpeil van het Markermeer zal dan stijgen, zoals hiervoor is beschreven. Bij sterke beheersing van de meerpeilpieken van het IJsselmeer nemen de kosten voor de waterafvoer van IJsselmeer en Markermeer samen dan af met ca. 0,4 miljard. Dit komt voornamelijk doordat er geen pompen nodig zijn voor het Markermeer. De dijkversterkingskosten in het Markermeer nemen met ca. 0,7 miljard toe, die in het IJsselmeer met 0,3 miljard af. Het totaal van de kosten van waterafvoer en dijkversterkingen (voor het hoofdwatersysteem) blijft daardoor gelijk. Bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken op het IJsselmeer nemen de dijkversterkingskosten in het Markermeer meer toe, namelijk met 1,3 miljard en blijven de overige kosteneffecten gelijk. Bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken van het IJsselmeer leidt meestijgen van het Markermeer daardoor tot ca. 0,5 miljard meerkosten voor het hoofdwatersysteem (dit is ruim 4%).

Stijging van het gemiddeld winterpeil heeft negatieve effecten op de omgeving. Peilverhoging werkt negatief uit voor wateroverlast in de buitendijkse gebieden en voor waterafvoer uit de regio. Gemalen moeten het water hoger oppompen en de mogelijkheden voor waterafvoer onder vrij verval nemen af. Toename van kwel is, naar verwachting, niet van betekenis omdat langs de laaggelegen polders de bodem van het Markermeer weinig waterdoorlatend is. Tot slot betekent peilverhoging een grotere vaardiepte en een kleinere doorvaarthoogte (m.n. voor de Stichtse brug en de Hollandse brug). Het meest ingrijpend zijn de gevolgen voor de vrij op het Markermeer afwaterende gebieden: de Veluwerandmeren, de Eem, de Laak, de Arkervaart en (onder bijzondere omstandigheden) het beheersgebied van AGV. Wanneer de waterafvoer bij IJmuiden onvoldoende is wordt ook waterafvoer die normaal naar de Noordzee verloopt voor een deel naar het Markermeer verlegd, via de gemalen Zeeburg en gemalen langs de Noord-Hollandse Markermeerkust.

Speelruimte is belangrijk. In het vigerende beleid is voor het gemiddeld winterpeil van het Markermeer, in tegenstelling tot het IJsselmeer, geen beleidsmatige speelruimte aangegeven. Maar ook voor het Markermeer geldt natuurlijk dat de onzekerheden groot zijn en dat het daarom wenselijk is beleidsmatig ruimte te houden voor een zekere peilstijging. Deze ruimte maakt het eenvoudiger mogelijk om in te kunnen spelen op veranderende omstandigheden of inzichten. Het handhaven van deze ruimte voorkomt dat het systeem te veel "dicht wordt getimmerd", waardoor in de toekomst opties worden afgesneden. Het is logisch om voor het Markermeer aan te sluiten bij de 30 cm speelruimte voor peilstijging die voor het IJsselmeer geldt. Een speelruimte van 30 cm voor het Markermeer maakt het mogelijk te blijven spuien onder vrij verval, wanneer de speelruimte voor het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer benut wordt. Dit zou ingaan tegen het NWP, waarin is aangegeven dat

bij peilstijging van het IJsselmeer het Markermeer niet mee zal stijgen (ontkoppingsbesluit), maar het lijkt verstandig de mogelijkheid open te houden. Ook voor het Markermeer geldt dat het eventueel benutten van de speelruimte geleidelijk moet plaatsvinden, zodat er tijd is om noodzakelijke aanpassingen uit te voeren. Doordat het aangeven van speelruimte een beleidswijziging is voor het Markermeer, en peilstijging negatieve effecten heeft voor de omgeving, kan het invoeren ervan stuiten op weerstand uit de omgeving.

3.2.2 *Pompen Markermeer*

Aanbeveling

- *Handhaaf de keuze om de waterafvoer van het Markermeer via spuien te laten plaatsvinden.*
 - *Kies er daarbij voor om de mogelijkheid open te laten om pompen in te zetten wanneer op enig moment gekozen wordt om de speelruimte voor de peilstijging van het IJsselmeer te benutten of wanneer de klimaatverandering blijkt te leiden tot sterke toename van de meerpeilpieken.*

Toelichting

De meerpeilpieken van het Markermeer zijn minder hoog dan die van het IJsselmeer. Het wateroverschot van het Markermeer wordt gespuid naar het IJsselmeer. Of er op enig moment gespuid kan worden is afhankelijk van de peilen van Markermeer en IJsselmeer en van de wind. Zuid tot westenwind maakt dat er aan de Markermeerzijde opwaaiing optreedt bij de spuisluizen en aan de IJsselmeerzijde afwaaiing. Wanneer er niet gespuid kan worden kan het peil van het Markermeer stijgen. Deze stijging is afhankelijk van de hoeveelheid water die per hectare wordt aangevoerd. Die wateraanvoer is voor Markermeer veel kleiner dan voor het IJsselmeer, omdat er geen rivieren in uitmonden. Hierdoor zijn de pieken in het Markermeerpeil minder hoog dan die in het IJsselmeerpeil.

Klimaatverandering leidt tot toename van de meerpeilpieken. Door klimaatverandering zullen de pieken in het Markermeerpeil toenemen, ook wanneer er niets verandert in het IJsselmeerpeil. Bij klimaatverandering kunnen namelijk de pieken in de neerslaghoeveelheden toenemen. De mate waarin dat in de winterperiode gebeurt is echter erg onzeker. Als pieken in de neerslag toenemen kan er meer water worden aangevoerd tijdens perioden dat er niet gespuid kan worden. Hierdoor loopt het meerpeil in die periode hoger op. Het gaat om water dat ook normaal al naar het Markermeer wordt afgevoerd. Het kan echter ook gaan om water dat normaal via IJmuiden naar zee gaat. In de regio van het Amsterdam-Rijnkanaal/ Noordzeekanaal gebied wordt bij dreigende wateroverlast situaties nu al water afgevoerd naar het Markermeer, dat normaal via IJmuiden naar zee gaat. Deze afvoerroute is bij dergelijke situaties belangrijk gebleken. In de regio loopt onderzoek om te kijken hoe de afhankelijkheid van gemaal IJmuiden verkleind kan worden. Daarbij zal ook de mogelijkheid om meer water richting Markermeer af te voeren worden bekeken. Naast deze effecten van waterafvoer uit de regio werkt een toename van de pieken in het IJsselmeerpeil door in de pieken van het Markermeerpeil, omdat daardoor de periodes waarin niet gespuid kan worden naar het IJsselmeer langer worden.

Het Markermeerpeil is goed te beheersen met pompen. Wanneer het IJsselmeerpeil stijgt kan het gemiddeld winterpeil van het Markermeer alleen gehandhaafd worden met behulp van pompen. Berekend is dat hiervoor op termijn een capaciteit van ca. 150 m³/s voldoende is. Met deze pompcapaciteit wordt ook voorkomen dat meerpeilpieken in hoogte toenemen. Door de kleinere wateraanvoer naar het Markermeer

is de benodigde pompcapaciteit veel lager dan die voor het IJsselmeer. Gezien de relatief beperkte pompcapaciteit die nodig is om ook de meerpeilpieken te beheersen heeft het geen zin om voor het Markermeer onderscheid te maken tussen sterke en beperkte beheersing van de meerpeilpieken.

Bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer zijn geen pompen nodig om het gemiddeld winterpeil van het Markermeer te handhaven. Pompen kunnen dan wel ingezet kunnen worden voor beperking van de pieken in het Markermeerpeil.

Afvoer via IJmuiden is geen optie. Voor het Markermeer maakt het niet uit of water wordt weggepompt naar het IJsselmeer (pompen op de Houtribdijk) of via bijvoorbeeld het gemaal bij IJmuiden (waarbij het water door het Noordzeekanaal gaat). Afvoer via het Noordzeekanaal (NZK) is echter geen optie. Het is nu al moeilijk om daar onaanvaardbaar hoge waterpeilen te voorkomen bij piekafvoeren van water uit de omgeving. Dit komt omdat het bergend oppervlak van het systeem beperkt is. De waterafvoer vanuit het Markermeer zou juist tijdens perioden met een piekafvoer van water plaats moeten vinden. Daarnaast geldt dat het bij hoge waterstanden niet altijd mogelijk is om water naar het NZK te spuien onder vrij verval. Dit betekent dat dan ook pompen nodig zijn om het water van het Markermeer naar het NZK af te voeren. Het water moet dan dubbel verpompt worden (dit laatste geldt voor de route via het IJsselmeer pas op termijn). Bij beperkingen in de waterafvoer bij IJmuiden kan er niet worden afgevoerd, omdat het NZK nauwelijks buffercapaciteit heeft. Dit in tegenstelling tot het IJsselmeer.

Inzet van pompen voor het Markermeer verhoogt de kosten voor waterafvoer in het hoofdwatersysteem. Er is een analyse uitgevoerd van de kosten voor wel en niet inzetten van pompen op de Houtribdijk bij gelijkblijvend winterpeil en sterke beheersing van de meerpeilpieken op het IJsselmeer. De inzet van pompen leidt dan tot 0,7 miljard meerkosten voor de waterafvoer van het hoofdwatersysteem. Dit wordt deels veroorzaakt door de kosten van de pompen op de Houtribdijk, maar ook doordat op de Afsluitdijk iets meer pompcapaciteit nodig is. De dijkversterkingskosten blijven gelijk: bij gebruik van pompen zijn de kosten daarvan rond het Markermeer 0,1 miljard lager, maar rond het IJsselmeer 0,1 miljard hoger. Deze kleine verschillen in dijkversterkingskosten zijn echter niet betrouwbaar te bepalen. Bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken zijn de meerkosten voor waterafvoer door inzet van pompen op de Houtribdijk lager: 0,4 miljard. Er is niet geanalyseerd wat dit betekent voor de dijkversterkingskosten. Het is echter duidelijk dat de kosteneffecten dan groter zijn dan bij sterke beheersing van de meerpeilpieken (zowel voor IJsselmeer als Markermeer). Het valt niet te zeggen of de verschillen in dijkversterkingskosten van beide meren elkaar dan nog steeds ongeveer in balans houden.

3.3 **Aanvullende aanbevelingen**

Deze paragraaf geeft een aantal aanvullende aanbevelingen, die sterk van karakter verschillen. Ze hebben op de een of andere manier echter allemaal te maken met het omgaan met onzekerheden en gebrek aan kennis.

- Eerst komen drie onderwerpen aan de orde die te maken hebben met het vergroten van kennis, t.b.v. de vervangingsopgave van de spuisluisen in de Afsluitdijk: het leren uit praktijkervaringen, het uitwerken van de mogelijkheden voor adaptief ontwerp van de waterafvoermiddelen en onderzoek naar de mogelijkheden om de faalkansen van de waterafvoer te beperken.
- Vervolgens komt het omgaan met klimaatonzekerheid aan de orde: de keuze van klimaatscenario's.
- Het hoofdstuk sluit af met een, vanuit IJsselmeerperspectief gezien, beleidsmatige onzekerheid: aanpassingen in de waterafvoer van de omgeving.

3.3.1 *Leren uit de praktijk*

Aanbeveling

- Leer uit de praktijk: analyseer de ervaringen met ander peilbeheer, met pompen op de Afsluitdijk en met extreme situaties als de droogte in 2018.

Toelichting

Ontwikkelingen en beheer bieden continu ervaringen waarvan geleerd kan worden. Zo zijn de ervaringen met het nieuwe peilbesluit en met de binnenkort te bouwen pompen op de Afsluitdijk van belang. Maar ook praktijkervaringen met de grote gemalen IJmuiden en Zedemuden kunnen nuttige inzichten opleveren. Verder kan veel geleerd worden uit extreme gebeurtenissen, zoals de droogte van 2018. Het is daarom van belang praktijkervaringen te inventariseren en evalueren in het licht van de vervangingsopgave in 2050.

3.3.2 *Adaptief ontwerpen waterafvoermiddelen*

Aanbeveling

- Werk de mogelijkheden voor een ontwerp van waterafvoermiddelen zo uit, dat uitbreiding van de pompcapaciteit snel en efficiënt mogelijk wordt (adaptiviteit).

Toelichting

De benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk moet periodiek worden vergroot. Als aanpassing aan de zeespiegelstijging en klimaatverandering moet de pompcapaciteit op de Afsluitdijk periodiek worden vergroot. De uiteindelijk benodigde pompcapaciteit is zeer groot. Het is van belang om met een blik op de verre toekomst te verkennen waar langs de Afsluitdijk de capaciteit het beste kan worden gerealiseerd, welke (ruimtelijke) reserveringen daarvoor nodig zijn en welke procedures daarbij gevolgd moeten worden (denk aan bijvoorbeeld de natuurwetgeving). Daarnaast is het van belang te verkennen hoe een snelle en efficiënte uitbreiding kan worden bevorderd door een goede fasering van werkzaamheden. Zo kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het bouwen van gemalen, waarin al ruimte is voor het bijplaatsen van pompen. Het gaat dan niet alleen om het gebouw, maar ook om het civieltechnisch werk daarbinnen en zaken als bodembescherming of het creëren van toevoergeulen daarbuiten. Er moet daarbij gezocht worden naar optimalisatie tussen de mogelijke snelheid van uitbreiding, de kosten daarvan en de ontwerpprincipes voor het beperken van de faalkansen (zie 3.3.3). Andere mogelijkheden waarnaar gekeken kan worden zijn het ontwerp van een spuisluis die tot een efficiënt gemaal kan

worden omgebouwd, of een gemaal waarmee onder gunstige omstandigheden ook gespuid kan worden.

3.3.3 *Faalkansen waterafvoermiddelen*

Aanbeveling

- Doe nader onderzoek naar de mogelijkheden om faalkansen van waterafvoermiddelen te beperken.

Toelichting

Het falen van de waterafvoer kan grote gevolgen hebben. Bij dijkversterkingen wordt uitgegaan van normen voor de overstromingskansen. Daarbij wordt tot nu toe voor het IJsselmeergebied geen rekening gehouden met faalkansen van de waterafvoermiddelen. Maar natuurlijk kunnen zowel spuisluizen als gemalen falen. Het falen van het *complete* waterafvoersysteem kan grote gevolgen hebben voor wateroverlast en waterveiligheid, omdat dit een extra mechanisme introduceert waardoor meerpeilen oplopen. Hoge meerpeilen zullen dan meer frequent voorkomen. Het wateraanbod in de faalperiode, de faalfrequentie en de duur van het falen zijn daarbij bepalend voor de hoogte van de peilen die kunnen optreden.

De faalkansen kunnen gereduceerd worden. Er zijn allerlei mogelijkheden om de kans en/of de duur van te verkleinen en het aandeel van de waterafvoermiddelen dat faalt te beperken:

- opsplitsen van de waterafvoer in volledig onafhankelijke units,
- redundant uitvoeren van aansturing en energievoorziening,
- noodstroomvoorzieningen bij spuisluizen,
- goed beheer en onderhoud,
- garantie van snelle hersteltijden bij falen zijn mogelijkheden om.

Bij de bouw van nieuwe waterafvoermiddelen is het daarom van belang expliciet rekening te houden met de faalkansen daarvan.

De gevolgen van falen kunnen berekend worden. Er zijn nieuwe rekenmethoden ontwikkeld waarmee de effecten van faalkansen van waterafvoermiddelen op de meerpeilstatistiek kunnen worden berekend. Hiermee is het ook mogelijk om de effecten van het reduceren van faalkansen te evalueren en zo te komen tot een optimaal ontwerp van de waterafvoer. Een optimaal ontwerp is cruciaal voor het toekomstig waterbeheer. Het is daarom van belang om als overheid kennis op dit terrein op te bouwen door hiernaar onderzoek te (laten) doen, in aanvulling op wat al bekend is. Het onderwerp is te belangrijk om aan de markt te worden overgelaten. Ook bij volledige uitbesteding van het ontwerp van afvoermiddelen is deze kennis namelijk noodzakelijk, om deskundig opdrachtgever te kunnen zijn.

3.3.4 *Keuze van klimaatscenario's*

Aanbevelingen

- Kies voor een gematigd klimaatscenario als uitgangspunt bij berekeningen van de benodigde pompcapaciteit en de hydraulische belastingen van de dijken. Kies alleen wanneer er geen pompen op de Houtribdijk komen voor een scenario met sterke klimaatverandering voor de berekening van dijkbelastingen in het Markermeer.

Toelichting

De KNMI klimaatscenario's bieden voldoende houvast voor de uitvoeringsbeslissingen. Voor Nederland heeft het KNMI klimaatscenario's ontwikkeld, die periodiek herijkt worden (de volgende herijking wordt verwacht in 2021). De klimaatscenario's beschrijven een forse bandbreedte van mogelijke ontwikkelingen. Er valt niet aan te geven welk scenario de grootste kans heeft om werkelijkheid te worden. Bovendien is het zeker niet onmogelijk dat bepaalde ontwikkelingen buiten de bandbreedte van de scenario's zullen vallen. Zo zijn er recent berichten over de mogelijkheid van een sterk versnelde zeespiegelstijging verschenen. De periodieke update door het KNMI garandeert echter dat de scenario's aangepast worden aan de laatste inzichten.

De snelheid van veranderingen in zeespiegelstijging en neerslag zijn onzeker, maar de richting is duidelijk: de zeespiegel stijgt en de pieken in het wateraanbod nemen toe. Voor wat betreft het windklimaat zijn de ontwikkelingen veel onzekerder. Zo kan het aantal dagen met wind uit richtingen tussen zuid en west toe- of afnemen en kan de hoogste daggemiddelde windsnelheid ook toe of afnemen. Voor waterafvoer en waterveiligheid is in het IJsselmeergebied de wind een heel belangrijke factor. De verwachtingen rond veranderingen in de wind zijn echter onvoldoende specifiek om nu mee te kunnen nemen in berekeningen rond waterafvoer en waterveiligheid. Wanneer het inzicht groeit zullen de KNMI klimaatscenario's op dit punt worden aangescherpt.

Omdat de KNMI klimaatscenario's periodiek worden aangepast aan de nieuwste inzichten is het niet nodig om bij de berekeningen voor de uitvoeringsbeslissingen rekening te houden met extremere ontwikkelingen dan in de klimaatscenario's zijn opgenomen.

De pompcapaciteit op de Afsluitdijk moet periodiek aangepast worden aan de snelheid van de zeespiegelstijging. Door de periodieke aanpassing van de benodigde pompcapaciteit kan gekozen worden voor een adaptieve strategie. Omdat de aanpassing relatief snel kan plaatsvinden is het daarbij niet nodig uit te gaan van sterke klimaatverandering (dat zou kiezen voor robuustheid zijn), maar kan worden uitgegaan van gematigde klimaatontwikkeling. Bij het ontwerp van gemalen moet worden nagegaan of het voordelen biedt om het civieltechnische werk en de gebouwen al voor te bereiden op de capaciteit die op langere termijn nodig wordt.

Zonder pompen domineert voor het IJsselmeer het effect van zeespiegelstijging in de klimaateffecten. Bij dijken wordt in principe uitgegaan van een ontwerpperiode van 50 jaar. De mogelijkheden om adaptief in te spelen op daadwerkelijke klimaatverandering zijn daardoor minder dan bij het uitbreiden van de pompcapaciteit. In het IJsselmeer is de zeespiegelstijging het belangrijkste klimaateffect voor verandering van de belasting van dijken. Omdat de doorwerking van de zeespiegelstijging op de meerpeilen wordt "afgevangen" door de pompen is het echter toch niet nodig om bij berekening van de hydraulische belastingen te kiezen voor extra robuustheid, door uit te gaan van sterke klimaatontwikkeling. Dit sluit aan bij de huidige praktijk, waarbij wordt aangeraden het G klimaatscenario van het KNMI te gebruiken. Het is natuurlijk wel van belang om rekening te houden met de speelruimte in de keuzes voor het gemiddeld winterpeil.

Voor het Markermeer bepalen het peilbeheer van het IJsselmeer en veranderingen in de neerslag de klimaateffecten. Voor het Markermeer worden de afvoermogelijkheden bepaald door het IJsselmeerpeil en niet door de zeespiegel. De meerpeilpie-

ken in het Markermeer ontstaan bij grote regenval en hoge IJsselmeerpeilen. Bij gelijkblijvende peildynamiek van het IJsselmeer bepaalt de ontwikkeling in de neerslagpatronen de veranderingen van de hydraulische belastingen en niet de zeespiegelstijging. Wanneer er gekozen wordt voor pompen op de Houtribdijk kan toename van de meerpeilpieken worden voorkomen. In dat geval kan ook voor het berekenen van de hydraulische belastingen van de Markermeerdijken worden uitgegaan van een gematigd klimaatscenario. Als pieken erg snel toenemen, wordt dat geneutraliseerd door uitbreiding van de pompcapaciteit. Wanneer er geen pompen komen is het verstandiger om uit te gaan van een scenario met sterke klimaatverandering. De ontwerpperiode van 50 jaar maakt dat inspelen op tegenvallende klimaatontwikkeling niet snel kan gebeuren. Met sterke klimaatverandering als uitgangspunt worden de dijken robuust versterkt.

3.3.5 *Veranderingen in waterbeheer omgeving*

Aanbeveling

- Houdt bij het maken van keuzes voor het waterbeheer waardoor de wateraanvoer naar het IJsselmeergebied beïnvloed wordt expliciet rekening met de gevolgen voor het IJsselmeergebied.

Toelichting

Veranderingen in de waterafvoer uit de omgeving zijn een beleidsmatige onzekerheid. Vanuit het perspectief van het IJsselmeergebied zijn eventuele aanpassingen in beheer of de gemaalcapaciteit van de regionale watersystemen en aanpassingen in de afvoerverdeling van de Rijn beleidsmatige onzekerheden. Deze keuzes worden namelijk niet primair bepaald door de gevolgen voor de meren van het IJsselmeergebied. Ze hebben echter wel invloed op het waterbeheer van deze meren.

Toename van gemaalcapaciteit in de regio betekent toename van de benodigde gemaalcapaciteit op de Afsluitdijk. Als de wateraanvoer naar de meren van het IJsselmeergebied verandert heeft dat invloed op de dijkbelasting en/of de benodigde waterafvoercapaciteit. Zo werd in ISWP duidelijk dat de bouw van gemalen waarmee Noord-Holland ook bij hoge waterstanden op het Markermeer water naar het Markermeer kan afvoeren betekent dat de gemaalcapaciteit op de Afsluitdijk ook moet worden uitgebreid, om hogere dijkbelasting te voorkomen. In varianten waarbij er ook een gemaal aanwezig was op de Houtribdijk moest ook daarvan de capaciteit worden uitgebreid. Door de gemalen neemt de totale hoeveelheid water die uit Noord-Holland naar het Markermeer wordt afgevoerd niet toe, maar het water wordt nu wel afgevoerd bij hoge waterstanden op het Markermeer: de pieken worden dus verhoogd en dat vraagt om extra afvoercapaciteit.

Aanpassing van de afvoerverdeling van de Rijn heeft invloed op het IJsselmeergebied. In ISWP zijn ook berekeningen gemaakt met een aangepaste afvoerverdeling van de rivieren bij hoge afvoer. Er is gekeken naar de gevolgen voor het IJsselmeergebied als de piekafvoeren van de IJssel wordt afgetopt op 1500 m³/s en als de afvoeren van 1500 m³/s of meer juist worden verhoogd. Aftoppen van de piekafvoer leidt tot een lagere meerpeilpieken in het IJsselmeer en toename van de piekafvoer tot hogere. Bij een strategie waarin de meerpeilpieken sterk worden beheerst werkt de andere rivierafvoer door in de benodigde pompcapaciteit. De kosten som van kosten voor waterafvoer en waterveiligheid in het IJsselmeergebied neemt bij aftoppen van de IJsselafvoer dan af met ca. 1,5 miljard en neemt met ongeveer hetzelfde bedrag toe bij toename van de IJsselafvoer. Als de pieken beperkt worden beheerst werkt een verandering in de IJsselafvoer vooral door in de benodigde dijk-

versterking. Het kosteneffect is hier kleiner, ca. 0,9 miljard kostenafname bij aftoppen en 0,4 miljard kostentoeename bij toenemende IJsselafvoer. Deze bedragen zijn natuurlijk afhankelijk van de exacte wijze waarop de afvoerverdeling wordt aangepast. Ze illustreren echter dat het effect op het IJsselmeergebied significant is.

Bijlage A ISWP rapporten

Rommelzwaal, A., A. Kors, I. Tánzos, A. Hebbink & J. Helmer (2015). Meerpeilen en waterveiligheid IJsselmeergebied: Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer fase 1. Rijkswaterstaat WVL.

Rommelzwaal, A., A. Kors, I. Tánzos, H. Berger & J. Helmer (2017). Eerste analyse van opties voor waterafvoer en peilbeheer IJsselmeergebied: Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer fase 2. Rijkswaterstaat WVL.

Rommelzwaal, A., A. Kors, I. Tánzos, H. Berger & J. Helmer (2018). Technische en economische analyse van langetermijn-strategieën voor peilbeheer in het IJsselmeergebied: Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied fase 3

Bijlage B Samenvatting uitgangspunten ISWP

In deze bijlage komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Huidig beleid voor het peilbeheer in de winterperiode,
- Strategieën voor het toekomstig peilbeheer in de winterperiode,
- Gehanteerd klimaatscenario in ISWP,
- Afwegingen bij het opstellen van de ISWP beleidsaanbevelingen.

Huidig beleid voor het peilbeheer in de winterperiode

ISWP richt zich op waterafvoer en peilbeheer in de winterperiode, de periode die maatgevend is voor de waterveiligheid (stormseizoen).

Het Nationaal Waterplan 2016-2021 zegt over het peilbeheer in de winter het volgende:

“Het gemiddelde winterpeil in het IJsselmeer stijgt in ieder geval tot 2050 niet mee met de zeespiegel. Waterafvoer naar de Waddenzee wordt veiliggesteld door middel van een combinatie van spuien en pompen. Beperkt meestijgen van het winterpeil met de zeespiegel wordt voor de periode na 2050 als optie opengehouden: het kabinet houdt rekening met een stijging van het winterpeil in het IJsselmeer na 2050 van maximaal 30 cm. In de andere meren in het IJsselmeergebied blijft het gemiddelde winterpeil na 2050 gehandhaafd.”

In dit Nationaal Waterplan worden bij de gemiddelde winterpeilen geen getallen genoemd. In de tussentijdse wijziging van het eraan voorafgaande Nationaal waterplan 2009-2015 werd daarbij voor het Markermeer een gemiddeld winterpeil genoemd van -25 cm NAP. Hiermee werd het gemiddeld winterpeil van het Markermeer gelijk gesteld aan dat van het IJsselmeer. Omdat op dit moment het gemiddeld winterpeil in het Markermeer -33 cm is, hield dat impliciet een mogelijke peilverhoging van 8 cm in.

Het Waterplan doet geen uitspraken over de mate waarin pieken in de meerpeilen zullen worden beheerst: een onderwerp waaraan in ISWP nadrukkelijk aandacht wordt besteed.

Strategieën voor het toekomstig peilbeheer in de winterperiode

Tegen de achtergrond van het beleid zijn aan de hand van de leerpunten uit de eerste fase van ISWP strategieën geformuleerd voor het peilbeheer in de winterperiode op lange termijn. Deze strategieën zijn vervolgens gedetailleerd geanalyseerd.

IJsselmeer. De strategieën voor het IJsselmeer zijn gebaseerd op het gemiddeld winterpeil en de mate waarin meerpeilpieken worden beheerst. Er zijn drie strategieën voor het gemiddeld winterpeil gekozen:

1. Het gemiddeld winterpeil blijft gelijk.
2. Het gemiddeld winterpeil stijgt met 30 cm in de periode 2050 tot 2100 en blijft vervolgens gelijk.
3. Het winterpeil stijgt met 30 cm in de periode van 2050 tot 2100 en vervolgens met nog eens 30 cm in de periode 2150 (en blijft vervolgens gelijk).

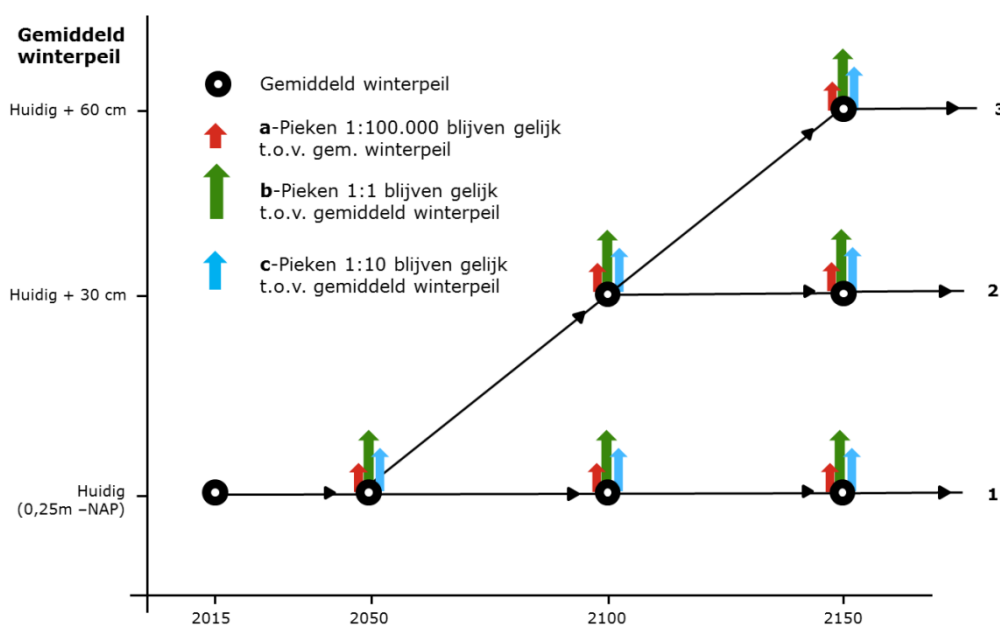
Bij elke strategie zijn drie varianten van piekbeheersing gekozen:

- a. De meerpeilpieken worden beperkt beheerst. Dit wil zeggen dat meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van 1 maal per jaar niet in hoogte

mogen toenemen t.o.v. het gemiddeld winterpeil. Hiervoor is relatief beperkte pompcapaciteit nodig, die toeneemt met de klimaatverandering. Daarbij zullen de minder vaak voorkomende pieken in het meerpeil steeds meer in hoogte toenemen.

- b. De meerpeilen worden sterk beheerst. Meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van 1 maal per 100.000 jaar mogen niet in hoogte toenemen t.o.v. het gemiddeld winterpeil. Hiervoor en grote pompcapaciteit nodig, die toeneemt met de klimaatverandering. Het gevolg daarvan is dat de frequenter voorkomende pieken steeds meer in hoogte zullen afnemen.
- c. De meerpeilen worden gematigd beheerst. Hierbij mogen pieken met een overschrijdingsfrequentie van 1 maal per 10 jaar niet in hoogte toenemen t.o.v. het gemiddeld winterpeil. Het gaat om een variant die in de ontwikkelingen van de meerpeilpieken en in de benodigde pompcapaciteit ongeveer midden tussen de twee voorgaande varianten in ligt. Variant c ligt dus tussen a en b in. De onlogische volgorde van de varianten komt doordat aanvankelijk met slechts twee varianten is gerekend

Figuur B1 geeft de strategieën voor het IJsselmeer grafisch weer.



Figuur B1 Strategieën voor het gemiddeld winterpeil en de meerpeilpieken van het IJsselmeer.

Markermeer. De ISWP analyses hebben geleerd dat het voor het Markermeer weinig zinvol is om onderscheid te maken in de mate van piekbeheersing. Dit komt doordat de wateraanvoer naar het Markermeer veel beperkter is dan naar het IJsselmeer, waardoor de benodigde pompcapaciteit vele malen kleiner is en het verschil tussen de pompcapaciteit die nodig is voor sterke beheersing van de pieken en beperkte beheersing van de pieken miniem is.

De strategieën maken daarom onderscheid tussen wel en geen stijging van het gemiddeld winterpeil en wel of geen inzet van pompen. Voor het gemiddeld winterpeil is aanvankelijk uitgegaan van een maximale stijging van 8 cm (aansluitend bij het beleid). In de laatste fase van ISWP is echter ook gekeken naar meestijgen van het Markermeer met een peilstijging van 30 cm op het IJsselmeer. Het gemiddeld winterpeil van het Markermeer stijgt dan met 21 cm bij sterke beheersing van de pieken van het IJsselmeerpeil en 27 cm bij beperkte beheersing.

Er zijn twee strategieën voor het gemiddeld winterpeil:

1. Het gemiddeld winterpeil blijft gelijk.
2. Het gemiddeld winterpeil stijgt mee met 30 cm stijging van het IJsselmeerpeil in de periode 2050-2100 en blijft vervolgens gelijk.

Vervolgens zijn er twee keuzemogelijkheden voor de inzet van pompen:

- a. Geen inzet van pompen (alleen mogelijk bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer).
- b. Inzet van pompen, zodanig dat gemiddeld meerpeil en meerpeilpieken niet toenemen.

Veluwerandmeren. Voor de Veluwerandmeren is als uitgangspunt genomen dat het huidige peilbeheer niet verandert. Wanneer de peilen van IJsselmeer en Markermeer stijgen kan het winterpeil daar namelijk gehandhaafd worden met een klein gemaal, terwijl bij peilstijging een grote dijk lengte geconfronteerd wordt met extra belasting.

Gehanteerd klimaatscenario in ISWP

In ISWP is gerekend met één klimaatscenario. Daarbij is het KNMI W_L scenario (een scenario met sterke klimaatverandering) als uitgangspunt genomen. Het KNMI heeft berekeningen gemaakt voor ca. 2050 (het midden van de periode 2036-2065) en ca. 2085 (het midden van de periode 2071-2100). Voor de berekeningen in deze studie zijn gegevens nodig voor de jaren 2075, 2125 en 2175. Gegevens voor deze jaren zijn verkregen door interpolatie tussen en extrapolatie van de KNMI waarden voor 2050 en 2085. Hoe deze extrapolatie is uitgevoerd is beschreven in Rimmelzwaal et al (2018).

Met het GRADE-instrumentarium (Generator of Rainfall and Discharge Extremes) is door Deltares de Rijnafvoer berekend in de KNMI-klimaatscenario's. Net als bij de neerslag zijn in ISWP de resultaten hiervan voor de jaren 2050 en 2085 temperatuurafhankelijk geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd.

Aanvullend zijn berekeningen gemaakt met hetzelfde klimaatscenario, maar met versnelde zeespiegelstijging. Tabel B1 geeft de standaard en versnelde zeespiegelstijging waarmee in ISWP gerekend is weer. Bij de versnelde stijging is de zeespiegelstijging in 2100 130 cm. Dit is nog niet de bovenzijde van de bandbreedte van scenario's die op dit moment worden gehanteerd. Er werd echter niet verwacht dat een nog sterkere zeespiegelstijging tot wezenlijk andere *verschillen* in kosten tussen de strategieën zal leiden, maar bovendien is bij een dergelijke zeespiegelstijging de kans reëel dat ingrijpende aanpassingen van het hoofdwatersysteem en of de waterverdeling daarbinnen aan de orde zullen komen.

Jaar	Standaard ISWP	Versnelde zeespiegelstijging
1995	0 cm	0 cm
2015	10 cm	10 cm
2075	55 cm	80 cm
2125	115 cm	180 cm
2175	175 cm	280 cm

Tabel B1 De in ISWP gehanteerde zeespiegelstijgingen.

Afwegingen bij het opstellen van de ISWP beleidsaanbevelingen

De aanbevelingen zijn primair gemotiveerd vanuit het oogpunt van kosten van waterafvoer en waterveiligheid, overige effecten en afwegingen rond robuustheid en adaptiviteit. Bij de kosten is vooral gekeken naar de nominale kosten. De kosten zijn in de studie ook netto-contant gemaakt (waarbij het moment waarop kosten genomen moeten worden verdisconteerd wordt). De algemene patronen veranderen daarbij weinig, maar door de zeer lange termijn waarnaar wordt gekeken worden daarbij essentiële verschillen tussen strategieën minder duidelijk zichtbaar. Bij het criterium kosten moet worden opgemerkt dat de verdeling van kosten over verantwoordelijke partijen en de verdeling van kosten over investeringen en beheer & onderhoud sterk kan verschillen bij verschillende beleidskeuzes.

Aanvullend wordt in de afwegingen bij de aanbevelingen aandacht besteed aan de effecten van keuzes op landschap & cultuurhistorie en het draagvlak voor keuzes. Deze zijn vooral gerelateerd aan de "overige effecten", die binnen ISWP kwalitatief in beeld zijn gebracht. Uitvoerbaarheid van de keuzes speelt geen rol in de afweging, omdat alle opties zonder meer uitvoerbaar lijken.

Er is overwogen om ook nog het aspect duurzaamheid in de afweging te betrekken. Het gaat dan over het gebruik van energie en grondstoffen. Een beoordeling van de keuzes op duurzaamheid bleek praktisch echter moeilijk te zijn. Er is veel bekend over het elektriciteitsgebruik van de pompen in de verschillende strategieën. Echter: wat weten we van de duurzaamheid van elektriciteitsopwekking (ver) na 2050? Misschien is alle elektriciteit dan wel duurzaam opgewekt. Verder moet in het oog worden gehouden dat met dijkverhogingen ook zeer veel energie wordt gebruikt, waar geen gegevens over beschikbaar zijn. Tot slot vragen zowel dijkverhogingen als de bouw van afvoermiddelen grondstoffen, maar wel weer heel verschillende grondstoffen. Bij een globale beoordeling zijn er geen keuzes die bijzonder goed of slecht scoren op het criterium duurzaamheid. Een gedetailleerde analyse leek te veel onzekerheden te bevatten om zinvol te zijn.

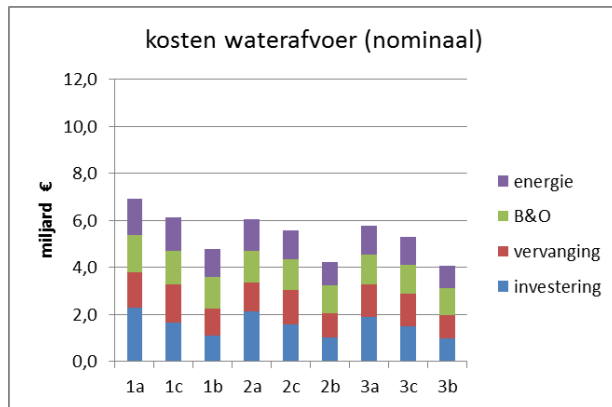
Bijlage C Aanpassing kosten beheer en onderhoud afvoermiddelen

Na afronding van de ISWP berekeningen in fase 3 van het project is er discussie ontstaan over de kosten van beheer en onderhoud van de waterafvoermiddelen. Omdat dit de grootste kostenpost bij waterafvoer is, is de kostenpool van RWS om advies gevraagd. Omdat er in Nederland maar één "megagemaal" is (IJmuiden) zijn er aan de kosteninschatting voor de pompen op de Afsluitdijk forse onzekerheden verbonden. De kostenpool geeft aan dat 1,1% van de investeringskosten per jaar de best mogelijke schatting van de kosten is, met een bovengrens van ca. 2%. Dit is lager dan de 3% per jaar waarmee in fase 3 gerekend is. Op basis van het advies zijn aanvullende berekeningen gedaan bij de gevoeligheidsanalyses in het ISWP rapport over fase 3. Daarbij is ook de vervangingstermijn van de automatiseringssystemen en energievoorziening verlengd naar 30 jaar. Uitgangspunt daarbij is dat automatiseringssystemen een vervangingstermijn hebben van 10 à 15 jaar en de hardware van de energievoorziening een termijn van meer dan 50 jaar. Omdat ze één onderdeel vormen in het kostenmodel is voor 30 jaar als gemiddelde gekozen.

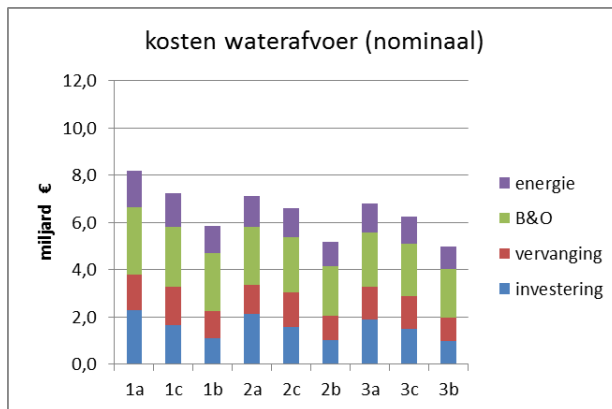
Figuur C1 geeft de opbouw van de kosten voor waterafvoer bij een B&O percentage van resp. 3% (Figuur C1a), 2% (Figuur C1b) en 1,1% per jaar (Figuur C1c). Te zien is uiteraard dat het aandeel van B&O in de totale kosten van de waterafvoer hierdoor afneemt, net als de totale kosten. De som van B&O en vervangingsinvesteringen blijft echter de grootste kostenpost.

Figuur C2 geeft vervolgens de totale kosten voor de strategieën weer, eveneens bij B&O percentages van 3%, 2% en 1,1% per jaar. Bij 3% is er nauwelijks verschil in kosten tussen de strategieën. Bij afnemende B&O kosten nemen niet alleen de totale kosten af, maar ontstaat er ook wat meer verschil in kosten tussen de strategieën. Stijging van het gemiddeld winterpeil leidt dan tot hogere kosten. Bij gelijkblijvend winterpeil stijgen de kosten ook bij afname van de beheersing van de meerpeilpieken; bij stijgend gemiddeld winterpeil is dat effect minder duidelijk. De verschillen blijven echter heel beperkt. Bij 2% kosten voor B&O leidt 60 cm stijging van het gemiddeld winterpeil tot 1,3 miljard kostenverhoging (11%). Bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil is het verschil tussen de uitersten in piekbeheersing 800 miljoen (7%). Gezien de periode van 125 jaar waarover de kosten berekend zijn en de onzekerheden in de berekeningen mag hier weinig waarde aan worden toegekend.

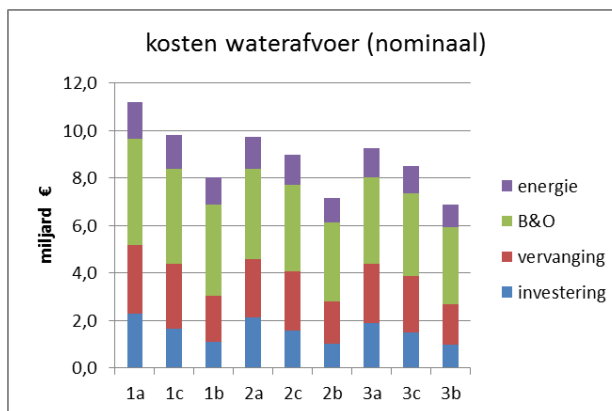
Uit praktijkervaringen blijkt dat de kosten van dijkversterkingen die met KOSWAT voor het IJsselmeergebied worden berekend gezien moeten worden als een bovengrens. Gezien de innovaties waaraan gewerkt wordt bij dijkversterkingen zal dat in de toekomst alleen maar sterker het geval zijn. Om tot een zuivere vergelijking te komen met de kosten van waterafvoer is het van belang dat ook daar min of meer van een bovengrens van de kosten wordt uitgegaan. Uiteindelijk is er daarom voor gekozen om voor beheer en onderhoud uit te gaan van 2% per jaar. De getallen en figuren die in de hoofdtekst van dit rapport worden genoemd zijn daarop gebaseerd (en kunnen dus wat afwijken van de getallen in het rapport over fase 3). Ook in de aanvullende berekeningen in Bijlage D, E en F is daarmee gerekend.



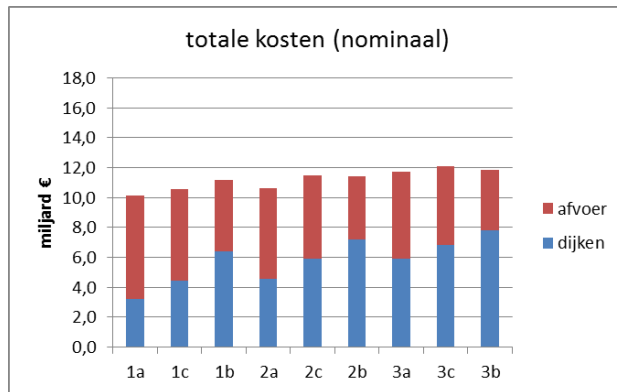
Figuur C1a Opbouw kosten waterafvoer bij B&O kosten van 1,1%/jr



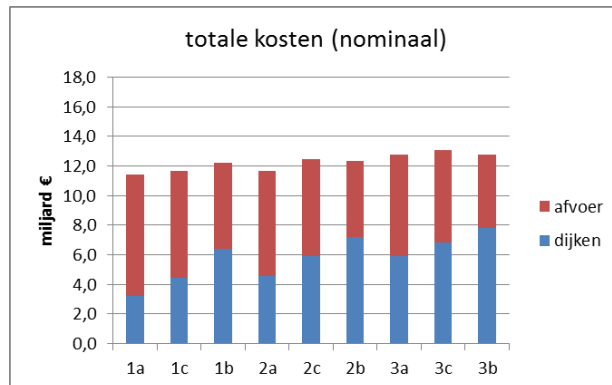
Figuur C1b Opbouw kosten waterafvoer bij B&O kosten van 2%/jr



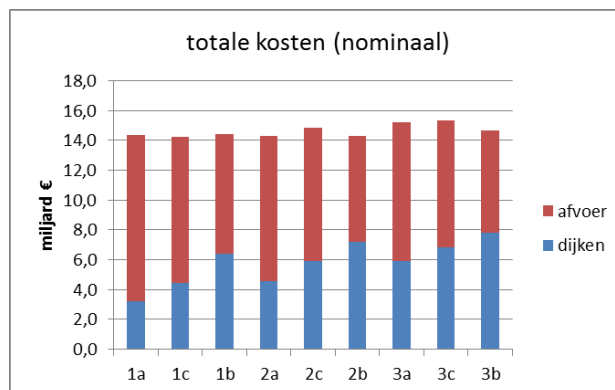
Figuur C1c Opbouw kosten waterafvoer in oorspronkelijke berekeningen (B&O 3%/jr, kortere vervangingstermijn automatisering en energievoorziening).



Figuur C2a Totale kosten strategieën bij B&O kosten van 1,1%/jr.



Figuur C2b Totale kosten strategieën bij B&O kosten van 2%/jr.



Figuur C2c Totale kosten van de strategieën in de oorspronkelijke berekeningen (B&O 3%/jr, kortere vervangingstermijn automatisering en energievoorziening).

Bijlage D Aanvullende analyse: versnelde zeespiegelstijging

In fase 3 is in ISWP gerekend met een zeespiegelstijging die is afgeleid van het W+-scenario van het KNMI. Er wordt ondertussen ook rekening gehouden met een mogelijk extremere snelheid van de zeespiegelstijging. Daarom zijn aanvullende berekeningen gemaakt, met een sterkere zeespiegelstijging. Tabel D1 geeft een overzicht van de zeespiegelstijging in de basisanalyses en in de aanvullende analyses. De versnelde zeespiegelstijging is minder dan de 2 meter stijging in 2100 waarnaar bij de herijking van het Deltaprogramma wordt gekeken. Omdat in ISWP echter wordt doorgerekend tot het jaar 2175 is toch gerekend met zeespiegelstijgingen tot 2,80 meter en zijn de effecten daarvan in beeld gebracht.

Jaar	Standaard ISWP	Versnelde zeespiegelstijging
1995	0 cm	0 cm
2015	10 cm	10 cm
2075	55 cm	80 cm
2125	115 cm	180 cm
2175	175 cm	280 cm

Tabel D1 De in ISWP gehanteerde zeespiegelstijgingen.

In de berekeningen is uitgegaan van een spuicapaciteit van 0%, 50%, 100% en 200% van de huidige spuicapaciteit, om meer zicht te krijgen op het nut van spui bij versneld stijgende zeespiegel. Uit de berekeningen blijkt dat versnelde zeespiegelstijging leidt tot hogere kosten, maar dat de verschillen in kosten tussen de strategieën weinig beïnvloed worden.

Benodigde pompcapaciteit

Tabel D2 geeft een overzicht van de benodigde pompcapaciteiten op de Afsluitdijk, bij de standaard in ISWP gehanteerde zeespiegelstijging en de versnelde zeespiegelstijging.

Uit Tabel D2 blijkt dat de toekomstige pompcapaciteit zeer groot is. Bij versnelde zeespiegelstijging ligt die in 2175, afhankelijk van de gekozen peilstrategie, tussen de 1400 en 3800 m³/s (dit is dus 28 tot 76 pompen van het formaat als te zien is op de foto op pagina 8 van dit rapport). Wanneer in de tabel de benodigde pompcapaciteiten bij versnelde zeespiegelstijging worden vergeleken met die bij standaard zeespiegelstijging blijkt het volgende:

1. Versnelde zeespiegelstijging leidt tot een grotere benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk. Het gaat hierbij om de nominale capaciteit. Dat de benodigde pompcapaciteit toeneemt komt doordat de effectieve capaciteit van de pompen afneemt met de opvoerhoogte van het water.
2. Extra spuicapaciteit leidt tot minder benodigde pompcapaciteit. Dit effect neemt af met de tijd. Omdat dit een gevolg is van de zeespiegelstijging is de afname sterker bij versnelde zeespiegelstijging.
3. De effecten van de zeespiegelstijging en de beschikbare spuicapaciteit op de benodigde pompcapaciteit zijn het grootst bij sterke beheersing van de meerpeilpieken (strategie 1a). Bij beperkte (1b) of gematigde (1c) beheersing van de pieken werken de veranderingen sterker door in de benodigde dijkversterkingen: dit komt tot uiting in de kostenberekeningen in hoofdstuk 3.

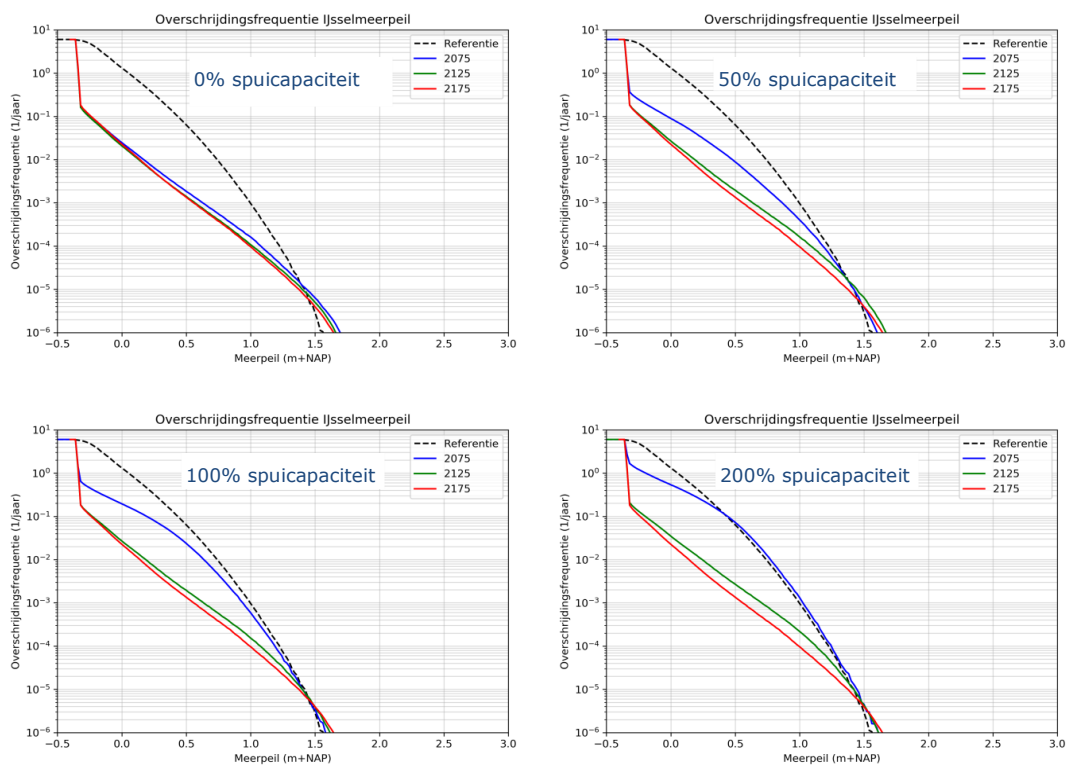
		Benodigde pompcapaciteit Afsluitdijk (m ³ /s)					
		2075		2125		2175	
Zeespiegelstijging:		Standaard	Versneld	Standaard	Versneld	Standaard	Versneld
Strategie	Spui-capaciteit						
1a	0%	-	2700	-	3300	-	3800
	50%	-	2200	-	3200	-	3800
	100%	1300	1800	2500	3200	3200	3800
	200%	500	1200	2200	3100	3100	3800
1b	0%	-	1000	-	1200	-	1400
	50%	-	1000	-	1200	-	1400
	100%	700	900	1000	1200	1200	1400
	200%	500	800	1000	1200	1200	1400
1c	0%	-	1600	-	2000	-	2300
	50%	-	1500	-	2000	-	2300
	100%	1100	1400	1900	2000	2100	2300
	200%	700	1200	1800	2000	2100	2300

Tabel D2 Benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk (voor drie peilstrategieën vo het IJsselmeer en verschillende spuicapaciteiten) bij standaard en versnelde zeespiegelstijging. Een streepje geeft combinaties aan die niet zijn doorgerekend. De pompcapaciteiten voor de Afsluitdijk zijn berekend bij een pompcapaciteit van 100 m³/s op de Houtribdijk in 2075 en 150 m³/s in 2125 en 2175.

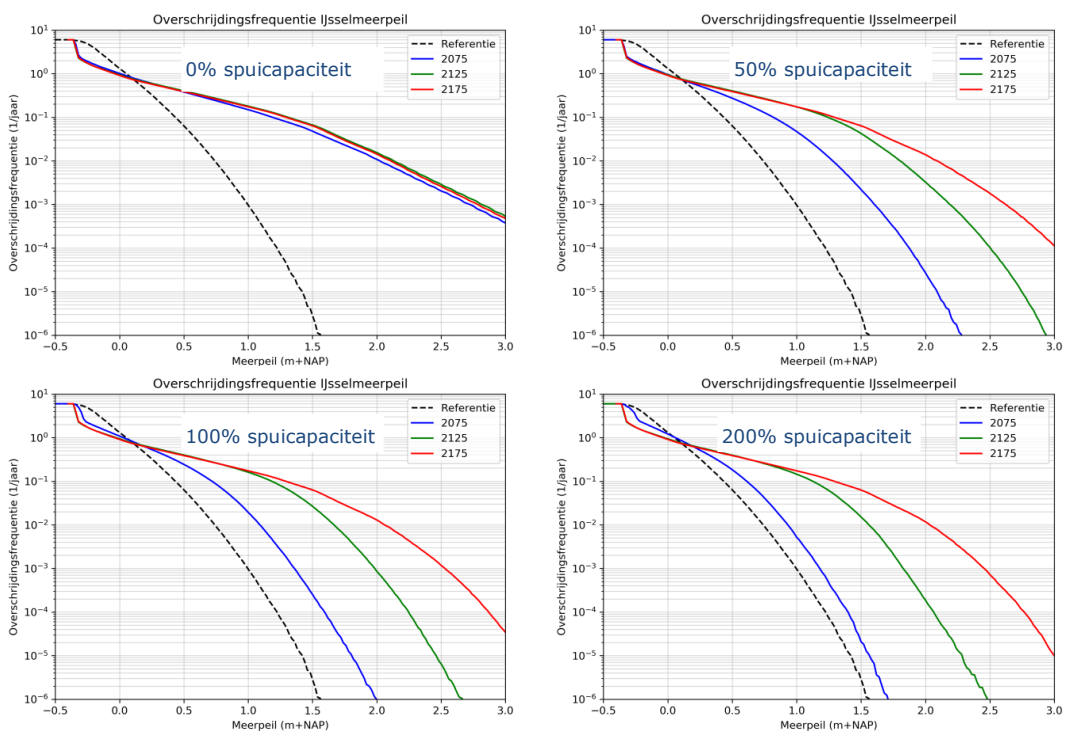
Meerpeilstatistiek

In Figuur D1 a t/m c worden de frequentielijnen van het IJsselmeerpeil weergegeven bij versnelde zeespiegelstijging en variërende spuicapaciteit. Figuur D1a betreft de statistiek bij sterke beheersing van de meerpeilpieken (strategie 1a), Figuur D1b die bij beperkte beheersing (strategie 1b) en Figuur D1c bij gematigde beheersing van de meerpeilpieken (strategie 1c).

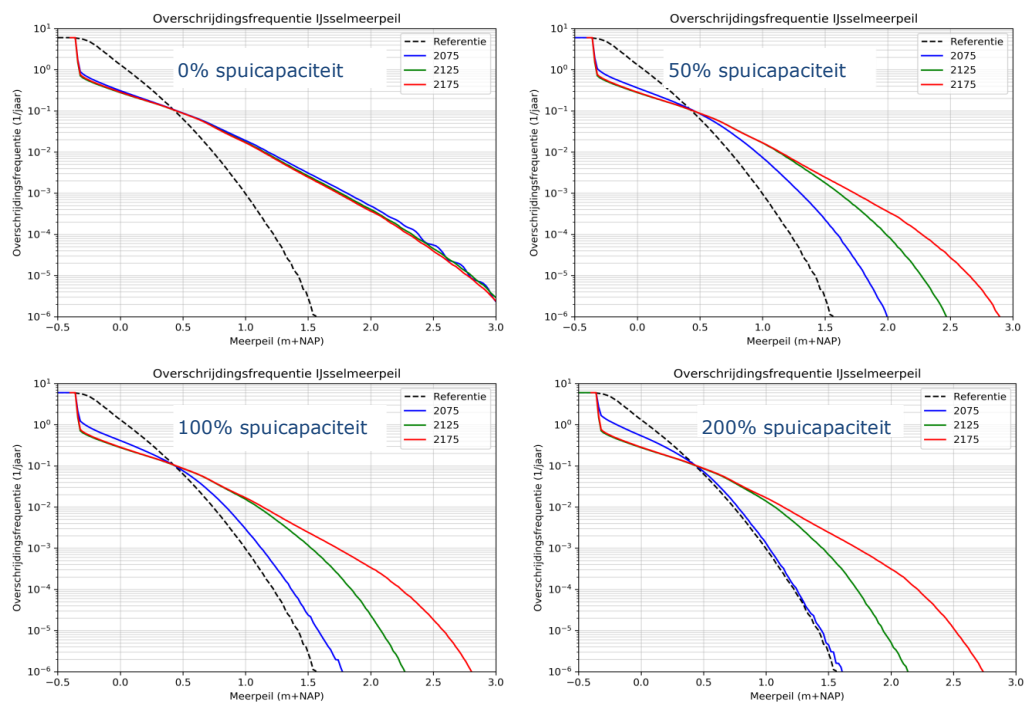
Toename van de spuicapaciteit leidt aanvankelijk tot verlaging van de meerpeilpieken. Dit effect neemt af in de tijd, omdat bij stijgende zeespiegel de spui steeds minder kan functioneren. Bij sterke beheersing van de meerpeilpieken (door pompen) is er in de rekenjaren 2125 en 2175 vrijwel geen effect meer zichtbaar. Bij gematigde en beperkte beheersing van de meerpeilpieken blijkt de spuicapaciteit echter zelfs in 2175 nog invloed te hebben op de meerpeilstatistiek: de extreme pieken worden erdoor nog verlaagd.



Figuur D1a Frequentielijnen IJsselmeerpeil bij versnelde zeespiegelstijging en variërende spuicapaciteit: sterke beheersing van de peilpieken.



Figuur D1b Frequentielijnen IJsselmeerpeil bij versnelde zeespiegelstijging en variërende spuicapaciteit: beperkte beheersing van de peilpieken.



Figuur D1c Frequentielijnen IJsselmeerpeil bij versnelde zeespiegelstijging en variërende spuicapaciteit: gematigde beheersing van de peilpieken.

Kosten

In Tabel D3 zijn de nominale kosten weergegeven, waarbij ter vergelijking de kosten bij de standaard gehanteerde zeespiegelstijging ook zijn opgenomen.

Zeespiegelstijging, IJsselmeerstrategie en spuicapaciteit	Kosten (miljard €)					
	Nominaal			Contante waarde		
	Dijken	Waterafvoer	Totaal	Dijken	Waterafvoer	Totaal
normaal, 1a, 100%	3,2	8,2	11,4	2,3	0,6	2,9
normaal, 1a, 200%	3,3	7,6	10,8	2,5	0,4	2,9
versneld, 1a, 0%	3,3	10,0	13,4	2,2	0,8	3,1
versneld, 1a, 100%	3,1	9,8	12,9	2,2	0,7	3,0
versneld, 1a, 200%	3,1	10,0	13,1	2,3	0,7	3,0
versneld, 1b, 0%	8,6	5,9	14,4	5,4	0,4	5,8
versneld, 1b, 100%	7,8	6,7	14,5	3,1	0,5	3,6
versneld, 1b, 200%	7,5	7,3	14,8	2,9	0,6	3,5
versneld, 1c, 0%	5,2	7,5	12,7	3,6	0,6	4,1
versneld, 1c, 100%	5,6	8,2	13,7	2,6	0,6	3,2
versneld, 1c, 200%	5,3	8,7	14,0	2,4	0,7	3,1

Tabel D3 Kosten van dijkversterkingen en waterafvoer in afhankelijkheid van spuicapaciteit en zeespiegelstijging.

Figuur D2 brengt deze kosten in beeld, In de kostenberekeningen zijn de varianten met 50% spuicapaciteit niet meegenomen. Bij de kosten van waterafvoer is er vanuit gegaan dat in 2050 de benodigde spuicapaciteit geheel nieuw moet worden aangelegd. Mogelijk kan echter de rond 2020 extra gerealiseerde spuicapaciteit (ca. 50% van de bestaande) na 2050 nog in stand gehouden worden. Dit zou betekenen

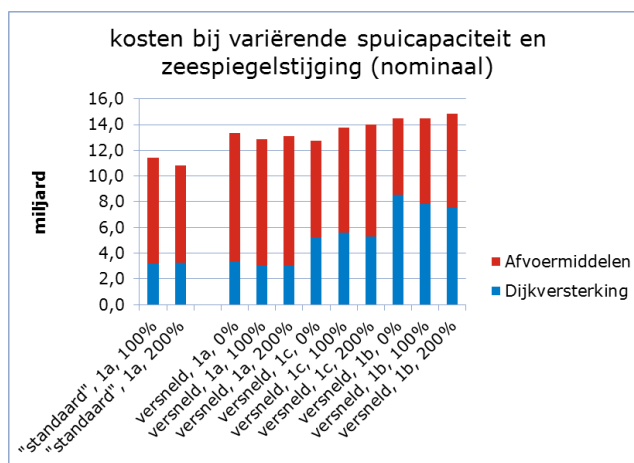
dat de kosten van waterafvoer lager worden. De kosten van de varianten met 100 en 200% van de spuicapaciteit zouden dan verlaagd kunnen worden met de helft van de investeringskosten bij 100% spui: 234 miljoen. Dit heeft nauwelijks effect op de eindresultaten.

Uit de analyses blijkt dat de versnelde zeespiegelstijging bij sterke beheersing van de meerpeilpieken (strategie 1a) bij 100% spuicapaciteit leidt tot 1,5 miljard extra kosten. In strategie 1a is er (bij versnelde zeespiegelstijging) weinig verschil in kosten bij verschillende spuicapaciteiten.

In strategie 1b (beperkte beheersing van de meerpeilpieken) leidt extra spui (bij versnelde zeespiegelstijging) tot iets hogere kosten voor waterafvoer, maar lagere dijkversterkingskosten. Dit komt omdat de meerpeilpieken afnemen door de spui. Het overall resultaat is echter dat de totale kosten weinig worden beïnvloed door de spuicapaciteit.

Terwijl bij sterke en beperkte beheersing de spuicapaciteit weinig invloed heeft op de totale kosten lijken bij gematigde beheersing van de meerpeilpieken (strategie 1c) de kosten bij 0% spuicapaciteit het laagst te zijn. Hiervoor is geen duidelijke verklaring.

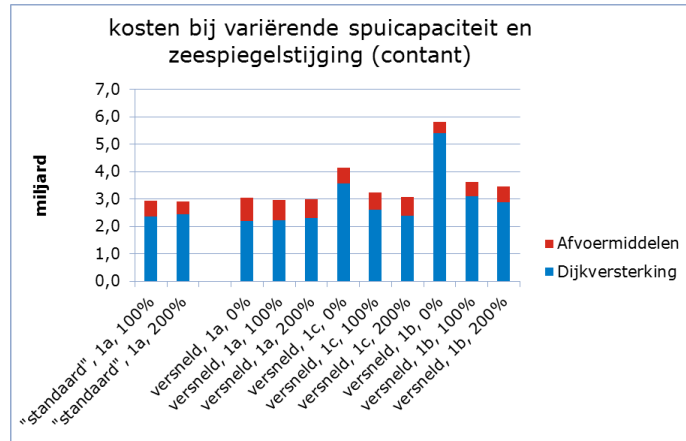
Bij 100% spui zien we, net als bij de standaard zeespiegelstijging, dat de kosten van de strategieën iets toenemen bij afnemende beheersing van de meerpeilpieken. De versnelde zeespiegelstijging heeft dus weinig invloed op de verhouding van de kosten van de strategieën.



Figuur D2 Kosten (nominaal) van strategieën bij standaard en versnelde zeespiegelstijging, bij verschillende spuicapaciteiten in de Afsluitdijk.

Figuur D3 geeft de contante waarde van de kosten weer. Hierbij valt op dat nettocontant de variant met 0% spuicapaciteit bij de strategieën 1b en 1c duidelijk de hoogste kosten heeft. Dit komt omdat in de andere strategieën de spuicapaciteit de meerpeilpieken verlaagt, waardoor de dijkversterkingskosten beperkt worden. De strategieën 1b en 1c zonder spuicapaciteit hebben daardoor de hoogste dijkversterkingskosten. Dijkversterkingen worden in de rekensystematiek ontworpen op de hydraulische belasting 50 jaar na het versterkingsmoment. De investeringen in dijken komen daarmee vroeger dan die voor pompen, waarvan de installatie niet zover voorloopt op de klimaatontwikkeling. Om deze reden is het effect van ontbrekende

spui in de nominale kosten niet duidelijk zichtbaar, maar in de contante waarde van de kosten wel.



Figuur D3 Kosten (contante waarden) van strategieën bij standaard en versnelde zeespiegelstijging, bij verschillende spuicapaciteiten in de Afsluitdijk.

Bijlage E Aanvullende analyse: aanpassing piekafvoeren IJssel

In de standaard berekeningen van ISWP is gerekend met de statistiek van de IJsselafvoer bij veranderende klimaatomstandigheden, maar gelijkblijvende verdeling van de rivierafvoer over de verschillende Rijntakken. Er wordt gestudeerd op de mogelijkheden om aanpassingen te doen in de afvoerverdeling. Dit valt buiten de scope van ISWP. Om toch enig gevoel te krijgen voor de gevolgen voor het IJsselmeergebied zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd waarbij, bij piekafvoeren van de Rijn, er minder of juist meer water over de IJssel wordt afgevoerd.

Verlaging piekafvoer: In de varianten met verlaagde IJsselafvoer is de afvoer afgevoerd op 1500 m³/s. Dit betekent dat er bij piekafvoeren meer water over Waal en/of Nederrijn moet worden afgevoerd.

Verhoging piekafvoer: In de varianten met een verhoogde IJsselafvoer geldt dat de piekafvoeren boven de 1500 m³/s aangepast zijn volgens de volgende formule: $Q_{\text{hoog}} = 1500 + 1,5 * (Q_{\text{standaard}} - 1500)$. Dit betekent dat afvoeren boven de 1500 m³/s worden verhoogd met de helft van de afvoerhoeveelheid boven de 1500 m³/s.

Uit de berekeningen blijkt dat aanpassing van de piekafvoer van de IJssel de kosten van waterafvoer en waterveiligheid in het IJsselmeergebied nadrukkelijk beïnvloedt.

Benodigde pompcapaciteit

In Tabel E1 wordt zichtbaar wat de invloed is van aanpassing van de piekafvoeren van de IJssel op de benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk. Bij sterke beheersing van de meerpeilpieken (strategie 1a) heeft de piekafvoer van de IJssel grote invloed op de benodigde pompcapaciteit. Bij beperkte beheersing (strategie 1b) is er geen invloed: daar werkt de IJsselafvoer juist door in de hoogte van de meerpeilpieken (zie paragraaf 2.3) en daarmee in de benodigde dijkversterkingen (paragraaf 3.2.2). Bij gematigde beheersing van de meerpeilpieken (strategie 1c) liggen de effecten van aangapaste IJsselafvoer in tussen die bij sterke en beperkte beheersing van de pieken.

	Benodigde pompcapaciteit Afsluitdijk (m ³ /s)								
	2075			2125			2175		
Piekafvoer IJssel:	Lager	Standaard	Hoger	Lager	Standaard	Hoger	Lager	Standaard	Hoger
Strategie									
1a	700	1300	1900	1600	2500	3100	2200	3200	3900
1b	700	700	700	1000	1000	1000	1200	1200	1200
1c	1000	1100	1200	1700	1900	2100	1900	2100	2300

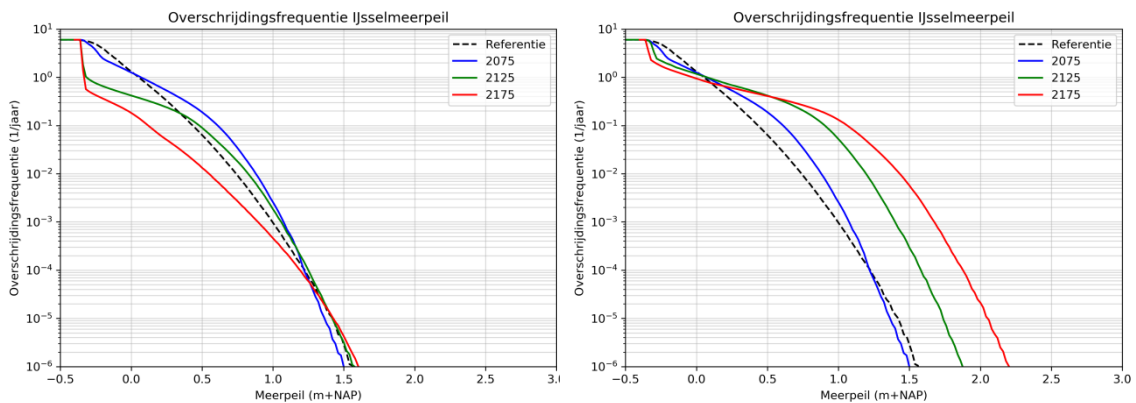
Tabel E1 Benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk voor drie peilstrategieën voor het IJsselmeer bij verhoogde, verlaagde en standaard berekende piekafvoeren van de IJssel. De pompcapaciteiten voor de Afsluitdijk zijn berekend bij handhaving van de huidige spuicapaciteit en een pompcapaciteit van 100 m³/s op de Houtribdijk in 2075 en 150 m³/s in 2125 en 2175.

Meerpeilstatistiek

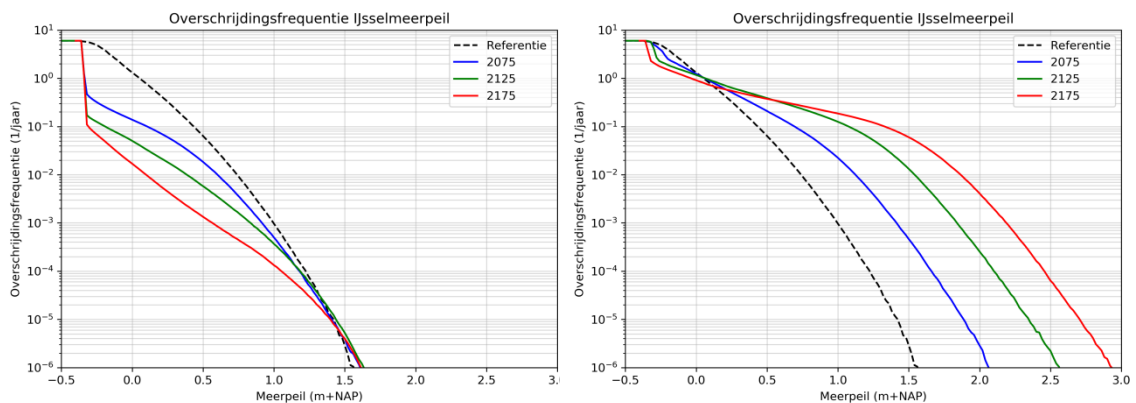
Figuur E1 geeft de frequentielijnen van het IJsselmeerpeil weer bij verlaagde piekafvoer van de IJssel en Figuur E2 bij verhoogde piekafvoer.

Bij sterke beheersing van de meerpeilpieken wordt de pompcapaciteit zodanig aangepast dat de pieken met een overschrijdingsfrequentie van 1:100.000 jaar gelijk worden gehouden. Het effect daarvan is dat bij verhoging van de piekafvoeren de meerpeilpieken die vaker voorkomen worden *verlaagd* en vice versa. Bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken zie je juist dat de pieken toenemen bij verhoogde IJsselafvoer en afnemen bij verlaagde IJsselafvoer.

Bij sterke beheersing van de meerpeilpieken leidt aanpassing van de piekafvoeren van de IJssel vooral tot veranderingen in de benodigde pompcapaciteit. Bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken werkt aanpassing van de afvoerpieken vooral door in de benodigde dijkversterkingen.



Figuur E1 Frequentielijnen IJsselmeerpeil bij verlaagde piekafvoer van de IJssel in strategie 1a (links) en strategie 1b (rechts). De berekeningen zijn gemaakt bij 100% spuicapaciteit.



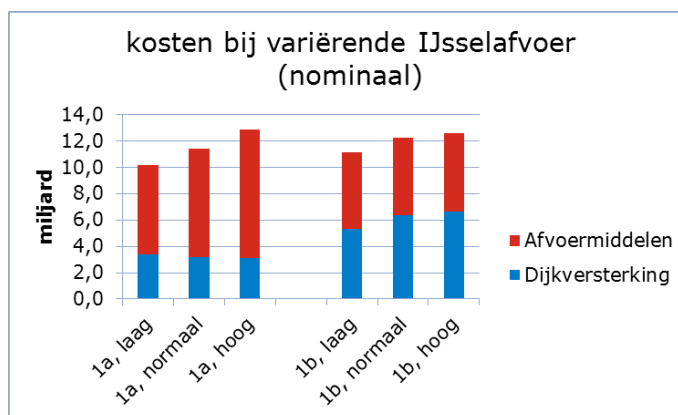
Figuur E2 Frequentielijnen IJsselmeerpeil bij verhoogde piekafvoer van de IJssel in strategie 1a (links) en strategie 1b (rechts). De berekeningen zijn gemaakt bij 100% spuicapaciteit.

Kosten

Tabel E2 geeft een overzicht van de kosten van de strategieën bij aanpassing van de IJsselafvoer en Figuur E3 geeft ze in grafiekvorm weer. Verhoging van de IJsselafvoer leidt tot hogere kosten en verlaging tot lagere kosten. In strategie 1a (sterke beheersing meerpeilpieken) is het effect van gewijzigde IJsselafvoer op de kosten het grootste. Het wordt voornamelijk veroorzaakt door de invloed op de kosten van waterafvoer. In strategie 1b (beperkte beheersing van de meerpeilpieken) wordt het kosteneffect bepaald door de invloed van de IJsselafvoer op de kosten van dijkversterkingen.

IJsselmeer-strategie en piekafvoer IJssel	Kosten (Miljard €)					
	Nominaal			Contante waarde		
	Dijken	Waterafvoer	Totaal	Dijken	Waterafvoer	Totaal
1a, laag	3,4	6,8	10,2	2,5	0,5	2,9
1a, normaal	3,2	8,2	11,4	2,4	0,6	2,9
1a, hoog	3,1	9,8	12,9	2,2	0,7	3,0
1b, laag	5,3	5,8	11,2	2,6	0,4	3,0
1b, normaal	6,4	5,8	12,2	2,9	0,4	3,4
1b, hoog	6,7	5,9	12,6	3,0	0,4	3,5

Tabel E2 Kosten van dijkversterkingen en waterafvoer bij aangepaste piekafvoeren van de IJssel.



Figuur E3 Kosten van waterafvoer en dijkversterkingen in strategie 1a en 1b, bij aanpassing van de IJsselafvoer.

Bijlage F Aanvullende analyse: meestijgen Markermeer

In de ISWP berekeningen is het vigerende beleid voor het peilbeheer als uitgangspunt genomen. Voor het Markermeer betekent dit dat gerekend is met een maximale stijging van het gemiddeld winterpeil met 8 cm. Bij stijgend IJsselmeerpeil betekent dit dat er een gemaal op de Houtribdijk nodig is om stijging van het Markermeerpeil te voorkomen. Maar wat zouden de consequenties zijn als bij een beperkte stijging van het IJsselmeerpeil er geen gemaal op de Houtribdijk komt? Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd, waarbij het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer stijgt met 30 cm in de periode 2050-2100 en de waterafvoer van het Markermeer blijft plaatsvinden door spuien onder vrij verval.

Zonder gemaal op de Houtribdijk zal het Markermeer meestijgen met het IJsselmeer, maar de stijging van het Markermeer is wel iets minder. Bij een sterke beheersing van de meerpeilpieken op het IJsselmeer (strategie 2a) stijgt het gemiddeld winterpeil van het Markermeer tot -14 cm NAP in 2100 (21 cm peilstijging). Bij een beperkte beheersing van de meerpeilpieken (strategie 2b) wordt het gemiddeld winterpeil van het Markermeer -8 cm NAP in 2100 (27 cm peilstijging). In de berekeningen is verder geanalyseerd wat de consequenties zijn voor de benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk, de meerpeilstatistiek van het Markermeer en de kosten. Daarbij wordt een vergelijking gemaakt met de situatie waarin het gemiddeld IJsselmeerpeil 30 cm stijgt, maar het Markermeerpeil gelijk wordt gehouden met behulp van pompen.

Benodigde pompcapaciteit

Tabel F1 laat zien welke pompcapaciteiten nodig zijn op de Afsluitdijk bij 30 cm stijging van het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer. Daarbij is enerzijds gekeken naar de variant waarbij het Markermeerpeil niet stijgt, waarvoor pompen worden ingezet op de Houtribdijk. Anderzijds is gekeken naar de variant waarin het Markermeerwater alleen onder vrij verval gespuid wordt naar het IJsselmeer, waardoor het gemiddeld winterpeil daar ook zal stijgen (al is dat iets minder sterk dan dat van het IJsselmeer). In 2075 leidt de inzet van pompen op de Houtribdijk met een totale capaciteit van 100 m³/s er toe dat op de Afsluitdijk de pompcapaciteit met dezelfde hoeveelheid verhoogd moet worden. In 2125 en 2175 is er gerekend met een pompcapaciteit van 150 m³/s op de Houtribdijk. Gemiddeld over deze twee jaren en de drie strategieën voor het IJsselmeer leidt deze inzet tot 130 m³/s extra benodigde pompcapaciteit. Dit getal is globaal: de benodigde capaciteit wordt namelijk berekend in stappen van 100 m³/s. Het algemene beeld is dus dat door de inzet van pompen op de Houtribdijk de benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk toeneemt met de capaciteit die op de Houtribdijk wordt ingezet.

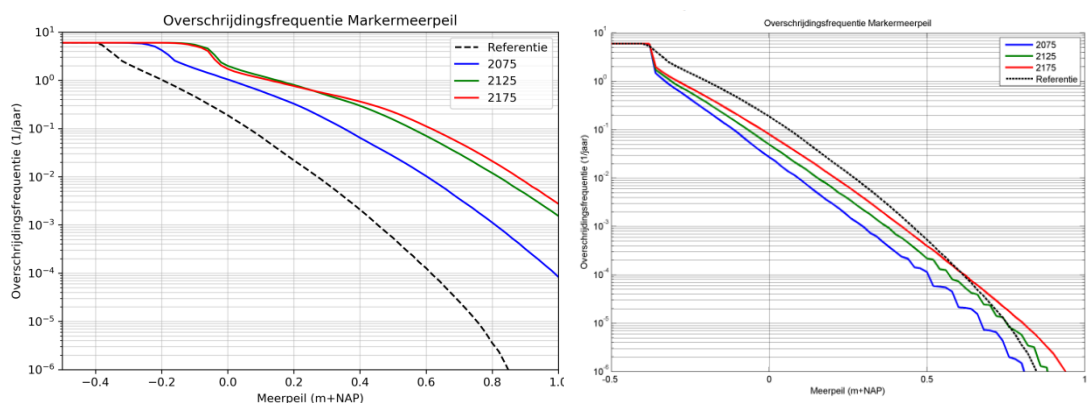
Markermeerpeil: Strategie	Benodigde pompcapaciteit Afsluitdijk (m ³ /s)					
	2075		2125		2175	
	Gelijk	Stijgen	Gelijk	Stijgen	Gelijk	Stijgen
2a	1000	900	2000	1900	2900	2700
2b	600	500	1000	900	1100	1100
2c	900	800	1700	1500	2000	1800

Tabel F1 Benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk (bij 30 cm peilstijging op het IJsselmeer en drie strategieën voor het beheersen van de meerpeilpieken) wanneer het Markermeerpeil gelijk gehouden wordt of wanneer het meestijgt met het IJsselmeer. Bij meestijgend Markermeerpeil zijn er geen pompen op de Houtribdijk, bij gelijkblijvend peil van het IJsselmeer is de pompcapaciteit daar 100 m³/s in 2075 en 150 m³/s in 2125 en 2175. In alle gevallen is de spuicapaciteit op de Afsluitdijk gelijk aan de huidige spuicapaciteit.

Meerpeilstatistiek

Figuur F1 geeft links de frequentielijnen van het Markermeerpeil weer, wanneer het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer stijgt met 30 cm en het Markermeer blijft spuien onder vrij verval. De Figuur geeft de situatie bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken op het IJsselmeer (strategie 2b). Ter vergelijking is rechts de situatie weergegeven waarbij (bij dezelfde strategie voor het IJsselmeer) het Markermeerpeil gelijk wordt gehouden m.b.v. pompen op de Houtribdijk (met een capaciteit van 150 m³/s).

Het opschuiven van de knik in de lijnen bij meestijgend Markermeerpeil laat de stijging van het gemiddeld winterpeil zien. De afname van de hellingshoek van de lijnen in de loop der tijd maakt duidelijk dat de meerpeilpieken wat toenemen. Niet alleen absoluut maar ook ten opzichte van het gemiddeld winterpeil. Dit is een gevolg van de klimaatverandering. Primair komt het door de toenemende pieken in de regenval. Daarnaast werkt ook de toename van de pieken in het IJsselmeer (door grotere pieken in de IJsselafvoer) nog wat door in het Markermeer. De meestijgvariant leidt dus tot zowel een hoger gemiddeld winterpeil voor het Markermeer als tot hogere pieken daarin.



Figuur F1 Frequentielijnen van het Markermeerpeil, links bij meestijgen van het Markermeerpeil bij 30 cm verhoging van het gemiddeld winterpeil, van het IJsselmeer (in strategie 2b), rechts bij gelijk houden van het gemiddeld Markermeerpeil m.b.v. pompen. De zwarte stippellijn geeft de referentiesituatie (2015) weer.

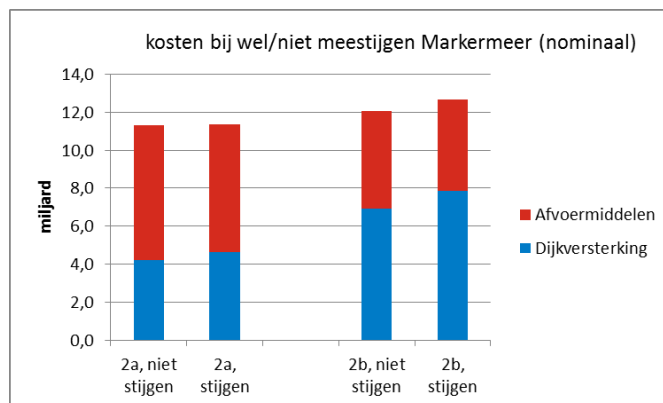
Kosten

In Tabel F2 zijn de kosten bij wel en niet meestijgen van het Markermeer opgenomen en Figuur F2 brengt die in beeld.

Strategie	Kosten (miljard €)					
	Nominaal			Contante waarde		
	Dijken	Waterafvoer	Totaal	Dijken	Waterafvoer	Totaal
2a, niet stijgen M.Meer	4,2	7,1	11,3	2,7	0,5	3,2
2a, stijgen M.Meer	4,6	6,7	11,3	2,8	0,4	3,2
2b, niet stijgen M.Meer	6,9	5,2	12,1	3,1	0,4	3,4
2b, stijgen M.meer	7,9	4,8	12,6	3,3	0,3	3,6

Tabel F2 Kosten van dijkversterkingen en waterafvoer bij meestijgen van het gemiddeld winterpeil van het Markermeer met 30 cm peilstijging van het IJsselmeer en bij beperking van de peilstijging van het Markermeer tot 8 cm.

In strategie 2a voor het IJsselmeer (sterke beheersing meerpeilpieken) zijn de kosten voor de varianten met wel en niet meestijgen van het Markermeer gelijk. In strategie 2b (beperkte beheersing van de meerpeilpieken) leidt meestijgen van het Markermeer tot iets hogere kosten.



Figuur F2 Kosten van dijkversterkingen en waterafvoer bij meestijgen van het gemiddeld winterpeil van het Markermeer met 30 cm peilstijging van het IJsselmeer en bij beperking van de peilstijging van het Markermeer tot 8 cm.

De effecten van meestijgen op de totale kosten worden veroorzaakt door:

1. Lagere kosten voor waterafvoer van het Markermeer (geen pompen) bij meestijgen.
2. Lagere kosten voor pompen op de Afsluitdijk bij meestijgen in strategie 2a. (minder pompcapaciteit nodig)
3. Hogere kosten voor dijkversterking langs het Markermeer bij meestijgen.

4. Lagere kosten voor dijkversterkingen langs IJsselmeer bij meestijgen Markermeer.

In Tabel F3 zijn de kosten uitgesplitst¹. De verschillen in benodigde pompcapaciteit (en daarmee de kosten voor pompen) voor het Markermeer kunnen goed worden berekend. Voor de overige kosten geldt dat er grote onzekerheden rond de bedragen zijn.

Strategie	Pompcapaciteit in 2175 (m ³ /s)		Kosten pompen (miljard €)		Kosten dijken (miljard €)	
	Houtribdijk	Afsluitdijk	Houtribdijk	Afsluitdijk	Markermeer	IJsselmeer
2a, M.meer gelijk	150	2900	0,3	5,9	1,4	2,8
2a, M.meer stijgen	0	2700	0	5,8	2,1	2,6
2b, M.meer gelijk	150	1100	0,4	3,9	1,5	5,4
2b, M.meer stijgen	0	1100	0	3,9	2,8	5,0

Tabel F3 Invloed van meestijgen van het gemiddeld winterpeil van het Markermeer op de kosten (nominaal) van waterafvoer en dijkversterkingen

¹ In Tabel F3 zijn voor wat betreft waterafvoer alleen de kosten voor pompen op de Houtribdijk en Afsluitdijk meegenomen. In de kosten voor waterafvoer in Tabel F2 en Figuur F2 zijn ook de kosten van spui op de Afsluitdijk en pompen voor de Veluwerandmeren meegenomen. De kosten hiervan zijn echter gelijk bij wel en niet meestijgen van het Markermeer.

Bijlage G Vergelijking kostenberekeningen ISWP en CPB-studie

In 2012 is door het CPB, in opdracht van het Deltaprogramma IJsselmeergebied, een kosteneffectiviteitsanalyse uitgevoerd van verschillende varianten van peilbeheer voor het IJsselmeer en Markermeer¹. Twee van de onderzochte varianten lijken veel op ISWP-varianten. Het gaat om een variant met gelijkblijvend gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer en een variant waarin het gemiddeld winterpeil 60 cm stijgt. In beide studies kunnen dus de kosten bij wel en niet 60 cm stijgen worden vergeleken. De varianten in beide studies zijn echter niet exact gelijk.

- In ISWP wordt vooruit gekeken tot 2175. Bij stijgend meerpeil vindt de stijging plaats in de periode 2050-2150. De waterafvoer vindt zowel bij gelijkblijvend als bij stijgend meerpeil plaats via een combinatie van pompen en spuien, waarbij de pompcapaciteit voor beide varianten afzonderlijk periodiek wordt aangepast aan de veranderende omstandigheden.
- De CPB-studie kijkt vooruit tot 2100. Bij stijgend meerpeil vindt de stijging plaats in de periode 2050-2100. Bij stijgend meerpeil wordt het water alleen door middel van spuien afgevoerd: het meerpeil stijgt dus mee met de zee. Bij gelijkblijvend meerpeil wordt vanaf 2050 het water alleen door middel van pompen afgevoerd.

In beide studies worden dus pompen ingezet bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil. De pompcapaciteiten verschillen echter. Dit heeft deels te maken met de uitgangspunten die gehanteerd worden, maar ook met het verschil in de periode waarnaar gekeken wordt. Doordat in ISWP naar een langere periode wordt gekeken is de zeespiegelstijging groter, waardoor uiteindelijk een grotere pompcapaciteit nodig is. Ondanks de verschillen tussen de uitwerking van de varianten in beide studies is het de moeite waard om de resultaten naast elkaar te leggen. Tabel G1 geeft een samenvattend overzicht van de kosten voor waterveiligheid en waterafvoer voor het IJsselmeer (en de wateren die daarmee in open verbinding staan).

	Geen stijging gem. winterpeil			60 cm stijging gem. winterpeil			Verschil 0 en 60 cm peilstijging		
	Afvoer	Dijken	Totaal	Afvoer	Dijken	Totaal	Afvoer	Dijken	Totaal
CPB	1,6	2,8	4,4	1,1	7,0	8,1	-0,5	4,2	3,7
ISWP	7,8	1,8	9,6	6,4	4,1	10,5	-1,4	2,3	0,9

Tabel G1 Vergelijking van de kosten voor waterveiligheid en waterafvoer in ISWP en de studie van het CPB (in miljard €).

Uit Tabel B2 blijkt dat in beide studies stijging van het gemiddeld winterpeil leidt tot hogere kosten van dijkversterkingen en lagere kosten van waterafvoer. In beide studies zijn de som van de kosten voor waterveiligheid en waterafvoer in het hoofdwatersysteem ("totale kosten") bij stijging van het gemiddeld winterpeil hoger dan bij het gelijk houden daarvan. Bij ISWP is het kostenverschil echter veel kleiner dan bij het CPB. Het is in ISWP zelfs zo klein, dat het niet of nauwelijks significant is in het licht van de onzekerheden in de studie. Door de achterliggende gegevens te analyseren konden de belangrijkste oorzaken van de verschillen worden achterhaald. De verschillen in uitkomsten tussen beide studies zijn verklaarbaar.

¹ Bos, F, P. Zwaneveld & P. van Puijenbroek (2012). Een snelle kosten-effectiviteitsanalyse voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied: Wat zijn de kosten en veiligheidsbaten van wel of niet meestijgen met de zeespiegel en extra zoetwaterbuffer? CPB achtergronddocument.

Door Deltares zijn de verschillen in de kosten van dijkversterkingen geanalyseerd¹. Er werden twee belangrijke oorzaken van de verschillen in kosten gevonden:

1. Afbakening van het projectgebied. Het CPB neemt dijkversterkingen langs de IJssel verder stroomopwaarts mee dan ISWP. Doordat de punten waarvoor dijkbelastingen zijn berekend vrij ver stroomafwaarts liggen, leidt dat tot een overschatting van de meerkosten van dijkversterking door peilstijging op het IJsselmeer. Het effect van het IJsselmeerpeil op de IJsseldijken neemt stroomopwaarts geleidelijk af, waarbij de invloed van de rivierafvoer toeneemt. Het is niet mogelijk een exacte grens aan te geven tot waar er significante invloed van het IJsselmeerpeil is.
2. Vervanging kunstwerken Houtribdijk. Het CPB gaat er van uit dat de spuien schutsluizen in de Houtribdijk vervangen moeten worden bij 60 cm peilstijging. In ISWP is er vanuit gegaan dat de bestaande kunstwerken nog ruimte voor aanpassingen bieden en dat vervanging pas aan de orde is aan het einde van de levensduur.

Wanneer de CPB kosten hiervoor worden gecorrigeerd voor deze twee factoren, dan zijn de kosten voor dijkversterkingen en het verschil in kosten bij wel en geen peilstijging, vrijwel gelijk aan de in ISWP berekende kosten. Het verschil in versterkingskosten bij het CPB is 4,2 miljard (Tabel G1). Door beperking van het gebied tot het in ISWP gebruikte gebied neemt dit verschil af met 1,1 miljard. Door aftrekken van de vervanging van kunstwerken in de Houtribdijk neemt het verschil af met nog eens 0,9 miljard. Het resterende effect van peilstijging op de dijkversterkingskosten wordt dan $3,2 - 1,1 - 0,9 = 2,2$ miljard. In ISWP is het verschil 2,1 miljard.

Bij de kosten voor waterafvoer is bij het CPB het effect van peilstijging op de kosten veel kleiner dan bij ISWP (Tabel G1). Bij analyse van de opbouw van de kosten zijn twee duidelijke verschillen naar voren gekomen:

1. Beheer, onderhoud en vervangingsinvesteringen gemalen. Het CPB rekent met 1%/jaar van de investeringskosten voor beheer en onderhoud van de afvoermiddelen en ISWP met 2% per jaar. Daarnaast rekent ISWP ook met vervangingskosten voor afgeschreven investeringen en het CPB niet. De jaarlijkse kosten voor beheer, onderhoud en vervanging zijn in ISWP dus beduidend hoger dan bij het CPB.
2. Kosten spuisluizen na 2050. Het CPB gaat ervan uit dat er bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil in 2050 geen nieuwe spuisluizen hoeven te worden gebouwd, omdat door de zeespiegelstijging er geen mogelijkheden voor spui meer zijn. Volgens de ISWP analyse heeft spui (bij de aangenomen zeespiegelstijging) ook na 2050 nog effect en zijn de kosten daarvan daarom meegenomen in de analyse.

Beide studies rekenen met ongeveer dezelfde investeringskosten voor pompen.

Het is niet mogelijk om, zoals dat hierboven voor de dijken is gebeurd, de kosten van beide studies onder één noemer te brengen. Er spelen namelijk ook verschillen in uitgangspunten tussen beide studies. Zo kijkt ISWP naar de kosten voor de periode tot 2175 en CPB voor de kosten tot 2100. Hierdoor is de periode waarover kosten voor beheer en onderhoud gerekend worden veel langer is bij ISWP, en zijn ook de uiteindelijke pompcapaciteiten veel hoger. Daarnaast kennen beide projecten hun eigen investeringsritme in de pompen.

¹ De Grave, p. (2018). Vergelijking dijkversterkingskosten KEA DP IJsselmeergebied en ISWP IJsselmeergebied. Deltares memo 11202741-005-ZWS-0001.