



Munich Personal RePEc Archive

**A cost-effectiveness analysis for the
Deltaprogramme IJsselmeerregion: what
are the costs and safety benefits of
raising the water level and increasing the
fresh water stock?**

Frits Bos and Peter Zwaneveld and Peter van Puijenbroek

CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, PBL
Netherlands Environmental Assessment Agency

27 September 2012

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/61507/>

MPRA Paper No. 61507, posted 21 January 2015 19:27 UTC

CPB Achtergronddocument

Een snelle kosten-effectiviteitanalyse voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied:

***Wat zijn de kosten en veiligheidsbaten van wel of
niet meestijgen met de zeespiegel en extra
zoetwaterbuffer?***

**Behorend bij CPB Notitie ‘Een snelle kosten-effectiviteitanalyse
voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied’ (27 september 2012)**

Op de CPB-website is deze [CPB Notitie](#) te downloaden, alsmede het bijbehorende [CPB Persbericht](#).

Frits Bos (CPB)

Peter Zwaneveld (CPB)

Peter van Puijenbroek (PBL)

Korte samenvatting

Verandering van klimaat zal grote gevolgen hebben voor de Nederlandse waterhuishouding, economie en natuur. In het kader van het Deltaprogramma wordt onderzocht welke maatregelen nodig zijn om voor burgers en bedrijven voldoende waterveiligheid en zoetwater te garanderen. In dit onderzoek is voor het IJsselmeergebied op een snelle en globale manier geanalyseerd wat de kosten en effecten zijn bij het stijgen van de zeespiegel met 35 cm en 85 cm, d.w.z. de minimum en maximum stijging van de zeespiegel deze eeuw volgens de KNMI-scenario's. Ook zijn diverse opties voor het vergroten van de zoetwaterbuffer onderzocht.

Geconcludeerd wordt dat de kosten om deze eeuw de veiligheid in het IJsselmeergebied te garanderen en economie en natuur te beschermen aanzienlijk zijn. Meestijgen van het IJsselmeer met de zeespiegel betekent dat dijken en kunstwerken moeten worden aangepast en dat andere beschermingsmaatregelen nodig zijn. Door installatie van heel grote pompen in de Afsluitdijk hoeft het peil in het IJsselmeer niet mee te stijgen met de zeespiegel. Dit leidt tot extra kosten voor pompen maar bespaart op een groot deel van de uitgaven aan dijken en kunstwerken. In vergelijking met het alternatief waarin het IJsselmeer meestijgt met de zeespiegel, worden de kosten dan ongeveer gehalveerd. Daarnaast wordt de veiligheid van omwonenden en bedrijven vergroot.

Een tweede conclusie is dat op korte termijn de zoetwaterbuffer nog aanzienlijk kan worden vergroot tegen zeer beperkte kosten: een verdrievoudiging is mogelijk door een eenmalige investering van ongeveer 25 miljoen euro. Dit lijkt voldoende om de komende dertig jaar en misschien ook langer aan de zoetwater behoefte in het IJsselmeergebied te voldoen. Verdere vergroting van de zoetwaterbuffer is echter aanzienlijk duurder.

Abstract

Changes in the climate will have a major impact on the Dutch economy and environment. According to official Dutch climate scenario's, at the end of the century the sea level will have increased by between 35 and 85 cm. This paper investigates major policy options for the IJsselmeer-area to ensure safety against flooding and various options to increase the freshwater stock. It is concluded that the costs to ensure safety and to protect the citizens, economy and the environment are substantial, that installing massive pumps results in major savings and that in the short run the fresh water stock can be tripled at very low costs (25 million euro).

Inhoud

Ten geleide.....	5
Samenvatting en conclusies.....	7
1 Inleiding.....	16
2 Uitgangspunten.....	20
2.1 Het maatschappelijke belang van het IJsselmeergebied.....	20
2.2 De klimaatscenario's van het KNMI.....	27
2.3 De resultaten van de eerste fase van het Deltaprogramma	29
2.4 Andere relevante inzichten.....	31
3 Opties vergroting zoetwaterbuffer op korte termijn	33
3.1 De korte termijn projectalternatieven	33
3.2 Korte termijn effecten, maatregelen en kosten via de peilthermometer	35
3.3 Korte termijn effecten op natuur met en zonder compensatie	41
3.4 Overzicht van totale kosten per korte termijn projectalternatief.....	45
4 Wel of niet meestijgen en lange termijn opties extra zoet water	48
4.1 De lange termijn projectalternatieven	48
4.2 Maatregelen, kosten en baten voor veiligheid (Dique-Opt).....	51
4.3 Lange termijn effecten, maatregelen en kosten op basis van de peilthermometer	65
4.4 Lange termijn effecten op natuur met en zonder compensatie	73
4.5 Overzicht totale kosten per lange termijn projectalternatief.....	76
5 Baten van extra zoetwater uit IJsselmeergebied.....	80
Literatuur	85
Bijlage 1. Aanvullende tabellen kosten veiligheid (Dique-Opt)	89

Ten geleide

Afgelopen half jaar is een kosteneffectiviteitanalyse gemaakt van de strategieën van het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ). Deze analyse is in opdracht van het Programmabureau DPIJ uitgevoerd door een consortium van partijen (Acacia Water, CPB, Expertise Centrum Kosten en Waterdienst RWS en PBL), onder eindverantwoordelijkheid van het CPB. Een consortium was noodzakelijk, omdat voor een dergelijke analyse niet alleen gebruik moet worden gemaakt van economische inzichten, maar ook van diverse andere soorten kennis, zoals over de natuur, de kosten van waterwerken, de stroming van water en de effecten van peilverandering. Behalve de auteurs zijn bijdragen geleverd door Wim van den Brink (RWS, Expertisecentrum Kosten), Ron Franken (PBL), Mark Peerdeman (RWS, Waterdienst), Albert Remmelzwaal (Deltaprogramma IJsselmeergebied), Goswin van Staveren (Acacia Water), Lieselotte Tolk (Acacia Water), Annemiek Verrips (CPB), Gerard Verweij (CPB) en Rick Wortelboer (PBL).¹ Ook is intensief gebruik gemaakt van diverse onderzoeksrapporten door Deltares.

Deze kosteneffectiviteitanalyse heeft het karakter van een quick-scan. Dit is geschikt om in relatief korte tijd grote verschillen tussen varianten in beeld te krijgen, maar minder geschikt als kostenraming om budgetten op te baseren. Ook is de studie niet geschikt om uitspraken te doen over het optimale beschermingsniveau tegen overstromingen van de verschillende dijkringen. Dit wordt in een aparte CPB studie, die eind van het jaar uitkomt, geanalyseerd.

Veel kosten-batenanalyses worden als een kritische en onafhankelijke toets aan het eind van het besluitvormingsproces ingezet. Nadeel hiervan is dat de inzichten van dergelijke analyses niet in een eerder stadium van besluitvorming kunnen worden meegenomen. Deze kosteneffectiviteitanalyse is daarom ingezet als een hulpmiddel om in een vroeg stadium van het besluitvormingsproces kansrijke strategieën te selecteren. De tussen- en eindresultaten van deze studie zijn al in april en mei gepresenteerd voor medewerkers van het Deltaprogramma en vertegenwoordigers van provincies, waterschappen, gemeenten en maatschappelijke organisaties. Door dit rapport worden deze resultaten algemeen beschikbaar gemaakt en wordt een onderbouwing en nadere toelichting gegeven.

Free Huizinga (CPB, sectorhoofd Fysieke Omgeving) & Hetty Klavers (Deltaprogramma IJsselmeergebied, directeur)

¹ Daarnaast zijn suggesties en commentaar verwerkt van Carel Eijgenraam (CPB), Peter Dekker (CPB), Arnold Hebbink (Deltaprogramma IJsselmeergebied), Nienke Kramer (Deltares), Sonja Kruitwagen (PBL), Willem Ligtoet (PBL), Gerard van Meurs (Deltares), André Wooning (Expertisecentrum Kosten, RWS), Ruben Zeegers (Deltaprogramma IJsselmeergebied) en deelnemers bij diverse presentaties van tussen- en eindresultaten van de studie.

Samenvatting en conclusies

Verandering van klimaat zal grote gevolgen hebben voor de Nederlandse waterhuishouding, economie en natuur. Zonder maatregelen nemen de overstromingskansen sterk toe en zal grote schade aan economie en natuur optreden. In het kader van het Deltaprogramma wordt onderzocht welke maatregelen nodig zijn om voor burgers en bedrijven voldoende waterveiligheid en zoetwater te garanderen. In 2015 zullen hierover naar verwachting politieke besluiten worden genomen. In dit onderzoek is op een snelle en globale manier geanalyseerd wat voor het IJsselmeergebied de kosten en effecten zijn van wel of niet meestijgen met de zeespiegel. Ook zijn diverse opties voor het vergroten van de zoetwaterbuffer onderzocht.

Ondanks zeespiegelstijging hoeft waterpeil in IJsselmeer niet omhoog deze eeuw

De kosten om deze eeuw de veiligheid in het IJsselmeergebied te garanderen en economie en natuur te beschermen zijn aanzienlijk. Meestijgen van het IJsselmeer met de zeespiegel betekent dat dijken en kunstwerken moeten worden aangepast en dat andere beschermingsmaatregelen nodig zijn. Door installatie van heel grote pompen in de Afsluitdijk hoeft het peil in het IJsselmeer niet mee te stijgen met de zeespiegel. Dit leidt tot extra kosten voor pompen maar bespaart op de uitgaven aan dijken en kunstwerken en andere kosten van bescherming. Per saldo is dit de meest aantrekkelijke optie. De kosten worden dan ongeveer gehalveerd. Daarnaast levert deze optie extra veiligheid voor omwonenden en bedrijven.

Snelle vergroting zoetwaterbuffer mogelijk tegen beperkte kosten

Sinds het ontstaan van het IJsselmeer is geen sprake geweest van gebrek aan zoetwater in het IJsselmeergebied; dit geldt ook voor het extreem droge jaar 1976. Op korte termijn kan de zoetwaterbuffer nog aanzienlijk worden vergroot tegen zeer beperkte kosten: een verdrievoudiging is mogelijk door een eenmalige investering van ongeveer 25 miljoen euro. Dit lijkt voldoende om de komende dertig jaar en misschien ook langer aan de zoetwaterbehoefte te voldoen. Verdere vergroting van de zoetwaterbuffer is echter aanzienlijk duurder.

Snelle en globale kosten-batenanalyse goed instrument bij strategische beleidskeuzes

Kosten-batenanalyses spelen een grote rol bij de definitieve besluitvorming over grote specifieke investeringsprojecten van de overheid. Dit onderzoek is een voorbeeld van het gebruik van kosten-batenanalyse in een vroeg stadium van besluitvorming. Dit kan tunnelvisie in dit stadium van besluitvorming helpen voorkomen en kan leiden tot efficiëntere besluitvorming. Het stelt wel andere eisen aan de kosten-batenanalyse: globaler en sneller van karakter, intensieve afstemming met de beleidsvoorbereiders en resultaten die op tijd gereed moeten zijn voor het verdere besluitvormingsproces. Tegelijkertijd moeten kwaliteit en onafhankelijkheid van de analyse gewaarborgd blijven.

Wat is onderzocht?

Op basis van een quick scan zijn voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied de kosten en effecten van wel of niet meestijgen met de zeespiegel en diverse opties voor het vergroten

van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied onderzocht. Hierbij zijn de kosten en effecten voor een ruim spectrum aan maatschappelijke functies meegenomen, zoals waterveiligheid, voldoende zoetwater, natuur en economie.

Voor waterveiligheid is vooral het waterpeil tijdens de winterperiode van belang, omdat dat de periode is met de meeste stormen. Buiten de winterperiode kan voor een andere peilhoogte worden gekozen. Voor de zoetwatervoorziening zijn het voorjaarspeil en het zomerpeil van belang. Het verschil tussen het waterpeil in het voorjaar en het peil tot waar het water mag uitzakken in de zomer ('de waterschijf') is bruikbaar voor zoetwatervoorziening. Door deze waterschijf zijn het IJsselmeer en het Markermeer een soort regenton voor het IJsselmeergebied. Momenteel wordt de beschikbare waterschijf maar voor de helft benut; door het vervangen van enkele inlaatpunten voor zoetwater door gemalen kan de volledige waterschijf worden benut. Verhoging van het voorjaarspeil of verlaging van het uitzakpeil in de zomer kan de zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied ook vergroten.

Voor de lange termijn (2020-2100) zijn twee basisprojectalternatieven gekozen:

- L.1 Niet meestijgen met de zeespiegel. Het waterpeil in het IJsselmeer, Markermeer en Veluwerandmeren stijgt niet mee met de zeespiegel; voor het handhaven van het waterpeil worden zeer grote extra pompen geïnstalleerd in de Afsluitdijk.
- L.4 IJsselmeer stijgt mee met zeespiegel. Het waterpeil in het IJsselmeer stijgt mee met de zeespiegel; om voldoende afvoer van water uit het IJsselmeer te garanderen is dan ook extra spuicapaciteit nodig. Het waterpeil in het Markermeer en de Veluwerandmeren blijft ongewijzigd; hiervoor is beperkte extra pompcapaciteit nodig.

De kosten en effecten zijn onderzocht voor twee klimaatscenario's: een stijging van de zeespiegel met 35 cm tot 2100 (= ondergrens van het gematigde KNMI-klimaatscenario G) en een stijging van de zeespiegel met 85 cm tot 2100 (= bovengrens van het meest warme KNMI-klimaatscenario W+). Verondersteld wordt dat de verdeling van de Rijnaanvoer over de Waal, de Nederrijn en de IJssel ongewijzigd blijft.

Bij de opties voor het vergroten van de buffer zoetwatervoorraad wordt onderscheid gemaakt tussen de korte termijn (tot 2025) en de lange termijn (2020-2100). De korte termijn projectalternatieven zijn:

- K.0 Geen verandering in de zoetwaterbuffer in het IJsselmeer en Markermeer;
- K.1 Verdubbeling van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeer en Markermeer door vervangen van enkele inlaatpunten zoetwater door gemalen.
- K.2 Verdrievoudiging van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeer en Markermeer door aanpassen van laatpunten (= K.1) plus 10 cm extra opzetten op het voorjaarspeil;
- K.3 Verdrievoudiging van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeer en Markermeer door aanpassen van inlaatpunten (= K.1) plus 10 cm extra uitzakken van het minimum zomerpeil.

Bij de lange termijn projectalternatieven zijn diverse opties voor vergroting van de zoetwaterbuffer geanalyseerd. In het lange termijn basisprojectalternatief niet meestijgen met de zeespiegel (= L.1) wordt ervan uitgegaan dat de zoetwaterbuffer op korte termijn reeds is verdrievoudigd door het aanpassen van de inlaatpunten en 10 cm extra opzetten op het voorjaarspeil (= K.2). In het lange termijn projectalternatief L.2a wordt vervolgens de zoetwaterbuffer verder vergroot 20 cm extra voorjaarsopzet. In alternatief L.2b wordt de zoetwaterbuffer –in vergelijking met het basisprojectalternatief L.1– vergroot door 60 cm extra voorjaarsopzet en in alternatief L.2c is gekozen voor vergroting van de zoetwaterbuffer door 40 cm extra uitzakken in de zomer. In het lange termijn basisprojectalternatief meestijgen met de zeespiegel in het IJsselmeer (= L.4) zijn op korte termijn de inlaatpunten aangepast (= K.1) en is gekozen voor geen voorjaarsopzet. Vervolgens zijn bij dit basisprojectalternatief twee opties voor vergroting van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeer gekozen: 50 cm voorjaarsopzet (= L.3a) en 80 cm voorjaarsopzet (L.4). Voor het beoordelen van de lange termijnprojectalternatieven zijn deze telkens vergeleken met het basisprojectalternatief niet meestijgen met de zeespiegel (L.1); dit alternatief is dus gebruikt als lange termijn referentiealternatief.

Een nadere toelichting op de projectalternatieven is te vinden in tabellen 4.1a, 4.1b en 4.1c. Een overzicht van de kosten, effecten op natuur en omvang van de zoetwaterbuffer per projectalternatief wordt gegeven in tabellen 3.4, 4.5a, 4.5b, 4.5c en 4.5d. In deze tabellen worden de kosten zowel in nominale waarde als in contante waarde met een discontovoet van 5,5% weergegeven. In deze samenvatting worden slechts de bedragen in contante waarde genoemd.

Hoeveel kost vergroting van de zoetwaterbuffer op korte termijn?

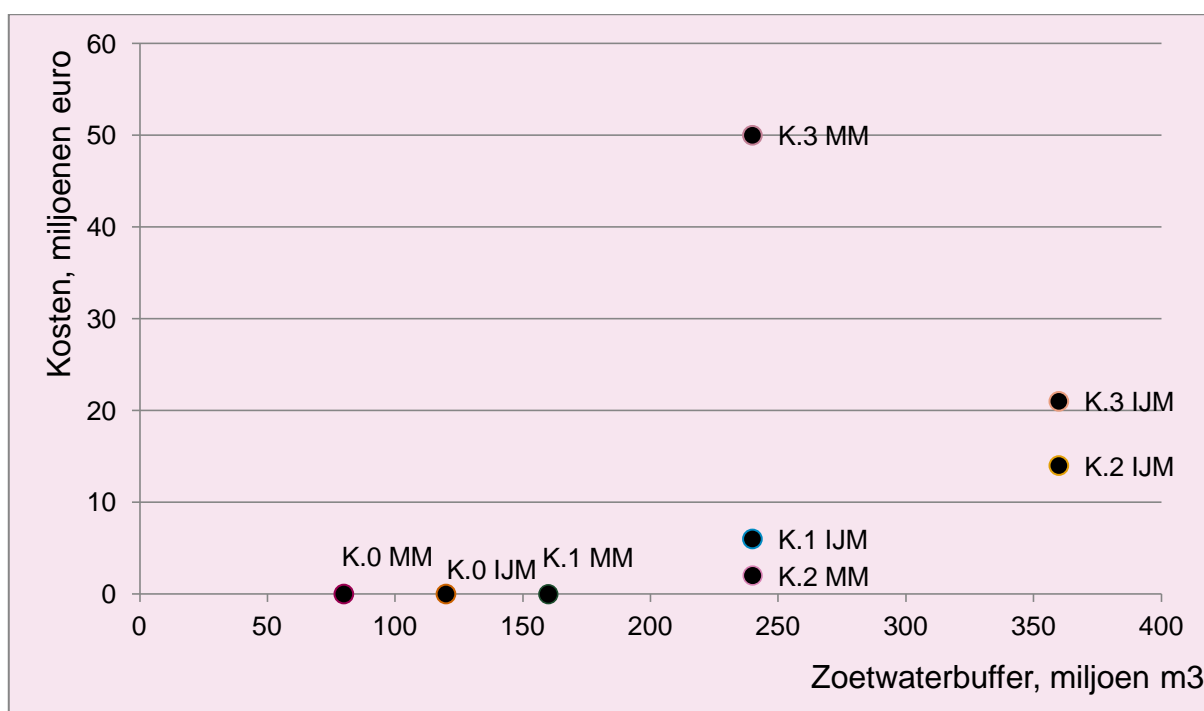
Op korte termijn kan de zoetwaterbuffer zonder veel extra kosten fors worden vergroot (zie figuur 0.1). Het verdubbelen van de zoetwaterbuffer door het verbeteren van de inlaatpunten (projectalternatief K.1) heeft zeer beperkte kosten voor zowel het IJsselmeer als het Markermeer (afgerond respectievelijk 7 en 0 miljoen euro) en geen negatieve effecten op de natuur.

De zoetwaterbuffer kan vervolgens op korte termijn verder worden vergroot door beperkt opzetten (projectalternatief K.2; 10 cm extra voorjaarsopzet) en beperkt uitzakken (K.3; 10 cm extra uitzakken in de zomer) van zowel het IJsselmeer als het Markermeer. Vanuit kostenoptiek lijkt beperkt extra opzetten in het Markermeer het meest aantrekkelijk (2 miljoen euro voor een extra zoetwaterbuffer van 80 Mm³). Daarna is beperkt opzetten in het IJsselmeer het meest kosteneffectief (14 miljoen euro voor een extra zoetwaterbuffer van 120 Mm³). In deze berekeningen is rekening gehouden met de kosten van bescherming van natuur.

Beperkt extra uitzakken om de zoetwaterbuffer te vergroten (K.3) leidt echter tot fors hogere kosten (21 miljoen euro voor het IJsselmeer en 50 miljoen euro voor het Markermeer), omdat dan extra maatregelen nodig zijn om de stabiliteit van de dijken te

garanderen. Deze kostenraming is overigens met relatief grote onzekerheid omgeven en zou bij nader onderzoek zowel een stuk hoger als lager kunnen uitvallen.

Figuur 0.1 Kosten (contante waarde in 2020) en omvang zoetwaterbuffer bij de korte termijn opties voor vergroting van de zoetwaterbuffer

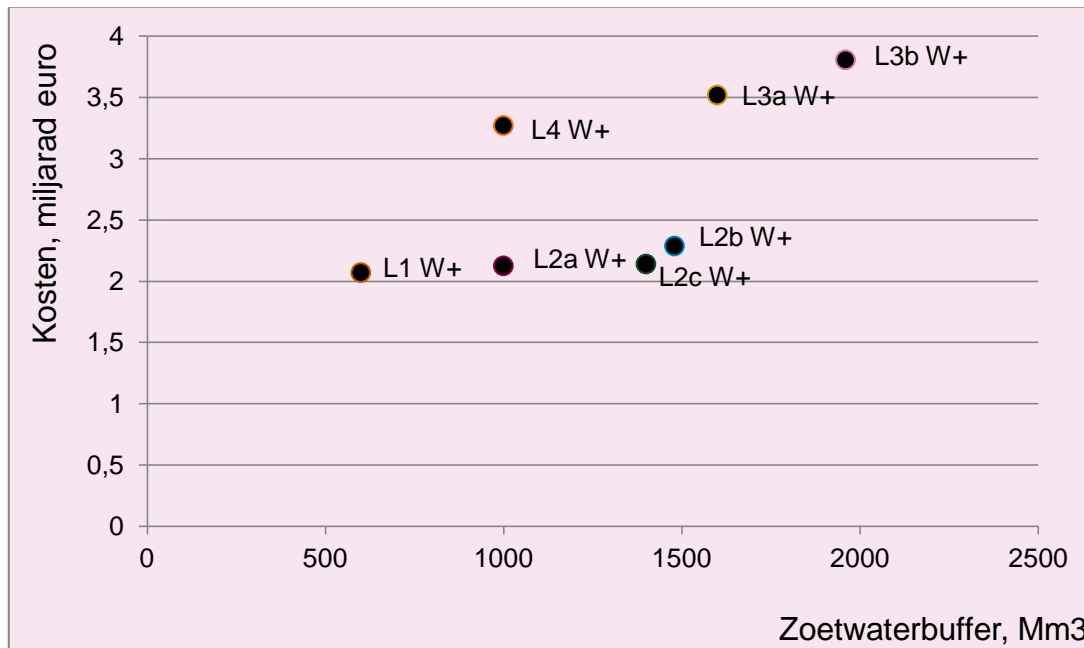


K.0 = nulalternatief; K.1 = verbeteren inlaatpunten; K.2 = verbeteren inlaatpunten en 10 cm extra voorjaarsopzet; K.3 = verbeteren inlaatpunten en 10 extra uitzakken in de zomer; IJM = IJsselmeer; MM = Markermeer

Wat zijn de kosten op lange termijn?

Op de lange termijn is niet meestijgen met de zeespiegel -ondanks de extra kosten voor de installatie van pompen- aanzienlijk goedkoper en kosteneffectiever voor het vergroten van de zoetwaterbuffer dan meestijgen met de zeespiegel (zie figuren 0.2 en 0.3). De mate waarin hangt af van de gekozen scenario's en veronderstellingen. In het meest warme klimaatscenario zijn bij niet meestijgen met een 20 cm extra voorjaarsopzet de kosten 2,1 miljard euro (L.2a). Dit levert een jaarlijkse zoetwaterbuffer van 1000 Mm³ op. Eenzelfde zoetwaterbuffer kost bij meestijgen met de zeespiegel (L.4) 3,3 miljard euro, d.w.z. 1,2 miljard euro meer. Bij het gematigde klimaatscenario daalt het verschil bij een vergelijkbare zoetwaterbuffer (L.2a versus L.3a) tot 0,8 miljard euro. Een uitgebreide gevoeligheidsanalyse is te vinden in paragraaf 4.2.

Figuur 0.2 Kosten veiligheid en bescherming plus restrisico tot 2100 (contante waarde) en omvang zoetwaterbuffer in 2100, meest warme klimaatscenario (= +85 cm stijging zeespiegel).

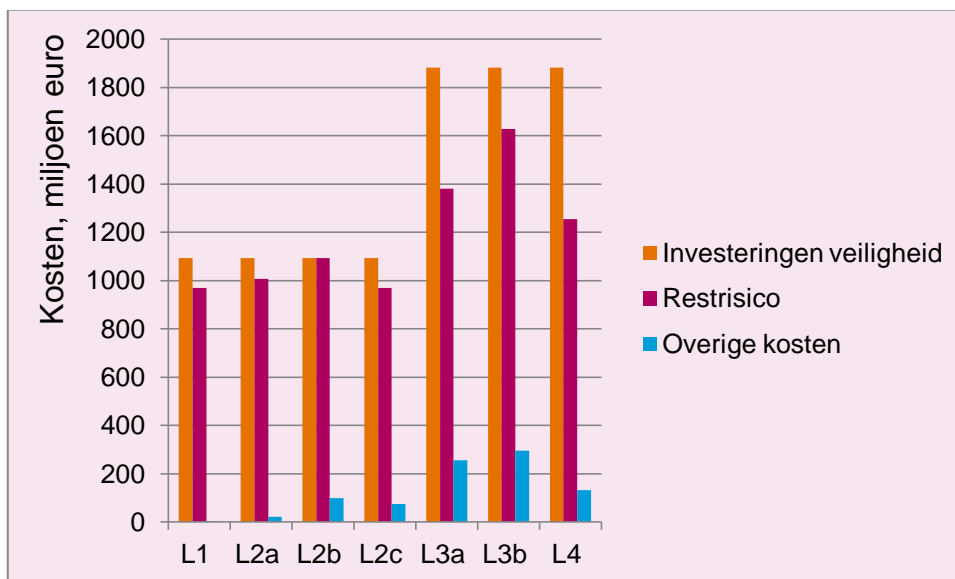


L1: Niet meestijden en pompen; L2a: als L1 met 20 cm extra voorjaarsopzet; L2b: als L1 met 60 cm extra voorjaarsopzet; L2c: als L1 met 40 cm extra uitzakken in de zomer; L4: meestijden van het IJsselmeer met de zeespiegel zonder voorjaarsopzet; L3a: als L4 met 50 cm voorjaarsopzet; L3b: als L4 met 80cm voorjaarsopzet

De kosten op lange termijn worden gedomineerd door de kosten die samenhangen met veiligheid (zie figuur 0.3). Hierbij worden twee soorten kosten voor veiligheid onderscheiden: de kosten van dijkversterking en aanpassing kunstwerken en het restrisico. Het restrisico is gelijk aan de verwachte schade als door extreme omstandigheden dijken en kunstwerken toch niet meer voldoen. Beide soorten kosten van veiligheid zijn in alle projectalternatieven veel groter dan de kosten nodig voor het beschermen van andere maatschappelijke functies, zoals natuur en economie.

De conclusie dat op de lange termijn niet meestijden met de zeespiegel goedkoper en kosteneffectiever is dan meestijden, geldt niet alleen als wordt gekeken naar het totaal van de kosten. Dit geldt ook voor onderdelen, zoals de kosten voor het beschermen van de natuur en economie, de kosten van dijkversterking en aanpassing kunstwerken en het restrisico.

Figuur 0.3 Kosten veiligheid, restrisico en overige kosten tot 2100 (contante waarde), meest warme klimaatscenario

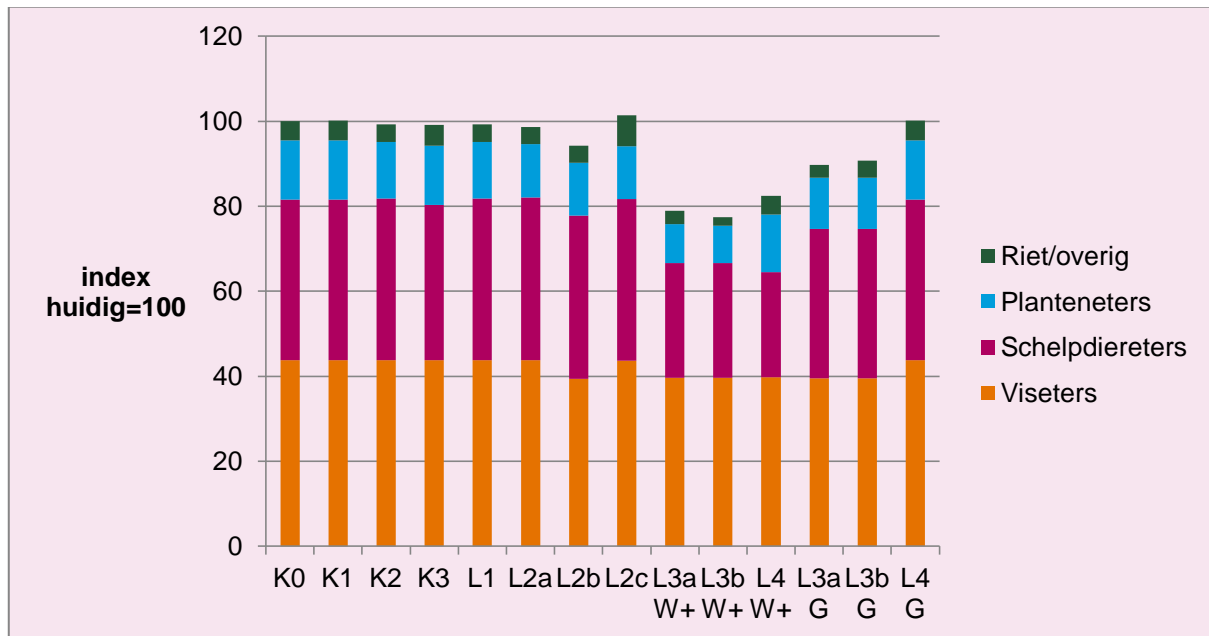


L1: als K2 en niet meestijgen en pompen; L2a: als L1 met 20 cm extra voorjaarsopzet; L2b: als L1 met 60 cm extra voorjaarsopzet; L2c: als L1 met 40 cm extra uitzakken in de zomer; L4: als K2 en meestijgen en spuien; L3a: als L4 met 50 cm voorjaarsopzet; L3b: als L4 met 80cm voorjaarsopzet

Bij de kosten zijn ook de kosten van maatregelen voor bescherming van natuur of van compensatie van verlies aan natuur meegenomen; in de totaalstelling is de goedkoopste van beide varianten meegenomen. Het verlies aan natte oevervegetaties kan over het algemeen goed gecompenseerd worden, uitgaande van een zorgvuldige aanleg. Daarentegen zijn trilvenen, zoals bij de Makkumerwaard, zeer moeilijk te compenseren en moeten dus bij voorkeur worden beschermd.

Bij de varianten met de grootste peilopzet zijn de negatieve effecten op natuur zonder maatregelen ter compensatie of bescherming het grootst. De natuurkwaliteit (natuurpunten) neemt af met maximaal 25% als gevolg van veranderingen in de oever- en moerasarealen en beschikbare schelpdierarealen (figuur 0.4). De negatieve effecten betekenen dat de haalbaarheid van de Natura 2000-doelen voor het IJsselmeergebied verder afneemt. Zoals gezegd, deze negatieve effecten op natuur kunnen in de beschouwde varianten naar verwachting met de geraamde bedragen vermeden of gecompenseerd worden.

Figuur 0.4 Effecten op natuur in IJsselmeer en Markermeer zonder bescherming of compensatie van natuur, natuurpunten op basis van vogels, bron: PBL (2012a).



K.0 = nulalternatief; K.1 = verbeteren inlaatpunten; K.2 = verbeteren inlaatpunten en 10 cm extra voorjaarsopzet; K.3 = verbeteren inlaatpunten en 10 extra uitzakken in de zomer. L1: als K2 en niet meestijgen en pompen; L2a: als L1 met 20 cm extra voorjaarsopzet; L2b: als L1 met 60 cm extra voorjaarsopzet; L2c: als L1 met 40 cm extra uitzakken in de zomer; L4: als K2 en meestijgen en spuien; L3a: als L4 met 50 cm voorjaarsopzet; L3b: als L4 met 80cm voorjaarsopzet; G = gematigd klimaatscenario, W+ = meest warme klimaatscenario

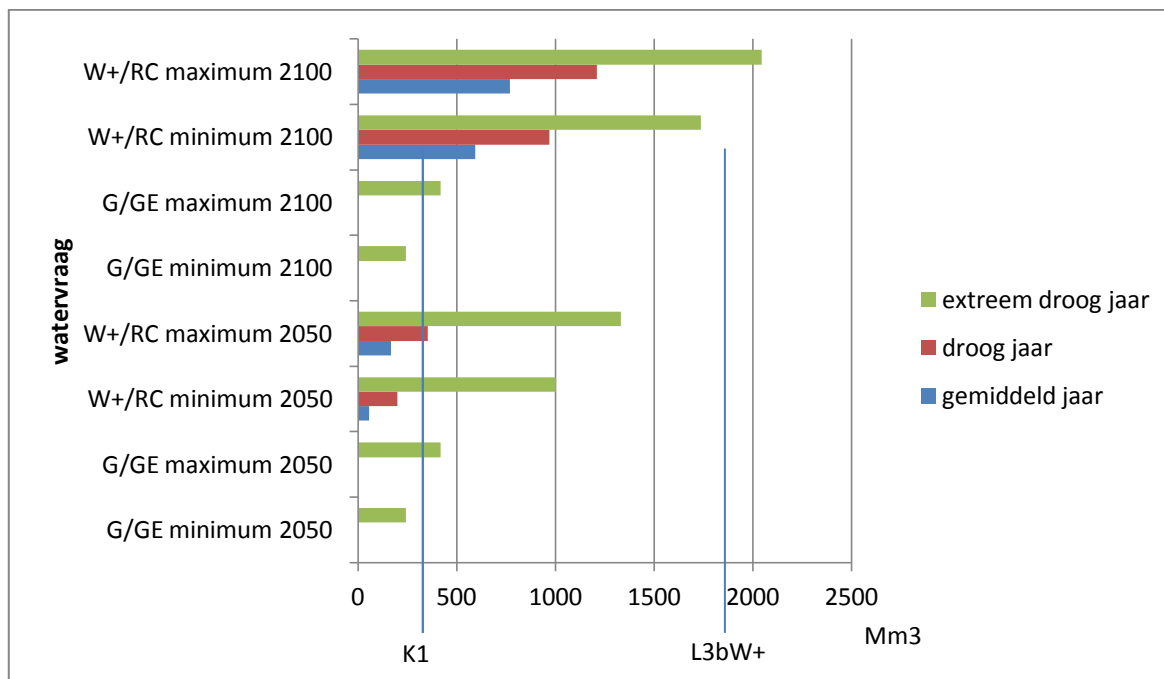
Hoeveel moet de zoetwaterbuffer worden vergroot?

Sinds het ontstaan van het IJsselmeer is geen sprake geweest van gebrek aan zoetwater in het IJsselmeergebied; dit geldt ook voor het extreem droge jaar 1976. Vergelijking met scenario's voor zoetwatervraag van Deltares geeft aan dat een verdubbeling van de zoetwaterbuffer door het aanpassen van de inlaatpunten (K.1) in beginsel genoeg is om te voldoen aan de watervraag tot 2050; dit geldt voor zowel het gematigde (G) als het meest warme klimaatscenario (W+) (figuur 0.5). Alleen in een extreem droog jaar (eens in de honderd jaar) is er in het meest warme klimaatscenario in 2050 naar verwachting onvoldoende water om aan de vraag te voldoen. De indicatieve berekeningen van Deltares voor de zoetwatervraag in 2100 wijzen uit dat in het gematigde klimaatscenario met de 20 cm extra peilopzet ook dan naar verwachting voldoende water aanwezig zal zijn. In het meest warme klimaat scenario echter zou in 2100 ook in een gemiddeld jaar al een tekort kunnen optreden.

Deze berekeningen zijn waarschijnlijk een overschatting van de zoetwatervraag, omdat geen rekening wordt gehouden met maatregelen en economisch gedrag om het waterverbruik efficiënter te maken of de vraag naar zoetwater te beperken. Ook is geen rekening gehouden met de eventuele behoefte aan extra zoetwater in andere delen van Nederland die vanuit het IJsselmeergebied geleverd zou kunnen worden. Hetzelfde geldt voor de mogelijkheid om in de waterbehoefte van het IJsselmeergebied langs andere wegen te voorzien dan uit de

buffervoorraad van het IJsselmeergebied. Vanuit dit veel ruimere perspectief moet vervolgens worden afgewogen in hoeverre de baten van vergroting van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied opwegen tegen de extra kosten die hiervoor gemaakt moeten worden.

Figuur 0.5 Zoetwatervraag in IJsselmeervoorzieningsgebied volgens berekeningen van Deltares en aanbod van zoetwater voor projectalternatieven K.1 (vergroten effectieve waterschijf naar 20 cm) en L.3b W+(meestijgen met de zeespiegel en 80 cm voorjaarsopzet in het meest warme klimaatscenario), bron: PBL (2012b).



W+ meest warme klimaatscenario; G gematigde klimaatscenario; RC sociaal-economisch scenario met lage ruimtedruk (lage bevolkingsgroei en lage groei productiviteit) GE sociaal-economisch scenario met hoge ruimtedruk

Suggesties voor nader onderzoek

Deze kosten-effectiviteitsanalyse is een quick scan. Binnen een beperkte tijdsperiode zijn zoveel mogelijk effecten geanalyseerd. Losjes geformuleerd is getracht met 20% van de inspanning om 80% van het eindresultaat te bereiken. Op diverse punten kan de analyse van de kosten en effecten nader worden uitgewerkt. Uitgegaan is van een vaste verdeling van de aanvoer van water via de IJssel. De aanvoer via de IJssel heeft echter grote invloed op de omvang van de zoetwaterbuffer en de kosten voor veiligheid, natuur en economie. De gevolgen van andere veronderstellingen over aanvoer via de IJssel kunnen daarom nader worden onderzocht. Bij de raming van de kosten van veiligheid is de invloed van het gefaseerd invoeren van extra pompen op de veiligheidsrisico's niet goed bekend; hetzelfde geldt voor de overhoogte die bij sommige dijkringdelen misschien substantieel is. Bij de raming van de overige kosten is extra onderzoek naar de risico's bij uitzakken gewenst. De kosten voor natuurcompensatie kunnen nader worden onderzocht door te kijken naar de meest kosteneffectieve manier; ook zouden compenserende maatregelen tegen

vermindering van de vismigratie moeten worden meegenomen. Bij de regionale gemalen is van tweederde onbekend in hoeverre deze voldoende pompcapaciteit en opvoerhoogte hebben. Dit zou nader moeten worden geïnventariseerd. De (veiligheids)effecten van extra voorjaarsopzet zijn geraamd op basis van extrapolatie van slechts één gedetailleerde hydraulische berekening. Bij de natuurpunten is uitgegaan van gelijke wegingsfactoren voor verschillende ecotopen en is vooral ingezoomd op de effecten op vogels. Gebruik van internationale wegingsfactoren en het gebruik van andere soortgroepen kan een betekenisvolle aanvulling hierop zijn. Bij de effecten op natuur wat betreft het halen van de wettelijke beleidsdoelen moet niet alleen naar het IJsselmeer, maar ook naar het Markermeer worden gekeken. Deze effecten op natuur zijn overigens alleen relevant voor zover geen compenserende of beschermende maatregelen worden getroffen. Tot slot kunnen ook de baten van extra zoetwaterbuffer voor diverse soorten van gebruik in kaart worden gebracht en worden gemonetariseerd; deze baten kunnen dan worden vergeleken met de kosten hiervan.

1 Inleiding

Volgens de klimaatscenario's van het KNMI zal de zeespiegel komende eeuw stijgen met 35 tot 85 cm, zal de kans op extreme regenbuien toenemen en zal de aanvoer van rivierwater in droge zomers verminderen. Dit zal grote gevolgen hebben voor de Nederlandse waterhuishouding, economie en natuur. Zonder maatregelen nemen de overstromingskansen sterk toe en zal grote schade aan economie en natuur kunnen optreden.

Het IJsselmeergebied heeft een belangrijke functie voor de Nederlandse waterhuishouding wat betreft zowel de afvoer van water als de watervoorziening. De inrichting van het gebied heeft grote invloed op de bescherming van de omgeving tegen overstroming. Het gaat bovendien om een uniek waterlandschap met grote cultuurhistorische waarde door de oude vissersdorpjes en de historische havens en stadskernen. Het landschap biedt ruimte voor wonen, recreatie en allerlei vormen van gebruik. De meren vormen een natuurgebied van internationaal belang en zijn daarom vrijwel helemaal beschermd als Natura 2000-gebied.

In 2008 heeft de tweede Deltacommissie (Commissie Veerman) advies uitgebracht over de bescherming van Nederland tegen de gevolgen van klimaatverandering. Volgens de Commissie heeft Nederland een achterstand in te lopen omdat niet wordt voldaan aan de huidige geldende veiligheidsnormen. Bovendien zijn de normen achterhaald en moeten met een factor tien naar boven worden bijgesteld. Daarnaast verandert het klimaat snel, stijgt de zeespiegel waarschijnlijk sneller dan aangenomen en neemt de (extreme) variatie in rivierafvoeren naar verwachting toe. Het economische, maatschappelijke en natuurlijke belang van Nederland is groot en groeit verder; een dijkdoorbraak heeft zeer ontwrichtende gevolgen voor heel Nederland. Voor de uitvoering van het advies voor een klimaatbestendige inrichting van Nederland heeft de Deltacommissie het Deltaprogramma opgesteld. Dit programma wordt financieel en politiek-bestuurlijk verankerd in een vernieuwde Deltawet.

In het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) wordt –in nauwe samenhang met de andere Deltaprogramma's– een strategie voor waterveiligheid en voldoende zoetwater ontwikkeld voor het IJsselmeergebied tot het jaar 2100. In Fase 1 is een probleemanalyse opgesteld en zijn vier peilstrategieën beschreven die het 'gehele speelveld' min of meer omspannen². Als belangrijkste strategische keuzes zijn hierbij geïdentificeerd het wel of niet meestijgen met de zeespiegel en het wel of niet extra vergroten van de zoetwaterbuffer door extra opzetten of uitzakken. Het doel van Fase 2 is kansrijke mogelijke strategieën voor het gebied te identificeren. In Fase 3 (mei 2012 - april 2013) dient er een eerste schifting plaats te vinden tussen kansrijke opties en minder kansrijke opties. Tot slot zal er in Fase 4 één voorkeurstrategie aan de politiek worden aangeboden. Dit zal waarschijnlijk rond Prinsjesdag 2014 plaatsvinden. Mogelijk volgt dan een politiek besluit in 2015. Dit besluit kan dan worden meegenomen in het tweede Nationaal Waterplan, dat in 2015 verschijnt.

² Zie DPIJ (2011b).

Een logische methode om de goede van de minder goede maatregelen te scheiden, is het maken van een maatschappelijke kosten-batenanalyse of effectenanalyse (MKBA/MKEA). Het doel van een dergelijke analyse is om alle (welvaarts)effecten in geld uit te drukken opdat eenvoudig de totale 'kosten' van een maatregel kunnen worden vergeleken met de totale 'baten' van de maatregel. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar kosten en baten voor de economie, maar ook naar aspecten als natuur en veiligheid. Bij een kosteneffectiviteitanalyse wordt gekeken naar welke maatregel het meest effectief en goedkoop is om een bepaald doel te bereiken; het kwantificeren en monetariseren van de baten van dat doel is dan niet nodig.

Voor het in kaart brengen van de kosten en baten zijn vaak verschillende soorten kennis nodig. Kenmerk van een kosten-batenanalyse is dan ook het multi-disciplinaire karakter. De functie van de kosten-batenanalyse is dat al deze multi-disciplinaire informatie op een handzame en betekenisvolle manier bij elkaar wordt gebracht.

In eerdere studies over het Deltaprogramma IJsselmeergebied werden de effecten en mogelijke maatregelen vooral kwalitatief geduid. In deze kosten-batenanalyse zijn de effecten en maatregelen per projectalternatief in zeer korte tijd zo goed mogelijk gekwantificeerd en vertaald in kosten en baten, vaak op basis van eenvoudige veronderstellingen en een beperkt aantal kengetallen. Een andere keuze van maatregelen, veronderstellingen en nadere analyse kan leiden tot andere ramingen van kosten en baten. De effecten, maatregelen, kosten en baten in deze analyse zijn daarom indicatief en omgeven met onzekerheidsmarges. Doel van deze ramingen is om de projectalternatieven te vergelijken en mede op basis hiervan kansrijke strategieën te selecteren. Deze ramingen zijn niet geschikt om budgetten op te baseren. Ook is de studie niet geschikt om uitspraken te doen over het optimale beschermingsniveau tegen overstromingen van de verschillende dijkeringen. Dit wordt geanalyseerd in een aparte CPB studie die eind van het jaar uitkomt.

In deze studie beperkt de analyse van de diverse opties tot vergroting van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied zich vooral tot de kostenkant. Hierbij worden ook de veiligheidsbaten van versterking van dijken en kunstwerken in de vorm van vermindering van het restrisico meegenomen. De baten van extra zoetwater zullen echter niet systematisch worden geanalyseerd; wel worden deze in een korte beschouwing geduid.

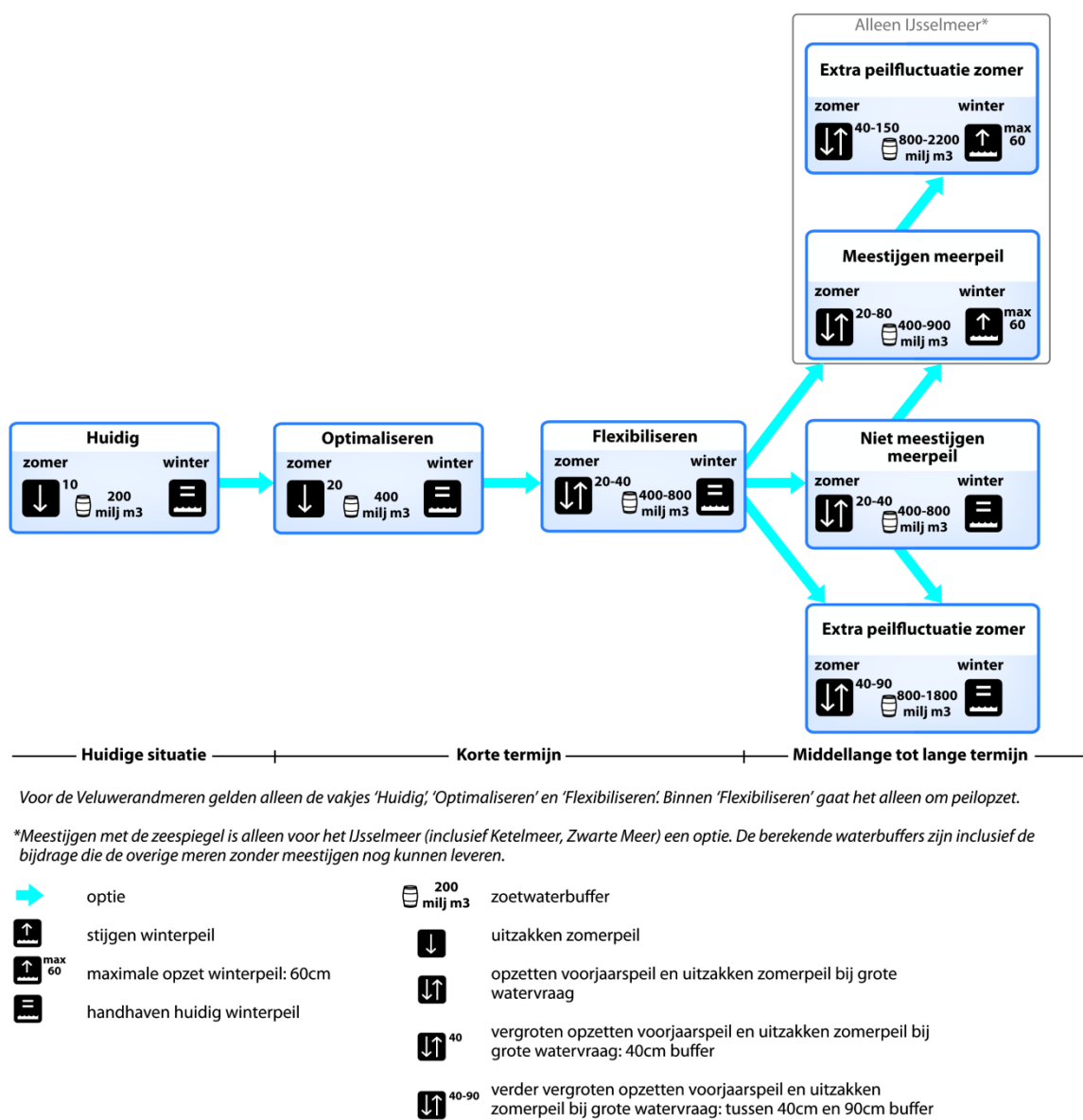
Hoofdstuk 2 geeft eerst een overzicht van de achtergronden en uitgangspunten van deze analyse. Dat hoofdstuk besteedt achtereenvolgens aandacht aan:

- Het maatschappelijke belang van het IJsselmeergebied;
- De klimaatscenario's van het KNMI;
- De resultaten van de eerste fase van het Deltaprogramma;
- Andere relevante inzichten, zoals eerdere KBA's op het gebied van waterveiligheid.

De analyse is in twee stappen gesplitst (zie figuur 1). In een eerste stap (Stap 1; periode 2015-2025; hoofdstuk 3) worden er enkele kleine maatregelen genomen om de zoetwatervoorraad in het IJsselmeergebied te vergroten. Dit opdat er eerst een 'waterschijf'

ontstaat van 20 cm (2015) en later zelfs (vanaf 2020) een waterschijf van 30 cm door 10 cm extra opzetten in het voorjaar. Als aanvullende optie kan de waterschijf tot 40 cm worden vergroot door 10 cm extra uitzakken in de zomer.

Figuur 1 Ontwikkelpaden peilbeheer IJsselmeer



In de tweede stap (Stap 2; vanaf het jaar 2025; hoofdstuk 4) komen - min of meer - de vier hoekpuntstrategieën van fase 1 van het Deltaprogramma IJsselmeergebied aan de orde. We veronderstellen hierbij dat de maatregelen uit Stap 1, met uitzondering van het extra uitzakken in de zomer, dan reeds zijn genomen. Onzeker is hoe het klimaat zich komende eeuw zal ontwikkelen. Vandaar dat de projectalternatieven zijn geanalyseerd voor zowel een gematigd klimaatscenario als een warm klimaatscenario. Twee kernvragen staan hierbij centraal:

- Hoe gunstig is het om in het IJsselmeergebied wel of niet mee te stijgen met de zeespiegel?
- Hoeveel leveren de verschillende projectalternatieven op aan extra zoetwater en wat zijn hierbij de kosten?

Om te beoordelen of vergroting van de zoetwaterbuffer noodzakelijk en verstandig is, moet niet alleen naar de kosten van een dergelijke zoetwaterbuffer kijken, maar ook naar de baten. Dit laatste wordt in dit rapport niet gedaan. Dit onderwerp wordt kort toegelicht in hoofdstuk 5.

2 Uitgangspunten

2.1 Het maatschappelijke belang van het IJsselmeergebied

De plaats van het IJsselmeergebied als onderdeel van het totale Deltaprogramma wordt weergegeven door figuur 2.1a. Deze paragraaf geeft een korte toelichting op het maatschappelijke belang van het IJsselmeergebied. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de functies:

- Veiligheid;
- Waterbeheer en zoetwaterbuffer;
- Natuur;
- Ruimte, economie en overige functies.

Figuur 2.1a Het Deltaprogramma en het deel Deltaprogramma IJsselmeergebied.



Veiligheid

De Zuiderzee is in 1275 ontstaan door een zware stormvloed. Grote delen land verdwenen toen voorgoed in de zee, tientallen dorpen werden van de kaart geveegd, 50 duizend mensen kwamen om en Friesland werd gescheiden door een zee in twee stukken: Friesland en West-Friesland. Sindsdien zijn er regelmatig kleine overstromingen rond de Zuiderzee. Incidenteel zijn er ook overstromingen geweest met heel grote schade aan de economie en veel slachtoffers, zoals de Allerheiligenvloed in 1570 en de stormvloed van 1916. Door de aanleg van de Afsluitdijk in 1932³ ontstaat het IJsselmeer. Hierdoor is het risico op overstromen van Amsterdam en de kustgebieden van de inham van de Zuiderzee drastisch verminderd. De Afsluitdijk en de achterliggende keringen beschermen nu ongeveer 2,5 miljoen mensen tegen overstroming. In termen van het vermijden van economische schade gaat het om 200 miljard euro, d.w.z. 30% van het Nederlandse BBP⁴. Behalve extra veiligheid was ook de behoefte aan extra landbouwgrond om de groeiende bevolking zelf te kunnen voeden een belangrijk motief om de Afsluitdijk aan te leggen en gebieden, zoals de Wieringermeer en de Noord-Oost Polder, in te polderen.

In 1976 is de Houtribdijk aangelegd die het Markermeer scheidt van het IJsselmeer. Het IJsselmeer heeft een oppervlakte van 1100 km². Het IJsselmeergebied omvat drie waterhuishoudkundig gescheiden meersystemen: het IJsselmeer met de noordelijke randmeren, het Markermeer met randmeren en tot slot de Veluwerandmeren.

Zowel de Afsluitdijk als de achterliggende keringen worden gerekend tot de zogenaamde 'primaire waterkeringen'. Een 'primaire waterkering' biedt beveiliging tegen overstroming vanuit buitenwater doordat deze een dijkkring omsluit, vóór een dijkkringgebied ligt, of twee dijkkringen met elkaar verbindt. Primaire waterkeringen worden ingedeeld in categorieën⁵ (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004). De Afsluitdijk (een 'b-kering') beschermt in de eerste plaats het IJsselmeer tegen overstromingen vanuit de Waddenzee (Noordzee), waarna achterliggende dijken ('a-keringen') de omsloten dijkkringgebieden beschermen tegen overstroming vanuit het IJsselmeer.

Voor de waterkeringen zijn er wettelijke veiligheidsnormen⁶. Voor de IJsselmeerdijken, de Houtribdijk en de Markermeerdijken is maximale toegelaten overschrijdingskans 1/4.000

³ Het eerste plan hiervoor was in 1891 gemaakt door dr. C. Lely. Hij werd mede geïnspireerd door de plannen van Hendric Stevin twee eeuwen eerder. Uitvoering van het plan van Lely liet lange tijd op zich wachten. Maar voedseltekorten tijdens de Eerste Wereldoorlog en de watersnoodramp in 1916 deden de publieke opinie omslaan. In hetzelfde jaar diende Lely als minister van Waterstaat het plan in bij het parlement. Dat ging hier in 1918 mee akkoord en daarmee kon het plan eindelijk ten uitvoer worden gebracht.

⁴ Economisch schade omvat niet alleen materiële schade maar ook schade door slachtoffers. Het begrip economische schade wordt nader toegelicht in paragraaf 4.2. De schadebedragen per dijkkringdeel zijn te vinden in tabel 4.2a.

⁵ De dijken, duinen en kunstwerken zijn afhankelijk van hun ligging en functie ingedeeld naar de volgende categorieën: a-, b-, c- of d-keringen. Waterkeringen uit de categorie a (a-keringen) zijn dijken, duinen en kunstwerken die rechtstreeks bescherming bieden tegen de zee, de grote rivieren, het IJsselmeer of het Markermeer. Waterkeringen uit de categorie b (b-keringen), zoals de Afsluitdijk of de Ramspolkering, verbinden waterkeringen uit de categorie a of uit categorie c. Waterkeringen uit de categorie c (c-keringen) zijn waterkeringen die indirect tegen buitenwater beschermen. Een voorbeeld hiervan zijn de waterkeringen langs het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal. Waterkeringen uit de categorie d (d-keringen) vallen onder de categorieën a t/m c maar liggen buiten de landsgrenzen. Het gaat hierbij vooral om rivierdijken langs de Rijn en Schelde die tot over de grenzen met Duitsland of België doorlopen. Naast de primaire waterkeringen zijn er secundaire keringen, zoals boezemkaden binnen primaire dijkkringen en polderscheidingen.

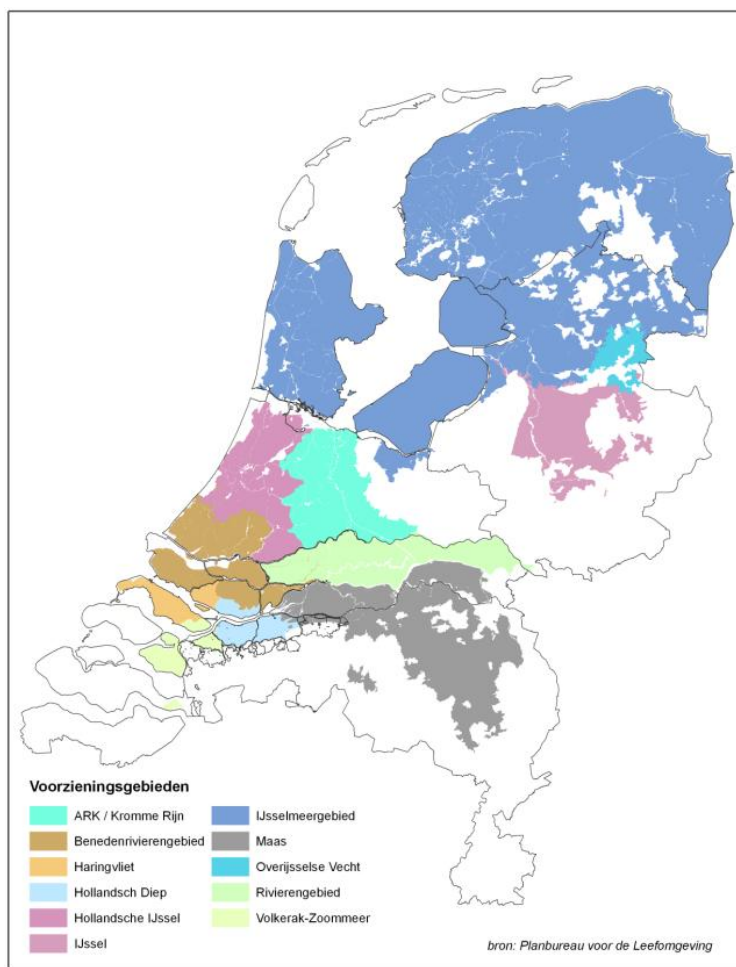
⁶ Voor de kustgebieden zijn deze normen gebaseerd op adviezen van de eerste Deltacommissie, waarvan het eindrapport is verschenen in 1960; voor andere gebieden zijn later normen ontwikkeld. Voor meer toelichting op de veiligheidsnormen, zie MNP (2004).

per jaar. Dit betekent dat deze dijken waterstanden moeten kunnen keren tot een peil waarvoor de kans dat deze in een jaar wordt overschreden, gelijk is aan 1 op 4.000. Voor de dijken in de IJssel/Vecht delta varieert de toelaatbare overschrijdingskans 1/2.000 per jaar en 1/1.250 per jaar. Voor de Afsluitdijk geldt momenteel een maximum toelaatbare overschrijdingskans van 1/10.000 per jaar. Deze norm is onderbouwd met de hoogste norm voor de achterliggende a-kering (Dijkkring 13, Noord-Holland).

Waterbeheer en zoetwaterbuffer

Het IJsselmeer is het grootste zoetwaterbekken van Nederland. Het zoetwatervolume dat kan worden gebruikt voor andere functies hangt af van de minimale hoogte van het peil. Hoe dieper het peil van het IJsselmeer kan uitzakken, hoe groter de zoetwaterbuffer voor functies als peilbeheer, drinkwater, koelwater voor de industrie en beregening voor de landbouw. Het IJsselmeer wordt gevoed vanuit de rivieren: de Rijn via de IJssel, de Overijsselse Vecht, de Veluwe beken en de Eem. Daarnaast wordt water aangevoerd via de gemalen of uitwateringssluizen van inliggende en aangrenzende polders. Vanwege deze constante toevoer bestaat de noodzaak overtollig water te kunnen afvoeren van het IJsselmeer naar de Waddenzee. Spuien onder vrij verval kan alleen plaatsvinden bij eb in de Waddenzee.

Figuur 2.1b Gebieden in Nederland die vanuit het hoofwatersysteem van water worden voorzien. Het IJsselmeer voorziet vrijwel geheel Noord Nederland van water.



Verschillende regio's in Nederland kampen met verdroging en verzilting. Om verzilting tegen te gaan worden sloten doorgespoeld met IJsselmeerwater. Het Markermeer loost zijn overtollige water in de winter overwegend op het IJsselmeer, in de zomer gaat het merendeel westwaarts om het Noordzeekanaal door te spoelen. In het voor- en najaar wisselt de afvoerrichting naar gelang weer en waterpeil (Rijkswaterstaat, 2011, Waterhuishouding en waterverdeling in Nederland).

Het IJsselmeer levert belangrijke hoeveelheden water aan Friesland, Groningen, de kop van Noord-Holland en delen van Drente en noordwest-Overijssel. Bij Andijk en Enkhuizen liggen inlaatpunten voor de drinkwaterbereiding, zij het voor relatief beperkte hoeveelheden. Aan het Markermeer liggen de belangrijkste inlaatpunten voor de Schermerboezem. Bij Muiden en Zeeburg kan water uit het IJmeer worden ingelaten om de Vecht en de Amsterdamse grachten door te spoelen. In tijden van droogte is voor het IJsselmeergebied een regionale verdringingsreeks 'de waterverdeling Noord-Nederland' ontwikkeld waarin staat welke functies voorrang krijgen boven andere. Watertekorten kunnen zich uiten in een tekort aan bodemvocht, wat schadelijk is voor gewassen. Ook kan er een tekort aan oppervlaktewater optreden waardoor peilen onvoldoende kunnen worden gehandhaafd, wat nadelig kan uitwerken voor de stabiliteit van dijken, kunstwerken en funderingen. Bovendien is er dan onvoldoende water voor beregening en doorspoeling.

De beschikbare hoeveelheid zoetwater vanuit het IJsselmeer is sterk afhankelijk van aanvoer door de IJssel. De huidige 10 cm waterschijf in het IJsselmeer en Markermeer betekent een zoetwaterbuffer van 200 miljoen m³. Als dit gedurende het zomerhalfjaar (180 dagen) volledig wordt gebruikt, komt dit overeen met een buffer van 12 m³ per seconde. Door het vergroten van de buffercapaciteit wordt de beschikbaarheid van zoetwater in het zomerhalfjaar minder afhankelijk van het aanbod van de IJssel. De afgelopen tachtig jaar, sinds het ontstaan van het IJsselmeer, is de huidige waterschijf van 10cm voldoende gebleken om aan de zoetwatervraag te voldoen; dit gold zelfs voor het extreem droge jaar 1976.

Natuur

Het IJsselmeergebied is een op Europese schaal uniek gebied gekarakteriseerd door zijn grote en open zoetwaterbekkens IJsselmeer en Markermeer, de ondiepere Randmeren en Zwarte Meer en de open aansluiting op de IJssel. In het IJsselmeergebied komen in totaal 47 soorten voor van internationale betekenis: 42 vogelsoorten, 2 zoogdieren en 3 vissoorten. Alle wateren en een groot deel van de oever- en moerasarealen in het IJsselmeergebied zijn dan ook aangewezen als Natura 2000-gebied⁷ en vallen dus onder de zwaarste categorie van gebiedsbescherming voor natuur⁸. Het IJsselmeer is een foerageer- en rustgebied van vogels. Wat betreft de visstand en kwaliteit van het water is de Kaderrichtlijn Water (KRW) van de EU relevant.

⁷ Een samenhangend netwerk van beschermde natuurgebieden door Europa.

⁸ De 'kernopgaven' en 'instandhoudingdoelen' zoals die in het aanwijzingsbesluit als Natura 2000-gebied zijn opgenomen voor het IJsselmeer staan weergegeven in ELI (2012).

In de wintermaanden komen duizenden vogels uit noordelijke streken naar het IJsselmeergebied om te overwinteren. Deze vogels komen vooral af op de grote aantallen schelpdieren die op de bodem leven (voornamelijk driehoeksmosselen), de waterplanten die in de ondiepe delen groeien (fonteinkruiden en kranswieren) en de vissen. Vogelsoorten waarvan een belangrijk deel van de Europese populatie hier voorkomt, zijn de toppereend en de kuifeend die van schelpdieren leven, de zwarte stern, het visdiefje en de aalscholver die vissen eten en de kleine zwaan die fonteinkruiden eet.

Daarnaast bevat het IJsselmeergebied ook buitendijkse natuur die een belangrijke functie hebben als broedgebied voor moerasvogels en als slaap-, rust en ruigebied voor veel vogelsoorten. Delen van het IJsselmeergebied zijn aangewezen voor de planten die er voorkomen. Bij de Makkumerwaard (voor de kust van Friesland) komen trilvenen voor, een zeldzaam vegetatietype en beschermd in het Natura 2000-beleid.

De kwaliteit van het oppervlaktewater is volgens de beoordeling van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) onvoldoende ('matig'). De KRW kwaliteit is bij de meeste meren onvoldoende door teveel algen en te weinig waterplanten, en teveel voedingsstoffen stikstof en fosfor. Voor de KRW is het doel om maximaal in 2027 een goede kwaliteit te hebben. Specifiek voor de trekkende vissen is het IJsselmeer van belang als verbinding tussen de Waddenzee en de rivieren of polderwateren. Nederland heeft internationale afspraken gemaakt over vismigratie voor de paling (Raad van de Europese Unie, 2007) en voor de Natura 2000-soorten zalm, elft, fint en zeeprick. De vismigratie voor deze soorten moet verbeterd worden en mag niet verder achteruitgaan.

De huidige kwaliteit wordt beperkt door de inrichtingen van de meren. Slechts in een klein deel van het meer komen waterplanten voor en een groot deel van het meer is te diep voor veel vogelsoorten om schelpdieren als voedsel te benutten. Waterplanten zijn belangrijk als paai- en opgroeigebied voor jonge vis. Een achteruitgang van het areaal waterplanten heeft daarom negatieve effecten op de aantallen vogels en op de visstand.

De kwaliteit van het Markermeer wordt bepaald door de opwerveling van het slib. Dit heeft te maken met slibrijke bodem van de Zuiderzee en het gebrek aan natuurlijke bezinking van het opgewervelde slib. Het Markermeer heeft hierdoor een slecht doorzicht, weinig waterplanten en een achteruitgang van het aantal driehoeksmosselen.

Ruimte, economie en overige functies

De provincies van het IJsselmeergebied hebben het economische belang van het IJsselmeergebied laten onderzoeken (zie tabel 2.1). Hierbij is alleen gekeken naar de bedrijfstakken die afhankelijk zijn van waterbeheer, zoals toerisme, recreatie, landbouw, beroepsvaart en beroepsvisserij. Het economische belang van andere bedrijfstakken, zoals de overheid (inclusief waterschappen) en de gezondheidszorg, is buiten beschouwing gelaten.

Vanuit deze optiek is Toerisme en recreatie dan de grootste bedrijfstak van het IJsselmeergebied met 80 duizend banen en een toegevoegde waarde van 1,7 mld euro; dit

komt overeen met 10% van de toegevoegde waarde van toerisme in Nederland. In het IJsselmeergebied is Amsterdam verantwoordelijk voor ruim de helft van toerisme en recreatie. Een belangrijk deel van het toerisme en recreatie in Amsterdam, zoals bezoekers aan het Anne Frankhuis of kunstcollecties, heeft echter nauwelijks een relatie met water en het IJsselmeergebied.

Tabel 2.1 Het economische belang van het IJsselmeergebied samenhangend met waterbeheer, 2010

	Directe werkgelegenheid, banen (x1000)	Directe en indirecte werkgelegenheid, banen (x1000)	Directe toegevoegde waarde, mld euro	Directe toegevoegde waarde % IJsselmeergebied
Toerisme en recreatie	79,1	111,7	1,8	65
w.v. Amsterdam	40,8		0,9	33
rest	38,3		0,9	32
Landbouw	30,9	48,8	0,5	18
Havengebonden industrie	7,6	24,8	0,3	11
Nutsbedrijven	1,7	4,7	0,1	3
Beroepsvaart	2,1	3,1	0,1	2
Beroepsvisserij	0,1	0,2	0,0	0
Delfstoffenwinning	0,1	0,1	0,0	0
Totaal IJsselmeergebied	121,7	193,5	2,7	100
Amsterdam	42,9	63,3	1,0	36
Totaal exclusief Amsterdam	78,7	130,2	1,7	64
Nederland, alle bedrijfstakken	9200,0	9200,0	588,4	
Nederland, toerisme	408,0		17,0	

Bron: IJsselmeer Provincies (2011) en CBS (2012).

Qua economisch belang is landbouw de tweede bedrijfstak in het IJsselmeergebied. Het gaat hier om 30 duizend banen en een toegevoegde waarde van 0,5 mld euro. Dit betreft vooral akkerbouw en tuinbouw rond Enkhuizen, Almere en de Noordoostpolder.

Havengebonden industrie, zoals visverwerking, voeding, chemie en scheepsbouw, zorgt voor 8 duizend banen; indirecte werkgelegenheid bij toeleveranciers meegerekend gaat het om 25 duizend banen.

De drie grootste bedrijfstakken (toerisme en recreatie, landbouw en havengebonden industrie) zijn verantwoordelijk voor 95% van de toegevoegde waarde. In vergelijking met deze drie zijn de overige bedrijfstakken, zoals nutsbedrijven, beroepsvaart, beroepsvisserij en delfstoffenwinning van beperkt belang in termen van werkgelegenheid en directe toegevoegde waarde.

Ondanks een beperkte rol in werkgelegenheid en toegevoegde waarde, speelt de bedrijfstak Nutsbedrijven wel een cruciale rol in de economische ontwikkeling. Het gebied heeft 5 grote elektriciteitscentrales. Voor elektriciteitscentrales is de aanwezigheid van voldoende koelwater van groot belang. Ook is de bedrijfstak natuurlijk belangrijk voor de lokale drinkwatervoorziening.

De beroepsscheepvaart met ruim 2 duizend banen betreft zowel goederen- als personenvervoer. In termen van werkgelegenheid en toegevoegde waarde is het goederenvervoer duidelijk het belangrijkste (ongeveer 2/3).

De beroepsvisserij met 150 banen heeft een zeer beperkte betekenis voor de regionale en plaatselijke economie. Urk is de belangrijkste vissershaven in het gebied.

Om het economische belang van het IJsselmeergebied aan te geven moet niet alleen naar werkgelegenheid en toegevoegde waarde worden gekeken. Het IJsselmeergebied is ook belangrijk voor zandwinning en, misschien in de toekomst, voor delfstoffen. Momenteel wordt 15-20% van de Nederlandse zandbehoefte voor de bouwsector gedekt door zandwinning uit het IJsselmeer. Die vraag zal waarschijnlijk toenemen in de tijd. Onder het IJsselmeer is naar verwachting ook aardgas aanwezig. Door het Rijk is een aantal boorvergunningen verleend voor de exploratie en exploitatie van delfstoffen.

Het IJsselmeergebied is ook belangrijk voor mobiliteit van goederen en personen. In het IJsselmeergebied bevinden zich twee hoofdvaarwegen: Amsterdam-Lemmer en Amsterdam-Kampen. In 2007 passeerden in totaal 36.400 schepen de Stevinssluis en 42.600 schepen de Lorentzsluis in de Afsluitdijk. Ongeveer 90 procent van de schepen die de sluis passeren, bestaat uit recreatievaart.⁹ Deze passages vinden bijna volledig plaats in de maanden mei tot en met september. De extra wachttijd die door de brug ontstaat, wordt geschat op gemiddeld een kwartier per recreatievaartuig bij de Lorentzsluis en ruim twintig minuten bij de Stevinssluis (Hoefsloot en de Pater, 2010, bijlage 2).

Dagelijks rijden ca 19.000 voertuigen over de Afsluitdijk¹⁰, waarvan acht procent vrachtverkeer. Dit groeit naar verwachting naar ca 26.000 voertuigen per dag in 2040. Desondanks worden er geen knelpunten verwacht op de Afsluitdijk. Reistijdverliezen zullen daardoor alleen ontstaan door wachttijden voor openstaande bruggen. De bruggen van de Lorentzsluis worden ongeveer 7.000 keer per jaar geopend, de Stevinssluis 6.000 keer per jaar. Personen die voor een openstaande brug moeten wachten, ondervinden een vertraging van gemiddeld 4,5 minuten. Verder gaan er dagelijks bijna 900 reizigers met het OV (bus) over de Afsluitdijk.

Naast een uitgebreid en vertakt wegennet zijn er ook diverse spoorroutes in het IJsselmeergebied, een nieuwe spoorlijn (Hanzelijn) tussen Lelystad en Zwolle is eind 2012 gereed.

⁹ Voor de recreatievaart is het belangrijk dat de sluis en bruggen 'met staande mast' kunnen worden gepasseerd.

¹⁰ Beschrijving gebaseerd op Hoefsloot en de Pater (2010).

In het gebied zijn naast Schiphol twee kleine regionale vliegvelden (Lelystad, Hilversum) gelegen. Het vliegveld van Lelystad wordt nu voornamelijk gebruikt voor lesvluchten, rondvluchten, vliegtuighuur en speciale zakencharters. Vooral om Schiphol te ontlasten, kan het echter ook een toeristische luchthaven worden, waar in 2020 tussen de 35.000 en 45.000 vliegtuigen kunnen starten of landen.

Het IJsselmeergebied dient ook andere dan bovengenoemde functies, zoals cultuurhistorische waarde, landschappelijke kwaliteit en testterrein voor Defensie. Een deel van het IJsselmeer dient als schietterrein. Op het midden van de Afsluitdijk heeft Defensie een inrichting van waaruit het ballistische gedrag van munitie kan worden getest. De laatste jaren wordt hier slechts enkele dagen per jaar gebruik van gemaakt. In het IJsselmeergebied zijn ook veel voormalige linies, forten en terreinen van archeologische waarde aanwezig. Het gebied bevat diverse zogenaamde Nationale Landschappen, Nederlandse landschappen met een unieke combinatie van cultuurhistorische en natuurlijke elementen.

Het landschap rond de Afsluitdijk kan volgens het PlanMER (Grontmij, 2010, p.8) worden getypeerd met woorden als rust, weidsheid, open horizon en natuurlijkheid, inclusief duisternis. Hoewel de Afsluitdijk wordt beschouwd als icoon en *landmark* (Rijkswaterstaat et al., 2009), is de dijk als geheel geen Rijksmonument. Enkele afzonderlijke onderdelen zijn dat wel. Het gaat ondermeer om de sluiscomplexen¹¹ en het douanegebouw, de grenspaal en het monument met uitzichttoren. Daarnaast staan alle militaire complexen op de lijst van Rijksmonumenten.

2.2 De klimaatscenario's van het KNMI

Het klimaat in Nederland verandert (zie PBL, 2012c). Afgelopen eeuw is de gemiddelde temperatuur in Nederland met 1,7 graden Celsius gestegen en nam het aantal jaarlijkse zomerse dagen met bijna 20 toe. De totale hoeveelheid jaarlijkse neerslag steeg met ongeveer 20 procent en ook de frequentie van hevige regenbuien nam sterk toe. De zeespiegel voor de Nederlandse kust steeg in deze periode met circa 20 centimeter. De wereldgemiddelde zeespiegel stijgt de laatste decennia sneller dan daarvoor, namelijk met ongeveer 3 millimeter per jaar sinds 1993. Bij de Nederlandse kust is een versnelling van de zeespiegelstijging tot op heden niet waargenomen. Deze veranderingen stellen nieuwe eisen aan de Nederlandse waterhuishouding.

Het KNMI heeft voor de ontwikkeling van het klimaat in de komende eeuw vier scenario's geschetst (KNMI, 2006). In elk scenario komen dezelfde kenmerken van de klimaatverandering in Nederland en omgeving naar voren:

- De opwarming zet door, hierdoor komen zachte winters en warme zomers vaker voor.

¹¹ Met uitzondering van de schutsluis van de Stevinssluisen bij Den Oever. Zie voor een complete lijst van rijksmonumenten Grontmij, 2010, Bijlage C.

- De winters worden gemiddeld natter en ook de extreme neerslaghoeveelheden nemen toe.
- De hevigheid van extreme regenbuien in de zomer neemt toe, maar het aantal zomerse regendagen wordt juist minder.
- De berekende veranderingen in het windklimaat zijn klein ten opzichte van de natuurlijke grilligheid.
- De zeespiegel blijft stijgen.

De klimaatscenario's verschillen alleen in de mate waarin deze veranderingen zich zullen voordoen.

Tabel 2.2 Klimaatverandering in Nederland rond 2100 ten opzichte van het basisjaar 1990 volgens de vier KNMI'06 klimaatscenario's (KNMI, 2006). *Het klimaat in het basisjaar 1990 is beschreven met gegevens van 1976 tot en met 2005. Onder "winter" wordt hier verstaan december, januari en februari, "zomer" staat gelijk aan juni, juli en augustus.*

		G	G+	W	W+
Wereldwijde temperatuurstijging in 2050		+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
Wereldwijde temperatuurstijging in 2100		+2°C	+2°C	+4°C	+4°C
Verandering in luchtstromingspatronen in West Europa		nee	ja	nee	ja
Winter					
	gemiddelde temperatuur	+1,8°C	+2,3°C	+3,6°C	+4,6°C
	koudste winterdag per jaar	+2,1°C	+2,9°C	+4,2°C	+5,8°C
	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+7%	+14%	+14%	+28%
	aantal natte dagen (≥0,1 mm)	0%	+2%	0%	+4%
	10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+8%	+12%	+16%	+24%
	hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	-1%	+4%	-2%	+8%
Zomer					
	gemiddelde temperatuur	+1,7°C	+2,8°C	+3,4°C	+5,6°C
	warmste zomerdag per jaar	+2,1°C	+3,8°C	+4,2°C	+7,6°C
	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+6%	-19%	+12%	-38%
	aantal natte dagen (≥0,1 mm)	-3%	-19%	-6%	-38%
	dagsom van de neerslag die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+27%	+10%	+54%	+20%
	potentiële verdamping	+7%	+15%	+14%	+30%
Zeespiegel					
	absolute stijging cm in 2050	15-25	15-25	20-35	20-35
	2100	35-60	35-60	40-85	40-85

G = Gematigd klimaatscenario; G+ = Wat minder gematigd klimaatscenario , W = Warm klimaatscenario en W+ = Meest warme klimaatscenario

We richten ons in de analyse op twee specifieke klimaatscenario's. Omdat we een zo goed mogelijk beeld willen krijgen van de effecten van de projectalternatieven bij alle mogelijke klimaatontwikkelingen, bekijken we een 'laag' en een 'hoog' scenario.

- Als 'laag' scenario gebruiken we de laagste waarden in het meest gematigde scenario (G, 35cm zeespiegelstijging 1990-2100).
- Als 'hoog' scenario gebruiken we de hoogste waarden uit het scenario met de grootste klimaatwijziging (W+, 85 cm zeespiegelstijging 1990-2100).

Zie Tabel 2.2 voor een nadere karakterisering van het G en W+-scenario. Dit betekent in 2100 een stijging van de temperatuur wereldwijd met minimaal 2°C en maximaal 4°C en een stijging van de zeespiegel met minimaal 35 cm en maximaal 85 cm.

In de hydrologische berekeningen van de faalkansen van dijkringdelen, die gebruikt zijn voor het berekenen van de kosten en baten van veiligheid via het CPB-model Dique-Opt, is het KNMI-scenario W+ zo goed mogelijk toegepast. Waar nodig zijn aanvullende vertaalslagen gemaakt, bijvoorbeeld voor de mate waarin de rivierafvoer toeneemt in de winter. Voor de afvoer van de IJssel bij Olst betekent dit een toename met 55% in 2100 en voor de Vecht bij Dalfsen een toename met 33%.

2.3 De resultaten van de eerste fase van het Deltaprogramma

Het Deltaprogramma IJsselmeergebied is een van de negen deelprogramma's van het nationale Deltaprogramma. De deelprogramma's ontwikkelen strategieën om de nationale opgaven op het gebied van waterveiligheid en zoetwater aan te pakken. De gebiedgerichte deelprogramma's, zoals het Deltaprogramma IJsselmeergebied, leggen de verbinding met regionale opgaven en gewenste ruimtelijke ontwikkelingen.

In de eerste fase van het Deltaprogramma is de opgave op het gebied van waterveiligheid en zoetwater en de samenhang met de ruimtelijke en economische ontwikkeling nader geanalyseerd. Een belangrijke algemene conclusie was dat het huidige watersysteem te weinig flexibel is om in te spelen op de veranderende omstandigheden. Het vergroten van de flexibiliteit van het Nederlandse watersysteem moet dan ook een belangrijk onderdeel worden van de toekomstige strategieën. In het kader van de eerste fase van het deelprogramma Zoetwater is voorlopig geconcludeerd dat de toenemende vraag naar zoet water uit het IJsselmeergebied bij sterke klimaatverandering vooral uit het huidige voorzieningsgebied komt. Het omgaan met deze zoetwateropgave zou dan vooral een opgave voor de samenwerkingspartners in het Deltaprogramma IJsselmeergebied zijn. Binnen het Deltaprogramma Zoetwater wordt dit nader onderzocht door 5 strategieën uit te werken voor de toekomstige zoetwatervraag. De totale vraag naar zoetwater is daarbij nog niet in beeld. Bij het bepalen van kansrijke strategieën is nadrukkelijk sprake van tweerichtingsverkeer tussen het Deltaprogramma Zoetwater en het Deltaprogramma IJsselmeergebied: de mogelijkheden en onmogelijkheden van het IJsselmeergebied zullen een prominente rol in de strategieontwikkeling van het Deltaprogramma Zoetwater en omgekeerd.

De eerste fase voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied leverde een globaal beeld op van de gevolgen van een ander peilbeheer voor het IJsselmeergebied. Belangrijkste conclusies waren hierbij de volgende:

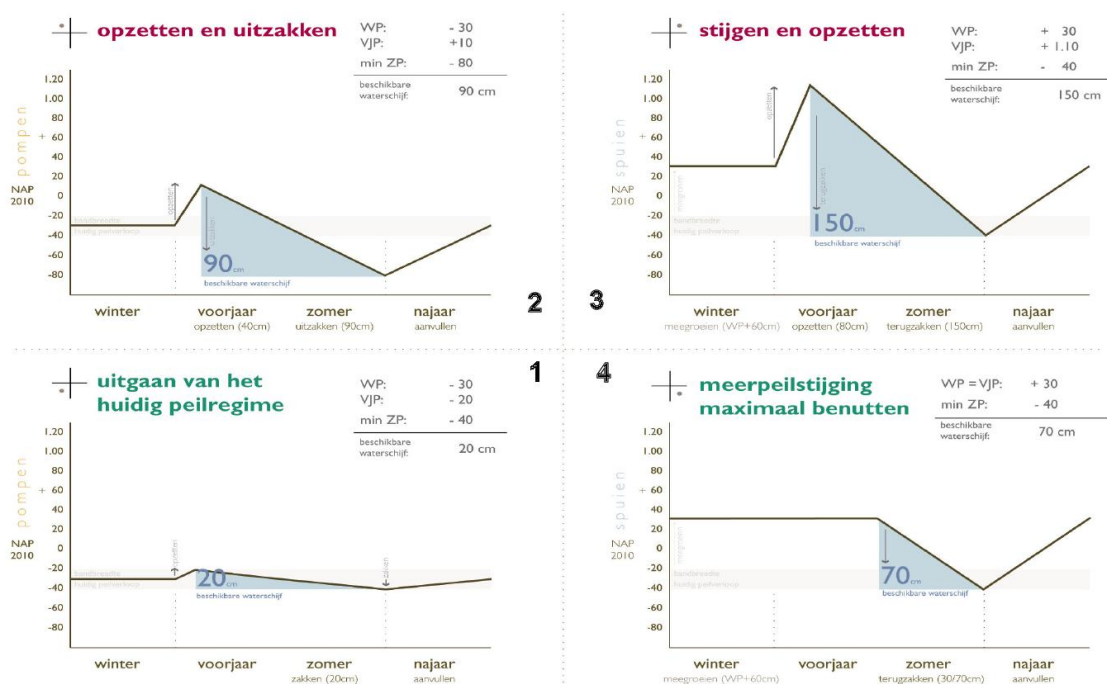
- Ten eerste, de komst van de Afsluitdijk in 1933 heeft grote invloed gehad op het IJsselmeergebied. Het heeft de veiligheid sterk verbeterd en ook een belangrijke zoetwatervoorraad gecreëerd. Dit gereguleerde peil heeft in belangrijke mate bijgedragen aan recreatie, natuur en visserij. De afgelopen tachtig jaar heeft de

ruimtelijke inrichting zich aangepast aan het huidige waterpeil. Kleine veranderingen in het waterpeil kunnen daarom grote gevolgen hebben voor veiligheid, regionaal waterbeheer, gebruiksfuncties en natuur.

- Ten tweede, de IJssel-Vechtdelta met de historische stadskernen van Kampen, Zwolle en Deventer kent een opeenstapeling van opgaven. Dit gebied is gevoelig voor verandering in het waterpeil van het IJsselmeer en de afvoer van de IJssel en het regionale watersysteem.
- Tot slot ten derde, aanpassingen in het waterpeil voor zoetwater en veiligheid is waarschijnlijk pas over enkele tientallen jaren aan de orde. Op korte termijn is vooral behoefte aan meer flexibiliteit in het watersysteem, om de waterbuffer zo nodig te kunnen vergroten zonder opties voor de toekomst af te sluiten.

In het kader van de eerste fase van het Deltaprogramma IJsselmeergebied zijn ook vier strategieën gedefinieerd die gezamenlijk de hoekpunten van het speelveld voor waterveiligheid en zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied in kaart brengen. Het meest in het oogspringend van deze strategieën zijn de veranderingen van de meerpeilen in de voorjaar/zomer (hierna veelal : zomer genaamd) en najaar/winter (winter) ten opzichte van de huidige situatie en de mogelijk fluctuatie in de zomermaanden.

Figuur 2.3 **Overzicht van meerpeilen voor het IJsselmeer in de vier strategieën**



De verschillende strategieën omvatten echter meer elementen dan alleen deze beoogde variabele meerpeilen voor het IJsselmeer. De 'linkse' strategieën (zie Figuur 2.3, linker boven- en onderhoek, 1 en 2 genaamd) kiezen voor het gebruik van pompen voor het beheersen van het IJsselmeerpeil, terwijl de 'rechtse' strategieën (3 en 4 genaamd) kiezen om te blijven spuien.

Daarnaast verschillen de vier strategieën in de keuze die men maakt voor het Markermeer en de Veluwemeren. In alle vier de strategieën wordt het winterpeil gelijk gehouden aan de huidige streefpeilen voor de winter. Welk maximaal voorjaarspeil men wil nastreven in beide meren en welke minimaal zomerpeil wordt toegelaten verschilt per scenario.

2.4 Andere relevante inzichten

De kosten-baten analyse voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied is een vervolg op twee studies van het CPB: een kosteneffectiviteitsanalyse voor de toekomstige inrichting van de Afsluitdijk (KEA Afsluitdijk, Grevers en Zwaneveld, 2011) en een nog lopend onderzoek naar de maatschappelijke kosten-batenanalyse naar optimale veiligheidsnormen voor de Afsluitdijk en de dijken rond het IJsselmeer en het Markermeer (KBA Norm IJsselmeergebied, Zwaneveld en Verweij, 2012). Waar mogelijk wordt in deze studie gebruik gemaakt van de eerder verkregen inzichten en gegevens. Het model (Dique-Opt) dat is ontwikkeld voor de KBA Norm IJsselmeergebied zal ook worden ingezet. Tabel 2.4 laat zien dat deze studies zelf weer voortbouwen op eerdere Nederlandse studies op het gebied van waterveiligheid, zoals de Deltares-studie Waterveiligheid 21e eeuw.

Daarnaast speelt het volgende. Om aan de huidige wettelijke veiligheidsnormen te voldoen moeten de huidige kunstwerken voor het waterbeheer bij de Afsluitdijk grondig worden gerenoveerd. Daarnaast is uitbreiding van de capaciteit voor waterafvoer bij de huidige streefpeilen dringend noodzakelijk. De investeringen die komende decennia worden gedaan rond de Afsluitdijk zijn bepalend voor de 'startsituatie' waarmee het Deltaprogramma IJsselmeergebied wordt geconfronteerd. Idealiter zouden deze korte termijn investeringsbeslissingen rond de Afsluitdijk in samenhang worden genomen met de investeringen vanuit het lange termijn perspectief van het Deltaprogramma IJsselmeergebied.

Ook bij de IJsselmeerdijken en de andere kunstwerken rond het IJsselmeergebied is sprake van achterstallig onderhoud. Het kan daarom zeer kostenefficiënt zijn om eventuele nieuwe investeringen in kunstwerken en dijken te combineren met het aanpakken van achterstallig onderhoud.

Tabel 2.4 Mijlpalen in een halve eeuw kosten-batenanalyse waterveiligheid in Nederland

Jaar	Studie	Methode	Conclusie/toepassing
1954	Tinbergen (CPB), De economische balans van het Deltaplan	Eerste Nederlandse kosten-baten analyse op het gebied van water. De prijs van veiligheid is restpost.	De prijs van 1,1 miljard gulden voor het Deltaplan lijkt niet te hoog, want komt overeen met alleen de materiële schade bij de watersnoodramp van 1953.
1956	Van Dantzig (Universiteit van Amsterdam), Economic decision problems for flood prevention	Vaste optimale faalkansen hangen af van kosten investering en verwachte economische schade.	Het waterveiligheidsprobleem wordt voor het eerst gevat in een wiskundig-economisch model.
1960	Van Dantzig en Kriens (UvA), Het economische beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloed.	Methode van Dantzig	Methode toegepast voor dijkkring Centraal Holland en nadere analyse Deltaplan. Deze studie speelde een belangrijke rol bij het vaststellen van veiligheidsnormen van dijkkringen.
2000	Stolwijk en Verrips (CPB), Ruimte voor water; kosten en baten van zes projecten en enige alternatieven	Kosten-batenanalyse van zes projecten; diverse niet-monetaire kosten en baten, zoals kans op slachtoffers, biodiversiteit, kwaliteit van landschap en sociale gevolgen	Oplossing van waterproblemen niet alleen door technische maatregelen als versterking dijken en aanpassing kunstwerken, maar ook door ruimtelijke oplossingen, zoals het aanwijzen van overloopgebieden.
2005	Eijgenraam (CPB), Veiligheid tegen overstromen - Kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier	Methode van Dantzig verbeterd: optimale faalkansen hangen af van economische groei en zijn dus niet vast.	Methode toegepast voor alle dijken in het boven- en benedenrivierengebied. Methode geschikt voor 'op zichzelf staande' dijkkringen.
2010	Deltares, Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw (WV21)	Methode Eijgenraam aangepast (zie Brekelmans et al., 2011) en toegepast op alle 'op zichzelf staande' dijkkringen in Nederland met faalkansen, economische schade en kostenfuncties	Conclusie: in meest dichtbevolkte delen is het efficiënt de normen vóór 2050 te verhogen; maar de aanbeveling van de Commissie Veerman om overall de veiligheidsnormen met factor 10 te verhogen, is niet efficiënt.
2011	Grevers en Zwaneveld (CPB), Een kosten-effectiviteitsanalyse naar de toekomstige inrichting van de Afsluitdijk	Kosten-effectiviteitsanalyse inclusief natuurrpnten en analyse kosten pompen en/of spuien	Pompen levert waarschijnlijk extra veiligheidsbaten op ten opzichte van spuien. De veiligheid van de Afsluitdijk heeft invloed op de veiligheid van dijken rond het IJsselmeer en Markermeer.
2012	Zwaneveld en Verweij (CPB), Kosten-baten analyse optimale normen IJsselmeergebied	Nieuw ontwikkelde methode met onderlinge afhankelijkheid van faalkansen van dijken op basis van update van informatie uit WV21.	Groot verschil in veiligheid tussen pompen en spuien. In aanvulling op de enkele faalkansen uit eerdere studies nog 6 additionele faalkansen onderscheiden en gekwantificeerd. Nieuwe welvaartseconomisch optimale normen voor het gehele IJsselmeergebied.

3 Opties vergroting zoetwaterbuffer op korte termijn

3.1 De korte termijn projectalternatieven

In de korte termijn projectalternatieven wordt de zoetwaterbuffer tot 2025 op drie verschillende manieren vergroot in het IJsselmeer en Markermeer:

- K.1 Aanpassen inlaatpunten om de effectieve waterschijf te vergroten van 10 naar 20 cm;
- K.2 Als K.1 maar ook beperkte extra opzet (10 cm) op het voorjaarspeil; dit vergroot de waterschijf naar 30 cm;
- K.3 Als K.1 maar ook beperkt extra uitzakken (10 cm) in de zomer; ook dit is een optie om de waterschijf te vergroten naar 30 cm.

Dit gebeurt op identieke wijze in beide klimaatscenario's. De Veluwerandmeren zorgen voor ruwweg 5% van de zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied. Gelet op dit relatief geringe belang van de Veluwerandmeren voor de zoetwaterbuffer blijven deze in de projectalternatieven buiten beschouwing¹².

Het voorjaarsstreefpeil en het zomerstreefpeil zijn bepalend voor de zoetwaterbuffer. Het voorjaarsstreefpeil in het IJsselmeer¹³ en het Markermeer¹⁴ is momenteel NAP-0,20 m en het zomerstreefpeil is NAP-0,40 m (tevens: winterstreefpeil). De theoretisch beschikbare waterschijf van 20 cm kan momenteel niet volledig worden benut. Door op een aantal plaatsen inlaatpunten aan te passen wordt de effectieve waterschijf 20 cm.

Vervolgens kan de waterschijf met 10 cm worden vergroot door 10 cm extra opzetten op het voorjaarspeil (K.2). Een andere optie om de zoetwatervoorraad te vergroten is 10 cm extra uitzakken van het minimum zomerpeil (K.3). Zowel het IJsselmeer als het Markermeer worden in de berekening en presentatie apart getoond.

Het nulalternatief (K.0) is tot 2025 niet de zoetwaterbuffer in het IJsselmeer of Markermeer te vergroten. De inlaatpunten worden niet aangepast en ook wordt niet beperkt extra opgezet of uitgezakt.

Algemeen uitgangspunt bij de kostenramingen in deze kosteneffectiviteitanalyse is dat de dijkkringdelen in 2025 aan de wettelijke veiligheidsnormen voldoen. De uitgaven voor achterstallig onderhoud blijven daarom buiten beschouwing. Hetzelfde geldt voor de

¹² De waterpeilen in de Veluwerandmeren wijken af van de overige meren. Het gemiddelde winterpeil is in de Veluwerandmeren ook NAP -30 cm (winterstreefpeil: NAP -40 cm); het zomerstreefpeil is de hele zomer NAP -5 cm.

¹³ Dit betreft het peilgebied IJsselmeer. Dit bestaat uit het IJsselmeer en de IJssel-Vechtdelta voorzover dat in directe verbinding staat met het IJsselmeer.

¹⁴ Dit betreft het peilgebied Markermeer. Dit bestaat uit het Markermeer, IJmeer, Gooimeer en Eemmeer.

uitgaven voor reguliere vervanging en onderhoud van dijken en kunstwerken buiten beschouwing blijven. In zowel de projectalternatieven als het nulalternatief wordt verondersteld dat:

- De voorkeursbeslissing Afsluitdijk van 23 december 2012 wordt uitgevoerd. Deze beslissing is bekrachtigd in een bestuursakkoord van het rijk met de betrokken decentrale overheden. Dit betekent versterking van het dijklichaam volgens het principe van een overslagbestendige dijk met een groene uitstraling (lees: gras) en renovatie van de kunstwerken (spui- en schutsluizen in Kornwerderzand en Den Oever)¹⁵. Hiervoor heeft het rijk 0,6 mld euro beschikbaar gesteld. We gaan ervan uit dat deze aanpassingen in 2020 gereed zijn.
- Om bij een toekomstige zeespiegelstijging en verhoogde rivierafvoer voldoende water te kunnen afvoeren wordt extra spuicapaciteit of pomp geïnstalleerd, bijv. bij Den Oever. Verondersteld wordt dat dit in 2020 gereed is. In het MIRT Projectenboek 2012 staat hiervoor een budget van 0,2 mld euro gereserveerd.
- Het Hoogwaterbeschermingsprogramma 2 in 2020 volledig is uitgevoerd. Dit betekent dat dan geen sprake meer is van achterstallig onderhoud aan dijken en kunstwerken. Hiervoor is momenteel een budget van 3,1 mld euro beschikbaar. Misschien is dit budget te krap. We gaan ervan uit dat dit realisatie van het programma in 2020 niet in de weg staat.
- In september 2011 zijn de resultaten van de derde toetsing van de primaire waterkeringen bekend geworden. Hieruit bleek dat ook bij een deel van de primaire waterkeringen en kunstwerken dat niet in het Hoogwaterbeschermingsprogramma 2 was opgenomen toch sprake was van achterstallig onderhoud. We gaan ervan uit dat dit achterstallige onderhoud tot 2025 nog niet wordt weggewerkt, maar daarna wel. Dit betekent dat vanaf dat moment projectalternatieven eventueel mee kunnen liften met deze grote investeringen voor achterstallig onderhoud.
- Het programma Ruimte voor de rivier in 2015 of in ieder geval voor 2020 volledig is uitgevoerd (budget 2,2 mld euro). In dit programma worden onder meer de veiligheid en waterafvoer in de IJssel-Vechtdelta verbeterd en dijken en kunstwerken aangepast. Ook is gebied gereserveerd voor maatregelen na 2015, zoals hoogwatergeulen bij Zutphen, Deventer en Kampen en dijkverlegging bij Noorddiep.
- Bij een gemiddelde Rijnaanvoer wordt tweederde afgevoerd via de Waal, tweekende via de Nederrijn en eennegende via de IJssel. Het aanbod aan zoetwater in het IJsselmeergebied kan dus eventueel worden vergroot door aanpassing van deze verdeling; dit gaat dan natuurlijk wel ten koste van de zoetwater toevoer via de Waal of de Nederrijn (of vice versa). We gaan ervan uit dat deze verdeling niet wordt veranderd. Verandering van de aanvoer via de IJssel heeft niet alleen direct grote invloed op het aanbod van zoetwater in het IJsselmeergebied, maar ook op natuur,

¹⁵ Dit komt vrijwel volledig overeen met het basisalternatief uit de Kosteneffectiviteitanalyse voor de Afsluitdijk (Grevers en Zwaneveld, 2011).

ruimte en economie in de IJssel-Vechtdelta en mogelijk zelfs de Zuid-Westelijke Delta. In deze KBA blijft dit buiten beschouwing.

Aangezien deze veronderstellingen identiek zijn voor de projectalternatieven en het nulalternatief, zijn deze niet relevant voor de vergelijking van de alternatieven. Wel zijn deze veronderstellingen van belang voor een goed begrip van de alternatieven afzonderlijk.

De analyse van projectalternatieven bestaat uit drie delen:

- Effecten, maatregelen, kosten en baten samenhangend met veiligheid;
- Overige effecten, maatregelen, kosten en baten;
- Aparte analyse van effecten op natuur in termen van natuurlandpunten en conflicten met wettelijke beschermingsnormen.

Het deel samenhangend met veiligheid wordt geanalyseerd op basis van het CPB-model Dique-Opt (zie paragraaf 4.2). Voor de korte termijn projectalternatieven is dit model niet relevant, omdat bij deze alternatieven de peilhoogte slechts zeer beperkt wordt aangepast en er dus geen gevolgen voor veiligheid zijn; voorwaarde is hierbij wel dat deze opzet (ruim) vóór de winter weer is teruggedraaid. De analyse van de overige effecten, maatregelen en kosten wordt grotendeels gedaan uitgaande van de peilthermometer met omslagpunten per functie.

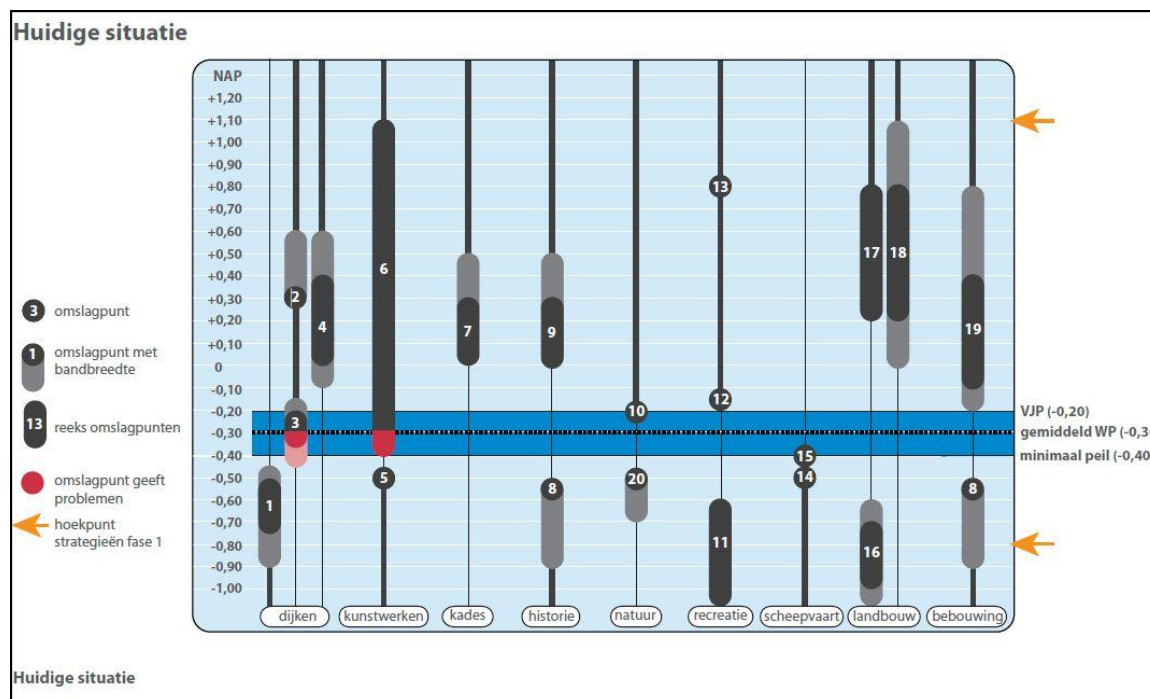
3.2 Korte termijn effecten, maatregelen en kosten via de peilthermometer

In deze paragraaf zal eerst een algemene toelichting worden gegeven op de meting van de kosten via de peilthermometer. Daarna zullen de resultaten voor de drie projectalternatieven voor de korte termijn worden besproken.

De peilthermometer

De peilthermometer (zie figuur 3.2) is door Acacia Water ontwikkeld op verzoek van het Deltaprogramma IJsselmeergebied (zie Tolk en van Staveren, 2012). Het laat voor het IJsselmeergebied zien bij welk niveau van voorjaars-, winter- of zomerpeil een omslagpunt wordt bereikt voor 19 typen ruimtegebruik, zoals dijken, natuur, scheepvaart en landbouw. De omslagpunten zijn als genummerde zwarte bollen of stroken weergegeven. In sommige gevallen is een grijze balk toegevoegd aan het omslagpunt. Dit geeft aan dat er onzekerheid is over de precieze locatie van het omslagpunt. Meestal betekent dit dat er op dat specifieke punt onvoldoende informatie of kennis beschikbaar is. De peilthermometer bundelt en visualiseert de bestaande harde en zachte kennis over de effecten van meerpeilverandering in het IJsselmeergebied.

Figuur 3.2 De peilthermometer met omslagpunten uitgaande van de huidige situatie



Ten behoeve van de kosten-batenanalyse Deltaprogramma IJsselmeergebied is voor alle korte en lange termijn projectalternatieven een inventarisatie gemaakt van de relevante omslagpunten; als het peil stijgt voorbij een omslagpunt moeten maatregelen worden genomen om de functie in zijn huidige vorm te continueren. Bij de inventarisatie van omslagpunten bleven de functies die al worden geraamd via het model Dique-Opt, zoals aanpassing dijken en kunstwerken vanwege veiligheid, buiten beschouwing. Vervolgens zijn per omslagpunt op een grove en snelle manier maatregelen gedefinieerd. Belangrijke eisen waren hierbij dat de maatregelen functioneel moeten zijn en ook eenvoudig te interpreteren en te kwantificeren; per omslagpunt is maximaal voor één soort maatregel gekozen. Complexe oplossingen en tijdrovend maatwerk op basis van de specifieke lokale situatie vielen daarom af als maatregelen. Doel was om in korte tijd een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de kosten van de verschillende projectalternatieven. Waar nodig is de beschikbare informatie en kennis daarom aangevuld met eenvoudige aannames. In Staveren (2012) staat een uitgebreid overzicht van de gebruikte informatie en aannames.

Maatregelen volgens de peilthermometer en kosten-batenanalyse

Vanuit de optiek van kosten-batenanalyse moeten bij het in kaart brengen van de kosten van de verschillende projectalternatieven de meest kostenefficiënte maatregelen worden gekozen; voor veiligheid wordt op basis van een wiskundig-economisch model het optimale investeringspatroon bepaald (zie paragraaf 4.2). In de aanpak van de peilthermometer worden in principe maatregelen gekozen die schade voorkomen. Soms is echter het accepteren van schade, bijvoorbeeld bij de landbouw of scheepvaart, met eventueel een bijbehorende vergoeding van de overheid, een goedkopere optie.

Bij het bepalen van deze schade voor maatschappelijke kosten-batenanalyse moet worden rekening gehouden met substitutiemogelijkheden, zowel binnen als buiten het IJsselmeergebied. Als bijvoorbeeld vanwege droogte recreatievaart tijdelijk niet mogelijk is op delen van het IJsselmeergebied kan worden uitgeweken naar recreatievaart op andere plekken of naar geheel andere recreatieactiviteiten. Het verschil in waardering van consumenten met dergelijke alternatieve opties is de waarde die moet worden meegenomen als maatschappelijke kosten voor recreatievaart vanwege droogte. Als verzilting verbouw van bepaalde gewassen steeds moeilijker maakt, kan de landbouw geleidelijk overgaan op gewassen die beter tegen verzilting kunnen of kunnen andere economische activiteiten op dezelfde grond worden ontwikkeld. Het verschil in netto opbrengst met dergelijke alternatieve opties is de waarde die moet worden meegenomen als schade voor landbouw vanwege verzilting.

Ook bij maatregelen om natuurschade te voorkomen, kan er worden gekozen om die maatregelen niet op te nemen en dan dus de natuurschade 'te accepteren'. Welke van beide mogelijkheden, compenserende of beschermende maatregelen nemen of natuurschade accepteren, het meest welvaartsoptimaal is, valt vooraf niet eenduidig te bepalen.

De kosten van maatregelen om schade te voorkomen zijn veelal uitgaven van de overheid. Dit hoeft echter altijd niet gelijk te zijn aan de maatschappelijke kosten. De aankoop van grond betekent een verschuiving van bezittingen en komt eigenlijk slechts neer op een verandering van de samenstelling van het bezit van koper en verkoper. De bezittingen van de overheid nemen toe met de waarde van grond, maar daartegenover staat een toename van de overheidsschuld. Bij de verkopende partij is de situatie omgekeerd. In het geval van aankoop van landbouwgrond zijn de maatschappelijke kosten minimaal gelijk aan de netto contante waarde van de gemiste netto opbrengsten uit landbouw en dit is veelal lager dan de aankoopwaarde. Daarnaast spelen vaak echter ook nog andere kosten een rol, zoals de economische en emotionele kosten van bedrijfsbeëindiging en aankoop van opstallen. In deze kosteneffectiviteitanalyse wordt verondersteld dat de aankoopwaarde van landbouwgrond een goede benadering is van de totale maatschappelijke kosten.

In een maatschappelijke kosten-baten analyse moeten behalve kosten ook zoveel mogelijk relevante baten in kaart worden gebracht. In deze kosteneffectiviteitanalyse blijft de aandacht voor baten beperkt tot het kwantificeren van de extra zoetwaterbuffer, minder verwachte schade door extra veiligheid (dit wordt meegenomen onder de kosten) en verbeteringen in de natuur. In principe kunnen in de verschillende projectalternatieven ook andere baten relevant zijn, zoals baten voor scheepvaart en recreatie.

De peilthermometer richt zich echter op omslagpunten die bepaalde typen ruimtegebruik schade toebrengen; mogelijke baten buiten de range van het omslagpunt blijven daarmee buiten beeld. Deze baten betreffen vaak zogenaamde meekoppelkansen. Hierbij moet vooral gedacht worden aan synergievoordelen tussen investeringen in dijkversterking of natuurcompensatie en ruimtelijk-economische ontwikkeling, zoals die van scheepvaart en recreatie, bijvoorbeeld watersport, natuurtoerisme, sportvissen en vakantieparken. Goede afstemming van diverse soorten publieke en private investeringen zou kunnen leiden tot

grote besparingen en tot extra kansen voor ruimtelijk-economische ontwikkeling. In de praktijk blijken dergelijke besparingen vaak tegen te vallen, omdat het een grote mate van afstemming van investeringsbeslissingen en onderhoud vereist. In deze kosten-batenanalyse blijven deze overige effecten buiten beschouwing. Mede op basis van de korte gebiedsschets uit hoofdstuk 2 wordt verwacht dat deze overige effecten een marginale invloed zullen hebben op het totale saldo van kosten (en baten).

Resultaten voor de korte termijn projectalternatieven

Tabel 3.2a geeft voor de korte termijn projectalternatieven de relevante omslagpunten, de gekozen maatregelen en een kwantificering van deze maatregelen. Een uitgebreide toelichting hierop is te vinden in Tolk en van Staveren (2012b). Deze kwantificering is vervolgens gebruikt om de kosten van de maatregelen te rammen (zie tabel 3.2b). Ook bij deze raming is gebruik gemaakt van kengetallen en diverse aannames. Als in de kwantificering van maatregelen een bandbreedte wordt aangegeven, dan wordt in de kostenraming uitgegaan van het gemiddelde van deze bandbreedte. De kostenraming op basis van de peilthermometer wordt nader toegelicht in van den Brink (2012).

Voor een goede interpretatie van de maatregelen en kostenramingen in tabellen 3.2a en 3.2b is het volgende van belang:

- Bij de bescherming van de buitendijkse gebieden tegen peilstijging worden twee varianten voor natuurcompensatie onderscheiden. Voor natuur zijn de ondiepe delen van het IJsselmeer en Markermeer van groot belang. In de eerste variant wordt de verloren ondiepte tot 100 cm beschermd door het opspuiten van grond. In de tweede variant wordt landbouwgrond aangekocht en wordt op deze wijze evenveel ondiepte teruggegeven aan de natuur. Bij de kosten van deze tweede variant blijven eventuele inrichtingskosten buiten beschouwing. In beide varianten wordt de rest van het bebouwde en onbebouwde buitendijkse gebied beschermd tegen peilstijging door verhoging van kades en keringen.
- De maatregelen hebben een worst case karakter, omdat verondersteld wordt dat alle negatieve effecten moeten worden beschermd of gecompenseerd. In de praktijk is het vaak goedkoper en verstandiger om niet alles te beschermen of te compenseren.

Tabel 3.2a Effecten en maatregelen op basis van de peilthermometer, korte termijn opties om zoetwaterbuffer te vergroten

Omslagpunt	Maatregelen	K.1	K.1	K.2	K.2	K.3	K.3
		IJM	MM	IJM	MM	IJM	MM
Macrostabiliteit dijk; gevaar voor buitendijks afschuiven en zetting in het dijklichaam	Talud verflauwen, km	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	0-4	0-8
Gemalen kunnen niet meer of onvoldoende uitmalen op de meren	Aanpassen opvoerhoogte, aantal gemalen	0	0	3-9	0	0	0
Inlaatpunten voldoen niet meer bij laag zomerpeil	Inlaatgemaal aanleggen, aantal gemalen & capaciteit	1 x 10 m ³ /s	0	1 x 10 m ³ /s	0	0	1 x 10 m ³ /s + 1 x 5 m ³ /s
Recreatiestranden en ligweiden overstroomd door opzetten meerpeil	Suppleren, m ³	0	0	25000	25000	0	0
Drempelhoogte van de schutsluizen te hoog, hinder voor de scheepvaart bij laag zomerpeil	Drempelhoogte aanpassen, aantal schutsluizen	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	0	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: risico's voor de landbouw	Drainage verdichten, strekkende km	0	0	5	10	0	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: toename uitmaalhoeveelheden	Gemaal aanleggen /capaciteit vergroten	0	0	15000 m ³ /s	5000 m ³ /s	0	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename zoute kwel: risico's voor de landbouw	Dieper draineren, strekkende km	0	0	5	0	0	0
Variant 1. Natuurwaarden onder druk door peilopzet	Herstellen dieptezones door zandsuppletie, M m ³	0	0	0,3	0,1	0	0
Variant 2. Natuurwaarden onder druk door peilopzet	Opkopen landbouwgrond, ha	0	0	500	200	0	0

K.1 = Verbeteren inlaatpunten, K.2 = Beperkte voorjaarsopzet en K.3 = Beperkt uitzakken in de zomer, IJM = IJsselmeer en IJssel- en VechtDelta, MM = Markermeer, n.v.t. = niet van toepassing

Tabel 3.2b Kosten van maatregelen op basis van de peilthermometer, korte termijn projectalternatieven om zoetwaterbuffer te vergroten (K.1, K.2 en K.3), mln euro, contante waarde in 2020 (discontovoet van 5,5% per jaar) en nominale waarde, prijzen 2009.

Maatregel	K.1	K.1	K.2	K.2	K.3	K.3
	IJM	MM	IJM	MM	IJM	MM
	contante waarde					
Macrostabieleit dijk; gevaar voor buitendijks afschuiven en zetting in het dijklichaam	0	0	0	0	21	41
Gemalen kunnen niet meer of onvoldoende uitmalen op de meren	0	0	5	0	0	0
Inlaatpunten voldoen niet meer bij laag zomerpeil	6	0	5	0	0	9
Recreatiestranden en ligweiden overstroomd door opzetten meerpeil, suppleren	0	0	0,3	0,3	0	0
Drempelhoogte van de schutsluizen te hoog, hinder voor de scheepvaart bij laag zomerpeil	0	0	0	0	0	0
Peilstijgen leidt lokaal tot toename kwel: risico's voor de landbouw, drainage verdichten	0	0	0,0	0,0	0	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: toename uitmaalhoeveelheden	0	0	0,5	0,2	0	0
Natuurcompensatie door zandsuppletie (variant 1)	0	0	3,2	1,2	0	0
Natuurcompensatie door opkopen landbouwgrond (variant 2)	0	0	36	17	0	0
Totaal met natuurcompensatie zandsuppletie (variant 1)	6	0	14	2	21	50
Totaal met natuurcompensatie opkopen landbouwgrond (variant 2)	6	0	47	18	21	50
	nominale waarde					
Totaal met natuurcompensatie zandsuppletie (variant 1)	8	0	22	3	31	74
Totaal met natuurcompensatie opkopen landbouwgrond (variant 2)	8	0	74	24	31	74

K.1 = Verbeteren inlaatpunten, K.2 = Beperkte voorjaarsopzet en K.3 = Beperkt uitzakken in de zomer, IJM = IJsselmeer en IJssel- en Vecht-Delta, MM = Markermeer

- Bij de kostenramingen blijven synergie-effecten tussen investeringen voor verschillende maatregelen of met investeringen vanwege achterstallig onderhoud buiten beschouwing. Dit kan soms een ander beeld geven. Ook meekoppelkansen met publieke en private investeringen, zoals op het gebied van recreatie, zijn niet meegenomen. Overigens blijken in de praktijk dergelijke meekoppelkansen -vanwege de grote mate van afstemming die is vereist tussen alle betrokken partijen- vaak weerbarstig te zijn in termen van kosten en tijdsplanning van investeringen.
- Meer maatwerk bij de keuze van maatregelen en de raming van kosten kan voordelen opleveren, maar kan -zeker als meer complexe oplossingen worden gekozen- ook tot substantieel hogere kosten leiden.

Sommige ramingen hebben een relatief grote onzekerheidsmarge. Dit geldt hier vooral voor de gevolgen bij uitzakken (K.3).

De huidige zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied is afgerond 200 miljoen m³, waarbij ruwweg 120 M m³ het IJsselmeer betreft en 80 M m³ het Markermeer. Tabel 3.2b vergelijkt de kosten van de drie verschillende opties om deze zoetwaterbuffer op korte termijn te vergroten. De belangrijkste conclusies op basis van deze tabel zijn:

- De belangrijkste kostenposten zijn macro-stabiliteit van de dijk bij beperkt uitzakken (K.3: 21 en 41 miljoen euro in contante waarde voor respectievelijk IJsselmeer en Markermeer), de natuurcompensatie bij beperkte peilopzet (K.2) en de kosten vanwege aanpassen gemalen of inlaatpunten (5 miljoen euro); de overige maatregelen leveren voor alle drie projectalternatieven kosten van 1 miljoen euro of minder op.
- De natuurcompensatie door zandsuppletie is bij beperkte peilopzet aanzienlijk goedkoper dan compensatie door opkopen van landbouwgrond.

3.3 Korte termijn effecten op natuur met en zonder compensatie

In deze paragraaf zal eerst een algemene toelichting worden gegeven op de meting van effecten op natuur in deze kosteneffectiviteitanalyse. Daarna zal worden ingegaan op de korte termijn effecten.

Effecten op natuur met en zonder compensatie

In deze kosteneffectiviteitanalyse worden effecten op natuur op twee manieren gemeten:

- Verandering in natuurpunten, d.w.z. een gemiddelde van de ontwikkeling van verschillende ecotopen;
- Verandering in risico's op het halen van wettelijke beleidsdoelen, zoals Natura 2000; hierbij worden negatieve ontwikkelingen per beleidsdoel benadrukt en deze kunnen -in tegenstelling tot de natuurpunten-systematiek- niet worden gecompenseerd door positieve ontwikkelingen bij andere ecotopen.

In beide gevallen gaat het om de effecten zonder dat enige bescherming van natuur of compensatie voor natuurverlies heeft plaatsgevonden. In de kosten van de verschillende projectalternatieven worden echter de kosten voor natuurcompensatie bij peilstijging meegenomen (zie paragraaf 3.2). Hierbij worden twee simpele alternatieven onderscheiden: beschermen van de ondiepe zones tot 100 cm door opspuiten van zand en compenseren door aankoop van landbouwgrond. Over het algemeen kunnen (natte) oevervegetaties opnieuw worden aangelegd. Dit geldt echter niet voor de trilvenen van de Makkumerwaard, waarvan het verlies bij hoge peilopzet veel moeilijker is te compenseren; bescherming, bijv. door zandsuppletie, verdient dan de voorkeur. Door dergelijke beschermende of compenserende maatregelen zullen de negatieve effecten op natuur door peilstijging gering of geheel afwezig zijn.

Bij eventuele negatieve effecten door uitzakken zijn er geen compenserende maatregelen in de kostenraming meegenomen. Ook voor de effecten van veranderend peilbeheer op vismigratie zijn geen compenserende maatregelen in de kosten meegenomen. Dit kan vaak door beperkte investeringen, zoals een vispassage, worden ondervangen.

De twee soorten natuurcompensatie in de kostenraming zijn simpel en relatief eenvoudig te kwantificeren. Natuurcompensatie kan waarschijnlijk veel kosteneffectiever. Hierbij kan worden gedacht aan:

- Maatregelen gericht op het beschermen of creëren van relatief waardevolle natuur, zoals vogeleiland De Kreupel. Dit kunstmatig aangelegde vogeleiland van 70 hectare, gelegen op 4,5 kilometer uit de kust van Andijk, is verantwoordelijk voor 6% van de natuurwaarde van het IJsselmeer wat betreft vogelsoorten.
- Maatwerk bij het oplossen van knelpunten. De trilvenen in de Makkumerwaard kunnen bij beperkte peilopzet behouden blijven. Gelijktijdig met aanpassingen aan gemalen en inlaatpunten kunnen ook vismigratievoorzieningen gerealiseerd worden tussen Markermeer/IJsselmeer en de polder-boezemwateren. Aangepast spui- of pompbeheer biedt ook mogelijkheden voor verbetering van de vegetatie.
- Slimme combinaties met dijkverhoging. Een voorbeeld van het laatste is 'building with nature' waarbij voor de dijk een wilgenmoeras wordt aangelegd. Doordat het wilgenmoeras de golven breekt, hoeft de dijk minder opgehoogd te worden.
- Slimme combinaties met andere publieke en private investeringen. De Markerwadden, die komende jaren door Natuurmonumenten langs de Houtribdijk zullen worden aangelegd, is een project waarbij natuurontwikkeling door het weghalen van slib wordt gecombineerd met zandwinning onder dat slib en recreatie. Het vogeleiland De Kreupel is ontstaan door het niet verkoopbare zand afkomstig van het verdiepen van de vaarweg Amsterdam-Lemmer goedkoop af te voeren door het creëren van een nabijgelegen eiland. Dergelijke synergie kan tot kosteneffectieve natuurcompensatie leiden.

Kwantificering natuurlpunten op basis van vogels

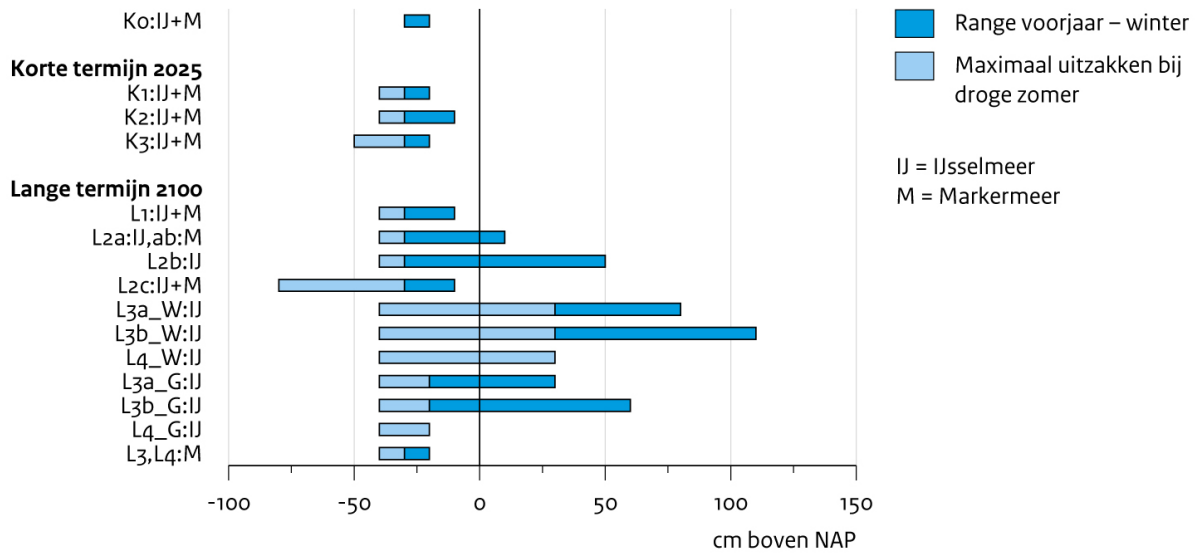
Om de effecten op biodiversiteit te meten is de natuurlpuntenmethodiek ontwikkeld (Sijtsma et al, 2009). In deze studie is die toegepast op veranderingen in het aantal vogels als gevolg van verandering in het areaal van kenmerkende ecotopen.

Binnen het IJsselmeergebied komen verschillende ecotopen voor. In de gradiënt van land naar open water zijn dat de land/oever arealen, ondiepe moerassige zones, ondiep water met waterplanten, water met mosselen/schelpdieren en diep open water. Deze natuurltypen worden ook ecotopen genoemd en karakteriseren in feite de ecologische structuur van een gebied. Deze ecotopen omvatten ook de aangewezen Natura 2000 habitats.

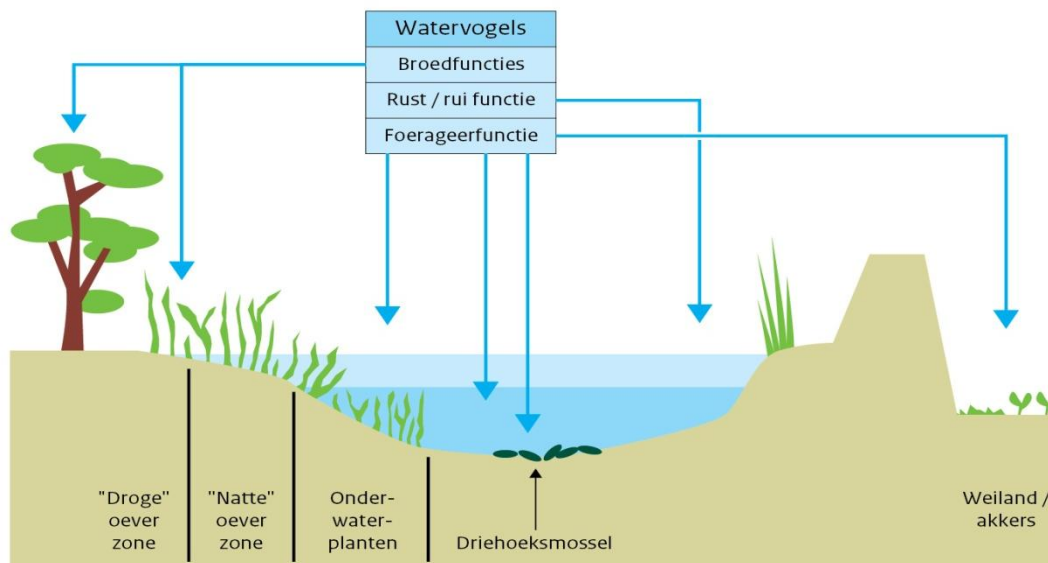
Ingrepen in het IJsselmeergebied hebben verschillende effecten op de verschillende ecotopen. Zo kan een verandering in het waterpeilbeheer invloed hebben op het openwaterdeel, op de moerasarealen binnen het IJsselmeer en door toenemende of afnemende kwel ook op moerasarealen grenzend aan het IJsselmeer. De verschillende ecotoop-typen en daarmee verbonden soorten kunnen een verschillende ecologische waarde hebben ten opzichte van elkaar, bijvoorbeeld vanwege Europese zeldzaamheid, nationale zeldzaamheid of regionale zeldzaamheid van het ecotooptype en de soorten. Een mogelijke weegfactor is dan ook de verschillende typen natuur te wegen op basis van Europese zeldzaamheid, nationale zeldzaamheid of regionale zeldzaamheid. In de raming van natuurlpunten in deze

kosteneffectiviteitanalyse is uitgegaan van een gelijke weging van de verschillende ecotopen. Bij gebruik van weegfactoren van internationaal belang zal vooral de internationale populatie van vogelsoorten die in het IJsselmeergebied verblijven, een hoog gewicht krijgen.

Figuur 3.3a Waterpeil en beschikbare waterschijf bij de verschillende projectalternatieven



Figuur 3.3b De indeling in natuurtypen = ecotopen van een meer en de relatie met het voorkomen van vogels. De voor Natura 2000 relevante habitats betreffen de ecotopen natte oeverzones en de zones met waterplanten en met schelpdieren.



Bron: PBL

Gelet op het korte tijdsbestek is gekozen voor kwantificering van de kwaliteit van de ecotopen op basis van broedvogels en wintervogels¹⁶ (zie fibuur 3.3b). Vogels zijn een waardevolle indicator voor natuurkwaliteit. In watersystemen zoals het IJsselmeergebied staan de vogels aan het einde van verschillende voedselketens. De samenstelling en ontwikkeling van de vogelfauna die voor zijn voedsel afhankelijk is van de levensgemeenschap in het water, weerspiegelt derhalve in hoge mate de aard en kwaliteit van de levensgemeenschap.

- Van de vogels zijn ook goede gedetailleerde gegevens beschikbaar over de huidige situatie en kan door de veranderingen in arealen van ecotopen ook de verandering in het voorkomen van de broed- en wintervogels worden verkend. Het model Habitat van Deltares (Deltares, 2012a) berekent de veranderingen van de arealen 'open water', 'water met schelpdieren', 'water met waterplanten', 'riet' en 'kale grond'. De ecotopen zijn vervolgens gekoppeld met de vogels die er foerageren:
- Schelpdiereters: brilduiker, kuifeend, meerkoet, tafeleend, toppereend.
- Viseters: aalscholver, fuut, visdief, zwarte stern, grote zaagbek, middelste zaagbek
- Planteneters: wilde eend, wintertaling, kleine zwaan, pijlstaart, krakeend, smient, knobbelzwaan
- Rietvogels: roerdomp, bruine kiekendief, grote karekiet, porseleinhoen, rietzanger
- Kale grond, grasland, etc: bontbekplevier, kemphaan, grutto, ganzen, Kieviet.

In combinatie met het diepteprofiel waarop de soorten foerageren en/of het gebiedsprofiel waar soorten broeden worden de veranderingen in natuurpunten voor vogels berekend. In deze analyse is uitgegaan van de relatie tussen de vogels en de verschillende ecotopen (dichtheid/ha) in de huidige situatie.

Resultaten zonder natuurcompensatie voor de korte termijn projectalternatieven

De effecten van de korte termijn projectalternatieven op natuur zonder enige compensatie of bescherming is gekwantificeerd in tabel 3.2c. De belangrijkste conclusies in termen van natuurpunten zijn hierbij:

- De effecten van alle drie de korte termijn projectalternatieven op natuur rond het IJsselmeer zijn nihil of gering (minus 1% of minder).
- Voor het Markermeer heeft beperkt uitzakken negatieve effecten (minus 5%); dit komt door verkleining van het areaal voor schelpdieren.
- Beperkt opzetten in het Markermeer heeft beperkt negatieve effecten door verkleining van het areaal voor planteneters (minus 1%).

¹⁶ In deze studie zijn niet alle soortgroepen vogels meegenomen. Bij peilverhoging treden ook indirecte effecten op, zoals minder resuspensie bij dieper water en een toename van de helderheid. Dit heeft mogelijk negatieve gevolgen voor visetende vogels, die hierdoor in aantal achteruit kunnen gaan. Ook het verdwijnen van slaap-, rust- en ruisgebieden heeft negatieve gevolgen voor vogels, maar deze zijn niet meegenomen in de studie.

Tabel 3.2c Korte termijn effecten op natuur zonder compensatie of bescherming.

Projectalternatief	K.0	K.1	K.2	K.3	K.0	K.1	K.2	K.3
	IJM	IJM	IJM	IJM	MM	MM	MM	MM
Viseters	48	48	48	48	30	30	30	30
Schelpdiereters	34	34	35	34	48	48	48	43
Planteneters	12	12	11	12	21	21	20	21
Overige vogels op land	3	3	3	3	0	0	0	0
Broedvogels in riethabitat	3	3	3	3	1	1	1	1
Totaal (%)	100	100	99	100	100	100	99	95

Tabel 3.2d laat de relatie met de wettelijke natuurbeschermingseisen zien voor het IJsselmeer, Zwarte Meer en Ketelmeer; het Markermeer blijft dus buiten beschouwing. De Natura 2000-doelen betreffen de aantallen vogelsoorten en ook specifieke habitats voor zeldzame vegetaties en twee zoogdiersoorten (Noorse woelmuis en de meervleermuis). De veranderingen in het waterpeil hebben -zonder compensatie of bescherming- effect op de Natura 2000-doelen en de KRW doelen. De effecten op deze vegetaties en zoogdieren zijn beperkt doordat de peilfluctuaties niet groot zijn. In de KRW zijn doelen vastgesteld voor waterplanten en schelpdieren. Vooral de doelen voor waterplanten zijn zonder natuurcompensatie moeilijk te halen. Voor het halen van de doelen ten aanzien van vismigratie zijn de risico's op de korte termijn momenteel gering. Voor alle drie korte termijn projectalternatieven geldt dat in vergelijking met de huidige situatie (K.0) niet wordt verslechterd, maar ook niet wordt verbeterd.

Tabel 3.2d Overzicht voor IJsselmeer, Zwarte Meer en Ketelmeer van de risico's voor de beleidsdoelen Natura2000, KRW en vismigratie.

	K.0	K.1	K.2	K.3
Natura 2000, vogelsoorten met risico op doelbereik (%)	69	69	69	69
Kaderrichtlijn Water				
Percentage waterplanten	-	-	-	-
Percentage schelpdieren	+	+	+	+
Vismigratie, risico's in het voorjaar	gering	gering	gering	gering

3.4 Overzicht van totale kosten per korte termijn projectalternatief

Tabel 3.4 geeft een overzicht van de kosten en effecten van de drie korte termijn projectalternatieven. Het overzicht geeft niet alleen de kosten, maar ook de effecten op natuur en de omvang van de zoetwaterbuffer.

Tabel 3.4 Overzicht kosten en effecten korte termijn projectalternatieven

	K.1	K.1	K.1	K.2	K.2	K.2	K.3	K.3	K.3
	IJM	MM	Totaal	IJM	MM	Totaal	IJM	MM	Totaal
Overige kosten, contante waarde 2020, mln euro	6	0	6	14	2	16	21	50	71
Overige kosten, nominale waarde, mln euro	8	0	8	22	3	25	31	74	105
Zoetwaterbuffer, miljoen m ³	240	160	400	360	240	600	360	240	600
<i>Prijs van extra zoetwaterbuffer, K.1 t.o.v. K.0 en K.2 en K.3 t.o.v. K.1</i>									
Extra overige kosten, contante waarde in 2020, mln euro (A)	6	0	6	8	2	10	15	50	65
Extra overige kosten, nominale waarde, mln euro (B)	8	0	8	14	3	17	23	74	97
Extra zoetwaterbuffer, miljoen m ³ (C)	120	80	200	120	80	200	120	80	200
Prijs extra zoetwaterbuffer, contante waarde in 2020, euro/m ³ (A/C)	0,05	0,00	0,03	0,07	0,03	0,05	0,13	0,63	0,33
Prijs extra zoetwaterbuffer, nominale waarde, euro/m ³ (B/C)	0,07	0,00	0,04	0,12	0,04	0,09	0,19	0,93	0,49
<i>Natuur</i>									
Kosten van natuurcompensatie, contante waarde in 2020, mln euro				3,2	1,2				
Kosten van natuurcompensatie, nominale waarde, mln euro				4,8	1,6				
<i>Effecten op natuur zonder compensatie (verschil met K.0)</i>									
w.v. natuurpunten (huidige situatie = 100%)	0	0		-1	-1		0	-5	
w.v. risico significant negatieve effecten natuurbeschermingswetten	0			0			0		

K.1 = Verbeteren inlaatpunten, K.2 = Beperkte voorjaarsopzet en K.3 = Beperkt uitzakken in de zomer, IJM = IJsselmeer en IJssel- en VechtDelta, MM = Markermeer

Door de toename in de kosten tussen de verschillende projectalternatieven te vergelijken met de verschillen in de omvang van de zoetwaterbuffer kan ook de prijs van de toename van de zoetwaterbuffer worden berekend. In het nul-alternatief is de omvang van de zoetwaterbuffer 240 miljoen m³ in het IJsselmeer en 160 miljoen m³ in het Markermeer. Door het verbeteren van de inlaatpunten (K.1) kan deze zoetwaterbuffer worden verdubbeld voor zowel het IJsselmeer als het Markermeer. Eenzelfde toename kan ook worden gerealiseerd door daarnaast beperkt op te zetten in het voorjaar (K.2) of beperkt uit te zakken in de zomer (K.3). Tabel 3.4 laat zien welke van de verschillende opties om de zoetwaterbuffer te vergroten het meest kosteneffectief is. Beperkt uitzakken in de zomer in het Markermeer is

veruit de duurste optie: in contante waarde gaat het om 0,63 euro/m³, terwijl bijna alle andere opties meer dan zesmaal zo goedkoop zijn.

Voor een goed begrip en gebruik van dergelijke kostprijzen van extra zoetwaterbuffer zijn de volgende punten belangrijk:

- Het gaat om het permanent vergroten van de beschikbare zoetwaterbuffer via een eenmalige investering; het betreft dus niet een vergroting van de zoetwaterbuffer in één specifiek jaar.
- Of, hoe en waar deze zoetwaterbuffer voor wordt gebruikt is niet ingevuld.
- Als de buffer voor specifieke doeleinden wordt aangewend kan dit tot extra kosten leiden, zoals kosten van transport naar gebruikers of kosten van reiniging (bijv. voor gebruik als drinkwater); ook kan de hoeveelheid verminderen door verdamping.

Deze kostprijzen voor permanent extra zoetwaterbuffer per m³ zijn dus niet vergelijkbaar met bijvoorbeeld de prijzen voor het eenmalige gebruik van drinkwater per m³. De kostprijzen zijn ook niet vergelijkbaar als de timing van vergroting van de zoetwaterbuffer sterk verschilt. De kostprijzen voor de korte termijn projectalternatieven zijn daarom niet goed vergelijkbaar met die voor de lange termijn.

Deze kostprijzen zijn bruikbaar voor twee doelen:

- Vergelijken van projectalternatieven wat betreft de kosteneffectiviteit in het vergroten van de zoetwaterbuffer. In dit rapport wordt dit apart gedaan voor de korte en lange termijn projectalternatieven en wordt per manier en per stap om de zoetwaterbuffer te vergroten gekeken naar de bijbehorende kostprijzen.
- Afweging met de vraag naar extra zoetwater. Als de (maatschappelijke) kosten van vergroten van de zoetwaterbuffer hoger zijn dan de (maatschappelijke) baten, zoals het voorkomen van schade door droogte, is het economisch efficiënt deze schade te accepteren en niet te investeren in vergroting van de zoetwaterbuffer. In dit rapport worden de baten van extra zoetwaterbuffer nader toegelicht in hoofdstuk 5. Een monetarisering van de baten van extra zoetwater in het IJsselmeergebied opdat deze kunnen worden vergeleken met de kostprijzen van extra zoetwater wordt echter niet gedaan.

4 Wel of niet meestijgen en lange termijn opties extra zoet water

4.1 De lange termijn projectalternatieven

Voor de lange termijn (vanaf 2020) zijn er twee basisprojectalternatieven:

- L.1 Niet meestijgen met de zeespiegel en pompen (zowel voor IJsselmeer als Markermeer).
- L.4 Meestijgen met de zeespiegel (alleen voor IJsselmeer) gecombineerd met spuien en zonder voorjaarsopzet.

Deze alternatieven verschillen in winterpeil en techniek waterbeheer. Ze komen overeen met hoekpunten 1 en 4 uit fase 1 van het deelprogramma. De stijging van de zeespiegel hangt af van het klimaatscenario: in het warme klimaatscenario stijgt deze sneller dan in het gematigde klimaatscenario.

Deze lange termijn basisprojectalternatieven worden vervolgens aangevuld met een paar opties om de zoetwater buffer te vergroten. Dit levert de volgende vijf extra lange termijn projectalternatieven op:

- L.2a Als L.1 maar met 20 cm extra voorjaarsopzet;
- L.2b Als L.1 maar met 60 cm extra voorjaarsopzet;
- L.2c Als L.1 maar met 40 cm extra uitzakken in de zomer.
- L.3a Als L.4 maar met 50 cm voorjaarsopzet;
- L.3b Als L.4 maar met 80 cm voorjaarsopzet.

Al deze alternatieven gaan ervan uit dat vóór 2025 de zoetwaterbuffer eerst wordt vergroot door het aanpassen van de inlaatpunten en extra opzet van 10 cm van het voorjaarspeil (= K.2). De diverse alternatieven worden hieronder nader toegelicht (zie ook tabellen 4.1a, 4.1b en 4.1c).

Projectalternatieven bij niet meestijgen van het IJsselmeer

Door de stijging van de zeespiegel neemt de mogelijkheid tot spuien steeds meer af. Om toch voldoende water af te voeren, wordt dit in projectalternatieven L.1 en L.2 gecompenseerd door het installeren van pompen in de Afsluitdijk. Verondersteld wordt dat in 2020 en 2035 de pompcapaciteit wordt vergroot met 500 m³/s en dat rond 2060 deze pompcapaciteit wordt verdubbeld tot 2.000 m³/s. Ter vergelijking: het grootste gemaal van Europa (in IJmuiden) heeft een capaciteit van 260 m³/s. Voor het gemaal op de Afsluitdijk zullen speciale voorzieningen voor energievoorziening moeten worden genomen. In het gematigde klimaatscenario is minder snel pompcapaciteit nodig en de investerings-, onderhouds- en energiekosten zijn dan minder dan in het meest warme klimaatscenario.

In deze projectalternatieven stijgt de zeespiegel terwijl het peil in het IJsselmeer ongewijzigd blijft. Door dit in de tijd groeiend peilverschil tussen de zee en het IJsselmeer neemt het belang van de Afsluitdijk voor de veiligheid rond het IJsselmeer toe.

Tabel 4.1a Overzicht van de vier projectalternatieven die niet meestijgen met de zeespiegel (in termen van peilhoogtes identiek voor beide klimaatscenario's); extra voorjaarsopzetten en extra uitzakken in de zomer betreft IJsselmeer en Markermeer

	L.1. Huidig winterpeil met flexibeler zoetwaterbuffer	L.2a. als L.1 + 20 cm extra voorjaarsopzet	L.2b. als L.1 + 60 cm extra voorjaarsopzet	L.2c. als L.1 + 40 cm extra uitzakken in de zomer
Peilen (cm t.o.v. NAP) in 2100				
Winterstreefpeil	-40	-40	-40	-40
Gemiddeld winterpeil	-30	-30	-30	-30
Voorjaarspeil	-10	10	50	-10
Min. Zomerpeil	-40	-40	-40	-80
Waterschijf	30	50	90	70
Waterbeheer				
Spuicapaciteit v.a. 2025	geen ESA, tot 2050 DO+Kwz	geen ESA, tot 2050 DO + Kwz	geen ESA, tot 2050 DO + Kwz	geen ESA, tot 2050 DO + Kwz
Extra pompcapaciteit (m ³ /s) bij Afsluitdijk	500 in 2020 (=ESA), + 500 in 2035; +1.000 in 2060	500 in 2020 (=ESA), + 500 in 2035; +1.000 in 2060	500 in 2020 (=ESA), + 500 in 2035; +1.000 in 2060	500 in 2020 (=ESA), + 500 in 2035; +1.000 in 2060
Extra pompcapaciteit (m ³ /s) voor op peil houden Markermeer en Veluwerandmeren	Roggebot: 5	Roggebot: 5	Houtribdijk: 100; Roggebot: 5	Roggebot: 5
Veiligheidsnormen				
IJsselmeerdijken, Afsluitdijk, Houtribdijk en Markermeerdijken	economisch optimale normen	economisch optimale normen	economisch optimale normen	economisch optimale normen
Toelichting : DO = Den Oever; Kwz= Kornwerderzand. Zie voor capaciteit van deze al bestaande spuisluizen paragraaf 2.2. van KEA Afsluitdijk (Grevers en Zwaneveld, 2011).				

In projectalternatieven L.2a en L.2b wordt om de zoetwatervoorraad te vergroten het voorjaarspeil extra opgezet (extra in vergelijking met K.2 en L.1). In alternatief 2a gaat het om een extra opzet van 20 cm, in alternatief L.2b gaat het om 60cm. Het onderscheid tussen beide alternatieven wordt gemaakt om te zien in hoeverre een aanmerkelijk grotere opzet misschien tot veel meer extra kosten leidt of tot een aanzienlijke stijging van de faalkans in het voorjaar.

In project alternatief L.2c wordt om de zoetwatervoorraad te vergroten extra uitgezakt. Maatregelen zullen moeten worden genomen om de negatieve effecten van dit uitzakken te compenseren. Hierbij kan gedacht worden aan het versterken van kwetsbare keringen, het verbeteren van inlaatpunten en aanpassingen aan sluizen en havens. Uitzakken is een optie die alleen wordt toegepast in geval van extreme en tijdelijke droogte. De vraag is met welke kans dit plaatsvindt en wat de schade dan is. Als die schade groot is, kunnen maatregelen ter

compensatie of voorkoming van de schade worden overwogen. Deze worden in paragraaf 4.3 besproken.

Projectalternatieven bij meestijgen van IJsselmeer

Tabel 4.1b Overzicht van de drie projectalternatieven meestijgen met de zeespiegel voor het meest warme klimaatscenario (*W+*, zeespiegelstijging van 85 cm, door extra spuicapaciteit neemt peil in IJsselmeer met 60 cm toe); meestijgen en extra voorjaarsopzet t.o.v. K2 betreft alleen IJsselmeer in 2100)

Peilen (cm t.o.v. NAP) in 2100	L.3a. Meestijgen met zeespiegel +50 cm voorjaarsopzet IJsselmeer	L.3b. Meestijgen met zeespiegel + 80 cm voorjaarsopzet IJsselmeer	L.4. Meestijgen met zeespiegel, geen voorjaarsopzet
Winterstreefpeil	20	20	20
Gemiddeld winterpeil	30	30	30
Voorjaarspeil	80	110	30
Min. Zomerpeil	-40	-40	-40
Waterschijf	120	150	70
Waterbeheer			
Spuicapaciteit	DO+Kwz + ESA	DO+Kwz + ESA	DO+Kwz + ESA
Pompcapaciteit (m ³ /s) Afsluitdijk	geen	geen	geen
Pompcapaciteit (m ³ /s) voor op peil houden Markermeer en Veluwerandmeren	Houtribdijk: 100; Roggebot: 5	Houtribdijk: 100; Roggebot: 5	Houtribdijk: 100; Roggebot: 5
Veiligheidsnormen			
IJsselmeerdijken, Afsluitdijk, Houtribdijk en Markermeerdijken	economisch optimale normen	economisch optimale normen	economisch optimale normen
Toelichting : DO = Den Oever; Kwz= Kornwerderzand. Zie voor capaciteit van deze al bestaande spuisluizen paragraaf 2.2. van KEA Afsluitdijk (Grevers en Zwaneveld, 2011).			

In de projectalternatieven L.3a, 3b en 4 stijgt het gemiddelde winterpeil in het IJsselmeer mee met het zeeniveau; voor het Markermeer en de Veluwerandmeren blijft het streefpeil ongewijzigd¹⁷. Door de peilstijging in het IJsselmeer blijft op omvangrijke schaal spuien mogelijk. Wel wordt extra spuicapaciteit aangeschaft. Door het meestijgen met het zeeniveau wordt de kans op cascadowerking niet groter. Het meestijgen van het IJsselmeer met de zeespiegel betekent wel dat de dijken en kunstwerken rond het IJsselmeer moeten worden aangepast. Ook moeten andere maatregelen ter bescherming van natuur, economie en ruimte worden overwogen.

¹⁷ Toelichting op de peilen in het Markermeer en de Veluwerandmeren wordt gegeven in paragraaf 3.1.

Tabel 4.1c Overzicht van de drie projectalternatieven meestijgen met de zeespiegel voor het gematigde klimaatscenario (G, zeespiegelstijging van 35 cm, door extra spuicapaciteit neemt peil in IJsselmeer met 10 cm toe in 2100)

	L.3a. Meestijgen met zeespiegel met 50 cm voorjaarsopzet	L.3b. Meestijgen met zeespiegel met 80 cm voorjaarsopzet	L.4. Meestijgen met zeespiegel en geen voorjaarsopzet
Peilen (cm t.o.v. NAP) in 2100			
Winterstreefpeil	-30	-30	-30
Gemiddeld winterpeil	-20	-20	-20
Voorjaarspeil	30	60	-20
Min. Zomerpeil	-40	-40	-40
Waterschijf	70	100	20
Waterbeheer			
Spuicapaciteit	DO+Kwz + ESA	DO+Kwz + ESA	DO+Kwz + ESA
Pompcapaciteit (m ³ /s)	geen	geen	geen
Veiligheidsnormen			
IJsselmeerdijken, Afsluitdijk, Houtribdijk en Markermeerdijken	economisch optimale normen	economisch optimale normen	economisch optimale normen
Toelichting : DO = Den Oever; Kwz= Kornwerderzand. Zie voor capaciteit van deze al bestaande spuisluizen paragraaf 2.2. van KEA Afsluitdijk (Grevers en Zwaneveld, 2011).			

4.2 Maatregelen, kosten en baten voor veiligheid (Dique-Opt)

Economisch optimale veiligheidsnormen en het model Dique-Opt

Versterking van dijken en kunstwerken verlaagt de faalkans van dijken en daarmee de verwachte economische schade (inclusief slachtoffers). Versterking van dijken en kunstwerken (inclusief onderhoud en exploitatie) zijn dan de directe kosten van veiligheid. Verlaging van verwachte economische schade zijn de bijbehorende baten van extra veiligheid. De economische optimale manier van versterking van dijken en kunstwerken is daarom dijken en kunstwerken precies zo aan te passen voor zover deze extra kosten zichzelf terugverdienen door een lagere verwachte economische schade. Dit economische principe betekent ook dat in gebieden met grote bevolkingsdichtheid en waarde van economische bezittingen en activiteiten grote investeringen in dijken en kunstwerken gerechtvaardigd zijn. Daarentegen moet volgens dit principe veel minder worden geïnvesteerd in gebieden met lage bevolkingsdichtheid en relatief gering economisch belang. Afwijken van dit principe kan, maar is kostenverhogend en het is de taak van de politiek om te bepalen in hoeverre deze prijs gerechtvaardigd is.

Sinds de jaren zestig zijn in Nederland door het pionierswerk van van Dantzig (zie paragraaf 2.4) de wettelijke veiligheidsnormen voor waterkeringen expliciet gebaseerd op een dergelijke economische afweging. Een belangrijk doel van de studie Waterveiligheid 21e eeuw uit 2010 was te toetsen in hoeverre nog steeds aan een dergelijke afweging wordt voldaan. Deze studie (zie Kind et al., 2011) concludeerde dat het economisch efficiënt is - mede door de aanzienlijke economische groei sinds de jaren zestig- de veiligheidsnormen

voor drie gebieden opwaarts bij te stellen: het rivierengebied, delen van de regio Rijnmond-Drechtsteden en Almere. De studie ondersteunde echter niet de aanbeveling van de Commissie Veerman om het beschermingsniveau voor alle gebieden in Nederland met een factor 10 te verhogen.

In de nog lopende CPB studie over optimale veiligheidsnormen voor het IJsselmeergebied wordt dit op een nog betere wijze en met de meest actuele inzichten over kosten, faalkansen en economische schade nog nader onderzocht. Hierbij wordt het model Dique-Opt gebruikt. Dit is de afkorting van: Dikes - Integer Quantitative Economic OPTimization. De belangrijkste uitbreiding van dit model is dat expliciet rekening wordt gehouden met de extra faalkans als gevolg van het falen van de Afsluitdijk en de Houtribdijk. Extra veiligheid kan dus worden verkregen door de Afsluitdijk en/of de Houtribdijk te versterken, dan wel de dijken rond individuele dijkeringen te versterken. Alle onderlinge afhankelijkheden tussen dijken worden in de analyse meegenomen.

Doel van deze kosten-effectiviteitanalyse over het Deltaprogramma IJsselmeergebied is het vergelijken van verschillende projectalternatieven met betrekking tot wel of niet meestijgen met de zeespiegel en diverse opties voor extra zoetwaterbuffer. Voor dit doel is een vergelijking uitgaande van economisch optimale normen analytisch zeer geschikt. De optimale normen worden zodanig gekozen dat ze optimaal bij de keuze voor wel of niet meestijgen passen zodat een eerlijke vergelijking tussen beide kan worden gemaakt. Economisch optimale normen komt ook overeen met het idee achter de huidige Nederlandse veiligheidsnormen en is mede daarom ook in belangrijke mate praktisch in overeenstemming met deze normen.¹⁸

De kosten voor veiligheid van de verschillende projectalternatieven zijn dus ook bepaald als de som van de kosten van aanpassing van dijken en kunstwerken en de verwachte economische schade op basis van de economisch optimale afweging. Per dijkkringdeel zijn de extra kosten van aanpassing vergeleken met de bijbehorende vermindering van economische schade. Een investering vindt plaats per dijkkring als dit op basis van de afweging in het model Dique-opt een optimale keus is. Versterking van dijken en kunstwerken kan nodig zijn als het peil op het IJsselmeer stijgt, als de economische schade toeneemt door groei van de bevolking en economie of als de bodem zakt.

De belangrijkste kenmerken van het model Dique-Opt en de berekeningen van de kosten van veiligheid zijn:

¹⁸ Een probleem met de huidige wettelijke veiligheidsnormen is dat ze geformuleerd zijn in termen van overschrijdingskans van waterkeringen. Voor economische schade is echter de faalkans van belang; dit is een ruimer begrip dan overschrijdingskans. In de faalkans zit bijvoorbeeld ook het risico op 'piping' van een dijk waardoor hij ook kan falen. De totale faalkans wordt vaak overstromingskans genoemd.

- De afweging betreft alle waterkeringen in het IJsselmeergebied, d.w.z. Afsluitdijk, Houtribdijk, het IJsselmeer inclusief de IJssel-Vechtdelta en het Markermeer. Per dijkkringdeel wordt een afweging gemaakt.
- De verwachte economische schade omvat niet alleen materiële schade, maar ook schade door slachtoffers (doden en gewonden) en evacuatie. De schade bij falen hangt van de locatie van schade en de groei van de economie en bevolking. Gerekend is met een jaarlijkse economische groei conform de WLO 2006 (Transatlantic Market scenario) en WV21. Dit is gelijk aan 1,9% per jaar en bestaat uit 1,7% BBP per capita groei en 0,2% bevolkingsgroei. Er is rekening gehouden met de schaa sprong in Almere. In vergelijking met de studie Waterveiligheid 21e eeuw zijn de schadefuncties aangepast aan de meest recente inzichten, zoals extra schade en slachtoffers bij een hoger waterpeil. Dit betekent dat met 40% meer materiële schade wordt gerekend en met 2,5 maal meer slachtoffers. Net als in WV21 is het schadebedrag per dode (inclusief gemiddeld 5 gewonden) 8 miljoen euro¹⁹.
- De verwachte bodemdaling varieert per dijkkringdeel en hangt af van de grondsoort. In Oost-Veluwe wordt geen bodemdaling verwacht, in Salland beperkt met 0,08 cm per jaar, maar in Noord-Holland Waterland gaat het om 0,42 cm per jaar en in Zuidelijk Flevoland naar verwachting zelfs om 0,5 cm per jaar.
- De faalkans van een waterkering staat centraal en niet de overschrijdingskans. Dit verschil tussen de overschrijdingskans en de totale faalkans (hierna: overstromingskans genoemd) is expliciet en gedetailleerd gemodelleerd. De faalkans hangt af van het klimaat scenario, bodemdaling en de sterkte (o.a. hoogte) van de dijken en kunstwerken.
- Bij het bepalen van de faalkans is gebruik gemaakt van een standaard 1 op 3 profiel van een dijk. Dit is een relatief steil talud en kan daarom wellicht zorgen voor een grotere faalkans in de berekening dan in de werkelijkheid te verwachten is.
- Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met een eventuele aanwezige overhoogte en -sterkte van de dijken in 2020. Door overhoogte en -sterkte kunnen de overstromingskansen voor verschillende trajecten langs een dijkkring of dijkkringdeel van elkaar verschillen. Er hoeven dan mogelijk minder kosten gemaakt te worden voor een verhoging van het beschermingsniveau. In de praktijk blijkt deze overhoogte en -sterkte echter moeilijk nauwkeurig vast te stellen, vooral de mate van oversterkte is lastig vast te stellen omdat niet alle overhoogte van dijken ook daadwerkelijk als waterkerend mag worden beschouwd.
- De kans dat pompen of spuien langdurig en op grote schaal falen is niet in de berekening meegenomen. Impliciet is daarom verondersteld dat hiervoor voldoende noodvoorzieningen zijn getroffen.
- Rekening is gehouden met afhankelijkheid van faalkansen van de Afsluitdijk en de Houtribdijk en de dijken rond het IJsselmeer en het Markermeer. In vergelijking met Waterveiligheid 21e eeuw worden daarom zeven verschillende faalkansen onderscheiden i.p.v. één.

¹⁹ Dit bedrag is bepaald op basis van een enquête waarin werd gevraagd naar de waarde van een huis waarbij gevarieerd werd naar overstromingsrisico's. De resultaten van de enquête zijn gevalideerd door een uitgebreid literatuuronderzoek. Voor een nadere toelichting op de methode, zie Bockarjova, Rietveld en Verhoef (2012).

- De kostenfuncties zijn een update van die gebruikt voor de Studie Waterveiligheid 21e eeuw²⁰. De kosten betreffen aanpassing dijklichamen, bijbehorende infrastructuur, dijkbekleding en kunstwerken. Voor de verschillende soorten kunstwerken zijn 175 verschillende kostenramingen beschikbaar. Per dijkringtraject is gedetailleerd beoordeeld welke type maatregelen opportuun zijn om een bepaalde mate van veiligheid te bereiken. Hierbij is veelal de meest gebruikte technische oplossing gekozen. Deze oplossing is vaak het meest kosteneffectief. Innovatieve nieuwe toevoegingen aan het systeem (bijvoorbeeld aanpassen Ramspol) zijn niet gekozen. Verlaging van de inlaat of vergroting van capaciteit van het gemaal worden niet meegenomen. Ook aanpassing van hoogte van bruggen of drempels van sluisen voor scheepvaart als gevolg van peilverhogingen blijven buiten beschouwing. Deze zijn wel apart als kosten via peilthermometer worden meegenomen.
- Als input voor het model worden alle kosten per dijkvak eerst geaggregeerd tot een totale kostenfunctie per dijkringdeeltraject. Vervolgens worden de trajecten per dijkringdeel geaggregeerd tot dijkringdeel-niveau.
- De kostenfuncties per dijkringdeel zijn geraamd als een exponentiële kostencurve op basis van discrete kostenramingen van verhogingen tot 1 à 1,5 meter. Discrete kostenramingen tot 2 meter zijn beschikbaar bij Deltares. Vergelijking van de geraamde exponentiële kostencurve met deze discrete ramingen leert dat de geraamde kostenfunctie een goede raming is voorzover de verhoging van dijken en kunstwerken beperkt blijft tot 1,5 à 2 meter. Tot 2100 is hier inderdaad sprake van; enige uitzondering betreft twee dijkringen (Noord-oost Flevoland en West-Friesland Noord) bij het projectalternatief meestijgen en spuien (L.4) in het meest warme klimaatscenario: hier worden de dijken in totaal met 2,4 meter verhoogd (zie tabel bijlage 1.4).
- Kosten om een projectalternatief mogelijk te maken moeten apart, buiten het model om, worden toegevoegd. Bij het niet meestijgen met de zeespiegel gaat het vooral om extra pompcapaciteit. Bij het wel meestijgen met de zeespiegel betreft het extra spuisluizen.
- Het model bepaalt een optimaal investeringspatroon. Dit patroon behelst aanpassingen van dijken en kunstwerken in stappen. De eerste stap is vrijwel altijd een extra berm ter voorkoming van piping en wegschuiven. Daarna wordt gekeken of en wanneer een verhoging van de dijk in stapjes een verstandige investering is.
- Het model is gekalibreerd voor winterpeilen op basis van hydraulische informatie over de twee lange termijn basisprojectalternatieven (L.1 en L.4: wel of niet meestijgen met de zeespiegel, zonder extra opties voor vergroting zoetwaterbuffer) bij het meest warme klimaatscenario. Ook is bij het niet meestijgen met de zeespiegel gerekend met direct de inzet van 2000 m³/s pompcapaciteit.
- Bij de berekeningen is bij alle varianten uitgegaan van een pomp van 100 m³/s op de Houtribdijk; het Markermeer wordt dus altijd ontkoppeld van het IJsselmeer. Desondanks is er een merkbaar verschil tussen de faalkansen (gegeven een in tact zijnde Houtribdijk) rond het Markermeer. Dit duidt erop dat in het lange termijn

²⁰ Voor een uitgebreide toelichting op deze kostenfuncties, zie Deltares (2010), de aparte bijlage over kostenfuncties en een bijlage bij het rapport bij de KBA Norm IJsselmeergebied (Zwaneveld en Verweij, 2012, te verschijnen).

projectalternatief meestijden de pomp van 100 m³/s onvoldoende is. Mogelijk is het verstandig bij meestijden een grotere pomp te installeren of het pompbeheer te verbeteren (door eerder te pompen dan wel inschakelen van de pompen bij IJmuiden), opdat de faalkansen rond het Markermeer (bij een in tact zijnde Houtribdijk) gelijk worden tussen de projectalternatieven meestijden en niet meestijden.

- De raming voor het warme klimaatscenario is gebruikt om ook de effecten bij een gematigd klimaatscenario te bepalen. Hierbij is verondersteld dat deze effecten kunnen worden gezien als een vertraagde versie van die van het warme klimaatscenario. Hiermee lijkt een zeer redelijke benadering te zijn verkregen van het echte KNMI-scenario G.
- De raming voor de invloed van het voorjaarspeil op de veiligheid is bepaald op basis van de resultaten van een studie van Deltares over de hydraulische effecten bij meestijden met de zeespiegel voor een warm klimaatscenario; hierbij waren voor zowel winter als voorjaar apart de effecten berekend zonder voorjaarsopzet als met een opzet van 80 cm. Op basis hiervan zijn in combinatie met de inzet van het Dique-Opt model alle effecten voor alle peilopzetten van zowel meestijdenstijgen als niet-meestijden berekend. De gehanteerde methode is toegelicht in Zwaneveld (2012). In deze notitie worden ook mogelijke verbeteringen van de gehanteerde methode genoemd.

De resultaten

Figuur 4.2a Faalkans (in promille) bij Zuid-west Flevoland, meest warme klimaatscenario, L1 Niet meestijden en pompen versus L4 Meestijden in IJsselmeer en spuien



Tabel 4.2a geeft voor één projectalternatief (L.1 Niet meestijden en pompen in het meest warme klimaatscenario) een overzicht van de faalkans tijdens de winter en de verwachte schade per dijkkringdeel. De tabel laat zien dat de faalkansen en schadebedragen aanzienlijk verschillen per dijkkringdeel en ook fluctueren in de tijd (alleen de jaren 2021 en 2100

worden getoond). De verwachte schade in een jaar hangt af van de faalkans en het schadebedrag. Investeren in dijken en kunstwerken kan verstandig zijn door een hoge faalkans, een hoog schadebedrag (bijv. Zuid-west Flevoland) of een combinatie van beide; bij een zeer laag schadebedrag (bijv. Zuid-west Friesland) kan zelfs een hoge faalkans niet voldoende zijn om investeringen in dijken en kunstwerken vanuit puur economisch perspectief te rechtvaardigen.

Tabel 4.2a Faalkans tijdens de winter en verwachte schade, projectalternatief niet meestijden en pompen (L.1), warme klimaatscenario.

	Verwachte schade tot 2100, contante waarde in 2020, mln euro	Faalkans, promille, 2021	Faalkans, promille, 2100	Schade-bedrag, mld euro, 2021	Schade-bedrag, mln euro, 2100	Verwachte schade in 2021, mln euro	Verwachte schade, in 2100, mln euro
Afsluitdijk	0	0,01	0,09	0,8	0,8	0	0
Houtribdijk	3	0,17	0,45	0,8	0,8	0	0
IJsselmeer & IJsseldelta	806			89,1	470,2	30	73
Zuid-west Friesland	1	0,06	0,39	0,5	2,7	0	1
Noord-oost Polder	135	0,78	0,15	9,2	41,8	7	6
Noord-oost Flevoland	167	0,26	0,09	24,2	121,6	6	11
Wieringen	2	0,01	0,05	5,1	32,0	0	2
West-Friesland Noord	28	0,03	0,14	20,4	102,0	1	14
Vollenhove	71	0,72	0,02	3,5	41,7	3	1
Salland	150	0,36	0,27	15,3	73,2	6	20
Oost-Veluwe	107	1,19	0,44	2,7	13,2	3	6
IJsseldelta	56	0,64	0,11	3,6	17,0	2	2
Mastenbroek	89	0,48	0,40	4,8	24,9	2	10
Markermeer	162			117,7	638,2	5	15
West-Friesland Zuid	7	0,01	0,04	20,4	110,1	0	4
Noord-Holland	1	0,00	0,03	8,5	47,3	0	1
Marken	0	0,00	0,03	0,2	1,0	0	0
Eempolder	5	0,33	0,25	0,6	2,8	0	1
Gelderse vallei	3	0,22	0,36	0,4	2,0	0	1
Gooi en Vechtstreek	7	0,28	0,34	0,9	4,1	0	1
Zuid-west Flevoland	140	0,05	0,02	86,7	471,0	5	7
Totaal verwachte schade IJsselmeergebied tot 2100, (contante waarde)	971			208,3	1.110,1	35	89
Totaal nominale waarde	5241						

Toelichting: Bedragen in marktprijzen, prijzen 2009, inclusief BTW en kosten Rijkswaterstaat

Tabel 4.2b laat voor hetzelfde projectalternatief de bijbehorende investeringen in dijken en kunstwerken zien. Na een investering neemt de faalkans (= 1/terugkeertijd in jaren) af. Dit is voor het dijkringdeel Zuid-west Flevoland te zien in figuur 4.2a.

Tabel 4.2b Investeringen in dijken en kunstwerken voor het projectalternatief niet meestijden en pompen (L.1), meest warme klimaatscenario

	Contante waarde 2020, totaal	Eerste jaar van aanpassing	Dijkverhoging in cm	Nominale investering	Tweede jaar van aanpassing	Extra dijkverhoging in cm	Nominale investering
Afsluitdijk	510			0			0
Houtribdijk	0			0			0
IJsselmeer & IJsseldelta	545			995			1636
Zuid-west Friesland	0						
Noord-oost Polder	53	2031		84	2091	80	281
Noord-oost Flevoland	27	2066	100	321			
Wieringen	0	2081		6			
West-Friesland Noord	4	2101	100	270			
Vollenhove	69	2021		26	2046	60	165
Salland	187	2021		125	2051	40	333
Oost-Veluwe	117	2021		86	2061	80	320
IJsseldelta	28	2031		33	2081	60	249
Mastenbroek	60	2021		44	2071	60	288
Markermeer	39			19			387
West-Friesland Zuid	0						
Noord-Holland	0						
Marken	0						
Eempolder	1	2056		6			
Gelderse vallei	0	2101		8			
Gooi en Vechtstreek	0						
Zuid-west Flevoland	38	2021		5	2066	80	387
Totaal IJsselmeergebied	1095						
Totaal nominale waarde	4815			1014			2023

Toelichting: Bedragen in marktprijzen, prijzen 2009, inclusief BTW en kosten Rijkswaterstaat

Veiligheidsrisico's in het voorjaar en van extra voorjaarsopzet

In het model Dique-Opt wordt het optimale investeringspatroon berekend op basis van het winterpeil. Voor het analyseren van de lange termijn projectalternatieven waarbij de zoetwaterbuffer wordt vergroot door voorjaarsopzet is het belangrijk om ook de veiligheidsrisico's hiervan mee te nemen.

Tabel 4.2c Veiligheid in de zomer en de invloed van voorjaarsopzet, projectalternatief meestijgen en spuien (L.4) en 80 cm voorjaarsopzet (L.3b), meest warme klimaatscenario.

	Verwachte schade winter, CW, mln euro (L.4)	Faalkans in zomer, promille (L.4)	Verwachte schade in zomer (L.4), CW, mln euro	Extra schade-factor winter door opzet 80 cm	Extra schade-factor zomer door opzet 80 cm	Extra schade in winter door opzet 80 cm, CW, mln euro	Extra schade in zomer door opzet 80 cm, CW, mln euro
	1	2	3	4	5	6	7
Afsluitdijk	0	0,0244	0	1,3	43	0	0
Houtribdijk	18	0,0001	0	1,3	983	5	2
IJsselmeer & IJsseldelta	1055		13			190	183
Zuid-west Friesland	32	0,0000	0	1,1	53072	2	37
Noord-oost Polder	162	0,0000	0	1,3	1453	51	5
Noord-oost Flevoland	190	0,0001	0	1,2	34	39	0
Wieringen	30	0,0037	0	1,2	1129	5	126
West-Friesland Noord	87	0,0001	0	1,0	1506	0	7
Vollenhove	79	0,0001	0	1,2	224	16	1
Salland	177	0,0000	0	1,3	681	45	0
Oost-Veluwe	117	0,0900	11	1,0	1	0	0
IJsseldelta	75	0,0260	2	1,1	1	7	0
Mastenbroek	105	0,0004	0	1,2	137	24	5
Markermeer	183		9			0	14
West-Friesland Zuid	36	0,0742	3	1,0	3	0	5
Noord-Holland	20	0,0287	1	1,0	1	0	0
Marken	1	0,1520	0	1,0	1	0	0
Eempolder	17	0,2187	4	1,0	2	0	2
Gelderse vallei	12	0,0158	0	1,0	4	0	1
Gooi en Vechtstreek	24	0,0303	1	1,0	7	0	4
Zuid-west Flevoland	73	0,0113	1	1,0	4	0	2
Totaal IJsselmeergebied	1256		21			195	199

CW = Contante waarde bij discontovoet van 5,5%

Tabel 4.2c laat de omvang van deze veiligheidsrisico's zien bij een relatief hoge voorjaarsopzet en een warm klimaatscenario. In kolom 1 staat de verwachte economische schade in de winter voor het projectalternatief meestijgen met de zeespiegel en spuien (L.4, dus zonder voorjaarsopzet). In kolom 2 staat de faalkans tijdens de zomer aangegeven, wat vervolgens in kolom 3 wordt vertaald in verwachte schade (contante waarde). De tabel geeft aan dat deze schade voor het hele IJsselmeergebied relatief klein is: 21 miljoen extra t.o.v. de verwachte schade tijdens de winter van 1,3 mld euro.

In kolom 4 staat de extra schadefactor tijdens de winter door een voorjaarsopzet van 80 cm (zie L.3b). Vermenigvuldigd met de schade tijdens de winter zonder opzet, levert dit een verwachte schade tijdens de winter op door een voorjaarsopzet van 80 cm (kolom 6). Voor het totale IJsselmeergebied gaat het in dit projectalternatief om 195 miljoen euro. Deze kosten kunnen overigens waarschijnlijk door een goede regelstrategie tot nihil worden gereduceerd; dit vereist dat de opzet ruim voor de winter, waarin veruit de meeste stormen voorkomen, al weer ongedaan is gemaakt.

Kolom 5 geeft de extra faalkans tijdens de zomer door een voorjaarsopzet van 80 cm. Deze factor is bij sommige dijkringdelen heel hoog: bij Zuid-west Friesland zelfs 53 duizend maal. Maar aangezien de verwachte schade in de zomer zonder voorjaarsopzet (kolom 3) om relatief kleine bedragen gaat, wordt hier de totale extra schade tijdens de zomer niet groter dan 199 miljoen euro. Dus bijna even groot als de extra schade in de winterperiode door de voorjaarsopzet. In totaal zijn de veiligheidskosten van voorjaarsopzet van 80 cm dus bijna 400 miljoen euro.

De kosten voor veiligheid voor de verschillende projectalternatieven worden samengevat in tabellen 4.2d en 4.2e.

Volgens tabel 4.2d zijn de kosten van niet meestijgen en pompen (L.1) aanzienlijk minder dan die bij meestijgen in het IJsselmeer en spuien (L.4). In het warme klimaatscenario gaat het om een verschil van ruim 1 mld euro (contante waarde); in het gematigde klimaatscenario is dit voordeel nog altijd bijna $\frac{3}{4}$ mld euro. In nominale bedragen (alle uitgaven gewoon opgeteld tot 2100) zijn de verschillen uiteraard groter.

Tabel 4.2d Kosten veiligheid bij niet meestijden en pompen (L.1) en bij meestijden en spuien (L.4), contante waarde bij een discontovoet van 5,5% en nominale waarde, 2020-2100.

	L.1 pompen		L.4 spuien		verschil	
	niet meestijden		wel meestijden		pompen-spuien	
	W+	G	W+	G	W+	G
	contante	waarde				
Kosten aanpassingen veiligheid (investeringen en onderhoud)						
Afsluitdijk	510	210	166	68	345	142
Houtribdijk	0	0	46	0	-46	0
IJsselmeer & IJssel-Vechtdelta	545	377	1220	637	-675	-260
w.v. Salland	187	141	416	266	-229	-125
Markermeer	39	16	430	404	-391	-388
w.v. Zuid-west Flevoland	38	15	382	372	-344	-357
Totaal kosten aanpassingen veiligheid	1094	603	1882	1113	-788	-510
Totaal verwachte economische schade	971	835	1256	1089	-285	-254
Totaal kosten veiligheid	2065	1438	3138	2202	-1073	-764
	nominale	waarde				
Totaal kosten aanpassingen veiligheid	4815	2744	9152	4863	-4337	-2119
Totaal verwachte economische schade	5238	4995	6934	5917	-1696	-922
Totaal kosten veiligheid	10053	7739	16086	10780	-6033	-3041
Zoetwaterbuffer (M m ³)	600	600	1000	400	-400	200

Het grootste verschil zit in de kosten voor aanpassing van de dijken en kunstwerken. De extra kosten voor het installeren van pompen in de Afsluitdijk bij niet meestijden worden meer dan goed gemaakt door besparingen op de kosten voor dijkversterking en aanpassing kunstwerken. Deze laatste kosten zijn bij meestijden vooral hoog in de meest bevolkingsdichte delen van het IJsselmeergebied, d.w.z. het gebied rond Kampen en Zwolle (Salland) en het gebied rond Almere (Zuid-west Flevoland). Daarnaast levert niet meestijden en pompen ook nog een besparing op via minder verwachte economische schade. In beide klimaatscenario's is het verschil bijna even groot en in de orde van ¼ mld euro. Deze pompen zorgen ervoor dat het IJsselmeerpeil beter beheerst kan worden en meerpeil gevoelige locaties minder worden belast, wat zich vertaalt in lagere overstromingskansen en dus lagere verwachte economische schade.

Tabel 4.2e Extra verwachte economische schade vanwege extra zoet waterbuffer (L.2a, 2b, 2c, 3a en 3b), contante waarde bij een discontovoet van 5,5%.

	W +	G	verschil
Niet meestijgen met zeespiegel en pompen			
L. 2a 20 cm extra voorjaarsopzet	37	33	4
IJsselmeer	36	32	4
Markermeer	1	1	0
L. 2b 60 cm extra voorjaarsopzet	123	108	15
IJsselmeer	118	104	14
Markermeer	5	4	1
L.2c 40 cm extra uitzakken	0	0	0
IJsselmeer	0	0	0
Markermeer	0	0	0
Meestijgen met zeespiegel en spuien			
L.3a 50 cm voorjaarsopzet IJsselmeer	125	115	10
L.3b 80 cm voorjaarsopzet IJsselmeer	372	330	43

Tabel 4.2e laat de kosten van extra verwachte economische schade bij de verschillende lange termijn opties voor het vergroten van de zoetwaterbuffer zien²¹. Extra uitzakken in de zomer leidt niet tot extra veiligheidsrisico's en er is dan ook geen extra verwachte schade bij deze optie. De kosten van 60 cm extra voorjaarsopzet bij niet meestijgen (L.2b) zijn in het IJsselmeer ongeveer gelijk aan die van 50 cm voorjaarsopzet bij meestijgen (L.3a). Opvallend is dan dat 80cm voorjaarsopzet bij meestijgen (L.3b) tot een bijna driemaal zo grote verwachte economische schade leidt. De extra schade betreft vooral extra risico's tijdens de winter door de voorjaarsopzet. De sterke stijging van de schade bij 80 cm voorjaarsopzet bij meestijgen heeft echter betrekking op het voorjaar en betreft dan vooral dijkkringdeel Wieringen (zie ook tabel 4.2d). Dergelijke extra schade tijdens winter en voorjaar kan worden beperkt door dijkverhoging of door beter beheer, vooral door in de winter op tijd het peil aan te passen met behulp van spuisluizen en pompen.

Deze cijfers zijn gevoelig voor de gebruikte veronderstellingen. Voor een goed gebruik van deze conclusies is het daarom belangrijk te weten in hoeverre deze cijfers robuust zijn. Omdat de tijd ontbrak om uitgebreide gevoeligheidsanalyse uit te voeren, bespreken we kort de gevoeligheid voor de volgende veronderstellingen:

- de discontovoet van 5,5%;
- de economische groei van 2,2% op basis van een bevolkingsgroei van 0,3% en een groei van het BBP per capita van 1,9%;

²¹ Deze ramingen zijn relatief onzeker, omdat ze volledig gebaseerd zijn op hydraulische ramingen voor een scenario van meestijgen bij het meest warme klimaatscenario.

- de effecten van het gematigde klimaatscenario zijn een vertraagde versie van het meest warme klimaatscenario;
- bij niet meestijgen zijn de veiligheidseffecten van direct een pompcapaciteit van 2000 m³/s meegenomen en niet de gefaseerde invoering van pompen.
- gebruik van economisch optimale normen in plaats van wettelijke veiligheidsnormen.

Verlaging van de discontovoet betekent dat kosten die verder in de toekomst liggen een zwaarder gewicht krijgen. Verhoging van de discontovoet leidt juist tot een kleiner gewicht voor kosten in de toekomst. Bij het lange termijn basisalternatief niet meestijgen zijn er relatief minder investeringen in de verdere toekomst. Verlaging van de discontovoet naar bijvoorbeeld 4% of lager geeft een groter gewicht aan deze investeringen in de verdere toekomst en vergroot daarmee het verschil met het basisalternatief niet meestijgen. Verhoging van de discontovoet naar bijvoorbeeld 7% heeft een omgekeerd effect. Verandering van de discontovoet verandert ook de afweging tussen investeringen en verwachte economische schade door overstromingen. Verlaging van de discontovoet zorgt ervoor dat verwachte economische schade sterker zal worden beperkt door een investering in aanpassing dijken en kunstwerken. Dit laatste zorgt voor extra investeringen en dus hogere investeringskosten (maar wel minder verwachte economische schade door de hogere veiligheid van deze extra investeringen). De conclusie is daarom dat per saldo een discontovoet lager dan 5,5% het lange termijn projectalternatief niet meestijgen en pompen nog aantrekkelijker maakt. Verhoging van de discontovoet heeft het omgekeerde effect en beperkt de verschillen tussen wel en niet meestijgen met de zeespiegel. Additionele berekeningen ('gevoeligheidsanalyses') zouden de effecten van een andere discontovoet gedetailleerd inzichtelijk maken.

De veronderstelling van een economische groei van 2,2% per jaar zorgt voor een snelle stijging van de economische schade in de tijd en noodzaakt daarmee extra aanpassingen aan dijken en kunstwerken. Een lagere economische groei, bijvoorbeeld 1% per jaar, zorgt voor een minder snelle stijging van de verwachte economische schade in de tijd en dus tot minder aanpassingen aan dijken en kunstwerken tot 2100. Dit beperkt ook het verschil tussen wel en niet meestijgen met de zeespiegel. Een hogere economische groei dan 2,2% per jaar heeft een omgekeerd effect.

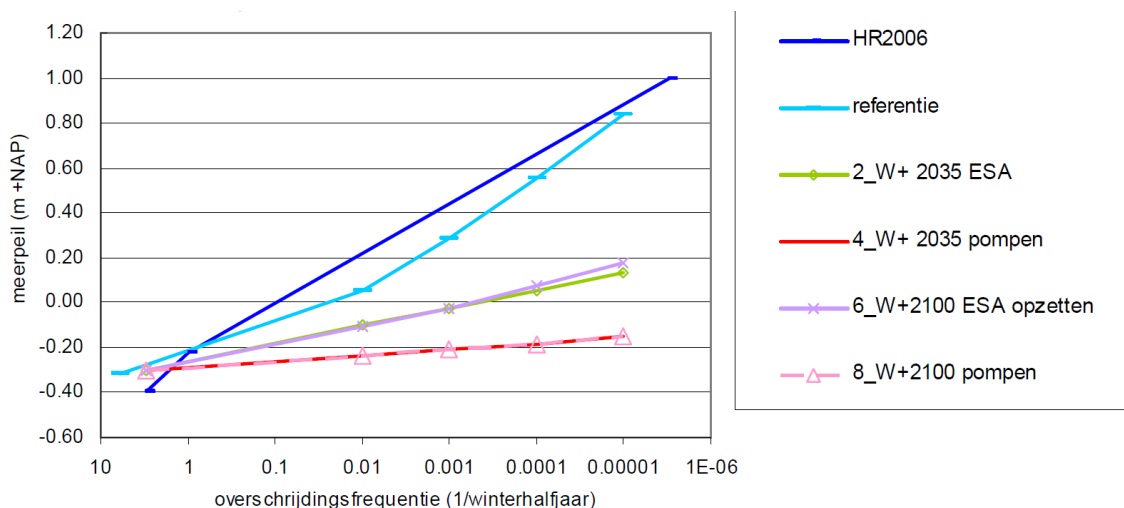
De effecten van het gematigde klimaatscenario zijn bepaald als een vertraagde versie van die van het warme klimaatscenario: het jaar 2100 in het gematigde klimaatscenario is dan vergelijkbaar met het jaar 2050 in het warme klimaatscenario. Als deze veronderstelling klopt, kunnen klimaatveranderingen die tussen het gematigde en het warme klimaatscenario in liggen, bijvoorbeeld een zeespiegelstijging van 50 cm, op overeenkomstige wijze worden afgeleid. Een recent Deltares-rapport²² geeft aan dat vele ontwikkelingen, zoals neerslag, verdamping en Rijnafvoer, in veel maanden redelijk overeenkomen tussen het warme

²² G. van Meurs en N. Kramer (2012).

klimaatscenario in 2050 en het gematigde klimaatscenario in 2100. Er zijn echter ook soms grote verschillen die er in vrijwel alle gevallen op duiden dat de faalkansen in de IJssel- en Vechtdelta, en daarmee de bijbehorende veiligheidskosten, wordt overschat in het gematigde klimaatscenario. Of er sprake is van een beperkte of een aanzienlijke overschatting valt zonder nader onderzoek niet te zeggen. Al met al lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat het geconstrueerde gematigde klimaatscenario redelijk goed overeenkomt met het KNMI G-scenario.

De faalkansen bij niet meestijden zijn gebaseerd op direct in 2020 een extra pompcapaciteit van 2000 m³/s bij de Afsluitdijk in plaats van de in het projectalternatief veronderstelde gefaseerde invoering van extra pompcapaciteit. Dit geeft een te positief beeld van de faalkansen bij pompen en dus van de bijbehorende kosten voor veiligheid tot 2060. In welke mate dit zo is en in hoeverre een nog langzamere fasering misschien ook nog voldoende veiligheid biedt, vereist nader onderzoek. Overigens kunnen de veiligheidsvoordelen van extra pompen misschien ook worden bereikt door andere regelstrategieën voor pompen. Bij dreigende grote aanvoer via de Rijn en de IJssel kunnen de pompen bijvoorbeeld al vooraf worden aangezet om tijdelijk onder het peil te komen. Dergelijke regelstrategieën zijn vrijwel kosteloos, maar vereisen additioneel onderzoek. Overigens zijn soortgelijke regelstrategieën ook denkbaar voor spuien.

Figuur 4.2b Meerpeilstatistiek Markermeer voor de winter (van Meurs en Kramer, 2012, figuur 4)



In alle veiligheidsberekeningen wordt ervan uitgegaan dat het Markermeer wordt ontkoppeld van het IJsselmeer door het plaatsen van een pomp op de Houtribdijk (100 m³/s); daarnaast zijn er nog spuisluizen aanwezig op de Houtribdijk. Dit komt niet overeen met de gehanteerde definities van de projectalternatieven meestijden (L.1 en L.2) waarin een dergelijke pomp niet verondersteld wordt aanwezig te zijn. Uit analyse van Deltares (zie figuur 4.2b) blijkt ook dat bij het lange termijn basisprojectalternatief pompen op de Afsluitdijk (L.1) het Markermeerpeil beter beheerst kan worden dan bij het projectalternatief spuien (L.4). De meest logische verklaring is dat door het installeren van 2.000 m³/s pompcapaciteit op de Afsluitdijk, de fluctuatie in waterpeil op het IJsselmeer wordt getemperd en dat dit ook doorwerkt in het waterpeil op het Markermeer. Daarnaast

zullen de aanwezige spuisluizen bij het projectalternatief pompen nog wel lange tijd nuttig blijven, terwijl bij meestijgen deze spuien hun functie snel verliezen. Dit leidt tot extra onveiligheid bij het projectalternatief spuien (L.4) en dus waarschijnlijk tot extra dijkverhogingen rond het Markermeer. Nadere analyse moet aangeven of dit op te lossen is door andere regelstrategieën van de pompen op de Houtribdijk en bij IJmuiden dan wel dat er extra pompcapaciteit nodig is op de Houtribdijk bij het basisprojectalternatief meestijgen en spuien (L.4).

In de bovenstaande berekeningen is telkens uitgegaan van economisch optimale normen en niet van de wettelijke veiligheidsnormen. In hoeverre zou de analyse van de kosten van niet meestijgen en pompen (L.1) versus meestijgen en spuien (L.4) hierdoor worden beïnvloed?

- Bij enkele dijkkringdelen die bescherming bieden voor zeer dunbevolkte gebieden is het soms economisch optimaal om meer onveiligheid te accepteren dan de wettelijke veiligheidsnorm. Het gaat hier vooral om de dijkkringdelen Zuid-west Friesland, West-Friesland en Noord-Flevoland voor het lange termijn projectalternatief meestijgen en spuien (L.4) in het meest warme klimaatscenario. Om te voldoen aan de minimum wettelijke veiligheidsnorm moet in contante waarde 0,6 mld euro meer worden geïnvesteerd dan bij een economisch optimale norm. Deze investering leidt tot 0,2 mld euro in contante waarde aan veiligheidsbaten in de vorm van minder verwachte schade. Per saldo zijn de totale extra veiligheidskosten om te voldoen aan de minimum wettelijke veiligheidsnorm dan 0,4 mld euro. Voor het lange termijn projectalternatief niet-meestijgen en pompen is er geen toename van de kosten voor veiligheid als moet worden uitgegaan van de wettelijke veiligheidsnorm. Uitgaan van minimaal voldaan aan wettelijke veiligheidsnormen in plaats van economisch optimale normen vergroot dus voor het meest warme klimaatscenario het verschil tussen niet-meestijgen en pompen (L.1) ten opzicht van meestijgen en spuien (L.4).
- De studie WV21 had reeds aangegeven dat het economisch optimaal is rond Almere (dijkkringdeel Zuid-west Flevoland) de wettelijke veiligheidsnormen te verhogen. Als rond dergelijke dijkkringdelen wordt uitgegaan van de huidige wettelijke veiligheidsnormen in plaats van de economisch optimale leidt dit tot lagere investeringen in dijken en kunstwerken en toename van het restrisico in de vorm van verwachte economische schade die dit ruim overschrijdt. Om dit effect voor de verschillende projectalternatieven precies te kwantificeren zou eerst een maximum moet worden gekozen voor de mate waarin een dijkkringdeel in veiligheid boven de wettelijke veiligheidsnormen mag uitgaan. Dit is niet nader onderzocht.

4.3 Lange termijn effecten, maatregelen en kosten op basis van de peilthermometer

Wel of niet meestijgen met de zeespiegel?

Net als bij de analyse van de kosten voor veiligheid, zal ook bij de maatregelen op basis van de peilthermometer eerst een vergelijking worden gemaakt van de twee lange termijn basisprojectalternatieven, d.w.z. niet meestijgen met de zeespiegel en pompen (L.1) en meestijgen en spuien (L.4). Tabel 4.3a geeft een overzicht van de maatregelen bij beide projectalternatieven. Een algemene toelichting op de peilthermometer en deze kosten-batenanalyse is gegeven in paragraaf 3.2 over de effecten van korte termijn projectalternatieven. Een uitgebreide toelichting per maatregel is te vinden in Tolk en van Staveren (2012b).

Een omslagpunt uit de peilthermometer is “Kunstwerken voldoen niet meer, bruggen te laag”. Dit lijkt relevant als wordt meegestegen met de zeespiegel (L.4). Dit omslagpunt is echter buiten beschouwing gelaten omdat het eventueel verhogen van de bruggen tot het jaar 2100 gewoon binnen de reguliere onderhoud- en vervangingscyclus kan worden meegenomen.

Tabel 4.3b geeft de bijbehorende kostenraming. Deze is in contante waarde waarbij een discontovoet van 5,5% is gebruikt. Voor het meest warme klimaatscenario is verondersteld dat alle investeringen eenmalig in 2060 worden gedaan; bij het gematigde klimaatscenario is uitgegaan van het jaar 2080. Voor al deze investeringen wordt gerekend met onderhoud en exploitatiekosten van 1%. Voor maatregelen met drainage is echter uitgegaan van een levensduur van 25 jaar²³; daarna moet opnieuw drainage worden aangelegd. Door het disconteren worden de bedragen aanzienlijk verkleind. Ter illustratie: investeringen in 2060 zijn in contante waarde van 2020 met een discontovoet van 5,5% een factor 7 kleiner.

Tabel 4.3b laat zien dat voor de kosten bepaald via de peilthermometer meestijgen met de zeespiegel in het warme klimaatscenario 140-150 miljoen euro duurder is; bij het gematigde klimaatscenario zijn de kosten vrijwel gelijk. De tabel laat ook zien dat bij sommige projectalternatieven natuurcompensatie door zandsuppletie goedkoper is (L.1 IJsselmeer en Marmermeer) en bij andere natuurcompensatie door aankoop landbouwgrond (L.4 IJsselmeer, meest warme klimaatscenario).

²³ Bij het meest warme klimaatscenario wordt uitgegaan van 2035 als eerste jaar van aanleg; bij het gematigde klimaatscenario is gekozen voor 2070 als eerste jaar van aanleg.

Tabel 4.3a Effecten en maatregelen op basis van de peilthermometer, lange termijn basisprojectalternatieven (L.1 en L.4)

Omslagpunt	Maatregelen	L.1 W+ & G		L.4 W+	L.4 G
		IJM	MM	IJM	IJM
Gemalen kunnen niet meer of onvoldoende uitmalen op de meren	Aanpassen opvoerhoogte, aantal gemalen	3-9	0	3-9	0
Inlaatpunten voldoen niet meer bij laag zomerpeil	Inlaatgemaal aanleggen, aantal gemalen & capaciteit	1 x 10 m ³ /s	0	1 x 10 m ³ /s	1 x 10 m ³ /s
Extra pompcapaciteit voor op peil houden Markermeer en Veluwerandmeren	Pompen bij Houtribdijk en Roggebot	1 x 5 m ³ /s		1 x 100 m ³ /s + 1 x 5 m ³ /s	1 x 100 m ³ /s + 1 x 5 m ³ /s
Recreatiestranden en ligweiden overstroomd door opzetten meerpeil	Suppleren, m ³	25000	25000	120000	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: risico's voor de landbouw	Drainage verdichten, strekkende kilometers	5	10	1000	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: toename uitmaalhoeveelheden	Gemaal aanleggen/capaciteit vergroten, extra m ³ /s	15000	5000	75000	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename zoute kwel: risico's voor de landbouw	Dieper draineren, strekkende kilometers	5	0	250	0
Peilstijging leidt tot grondwateroverlast in stedelijk gebied	Blokdrainage aanleggen, strekkende kilometers	0	0	125 - 620	0-5
Variant 1. Natuur onder druk door opzet van meerpeil	Ophogen buitendijks natuurgebied, Mm ³	0,3	0,1	19	0
Variant 1. Veiligheid buitendijks gebied komt onder druk door peilopzet	Verhoogde kade of dijk aanleggen, km	0	0	220	160
P.M. Variant 2 Natuur onder druk door opzet meerpeil	Opkopen landbouwgrond, ha	500	200	3600	200
P.M. Variant 2 Veiligheid buitendijks gebied komt onder druk door peilopzet	Verhoogde kade of dijk aanleggen, km	0	0	120	150

Tabel 4.3b Kosten van maatregelen op basis van de peilthermometer, lange termijn basisprojectalternatieven (L.1 en L.4), mln euro, contante waarde bij een discontovoet van 5,5%, 2020-2100.

Omslagpunt	L.1	L.1	L.4 W+	L.4 G	L.1 minus	L.1
	IJM	MM	IJM	IJM	L.4 W+	minus
	contante				IJM	L.4 G
	waarde				IJM	IJM
Gemalen kunnen niet meer of onvoldoende uitmalen op de meren , aanpassen gemalen	0	0	0	0	0	0
Inlaatpunten voldoen niet meer bij laag zomerpeil, extra inlaatgemalen	1	0	5	0	-4	1
Extra pompcapaciteit voor op peil houden Markermeer en Veluwerandmeren	3	0	29	4	-26	-2
Recreatiestranden en ligweiden overstromen door opzetten meerpeil , suppleren	0,1	0,1	0,3	0	0	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: risico's voor de landbouw, drainage	0	0	4	0	-4	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: toename uitmaalhoeveelheden, extra maalcapaciteit	0	0	1	0	-1	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename zoute kwel: risico's voor de landbouw, drainage	0	0	1	0	-1	0
Peilstijging leidt tot grondwateroverlast in stedelijk gebied, blokdrainage	0	0	33	0	-33	0
Variant 1. Natuur compensatie door zandsuppletie	0	0	40	0	-40	0
Variant 1. Buitendijks gebied beschermen door kade of dijk verhogen	0	0	44	11	-44	-11
Variant 2 Natuurcompensatie door opkopen landbouwgrond	8	3	56	1	-48	7
Variant 2 Buitendijks gebied beschermen door kade of dijk verhogen	0	0	24	10	-24	-10
Totaal kosten met natuurcompensatie door zandsuppletie (variant 1)	4	0	158	15	-154	-11
Totaal kosten met natuurcompensatie door opkopen landbouwgrond (variant 2)	12	3	153	15	-142	-3
	nominale					
	waarde					
P.M. Totale kosten goedkoopste variant, nominaal	22	1	1163	353	-1141	-333

Lange termijn opties voor extra zoetwaterbuffer

Tabellen 4.3c en 4.3e geven een overzicht van de maatregelen zoals die voor de lange termijn opties voor extra zoetwaterbuffer via de peilthermometer in kaart zijn gebracht. Tabellen 4.3d en 4.3f geven de bijbehorende kostenramingen in contante waarde bij een discontovoet van 5,5%.

Naast de in de tabellen weergegeven effecten en maatregelen lijken bij het projectalternatief met extra uitzakken (L.2.c) ook de volgende omslagpunten relevant:

- Recreatievaart ondervindt beperkingen door minder diepgang;

- Toename wachttijden schutsluizen;
- Vaargeul vrachtschepen onvoldoende diep;
- Uitzakken leidt lokaal tot verlaagde grondwaterstanden: risico's voor de landbouw.

Recreatie- en beroepsscheepvaart zullen slechts incidenteel last hebben van deze omslagpunten, bijvoorbeeld gemiddeld eens in de tien jaar tijdens een droge zomer gedurende een korte periode. Gelet ook op hun beperkte economische belang in het IJsselmeergebied en de mogelijkheden tot substitutie en aanpassing op korte en lange termijn is de verwachte economische schade dan zeer beperkt. Vanuit de filosofie van een maatschappelijke kosten-batenanalyse zijn dure maatregelen om deze schade te voorkomen, zoals extra uitdiepen en vergroten sluizen, daarom niet gerechtvaardigd. Deze blijven hier dus buiten beschouwing. Verondersteld wordt ook dat de risico's van (incidenteel) extra uitzakken in de zomer voor landbouw op de lange termijn beperkt blijven vanwege het adaptieve karakter van landbouw.

Op basis van deze indicatieve kostenramingen kan voor de projectalternatieven extra zoetwater en niet meestijden met de zeespiegel (L.2a, L.2b en L.2c; zie tabel 4.3c) het volgende worden geconcludeerd voor de kosten geraamd via de peilthermometer:

- De extra kosten bij niet meestijden zonder extra opties voor zoetwater (L.1) zijn vrijwel nihil (4 miljoen euro voor IJsselmeer en 0 miljoen euro voor Markermeer). Vrijwel alle extra kosten via de peilthermometer komen dus door het extra opzetten of uitzakken.
- De contante kosten via de peilthermometer zijn maximaal 100 miljoen euro.
- De belangrijkste kostenposten zijn hierbij: natuurcompensatie, stabiliteit van de dijken (alleen bij uitzakken), peilhandhaving Markermeer en Veluwerandmeren en aanpassen drempelhoogte schutsluizen (alleen bij uitzakken).
- Vele andere mogelijke kostenposten blijken relatief onbelangrijk.
- De contante kosten van uitzakken bedragen op basis van de huidige kennis zo'n 85 mln euro (inclusief natuurcompensatie). De kosten zijn echter moeilijk in te schatten en kunnen aanzienlijk groter of kleiner zijn dan wordt gesuggereerd door de raming in tabel 4.3d.

Tabel 4.3c Lange termijn opties voor extra zoetwater bij niet meestijden met zeespiegel, meest warme en gematigde klimaatscenario, 2020-2100.

Omslagpunt	Maatregelen	L.2a		L.2b			L.2c
		IJM	MM	IJM	MM	IJM	MM
Macrostabiliteit dijk; gevaar voor buitendijks afschuiven en zetting in het dijklichaam	Talud verflauwen, km	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0-15	0-32
Gemalen kunnen niet meer of onvoldoende uitmalen op de meren	Aanpassen opvoerhoogte, aantal gemalen	3-9	1-3	4-12	1-3	3-9	0
Inlaatpunten voldoen niet meer bij laag zomerpeil	Inlaatgemaal aanleggen, aantal gemalen & capaciteit	1 x 10 m ³ /s	0	1 x 10 m ³ /s	0	2 x 10 m ³ /s; 1 x 4 m ³ /s; 1 x 2 m ³ /s	1 x 10 m ³ /s; 1 x 5 m ³ /s
Extra pompen om Markermeer en Veluwerandmeren op peil te houden	Pompen bij Houtribdijk en Roggebot	1 x 5 m ³ /s		1 x 100 m ³ /s; 1 x 5 m ³ /s		1 x 5 m ³ /s	
Risico op aantasting stabiliteit gebouwen door paalrot en zetting	Infiltratiesysteem (drain + pomp), aantal	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0-100	0-175
Recreatiestranden overstroomd door opzetten meerpeil	Suppleren, m ³	70000	75000	165000	7500 0	25000	25000
Drempelhoogte van de schutsluizen te hoog, hinder voor de scheepvaart bij laag zomerpeil	Drempelhoogte aanpassen, aantal schutsluizen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0-6	0-2
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: risico's voor de landbouw	Drainage verdichten, strekkende kilometers	250	50	850	200	5	10
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: toename uitmaalhoeveelheden	Gemaal aanleggen /capaciteit vergroten	45000	15000	75000	2500 0	15000	5000
Peilstijging leidt lokaal tot toename zoute kwel: risico's voor de landbouw	Dieper draineren, strekkende kilometers	100	40	250	100	5	0
Peilstijging leidt tot grondwater-overlast in stedelijk gebied	Blokdrainage aanleggen, strekkende kilometers	15 - 55	5 - 25	50 - 75	20 - 100	0	0
Variant 1. Natuur onder druk door opzet van meerpeil	Herstel dieptezones door zandsuppletie, Mm ³	2	1	16	1	0	0
Variant 1. Buitendijks gebied onder druk door peilopzet	Verhoogde kade of dijk aanleggen, km	0	0	23	0	0	0
Variant 2. Natuur onder druk door peilopzet	Opkopen landbouwgrond, ha	1200	500	3300	500	500	200

L.2a = L.1 en 20 cm extra voorjaarsopzet, L.2b = L.1 met 60 cm extra voorjaarsopzet en L.2c = L.1 met 40 cm extra uitzakken in de zomer

Tabel 4.3d Kosten van maatregelen op basis van peilthermometer voor lange termijn opties extra zoetwater, niet meestijgen, mln euro, contante waarde, meest warme en gematigde klimaatscenario, 2020-2110

Omslagpunt	L.2a	L.2a	L.2b	L.2b	L.2c	L.2c
	IJM	MM	IJM	MM	IJM	MM
	contante waarde					
Macrostabielteit dijk; gevaar voor buitendijks afschuiven en zetting, talud verflauwen	0	0	0	0	16	33
Gemalen kunnen niet meer of onvoldoende uitmalen op de meren	3	0	8	0	1	0
Inlaatpunten voldoen niet meer bij laag zomerpeil	1	0	1	0	3	2
Extra pompen voor handhaven peil Markermeer en Veluwerandmeren	3	0	29	0	3	0
Risico op aantasting stabiliteit gebouwen door paalrot, zetting en klink, infiltratiesystemen	0	0	0	0	1	1
Recreatiestranden en ligweiden, suppleren	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1
Drempelhoogte van de schutsluizen te hoog, hinder voor de scheepvaart, aanpassen	0	0	0	0	10	3
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: risico's voor de landbouw, drainage	1	0	3	1	0	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: toename uitmaalhoeveelheden, gemaal	1	0	1	0	0	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename zoute kwel: risico's voor de landbouw, draineren	0	0	1	0	0	0
Peilstijging leidt tot grondwateroverlast in stedelijk gebied, blokdrainage	3	1	6	5	0	0
Variant 1. Natuur onder druk door peilopzet, zandsuppletie	4	2	34	2	0	0
Variant 1. Buitendijks gebied onder druk door peilopzet, kade of dijk verhogen	0	0	5	0	0	0
Variant 2. Natuur onder druk door peilopzet, opkopen landbouwgrond	19	8	51	8	8	3
Totaal kosten bij natuurcompensatie door zandsuppletie (variant 1)	17	5	88	10	34	40
Totaal kosten bij natuurcompensatie door opkopen landbouwgrond (variant 2)	31	10	101	15	42	43
	nominale waarde					
Totaal variant 1, nominale waarde	126	37	640	62	326	407
Totaal variant 2, nominale waarde	274	95	770	120	406	439

L.2a = L.1 en 20 cm extra voorjaarsopzet, L.2b = L.1 met 60 cm extra voorjaarsopzet en L.2c = L.1 met 40 cm extra uitzakken in de zomer

Tabel 4.3e Effecten en maatregelen op basis van de peilthermometer, lange termijn opties voor extra zoetwater meestijgen met zeespiegel, alleen IJsselmeer stijgt mee, 2020-2100.

Omslagpunt	Maatregelen	L.3a W	L.3b W	L.3a G	L.3b G
		IJM	IJM	IJM	IJM
Gemalen kunnen niet meer of onvoldoende uitmalen op de meren	Aanpassen opvoerhoogte, aantal gemalen	5-16	5-16	3-9	5-16
Inlaatpunten voldoen niet meer bij laag zomerpeil	Inlaatgemaal aanleggen, aantal gemalen & capaciteit	1 x 10 m ³ /s	1 x 10 m ³ /s	1 x 10 m ³ /s	1 x 10 m ³ /s
Handhaven peilniveau op Markermeer en Veluwerandmeren	Extra pompen bij Houtribdijk en Roggebot	1 x 100 m ³ /s + 1 x 5 m ³ /s	1 x 100 m ³ /s; + 1 x 5 m ³ /s	1 x 100 m ³ /s + 1 x 5 m ³ /s	1 x 100 m ³ /s + 1 x 5 m ³ /s
Bereikbaarheid havens in historische steden onder druk door meerpeilstijging	Lange termijn: schutsluis aanleggen, aantal	8	8	0	8
Recreatiestranden en ligweiden overstroomd door opzetten meerpeil	Suppleren, m ³	235000	305000	120000	190000
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: risico's voor de landbouw	Drainage verdichten, strekkende kilometers	1500	2200	500	1200
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: toename uitmaalhoeveelheden	Gemaal aanleggen /capaciteit vergroten	105000	150000	60000	90000
Peilstijging leidt lokaal tot toename zoute kwel: risico's voor de landbouw	Dieper draineren, strekkende kilometers	400	400	250	400
Peilstijging leidt tot grondwateroverlast in stedelijk gebied	Blokdrainage aanleggen, strekkende kilometers	130 - 630	170 - 730	45 - 65	60-130
Variant 1. Natuur onder druk door peilopzet	Herstellen van dieptezones door zandsuppletie, Mm ³	43	55	9	24
Variant 1. Veiligheid buitendijks gebied onder druk door peilopzet	Verhoogde kade of dijk aanleggen, km	220	230	160	160
Variant 2. Natuur onder druk door peilopzet	Opkopen landbouwgrond, ha	5000	4900	2300	4000
Variant 2. Veiligheid buitendijks gebied onder druk door peilopzet	Verhoogde kade of dijk aanleggen	90	100	100	50

L.3a = L.4 met 50 cm voorjaarsopzet, L.3b = L.4 met 80 cm voorjaarsopzet

Tabel 4.3f Kosten voor maatregelen op basis van de peilthermometer, lange termijn opties voor extra zoetwater, meestijgen met zeespiegel, mln euro, contante waarde, 2020-2100.

Maatregel	L.3a W	L.3b W	L.3a G	L.3b G
	IJM contante	IJM waarde	IJM	IJM
Gemalen kunnen niet meer of onvoldoende uitmalen op de meren, aanpassen gemalen	12	15	1	4
Inlaatpunten voldoen niet meer, aanpassen	1	1	0	0
Extra pompen voor peil Markermeer en Veluwerandmeren	29	29	4	4
Bereikbaarheid historische havens komen onder druk, schutsluizen	61	61	0	20
Recreatiestranden overstromen, zand suppleren	0,5	0,6	0,1	0,1
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: risico's voor de landbouw, drainage	6	9	0	1
Peilstijging leidt lokaal tot toename kwel: toename uitmaalhoeveelheden	2	3	0	0
Peilstijging leidt lokaal tot toename zoute kwel: risico's voor de landbouw, drainage	2	2	0	0
Peilstijging leidt tot grondwateroverlast in stedelijk gebied, blokdrainage	33	40	1	1
Variant 1. Natuur onder druk, zandsuppletie	91	117	6	17
Variant 1. Buitendijks gebied onder druk, verhogen kades en dijken	44	46	11	11
Variant 2. Natuur onder druk, opkopen landbouwgrond	78	76	12	21
Variant 2. Buitendijks gebied onder druk, verhogen kades en dijken	18	20	7	3
Totaal kosten natuurcompensatie door zandsuppletie (variant 1)	282	322	24	59
Totaal kosten natuurcompensatie door opkopen landbouwgrond (variant 2)	242	256	26	55
	nominale	waarde		
Totaal kosten variant 1, nominaal	2462	2826	600	1512
Totaal kosten variant 2, nominaal	2055	2141	641	1416

L.3a = L.4 met 50 cm voorjaarsopzet, L.3b = L.4 met 80 cm voorjaarsopzet

Meestijgen met de zeespiegel (L.4) leidt in het meest warme klimaatscenario tot 153 miljoen euro aan kosten aan maatregelen via de peilthermometer (inclusief natuurcompensatie); in het gematigde scenario gaat het om 15 miljoen euro. In de twee opties om de zoetwaterbuffer extra te vergroten (L.3a, L.3b; zie bovenstaande tabel 4.3f) lopen deze in het meest warme klimaatscenario op tot 250-300 miljoen euro (contante waarde). De belangrijkste kostenposten zijn hierbij natuurcompensatie, bereikbaarheid van de historische havens, grondwateroverlast in stedelijk gebied (veelal de historische stadskernen gebouwd op palen) en peilhandhaving Markermeer en Veluwerandmeren. Bij het gematigde klimaatscenario zijn deze kosten een stuk kleiner en zijn de totale kosten maximaal 60 miljoen euro.

Bij deze projectalternatieven is natuurcompensatie veruit de grootste kostenpost. Bij deze raming is sprake van grote onzekerheden. Slim omgaan met zand, bijvoorbeeld door combinatie met het uitdiepen van vaargeulen, zou tot besparingen kunnen leiden (zie paragraaf 3.3).

4.4 Lange termijn effecten op natuur met en zonder compensatie

Effecten van peilverhoging

De belangrijkste natuurgebieden in het IJsselmeergebied die 'onder water' gaan bij een peilverhoging zijn de trilveengebieden van de Makkumerwaard, de rust-, slaap- en ruigebieden voor vogels in de winter en de herfst en de rietmoerassen die voornamelijk bij het Zwarte meer liggen. Ook het eiland de Kreupel bij de Noord-Hollandse kust komt onder water bij een hoger peil. Dat eiland is aangelegd als broedgebied voor de visdiefjes. Als dit eiland onder water komt, verdwijnt de broedgelegenheid voor ruim 3000 broedparen. Langs de Friese kust zijn verschillende gebieden die belangrijk zijn als verblijfplaats voor de overwinterende ganzen. De rietmoerassen langs het Zwarte meer zijn een belangrijke habitat voor vele moerasvogels. De trilvenen van de Makkumerwaard zijn een zeldzaam vegetatiekundig habitat en onderdeel van Natura 2000.

Een ander effect is dat het huidige 'ondiepe water' 'dieper water' wordt. Het IJsselmeergebied heeft relatief veel diep water. Waterplanten kunnen tot een beperkte diepte groeien en een verhoging van het waterpeil leidt daarom tot vermindering van het ecotoop met waterplanten. In het IJsselmeer komen veel gebieden voor met driehoeksmosselen of andere schelpen. Dit ecotoop 'water met schelpdieren' is een belangrijk voedselgebied voor duikeenden zoals de kuifeend en de tafeleend. Deze kunnen tot maximaal 5 meter diep duiken, maar hoe dieper, hoe meer energie dat kost. Een sterke verhoging van het waterpeil leidt tot een afname van zowel de arealen aan schelpdieren als de bereikbaarheid voor deze groep duikeenden.

De verhoging van het waterpeil heeft ook verschillende effecten op het ecosysteem van het meer. In dieper water treedt minder opwerveling op, waardoor minder voedingsstoffen beschikbaar komen. Hierdoor kan het water helderder worden. Visetende vogels gaan hierdoor in aantal achteruit. Deze effecten zijn niet meegenomen in deze studie. Ook het verdwijnen van slaap-, rust- en ruigebieden zijn niet meegenomen. Het effect hiervan is moeilijk in te schatten, doordat soms alternatieven beschikbaar zijn. Met natuurcompensatie zijn deze gebieden ook relatief eenvoudig aan te leggen.

Effecten van uitzakken

Het uitzakken van het waterpeil kan verschillende effecten hebben. Als de bodem in het voorjaar regelmatig droog valt, stimuleert dit de ontwikkeling van het ecotoop rietmoeras. Hoe eerder in het voorjaar en hoe geleidelijker de droogval plaats vindt, hoe meer kans er is op rietontwikkeling. Als de bodem pas in september droogvalt, kan riet niet meer kiemen of uitgroeien. Afhankelijk van het tijdstip kan droogval dus positief of negatief uitwerken. Als droogval slechts incidenteel plaatsvindt, bijvoorbeeld 1 x per 10 jaar in geval van een droge zomer, heeft dit voor de rietontwikkeling vrijwel geen betekenis en is de meerwaarde gering.

Tabel 4.4a Verandering in natuurpunten zonder natuurcompensatie voor het IJsselmeer, uitgesplitst naar ecotoop. Referentie: huidige situatie (K.0) = 100%

	K.0	L.1	L.2a	L.2b	L.2c	L.3a W+	L.3b W+	L.4 W+	L.3a G	L.3b G	L.4 G
Viseters	48	48	48	42	48	43	43	43	42	43	48
Schelpdiereters	34	35	35	35	35	21	21	18	31	31	34
Waterplanteneters	12	11	11	11	10	6	5	11	9	9	12
Overige vogels op land en in riet	6	5	5	5	9	4	2	6	4	5	6
Totaal	100	99	99	93	102	73	71	77	87	88	100

Tabellen 4.4a en 4.4b vergelijken voor respectievelijk IJsselmeer en Markermeer de effecten op natuur in termen van natuurpunten. In tegenstelling tot de kostenramingen uit paragraaf 4.3, wordt er hierbij van uitgegaan dat geen bescherming of compensatie voor verlies van ondiepe delen van het IJsselmeer en Markermeer heeft plaatsgevonden. Als dergelijke maatregelen wel worden genomen is het effect op natuur in termen van natuurpunten nihil.

Tabel 4.4b Verandering in natuurpunten zonder natuurcompensatie voor het Markermeer, uitgesplitst naar ecotoop, meest warme klimaatscenario. Referentie: huidige situatie (K.0 = 100%).

	Ko	L1	L2a	L2b	L2c	L3a	L3b	L4
Viseters	30	30	30	30	30	30	30	30
Schelpdiereters	48	48	48	48	48	48	48	48
Waterplanteneters	21	20	19	19	20	21	21	21
Overige vogels op land en riet	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	100	99	98	98	99	100	100	100

De belangrijkste conclusies over de effecten in natuurpunten zonder enige compensatie of bescherming van natuur zijn:

- De negatieve effecten op het Markermeer zijn beperkt, doen zich alleen voor bij de projectalternatieven niet meestijgen, zijn 2% of kleiner en betreffen alleen de waterplanteneters.
- Bij het IJsselmeer zijn de effecten veel groter. Zonder natuurcompensatie leiden de projectalternatieven meestijgen met de zeespiegel in het meest warme klimaat tot een daling met bijna 30% van de natuurpunten. Dit betreft alle vier onderscheiden ecotopen. Bij niet meestijgen (L.1, L.2a, en L.2b) valt op dat vergroten van de zoetwaterbuffer door extra voorjaarsopzet een negatief effect heeft van maximaal - 7%, maar dat uitzakken (L.2c) een beperkt positief effect heeft, vooral voor de broedvogels in de riethabitat.

Tabel 4.4c Overzicht voor IJsselmeer, Zwarte Meer en Ketelmeer van risico's op het halen beleidsdoelen van de Europese richtlijnen Natura 2000, KRW en vismigratie.

Variant	Peil- Fluctuatie, cm	% Natura 2000 vogelsoorten met risico op doelbereik	Risico doelbereik KRW, % waterplanten	Risico doelbereik KRW, % schelpdieren	Risico's onvol- doende migratie in voorjaar
L.1	30 IJ+M	69	-	+	Gering
L.2a	50 IJ+M	71	-	+	Reëel W+? *
L.2b	90 IJ+M	89	--	-	Gering
L.2c	70 IJ+M	89	-	+	Reëel W+ *
L.3a W	120 IJ	86	--	-	Reëel? *
L.3b W	150 IJ	86	--	-	Reëel? *
L.3a G	70 IJ	71	-	=	Reëel? *
L.3b G	100 IJ	74	-	=	Reëel? *
L.4 W	70 IJ	83	-	-	Reëel? *
L.4 G	20 IJ	66	-	+	Gering

In tabel 4.4c worden de effecten op natuur op de Europese natuurrichtlijnen in kaart gebracht. Ook hier is uitgegaan van geen natuurcompensatie of -bescherming. Het Markermeer is in de analyse door tijdgebrek buiten beschouwing gelaten. De belangrijkste conclusies voor het IJsselmeer zijn:

- Bij de Natura 2000 vogelsoorten nemen de risico's op het behalen van de beleidsdoelen meestal aanzienlijk toe (15-20%) t.o.v. de -veelal- minst schadelijke variant (L.1, niet meestijden zonder extra opzet of uitzakken). Enige uitzondering zijn niet meestijden met weinig extra voorjaarsopzet (L.2a) en meestijden met de zeespiegel bij het gematigde klimaatscenario (L.4G, L.3a G en L.3b G); daarbij blijven de risico's ongeveer gelijk.
- In het lange termijn referentiealternatief (L.1) is sprake van een negatief effect op de waterplanten die moeten worden beschermd volgens de kaderrichtlijn water. Dit negatieve effect wordt vergroot bij een grote extra voorjaarsopzet (L.2b, L.3a W en L.3b W).
- Bij de schelpdieren zijn er positieve en negatieve effecten. Wat hierbij echter opvalt, is dat de projectalternatieven met grote extra voorjaarsopzet hierbij ook slecht scoren.
- Het risico op onvoldoende vismigratie neemt toe met een groter verschil tussen het waterpeil in het IJsselmeer en de Waddenzee. Het voorjaar is de belangrijkste periode voor vismigratie. Bij een hoge voorjaarsopzet is het moeilijker om juist in die periode vismigratie mogelijk te maken. Waterafvoer door pompen levert een groter risico op onvoldoende vismigratie dan waterafvoer met spuien.
- Voor alle varianten geldt dat maatregelen voor vismigratie mogelijk zijn tegen beperkte kosten. De huidige vismigratie is al beperkend om bijvoorbeeld de paling te behouden voor de Nederlandse binnenwateren. Nederland heeft afspraken gemaakt voor het behoud en herstel van de Nederlandse populatie van de paling en voor de Natura 2000-soorten zalm, elft, fint, zeeprick en rivierprick. Voor al deze soorten is een

verbetering van de vismigratie tussen Waddenzee en IJsselmeer essentieel. Voor de paling is ook de intrek naar de Friese en Noord-Hollandse boezem essentieel.

- Bij waterafvoer door middel van pompen is het mogelijk om een goede lokstroom (zoet water geloosd in brak water) te maken. Deze lokstroom kan de effectiviteit van een vismigratievoorziening sterk verbeteren. Deze lokstroom moet dan wel permanent zijn, dus ook tijdens de periode van peilopzet in het voorjaar en bij vloed.

4.5 Overzicht totale kosten per lange termijn projectalternatief

In paragrafen 4.2, 4.3 en 4.4 zijn voor de lange termijn projectalternatieven de kosten in termen van veiligheid, maatregelen via de peilthermometer en effecten op natuur gekwantificeerd. In deze paragraaf worden deze kosten bij elkaar gezet en wordt een overzicht van de totale kosten en de omvang van de zoetwaterbuffer per projectalternatief getoond (zie tabellen 4.5a, 4.5b, 4.5c en 4.5d).

Tabel 4.5a Overzichtstabel Kosten en omvang zoetwaterbuffer voor lange termijn-projectalternatieven, meest warme klimaatscenario, 2020-2100

	L.1	L.2a	L.2b	L.2c	L.3a	L.3b	L.4
<i>Contante waarde bij 5,5% disconto, miljoen euro</i>							
Investerings veiligheid	1094	1094	1094	1094	1882	1882	1882
Rest risico	971	1008	1094	971	1381	1628	1256
Overige kosten	4	22	98	74	256	296	132
Totale kosten	2069	2124	2286	2139	3519	3806	3270
Totale kosten verschil met L.1		55	217	70	1450	1737	1201
<i>Nominale waarde, miljoen euro</i>							
Investerings veiligheid	4815	4815	4815	4815	9152	9152	9152
Rest risico	5238	5439	5903	5238	7567	8815	6934
Overige kosten	28	168	707	738	2517	2881	1218
Totale kosten	10081	10422	11425	10791	19236	20848	17304
Totale kosten verschil met L.1		341	1344	710	9155	10767	7223
<i>Zoetwaterbuffer, miljoen m³</i>							
Zoetwaterbuffer, miljoen m ³	600	1000	1480	1400	1600	1960	1000
Extra zoetwaterbuffer t.o.v. L.1		400	880	800	1000	1360	400
<i>Extra kosten van extra zoetwaterbuffer, euro/ m³</i>							
Contante waarde		0,14	0,25	0,09	1,45	1,28	3,00
Nominale waarde		0,85	3,36	1,78	22,89	26,92	18,06

Tabel 4.5b Overzichtstabel kosten en omvang zoetwaterbuffer voor lange termijn projectalternatieven, gematigde klimaatscenario, 2020-2100.

	L.1	L.2a	L.2b	L.2c	L.3a	L.3b	L.4
<i>Contante waarde bij 5,5% disconto, miljoen euro</i>							
Investerings veiligheid	603	603	603	603	1113	1113	1113
Rest risico	835	868	943	835	1204	1419	1089
Overige kosten	0	4	19	14	28	55	11
Totale kosten	1438	1475	1565	1452	2345	2586	2213
Totale kosten verschil met L.1		37	127	14	907	1148	775
<i>Nominale waarde, miljoen euro</i>							
Investerings veiligheid	2744	2744	2744	2744	4863	4863	4863
Rest risico	4995	5191	5638	4995	6511	7615	5917
Overige kosten	28	168	707	738	655	1567	408
Totale kosten	7767	8102	9088	8477	12029	14045	11188
Totale kosten verschil met L.1		336	1322	710	4262	6278	3421
Zoetwaterbuffer, miljoen m ³	600	1000	1480	1400	1000	1360	400
Extra zoetwaterbuffer t.o.v. L.1		400	880	800	400	760	-200
<i>Extra kosten van extra zoetwaterbuffer, euro/ m³</i>							
Contante waarde		0,09	0,14	0,02	2,27	1,51	-3,87
Nominale waarde		0,84	1,50	0,89	10,66	8,26	-17,11

In tabellen 4.5a en 4.5b worden de kosten en omvang van de zoetwaterbuffer van de verschillende lange termijn projectalternatieven ook vergeleken met het lange termijn basisprojectalternatief niet-meestijgen en pompen (L.1). Dit laat zien wat de extra kosten en extra (minder) zoetwaterbuffer zijn voor de verschillende projectalternatieven. Door deze extra kosten en extra zoetwaterbuffer te delen kan ook een simpele maatstaf van kosteneffectiviteit van het vergroten van de zoetwaterbuffer worden afgeleid: wat is voor elk projectalternatief in vergelijking met L.1 de gemiddelde kostprijs van extra zoetwaterbuffer.

Tabellen 4.5a en 4.5b laten voor beide klimaatscenarios zien dat de kosteneffectiviteit van de lange termijn projectalternatieven niet-meestijgen en pompen het grootst is. Tabellen 4.5c en 4.5d geven nog een nadere uitsplitsing over IJsselmeer en Markermeer voor de lange termijn projectalternatieven niet meestijgen en pompen.

Tabel 4.5c Overzichtstabel kosten en omvang zoetwaterbuffer voor lange termijn projectalternatieven niet meestijden en pompen, meest warme klimaatscenario, IJsselmeer en Markermeer apart; exclusief kosten voor aanpassing kunstwerken bij Afsluitdijk en Houtribdijk, 2020-2100.

	L.1	L.2a	L.2b	L.2c	L.1	L.2a	L.2b	L.2c
	IJM	IJM	IJM	IJM	MM	MM	MM	MMM
Contante waarde bij 5,5% disconto, miljoen euro								
Investerings veiligheid	545	545	545	545	39	39	39	39
Rest risico	806	842	924	806	162	163	167	162
Overige kosten	1	14	85	31	0	5	10	40
Totale kosten	1352	1401	1554	1382	201	207	216	241
Totale kosten verschil met L.1		49	202	30		6	15	40
Nominale waarde, miljoen euro								
Investerings veiligheid	2824	2824	2824	2824	406	406	406	406
Rest risico	4363	4558	5001	4363	857	864	884	857
Overige kosten	22	126	640	326	1	37	62	407
Totale kosten	7209	7508	8465	7513	1264	1307	1352	1670
Totale kosten verschil met L.1		299	1256	304		43	88	406
Zoetwaterbuffer, miljoen m ³								
Zoetwaterbuffer	360	600	1080	840	240	400	400	560
Extra zoetwaterbuffer t.o.v. L.1		240	720	480		160	160	320
Extra kosten van extra zoetwaterbuffer, euro/ m ³								
Contante waarde		0,20	0,28	0,06		0,04	0,09	0,13
Nominale waarde		1,25	1,74	0,63		0,27	0,55	1,27

Tabel 4.5d Overzichtstabel kosten en omvang zoetwaterbuffer voor de lange termijn projectalternatieven niet meestijgen en pompen, gematigde klimaatscenario, IJsselmeer en Markermeer apart, exclusief kosten voor aanpassing kunstwerken bij Afsluitdijk en Houtribdijk.

	L.1	L.2a	L.2b	L.2c	L.1	L.2a	L.2b	L.2c
	IJM	IJM	IJM	IJM	MM	MM	MM	MMM
Contante waarde bij 5,5% disconto, miljoen euro								
Investerings veiligheid	377	377	377	377	16	16	16	16
Rest risico	695	727	799	695	137	138	141	137
Overige kosten	0	3	17	6	0	1	2	8
Totale kosten	1072	1107	1193	1078	153	155	159	161
Totale kosten verschil met L.1		35	121	6		2	6	8
Nominale waarde, miljoen euro								
Investerings veiligheid	1749	1749	1749	1749	342	342	342	342
Rest risico	4111	4300	4727	4111	871	878	898	871
Overige kosten	22	126	640	326	1	37	62	407
Totale kosten	5882	6175	7116	6186	1214	1257	1302	1620
Totale kosten verschil met L.1		293	1234	304		43	88	406
Zoetwaterbuffer, miljoen m ³								
Zoetwaterbuffer	360	600	1080	840	240	400	400	560
Extra zoetwaterbuffer t.o.v. L.1		240	720	480		160	160	320
Extra kosten van extra zoetwaterbuffer, euro/ m ³								
Contante waarde		0,14	0,17	0,01		0,01	0,04	0,03
Nominale waarde		1,22	1,71	0,63		0,27	0,55	1,27

5 Baten van extra zoetwater uit IJsselmeergebied

In hoofdstuk 4 zijn voor de verschillende projectalternatieven de omvang van de zoetwaterbuffer en de bijbehorende kosten in kaart gebracht. In dit hoofdstuk wordt kort gekeken naar de mogelijke baten van extra zoetwater uit het IJsselmeer.

Tabel 5a Zoetwaterbuffer in de verschillende projectalternatieven

Projectalternatief	Water schijf, cm	Buffer totaal, Mm ³	Buffer IJsselmeer, Mm ³	Buffer Markermeer, Mm ³	Buffer totaal, in m ³ /s
Nulvariant	10 IJ + 10 M	200	120	80	13
K.1	20 IJ + 20 M	400	240	160	26
K.2	30 IJ + 30 M	600	360	240	39
K.3	30 IJ + 30 M	600	360	240	39
L.1	30 IJ + 30 M	600	360	240	39
L.2a	50 IJ + 50 M	1000	600	400	64
L.2b	90 IJ + 50 M	1480	1080	400	95
L.2c	70 IJ + 70 M	1400	840	560	90
L.3a W+	120 IJ + 20 M	1600	1440	160	103
L.3b W+	150 IJ + 20 M	1960	1800	160	126
L.3a G	70 IJ + 20 M	1000	840	160	64
L.3b G	100 IJ + 20 M	1360	1200	160	87
L.4 W+	70 IJ + 20 M	1000	840	160	64
L.4 G	20 IJ + 20 M	400	240	160	26

In tabel 5a wordt per projectalternatief de beschikbare buffercapaciteit in miljoen m³ weergegeven. Maar hoe belangrijk is deze buffer in termen van de totale aanvoer van water, met name die via de IJssel in een droog of zeer droog jaar? De aanvoer van water wordt gemeten in m³/s. In de laatste kolom is daarom aangegeven hoeveel extra water in m³/s door de buffer beschikbaar komt; verondersteld is dat de buffervoorraad gedurende het zomerhalf jaar (180 dagen) volledig gebruikt wordt. In een zeer droog jaar is de Ijsselaanvoer uitgaande van de huidige situatie gemiddeld 195 m³/s. Hiervan is door verliesposten, zoals verdamping en kwel, maximaal ongeveer 85 m³/s beschikbaar voor het IJsselmeergebied. Verdubbeling van de zoetwaterbuffer door vergroting van de waterschijf naar 20 cm (K.1) betekent dat deze buffer in een zeer droog jaar toeneemt met 26 m³/s van 16% naar 31% van de beschikbare hoeveelheid zoetwater in het zomerhalfjaar.

Wat zijn de baten van (voldoende) zoetwater?

De mogelijke baten van extra zoetwater komen -uitgaande van het huidige gebruik- terecht in het voorzieningsgebied van het IJsselmeergebied. Er kunnen op hoofdlijnen drie verschillende baten worden onderscheiden:

- Het voorkomen van (extra) schade aan functies;

- Een grotere leveringszekerheid;
- Mogelijkheden voor nieuwe functies die (veel) zoetwater nodig hebben of voor functies die hier nog geen gebruik van maken.

Baten als ‘vermeden schade’ kunnen worden geanalyseerd door te kijken naar de effecten van watertekort en welke (financiële) schade hierdoor ontstaat.

Door het aanhouden van een buffer in het IJsselmeer en Markermeer neemt de leveringszekerheid van zoetwater voor de verschillende functies in het IJsselmeer voorzieningsgebied toe, omdat deze onafhankelijker wordt van de wateraanvoer door de IJssel in het zomerhalfjaar. Deze ‘grotere leveringszekerheid’ leidt in beginsel ook tot minder schade.

Het beschikbaar hebben van meer zoetwater kan ook potentiële mogelijkheden bieden voor nieuwe functies of functies die hier nog geen gebruik van maken. Hierbij wordt vooral aan landbouwkundige toepassingen gedacht. In de Deltascenario’s (zie Deltares en PBL, 2012) wordt in de ‘hoge groei’ scenario’s een toename van de watervraag aangenomen als gevolg van nieuwe economische activiteiten aangenomen. Er zijn echter grote onzekerheden rond de toekomstige watervraag op de termijn van 2050 en helemaal op de termijn van 2100. In het verlengde hiervan zullen er ook (zeer) grote onzekerheden zijn bij het vaststellen van de baten.

In Figuur 5a zijn de belangrijkste functies benoemd die afhankelijk zijn van voldoende (zoet)water, verdeeld over vier categorieën. Deze nationale verdringingsreeks geeft duidelijkheid over de wijze van waterverdeling in tijden van watertekorten. Deze watertekorten treden op in droge en zeer droge jaren. Als eerste zullen bij watertekorten de functies in categorie 4 getroffen worden. Binnen categorieën 3 en 4 vindt onderlinge prioritering plaats gericht op zo min mogelijk economische en maatschappelijke schade.

Figuur 5a Nationale verdringingsreeks



Zoetwatervraag op basis van berekeningen Deltares

Deltares heeft in opdracht van DPZoetwater met een quickscan tool (HWSwaterverdelingsmodule) berekend welke strategische buffervoorraad in het IJsselmeer nodig is om ook in de toekomst aan de watervraag (doorspoelen, peilbeheer, drinkwater, industriewater en beregening) uit het IJsselmeervoorzieningsgebied te voldoen (Deltares, 2012c).

Modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de scenario's Gematige klimaatverandering en hoge ruimte druk (G/GE) en Meeste warme klimaatscenario en lage ruimtedruk (W+/RC) voor een gemiddeld jaar, een droog jaar en een zeer droog jaar in 2050 en 2100.²⁴ De resultaten zijn samengevat in tabel 5b voor 2050 en tabel 5c voor 2100 (zie ook figuur 0.5).

Tabel 5b Benodigde buffer in IJsselmeer in Mm³ (of IJsselmeer èn Markermeer) om te voldoen aan de volledige watervraag in 2050 G/GE en W+/RC voor een gemiddeld, droog jaar en een extreem droog jaar, bron PBL (2012b).

	Gemiddeld jaar 2050	Droog jaar 2050	Extreem droog jaar 2050
G/GE minimum	0	0	242
GE/GE maximum	0	0	418
W+/RC minimum	55	198	1001
W+/RC maximum	165	352	1331

W+ = meest warme klimaatscenario; G = gematigde klimaatscenario; RC = sociaal-economisch scenario met lage ruimtedruk (lage bevolkingsgroei en lage groei productiviteit); GE = sociaal-economisch scenario met hoge ruimtedruk

Tabel 5c Benodigde buffer in Mm³ IJsselmeer (of IJsselmeer èn Markermeer) om te voldoen aan de volledige watervraag in 2100 G/GE en W+/RC voor een gemiddeld, droog jaar en een extreem droog jaar, bron PBL (2012b).

	Gemiddeld jaar, 2100	Droog jaar, 2100	Extreem droog jaar, 2100
G/GE minimum	0	0	242
G/GE maximum	0	0	418
W+/RC minimum	594	968	1738
W+/RC maximum	770	1210	2046

W+ = meest warme klimaatscenario; G = gematigde klimaatscenario; RC = sociaal-economisch scenario met lage ruimtedruk (lage bevolkingsgroei en lage groei productiviteit); GE = sociaal-economisch scenario met hoge ruimtedruk

Tabel 5b geeft aan dat tot 2050 de zoetwaterbuffer van 360 Mm³ uit het korte termijn projectalternatief aanpassen van de inlaatpunten (K.1) voldoende is voor een droog jaar uitgaande van het meest warme klimaatscenario (eens in de 10 jaar). Voor een extreem droog jaar uitgaande van het gematigde klimaatscenario is de zoetwaterbuffer van de korte

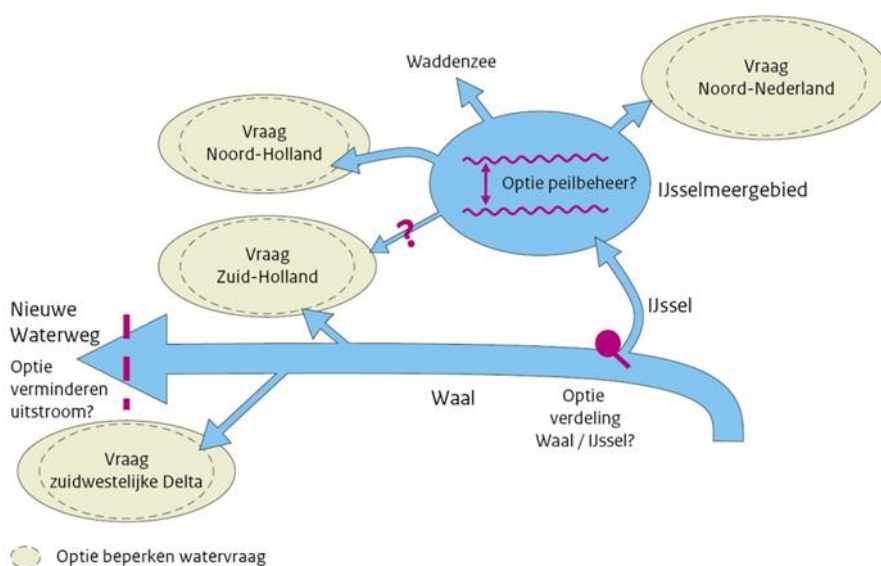
²⁴ Er is daarbij uitgegaan van de volgende karakteristieke jaren: '1967' voor een gemiddeld jaar, '1989' voor een droog jaar (komt 1 maal in de 10 jaar voor) en '1976' voor een zeer droog jaar (komt 1 maal in de 100 jaar voor). Door Deltares is aangegeven dat de IJsselaanvoer voor een karakteristiek droog jaar (1989) 1 maal in de 5 jaar voor komt (en dus niet zoals tot nog toe aangenomen 1 maal in de 10 jaar).

termijnprojectalternatieven met beperkte voorjaarsopzet of beperkt uitzakken in de zomer voldoende (K.2 en K.3).

Tabel 5c geeft aan dat tot 2100 een zoetwaterbuffer van maximaal 1210 Mm³ nodig is voor een droog jaar uitgaande van het meest warme klimaatscenario. Tabel 5a laat zien dat een dergelijke zoetwaterbuffer zowel gerealiseerd kan worden via twee projectalternatieven niet meestijgen met de zeespiegel (L.2b en L.2c) als met de drie projectalternatieven meestijgen met de zeespiegel (L.4, L.3a en L.3b in het meest warme klimaatscenario).

Vergelijking van deze zoetwatervraagberekeningen met het aanbod van zoetwater volgens de verschillende projectalternatieven uit deze studie is een eerste stap voor bepaling van de baten van extra zoetwater uit het IJsselmeergebied. De zoetwatervraagberekeningen van Deltares geven waarschijnlijk een overschatting van de zoetwatervraag. Er is namelijk geen rekening gehouden met de mogelijkheden om efficiënter om te gaan met het beschikbare water. Producenten en consumenten kunnen op diverse manieren worden geprikkeld efficiënter met water om te gaan. Als economische schade door watertekort niet wordt vergoed, zullen producenten hun productieproces aanpassen om de schade hiervan te beperken. De overheid kan ook proberen de kosten van extra zoetwater, met name in tijden in waterschaarste, zoveel mogelijk in rekening te brengen bij de gebruiker. Ook dit zal leiden tot efficiënter en zuiniger gebruik van water. De overheid kan hiervoor ook nog andere instrumenten inzetten, zoals subsidies of voorschriften voor zuiniger gebruik van water.

Figuur 5b Bovenregionale visie op aanbod en vraag van zoetwater in het IJsselmeergebied, bron PBL.



In analyses van de baten van extra zoetwater uit het IJsselmeergebied moet ook rekening worden gehouden met de behoefte aan extra zoetwater in andere delen van Nederland (bijvoorbeeld Zuid-Holland) die vanuit het IJsselmeergebied geleverd zou kunnen worden (zie figuur 5b). Hetzelfde geldt voor de mogelijkheid om in de waterbehoefte van het IJsselmeergebied langs andere wegen te voorzien dan uit de buffervoorraad van het

IJsselmeergebied, bijv. door de aanvoer van water via de IJssel in (zeer) droge jaren te vergroten door aanpassing van de waterverdeling in het hoofdwatersysteem.

Literatuur

Bockarjova, M., P. Rietveld en E. Verhoef, 2012, Composite valuation of immaterial damage in flooding: value of statistical life, value of statistical evacuation and value of statistical injury, Tinbergen Institute Discussion Paper, TI 2012-047/3.

Bos, F., A. Remmelzwaal en P. Zwaneveld, 2012, Plan van aanpak KBA DPIJ, CPB Memo, xx februari 2012, Den Haag.

Blueconomy, 2012, Waardering van baten in het Deltaprogramma. Handreiking. Opgesteld in opdracht van het Deltaprogramma, Zaltbommel.

Brekelmans, R., D. den Hertog, K. Roos en C. Eijgenraam, 2011, Safe Dike Heights At Minimal Costs: The nonhomogeneous Case, forthcoming in *Operations Research*.

CBS, 2012, Nationale rekeningen 2011.

Dantzig, D. van, 1956, Economic decision problems for flood prevention, *Econometrica* nr. 24, pp. 276-287.

Dantzig, D. van en J. Kriens, 1960, Het economische beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloeden, Deel 3, bijlage J1.2 van het rapport van de Deltacommissie.

Deltares, 2010, Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw (WV21).

Deltares, 2012a. Effecten van peilstrategieën op de Natura 2000 doelen in het IJsselmeergebied.

Deltares, 2012b, Memo effectbepaling mogelijke maatregelen en strategieën in het HWS vanuit het landelijke perspectief – een eerste benadering, door Judith ter Maat voor DP Zoetwater, 9 maart 2012, Delft.

Deltares, 2012c, Zoetwatervoorziening in Nederland; aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw.

Deltares en PBL, 2012, Deltascenario's, Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 - 2012.

DPIJ (Deltaprogramma IJsselmeergebied), 2010, Atlas van het IJsselmeergebied.

DPIJ, 2011a, De Hoekpunten van het Speelveld; Eindrapport Strategieontwikkeling Deltaprogramma IJsselmeergebied fase 1, versie 2, 28 april 2011, Deltaprogramma IJsselmeergebied.

DPIJ, 2011b, Deltaprogramma 2012: probleemanalyse IJsselmeergebied, mei 2011, Deltaprogramma IJsselmeergebied, Den Haag.

DPIJ, 2011c, Plan van aanpak fase2 en verder, september 2011, Deltaprogramma IJsselmeergebied, Lelystad.

Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopmans, P.J.G. Tang en A.C.P. Verster, 2000, Evaluatie van infrastructuurprojecten: leidraad voor kosten-batenanalyse, CPB en NEI.

Eijgenraam, C.J.J., 2005, Veiligheid tegen overstromen, kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier, deel 1, CPB Document 82.

ELI (Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie), 2012.. Natura 2000-gebieden. <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/>

Grevers, W. en P. Zwaneveld, 2011, Een kosten-effectiviteitsanalyse naar de toekomstige inrichting van de Afsluitdijk, CPB.

Grontmij, 2010, PlanMER Toekomst Afsluitdijk, bijlagerapport, 8 december 2010, Definitief D1.

Hoefsloot, N., en M. de Pater, 2010, KBA's van ambitiecomponenten Afsluitdijk, aanvulling op de MKEA van de kernen, Eindrapport, 15 december 2010, Decisio BV Amsterdam.

Kind, J. J. Gauderis, M. Duits, C. Bak, 2011, Economisch optimale niveaus voor de bescherming van dijkringen tegen grootschalige overstromingen, H2O Tijdschrift voor watervoorziening en waterbeheer, nr. 25/26, pp. 10-12.

KNMI, 2006, Klimaat in de 21e eeuw; vier scenario's voor Nederland, De Bilt, mei 2006.

Meurs, G. van en N. Kramer, 2012, Bijdrage Deltares aan KBA studie door CPB, Deltares Memo van 6 april 2012.

MNP (Milieu- en Natuurplanbureau), 2004, Risico's in bedijkte termen (RIVM).

PBL (Planbureau voor de Leefomgeving), 2011, Een Delta in beweging; bouwstenen voor een klimaatbestendige ontwikkeling van Nederland.

PBL, 2012a, Factsheet Natuureffecten van peilvarianten in het IJsselmeergebied. Analyse van de natuurpunten voor de Kosten-effectiviteitanalyse van het Deltaprogramma IJsselmeergebied. Den Haag / Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL, 2012b, Factsheet Watervraag en wateraanbod in het IJsselmeer voorzieningsgebied. Beschouwing voor de Kosten-effectiviteitanalyse Deltaprogramma IJsselmeergebied, Den Haag/Bilthoven.

PBL, 2012c, Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012 Den Haag/Bilthoven..

Raad van de Europese Unie, 2007, Vaststelling van maatregelen voor het herstel van het bestand van Europese aal. Verordening (EG) nr. 1100/2007, 18 september 2007.

Rijkswaterstaat, 2011, Waterhuishouding en waterverdeling in Nederland.

Rijkswaterstaat, provincie Friesland en provincie Noord-Holland, 2009, Deijk en Meer - Eindrapportage verkenning toekomst Afsluitdijk, ook bekend als 'Onderzoek Integrale Verbetering Afsluitdijk'.

Stolwijk, H. en A. Verrips, 2000, Ruimte voor water; kosten en baten van zes projecten en enige alternatieven, CPB Werkdocument 130.

Staveren, G. van (Acacia), 2012, Achtergrondrapportage kosteneffectiviteitsanalyse DPIJ - niet veiligheidsmaatregelen.

Sijtsma F.J., A. van Hinsberg, S. Kruitwagen, F.J. Dietz, 2009. Natuureffecten in de MKBA's van projecten voor integrale gebiedsontwikkeling. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.

Tinbergen, J., 1954, De economische balans van het Deltaplan, bijlage bij het rapport van de Deltacommissie.

Tolk, L. en G. van Staveren (Acacia Water), 2012, Kennisdocument strategieontwikkeling IJsselmeergebied, 17 september 2012, rapport op verzoek van DPIJ.

IJsselmeer Provincies, 2011, Verrijking Gebiedsverkenning IJsselmeergebied Ruimte - Economie, Werkdocument, November 2011.

Zwaneveld, P., 2012, Rekenschema monetariseren effecten voorjaars- en zomeropzet, CPB.

Zwaneveld, P. en G. Verweij, 2012 (nog te verschijnen), Kosten-batenanalyse optimale veiligheidsnormen IJsselmeergebied, CPB.

Bijlage 1. Aanvullende tabellen kosten veiligheid (Dique-Opt)

In paragraaf 4.2 wordt de raming van de kosten veiligheid besproken. Tabellen 4.2a en 4.2b geven informatie over faalkans tijdens de winter, verwachte schade en investeringen voor het projectalternatief niet meestijgen en pompen (L.1) voor het meest warme klimaatscenario. In deze bijlage worden de overeenkomstige tabellen voor het gematigde klimaatscenario en voor niet meestijgen (beide klimaatscenario's) weergegeven.

Tabel bijlage 1.1

Faalkans tijdens de winter en verwachte schade, projectalternatief meestijgen en spuien (L.4), meest warme klimaatscenario

	CW 2020, totaal mln euro	Schade- kans, promille, 2021	Schade- kans, promille, 2100	Schade- bedrag, mld euro, 2021	Schade- bedrag, mld euro, 2100	Verwachte schade, mln euro, 2021	Verwachte schade, mln euro, 2100
Afsluitdijk	0	0,01	0,09	0,8	0,9	0	0
Houtribdijk	18	0,46	0,19	0,8	0,9	0	0
IJsselmeer & IJsseldelta	1055						
Zuid-west Friesland	32	0,53	0,65	0,5	3,5	0	2
Noord-oost Polder	162	0,86	0,36	9,2	5,4	8	19
Noord-oost Flevoland	190	0,27	0,09	24,2	18,0	7	16
Wieringen	30	0,35	0,08	5,0	35,0	2	3
West-Friesland Noord	87	0,14	0,01	20,4	342,0	3	5
Vollenhove	79	1,30	0,05	3,5	68,9	5	4
Salland	177	1,06	0,05	15,3	84,9	16	4
Oost-Veluwe	117	1,43	0,53	2,7	13,2	4	7
IJsseldelta	75	0,59	0,20	3,6	22,4	2	5
Mastenbroek	105	0,61	0,55	4,8	32,7	3	18
Markermeer	183						
West-Friesland Zuid	36	0,05	0,01	20,4	140,3	1	1
Noord-Holland	20	0,00	0,06	9,2	45,2	0	3
Marken	1	0,00	0,03	0,2	0,9	0	0
Eempolder	17	0,95	0,03	0,6	2,8	1	0
Gelderse vallei	12	0,91	1,42	0,4	2,0	0	3
Gooi en Vechtstreek	24	0,97	1,14	0,9	4,1	1	5
Zuid-west Flevoland	73	0,02	0,00	90,3	485,4	2	2
Totaal IJsselmeergebied	1256						

Tabel bijlage 1.2

Faalkans tijdens de winter en verwachte schade, projectalternatief niet meestijgen en pompen (L.1), gematigde klimaatscenario

	CW 2020, totaal mln euro	Schade- kans, promille, 2021	Schade- kans, promille, 2100	Schade- bedrag, mld euro, 2021	Schade- bedrag, mld euro, 2100	Verwachte schade, mln euro, 2021	Verwachte schade, mln euro, 2100
Afsluitdijk	0	0,01	0,02	0,8	0,8	0	0
Houtribdijk	3	0,16	0,23	0,8	0,8	0	0
IJsselmeer & IJsseldelta	695						
Zuid-west Friesland	1	0,06	0,08	0,5	2,5	0	0
Noord-oost Polder	123	0,75	0,45	9,1	40,9	7	19
Noord-oost Flevoland	158	0,25	0,06	24,1	118,8	6	8
Wieringen	1	0,01	0,01	5,0	23,7	0	0
West-Friesland Noord	18	0,03	0,05	20,3	92,0	1	5
Vollenhove	57	0,59	0,21	3,5	21,6	2	4
Salland	133	0,31	0,08	15,3	71,9	5	6
Oost-Veluwe	84	1,00	0,25	2,7	12,9	3	3
IJsseldelta	47	0,56	0,57	3,5	15,9	2	9
Mastenbroek	74	0,83	0,86	4,7	22,0	4	19
Markermeer	136						
West-Friesland Zuid	4	0,01	0,01	20,3	92,8	0	1
Noord-Holland	0	0,00	0,00	8,3	43,6	0	0
Marken	0	0,00	0,00	0,2	0,8	0	0
Eempolder	5	0,31	0,16	0,6	2,6	0	0
Gelderse vallei	2	0,21	0,26	0,4	1,9	0	0
Gooi en Vechtstreek	7	0,27	0,30	0,9	4,0	0	1
Zuid-west Flevoland	118	0,05	0,01	85,5	416,8	4	5
Totaal IJsselmeergebied	835						

Tabel bijlage 1.3

Faalkans tijdens de winter en verwachte schade, projectalternatief meestijgen en spuien (L.4), gematigde klimaatscenario

	CW 2020, totaal mln euro	Schade- kans, promille, 2021	Schade- kans, promille, 2100	Schade- bedrag, mld euro, 2021	Schade- bedrag, mld euro, 2100	Verwachte schade, mln euro, 2021	Verwachte schade, mln euro, 2100
Afsluitdijk	0	0,01	0,02	0,8	0,8	0	0
Houtribdijk	7	0,41	1,80	0,8	0,8	0	2
IJsselmeer & IJsseldelta	932						
Zuid-west Friesland	10	0,43	2,77	0,5	2,6	0	7
Noord-oost Polder	134	0,77	0,23	9,1	43,2	7	10
Noord-oost Flevoland	161	0,25	0,09	24,1	128,3	6	12
Wieringen	31	0,28	0,05	5,0	25,7	1	1
West-Friesland Noord	73	0,11	0,03	20,3	136,8	2	5
Vollenhove	79	1,01	0,06	3,5	30,3	3	2
Salland	208	0,89	0,06	15,3	75,6	14	4
Oost-Veluwe	97	1,20	0,15	2,7	13,2	3	2
IJsseldelta	58	0,53	0,03	3,5	18,0	2	1
Mastenbroek	81	0,53	0,12	4,7	24,9	2	3
Markermeer	149						
West-Friesland Zuid	31	0,05	0,09	20,3	92,4	1	8
Noord-Holland	20	0,00	0,01	9,1	40,5	0	1
Marken	0	0,00	0,09	0,2	0,7	0	0
Eempolder	15	0,90	0,02	0,6	2,6	1	0
Gelderse vallei	10	0,88	1,06	0,4	1,9	0	2
Gooi en Vechtstreek	23	0,95	1,04	0,9	4,0	1	4
Zuid-west Flevoland	50	0,02	0,03	89,1	421,2	2	13
Totaal IJsselmeergebied	1089						

Tabel bijlage 1.4

Investerings in dijken en kunstwerken voor het projectalternatief meestijgen en spuien (L.4), meest warme klimaatscenario

	CW 2020, totaal, mln euro	Eerste jaar van aanpas- sing	Dijk- verho- ging in cm	Nominale inves- tering, totaal, mln euro	Tweede jaar van aanpas- sing	Extra dijk- verho- ging in cm	Nominale inves- tering, totaal, mln euro
Afsluitdijk	208						
Houtribdijk	46	2076	150	930			
IJsselmeer & IJsseldelta	1220			1348			2939
Zuid-west Friesland	28,6	2066	80	274	2096	80	309
Noord-oost Polder	127	2026		84	2051	80	281
Noord-oost Flevoland	106	2046	120	362	2081	120	373
Wieringen	50	2021		6	2031	40	51
West-Friesland Noord	90	2046	120	308	2086	120	430
Vollenhove	120	2021		26	2036	80	202
Salland	416	2021		125	2026	40	333
Oost-Veluwe	128	2021		86	2056	80	320
IJsseldelta	62	2021		33	2061	80	280
Mastenbroek	94	2021		44	2056	80	360
Markermeer	430			608			500
West-Friesland Zuid	15	2066	40	179			
Noord-Holland	0						
Marken	0	2066		4			
Eempolder	8	2021		6	2081	40	56
Gelderse vallei	8	2021		8			
Gooi en Vechtstreek	18	2021		19			
Zuid-west Flevoland	382	2021	80	392	2091	80	444
Totaal IJsselmeergebied	1905			2886			3439

Tabel bijlage 1.5

Investerings in dijken en kunstwerken voor het projectalternatief niet meestijgen en pompen (L.4), gematigde klimaatscenario

	CW 2020, totaal mln euro	Eerste jaar van aanpas- sing	Dijk- verho- ging in cm	Nominale inves- tering, totaal, mln euro	Tweede jaar van aanpas- sing	Extra dijk- verho- ging in cm	Nominale inves- tering, totaal, mln euro
Afsluitdijk	227						
Houtribdijk	0						
IJsselmeer & IJsseldelta	377			719			1030
Zuid-west Friesland	0						
Noord-oost Polder	46	2031		84			
Noord-oost Flevoland	12	2081	100	321			
Wieringen	0						
West-Friesland Noord	0						
Vollenhove	40	2021		26	2061	40	131
Salland	141	2021		125	2071	40	333
Oost-Veluwe	92	2021		86	2081	60	278
IJsseldelta	11	2041		33			
Mastenbroek	36	2026		44	2101	60	288
Markermeer	16			11			331
West-Friesland Zuid	0						
Noord-Holland	0						
Marken	0						
Eempolder	1	2066		6			
Gelderse vallei	0						
Gooi en Vechtstreek	0						
Zuid-west Flevoland	15	2021		5	2086	60	331
Totaal IJsselmeergebied	620			730			1361

Tabel bijlage 1.6

Investerings in dijken en kunstwerken voor het projectalternatief meestijgen en spuien (L.4), gematigde klimaatscenario

	CW 2020, mln euro totaal	Eerste jaar van aanpas- sing	Dijk- verho- ging in cm	Nominale inves- tering, totaal, mln euro	Tweede jaar van aanpassing	Extra dijk- verho- ging in cm	Nominale inves- tering, totaal, mln euro
Afsluitdijk	86			0			
Houtribdijk	0			0			
IJsselmeer & IJsseldelta	637			1002			1756
Zuid-west Friesland	0						
Noord-oost Polder	60	2031		84	2076	80	281
Noord-oost Flevoland	31	2066	120	362			
Wieringen	20	2021	40	6	2046	40	51
West-Friesland Noord	12	2076	80	236			
Vollenhove	60	2021		26	2046	40	131
Salland	266	2021		125	2036	40	333
Oost-Veluwe	97	2021		86	2076	80	320
IJsseldelta	38	2021		33	2091	80	280
Mastenbroek	52	2021		44	2086	80	360
Markermeer	404			425			56
West-Friesland Zuid	0						
Noord-Holland	0						
Marken	0						
Eempolder	7	2021		6	2096	40	56
Gelderse vallei	8	2021		8			
Gooi en Vechtstreek	18	2021		19			
Zuid-west Flevoland	372	2021	80	392			
Totaal IJsselmeergebied	1126			1427			1812