

Verkennde systeemanalyse IJsselmeergebied



Verkennde systeemanalyse IJsselmeergebied

Auteur(s)

Kees van Ginkel

Frans Klijn

Marjolein Mens

Judith ter Maat

Verkennde systeemanalyse IJsselmeergebied

Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Contactpersoon	Sharon Muurling-Van Geffen (RWS-WVL) en Elke Praagman (DGWB)
Referenties	n.v.t.
Trefwoorden	Watersysteemanalyse, IJsselmeer, Markermeer, hoogwaterbeheersing, zoetwatervoorziening, Waterkwaliteit en ecologie, klimaatverandering, zeespiegelstijging

Documentgegevens

Versie	0.3
Datum	30-12-2022
Projectnummer	11208074-010
Document ID	11208074-010-ZWS-0002
Pagina's	87
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Kees van Ginkel	Marjolein Mens
	Frans Klijn	Judith ter Maat

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Het IJsselmeergebied als systeem: conceptuele inperking	7
1.3	Het IJsselmeergebied in grotere context	9
1.4	Aanpak en beperkingen van deze systeemverkenning	10
1.5	Leeswijzer	11
2	Werking en ontwikkelingen van het systeem	13
2.1	Ten geleide	13
2.2	Systeemwerking op hoofdlijnen	13
2.3	Komberging en hoogwaterbeheersing	17
2.3.1	Belangrijkste ontwikkelingen voor hoogwaterbeheersing	19
2.3.2	Toename piekafvoer IJssel en toename winterneerslag	20
2.3.3	Zeespiegelstijging	21
2.4	Voorraadberging en kwaliteitsbeheersing voor de zoetwatervoorziening	22
2.4.1	Belangrijkste ontwikkelingen voor de zoetwatervoorziening en voorraadberging	25
2.4.2	De zomerafvoer van de IJssel neemt af	28
2.4.3	De IJssel krijgt verhoudingsgewijs steeds minder Rijnwater	28
2.4.4	Het peil kan in het voorjaar niet tijdig ver genoeg worden opgezet	28
2.4.5	Het nat houden van veenweidegebieden vraagt meer water	29
2.4.6	Nieuwe grote watervragers, waaronder datacentra	29
2.4.7	Afname beschikbare watervoorraad door aanleg eilanden en ondieptes	29
2.4.8	Het zoutgehalte van de meren neemt toe en beperkt de bruikbaarheid van het water	29
2.4.9	De zoutindringing via de Afsluitdijk neemt toe	30
2.5	Een robuust (semi-)aquatisch ecosysteem	31
2.5.1	Belangrijkste toekomstige ontwikkelingen door menselijke interventies	36
2.5.2	Toenemende druk door recreatie en economisch gebruik	37
2.5.3	Verandering leefomstandigheden door klimaatverandering, waaronder verzilting	38
2.6	Ontwikkelingen bij gebruikers van het IJsselmeergebied	39
2.6.1	Visserij	39
2.6.2	Beroepsvaart	39
2.6.3	Zandwinning	40
2.6.4	Watergebonden recreatie: een grote gebruiker van het water en de kusten	40
2.6.5	Verblijfsrecreatie: ook op buitendijkse terreinen	40
2.6.6	Windmolenparken	41
2.6.7	Zonne-energie	41
2.6.8	Woningbouw: kleinschalig buitendijks tot grootschalig op (schier-)eilanden	42
3	Oplossingsrichtingen en handelingsperspectief	44
3.1	Borging kombergingscapaciteit en hoogwaterbeheersing	44
3.1.1	Aanpassingsmogelijkheden aan het watersysteem	45
3.1.2	Winterpeil handhaven bij zeespiegelstijging door meer spuien en pompen	46
3.1.3	Beperkt meestijgen met de zeespiegelstijging en dijkverzwaring	48

3.1.4	Volledig meestijgen meerpeil met zeespiegelstijging en dijkverzwaring	52
3.1.5	Verdere compartimentering van het IJsselmeergebied	52
3.2	Voorraadborging en kwaliteitsbeheersing voor de zoetwatervoorziening	54
3.2.1	Reductie van de watervraag in het watervoorzieningsgebied	55
3.2.2	Aanpassing van de rivierbodempligging in het splitsingspuntengebied	55
3.2.3	Verbeterde voorspelling rivierafvoer	56
3.2.4	Water aanvoeren via het Amsterdam-Rijnkanaal	56
3.2.5	Hoger zomerstreefpeil	56
3.2.6	Verder laten uitzakken peil nazomer	59
3.2.7	Terugdringen externe verzilting	61
3.2.8	Accepteren van tijdelijk hogere zoutconcentraties	62
3.3	Borging milieudiversiteit en -kwaliteit voor een robuust ecosysteem	63
3.3.1	Aanleg vooroevers	65
3.3.2	Aanleg van nieuwe eilanden	65
3.3.3	Aanleg ondiep-waterzones	66
3.3.4	Aanleg luwtestructuren	66
3.3.5	Aanleggen zoet-zoutovergangen en brakwaterzone	66
3.3.6	Verbinden van de meren	67
3.3.7	Vispassages	67
3.3.8	Beïnvloeding erosie en sedimentatie	67
3.3.9	Instellen natuurlijk peilverloop	67
4	Synthese	69
4.1	Borging van voldoende kombergingscapaciteit en hoogwaterbeheersing	70
4.2	Voorraadborging en kwaliteitsbeheersing voor de zoetwatervoorziening	72
4.3	Borging milieudiversiteit en -kwaliteit voor een robuust ecosysteem	75
4.4	Invloed andere ontwikkelingen en functies	78
4.5	Afsluitende bevindingen en aandachtspunten voor het beoordelen van ruimtelijke initiatieven	81
5	Literatuur	84

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Nationaal Water Programma (NWP) vormt een uitwerking van de Nationale Omgevingsvisie die voortvloeit uit de nieuwe Omgevingswet. In het NWP is onder meer een Nationale WaterSysteemVerkenning (WSV) aangekondigd, waarvan de eerste fase is afgerond (Naus et al., 2021). In de WSV worden lopende analyses op het gebied van waterveiligheid, zoetwatervoorziening, ruimtelijke adaptatie, waterkwaliteit en scheepvaart in samenhang gezien. De verkenning draagt bij aan inzicht in de samenhangende wateropgaven op nationaal en regionaal niveau, waarover de komende jaren besluiten moeten worden genomen, in aanloop naar de herijking van de Deltabeslissingen in 2026 en het volgende NWP (2028 - 2033).

In de eerste fase van de Nationale Watersysteem Verkenning is gesteld dat voor een aantal regio's, waaronder het IJsselmeergebied, een integrale gebiedsanalyse gedaan dient te worden. Dit als basis voor verdere afwegingen over water- en ruimtelijke ontwikkelingen. Zo'n integrale gebiedsanalyse zou dan ook twee invalshoeken moeten hebben, namelijk een ruimtelijke – in de vorm van een 'Ruimtelijke Verkenning IJsselmeergebied' – en een systeem-analytische – in de vorm van een 'Watersysteemverkenning IJsselmeergebied'.

Tegen deze achtergrond heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat aan Deltares gevraagd om een 'Watersysteemverkenning IJsselmeergebied' uit te voeren met als achterliggende beleidsvraag:

“Welke ruimtelijke en waterontwikkelingen kunnen wel worden toegestaan, welke kunnen zeker niet, en wat kan misschien in het IJsselmeergebied?”

De onderliggende watersysteemverkenning is primair **een reflectie op de hoofdfuncties van het IJsselmeergebied**, namelijk 1) bescherming bieden tegen overstromingen ('waterveiligheid'), 2) zoetwatervoorraadvorming en -verdeling ('zoetwatervoorziening') en 3) een robuust natuurnetwerk (Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water). Dat zijn drie publieke doelen waarvoor het Rijk verantwoordelijk is, zoals het Rijk ook systeemverantwoordelijk is voor het IJsselmeergebied als deel van het hoofdwatersysteem.

Het accent van de verkenning ligt dan ook op het in beeld brengen van de onderlinge samenhang tussen deze hoofdfuncties, alsmede op de relaties tot andere ruimtelijke ontwikkelingen: zijn de hoofdfuncties daarvoor beperkend of juist faciliterend? En welk ruimtegebruik is verenigbaar met die hoofdfuncties, en welk niet?

Het gelijktijdig duurzaam borgen van de drie genoemde publieke doelen is niet eenvoudig, want het systeem staat onder druk van externe ontwikkelingen, zoals klimaatverandering, zeespiegelstijging, een groeiende watervraag, en een soms geringe wateraanvoer door de IJssel. En gebruikers van de meren, diens oevers en het achterland (als ruimte) en van het water (als hulpbron) hebben vaak niet-verenigbare wensen of eisen ten aanzien van de inrichting en/of het (peil)beheer. Dat verklaart de achterliggende beleidsvraag, zoals die hierboven is gegeven. Het betekent ook dat de nadruk van de studie ligt op het bieden van een overzicht van toekomstige ontwikkelingen en de consequenties daarvan, alsmede van voorgestelde oplossingsrichtingen en handelingsperspectieven.

1.2 Het IJsselmeergebied als systeem: conceptuele inperking

Het IJsselmeergebied als (deel van het) hoofdwatersysteem omvat de grote wateren zelf – het IJsselmeer, het Markermeer en de Randmeren en de IJssel-Vechtdelta – maar ook alle *buitendijkse* terrestrische delen. Het betekent dat we noch de IJsselmeerpolders en andere omliggende bedijkte gebieden, noch de aangrenzende hoge gronden tot dit systeem rekenen. Die omliggende gebieden zijn natuurlijk wel uiterst relevant, en worden daarom als context meegenomen in de analyse (zie volgende paragrafen).

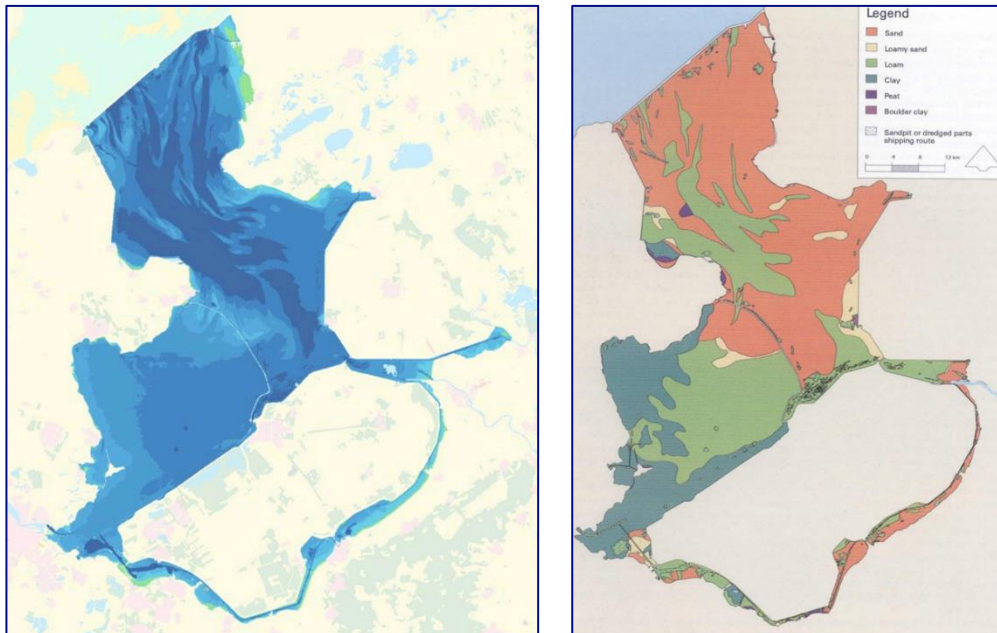
Met deze ruimtelijke inperking tot het buitendijkse IJsselmeergebied gaat het nog steeds om een zeer divers geheel; dat men zou kunnen aanduiden als een grotendeels submers (onderwater) landschap. Met de kabinetsbeslissing ‘water en bodem sturend’ te laten zijn, ligt het voor de hand om bij een verkenning daarvan dan gebruik te maken van de lagenbenadering, zoals we die kennen uit de ruimtelijke ordening. Daarbij worden een ondergrond, een infrastructuurlaag en een occupatielaag onderscheiden.

Die lagenbenadering legt de nadruk op structuren en patronen, perfect passend bij de al voorgenomen *Ruimtelijke Verkenning* IJsselmeergebied. Maar er is ook aandacht nodig voor processen (werking, functioneren) en ontwikkeling in de tijd. Dat vraagt om een **stysteem-analyse** die daar de natuurlijke – en noodzakelijke – tegenhanger van is: de andere kant van dezelfde medaille (verg. Klijn, 2021). **Die systeemanalyse staat in dit rapport centraal.**

Vanuit een systeembenadering is het IJsselmeergebied te beschouwen als een groot en divers geo-ecosysteem: een ecosysteem van geografische dimensies dat zich onderscheidt van het land eromheen door kenmerkende eigenschappen van bodem en water. Het is deels ontstaan door natuurlijke processen die de Zuiderzee hebben gevormd, en deels door menselijk ingrijpen: de afsluiting van die Zuiderzee, de inpolderingen en de compartimentering. Zo is een tamelijk uniek systeem ontstaan van zoetwatermeren met gereguleerd meerpeil, die worden gevoed door rivieren en zijn afgegrensd van de zee. Een zee die nog wel invloed heeft op zowel het meerpeil als de waterkwaliteit. En met verschillende diepten (bathymetrie) en met bodems die variëren van zandig in het noorden tot kleiig in grote delen van het Markermeer (Figuur 1.1).

Als dit geo-ecosysteem goed functioneert, kan het voor een heel groot deel van Noord-Nederland cruciale diensten leveren: geo-ecosysteemdiensten. Deze diensten zijn van nationaal belang en juist daarom heeft de Rijksoverheid de systeemverantwoordelijkheid voor dit gebied. In dit rapport duiden we deze diensten als volgt aan:

- 1 **komberging** als onderdeel van de *hoogwaterbeheersing*, als 1) niet gespuid kan worden vanwege stormvloed of te hoge zeestand, 2) de rivieraanvoer door de IJssel en/of vanuit de regio heel groot is, of 3) een combinatie van beide;
- 2 **voorraadberging** in relatie tot de *zoetwatervoorziening*, als er sprake is van meteorologische droogte en de aanvoer door de IJssel tijdelijk tekortschiet om in de vraag te voorzien;
- 3 een **robuust (semi-)aquatisch ecosysteem** als onderdeel van het Natuurnetwerk Nederland (NNN), Natura2000 (Europees natuurnetwerk en beschermd door Vogel- en Habitatrichtlijn), de Kaderrichtlijn Water (KRW) en als habitat voor flora en fauna en als functiegebied voor foeragerende (o.a. Aalscholver) of ruiende standvogels (o.a. Fuut) en als winterhabitat voor trekvogels (o.a. Nonnetje).



Figuur 1.1 Bathymetrie (1 m contourinterval; diepste delen > 5 m diep) en bodemsamenstelling in het IJsselmeergebied, situatie rond de eeuwwisseling

Bij het voorbereiden van de afsluiting van het IJsselmeer en de polderplannen is door Lorentz (in de 1920-er jaren) al gerekend (Staatscommissie Zuiderzee, 1926) vanuit de eerste twee genoemde diensten: *komberging* en *voorraadberging*¹. Het (noordelijk) IJsselmeer mocht niet kleiner – om deze twee diensten goed te kunnen vervullen –, en het kon niet groter – technisch niet en economisch niet. Daaruit volgden de locatiekeuze van de Afsluitdijk en de dimensionering van de meren en polders.

Ook bij de vele volgende peilbesluiten zijn deze twee diensten steeds doorslaggevend geweest, tot de dag van vandaag: *laag peil* in de winter om kombergingsvolume te hebben, en *hoger peil* in de zomer om meer voorraad/ buffer te hebben.

De natuurkwaliteit van zowel het aquatisch *ecosysteem* als de oeverzones is nog onvoldoende. Na sterke achteruitgang in de 70'er en 80'er jaren, is er weliswaar belangrijk herstel opgetreden, maar de ecologische toestand wordt nog als onvoldoende beoordeeld. Daarbij speelt een rol dat grote ondiepe zoetwatermeren met vrijwel volledig gecontroleerde peildynamiek in Nederland niet bestonden, terwijl intussen veel biota hun levenscyclus daar aan hebben aangepast. Er is geen goede referentie voor.

Met het onderscheiden van de drie – publieke – hoofdfuncties is het centrale uitgangspunt voor inrichting en beheer van het IJsselmeergebied vanuit nationaal perspectief eigenlijk wel geschetst:

het zorgen voor een duurzaam goed functionerend systeem (een groot ondiep zoetwatermerengebied met oeverlanden) dat de gevraagde diensten kan blijven leveren.

¹ Lely besteedde in zijn Vierde Technische Nota van 1889 veel aandacht aan hoeveelheid zoet water die beschikbaar zou komen bij afsluiting van de Zuiderzee, en de voordelen hiervan voor de wijde omgeving. Het huidige winterpeil en zomerpeil stammen ook uit die tijd. Bron: Van de Ven (2003)

1.3 Het IJsselmeergebied in grotere context

In beginsel omvat het 'IJsselmeergebied' als studiegebied vier deelsystemen: (I) het IJsselmeer, (II) het Markermeer/ IJmeer, (III) de (Veluwe)randmeren, (IV) de IJssel-Vechtdelta, met inbegrip van alle kunstwerken voor het beheersen van dit systeem en de subsystemen: de Afsluitdijk, de Houtribdijk, de Ramspolkering, de compartimenterende keringen inde randmeren, de verbindende sluisen, etc.

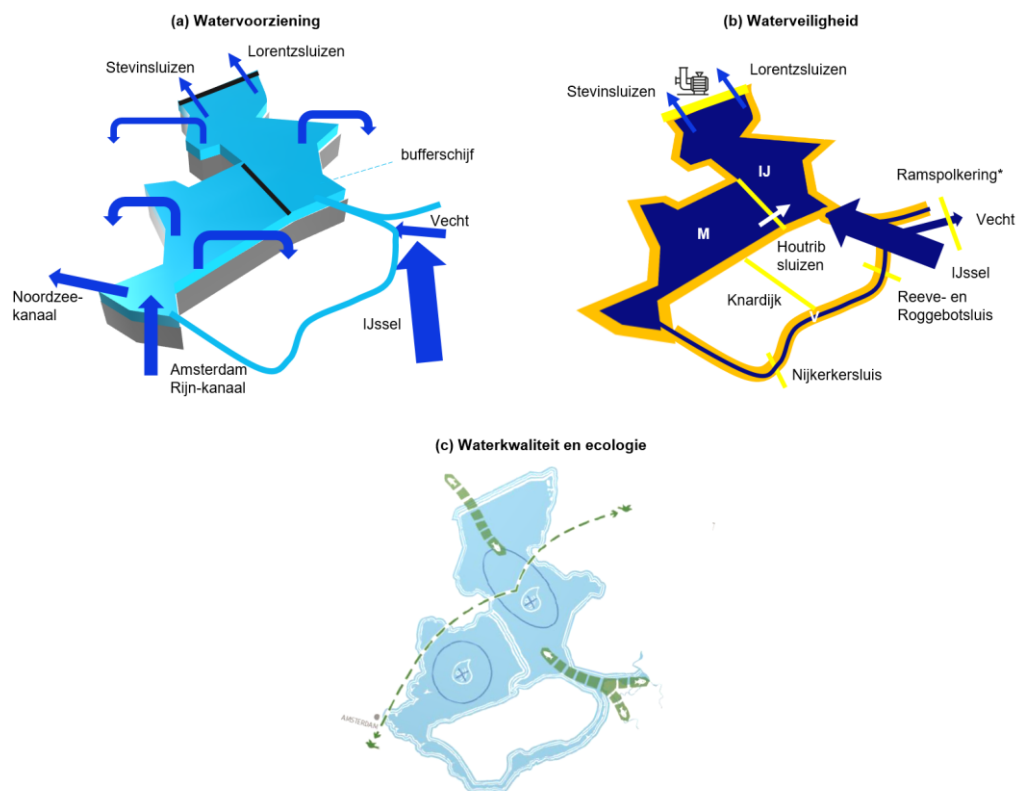
Maar dit systeem maakt deel uit van een groter systeem – de context –, waaruit bijvoorbeeld water wordt aangevoerd (het Rijnstroomgebied) of naar wordt gespuid (de Waddenzee en Noordzee). Maar het maakt ook deel uit van de in- en omliggende gebieden die van zoetwater worden voorzien of worden beschermd tegen overstromingen.

Deze gebieden rekenen we tot de relevante context en niet tot het IJsselmeergebied in strikte zin. Maar die context is wel belangrijk voor goed functioneren van het geo-ecosysteem, vaak in de vorm van een externe bepalende factor (een '*constraint*', bijv. het rivierafvoerregime, of de zeespiegel). Of het is de vrager van de genoemde systeemdiensten (bijv. hoogwaterbeheersing, zoetwatervoorziening), waarvoor het IJsselmeergebied is ingericht zoals het is ingericht en wordt beheerd zoals het wordt beheerd.

Bij **hoogwaterbeheersing** betreft dit ook de dammen, dijken, stormvloedkeringen, spuisluisen en andere kunstwerken waarmee het achterland beschermd wordt tegen overstroming, en waarmee de aanvoer en afvoer van te veel water gereguleerd wordt (Figuur 1.1b).

Bij **zoetwatervoorziening** betreft dit bijvoorbeeld de wateraanvoer en de watervraag vanuit de omliggende gebieden (voor peilbeheer, doorspoeling, landbouw, drink- en industriewater), en andere fluxen het systeem in of uit zoals neerslag, kwel en verdamping (Figuur 1.1a).

Bij het **robuust netwerk van natuurgebieden** betreft dit ook de aansluiting op aangrenzende ecosystemen, zoals de Waddenzee en overgangen van water naar land (Figuur 1.1c).



Figuur 1.2 Schematisch overzicht van de drie hoofdfuncties die het IJsselmeergebied vervult, M = Markermeer, IJ = IJsselmeer, V = Veluwerandmeren, bron paneel c: (PAGW, 2017B)

Naast deze publieke systeemdiensten bedient het IJsselmeergebied een groot aantal andere gebruikers van dezelfde ruimte, waaronder recreatie en toerisme, visserij, transport en zandwinning, en heeft het belangrijke waarden, waaronder cultuurhistorische en visueel-ruimtelijke landschapswaarden. Tenslotte lijkt het IJsselmeergebied ruimte te bieden voor het opwekken van energie (windmolens en zonnepanelen) of voor grootschalige woningbouw. Deze water- of ruimtegebruikers worden in dit rapport slechts besproken voor zover ze een duidelijke relatie hebben met de drie publieke systeemdiensten.

1.4 Aanpak en beperkingen van deze systeemverkenning

Deze verkennende systeemanalyse is gebaseerd op het verzamelen, structureren en analyseren van bestaande literatuur. Er wordt gebruik gemaakt van het Deltaprogramma (de landelijke deelprogramma's Waterveiligheid, Zoetwatervoorziening en Ruimtelijke Adaptatie en het regionale deelprogramma IJsselmeergebied) waarin al veel onderzoek is gedaan, evenals van de Agenda IJsselmeergebied 2050 en de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). In deze studie worden de resultaten daarvan bij elkaar gebracht. Daarbij is – in overleg met de opdrachtgever en experts – een selectie gemaakt van recent beschikbaar materiaal (zie referentielijst).

Omdat de studie beoogt de werking van het hoofdwatersysteem op hoofdlijnen in kaart te brengen, wordt de lokale en regionale ruimtelijke diversiteit en complexiteit onvermijdelijk tekort gedaan. Daarom is deze verkennende systeemanalyse **complementair aan de ruimtelijke verkenning** die plaatsvindt in opdracht van het Bestuurlijk Platform IJsselmeergebied, zoals hiervoor al uiteengezet. In die – bij het afronden van dit rapport reeds gestarte – ruimtelijke verkenning wordt juist vooral op die ruimtelijke diversiteit en complexiteit ingegaan.

1.5 Leeswijzer

Na deze inleiding wordt in Hoofdstuk 2 eerst ingegaan op hoe het systeem functioneert en welke ontwikkelingen worden voorzien. Sommige van die ontwikkelingen, zoals klimaatverandering, zeespiegelstijging of een toenemende vraag naar zoetwater, vragen een (beleids)respons en worden ook wel aangeduid als 'opgaven'.

In dit hoofdstuk wordt op verscheidene plaatsen gebruik gemaakt van systeemdiagrammen om de causale relaties tussen de verschillende factoren en parameters te verbeelden. Daarvoor geldt de leeswijzer in het kader op de volgende bladzijde.

Hoofdstuk 3 is een inventarisatie van mogelijke oplossingsrichtingen en handelingsperspectieven in respons op die ontwikkelingen. Het betreft oplossingsrichtingen die al eerder – meer of minder uitgebreid – zijn bestudeerd, geregeld worden voorgesteld, of pas recentelijk zijn geopperd; van rijp tot groen dus. Het gaat daarbij in de meeste gevallen om interventies die de problemen rond één van de genoemde hoofddoelen (zoetwatervoorraad, hoogwaterbeheersing, water- en habitatkwaliteit) adresseren. Men zou kunnen zeggen: vanuit een monofunctioneel perspectief.

In Hoofdstuk 4 wordt daarom getracht deze oplossingsrichtingen en handelingsperspectieven te beoordelen vanuit meervoudig perspectief: gericht op alle cruciale diensten van het IJsselmeergebied als systeem.

Leeswijzer systeemdiagrammen

Voorbeeldicoon	Betekenis	Voorbeeldicoon	Betekenis
	functie van of doelstelling voor het watersysteem		overwogen maatregel of ingreep in het systeem
	parameter of variabele van het systeem (kan gemeten worden)		operationele beheersmaatregel, reeds geïmplementeerd
	positieve (in wiskundige zin) causale relatie tussen parameters		positieve (in normatieve zin) relatie tussen maatregel en doelstelling
	negatieve (in wiskundige zin) causale relatie tussen parameters		negatieve (in normatieve zin) relatie tussen maatregel en doelstelling
			conflict tussen maatregelen en/of doelstellingen

De dunne pijlen geven de verbanden in strikt wiskundige zin aan. Bijvoorbeeld: een grotere 'hoeveelheid begroeide oeverhabitats' *reduceert* de 'golfhoogte'. In wiskundige zin is dit dus een negatieve relatie; in systeemtermen heet het een negatieve terugkoppeling of tegenkoppeling. Een positieve terugkoppeling heet ook wel meekoppeling.

Bij het interpreteren van deze relaties kunnen wiskundige rekenregels worden toegepast: plus x plus = plus; min x min = plus; min x plus = min; plus x min = min.

Bijvoorbeeld: een grotere 'golfhoogte' heeft een *negatief* effect op de doelstelling waterveiligheid.

Combineren we dit met het eerdere voorbeeld:

- grotere 'hoeveelheid begroeide oeverhabitats' *reduceert* (-) de 'golfhoogte'
- grotere 'golfhoogte' *reduceert* (-) de 'waterveiligheid'
- conclusie: een grotere 'hoeveelheid begroeide oeverhabitats' *vergroot* (+) de 'waterveiligheid'

Ter vergroting van de leesbaarheid zijn in sommige gevallen dikkere pijlen aangebracht, die direct aangeven of een maatregel of ontwikkeling via opeenvolgende causale relaties een wenselijk (positief in normatieve

2 Werking en ontwikkelingen van het systeem

2.1 Ten geleide

Dit hoofdstuk behandelt de werking van het IJsselmeergebied als (geo-eco)systeem dat een drietal cruciale diensten levert aan de Nederlandse maatschappij, namelijk:

- 1 **komberging**, met het oog op de *hoogwaterbeheersing* op de meren die de randvoorwaarde vormt voor de bescherming van het achterland tegen overstromingen;
- 2 **voorraadberging**, met het oog op de *zoetwatervoorziening* van Noord-Nederland;
- 3 een **robuust (semi)aquatisch ecosysteem**, als onderdeel van nationale (Natuurnetwerk Nederland) en internationale *natuurnetwerken* (Natura2000 met beschermingsregime via de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn).

Specifiek voor elk van deze drie geo-ecosysteemdiensten wordt de werking van het systeem beschreven en worden de causale relaties met diagrammen in beeld gebracht (zie de verklarende tekstbox bij de 'leeswijzer' in hoofdstuk 1).

Tevens wordt ingegaan op de vele externe en interne ontwikkelingen die het goed functioneren van dit systeem onder druk zetten. Als voorbeelden van *externe* ontwikkelingen kan men denken aan klimaatverandering, zeespiegelstijging, een groeiende watervraag, en een afnemende aanvoer door de IJssel.

En als voorbeelden van *interne* ontwikkelingen kan men denken aan ontwikkelingen die worden geïnitieerd door gebruikers van het meer, diens oevers en het achterland (als ruimte) of van het water (als hulpbron), zoals energieleveranciers (windmolens en zonnevelden), recreatieondernemers (jachthavens of recreatiewoningen), natuurontwikkelaars, etc. Deze hebben vaak niet-verenigbare wensen ten aanzien van de inrichting en/of het (peil)beheer, of ze zitten elkaar in de weg.

2.2 Systeemwerking op hoofdlijnen

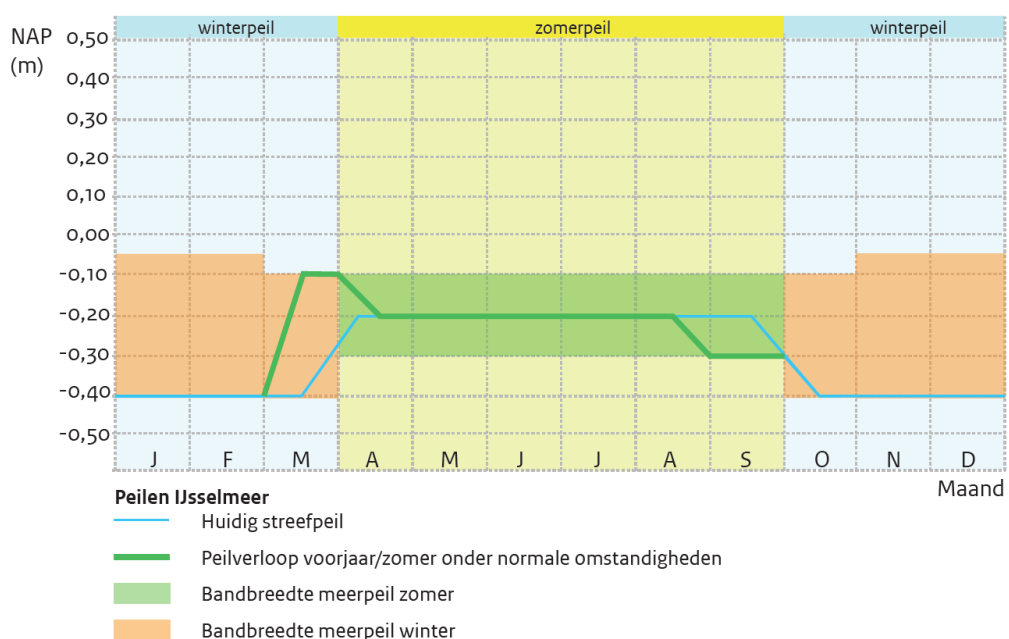
Al in de 17^e eeuw stelde Hendrik Stevin voor om de Zuiderzee af te dammen om overstromingen te voorkomen. In de tweede helft van de 19^e eeuw kwam daarbij de behoefte tot verdere opschalingen van de landaanwinning. In de plannen die Lely eind 19^e eeuw uitwerkte stond deze landaanwinning centraal, maar de watersnood van 1916 gaf uiteindelijk de doorslag om de Zuiderzeewet aan te nemen en de aanleg van de Afsluitdijk te starten. Daarom is het motief hoogwaterbescherming de voornaamste reden voor het ontstaan van het IJsselmeergebied in zijn huidige vorm.

Tegen deze achtergrond kan ook het vigerend peilbesluit IJsselmeergebied (Rijkswaterstaat, 2018) het best begrepen worden. Dit besluit is weergegeven in Figuur 2.1. Het volgt uit een afweging van belangen die is weergegeven in Figuur 2.2.

In de winter (november tot en met februari) is de **kombergingsfunctie** het belangrijkste, omdat dat de periode is waarin stormen en stormvloed op zee het vaakst voorkomen en de bescherming tegen overstromingen de meeste aandacht vraagt. Water uit de IJssel en uit de directe omgeving moet bij hoge zeestand tijdelijk worden geborgen in het IJsselmeer om na de stormvloed alsnog zo veel mogelijk onder vrij verval gespuid te worden naar de Waddenzee. Gedurende die periode van komberging mag het IJsselmeerpeil niet te hoog worden; want boven op het meerpeil kunnen scheefstand en golven tijdens een storm de dijken bedreigen.

In de komende decennia zal het spuien onder vrij verval ondersteund worden met pompen die momenteel worden aangelegd. Dat is het vigerend beleid ingevolge een recente deltabeslissing.

Zo wordt het peil in het IJsselmeergebied gereguleerd, waarbij in het IJssel- en Markermeer gestreefd wordt naar een winterpeil van - 0,40 m NAP, zie Figuur 2.1 (alle peilen in deze paragraaf zijn gegeven t.o.v. NAP). De kombergfuncties van het IJssel- en Markermeer verschillen sterk, omdat het IJsselmeer veel meer water ontvangt, namelijk vanuit de IJssel. Naar het IJsselmeer stroomt jaarlijks gemiddeld 16 miljard m³ water, dat voor driekwart afkomstig is uit de IJssel (Remmelzwaal et al., 2015, p. 15). Naar het Markermeer stroomt slechts 1,8 miljard m³ water, dus ongeveer tien keer zo weinig. Hoewel de kombergingscapaciteit van het Markermeer (met een oppervlak van zo'n 700 a 750 km²)² wat kleiner is dan die van het IJsselmeer (1200 km²), wordt er dus ook in relatieve zin veel minder water naar het Markermeer afgevoerd dan het IJsselmeer (Remmelzwaal et al., 2015). Als gevolg van deze veel grotere aanvoer fluctueert het IJsselmeerpeil in de winter veel sterker dan het Markermeerpeil. De toegelaten bandbreedte rond het streefpeil is - 0,40 m tot - 0,05 m voor het IJsselmeer (Figuur 2.1), en - 0,40 m tot - 0,20 m voor het Markermeer.



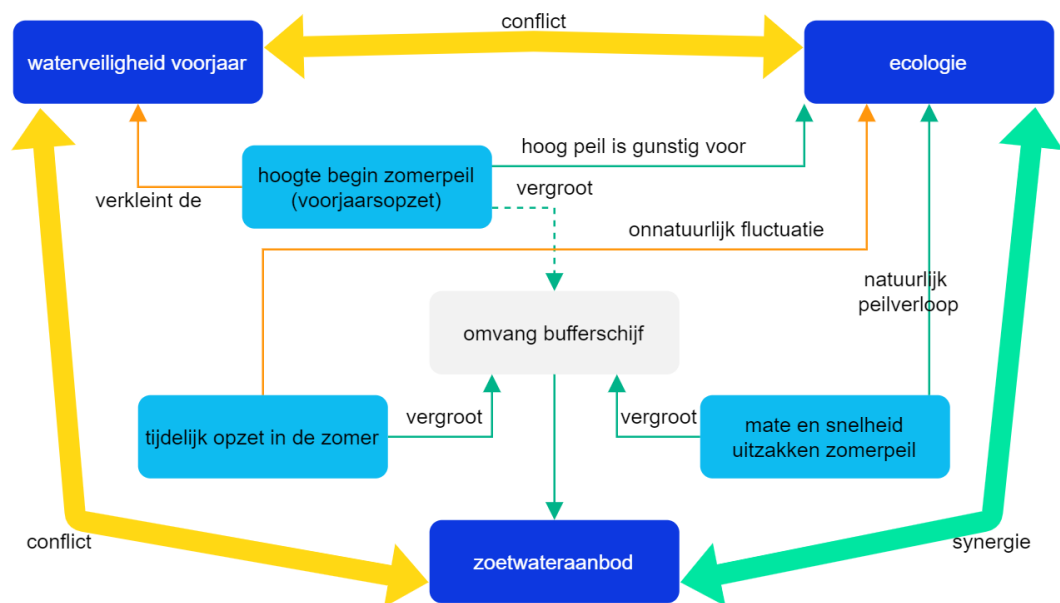
Figuur 2.1 Nagestreefd zomer- en winterpeil in het IJsselmeer, volgens het vigerend peilbesluit (Rijkswaterstaat, 2018)

Maar soms lukt het niet om het meerpeil binnen deze bandbreedtes te houden. De hoogst gemeten waterstand in het IJsselmeer (+ 51 cm gemiddeld overf het meer) ligt ruim 0,9 m boven het streefpeil, terwijl deze er in het Markermeer (+ 20 cm) maar 0,4 m boven ligt (Remmelzwaal et al., 2015). Voor de kombergingsfunctie betekent dit dat het IJsselmeer eigenlijk niet kleiner kan, maar dat verkleining van het beschikbaar oppervlak van het Markermeer minder kritisch zou kunnen zijn. In de plannen van Lely was immers rekening gehouden met de aanleg van de Markerwaard, die de oppervlakte van het meer met meer dan de helft zou verkleinen. Pas in 2003 gingen de laatste plannen voor de Markerwaard volledig van tafel, met name door het toegenomen belang van de andere twee hoofdfuncties: zoetwaterberging en natuur.

² Afhankelijk van of exclusief of inclusief het IJmeer en Gooimeer wordt gerekend (het vormt een aaneengesloten watersysteem).

In de zomer (april tot augustus) is de **voorraadbergingsfunctie** het belangrijkste. Het IJsselmeergebied functioneert dan eigenlijk als een soort stuwmeer op zeeniveau, waar voortdurend water instroomt (voornamelijk uit de IJssel) en water uit wordt onttrokken. In de zomer is er vanuit de regio een grote watervraag voor o.a. het handhaven van de polderpeilen, het doorspoelen ter bestrijding van verzilting en het voorzien van de landbouw van water. Door het waterpeil tussen bepaalde grenzen te laten fluctueren kan water tijdelijk worden opgeslagen, zodat het verschil in *timing* tussen waterbeschikbaarheid en watervraag gedurende enige tijd kan worden overbrugd. Een belangrijk verschil met andere stuwmeren is dat het peil hierbij maar 20 cm mag fluctueren, zodat er sprake is van een vrij beperkte bufferschijf³. Er wordt gestreefd naar een peil tussen de - 0,10 m en - 0,30 m (Figuur 2.1), anticiperend op de watervragen vanuit het voorzieningsgebied. Bij verwachte droogte wordt het peil opgezet naar - 0,10: de 'zomeropzet'. Vanaf half augustus mag het peil geleidelijk uitzakken tot - 0,30 m en in oktober wordt het geleidelijk verlaagd tot winterpeil. In de Veluwerandmeren fluctueert het peil veel minder, in de zomer tussen - 0,10 en - 0,05 m, en in de winter tussen - 0,30 en - 0,10 m. Maar deze meren vervullen dan ook geen voorraadfunctie en hebben slechts een zeer geringe kombergingsfunctie.

Het peilverloop dat op deze manier ontstaat, een zomerpeil dat hoger is dan het winterpeil, is tegennatuurlijk. In een met de seizoenen variatie mee-ademende natuurlijke situatie zou het winterpeil namelijk hoger zijn dan het zomerpeil. Vanuit **ecologisch perspectief** wordt het huidige peilverloop dan ook als ongewenst beschouwd. Zo zijn we gearriveerd bij de fundamentele synergie en conflicten die bestaan tussen de verschillende functies die het IJsselmeergebied vervult (Figuur 2.2).



Figuur 2.2 In het peilbesluit wordt de hoogwaterbescherming afgewogen tegen het vergroten van het zoetwateraanbod en de ecologische doelstellingen (donkerblauw). De figuur toont de causale relaties (dunne pijlen) tussen de beheersmaatregelen (lichtblauw) en de systeemvariabelen (grijs). Zie de inleiding voor een leeswijzer.

³ 20 cm over een oppervlak van 1200 + 700 km³ levert 380 Mm³ (0,38 km³) beschikbaar water in het IJsselmeer en Markermeer samen. De neerslag op Nederland bedraagt op jaarbasis 20 a 30 km³ en de verdamping is ong. 20 km³.

Voor een natuurlijkere peildynamiek t.b.v. de natuur, zou ofwel (1) het winterpeil een stuk hoger moeten zijn (2) ofwel het zomerpeil veel lager moeten zijn. Het eerste (1) conflicteert echter met wat gewenst is vanuit hoogwaterbeheersing, want een hoog winterpeil vergroot de kans op falen van de waterkeringen (door bijv. overslag, overloop of *piping*). Bovendien zorgt het voor extra kwel en hogere grondwaterstanden in polders nabij de dijken, wat kan leiden tot wateroverlast en slechtere begaanbaarheid van landbouwgronden. Het tweede (2) conflicteert met de doelstelling voor de zoetwatervoorziening. Het peil wordt in de zomer immers juist verhoogd om voldoende water beschikbaar te hebben voor de verschillende watervragers. Bovendien heeft een te laag waterpeil een negatief effect op de bevaarbaarheid en vergroot het de zoutindringing bij het schutten. Ook is het leveren van water aan de regionale voorzieningsgebieden niet bij elk peil mogelijk. Behalve het seizoensverloop zijn ook fluctuaties en verschillen tussen jaren (laagfrequente extremen) van belang voor de ecologie (zie intermezzo par. 2.5). Ook dit kan conflicteren met andere gebruiksfuncties.

Bij naderende droogte wordt het peil in de zomer tijdelijk opgezet tot -0,10 m NAP, om zoveel mogelijk water te bergen. Dit is de zogenaamde 'zomeropzet'. Omdat deze maatregel de bufferschijf vergroot is deze gunstig voor de zoetwatervoorziening (Figuur 2.2). Deze onnatuurlijke verhoging in de zomermaanden is echter nadelig voor de natuur, onder meer omdat nesten kunnen wegspoelen (Figuur 2.2).

Om de nadelige ecologische gevolgen van de zomeropzet zoveel mogelijk te beperken is in het peilbesluit een zogenaamde 'voorjaarsopzet' opgenomen. Deze houdt in dat in de maand maart het peil tijdelijk wordt opgezet tot - 0,10 m, tenzij er storm wordt verwacht. Dit wordt gedaan met het oog op de natuur, o.a. om te voorkomen dat vogels op te lage plekken gaan nestelen. Bovendien is een vroege voorjaarsopzet goed voor de ontwikkeling van rietmoerassen, en daarmee voor de broedvogels van dat habitatype (Rijkswaterstaat, 2018). De uitzondering bij stormverwachting laat zien dat deze natuurgerichte maatregel conflicteert met de hoogwaterbeheersing in het voorjaar. Met het oog op eventuele voorjaarsstormen is het vanuit hoogwaterbeheersing wenselijk om het waterpeil zo laat mogelijk op te zetten naar een hoger peil, maar vanuit ecologisch perspectief is juist een vroege peilopzet gewenst (Figuur 2.2). Bij een te grote kans op voorjaarsstormen gaat de voorjaarsopzet niet door.

Na de voorjaarsopzet wordt het peil verlaagd naar - 0,20 m, behalve als er al vroeg in het jaar een droge periode aanbreekt of wordt voorzien; dan wordt vanuit de voorjaarsopzet direct doorgegaan naar de maximale zomeropzet tot -0,10 m.

Behalve via waterhoogtes en -fluctuaties hebben wijzigingen in het peilregime ook effect op onder meer zoutgradiënten en vismigratie mogelijkheden (zie par. 2.5). Concentratie van spui in winter en vasthouden van water in de zomer en herfst kunnen conflicteren met de seizoensdynamiek van verschillende soorten trekvis.

Wijzigingen in het peilregime kunnen effecten hebben op het verloop van waterdiepte door het seizoen en daarmee via de lichtval op de bodem op de mogelijkheden voor waterplanten en op de beschikbaarheid van voedsel voor (niet duikende) watervogels. Ook de resulterende patronen in verblijftijd kunnen effect hebben, met name als die verblijftijd ongeveer een maand is, zoals in de zuidelijke randmeren of het zuidelijke deel van het IJsselmeer. Rond die waarde verandert het karakter van het meer van in essentie stagnant naar stromend en vice versa (o.a. via effect van nalevering uit de bodem, zie Handreiking Beoordeling Waterbodems).

Het bovenstaande geeft aan dat het peilbeheer en het achterliggende peilbesluit een compromis is tussen de drie hoofdfuncties van het IJsselmeer en Markermeer: hoogwaterbeheersing, zoetwatervoorraad en ondersteunen van een robuust ecosysteem. Hieronder wordt op alle drie deze hoofdfuncties nader ingegaan, evenals op daarvoor relevante ontwikkelingen.

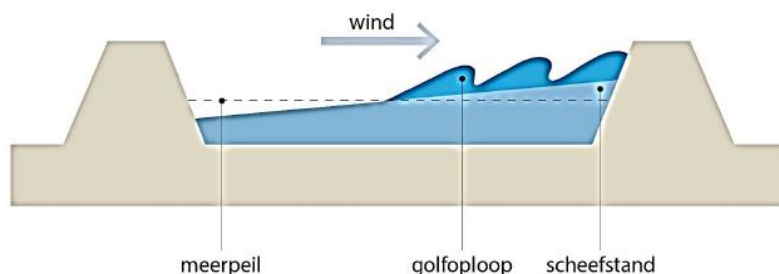
2.3 Komberging en hoogwaterbeheersing

Het beleid inzake overstromingsrisicobeheersing berust in Nederland nog voor een zeer belangrijk deel op hoogwaterbescherming, met behulp van dijken, dammen en andere waterkerende infrastructuur. Die waterkeringen moeten voldoen aan normen voor de kans op falen van die keringen ('overstromingskans' volgens de Waterwet 2017), die weer een functie is van 1) de hoogte en sterkte van de kering en 2) de hydraulische belasting op die kering. Het beheer en onderhoud van vrijwel alle primaire waterkeringen vallen onder de verantwoordelijkheid van de waterschappen, maar de voorliggende en compartimenterende keringen (o.a. Afsluitdijk, Houtribdijk, Ramspolkering) zijn de verantwoordelijkheid van het Rijk, die daarmee tevens de hydraulische randvoorwaarden voor de primaire keringen bepaalt.

Het IJsselmeergebied als (deel van het) hoofdwatersysteem heeft in dit geheel dus vooral betekenis doordat de inrichting en het beheer ervan de *hydraulische belasting* bepalen. En voor die functie (of geo-ecosysteemdienst) ligt de systeemverantwoordelijkheid dus bij het Rijk.

Het feit dat het IJsselmeergebied met de aanleg van de Afsluitdijk is afgesloten van de zee, maakt dat een door een stormvloed opgestuwd hoogwater niet langer direct doordringt tot in het achterland. De kustlijn is effectief verkort.

Het merengebied zelf – en dan met name het IJsselmeer – fungeert als **komberging** om in tijden van hoge zeestand en grote rivierafvoer (door de IJssel en/of vanuit de regio) de stijging van het *waterpeil* te beperken. Daarop is de oppervlakte van het IJsselmeer ook ooit gedimensioneerd door Lorentz, toen hij z'n berekeningen deed voor de IJsselmeerwerken en -inpolderingen. Waar beheersing van het hoogwaterpeil op de meren dus de belangrijkste *dienst* van het huidige systeem is, zijn er nog twee processen relevant die – bovenop dit meerpeil – de hydraulische randvoorwaarden aan de kering bepalen, namelijk: opwaaiing met scheefstand tot gevolg en storm met golfontwikkeling tot gevolg. En beide kunnen door inrichting en beheer beïnvloed worden.



Figuur 2.3 Meerpeil, scheefstand en golfvorming (Rommelzwaal et al., 2015, p.10)

De nu volgende beschrijving is mede gebaseerd op de Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer, fase 1-4 (Rommelzwaal et al., 2015; 2017; 2018; 2019).

Verschillende deelgebieden: stormopzet domineert vs. rivierafvoer domineert

In het IJsselmeergebied zijn vanuit het perspectief van de hoogwaterbeheersing verschillende deelgebieden te onderscheiden. Een gebied waar de hoogwaterstand bij de keringen gedomineerd wordt door stormopzet vanuit de meren, een overgangsgebied waar stormopzet en hoogwaterafvoer vanuit de rivieren beide van belang zijn, en een gebied waar de hoogwaterstanden gedomineerd worden door grote rivierafvoeren (feitelijk geen deel meer van het IJsselmeergebied).

Het overgangsgebied tussen het IJsselmeergebied in strikte zin en het rivierengebied in strikte zin is de IJssel-Vechtdelta, die het Zwarte Meer en de benedenloop van de Overijsselse Vecht (tot de stuw Vechterweerd) omvat, evenals de IJsselmonding en Beneden-IJssel (Rommelzwaal et al., 2015) en tegenwoordig ook het Vossemeer en Reevediep.

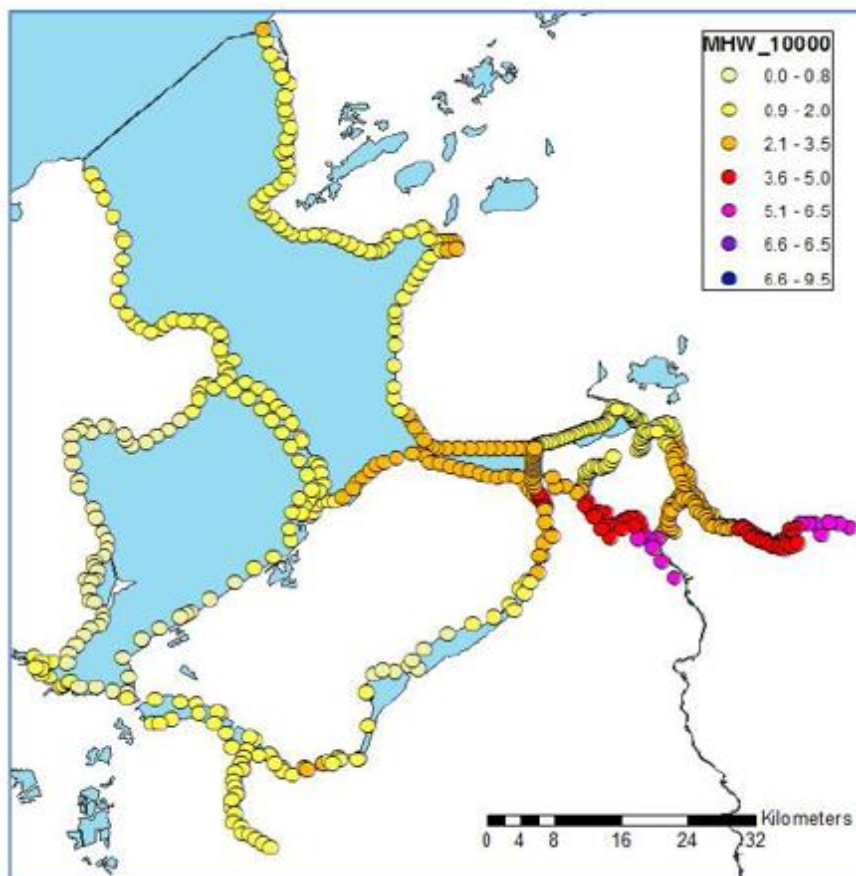
Drie factoren die de hydraulische randvoorwaarden aan de kering bepalen

De nieuwe hoogwaterbeschermingsnormen hebben betrekking op de faalkans ('overstromingskans') van de waterkering, als gevolg van een verscheidenheid aan faalmechanismen. Bij het ontwerp van een dijk of kering wordt uitgegaan van een hydraulisch belastingniveau, waarop de hoogte van de dijk en de sterkte van de dijk worden gedimensioneerd.

Dit hydraulisch belastingniveau wordt in het IJsselmeergebied bepaald door het meerpeil, de scheefstand en de golfhoogte en -periode. De scheefstand en golfhoogte en -periode worden bepaald door de windsnelheid en de geometrie van het gebied (Rommelzwaal et al., 2015, p. 11-21).

De hydraulische belastingniveaus rond de meren variëren hierdoor van plaats tot plaats (Figuur 2.4), want de windsnelheden zijn niet uit alle richtingen even sterk, de strijklengte (de afstand waarover golven zich kunnen ontwikkelen) is niet overal even groot en de waterdiepte – die de golfhoogte kan beperken – verschilt sterk.

Een gevolg van deze verschillen is dat op sommige plekken, zoals voor de Noord-Hollandse Markermeerkust (want meestal afluende wind), het meerpeil het meest bepalend is voor de hydraulische belasting. Elders, bijv. op het Ketelmeer (meestal aanlandige wind), is de scheefstand door opwaaiing dominant. Deze beide bepalen de waterstand die maatgevend is voor het ontwerpen en toetsen van de waterkeringen. Daarbovenop komen nog golven, waarvan de oploop tegen de dijk weer afhankelijk is van het dijkprofiel: de hellingshoek, de aanwezigheid van eventuele bermen (stortsteen of zetsteen) en de ruwheid van het talud.



Figuur 2.4 Hoogwaterstand met een kans van optreden van 1: 10.000 per jaar (Remmelzwaal et al., 2015, p. 22); in het jaar van publicatie een 'maatgevende hoogwaterstand'.

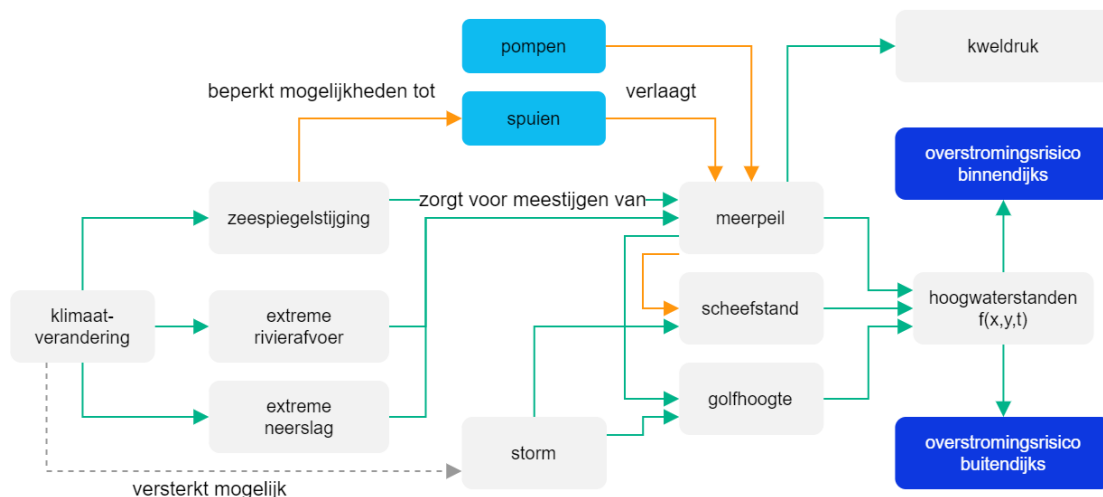
Binnendijks vs. buitendijks

Buitendijkse gebieden zijn de gebieden die niet beschermd worden door een primaire kering. In het IJsselmeergebied gaat het hierbij om zo'n 15.600 hectare, waaronder bijvoorbeeld Makkumerwaard, Kampereiland en andere delen van de IJsseldelta. Dit deel wordt tot het hoofdwatersysteem van het IJsselmeergebied gerekend, waar dit rapport over gaat. Daarbij merken we op dat een deel hiervan nog wel tegen al te frequente overstromingen wordt beschermd met kades of verhoogd is aangelegd.

2.3.1 Belangrijkste ontwikkelingen voor hoogwaterbeheersing

Klimaatverandering en zeespiegelstijging zijn de belangrijkste externe ontwikkelingen die de hoogwaterbeheersing van de kustnabije delen van Nederland onder druk zetten (Figuur 2.5). In het geval van het IJsselmeergebied leiden ze *met zeer grote waarschijnlijkheid* tot een grotere aanvoer van wateroverschotten uit het stroomgebied van de Rijn en uit de kleinere stroomgebieden die op het IJsselmeergebied afwateren en *met zekerheid* tot beperkingen aan de spuimogelijkheden. Daarom is al besloten tot vergroting van de capaciteit van de spuisluizen in de Afsluitdijk en tot het plaatsen van pompen. De consequenties van deze ontwikkelingen zijn geschetst in Figuur 2.5. In de volgende paragrafen gaan we er wat dieper op in.

Het anticiperen op een eventuele versnelling van deze ontwikkelingen – tenzij aan de doelstellingen van Parijs wordt voldaan – kan voor het IJsselmeergebied als opgave worden beschouwd.



Figuur 2.5 Systeemdiagram van de gevolgen van klimaatverandering op hoogwaterstanden en potentieel overstromingsrisico. Zie de inleiding voor een leeswijzer.

2.3.2 Toename piekafvoer IJssel en toename winterneerslag

Relevante gevolgen van klimaatverandering zijn een toenemende winterneerslag en een daardoor tevens toenemende piekafvoer van de Rijn – en dus de IJssel. Remmelzwaal et al. (2015, p. 29) rekenen met een toename van de winterneerslag met 10% in 2050, 15% in 2100, en 20% in 2150. En met een IJsselafvoer die 6,25% groter is in 2050, 12,5% groter in 2100, en 20% groter in 2150. De percentages betreffen toenames t.o.v. de periode 1990-2015.

De gevolgen van deze twee ontwikkelingen op de meerpeilen blijken relatief klein in vergelijking met die van het effect van zeespiegelstijging (Figuur 2.6). *Bij ongewijzigd beleid* zou het gecombineerde effect van zeespiegelstijging en een grotere IJsselafvoer in 2100 gemiddeld zo'n 0,5 m bedragen en op de 1: 10.000 waterstand ong. 0,65 m; en die hogere waterstanden zijn voor 70-90% toe te schrijven aan de hogere zeestand.

		2100				2150			
		totaal	ZSS	IJssel	Neerslag	totaal	ZSS	IJssel	Neerslag
IJM	Gem.	56cm	89%	5%	2%	124	93%	3%	2%
	T10000	66cm	80%	14%	9%	134	87%	9%	6%
MM	Gem.	49cm	84%	2%	2%	113	89%	2%	2%
	T10000	65cm	69%	2%	20%	131	81%	2%	13%

Figuur 2.6 Bijdrage van zeespiegelstijging (ZSS), grotere IJsselafvoer, en toename winterneerslag op gemiddelde (Gem.) en 1:10.000 jaar meerpeil (T10000) bij ongewijzigd beleid (= beleid van voor de deltabeslissing om te gaan pompen) (Remmelzwaal et al., 2015, p. 30).

Deze voor deze analyses gebruikte getalswaarden geven een indruk van de gevoeligheid van het systeem voor een veranderend afvoerregime als gevolg van klimaatverandering. In dit verband kan echter ook nog worden verwezen naar de Systeembeschoouwing IRM (Klijn et al., 2022), waarin wordt geopperd in ieder geval rekening te houden met zo'n 10-15% grotere Rijnafvoeren tegen het *eind van deze eeuw*, maar ook wordt gewezen op het beleid 'Lek ontzien' – waardoor de IJssel verhoudingsgewijs al iets meer zal krijgen (nl. 16% extra).

En daarin wordt zelfs gesuggereerd de afvoerverdeling over de Rijntakken bij hoogwater in het licht van de opgave die voortvloeit uit de klimaatverandering te heroverwegen; en een mogelijk groter aandeel af te voeren over de IJssel (leidend tot zo'n 30% of zelfs 40-80% meer IJsselafoer tijdens hoogwater aan het eind van de eeuw). Als argument voor zo'n heroverweging wordt – onder meer – de beperkte kombergingscapaciteit van het noordelijk deltabekken in de regio Rijnmond-Drechtsteden genoemd.

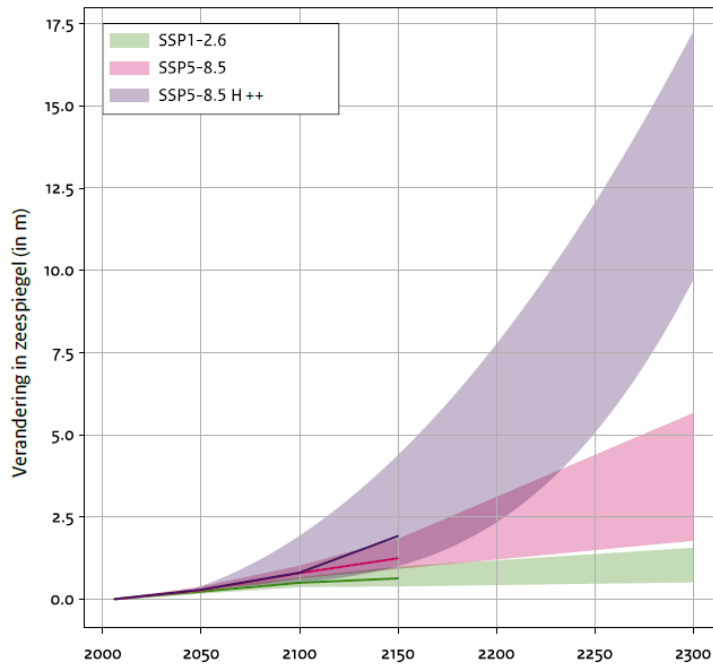
2.3.3 Zeespiegelstijging

Door de klimaatverandering stijgt ook de zeespiegel. De tot nu toe voor verkenningen gebruikte Deltascenario's houden rekening met een zeespiegelstijging tussen 0,35 m en 1,0 m in 2100.

Naar aanleiding van het 6^e IPCC-rapport (2021), heeft het KNMI in het *KNMI Klimaatsignaal '21* nieuwe – indicatieve – zeespiegelstijgingsscenario's opgesteld. Deze komen uit op een waarschijnlijke bandbreedte (90% betrouwbaarheidsinterval) van 30-121 cm in 2100. Na 2100 zal de zeespiegel echter blijven stijgen, volgens het KNMI tot zo'n 0,3 - 3 m in 2300 in het gunstige lage-uitstoot scenario, en zo'n 1,5 - 7 m in het ongunstige scenario met onverminderde uitstoot (KNMI, 2021, p. 31). In Figuur 2.7 zijn deze scenario's zichtbaar (resp. groen en roze), maar dan voor het 67% betrouwbaarheidsinterval, waardoor de bandbreedte kleiner is.

Bij een wereldwijde klimaatopwarming van meer dan 2 °C zijn de afkalvings- en smeltprocessen op Antarctica en Groenland zeer onzeker. Volgens sommige theorieën, die volgens het KNMI nog omstreden zijn (KNMI, 2021, p. 29), zouden we daardoor te maken kunnen krijgen met een veel snellere zeespiegelstijging, het H++ scenario in Figuur 2.7 (KNMI, 2021). Maar het betekent dat een zeespiegelstijging van zo'n 2 m in 2100 niet kan worden uitgesloten. Een dergelijk scenario zal qua stijgsnelheid al vanaf 2050 sterk gaan afwijken van de huidige Deltascenario's. Beslissingen die in het deltaprogramma voor de zeer lange termijn worden overwogen, zullen dan veel eerder genomen moeten worden (Defacto Stedenbouw, 2021).

Op de zeer lange termijn (na zo'n 10,000 jaar) kan volgens het KNMI (2021) de zeespiegel stijgen met ongeveer 6- 7 m bij een opwarming van 2 °C, met 10- 24 m bij 3 °C, en met 28- 37 m bij 5 °C.



Figuur 2.7 Voorlopige zeespiegelscenario's voor de Nederlandse kust (KNMI, 2021)

Figuur 4.4 Zeespiegelscenario's voor de Nederlands kust tot 2300 voor de SSP1-2.6 en SSP5-8.5 scenario's en SSP5-8.5 met het meenemen van onzekere ijskap-processen zoals het instorten van ijskliffen aan de rand van Antarctica (SSP5-8.5 H++). De mediaanlijnen van die drie scenario's kunnen slechts tot 2150 worden berekend. De aangegeven bandbreedte in kleur komt overeen met de waarschijnlijke bandbreedte van 67%.

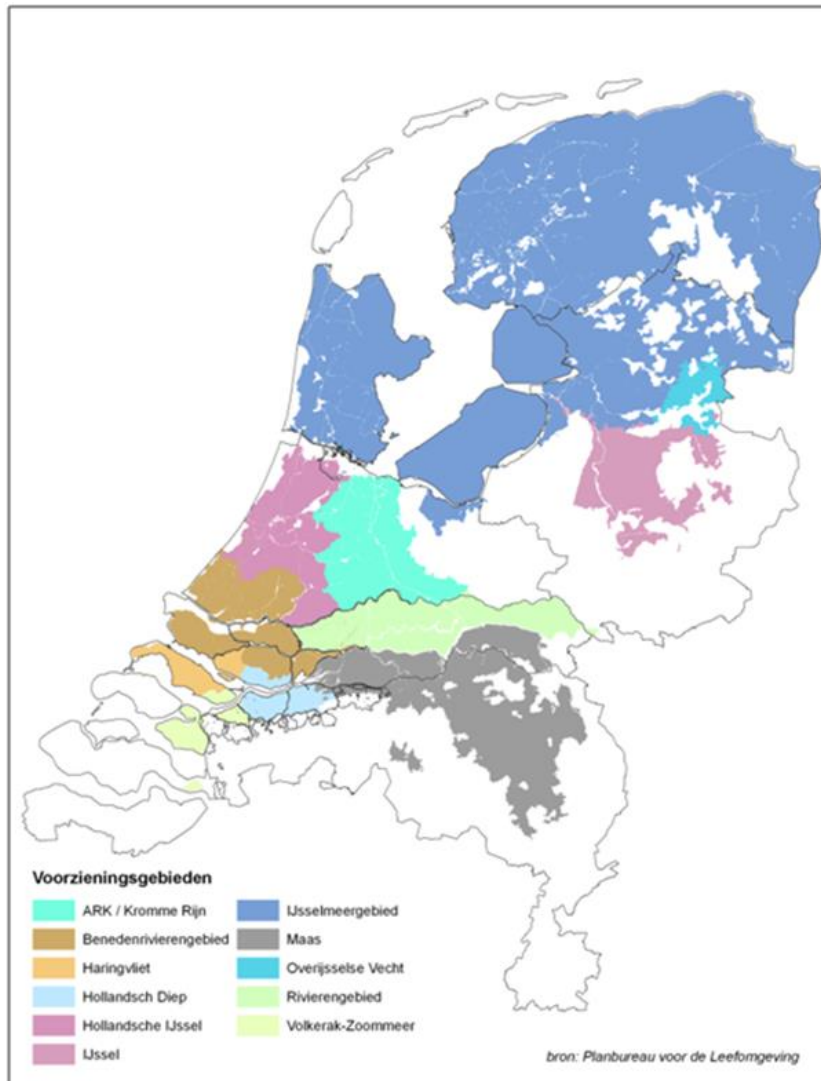
Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (Defacto Stedenbouw, 2021; Deltares, 2021) heeft op hoofdlijnen verkend wat de impact van versnelde zeespiegelstijging op het IJsselmeergebied zou kunnen zijn. De bevindingen zijn als volgt:

- Door hogere waterstanden op de Waddenzee kan minder vaak onder vrij verval naar zee gespuid worden. Er zal ófwel meer water in het IJsselmeergebied moeten worden geborgen, ófwel meer moeten worden gepompt. Of een combinatie van beide.
- Zonder extra maatregelen zal het waterpeil vaker en meer stijgen, waardoor de overstromingsrisico's groter worden. Dit betreft zowel het binnen- als buitendijkse gebied. Dit effect is van grotere invloed op de maatgevende hoogwaterstanden dan de toename van de IJsselafvoer en winterneerslag.
- De toenemende kwel in polders zal ook een grotere zoutbelasting van het IJsselmeer veroorzaken en de doorspoelvraag in het watervoorzieningsgebied vergroten.

2.4 Voorraadberging en kwaliteitsbeheersing voor de zoetwatervoorziening

Het IJsselmeergebied wordt wel aangeduid als onze nationale regenton. Dat is nogal een kwalificatie, maar wel is waar dat het IJsselmeer een belangrijke buffer vormt, waaruit Noord-Nederland tijdelijk van water kan worden voorzien in tijden van geringe rivieraanvoer.

Deze buffer wordt in de zomer vrijwel uitsluitend gevoed door de IJssel, die dan ong. 15-18% van de Rijnafvoer krijgt, maar onderweg nog zo'n 10% via de Twentekanalen aan Overijssel levert. In perioden met lage rivierafvoer, zoals in de zomers van 2018, 2019 en 2022, betekent het dat er veel minder dan 200 m³/s het IJsselmeer bereikt, en dat is minder dan er nodig is voor het tegengaan van zoutindringing via het Noordzeekanaal en de Afsluitdijk en door de regio's wordt gevraagd voor peilbeheer, doorspoeling en beregening. Daarbij is het belangrijk dat de kwaliteit van het water ook wordt geborgd, met name ten aanzien van het zoutgehalte – dat voor de drinkwaterbereiding maximaal 150 mg Cl⁻/l mag bevatten – maar ook om algenbloei te voorkomen. Dat vraagt om voldoende (spoel)debiëten tegen zoutindringing en voor verversing.



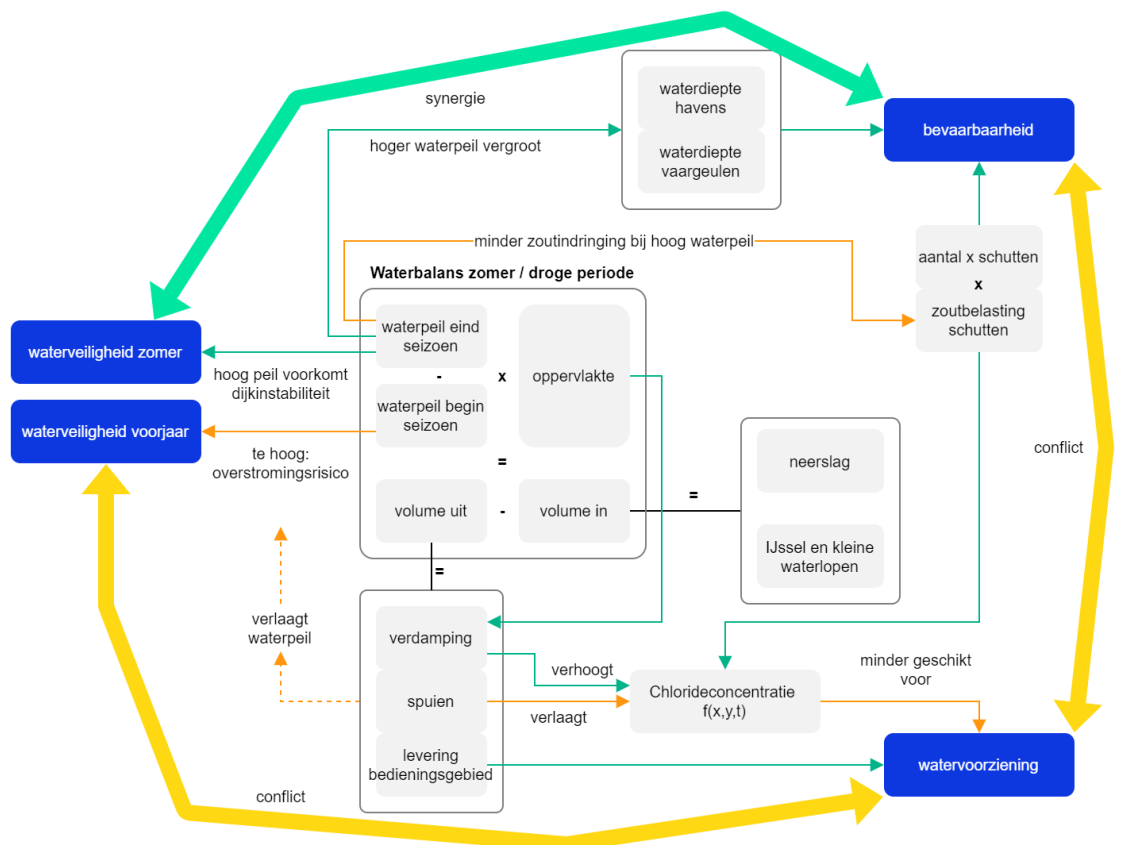
Figuur 2.8 Het IJsselmeergebied vormt een zoetwaterbuffer voor de regionale watervoorziening van Noord-Nederland: Noord-Holland benoorden het IJ, Flevoland, delen van Overijssel, Drenthe, Groningen en geheel Friesland.

In dergelijke periodes met geringe rivierafvoer wordt ingeteerd op de beschikbare watervoorraad (de buffer). Met een zomerstreefpeil van $-0,20$ m NAP, een minimumpeil van $-0,30$ m NAP, en een flexibele zomeropzet tot $-0,10$ m NAP (sinds 2018) bedraagt de potentieel direct beschikbare waterschijf 20 cm. Dit komt overeen met een buffervoorraad van 400 miljoen m^3 bovenop de aanvoer via de IJssel. Als het ook meteorologisch droog is (geen regen, wel verdamping), dan is deze buffervoorraad in ongeveer 2 weken opgebruikt; deels door verdamping uit het meer zelf (zo'n 2-4 mm/dag, afhankelijk van het weer, overeenkomend met ruim 20%) en deels door levering aan watervragers.

In geval van dreigend of werkelijk watertekort is een noodbufferschijf beschikbaar van 10 cm, door het peil verder uit te laten zakken naar $-0,40$ m NAP; voor een deel van de (economische) watergebruikers geldt dan al een onttrekkingsverbod. Onder dit kritieke peil mag helemaal geen water meer worden onttrokken, omdat dat de dijkstabiliteit bedreigt wordt evenals een aantal andere watergebonden activiteiten (waterrecreatie, beroepsvaart) en buitendijkse natuur. Bij dit peil wordt onttrekking bovendien technisch lastiger, omdat het meerpeil dan lager wordt dan sommige polderpeilen, zodat niet meer onder vrij verval kan worden ingelaten.

Ook voor de bevaarbaarheid is het belangrijk dat het waterpeil niet te laag wordt, want dan is er onvoldoende waterdiepte in havens en vaargeulen, en zijn sommige ondiepe stukken van het IJsselmeergebied niet meer bevaarbaar. En voor de waterkeringen is niet alleen een te hoog peil gevaarlijk, maar ook een te snel zakkend peil, want dan kunnen dijken instabiel worden.

Figuur 2.9 geeft een sterk vereenvoudigde weergave van de waterbalans van de meren in het zomerseizoen, maar laat ook zien hoe zout water het IJsselmeer binnendringt en de waterkwaliteit beïnvloedt. Het schutten van schepen door de Afsluitdijk is weliswaar noodzakelijk, maar brengt wel een zoutbelasting met zich mee. Dat zout kan deels door spuien weer worden weggewerkt.



Figuur 2.9 Systeemdiagram van de waterbalans van het IJsselmeer in het zomerhalfjaar. Zie de inleiding voor een leeswijzer.

Wat de waterbalans betreft: voor elke tijdsperiode, bijvoorbeeld het volledige zomerseizoen of een paar droge weken, geldt dat de volumeverandering van het meer gelijk is aan waterstandsverandering (eindpeil - beginpeil) vermenigvuldigd met de oppervlakte van het meer. De volumeverandering is tevens het verschil tussen het totale uitgaand en ingaand volume. Het ingaand volume is voornamelijk afkomstig van de aanvoer door de IJssel en vanuit kleinere rivieren en waterlopen (zo'n 200 - 300 m³/s = 430 - 650 mm/mnd) en in mindere mate van neerslag (in de zomer gemiddeld ong. 60 mm/mnd). Uitgaand volume is het gevolg van spuien naar zee, leveringen aan het voorzieningsgebied en directe verdamping vanuit het oppervlaktewater (gemiddeld zo'n 70-90 mm/mnd).

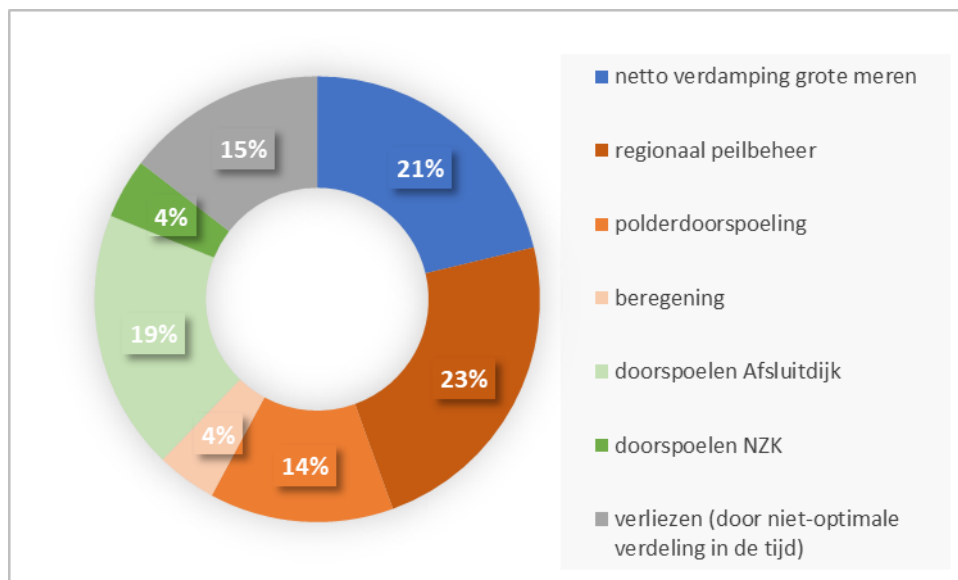
De doelstellingen voor voorraadberging zijn dus overwegend in strijd met de doelstellingen voor hoogwaterbeheersing, want daarvoor mag het peil niet te hoog of te laag worden. Dit beperkt de omvang van de bruikbare bufferschijf en daarmee de beschikbaarheid van zoetwater.

2.4.1 Belangrijkste ontwikkelingen voor de zoetwatervoorziening en voorraadberging

Ook de zoetwatervoorziening staat onder druk door klimaatverandering én maatschappelijke ontwikkelingen. Bij sterke klimaatverandering neemt de beschikbaarheid van zoetwater (neerslag, rivieraanvoer) in het zomerhalfjaar af terwijl de vraag toeneemt door meer verdamping en meer verzilting. Maatschappelijke ontwikkelingen, zoals bevolkingsgroei en de reactie van sectoren op klimaatverandering, zorgen over het algemeen voor een toename van de waterbehoefte. Dit versterkt de toenemende disbalans tussen watervraag en -aanbod. Het hierop anticiperen is voor het IJsselmeergebied een belangrijke opgave.

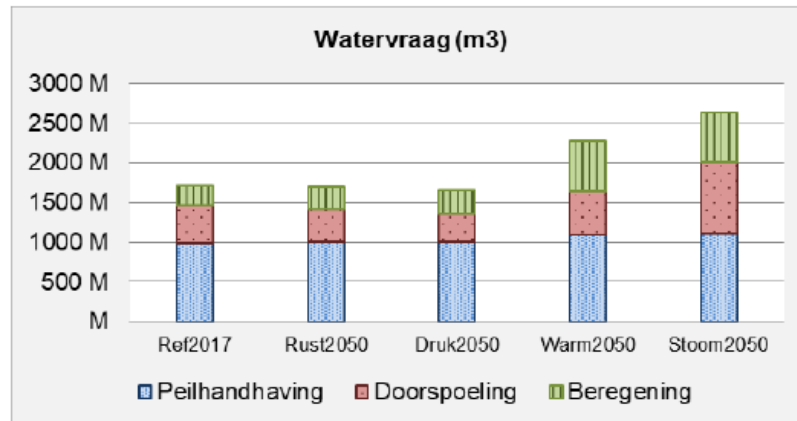
Het totaal van deze ontwikkelingen is verkend voor het Deltaprogramma Zoetwater, waarvoor is gewerkt met de Deltascenario's: combinaties van klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen (Mens et al., 2020). Die knelpuntenanalyse liet zien dat de buffervoorraad van het IJsselmeer/Markermeer onder huidige omstandigheden voldoende is en de buffer naar schatting slechts eens in de 50 tot 100 jaar volledig wordt benut. Bij toenemende watervraag en afnemende rivierafvoeren komt deze voorraad echter onder druk te staan. Naast de direct beschikbare zoetwatervoorraad in het IJsselmeer/Markermeer van 400 miljoen m³, wordt de totale waterbeschikbaarheid voor het IJsselmeergebied voor een groot deel bepaald door de aanvoer via de IJssel. In een droog jaar bedraagt deze hoeveelheid zoet water (totaal over het zomerhalfjaar) circa 3600 miljoen m³.

Een overzicht van de watergebruikers en hun verhoudingsgewijze watervraag wordt gegeven in Figuur 2.10. Regionale watervragers (oranje) bepalen ongeveer 40% van de vraag. Met niet-optimale verdeling wordt bedoeld dat het kan gebeuren dat in het begin van het zomerhalfjaar een teveel aan water wordt gespuid op de wadden, terwijl later in de zomer een tekort optreedt. Dat water is dan niet meer beschikbaar.



Figuur 2.10 Overzicht van de watergebruikers in het IJsselmeergebied die gebruik willen maken van de bufferschijf van IJsselmeer/Markermeer én de aanvoer van de IJssel. Hun verhoudingsgewijze watervraag in een droog jaar is in percentages weergegeven voor de situatie in 2018, afgeleid van de modelberekeningen en aangevuld met nieuwe inzichten van de 2018 droogte.

Figuur 2.11 geeft voor vier mogelijke deltasenario's in 2050 een inschatting van de ontwikkeling van de regionale watervraag in een zeer droog jaar, in vergelijking met de situatie in 2017. Dit betreft de drie oranje gekleurde watervragers. Regionaal peilbeheer, met name vanuit het Fries-Groningse kustgebied, is de grootste watervrager (1000 miljoen m³ in het zomerhalfjaar). Bij sterke klimaatverandering neemt de totale regionale vraag in een zeer droog jaar toe van circa 1750 miljoen m³ naar 2600 miljoen m³. De watervraag voor doorspoeling en beregening in de landbouw is nu relatief klein t.o.v. die voor peilhandhaving, maar kan zeer sterk toenemen in een scenario met forse klimaatverandering (Mens et al., 2020).



Figuur 2.11 Ontwikkeling van de regionale watervraag aan het hoofwatersysteem in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer/Markermeer, uitgedrukt in miljoen m³ over het zomerhalfjaar voor verschillende toekomstscenario's, voor een extreme situatie met een herhalingsstijd van 50 jaar (Mens et al., 2020)

Inmiddels zijn er nieuwe berekeningen gemaakt die beter rekening houden met nieuwe inzichten in de werking van het systeem en mogelijke ontwikkelingen in de *Stresstest voor het Deltaprogramma zoetwater fase II* (Pouwels et al., 2021).

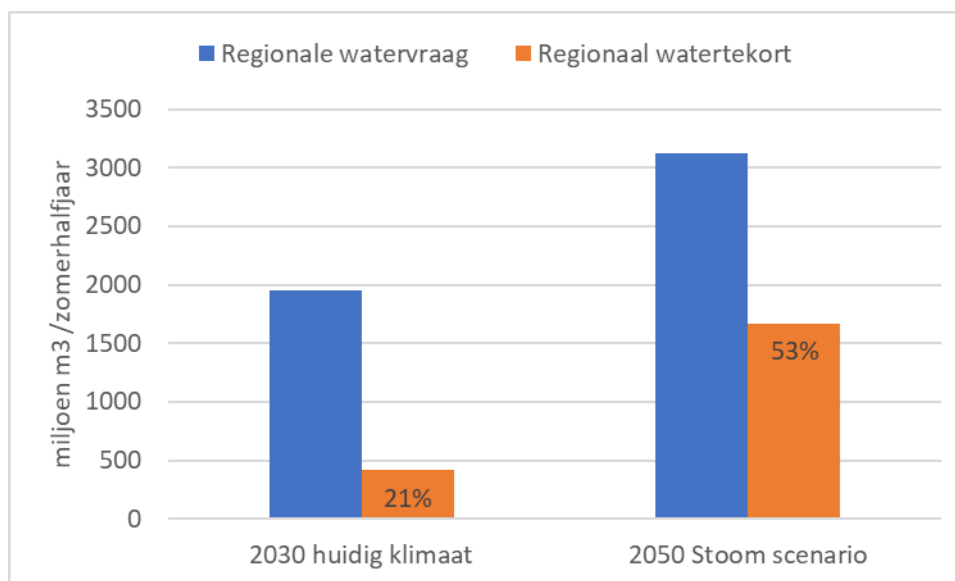
Onder andere de uitvoering van de provinciale veenweidestrategieën, waarin de komende jaren maatregelen worden getroffen om de veenweidegebieden te vernatten om bodemdaling tegen te gaan, zorgt voor een flinke toename van de watervraag voor peilbeheer. Figuur 2.13 geeft een overzicht van de ontwikkelingen en nieuwe inzichten, die achtereenvolgens in de paragrafen hierna uitgebreider zullen worden besproken.

Uit de nieuwe berekeningen volgt dat watertekorten vaker optreden en bij voortzetting van huidige beleid nog verder zouden kunnen toenemen dan uit de eerdere analyses voor het Deltaprogramma Zoetwater is gebleken. Er zijn twee gebruikelijke indicatoren om zoetwaterknelpunten inzichtelijk te maken:

- 1. het volume watertekort ten opzichte van de vraag in een (zeer) droog jaar;
- 2. de frequentie van inzet van de volledige bufferschijf IJsselmeer/Markermeer.

Ad. 1 Volgens de stresstest is de watervraag in zichtjaar 2030 (na uitvoeren van de maatregelen voor het nathouden van het veenweidegebied) in een zeer droog jaar in het huidige klimaat hoger dan nu (vergelijk Ref2017 in Figuur 2.11), namelijk circa 2000 miljoen m³, en neemt dit naar 2050 mogelijk verder toe met ongeveer 1000 miljoen m³. Het watertekort stijgt van 21% naar 53% van de watervraag.

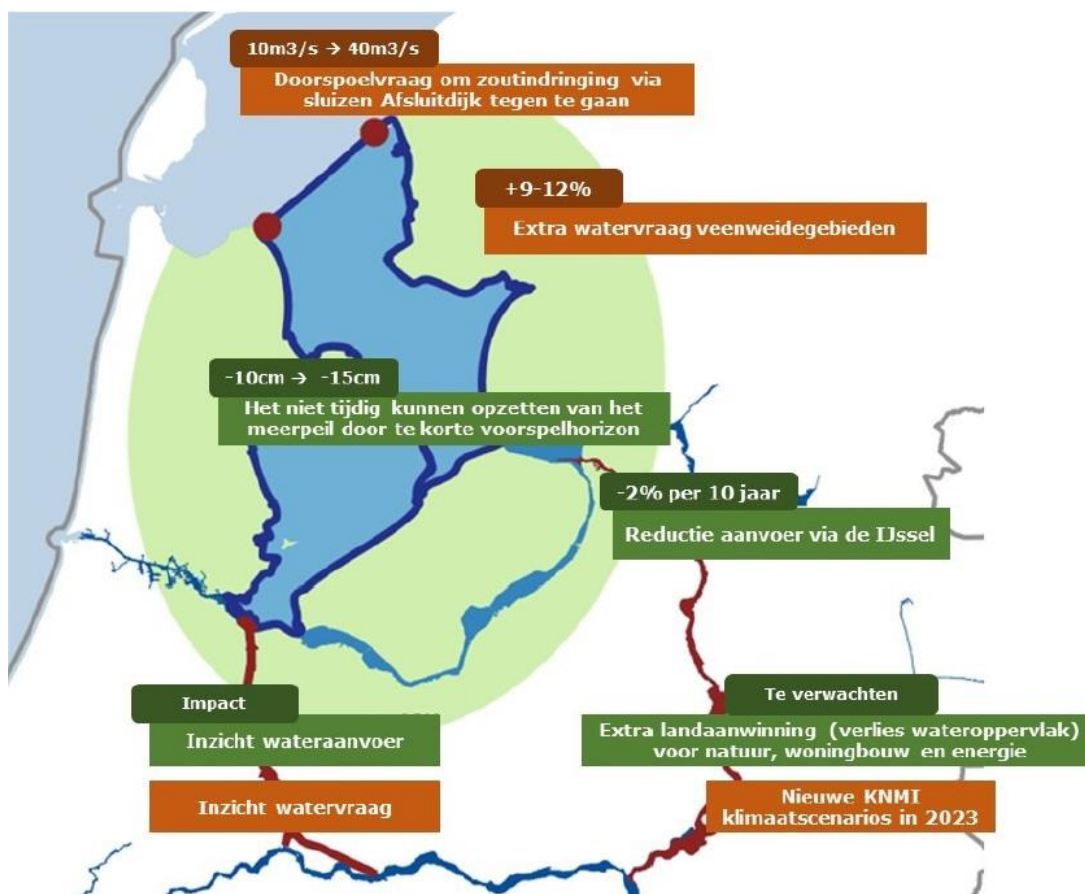
Ad. 2 Volgens de stresstest wordt, met inachtneming van de nieuwe inzichten en ontwikkelingen in het huidige klimaat, de volledige bufferschijf eens in de 20 jaar volledig benut. Eens in de 50 jaar treden watertekorten op van meer dan 10% van de watervraag. Bij sterke klimaatverandering en ontwikkelingen bij voortzetting van huidig beleid (scenario Stoom 2050), zal de direct beschikbare bufferschijf eens in 5 jaar volledig worden gebruikt. In dit scenario krijgt men eens in de 50 jaar te maken met grote watertekorten van meer dan 10% van de vraag, waarbij meerpeilen dalen onder de -0,40 m NAP.



Figuur 2.12 Regionale watervraag en -tekort in een zeer droog jaar volgens de nieuwe berekeningen van de stresstest zoetwater (Pouwels et al., 2021) in zichtjaar 2030 met huidig klimaat en zichtjaar 2050 volgens Deltascenario Stoom. Percentages geven het watertekort ten opzichte van de watervraag.

Overschat het volume van de bufferschijf niet (Expertinterview)

Een belangrijke nuance bij de waterbalans is dat het volume van de bufferschijf slechts een beperkte bijdrage levert aan de totale waterbeschikbaarheid in het zomerseizoen. De aanvoer door de IJssel is qua hoeveelheid een veel belangrijkere factor. Als de aanvoer uit de IJssel heel klein is, is de bufferschijf van 20 cm in 2 weken op. Stel, we zouden dit kunnen vergroten naar 50 cm, dan is de bufferschijf in 5 weken op (als je het IJsseldebiet verder verwaarloost).



Figuur 2.13 Voorziene veranderingen in watervraag en - beschikbaarheid tot 2050 (Kielen en Mens, 2021)

2.4.2 De zomerafvoer van de IJssel neemt af

Door klimaatverandering verandert het afvoerregime van de grote rivieren (Klijn et al., 2022). Voor de Rijn wordt verwacht dat de zomerafvoer afneemt en de tweede afvoerpiek – die nu nog als gevolg van sneeuwsmelt in het stroomgebied optreedt – verdwijnt. De Rijn wordt steeds meer een regenrivier.

Voor de periode tot 2050 is het gevolg van deze ontwikkelingen op de watervoorziening al meegenomen in de doorrekening van de Deltascenario's. De resultaten van deze stresstest zijn hierboven al samengevat (zie Pouwels et al., 2021).

2.4.3 De IJssel krijgt verhoudingsgewijs steeds minder Rijnwater

Door uitschuring van het rivierbed dalen de rivierbodems in het splitsingspuntengebied van de Rijntakken. Doordat deze uitschuring niet op alle takken even snel gaat, raakt de afvoerverdeling verstoord. Dit leidt ertoe dat de IJssel een steeds geringer percentage van de Rijnafvoer krijgt toebedeeld, terwijl er juist een groter deel via de Waal afstroomt.

Voor het programma Integraal RivierManagement (IRM) is in de Systeembescherouwing (Klijn et al., 2022) verkend hoe de afvoerverdeling over de riviertakken bij geringe Rijnafvoer geleidelijk verandert en wat de invloed hiervan is op de toevoer naar het IJsselmeergebied. Zie ook paragraaf 3.1.2.

2.4.4 Het peil kan in het voorjaar niet tijdig ver genoeg worden opgezet

Omdat de huidige modellen de IJsselaflow niet ver genoeg van tevoren voldoende betrouwbaar kunnen voorspellen, lukt het in de praktijk vaak niet om het IJsselmeerpeil tijdig op te zetten naar - 0,10 m NAP.

Het is te lastig om een watertekort tijdig te zien aankomen. Een peil van -0.15 m NAP wordt daarom momenteel als een realistischere opzet gezien volgens adviseurs van de LCW, maar dit betekent dat de bufferschijf waar in de praktijk van mag worden uitgegaan zo'n 25% kleiner is dan eerder bedacht (Pouwels et al., 2021).

2.4.5 Het nat houden van veenweidegebieden vraagt meer water

In het landelijke Klimaatakkoord (2019) is afgesproken de broeikasgasemissie door oxidatie van veenweidegebieden in 2030 met 1 megaton CO₂-equivalent te reduceren. Dat betekent dat deze moeten worden natgehouden. Het vernatten van veenweidegebieden kan op verschillende manieren, bijvoorbeeld door slootpeilverhoging, omgekeerde onderwaterdrainage, greppelinfiltratie of drukdrainage. Hoe groot precies de minimaal vereiste watervraag is om de gewenste emissiereductie te behalen, is weliswaar nog niet vastgesteld (Hunink et al., 2022, p. 43), maar wel weten we inmiddels dat vernatting in de meest vergaande variant voor regio Noord (het voorzieningsgebied van het IJsselmeergebied) leidt tot een extra watervraag. En wel van 200 miljoen m³ in het huidige klimaat, maar mogelijk oplopend tot 400 miljoen m³ in 2050 bij forse klimaatverandering. Dit komt grofweg overeen met 10-20 cm bufferschijf in het IJsselmeer.

2.4.6 Nieuwe grote watervragers, waaronder datacentra

Door technologische ontwikkelingen kunnen nieuwe watervragers ontstaan, bijvoorbeeld de koelwatervraag voor datacenters en de watervraag voor waterstofproductie. Door Wolters (2020) is de huidige maximale landelijke koelwatervraag van datacenters ingeschat op 1,3 m³/s tijdens warme zomerdagen. Deze vraag kan tot 2030 oplopen tot maximaal 3,5 m³/s, maar waarschijnlijker is een groei tot ca 2 m³/s. Al deze getallen zijn met ruime onzekerheidsmarges omgeven. De groei van datacentra vindt geconcentreerd plaats in een beperkt aantal regio's: het sterkst in de MetropoolRegio Amsterdam (MRA) en daarnaast in de Wieringermeer, Eemshaven, Rotterdam en Eindhoven. Die in de Wieringermeer en de Eemshaven zijn het meest relevant voor het IJsselmeergebied. Er zijn uiteenlopende technische oplossingen beschikbaar om zowel het koelwatergebruik als de lozing van koelwater als de verontreiniging van het geloosde koelwater te beperken. Toepassing van deze oplossingen kan onderdeel worden gemaakt van de vergunningsvoorwaarden, eventueel landelijk af te stemmen. Waar de ontwikkelingen leiden tot tekorten kan overwogen worden om de bestaande verdringingsreeks(en) opnieuw tegen het licht te houden.

2.4.7 Afname beschikbare watervoorraad door aanleg eilanden en ondieptes

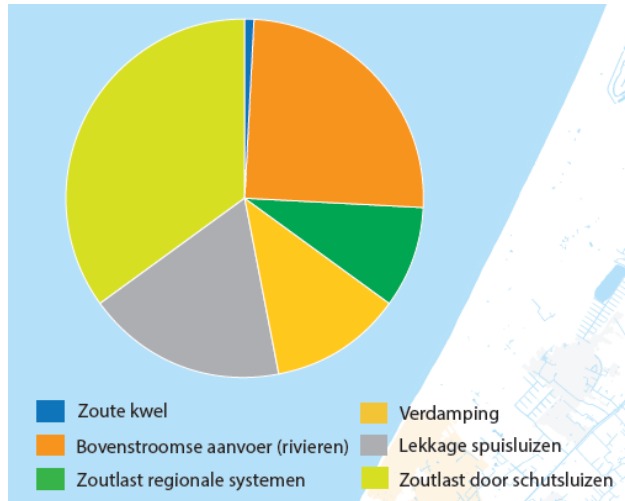
Door verkleining van het wateroppervlak van het IJsselmeer en/of het oppervlak dat droogvalt tussen hoog en laag zomerpeil, neemt het beschikbare watervolume in de meren af. Dat is het geval bij de aanleg van eilanden of zeer ondiepe delen. Deze afname wordt verder besproken in paragraaf 3.3.1.

2.4.8 Het zoutgehalte van de meren neemt toe en beperkt de bruikbaarheid van het water

Een toenemend zoutgehalte van de meren vraagt bijzondere aandacht in het kader van de zoetwatervoorziening. Het zoutgehalte beperkt immers de bruikbaarheid van het water voor verschillende toepassingen.

Zo dreigt de chlorideconcentratie bij Andijk in warme droge zomers met veel verdamping en weinig watervoer de grenswaarden voor drinkwaterproductie al veelvuldig en steeds vaker te overschrijden. De jaargemiddelde grenswaarde is 150 mg/l, en dit mag slechts tijdelijk oplopen tot maximaal 200 mg/l voor een periode van maximaal 30 dagen (Rijkswaterstaat 2021, vgl. BPIJ, 2020).

In een gemiddeld jaar is ca. 50% van de jaarlijkse zoutlast (dat is de aanvoer in kg) in het IJsselmeergebied afkomstig uit de IJssel. Ca. 23 % komt binnen via de schut- en spuisluizen in de Afsluitdijk. En de rest van de zoutlast komt uit de regionale watersystemen, waaruit soms een aanzienlijke fractie brakke en zoute kwel wordt afgevoerd. Maar in droge zomers neemt het aandeel in de totale zoutlast van schut- en lekverliezen door de schut- en spuisluizen sterk toe (zie Figuur 2.14; BPIJ, 2020, p. 123). In droge periodes leidt verdamping vanuit de meren zelf ertoe dat de zoutconcentratie steeds hoger wordt, omdat het zout daarbij natuurlijk achterblijft.

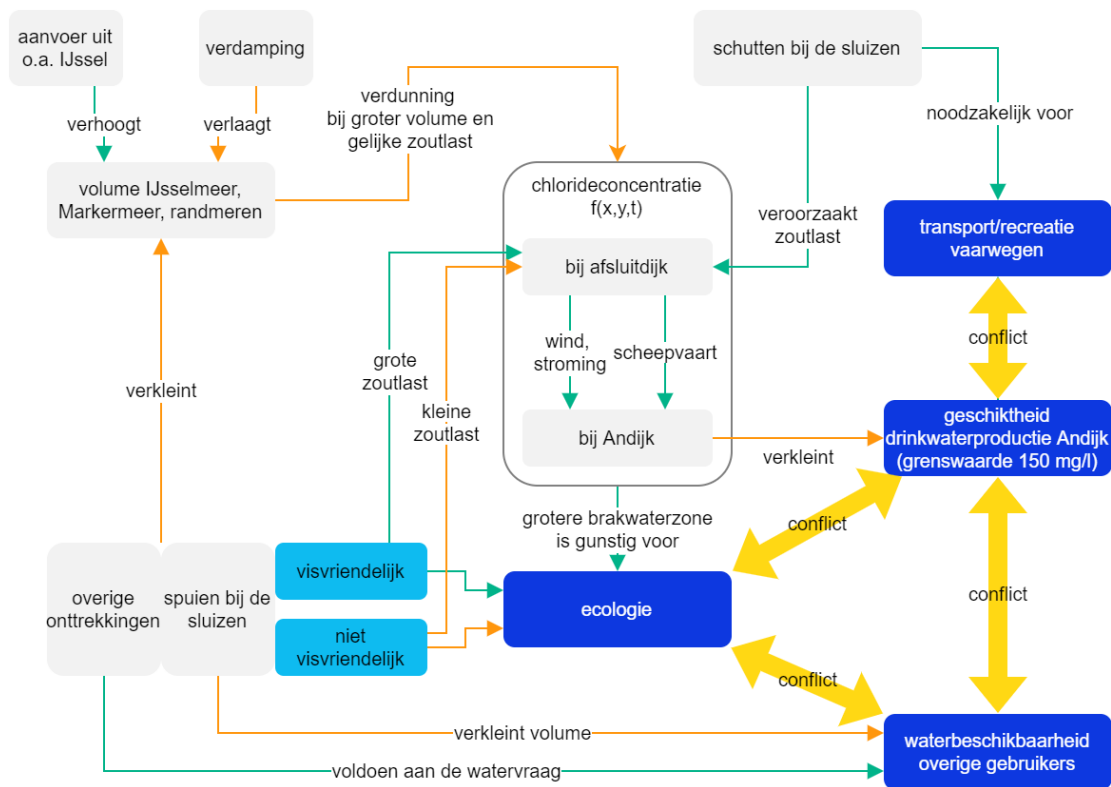


Figuur 2.14 Aandeel van de verschillende zoutbronnen (in kg) in het IJsselmeer in een karakteristieke droge zomer (Rijkswaterstaat, 2021)

2.4.9 De zoutindringing via de Afsluitdijk neemt toe

Via de schutsluizen in de Afsluitdijk en door lekkage van de spuisluizen komt zout water binnen. Bij steeds hoger wordende zeestand en steeds geringere rivieraanvoer in de zomer zal deze zoutindringing in belangrijkheid toenemen, mede door teruglopende beschikbare doorspoeldebieten. Door de droogte in 2018 is duidelijk geworden dat er meer zoetwater nodig is om de zoutindringing bij de Afsluitdijk tegen te gaan. In eerdere berekeningen werd er nog van uitgegaan dat om deze zoutindringing te voorkomen er slechts circa 10 m³/s nodig zou zijn; inmiddels wordt de doorspoelvraag op zo'n 40 m³/s geschat (Pouwels et al., 2021, p. 18).

Tijdens een karakteristieke droge zomer is de grootste zoutlast afkomstig uit de Waddenzee (Figuur 2.14). Daarmee is zoutindringing mede een gevolg van de transport- en recreatiefunctie die het IJsselmeergebied vervult. De relatie tussen schutten en zoutindringing is relatief eenvoudig: elke schutting zorgt voor een zoutbelasting (Rijkswaterstaat, 2021).



Figuur 2.15 Systeemdiagram met de oorzaak-gevolg relaties van zoutindringing, en de effecten op natuur en waterkwaliteit. Zie de inleiding voor een leeswijzer. Een zoet-zoutgradiënt is alleen goed voor de ecologie als deze redelijk stabiel is over plaats en tijd, dus geen plotselinge zout-schok.

De relatie tussen spuien en zoutindringing is complexer. De spuisluisen zijn sowieso al een bron van zoutindringing, door lekkage. Maar bij een visvriendelijke manier van spuien, zoals gebruikelijk in natte perioden, dringt er bovendien nog extra zout binnen. Bij dreigend watertekort wordt er daarom minder visvriendelijk of helemaal niet meer gespuid. Tegelijkertijd is spuien de belangrijkste manier om zoutindringing tegen te gaan. Hiervoor is eens in de 2 à 3 dagen gedurende een hele dag 70-90 m³/s aan zoetwater nodig⁴, overeenkomend met zo'n 2- 4 miljoen m³/dag. Dat zou een peildaling van 1-2 mm/dag betekenen⁵.

Het zoute water dat door de schut- en spuisluisen binnendringt, belandt door de zwaartekrachtstroming grotendeels in diepe delen, zoals oude stroomgeulen, die als 'zoutvangen' functioneren. Met behulp van hevels kan een deel van dit zoute water bij laagwater weer naar de Waddenzee worden geloosd (BPIJ, 2020, p. 123).

2.5 Een robuust (semi-)aquatisch ecosysteem

Een robuust ecosysteem vergt de aanwezigheid van een grote diversiteit aan soorten in alle trofische niveaus (van algen, via filtervoeders tot toppredatoren, zoals snoek en zeearend). Dat vraagt dat er voldoende grote leefgebieden zijn voor alle kenmerkende soorten en dat het milieu in die leefgebieden van goede kwaliteit is. Ofwel: de diversiteit aan milieus en de (water)kwaliteit van die milieus moeten aan bepaalde kwaliteitsstandaarden voldoen.

⁴ volgens andere bronnen gemiddeld grofweg 40 m³/s per dag

⁵ In de Joint FactFinding studie (BPIJ, 2020) en in de Factsheet Verzilting (Rijkswaterstaat, 2021) wordt op verschillende plaatsen gesproken over een resulterende peildaling van 10-20 mm/dag. Dit lijkt te berusten op een rekenfout (BPIJ, 2020, p. 123).

Het IJsselmeergebied wordt echter gekenmerkt door overwegend abrupte overgangen, tussen diep-ondiep, helder-slibrijk, nutriëntenarm-nutriëntenrijk, zoet-zout, stilstaand-stromend en land-water; in plaats van dat er geleidelijke gradiënten zijn met de tussenliggende milieus. De voornaamste ecologische problemen in het IJsselmeergebied komen dan ook voort uit het ontbreken van leefgebieden (deelhabitats voor bijv. paaien, opgroeien, fourageren, etc.) voor diverse soorten. Hierdoor ontbreken belangrijke planten- en diersoorten in het ecosysteem, en is er ook geen robuust en divers voedselweb (PAGW, 2017A, 2017B).

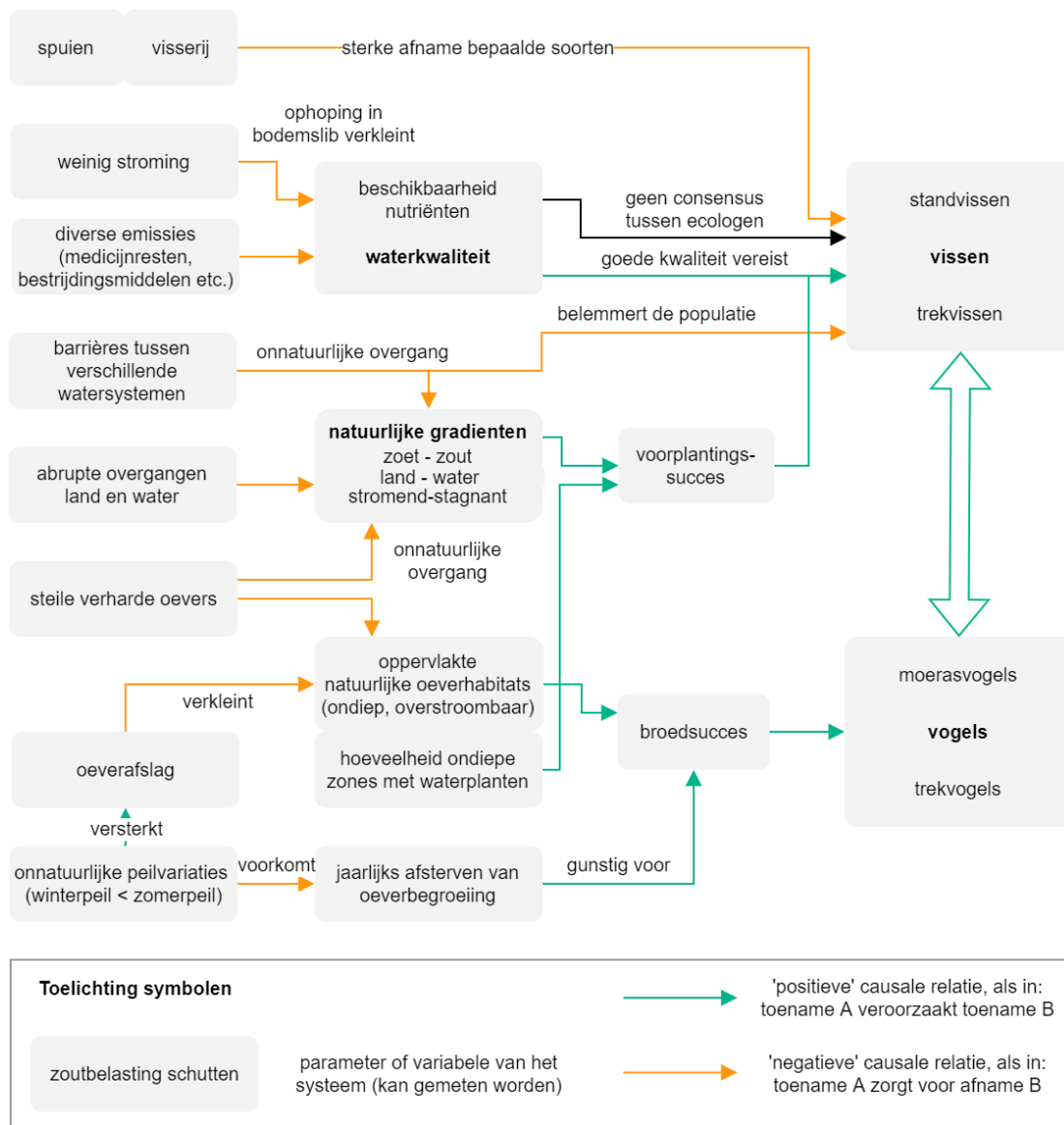
De abrupte overgangen betekenen ook dat de verschillende ecosystemen en leefgebieden in het IJsselmeergebied niet goed met elkaar verbonden zijn (PAGW, 2017A, 2017B).

De soortsaamenstelling van gemeenschappen van standvissoorten (soorten die in het gebied blijven) blijft achter bij wat in het betreffende milieu verwacht mag worden (te weinig soorten), en de leeftijdsopbouw van populaties van veel soorten is onevenwichtig (veel jonge vis, maar te weinig volwassen exemplaren) (De Leeuw & Van Donk, 2020). Dat komt onder meer door een tekort aan ondiepe zones met waterplanten. En het komt doordat de beroepsvisserij van sommige soorten vis veel exemplaren uit bepaalde leeftijdsklassen wegvangt. Bovendien komen bij het spuien grote aantallen zoetwatervissen in de Waddenzee terecht, die daar niet overleven.

Voor trekvisserij geldt dat ook na de aanleg van de vismigratierivier en andere vispassages er nog veel barrières zijn op weg naar of van zee, naar of vanuit het bovenstroomse Rijnstroomgebied, de boezemwateren en polders (PAGW, 2017A, 2017B).

Het broedsucces van vogels staat onder druk door onvoldoende bescherming van broedgebieden tegen verstoring door mensen, roofdieren, stormen en het dichtgroeien van broedlocaties. Voor visetende vogels komt daar bij dat de afnemende visstand ook voedseltekorten betekent.

Voor moerasvogels zijn er te weinig leefgebieden met uitgestrekte rietvelden. Voor rietlanden zijn er onvoldoende geschikte standplaatsen met ondiep water (maar in het voorjaar droogvallend), waarbij de tegennatuurlijke peildynamiek de nieuw-vestiging van riet verhindert. Bestaande rietvelden groeien bovendien dicht met bos (PAGW, 2017A, 2017B). Door het ontbreken van een 'natuurlijke dynamiek' staan de leefgebieden voor bepaalde diersoorten, zoals de Grote karekiet en Roerdomp, onder druk. Met natuurlijke dynamiek wordt bedoeld: natuurlijke stroming en peilfluctuaties. Weliswaar is er sprake van enige peilfluctuaties als gevolg van scheefstand door opwaaiing, maar de onnatuurlijke peilwisseling van een laag winterpeil naar een hoog zomerpeil belemmert de vestiging en groei van riet. Op locaties met een constant peil is sprake van oevererosie, en het gebrek aan peilwisseling verhindert de verjonging van pioniergemeenschappen, waardoor de oevers volgroeien met ruigte en bos (PAGW, 2017A, 2017B).



Figuur 2.16 Sterk vereenvoudigde weergave van causale relaties die effect hebben op de waterkwaliteit en een robuust en divers voedselweb, geordend van achterliggende factoren (links), naar systeem-eigenschappen (midden) en ecologische impact (rechts) (voornaamste bron: PAGW 2017A, 2017B).

Hoe een ecologisch wenselijk peilverloop eruitziet (expert interview)

...en met name in welke gevallen het wel en geen zin heeft (combinaties winterpeil, voorjaarsopzet, zomerstreefpeil, uitzakken)

Voor een ecologisch functionele overgang van land naar water in de oeverzones van grote, ondiepe meren, is een min-of-meer natuurlijk fluctuerend waterpeil noodzakelijk. Bij zo'n peilverloop is het waterpeil in de winter hoog en worden bij storm door scheefstand en golfwerking de oeverzones overspoeld (m.n. januari – maart). Daardoor wordt strooisel uit de moerassen losgewoeld en hogerop geconcentreerd afgezet. Dit vertraagt de verlanding van de oevermoerassen.

In de loop van het voorjaar zakt het peil uit en kunnen broedvogels van kale bodems met afnemend risico nestelen. Het peil zakt dan verder door tot in de nazomer, waarbij moerasplanten zoals riet zich in de richting van het water kunnen uitbreiden. Door verschillen tussen jaren gebeurt dat niet elk jaar in dezelfde mate. In de praktijk vindt uitbreiding van riet vooral plaats in de droogste jaren, die bijv. eens per tien jaar optreden. Droge jaren zijn dus belangrijk voor het kunnen ontstaan van grote arealen "waterriet", dat tot op een halve meter diepte kan groeien. De meest diverse moerasvegetaties ontstaan bij een groot natuurlijk peilverloop binnen het seizoen en grote verschillen tussen jaren.

Inclusief getij en stormoploop, en op basis van dagwaarden, was de amplitude van peilen in de Zuiderzee wel vier meter. Met de afsluiting in 1932 werd het zomerpeil gefixeerd op -20 cm NAP en strak gehandhaafd. Het winterstreefpeil kwam op -40 cm NAP te liggen, zodat het winterpeil meestal lager werd dan het zomerpeil.

Het strakke zomerpeil had tot gevolg dat golfslag altijd op ongeveer de zelfde plaats op de oever aanviel, waardoor afslag van oevers en oevervegetatie ging plaatsvinden. Verschillen tussen jaren kwamen in de zomer niet meer voor, zodat er geen jaren meer waren waarin rietvegetaties zich konden uitbreiden. De rietvelden degenereerden door afslag en het uitblijven van verjonging. Door het lagere winterpeil werd de verlanding op de hogere delen niet meer afgeremd, waar verbossing optrad.

In het nieuwe peilbesluit is er een iets vroegere peilopzet in de eerste helft van maart tot -10 cm NAP en een iets eerder uitzakkend peil vanaf half augustus. Ook is er een marge van 10 cm boven en onder het zomerstreefpeil, waardoor het peil nog iets eerder kan uitzakken, maar ook het hele jaar bij droogte kan worden opgezet tot -10 cm NAP (in de winter tot -5 cm NAP). Dit geeft een maximale amplitude binnen het jaar van 35 cm. De hogere opzet naar half maart biedt in principe een iets grotere kans dat in de laatste maand van het stormseizoen het moeras wordt "schoongespoeld", ware het niet dat het peil bij stormverwachting niet wordt opgezet. Of het komt tot een meer geleidelijk uitzakkend zomerpeil valt dan ook nog te bezien. De belangrijkheid van de voorraadbergingsfunctie in het zomerhalfjaar doet vermoeden dat eerder sprake zal zijn van opzet boven de -20 cm NAP dan van vervroegd uitzakken naar -30 cm NAP.

Dit betekent niet alleen dat het voordeel voor moerasvorming heel beperkt is, maar ook dat het peilbesluit het mogelijk maakt het peil op te zetten in het broedseizoen, wanneer grondbroeders zoals Vissdief, Kluut en plevieren eieren hebben die dan het risico lopen weg te spoelen. Ook bij natuurlijk peilverloop kan dat gebeuren, maar bij het vigerend peilbesluit is de kans gering dat dat wordt gecompenseerd door jaren met een lage waterstand. Voor de grondbroeders van kale grond zou het beter kunnen zijn om het peil van maart op -10 cm vast te houden, de natuurgebieden hierop aan te passen en zo te anticiperen op een vergrootte voorraadbergingsfunctie.

Volgens de meest recente beoordeling (Kaderrichtlijn Water, 2021), is de ecologische waterkwaliteit van het Markermeer nu nog 'ontoereikend' en die van de overige wateren in het IJsselmeergebied 'matig' (zie Figuur 2.17).

Hoewel de chemische waterkwaliteit is verbeterd, zijn er nog te veel medicijnresten en gewasbeschermingsmiddelen in het water aanwezig. In hoeverre deze het functioneren van het ecosysteem beïnvloeden, is onbekend.

In het IJsselmeer, Ketelmeer en Zwarte meer is de zomergemiddelde hoeveelheid stikstof nog hoger dan de gewenste $\leq 1,30$ mg/l, maar in het Markermeer voldoet ook deze al aan de KRW-norm voor Goed Ecologisch Potentieel. Maar omdat in het algemeen de productie door fosfaat wordt beperkt, heeft dit nog iets te hoge stikstofgehalte minder effect op het eindoordeel.

Voor een aantal specifieke verontreinigende stoffen, waaronder seleen, uranium, zink en kwik, wordt de norm nog overschreden.

De scores op biologische indicatoren zijn relatief goed ten opzichte van de scores op ecologische en chemische indicatoren.

	Chemie						Ecologie									
	Ubiquitaire stoffen			Niet-ubiquitaire stoffen			Biologie totaal			Fysische chemie			Specifiek verontreinigende stoffen			
IJsselmeer																
Ketelmeer-Vossemeer																
Markermeer																
Randmeren-oost																
Randmeren-zuid																
Zwarte Meer																
jaar	2009	2015	2021	2009	2015	2021	2009	2015	2021	2009	2015	2021	2009	2015	2021	

Legenda

				
goed	matig	ontoereikend	slecht	voldoet

Figuur 2.17 Biologische, ecologische en chemische waterkwaliteit in het IJsselmeergebied, van 2009 tot 2021, gegevens afkomstig uit de Factsheets Kaderrichtlijn water⁶. NB: Ubiquitaire stoffen zijn persistente, bio-accumulerende toxische stoffen waarvan het gebruik inmiddels verboden is.

⁶ Waterkwaliteitsportaal, 2022. KRW-factsheets. <https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/krw-factsheets>, geraadpleegd op 16 november 2022.

Hoe zou het ecosysteem zich autonoom (en los van klimaatverandering) ontwikkelen? (expertinterview)

Als er niets verandert aan het IJsselmeergebied, zullen de dieptes geleidelijk steeds ondieper worden, en de ondieptes steeds dieper. Zoals ieder stagnant meer met ongeconsolideerd sediment zal het systeem tenderen naar een overal even diepe bak met scherp oplopende kanten. Door het onnatuurlijke peilverloop zal de natuur bovendien aan kwaliteit inboeten door diversiteitsverlies als reactie op verlies aan abiotische milieudiversiteit.

Als we er vanuit gaan dat het Markermeer voldoende ververscht wordt, dan gaat het ecosysteem het naar verwachting op de lange termijn beter doen, dankzij alle maatregelen die reeds genomen zijn.

2.5.1 Belangrijkste toekomstige ontwikkelingen door menselijke interventies

Voor de nabije toekomst wordt in de KRW-factsheets (2022) een belangrijke verbetering van de waterkwaliteit verwacht als gevolg van effectief beleid gericht op de vermindering van emissies van veel stoffen naar het water. En als gevolg van fysieke ingrepen in diverse deelgebieden van het IJsselmeergebied, met name het Markermeer.

In de afgelopen decennia is de fosfaatbelasting van het systeem vanuit de IJssel, Vecht en kleinere rivieren en beken al sterk teruggelopen, zelfs zodanig dat de in de vorige eeuw nog hypertrofe systemen sedert 2004 op basis van de fosfaatconcentraties in het water zelfs al worden gekwalificeerd als mesotroof (De Rijk & Löffler, 2022).

Gezien deze trends verwachten de KRW-factsheets (2022) dat in 2027 voor het IJsselmeer het doel voor de 'biologie' redelijk zeker of vrijwel zeker wordt gehaald. En dat het doel voor 'algemeen fysische chemie' eveneens redelijk zeker of vrijwel zeker wordt gehaald.

Voor het Markermeer is de situatie echter veel complexer. Want daar lijkt inmiddels sprake te zijn van nog sterkere fosfaatlimitering dan in het IJsselmeer, waardoor ook de primaire productie sterker wordt beperkt (Noordhuis et al., 2022). Dat kan slechts deels worden verklaard als gevolg van de verminderde nutriëntenbelasting. Eerder lijkt dit het gevolg van een proces van interne oligotrofiëring, waarbij fosfaat wordt gebonden aan opwervelend anorganisch slib en door opgelost ijzer, waarna het met het slib vervolgens in diepe delen van het meer neerslaat. Daardoor is het fosfaat niet meer beschikbaar voor primaire productie (vooral algen) en dat werkt door naar hogere trofische niveaus: minder vis en dus minder voedsel voor vogels (zie Noordhuis et al., 2022).

Dit betekent dat de nutriëntenhuishouding van het systeem danig uit balans is gebracht; en tijd nodig heeft om weer in een stabiel dynamisch evenwicht te geraken. Dit maakt het lastig een prognose te geven over de ontwikkeling van het aquatisch ecosysteem van het Markermeer in de komende jaren. Waarschijnlijk is het systeem zelfs uit balans gebracht door maatregelen die juist beoogden de slibhuishouding van het Markermeer op orde te krijgen; met name door het aanleggen van luwtes en het maken van diepe slibputten/-geulen in de vorm van onder andere de aanleg van de Marker Wadden, Trintelzand, etc. Omdat daarbij niet alleen gebruik is gemaakt van geoxideerd *fluffy* bodemslib, maar ook gereduceerde oude wadafzettingen zijn opgebaggerd en gestort die veel ijzer bevatten (in de vorm van ijzersulfide (FeS) en pyriet (FeS₂)), is slib in suspensie geraakt dat fosfaat sterk bindt; in zodanig grote hoeveelheden dat het de primaire productie (groei van algen) beperkt. De Rijk & Löffler (2022) schrijven dat de totale primaire productie in het Markermeer in Juli 2021 zeker de helft lager was dan die in het IJsselmeer.

In de evaluatie van de aanleg van de Marker Wadden (De Rijk & Löffler, 2022) worden onder meer de volgende conclusies getrokken (geparafraseerd):

- In de daarvoor bestemde slibputten en -geulen, blijkt inderdaad veel aanslibbing op te treden, tot wel 250 kiloton per jaar.
- Volgens berekeningen zou dit een significante invloed moeten hebben op de troebelheid (vermindering), maar op de schaal van het hele Markermeer gaat het slechts om een afname van enkele procenten.
- In de luwtegebieden rond de Marker Wadden zweeft relatief weinig slib. In theorie zou dit ten goede moeten komen aan de primaire productie, maar vooralsnog zijn er geen aanwijzingen dat de productie in deze luwe gebieden groter is dan elders in het systeem. Wel komt deze productie door minder bijmenging van slib mogelijk beter ten goede aan het voedselweb.
- De werkzaamheden bij de Marker Wadden en andere projecten zijn zelf ook een grote bron van troebelheid geweest, die het effect van de luwtestructuren (tijdelijk) hebben verzwakt. Toch zorgt ook deze dynamiek lokaal (tijdelijk) voor een enigszins verhoogde biologische activiteit en ruimtelijke diversiteit (gradiënten in helderheid).

Deze vaststellingen bevestigen het beeld dat we de respons van het systeem als geheel op menselijk handelen nog niet volledig doorgronden. Om alle effecten en feedbacks, en dus uiteindelijk het netto effect op systeem niveau te kunnen schatten zijn aanvullende modelstudies nodig.

Ook over de waterkwaliteit en natuur in het Gooi- en Eemmeer zijn er zorgen, hoewel de waterkwaliteit daar sinds 2010 in het Gooimeer niet meer wordt gemeten. Beide meren staan in open verbinding met het Markermeer. Zo'n 10 jaar geleden was hier veel overlast van blauwalg en draadwieren. Inmiddels is het fosfaatgehalte van de Eem sterk afgenomen, maar het is nog wel veel hoger dan dat van de IJssel. Het water van de meren is tegenwoordig helder door de grote hoeveelheid mosselen die het water filteren. Tegelijkertijd is het systeem nog steeds zeer kwetsbaar, zoals blijkt uit een recente *crash* van de mosselpopulatie. Ondanks de toch nog relatief hoge fosfaatconcentraties zijn er, na toename van de helderheid door mosselfiltratie, nog steeds veel waterplanten. Omdat deze de bevaarbaarheid beperken worden ze gemaaid⁷.

2.5.2 Toenemende druk door recreatie en economisch gebruik

De toenemende recreatie en ander economisch gebruik zetten de aanwezige ecosystemen verder onder druk. Zo veroorzaken met name kitesurfers veel verstoring voor vogels (zie bijv. De Rijk en Löffler, 2022) en lijken recreatieve 'meekoppelkansen', zoals aanmeermogelijkheden bij natuureilanden, de baten van projecten voor natuurherstel te verminderen, aldus de geraadpleegde experts. Daarnaast is recreatiedruk mogelijk een belangrijke oorzaak van het verdwijnen van zgn. 'ruiconcentraties', zoals van de Fuut, Kuifeend en Tafeleend (Natura-2000, 2022). Deze vogels kunnen tijdens de rui niet vliegen. Met name de aantallen kuifeenden zitten ver onder het instandhoudingsdoel.

Een tweede voorbeeld van druk op het ecosysteem is het maaien van waterplanten in het Gooimeer en Eemmeer, omdat deze de bevaarbaarheid beperken⁸. Waterplanten zijn weliswaar hinderlijk voor vaarrecreatie, maar voor het ecosysteem is hun aanwezigheid van grote meerwaarde.

⁷ Agenda IJsselmeergebied 2050, 2021. Financiële hulp Rijk nodig bij aanpak waterplantenproblematiek. Nieuwsbrief 9, september 2021, pp. 20-22.

⁸ Agenda IJsselmeergebied 2050, 2021. "Financiële hulp Rijk nodig bij aanpak waterplantenproblematiek". Nieuwsbrief 9, september 2021, pp. 20-22.

Volgens de PAGW (PAGW, 2017a) moet de discussie over dit conflict worden aangegaan, waarbij opgemerkt kan worden dat de wensen van de waterrecreatie en vanuit natuur niet volledig onverenigbaar hoeven te zijn. Volgens de KRW ligt de optimale waterplantbedekking namelijk bij 65%, omdat een nog hogere bedekking alleen mogelijk is in een nog relatief eutroof systeem, waarvan de fosfaatconcentraties weliswaar zijn afgenomen, maar nog niet voldoen aan de KRW normen. Vis en macrofauna zijn ook niet gebaat bij te dichte vegetatie, want juist in de overgangen en openingen vind men de grootste diversiteit.

2.5.3 **Verandering leefomstandigheden door klimaatverandering, waaronder verzilting**

De soortensamenstelling van de visgemeenschap in het IJsselmeer verandert nu al door klimaatverandering. Zo gaat de spiering mede achteruit door opwarmend water (PAGW, 2017A), bovenop de eerdere afname door mindere voedselrijkdom en de visserijdruk in het verleden. Een hogere watertemperatuur betekent dat het leefgebied voor sommige soorten minder geschikt zal worden, voor andere geschikter. Er zal een verschuiving in de soortensamenstelling optreden: nieuwe soorten, waaronder exoten, zullen bestaande soorten verdringen (PAGW, 2017A; Noordhuis et al., 2019).

Door zeespiegelstijging wordt meer zoutindringing bij de Afsluitdijk verwacht, hetgeen vanuit ecologisch perspectief zowel positief als negatief kan worden geïdentificeerd. Dat heeft te maken met het estuariene verleden van het IJsselmeergebied. Voor de aanleg van de Afsluitdijk was het water min of meer zout tot de lijn Stavoren – Enkhuizen en ten zuiden daarvan brak. Vanaf deze lijn liep een gradiënt van afnemend zoutgehalte, tot volledig zoet in de IJsselmonding. Deze zoutgradiënt in de Zuiderzee was niet stabiel, maar varieerde gedurende het seizoen met de rivieraanvoer. Hoe groter de IJsselaanvoer, hoe zoeter de Zuiderzee. De zuidkant had hierdoor het karakter van een brakke lagune.

Behalve zoutlekkage door de Afsluitdijk is er nog een zoutbelasting vanuit polders waar zoute kwel optreedt, met name rond het Noordzeekanaal en vanuit de Wieringermeerpolder, en in iets mindere mate vanuit Flevoland. Ook de relatieve bijdrage van deze zoutbelasting kan toenemen bij klimaatverandering.

De huidige *aquatische* gemeenschappen zijn niet erg gevoelig voor hogere zoutgehalten – in tegenstelling tot sommige terrestrische die zijn aangepast aan inmiddels 90 jaar peilbeheer van een zoet systeem en daardoor in de buitendijkse gebieden gevormde regenwaterlenzen. Na de afsluiting in 1932 hebben sommige aquatische brakwatersoorten zich nog lange tijd gehandhaafd. Sommige soorten met een brede zouttolerantie die voor 1932 al aanwezig waren, zijn nog steeds (talrijk) aanwezig (brakwaterpoliep, aasgarnaal, spiering).

De huidige aquatische levensgemeenschap is voor wat betreft zoutconcentraties dan ook weinig kritisch; veel minder dan de drinkwaterwinning. Een verhoging van het chloridegehalte tot enkele malen de drinkwaternorm van 150 mg/l heeft naar verwachting nauwelijks ecologische consequenties in dit gebied.

De harde overgang van zout naar zoet aan de Afsluitdijk beperkt de mogelijkheden voor estuariene soorten en daarmee de diversiteit in het gebied. Trekvis en estuariene vis (Haring, Sprot, Spiering, Bot etc.) die naar binnen weet te komen ervaart een zoutshock (en loopt de kans bij de volgende spuigang weer te worden uitgespoeld). Een geleidelijke overgang zou trekvis en estuariene vis faciliteren (cf. vismigratierivier), vooral als estuariene prooien (groter zoöplankton, aas- en steurgarnalen etc.) ook in en uit kunnen. Maar zo'n geleidelijke overgang moet dan wel ruimtelijk stabiel zijn of een natuurlijke ritme volgen.

Want een grotere bedreiging dan een toename van het zoutgehalte, vormen onregelmatige en tegennatuurlijke wisselingen in zoutgehalten. In een natuurlijke situatie dringt zout water het verst naar binnen als in de zomer de rivierafvoer laag is. Er vormen zich dan benthische en pelagische⁹ gemeenschappen aangepast aan die zonering van zout naar zoet.

Niet alleen estuariene vis, maar ook krabben, garnalen, aas- en steurgarnalen en planktonsoorten volgen daarbij het ritme der seizoenen. Pelagisch is er dan bijvoorbeeld een zonering van achtereenvolgens Sprot, Haring en Spiering, die zich voeden met groot estuarien zoöplankton. Zo'n situatie is ook voor de vroegere Zuiderzee beschreven, maar kan zich niet ontwikkelen als zoutindringing juist in de zomerperiode wordt voorkomen omwille van het voldoen aan een grote zoetwatervraag vanuit de omgeving.

2.6 Ontwikkelingen bij gebruikers van het IJsselmeergebied

Het IJsselmeergebied wordt door veel sectoren gebruikt, die afhankelijk zijn of baat hebben bij *een goede toestand* van het gebied, zoals visserij of recreatie. Een goede toestand die op zijn beurt weer afhankelijk is van *een goed functioneren* van het systeem. Het gaat in dit geval meestal om gebruikers die zijn aangepast aan de bestaande situatie.

Ten tweede zijn er sectoren die op zoek zijn naar ruimte in het IJsselmeergebied, zoals voor energieproductie en stedenbouw. Zulke sectoren kunnen de kwaliteit van de ruimte of het goede functioneren van het systeem echter onder druk zetten. Dat kan ten koste gaan van de eerder besproken drie publieke hoofdfuncties van het systeem; of het kan het gebied voor de bestaande gebruikers minder aantrekkelijk maken. Reden om in dit hoofdstuk aan beide enige aandacht te schenken.

2.6.1 Visserij

Tot eind jaren '80 waren er rijke visgronden in het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer. Sinds de jaren '90 zijn de populaties van commercieel aantrekkelijke vissoorten sterk afgenomen. Het aantal beroepsvissers met een vergunning is teruggelopen naar circa 70, waarvan er ongeveer 45 nog echt actief zijn. Slechts 5 à 10 bedrijven zijn voor hun inkomen volledig afhankelijk van de visserij in het IJsselmeergebied. De beroepsvisserij op het IJsselmeer heeft cultuurhistorische waarde, en vergroot de levendigheid van oude kustplaatsen. Er wordt gestreefd naar duurzamer visserij in het gebied. Er zijn grote kansen voor sportvisserij als de visstand verbetert¹⁰.

De visserij heeft groot belang bij een goed ecologisch functioneren van het systeem en de daarvan afhankelijke visstand, maar heeft soms andere wensen dan die van de natuurbescherming.

2.6.2 Beroepsvaart

Passagiersvaart en transport zijn belangrijke vormen van beroepsvaart in het IJsselmeergebied. Deze vereisen een bepaalde waterdiepte van de vaarwegen, havens en kunstwerken, die deels door 'nautisch baggeren' in stand wordt gehouden. Ook worden eisen gesteld aan brughogten, brugbediening en sluisbediening.

Bij forse peilaanpassingen of -fluctuaties kan aan sommige eisen slecht worden voldaan, en het beperken van zoutindringing door schutbeperkingen kan eveneens conflicteren met 'ongehinderde vaart'.

⁹ Organismen in de benthische zone leven vlak boven, op en/of in de bodem. Veel organismen zijn vast verbonden met de bodem of gebruiken de bodem als schuilplaats. Met pelagische zone wordt de open-waterzone bedoeld.

¹⁰ Agenda IJsselmeergebied, 2022. Visserij.

<https://www.agendaijsselmeergebied2050.nl/achtergrondinformatie/visserij>, geraadpleegd op 15 augustus 2022.

Voorziene ontwikkelingen in de sector zijn o.a: de verdieping en verbreding van de vaargeul van het IJsselmeer naar Meppel via het Ketelmeer en Ramsdiep; ontwikkeling van het havengebied voor overslag van agrarische goederen bij Lelystad en dat van Urk voor containeroverslag; en de regionale wens voor een grotere sluis bij Kornwerderzand voor de jachtenbouwsector¹¹.

2.6.3 Zandwinning

In 2012 werd 15-20% van de zandbehoefte voor de bouwsector in Nederland gedekt door zandwinning uit het IJsselmeergebied (Bos et al., 2012). Zand wordt in toenemende mate schaars in Nederland.

Het winnen van zand kan op gespannen voet staan met doelen van ecologisch functioneren, maar er zijn ook synergiemogelijkheden, namelijk als waterkwaliteitsproblemen door hoog slibgehalte – zoals we die kennen uit het Markermeer – kunnen worden verkleind door het maken van diepe putten die als slibvang fungeren (Klijn et al., 2006). Daarbij is overigens voorzichtigheid geboden, want recent is gebleken dat met het afvangen van slib hoogstwaarschijnlijk ook fosfaat en organische stof in de putten accumuleert, waardoor de biomassa-productie van het Markermeer nu onnatuurlijk laag is, ondanks ‘normale’ aanvoer vanuit de omgeving (Noordhuis et al., 2022). In hoeverre dit tijdelijk is, is nog niet vastgesteld.

Deze recente inzichten worden momenteel meegenomen in de discussie over het ontwerp van de Markerwadden fase II, bij de inrichting van de verbinding tussen het Markermeer en de Oostvaardersplassen, en bij het opstellen van het nieuwe zandwinbeleid 2025-2050. Eén van de oplossingsrichtingen is het voorkomen van stratificatie in de zandwinputten, zonder stratificatie lijken vissen wel gebruik te maken van de putten (De Rijk en Löffler, 2022).

2.6.4 Watergebonden recreatie: een grote gebruiker van het water en de kusten

Het IJsselmeergebied is een belangrijk watersportgebied. Ook is er veel strandrecreatie, waarvoor de waterkwaliteit voldoende moet zijn.

Er wordt veel gevaren, zowel met grotere schepen (zeilcharter en sportvisserij) als kleinere particuliere (zeil)jachten, en er is veel sportvisserij (Rijkswaterstaat, 2018). Er is een langzame, maar gestage groei van het aantal vaartuigen in het gebied (Rijkswaterstaat, 2018).

Voor de waterrecreatie zijn er op grote schaal jachthavens gecreëerd, die deels niet zijn ingericht op grote peilfluctuaties (vaste steigers, in plaats van drijvende).

2.6.5 Verblifsrecreatie: ook op buitendijkse terreinen

Na de afsluiting van het IJsselmeer zijn er op diverse plaatsen in buitendijks gebied verblifslocaties ontwikkeld met ‘permanente’ recreatiewoningen. Op grote schaal bij Makkum (zie Figuur 2.18) en Medemblik, op kleinere schaal bij o.a. Schokkerhaven, Lelystad en langs de randmeren. Deze zijn niet ingericht op grotere peilfluctuaties in de meren dan die nu optreden bij het huidig peilbesluit met scheefstand door opwaaiing.

¹¹ Agenda IJsselmeergebied, 2022. Infrastructuur en transport.

<https://www.agendaijsselmeergebied2050.nl/achtergrondinformatie/infrastructuur-en-transport>, geraadpleegd op 12 december 2022.



Figuur 2.18 Vakantiepark 'Beach Resort' in Makkum (bron: <https://www.makkumbeach.nl/vakantiehuis-friesland>)

2.6.6 Windmolenparken

In het kader van de energietransitie wordt er in toenemende mate gekeken naar het IJsselmeergebied als potentiële locatie voor het opwekken van energie uit wind of zon.

Vlakbij de Afsluitdijk is inmiddels een groot windmolenpark gerealiseerd met 89 turbines. Hiermee kan op jaarbasis zo'n 1,5 TWh worden opgewekt (ongeveer 1,2% van het Nederlandse huishoudgebruik ofwel 500.000 huishoudens).¹² Tussen Lelystad en de Ketelbrug staan aan de buitenzijde van de IJsselmeerdijk 27 kleinere turbines, die in 2023 zullen worden vervangen door 24 grotere. Langs de Noordoostpolder staan er nog eens 86, goed voor 1,4 TWh op jaarbasis. Op diverse locaties staan nog kleinere groepjes turbines in het water of op de vooroevers.

Het ruimtebeslag van windmolenparken verhoudt zich slecht tot andere vormen van gebruik van het water, hetgeen veel protesten uitlokt van bijv. de IJsselmeervereniging. Grootschalige windparken doen bijvoorbeeld afbreuk aan de relatieve ongeschondenheid van de ruimte, met kwaliteiten als verre horizon, stilte en donkerte.

2.6.7 Zonne-energie

Er zijn diverse ideeën voor drijvende zonnepanelen, en zonnepanelen op eilanden in het IJsselmeergebied, en ook voor zonneparken op of achter de dijken. De effecten hiervan op de drie hoofdfuncties zijn zeer afhankelijk van de locatie, uitvoeringswijze en inrichting. Door Noordhuis et al. (2020) is bijvoorbeeld onderzocht of het opwaarderen van de natuur (conform de PAGW doelstellingen) kan samengaan met de opwekking van duurzame energie door zonnepanelen op water. Het onderzoek richtte zich op de uitwerking in de vorm van zonne-atollen, die in potentie beide doelen kunnen combineren.

Een atol is een ringvormig eiland, met daarbinnen water. Het voordeel hiervan is dat de zonnepanelen grotendeels drijvend (of op een andere manier in het water) kunnen worden aangelegd, zodat de afname van het waterareaal veel kleiner is dan bij zonnepanelen op een eiland. Het ringvormige eiland is in feite een luwtestructuur, die de panelen beschermt en ook natuurwaarden zou kunnen hebben. Noordhuis et al. (2020) adviseren een pilot zonne-atol om zo meer te leren over het effect op waterkwaliteit en ecologie.

De voor- en nadelen van de aanleg van dergelijke zonne-atollen voor het ecosysteem moeten echter zorgvuldig worden onderzocht en afgewogen, ook in relatie tot effecten van alternatieve oplossingen.

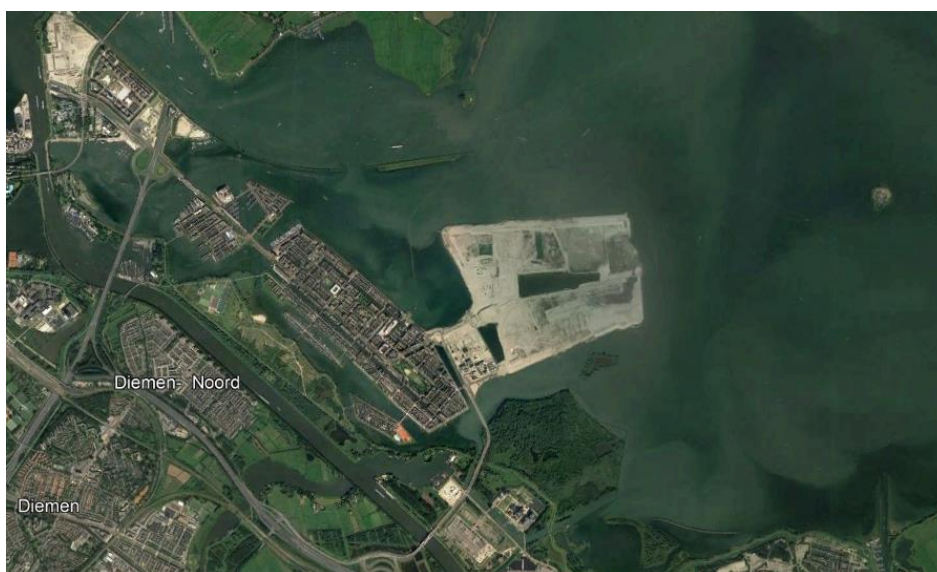
¹² Windpark Fryslan, 2022. Het windpark: bouw van Windpark Fryslan. <https://www.windparkfryslan.nl/het-windpark/>, geraadpleegd op 16 augustus 2022.

Mede afhankelijk van de uitvoering kunnen bijvoorbeeld negatieve effecten optreden bij soorten van open water (bijv. spiering en daarvan afhankelijke watervogels). Met betrekking tot het IJsselmeergebied zijn ook andere ontwerpstudies uitgevoerd om onder meer PAGW doelen te realiseren. Daaronder zijn scenario's voor het realiseren van ondervertegenwoordigde habitats buitendijks, zonder de combinatie zonne-energie (Turlings, 2020), anderzijds scenario's met een combinatie van zonne-energie en natuur binnendijks (Kisner et al. 2021).

2.6.8 Woningbouw: kleinschalig buitendijks tot grootschalig op (schier-)eilanden

Vanouds werden sommige buitendijkse terreinen bij dorpen en steden al bebouwd, vooral waar watergebonden bedrijvigheid was: scheepswerven, visserij, handel, etc. Voorbeelden daarvan zien we in de oude Zuiderzeesteden, zoals Enkhuizen, Hoorn en Medemblik, maar ook aan de Friese kust en bijv. in Kampen en Zwolle. Met het tanen van de watergebonden bedrijvigheid werden deze locaties vaak omgevormd tot zuivere woonlocaties. Gevaarlijk hoogwater kwam na de afsluiting van de Zuiderzee immers nauwelijks meer voor, en waar nodig werden waterkeringen ontworpen (bijvoorbeeld in Kampen of Spakenburg).

Met de groeiende bevolking zijn er de laatste decennia al op vrij grote schaal woningbouwlocaties ontwikkeld aan de rand van Amsterdam (Rijkswaterstaat, 2018), waarbij in delen van het IJsselmeergebied (schier-)eilanden zijn opgespoten ten koste van het wateroppervlak. Met de bouw van IJburg (in verschillende fasen) is Amsterdam reeds flink uitgebreid in het IJmeer. Fase 1 begon in 1999 en is reeds afgerond. Fase 2 is begonnen in 2013; hier wordt nog aan gewerkt (Figuur 2.19). Al met al is al zo'n 2,2 km² opgespoten en ontwikkeld.



Figuur 2.19 De ontwikkeling van woon(schier)eilanden in het IJmeer (bron ©Google Earth / Maxar Technologies 2022)

Voor de nabije toekomst zijn nog grootschalige buitendijkse stedelijke ontwikkelingen in het Markermeer voorgesteld, zoals geïllustreerd in Koolhaas et al. (2006), zie Figuur 2.20.

In het programma Amsterdam Bay Area (Almere 2.0, 2022), dat recent naar de Tweede Kamer is gestuurd, wordt gesproken van 100.000 nieuwe woningen in dit gebied. In de BARRO zijn voor het IJsselmeergebied reserveringen opgenomen voor Amsterdam, Almere en Lelystad voor buitendijkse stedelijke ontwikkelingen.

Deze hebben vooral betrekking op het Markermeer. Het gaat om ten hoogste 3,5 km² voor de gemeente Amsterdam en 7 km² voor de gemeente Almere. Dit zou een afname van het wateroppervlak van het Markermeer betekenen met circa 1,5%. In paragraaf 2.4.7 is gewezen op het verlies aan capaciteit voor voorraadberging door de aanleg van natuureilanden, maar dat geldt natuurlijk eveneens voor de aanleg van woon(schier-)eilanden.



Figuur 2.20 Ontwikkelvisie op Almere Pampus en de IJmeerverbinding (bron: Koolhaas et al., 2006).

3 Oplossingsrichtingen en handelingsperspectief

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van voorgestelde oplossingsrichtingen en handelingsperspectieven voor een beleidsrespons op de ontwikkelingen die in hoofdstuk 2 zijn geschetst. Het betreft zowel veelomvattende lange-termijnstrategieën als hele concrete inrichtingsmaatregelen of beleidskeuzes, bijv. een peilbesluit.

Voor de belangrijkste 'knoppen' waarmee de werking van het watersysteem kan worden aangepast aan de veranderende omstandigheden wordt beschreven wat de gevolgen zijn voor de beoogde dienst; en waar relevant wat neveneffecten zijn voor de andere geo-ecosysteemdiensten of voor gebruikers van het IJsselmeergebied.

3.1 Borging kombergingscapaciteit en hoogwaterbeheersing

De discussie over lange-termijnhoogwaterbeheersing wordt bemoeilijkt door de grote onzekerheid over de te verwachten zeespiegelstijging en het tempo daarvan. Een onzekerheid die door recent wetenschappelijk onderzoek eerder is toegenomen dan afgenomen. Het betekent dat de voorgestelde oplossingsrichtingen voor hoogwaterbeheersing heel divers zijn: variërend van oplossingsrichtingen die kleine (incrementele) aanpassingen vergen, waarmee men in sommige scenario's nog lang voort kan; tot zeer ingrijpende oplossingsrichtingen – die een forse transformatie vergen –, maar waarmee nu al geanticipeerd wordt op versnelde zeespiegelstijging.

Hieronder zijn de voorgestelde oplossingsrichtingen grofweg geordend van kleinschalige incrementele, tot grootschalige transformatieve. En zijn de belangrijkste beleidsprogramma's en achtergronddocumenten bij iedere oplossingsrichting gespecificeerd (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Overzicht belangrijkste programma's met oplossingsrichtingen voor hoogwaterbeheersing in reactie op zeespiegelstijging

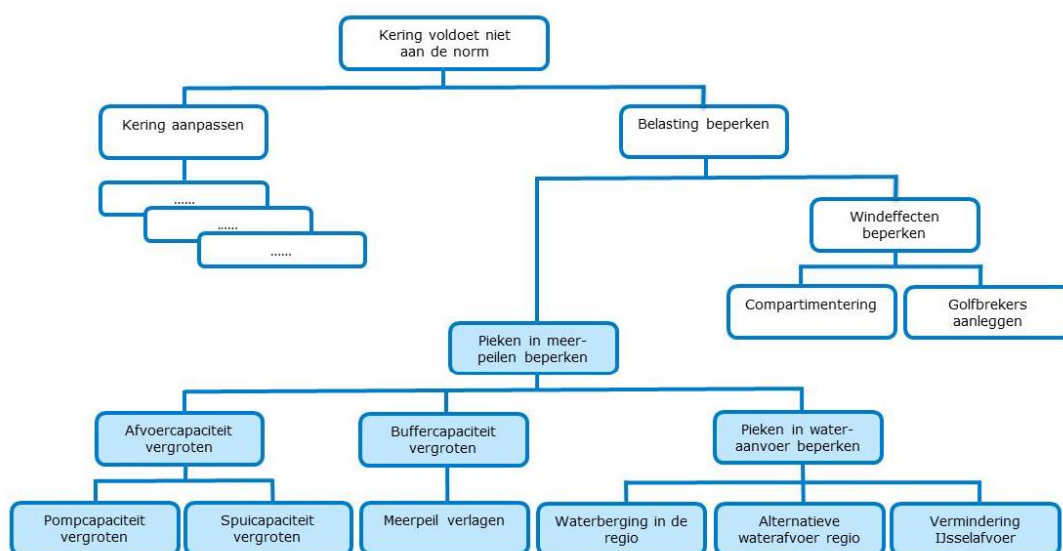
Programma	Bron/rapportage	Karakteristieken
Hoogwaterbeschermingsprogramma (waterschappen + Rijkswaterstaat)	Niet beschouwd, want volgend op hoogwaterbeheersing.	Uitvoeringsprogramma van dijkversterkingen tot 2050
Deltaprogramma waterveiligheid en ruimtelijke adaptatie, met een gebiedsoverleg 'Bestuurlijk Platform IJsselmeergebied'	Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied (Remmelzwaal et al., 2015, 2017, 2018, 2019)	Kijkt tot 1,75 m zeespiegelstijging 2175, met een beknopte verkenning van 2,80 m zeespiegelstijging in 2175.
Kennisprogramma zeespiegelstijging	Deltares (2021) Verslag Gebiedssessie IJsselmeergebied, (Defacto Stedenbouw 2021)	Kijkt voorbij 2050, duidt waterstaatkundige effecten zeespiegelstijging, beschouwt houdbaarheid voorkeursstrategie tegen de achtergrond van alternatieve transformaties.

3.1.1 Aanpassingsmogelijkheden aan het watersysteem

Figuur 3.1 geeft een overzicht van ‘de knoppen waaraan gedraaid kan worden’ om de hoogwaterstanden in het IJsselmeergebied te beheersen (naar Remmelzwaal et al. 2015; 2017).

Volgens de Waterwet moet uiteindelijk te allen tijde aan de vigerende hoogwaterbeschermingsnormen worden voldaan. Dit betekent dat hogere waterstanden *in laatste instantie* altijd door dijkversterkingen zullen worden gepareerd (door de waterschappen via het HoogWaterBeschermingsProgramma: HWBP). Het is echter aan de systeemverantwoordelijke voor het IJsselmeergebied om *in eerste instantie* de hoogwaterstanden – en dus de hydraulische randvoorwaarden – niet te zeer te laten oplopen.

Inmiddels is al in het Nationaal Waterplan 2016-2021 afgesproken het winterpeil van het IJsselmeer tot 2050 niet mee te laten stijgen met de zeespiegelstijging. De optie om het IJsselmeer na 2050 met maximaal 30 cm te laten stijgen wordt opgehouden, maar het peil van de andere meren in het IJsselmeergebied wordt hierbij gehandhaafd. In 2021 stelt het Deltaprogramma: “Vooralsnog is voortzetting van dit beleid na 2050 het beste. Als antwoord op klimaatverandering is er nu geen aanleiding te kiezen voor stijging van het gemiddeld winterpeil na 2050. Gezien alle ontwikkelingen is het wel verstandig hiervoor beleidsruimte te creëren.” (Nationaal Deltaprogramma, 2020).



Figuur 3.1 Mogelijke maatregelen om waterstanden te beheersen en waterkeringen aan de norm te laten voldoen (Remmelzwaal et al., 2015, p. 13). Men leze van onder naar boven.

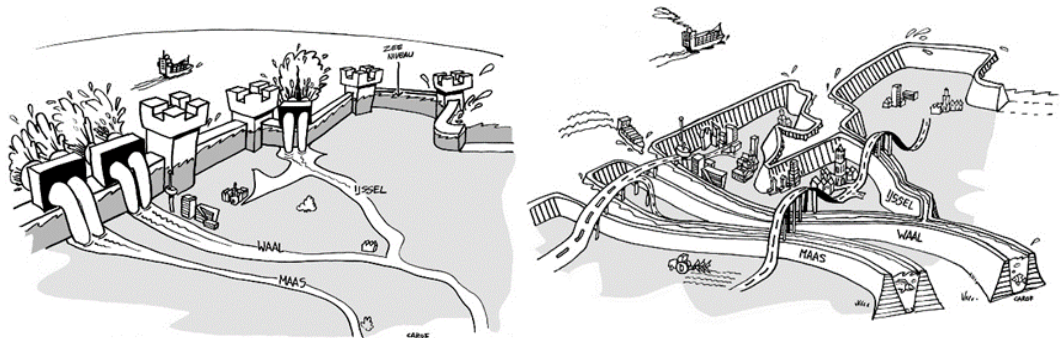
De volgende afzonderlijke maatregelen zijn verkend door Remmelzwaal et al. (2015; 2017; 2018; 2019), waaruit oplossingsrichtingen kunnen worden samengesteld die meerdere maatregelen in combinatie omvatten (ook wel portfolio genoemd):

- **Spuien.** Meerpeilpieken kunnen worden beperkt door bij laagwater meer IJsselmeerwater op de Waddenzee te spuien. De spuicapaciteit kan vergroot worden door de aanleg van nieuwe spuisluizen. Echter, door zeespiegelstijging neemt de spui-afvoercapaciteit af. Door een verhoging van het meerpeil zou er langer van spuien gebruikt gemaakt kunnen worden.

- Ook bij 140 cm zeespiegelstijging speelt spuien nog een belangrijke rol bij het beheersen van meerpeilen. Spuisluizen kunnen ook fungeren als noodventiel, bij het tekortschieten of uitvallen van pompen (Remmelzwaal et al., 2015, p. 49).
- **Pompen.** De afvoercapaciteit kan worden vergroot met pompen, om de spuicapaciteit aan te vullen of op langere termijn zelfs geheel te vervangen. (idem, p. 51)
 - Met een beperkte pompcapaciteit kunnen de meerpeilen op de Veluwerandmeren al goed beheerst worden
 - Meerpeilpieken op het Markermeer kunnen gemakkelijker beheerst worden met pompen dan op het IJsselmeer.
 - Extreme pieken op het IJsselmeer zijn met pompen minder goed te beheersen dan met spuien. Het is wenselijk om zo lang mogelijk gebruik te maken van spuien.
- De kombergingscapaciteit kan worden vergroot door het **winterpeil** permanent te **verlagen**. Momenteel zijn de spui mogelijkheden naar zee echter al dusdanig beperkt dat dit alleen gerealiseerd kan worden door meer te pompen (Remmelzwaal et al., 2015, p. 40).
- **Reductie wateraanvoer.**
 - Door neerslag langer te bergen in regionale systemen zou de waterafvoer naar de meren kunnen worden beperkt. Dit zou met name effectief kunnen zijn voor het Markermeer, waar regionale afvoer een groot aandeel heeft in het totale waterbezwaar: 25% reductie zorgt voor een 12 cm lager meerpeil, en 50% reductie voor een 25 cm lager meerpeil (Remmelzwaal et al., 2015, p. 37).
 - Beperking IJsselaafvoer: 20% minder hoogwaterafvoer door de IJssel betekent een ongeveer 11 cm lager IJsselmeerpeil (idem, p. 38).
- **Toestaan van hogere meerpeilpieken.** Als de pieken hoger mogen worden is de benodigde pompcapaciteit veel kleiner (Remmelzwaal et al., 2018, p. 57). Op die manier kan de kombergingscapaciteit ook worden vergroot, maar dat vraagt dan waarschijnlijk wel om hogere dijken: meestijgen met de zee.

3.1.2 Winterpeil handhaven bij zeespiegelstijging door meer spuien en pompen

De keuze voor het wel of niet laten meestijgen van het winterpeil van het IJsselmeer met zeespiegelstijging is een beleidsafweging met zeer grote lange-termijnconsequenties, zoals verbeeld in Figuur 3.2.



Figuur 3.2 De keuze voor uitpompen bij een gesloten kust (a) of meestijgen bij een open (of deels gesloten) kust (b) heeft grote consequenties voor de inrichting van grote delen van Nederland

Zowel in de *Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied* (Remmelzwaal et al., 2015, 2017, 2018, 2019) als in het *Kennisprogramma Zeespiegelstijging* (Defacto Stedenbouw, 2021) wordt er vanuit gegaan dat de Afsluitdijk wordt gehandhaafd. Momenteel worden er al pompen in de Afsluitdijk geplaatst, in aanvulling op een uitbreiding van de spuicapaciteit.

Handhaving van het huidige IJsselmeerpeil is vooral aantrekkelijk omdat er dan relatief weinig ingrepen in de omgeving en omliggende regionale watersystemen gedaan hoeven te worden. Bij deze oplossingsrichting ligt de nadruk dus op wat niet gedaan hoeft te worden in vergelijking met meestijgen met de zeespiegel.

De nadelen van handhaving van het huidige IJsselmeerpeil zijn:

- Spuien onder natuurlijk verval naar de Waddenzee wordt steeds moeilijker. Daarom zal de benodigde pompcapaciteit steeds groter moeten worden. Momenteel wordt bij Den Oever een pompcapaciteit van 235 m³/s gerealiseerd¹³.
- In het standaardklimaatscenario is in het jaar 2175 1200-3200 m³/s pompcapaciteit nodig (bij 175 cm zeespiegelstijging). In een scenario met versnelde zeespiegelstijging (280 cm i.p.v. 175 cm in het jaar 2175) loopt dit op tot 1400-3800 m³/s (Remmelzwaal et al., 2019, p. 13, p. 37). Remmelzwaal et al. (p. 13) merken ter vergelijking op dat het grootste gemaal ter wereld, in New Orleans, een capaciteit van 500 m³/s heeft, en het op-één-na-grootste, dat bij IJmuiden, 260 m³/s.
- De nominale kosten van de dijkversterkingsopgave en de aanleg, onderhoud en gebruik van het pompen liggen in de orde van 10-15 miljard euro. De netto-contante waarde ligt in de orde van 3-6 miljard euro (Remmelzwaal et al., 2019, bijlage D).
- Het langer vasthouden aan huidig peil zou op de lange termijn kunnen leiden tot een 'lock-in', waarbij men steeds afhankelijker wordt van steeds grotere pompen. Een onomkeerbaar proces, omdat het in de loop van de tijd steeds lastiger wordt om Nederland aan te passen aan peilfluctuaties en een hogere zeestand (zie bijvoorbeeld: Deltares, 2021, Defacto Stedenbouw, 2021).

En de voordelen van handhaving van huidig peil zijn:

- Afvoeren van overtollig water vanuit regionale systemen kan onder vrij verval, maar daarentegen is het inlaten van zoetwater bij een laag peil tijdens droogte juist lastiger.
- Het systeem kan zoveel mogelijk blijven zoals het nu is, je hebt niet te maken met alle nadelen die zullen worden besproken bij de hierna volgende strategieën voor (beperkt) meestijgen.

Is niet meestijgen met de zeespiegel uiteindelijk een dood spoor? (expertinterview)

In de Joint Fact Finding (BPIJ, 2020) wordt gewezen op de grootschalige ingrepen die nodig zijn om alle regionale systemen aan te passen op een meestijgend peil. Bovendien heeft een meestijgend peil grote consequenties voor de inrichting van de buitendijkse gebieden.

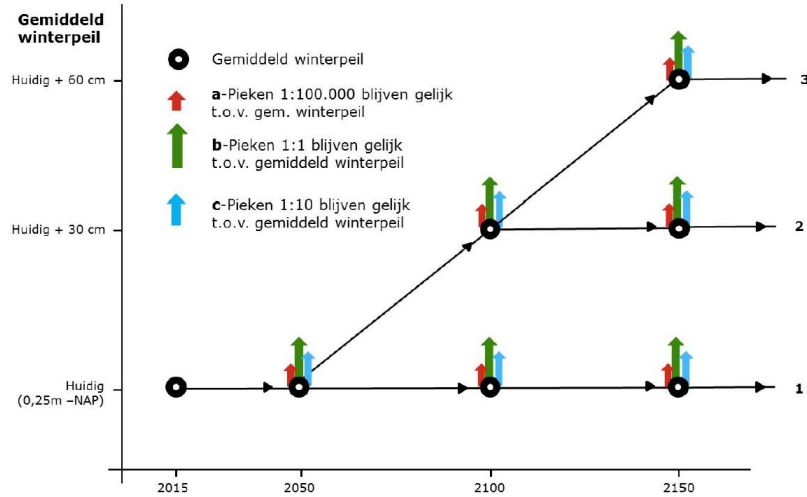
Tegelijkertijd rijst de vraag: zitten we met een niet meestijgend IJsselmeerpeil op de lange termijn niet op een dood spoor? Hoe langer men wacht met het laten meestijgen van het peil, hoe lastiger de overstap wordt. Terugredenerend vanuit de toekomst naar het nu, zou ook gezegd kunnen worden: de kosten voor een overstap naar een meestijgend peil zijn nooit zo laag als nu. Zeker met het oog op de grote woningbouwopgave is er nu een groot beleidsvenster waarin de transformatie nog relatief gemakkelijk gemaakt kan worden.

¹³ Rijkswaterstaat (geen datum). Vergroting waterafvoer, in uitvoering. <https://deafsluitdijk.nl/projecten/vergroten-waterafvoer/hoel> Laatst geraadpleegd op 30 november 2022.

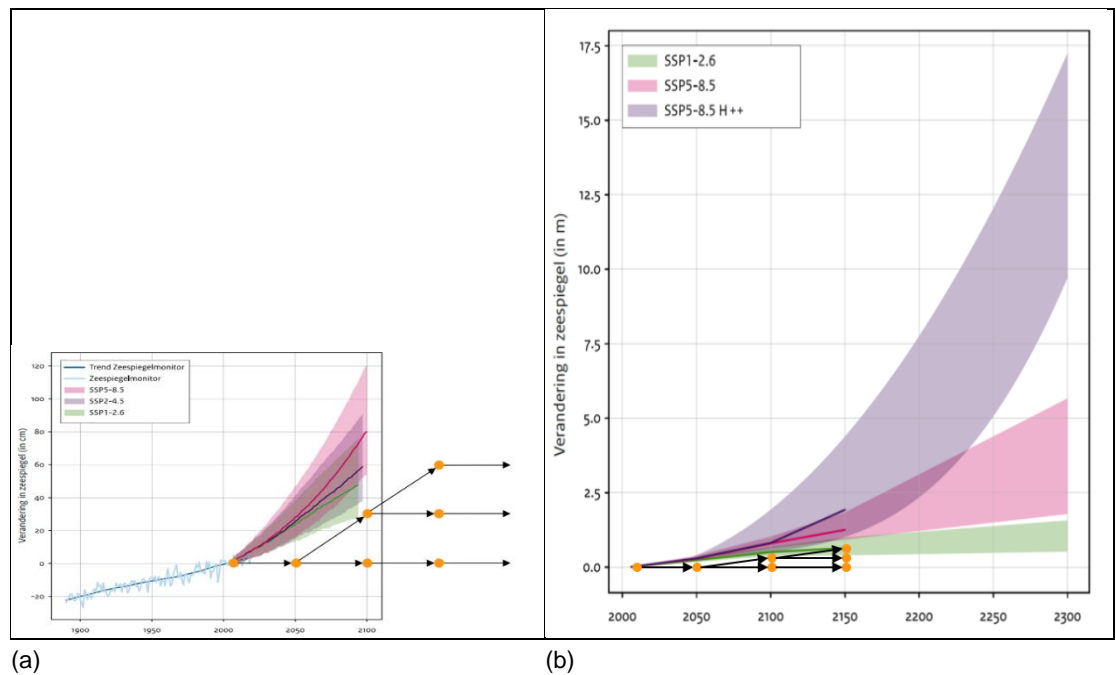
In *De Ingenieur* "Afsluitdijk in revisie" (13 mei 2015) wordt gesproken over een capaciteit van 414 m³/s, waarmee het grootste pompcomplex van Europa zou worden, na het gemaal in IJmuiden, dat een capaciteit van 260 m³/s heeft. Het ontwerp dat nu gerealiseerd is heeft echter een pompcapaciteit van 235 m³/s, volgens de website van Rijkswaterstaat.

3.1.3 Beperkt meestijden met de zeespiegelstijging en dijkverzwaring

In de ISWP is behalve met de peilhandhavingstrategie ook gerekend met een beperkte stijging van het meerpeil van 30 cm in 2100 en 60 cm in 2150 (Figuur 3.3). Als we deze strategieën echter in het perspectief van versnelde zeespiegelstijging plaatsen, dan is deze mate van meestijden zeer beperkt (Figuur 3.4). In veel scenario's zal het 'meegestegen' peil veel dichterbij het huidige IJsselmeerpeil liggen dan bij de nieuwe zeespiegel.



Figuur 3.3 Beschouwde strategieën voor het gemiddelde winterpeil en meerpeilpieken van het IJsselmeer (Remmelzwaal et al., 2018, p. 13)



Figuur 3.4 Beschouwde strategieën Remmelzwaal et al. in het perspectief van reguliere zeespiegelstijgingsscenario's (links) en in het perspectief van extreme zeespiegelstijging en de langere termijn (rechts; achtergrondfiguren uit KNMI, 2021)

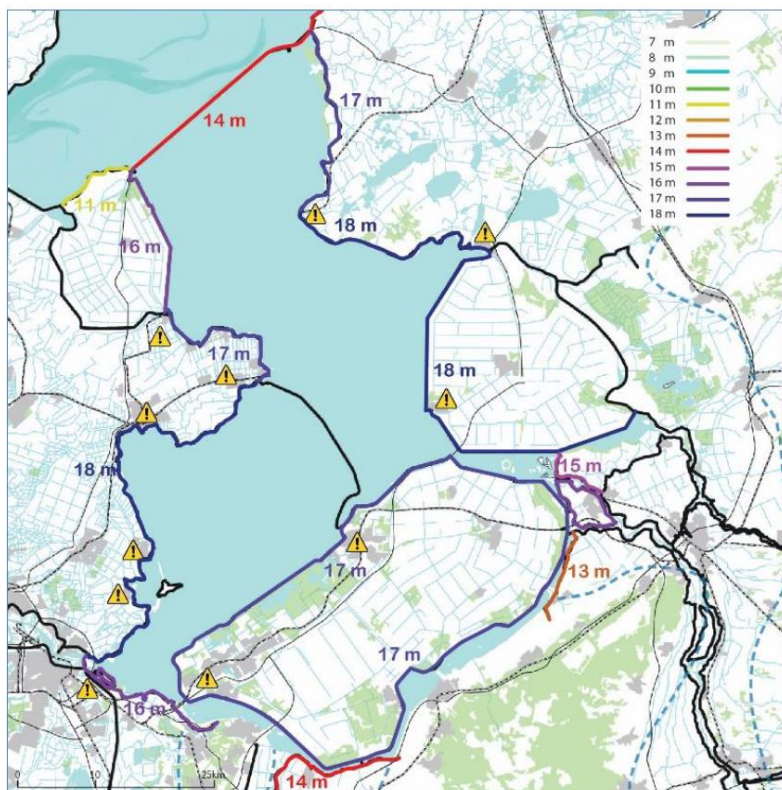
Meestijgen van het IJsselmeerpeil met de zeespiegelstijging heeft als voordeel dat spuien onder natuurlijk verval langer mogelijk blijft. Deze oplossingsrichting heeft echter grote ruimtelijke consequenties. Het vereist o.a. ingrijpende dijkverzwaringen en aanpassing van de infrastructuur rond het IJsselmeer, waaronder de Ramspolkering (Remmelzwaal et al., 2018).

- Een grotere waterdiepte op het IJsselmeer (zonder meestijgende bodem door sedimenttekort) verkleint de scheefstand maar leidt tot hogere golven. Wat dat precies betekent voor de hydraulische belasting aan de kering vraagt nader onderzoek.
- De dijken rondom het IJsselmeer zullen op grote schaal versterkt moeten worden
- De sluitfrequentie van (lokale) stormvloedkeringen in of langs het IJsselmeergebied zal toenemen. Veel keringen zijn niet ontworpen op frequent sluiten.
- Buitendijkse gebieden zullen vaker, of zelfs permanent overstromen. In sommige gevallen zal dit leiden tot functieverlies van het buitendijkse gebied.

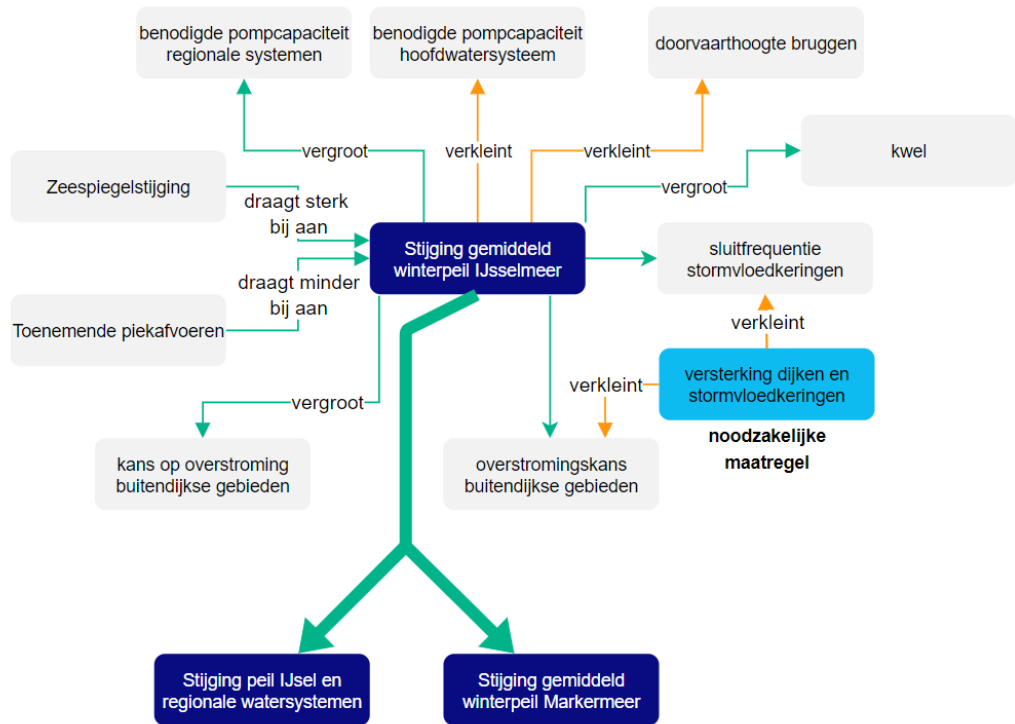
Bovendien werken de effecten door op waterstanden in regionale systemen en stroomopwaarts in de IJssel-Vechtdelta.

- Met de aanleg van nieuwe stormvloedkeringen, vergelijkbaar met de bestaande Ramspolkering, zou de bovenstroomse doorwerking van scheefstand door opwaaiing beperkt kunnen worden (Defacto Stedenbouw, 2021).

Bij een dijkversterking zal een dijk niet alleen hoger, maar vaak ook veel breder moeten worden. Eén meter dijkverhoging maakt in veel gevallen een verbredening van 11-18 m noodzakelijk. Figuur 3.5 laat zien dat dit op verschillende locaties conflicten met het huidige landgebruik oplevert (Deltares, 2021).



Figuur 3.5 Benodigde dijkverbreding bij een dijkverhoging van 1 m, en locaties waar dit knelpunten oplevert met het huidige landgebruik (vaak stedelijk gebied), gebaseerd op een expert-inschatting (Deltares, 2021)



Figuur 3.6 Systeemiagram van de gevolgen van een meestijgend winterpeil in het IJsselmeer

Een meestijgend winterpeil kan los gezien worden van een eventueel meestijgend zomerpeil: ze hoeven niet noodzakelijk gecombineerd te worden. Tegelijkertijd maakt een hoger winterpeil het gemakkelijker om het peil in het voorjaar tijdig op te zetten.

- Als het winterpeil voldoende hoog wordt opgezet ontstaat de mogelijkheid om een (grote) buffervoorraad te combineren met een natuurlijk(er) peilverloop, waarin het winterpeil hoger staat dan het zomerpeil. Dit is ecologisch gewenst (Remmelzwaal et al., 2018, p. 57).
- Hoewel het oppervlak diep water t.o.v. ondiep water nog verder zal toenemen (ecologisch niet gewenst), kan een peilverhoging in alleen de winter ecologisch positief uitpakken doordat het peilverloop natuurlijker is (idem., p. 61).
- In sommige gevallen kan overstroming van buitendijkse gebieden optreden.
- Een hoger gemiddeld winterpeil bemoeilijkt de regionale waterafvoer. Spuien onder vrij verval naar het IJsselmeer (zoals nu op verschillende plekken gebeurt) is lastiger, en pompen wordt kostbaarder door het toegenomen hoogteverschil (idem., p. 57).
- De binnendijkse kwel zal toenemen (idem, 2018, p. 57). In sommige gevallen zal dit zoute kwel zijn (idem., p. 62).

Als het winterpeil in het IJsselmeer zou meestijgen met de zeespiegel kan op pompcapaciteit bespaard worden maar moeten de dijken versterkt worden. Omdat beide ongeveer evenveel kosten, is er vanuit kostenoverweging geen aanleiding om het winterpeil mee te laten stijgen (RWS WVL, 2019; zie ook onderstaand expertinterview).

Vanuit kostenoverweging geen reden tot meestijden (expertinterview)

Tijdens het interview werd aan de experts gevraagd waarom door RWS-WVL (2019) de conclusie is getrokken dat er geen aanleiding is om het winterpeil mee te laten stijgen. Immers, als meestijden dezelfde kosten met zich meebrengt als handhaving van het huidige peil, dan zou de conclusie toch moeten zijn dat beide opties even aantrekkelijk zijn?

De experts gaven aan dat werd verwacht dat andere overwegingen dan de kosten van dijkverzwaring vs. pompen in het voordeel zijn van handhaving van het peil. De verwachting was dus dat een brede maatschappelijke kosten-batenanalyse in het voordeel zou uitvallen van handhaving van het huidige peil, zie Figuur 3.7.

	Winter			Zomer
	Hoger peil	Hogere pieken*	Lagere pieken*	Hoger peil
Waterbeheer				
Benodigde pompcapaciteit Afsluitdijk	+	+	-	0
Buffervoorraad water	0	0	0	+
Natuurlijk peilbeheer	+	0	0	-
Waterafvoer regio	-	o/-	o/-	-
Waterveiligheid en -overlast				
Versterkingsopgave waterkeringen	-	-	+	0
Potentiële overstromingsschade	-	-	+	0
Buitendijkse gebieden	-	-	+	-
Sluitfrequentie beweegbare keringen	-	-	+	0
Landbouw en stedelijk gebied				
Kwel en grondwateroverlast	-	0	0	-
Natuur				
Verschuiving ecotopen	0	0	0	-
Oevervegetatie	-	+	-	-
Overstroming buitendijkse gebieden	o/-	o/-	0	-
Erosie buitendijkse gebieden	-	-	+	-
Vismigratie	+/-	0	0	+/-
Waterkwaliteit	0	0	0	0
Scheepvaart				
Vaardiepte	+	0	0	+
Havens en steigers	-	-	+	-
Wachttijden schutsluizen	+/-	0	0	+/-
Doorvaarhoogte bruggen	-	0	0	-
Oeverrecreatie				
Overstroming recreatiestranden	0	0	0	-
Erosie recreatiestranden	-	-	+	-
Landschap en cultuurhistorie				
	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.

* bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil.

Figuur 3.7 Beschouwde effecten van beperkt meestijden van het winterpeil (60 cm in het IJsselmeer en 8 cm in het Markermeer) volgens de ISWP (Rommelzwaal et al., 2018, p. 57). In tegenstelling tot de gebruikte notatie in de causale diagrammen, betekent een + hier een wenselijk, positief effect, een - een onwenselijk, negatief effect, en een o geen of heel klein effect. (Dus: een + bij wachttijden sluizen betekent hier: minder wachttijd, dat is wenselijk).

Opties openhouden: tijdelijke vergunningverlening voor activiteiten in buitendijks gebied (expertinterview)

Een voorbeeld van hoe je opties open zou kunnen houden is het werken met tijdelijke vergunningen voor activiteiten in uiterwaarden en ander buitendijks gebied. Je zou bepaalde activiteiten bijvoorbeeld voor 20 jaar kunnen toestaan. Als deze termijn verstreken is zou je dit opnieuw kunnen overwegen.

3.1.4 Volledig meestijgen meerpeil met zeespiegelstijging en dijkverzwaring

De optie van een volledig meestijgend winterpeil is nog niet in detail verkend, omdat al een keuze is gemaakt om vooralsnog niet mee te stijgen en slechts de optie open te houden dat op termijn in beperkte mate mogelijk te maken.

De voor- en nadelen van een meestijgend peil zijn al in kaart gebracht in de voorgaande paragraaf 3.1.3. De grootste voordelen zijn een natuurlijker peilverloop, de blijvende mogelijkheid tot spuien onder natuurlijk verhang, en het gemakkelijker kunnen opzetten van een grote zoetwaterbuffer voor de zomer. De grootste nadelen zijn de noodzaak tot grootschalige investering in de waterveiligheid, niet alleen in het IJsselmeergebied maar ook in de bovenstroomse watersystemen waarnaar een hoger peil doorwerkt.

Desondanks zijn er redenen om deze optie toch te blijven overwegen. Een belangrijke reden om deze oplossingsrichting vooralsnog af te wijzen was dat dit grote aanpassingen in de primaire keringen en regionale dijksystemen zou vereisen. Echter, als men vooruitdenkt naar de toekomst zullen de vereiste investeringen alleen maar groter worden, omdat het 'gat' tussen het huidige meerpeil en de gemiddelde zeespiegel alleen maar toeneemt. Terugredenerend vanuit de toekomst naar het nu zijn de overstapkosten naar een meestijgend IJsselmeerpeil nu mogelijk lager dan in de toekomst, als ruimtelijke ontwikkelingen in of rond het IJsselmeergebied niet kunnen worden voorkomen.

Wat zijn de kosten van opties open houden? (expertinterview)

De insteek van het Kennisprogramma zeespiegelstijging is om te verkennen of – en welke – opties open zouden moeten worden gehouden voor de toekomst. De idee is om alleen bij nieuwe ontwikkelingen knopen door te hakken en eventueel oplossingsrichtingen uit te sluiten.

Het open houden van opties met het oog op zeespiegelstijging is niet gratis, het heeft ook grote gevolgen voor de andere doelstellingen die je nastreeft in het gebied. Bovendien is het beleidsmatig complex om te sturen op een versneld zeespiegelstijgingsscenario waarbij verondersteld wordt dat grootschalige klimaatmitigatie faalt. Het beleid is er immers op gericht om de doelstellingen uit het Parijs-akkoord wel te halen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de onzekerheid in de versnelde afkalving van ijskappen maar deels afhankelijk is van de klimaatscenario's.

3.1.5 Verdere compartimentering van het IJsselmeergebied

Het IJsselmeergebied bestaat *de facto* al uit een aantal compartimenten: het IJsselmeer, het Markermeer-IJmeer-Gooimeer, de randmeren, en tenslotte het tijdens storm met de Rampspolkering afsluitbare Zwarte Meer met de Vechtdelta. Drie vaste compartimenten dus, en een vierde tijdelijke.

Deze compartimenten kennen alle een soort 'eigen meerpeilbeheer', ook al is dat in de tijd soms maar heel beperkt (achter de Ramspolkering). Het betekent dat opwaaiing – met scheefstand tot gevolg – minder ver doordringt, wat de hoogwaterbescherming vereenvoudigt.

Mede in dat licht is in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging weer geopperd om het IJsselmeergebied verder te compartimenteren. Daarbij wordt voortgebouwd op eerdere suggesties dienaangaande. Enkele voorstellen zijn bijvoorbeeld (geweest):

- een afsluitbare stormvloedkering ter hoogte van de Ketelbrug ('Ketelkering'), qua functie vergelijkbaar met de Ramspolkering of Oosterscheldekering (alleen bij storm kort te sluiten om de invloed van scheefstand op de hoogwaterstanden in de IJsseldelta te beperken), qua techniek nog geheel open (van technisch hoogstandje à la Maeslantkering tot simpele valdeuren à al Haringvlietsluizen);
- een dam dwars voor de Ketelbrug of van Lelystad naar Urk, eveneens om de opwaaiing in het Ketelmeer te beperken;
- dammen van het Ketelmeer naar de Afsluitdijk, waarbij de Noord-Hollandse kust en de Friese kust niet meer worden belast door veel opperwater vanuit de IJssel of scheefstand bij storm.

Maar ook is wel een dam (met een paar bruggen) van Almere naar Amsterdam geopperd, hoewel die om andere redenen werd voorgesteld dan hoogwaterbeheersing.

Mogelijke voordelen van compartimentering zouden kunnen zijn (Defacto Stedenbouw, 2021):

- Door het verkleinen van de windopzet zijn er mogelijk minder dijkversterkingen nodig;
- De zoutindringing zou mogelijk beter kunnen worden beheerst.

Mogelijke nadelen zouden kunnen zijn (Defacto Stedenbouw, 2021):

- De kombergingscapaciteit neemt af als water maar in een compartiment kan stromen.
- Er zouden meer pompen nodig zijn om het water van het ene naar het andere compartiment af te voeren.
- Een grotere afhankelijkheid van pompen zou de kwetsbaarheid van het systeem kunnen vergroten en aanvullende noodmaatregelen vereisen, zoals noodbergingsgebieden.
- Belemmering van de scheepvaart.
- De oorzaken van de huidige ecologische problemen (barrières tussen watersystemen, abrupte overgangen, afwezigheid van natuurlijke gradiënten: zoet-zout, land-water, stromend-stagnant), zullen hierdoor mogelijk veel groter worden (Figuur 2.16).

En dan is er nog de vraag of de baten wel opwegen tegen de aanzienlijke investeringskosten van deze infrastructurele bouwwerken in – in sommige varianten – relatief diep water.

In deze context kan overigens ook nog melding worden gemaakt van de suggestie het 'vergeten randmeer' achter de Noordoostpolder te realiseren met als belangrijke nevenfunctie het bieden van extra kombergingscapaciteit voor de Overijsselse Vecht in situaties dat de Ramspolkering wordt gesloten.

3.2 Voorraadborging en kwaliteitsbeheersing voor de zoetwatervoorziening

De hieronder beschreven handelingsperspectieven voor het borgen van de geoecosysteemdiensten ten behoeve van de zoetwatervoorziening zijn met name gebaseerd op de stresstest en knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater (zie Kielen & Mens, 2021, voor een bestuurlijke samenvatting van diverse rapporten) en de Joint Fact-finding van het Bestuurlijk Platform IJsselmeergebied (BPIJ, 2020). Zie Tabel 3.2.

De belangrijkste oplossingsrichtingen en handelingsperspectieven zijn verbeeld in Figuur 3.8.

Tabel 3.2 Overzicht belangrijkste programma's met handelingsperspectieven voor zoetwatervoorziening

Programma	Bron/rapportage	Karakteristieken
Deltaprogramma Zoetwater	Kielen en Mens, 2021, Bestuurlijke samenvatting	Kijkt vooral tot 2050, met doorkijk naar later deze eeuw, geeft een overzicht en doorrekening van diverse knelpunten en handelingsperspectieven
Bestuurlijk Platform IJsselmeergebied	BPIJ, 2020, Joint Fact-finding	Zeer uitgebreid overzicht van de gevolgen van verder opzetten of uitzakken van het meerpeil



Figuur 3.8 Oplossingsrichtingen waarmee de watervraag kan worden gereduceerd (oranje) of het aanbod kan worden vergroot (groen) (Kielen & Mens, 2021)

3.2.1 Reductie van de watervraag in het watervoorzieningsgebied

Een eerste handelingsperspectief is het voorkomen dat de watervraag verder toeneemt, of zelfs afneemt. Kielen en Mens (2021) merken op dat de Rijksoverheid, de provincies, gemeenten en waterbeheerders maatregelen kunnen nemen om de watervraag te beperken. Dit kan door het maken van ruimtelijke keuzes en het slechts beperkt aan de watervraag van nieuwe watervragers voldoen – of onder voorwaarden.

Een extra watervraag voor het nathouden van veenweidegebieden, om bodemdaling en broeikasgasemissies te voorkomen, verdient hierbij bijzondere aandacht. Dit zorgt namelijk voor een grote extra watervraag, juist in droge periodes als water al schaars is. Uit een verkennende studie van Hunink et al. (2022) blijkt dat in het Deltascenario Stoom2050 in het veenweidegebied al watertekorten optreden zonder maatregelen ter vernatting. Een extra watervraag voor vernatting zorgt dan voor grotere watertekorten, waarvan de omvang sterk afhankelijk is van het type vernattingsmaatregel en de schaal waarop deze wordt toegepast (zie Figuur 3.9). Bij toepassing van drukdrainage¹⁴ neemt de watervraag voor peilbeheer met 130-140% toe in scenario Stoom2050. Dit komt overeen met 400 miljoen m³ extra watervraag in het zomerhalfjaar (zo'n 10 - 13 m³/s), equivalent aan 20 cm waterschijf van het IJsselmeer plus Markermeer (Hunink et al., 2022).

Friesland (deelregio 8)	implementatie (% potentieel areaal)	Referentie		Toekomstscenario Stoom2050	
		Stijging van de laagste zomergrondwaterstand (cm)	toename watervraag peilbeheer (%)	Stijging van de laagste zomergrondwaterstand (cm)	toename watervraag peilbeheer (%)
Slootpeilverhoging 40cm drooglegging (40)	100	10-15	9-12	20	13-16
Onderwaterdrainage (40 OWD)	50	25	35-40	25-30	40-45
onderwaterdrainage + drukdrainage (40 OWD DD)	25 + 25	30-35	50-60	30-40	60-65
Drukdrainage (40 DD)	100	55-65	105-125	50-70	130-140
Greppelinfiltatie (20 40 grep)	25	40-45	60-70	40-50	90-120

Figuur 3.9 Effect van vernattingsmaatregelen op de watervraag voor peilbeheer in Friesland (Hunink et al., 2022)

3.2.2 Aanpassing van de rivierbodempligging in het splitsingspuntengebied

Als gevolg van rivierbodemerodie verschuift de afvoerverdeling bij lage Rijnafoer richting Waal ten koste van de IJssel. Dit is vastgesteld in de Systeembeschouwing voor het programma Integraal Rivier Management (Klijn et al., 2022). Door de verschillende snelheid van rivierbodemdaling op Waal en Pannerdens kanaal stroomt er verhoudingsgewijs steeds minder water naar het IJsselmeer (Asselman et al., 2022). Omdat dit een zichzelf versterkend proces is benadrukken Klijn et al. (2022) de noodzaak in te grijpen, want de afvoerverdeling trekt steeds schever.

In het programma Integraal Rivier Management zal verder worden verkend wat de mogelijkheden tot aanpassing van de rivierbodempligging zijn. Klijn et al. (2022) noemen al enkele denkbare maatregelen waarmee de rivierbodempligging bijgestuurd kan worden, waaronder sedimentsuppletie, kribverlaging en het verlagen of verwijderen van zomerkades.

¹⁴ Met drukdrains kan de agrariër de grondwaterstand in zijn percelen onafhankelijk van het slootwaterpeil sturen. Zo is de grondwaterstand nauwkeuriger te regelen. Bron: <https://www.veenweiden.nl/drukdrainage/>

3.2.3 Verbeterde voorspelling rivierafvoer

Kielen en Mens (2021) stellen voor onderzoek te doen naar het vergroten van de voorspelhorizon van de rivierafvoeren, zodat het IJsselmeerpeil mogelijk eerder kan worden opgezet als een periode met lage rivierafvoer dreigt. Met eerdere opzet van het zomerpeil kan de zoetwatervoorraad mogelijk tijdig worden vergroot, maar de ecologische effecten vragen nadere afweging¹⁵. Tevens kan de beperkte voorspelhorizon van noordwesterstormen in het voorjaar overigens limiterend blijken; te hoog peil kan bij storm tot hoge waterstanden leiden.

3.2.4 Water aanvoeren via het Amsterdam-Rijnkanaal

In droge tijden zou – aanvullend op de aanvoer via de IJssel – water ook naar het IJsselmeergebied kunnen worden aangevoerd vanuit de Waal via het Amsterdam-Rijnkanaal. Volgens verkennende berekeningen zou langs die route tot maximaal 40 m³/s kunnen worden aangevoerd. Dat is een forse hoeveelheid water per tijdseenheid, die grote stroomsnelheden in het kanaal kan veroorzaken, vooral in de sluizen en andere flessenhalzen. De scheepvaart door het kanaal zal mogelijk deels moeten worden stilgelegd.

Met het gebruik van deze aanvoerroute kan in droge jaren het watertekort in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer/Markermeer worden verminderd, met onder andere baten voor de landbouw. Negatieve effecten voor de scheepvaart worden veroorzaakt door beperkingen in het kanaal zelf (door hoge stroomsnelheden), stremmingen bij sluizen (o.a. Irenesluizen) en verminderde vaardiepte op de Waal. Hydrologic (2019) becijferde een deel van de kosten en baten, als opstap naar een volledige maatschappelijke kosten-batenanalyse. In een zeer droog jaar in de toekomst, in een scenario met sterke klimaatverandering en sociaal-economische groei, werd de schade voor binnenvaart op de Waal ingeschat op 0,4 – 0,9 miljoen euro door verminderde vaardiepte, en de baten voor de landbouw op 30 miljoen euro. Dit geeft echter geen volledig beeld. Op dit moment wordt de maatregel verder verkend als onderdeel van de nieuwe Strategie Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening voor het Hoofdwatersysteem (KZH)¹⁶.

Met slimmere waterverdeling kunnen we niet alles oplossen (expertinterview)

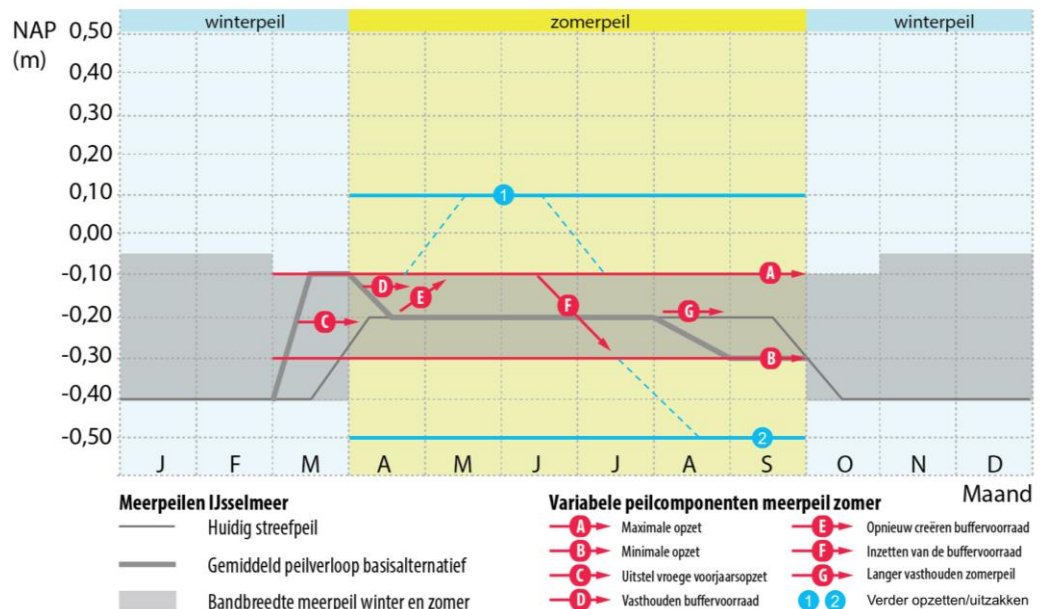
In de historie van het Nederlandse waterbeheer is het hoofdwatersysteem steeds verder geoptimaliseerd. Oplossingsrichtingen waarbinnen dit systeem nog verder wordt geoptimaliseerd (bijvoorbeeld extra aanvoer via het Amsterdam-Rijnkanaal) maken het systeem ook kwetsbaarder: er komt steeds minder speelruimte om bij crisissituaties te anticiperen, omdat alle optimalisatie reeds benut is.

3.2.5 Hoger zomerstreefpeil

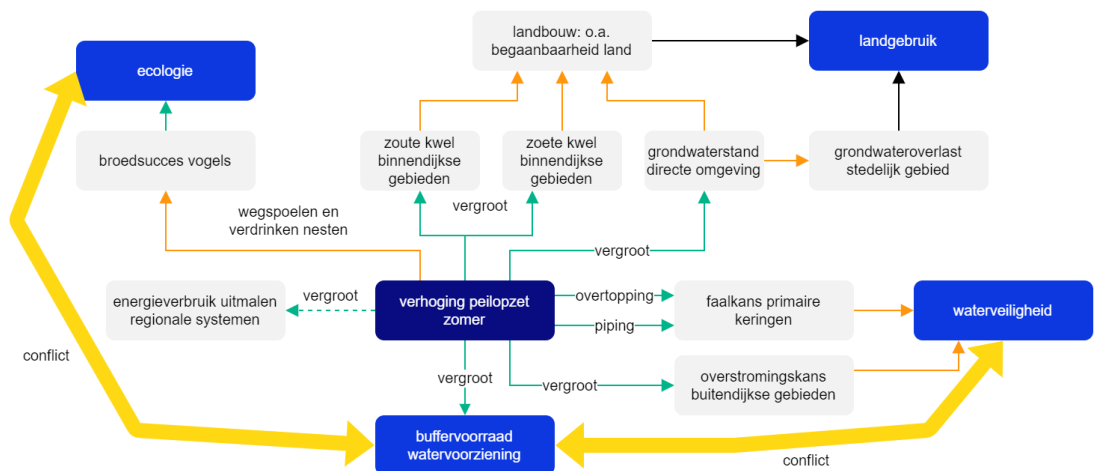
Een voor de hand liggende maatregel is een vergroting van de bruikbare waterschijf door een hoger zomerpeil toe te staan bij gelijkblijvende ondergrens. Dat vergt een nieuw peilbesluit. Volgens BPIJ (2020) zou de totale bufferschijf van zo'n 20 cm mogelijk vergroot kunnen worden tot zo'n 50 á 60 cm door peilopzet tot + 0,10 m NAP in plaats van de huidige - 0,10 m NAP (BPIJ, 2020; zie Figuur 3.10). Dit is al een forse afwijking van het huidige peilbesluit.

¹⁵ De vigerende Nbw-vergunning voor het peilbesluit IJsselmeergebied 2018 stelt restricties aan frequentie en duur van peilopzet.

¹⁶ Zie: <https://www.slimwatermanagement.nl/programma/nieuwe-zoetwaterstrategie-kzh-uitvoering-via/>



Figuur 3.10 Beschouwde peilcomponenten in de Milieueffectrapportage van het peilbesluit (rood) (naar SWECO, 2017), en in het perspectief hiervan: een verdere opzet (1) en uitzakking (2) van het IJsselmeerpeil (blauw).



Figuur 3.11 Systeemdiagram met mogelijke gevolgen van een verhoogde peilopzet in de zomer. De omvang van de gevolgen is sterk afhankelijk van de timing van de maatregel.

De gevolgen van peilopzet voor de andere essentiële systeemdiensten en gebruikers van het IJsselmeergebied hangen sterk af van de precieze uitvoering:

- 1 Een eerste variant is om het peil van zowel het IJsselmeer als het Markermeer in het voorjaar sterk te verhogen en het gedurende de zomer weer geleidelijk te laten uitzakken. Deze variant is onderzocht voor het peilbesluit in 2018 (SWECO, 2017).
- 2 Een tweede variant is om alleen het IJsselmeerpeil te verhogen, en het Markermeerpeil constant te houden.
- 3 Een derde optie is om alleen gedurende een droge zomerperiode het peil te verhogen.

Volgens de Joint Fact finding zou de laatste optie een groot aantal van de hieronder genoemde effecten beperken. Daarbij is het wel de vraag of het nog mogelijk is om het peil voldoende te verhogen als een droge periode al is aangebroken of wordt voorzien.

Voorziene gevolgen van peilopzet zijn:

- Voor de hoogwaterbescherming (BPIJ, 2020, factsheet 1, p. 19-22):
 - Een voorjaarsopzet naar -0,10 m NAP in maart kan op sommige plekken al snel leiden tot wateroverlast en hogere hoogwaterstanden, met name in het Markermeer. Daarom mag deze opzet in het huidige peilbesluit alleen bij gunstige weersverwachting gedaan worden. Een verdere voorjaarsopzet naar + 0,10 m t.o.v. NAP heeft dus zeer waarschijnlijk invloed op de maatgevende hoogwaterstanden.
 - Een tijdelijke opzet in de periode mei-augustus, als crisismaatregel voorafgaand aan een droge periode, heeft waarschijnlijk maar beperkte invloed op de maatgevende hoogwaterstanden, omdat de kans op zomerstormen relatief klein is.
 - Als gerekend wordt met een aanvullende pompcapaciteit van 2000 m³/s, hoeft een peilopzet geen gevolgen hebben voor de hoogwaterstanden (Deltares, 2012, als geciteerd in de BPIJ, 2020, p. 21).

- Voor de natuur:
 - Een tijdelijke opzet tot +10 cm NAP tijdens het broedseizoen kan nesten doen wegspoelen of verdrinken.
 - De overige natuureffecten zijn divers (BPIJ, 2020, factsheet 9, p. 41).

- Voor andere gebruikers/ overige effecten:
 - Recreatie kan hinder ondervinden door wateroverlast bij buitendijkse vakantieparken, campings, recreatiestranden en ligweiden. Grote effecten voor de recreatievaart, zoals lange wachttijden bij schutsluizen, treden pas op bij een opzet van + 0,30 tot + 0,80 m t.o.v. NAP.
 - Bij een peilopzet van - 0,10 m t.o.v. NAP (huidig peilbesluit) zijn er al vragen gesteld aan RWS omdat dit heeft geleid tot lokale wateroverlast bij sterke oostenwind. Het gaat hier niet alleen om campings e.d., maar ook om de IJssel-Vechtdelta en Almere buitendijs. Opwaaiing met resulterende scheefstand speelt hierbij een belangrijke rol.
 - Een hogere waterstand verkleint de doorvaarthoogte voor schepen onder vaste bruggen, dit kan leiden tot 'enige hinder voor schepen met hoge masten' (BPIJ, 2020, factsheet 5, p. 34).
 - Een meerpeilstijging bemoeilijkt het uitmalen van water uit de regionale systemen (BPIJ, 2020, factsheet 2b, p. 27), maar in droge perioden zijn de negatieve effecten waarschijnlijk beperkt, omdat dan niet wordt uitgemalen.
 - Een peilopzet zorgt voor een langere verblijftijd van water in het IJsselmeer en Markermeer, waardoor het chloridegehalte kan oplopen (BPIJ, 2020, factsheet 3, p. 30).
 - Een peilverhoging vergroot het peilverschil met het binnendijkse gebied, en zorgt daar voor een toename van de kwel. Bij een voorjaarspeilopzet tot + 0,10 m NAP zal dit op enkele plaatsen tot enige overlast en gewasschade kunnen leiden. Over het algemeen lijken de gevolgen van zoete en zoute kwel beperkt te zijn, maar hier moet nog meer onderzoek naar gedaan worden (BPIJ, 2020, factsheet 7, p. 43).

Is er al teveel oplossingsruimte weggegeven? (expertinterview)

'Er is sprake van een soort jojo-effect wat betreft de beleidsmatige uitgangspunten voor het Markermeer', aldus een geraadpleegde expert.

Bij de aanleg van IJburg I (bouw gestart in 1999) is rekening gehouden van een peilstijging van 1 m (Everts en Peerdeman, 2020). Met de deltabeslissing IJsselmeergebied in 2014 is dit losgelaten. Deze beleidskeuze is wettelijk vastgelegd via een tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan, in 2015.

Bij de herijking van het Deltaprogramma in 2021 is besloten "dat de optie om het gemiddelde winterpeil na 2050 beperkt te laten meestijgen, niet alleen voor het IJsselmeer geldt, *maar ook voor het Markermeer.*" (Deltaprogramma 2021, 2021), dit is ook beleidsmatig vastgesteld in het Nationale Waterplan.

In de Milieueffectrapportage staat dat bij de aanleg van IJburg II, in ieder geval voor het Middeneiland, *is ingespeeld op een mogelijke peilverhoging van 1 m.* Maar in het bestemmingsplan staat: "Volgens het NWP 2016 vindt er tot 2100 geen peilverhoging plaats in het Markermeer. Dat tussen 2050 en 2100 geen meerpeilverhoging in het Markermeer plaatsvindt, kan echter niet gegarandeerd worden. Uit veiligheidsoverwegingen is daarom in het ontwerp van de waterkeringen en in het maaiveldhoogte-ontwerp rekening gehouden met peilstijging." (...) "*Daarom wordt een peilstijging van 0,18 m* (gebaseerd op een peilverhoging van 0,30 m gedurende 50 jaar van het IJsselmeer en de 60% respons op het Markermeer) *als reservering in het ontwerp van de waterkeringen meegenomen.*" (Gemeente Amsterdam, 2020, p.183)

In het bestemmingsplan staat verder: "In het Deltaprogramma is de optie om na 2050 een verdere peilopzet in het IJsselmeergebied (en dus ook Markermeer) met max 0,30 m ten opzichte van het huidig peil open gehouden. Als het besluit over deze peilopzet wordt genomen, zal de kans op overstroom van de Makerskade nog groter worden. De buitendijkse gebieden van Strandeiland zijn niet voorzien van vitale functies. Beperkte woonfunctie is alleen toegestaan vanaf de eerste verdieping. Conform het nationaal beleid heeft de gemeente de taak om de gebruikers van een buitendijks gebied te informeren over veiligheids- en schaderisico's. De gemeente zal aan deze plicht moeten voldoen door via de bouwveloppen de ontwikkelaars te informeren en extra eisen stellen met als doel een waterrobuust ontwerp te laten maken en om schade te voorkomen bij een overstroming" (Gemeente Amsterdam, 2020, p. 184).

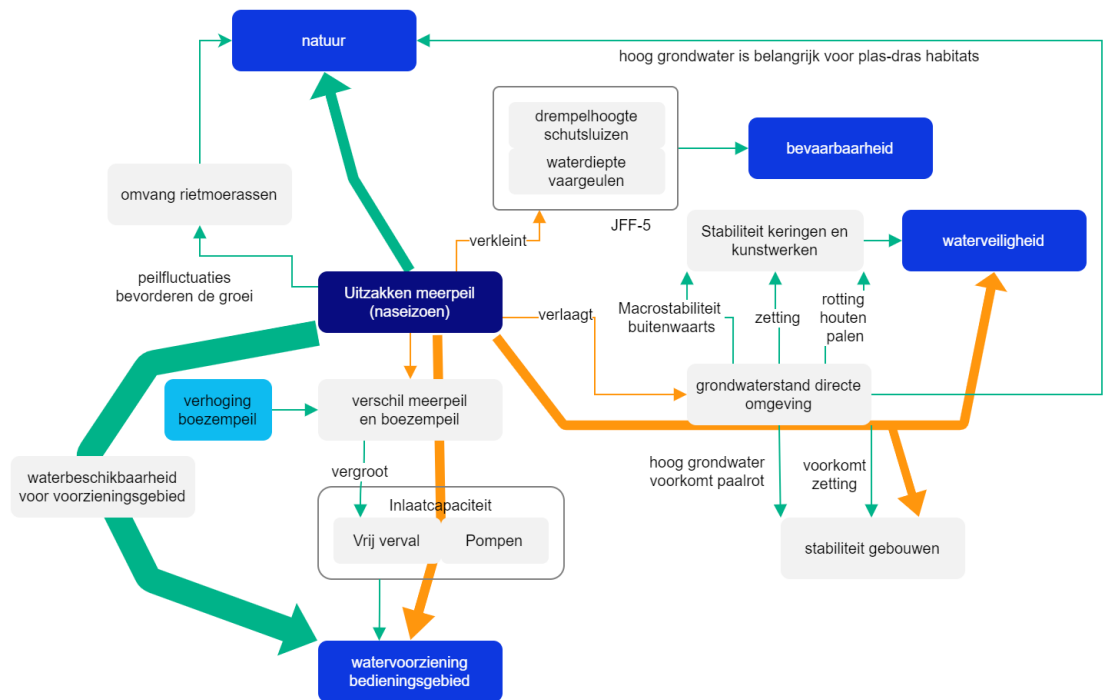


Bron figuur: Het Parool, 4 december, 2010 <https://www.parool.nl/nieuws/ijburg-2-uitstel-of-afstel~ba485816/>

3.2.6 Verder laten uitzakken peil nazomer

Een ander perspectief om een grotere waterschijf te kunnen gebruiken is het verder laten uitzakken van het IJsselmeerpeil aan het eind van het zomerseizoen. In de Joint Factfinding is een uitzakking onderzocht tot 20 cm onder de ondergrens van het peilbesluit, d.w.z. tot -0,50 m NAP i.p.v. -0,30 m NAP (zie Figuur 3.10).

De mogelijke gevolgen van die oplossingsrichting zijn geschetst in Figuur 3.12. En Tabel 3.3 geeft een overzicht van de drempelwaarden die beperkend zijn voor de toelaatbare (tijdelijke) verlaging van het meerpeil (cf. BPIJ, 2020).



Figuur 3.12 Systeendiagram met de belangrijkste oorzaak-effect relaties van het (verder) uitzakken van het meerpeil (relaties uit BPIJ, 2020)

Het mogelijk instabiel worden van dijken en andere waterkeringen is een veel aangevoerd argument om het meerpeil niet verder te laten uitzakken. Uit recente studies en adviezen rijst het beeld dat 20 cm verder uitzakken wellicht mogelijk is zonder tot ernstige stabiliteitsproblemen te leiden. Dit vraagt meer onderzoek, omdat hoogwaterbescherming vaak de doorslaggevende factor is bij beleidsafwegingen.

Hoewel bij verder laten uitzakken de beschikbare waterschijf groter wordt, wordt het tegelijkertijd lastiger om dit water in de regionale systemen te krijgen. Waar dit nu grotendeels onder natuurlijk verhang gaat, zal bij verder uitzakken steeds meer gepompt moeten worden.

Als het uitzakken beperkt blijft tot - 50 cm NAP worden geen grote problemen voorzien voor de landbouw, indien de inname mogelijkheden toereikend zijn. Er zal beperkte hinder zijn voor de beroepsscheepvaart; de recreatievaart wordt nauwelijks gehinderd. Op kleine schaal kan bebouwing problemen ondervinden door grondwaterstands daling.

Vooralsnog wordt door RWS een ondergrens voor uitzakken van -0.40 m NAP aangehouden in geval van een feitelijk watertekort. Dit om primaire functies, zoals vastgelegd in de verdringingsreeks, te kunnen beschermen.

Tabel 3.3 Drempelwaarden voor toelaatbare verlaging (het laten uitzakken) van het meerpeil (uit BPIJ, 2020)

Funcities/invalshoek	Drempelwaarde	Toelichting	Geciteerde bron in BPIJ, 2020
Referentie (huidig peilbesluit)	NAP - 0,3 m	Door verdamping zakt het peil ook nu soms enkele centimeters onder NAP - 30 cm	
Hoogwaterbescherming (dijkstabiliteit)	≥ NAP - 0,4 m ≥ NAP - 0,5 m ≥ NAP - 0,6 m	Geen afschuiving buitentalud verwacht Bij kortdurend incident: geen problemen verwacht Invloed stabiliteit keringen waarschijnlijk 'zeer beperkt'	Van Staveren (2013) Deltares (2018) Expert-oordeel waterschap
Inlaat regionale systemen	< NAP - 0,4 m < NAP - 0,5 m	Bemaling op veel plaatsen noodzakelijk Bemaling bijna overal noodzakelijk	Factsheets waterschappen
Verdroging landbouw	> NAP - 0,6 m < NAP - 0,6 m ≤ NAP - 0,7 m	Geen problemen voorzien Mogelijk beperkt effect op landbouw en natuur Beslist effect op verdroging in de landbouw	Factsheet 4, p.32-34
Effecten op vaardiepte	≥ NAP - 0,4 m < NAP - 0,4 m < NAP - 0,5 m < NAP - 0,6 m	Geen problemen vaardiepte beroepsvaart Mogelijk problemen vaardiepte, klein risico drempels schutsluizen Reëel risico schutsluizen Onvoldoende vaardiepte (maatgevend laagwater), daadwerkelijk risico schutsluizen	
Omliggende watersystemen		Onzeker/onbekend	
Effecten grondwaterdaling op bebouwing	< NAP - 0,35 m < NAP - 0,55 m > NAP - 0,55 m	Hangt af van de locatie Beperkte risico's paalrot en stabiliteit Reële risico's paalrot en stabiliteit	
Verzilting en drinkwaterinname	[Cl ⁻] ≤ 150 mg/l [Na ²⁺] ≤ 120 mg/l [Cl ⁻] ≤ 200 mg/l	Bereiding drinkwater zonder noodzaak ontheffing Met ontheffing (?)	
Overige waterkwaliteitseffecten		Niet gekwantificeerd	
Overige ecologische en natuureffecten		Verdroging natuurgebieden Afname plas-dras-habitat	
Recreatievaart	< NAP - 0,5 m < NAP - 0,6 m < NAP - 1,0 m	Lokale hinder recreatievaart Stukken voor de kust worden te ondiep Meeste delen IJsselmeer en Markermeer diep genoeg, lokaal wel ernstige hinder	

3.2.7 Terugdringen externe verzilting

Een belangrijke oorzaak van verzilting is indringing van zout water door de spuisluizen en scheepvaartsluizen in de Afsluitdijk. Deze verzilting wordt momenteel onder meer tegengegaan door het spuien van water. En zout water dat zich in diepe delen van het IJsselmeer nabij de Afsluitdijk verzamelt door gravitatiestroming wordt met hevels weer op de Waddenzee geloosd.

Door het aanbrengen en gebruiken van dubbele deuren in de spuisluizen zou de zoutbelasting door de spuisluizen mogelijk met zo'n 30% kunnen worden gereduceerd. Op dit moment wordt hier verder onderzoek naar gedaan (Factsheet verzilting, 2021). Bij de vergroting van de scheepvaartsluis bij Kornwerderzand is het uitgangspunt dat de verzilting niet mag toenemen (Factsheet verzilting, 2021).

3.2.8 **Accepteren van tijdelijk hogere zoutconcentraties**

Een heel andere – en schijnbaar tegengestelde – oplossingsrichting is om juist tijdelijk enige verzilting van het IJsselmeer toe te staan. Dan hoeft minder water gebruikt te worden om zout uit het systeem te spoelen, waardoor er een grotere hoeveelheid water beschikbaar is voor ander gebruik.

In de termen uit de eerste knelpuntanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater (Klijn et al., 2012) gaat het hier dus om de keuze voor een grotere beschikbaarheid voor *véél* watervragers, ten nadele van *veeleisende* watervragers.

Het nadeel van deze oplossing is dat sommige watergebruikers dan tijdelijk geen water kunnen innemen, omdat het een zoutgehalte heeft dat boven de door hen gehanteerde chloridenormen uitgaat. Dit treft in het bijzonder drinkwaterbedrijven; en nog specifiek het belangrijke drinkwaterinnamepunt Andijk, waarvoor een toelaatbare zoutgehalte geldt van 150 mg Cl/l (of korte tijd 200 mg Cl/l).

Een aantal waterschappen spoelt de boezemsystemen echter juist door met IJsselmeerwater, ook als het relatief zout is, omdat het boezemwater anders te zout wordt voor de natuur en beregning van de landbouw als gevolg van brakke en zoute kwel. En in sommige gebieden zou volgens BPIJ (2020, p. 120-125) zelfs worden beregend met boezemwater om verzilting van het bodemvocht tegen te gaan. Het is nog niet vastgesteld bij welke zoutgehalten van het IJsselmeer en Markermeer deze toepassingen in het gedrang komen. Wel is bekend dat voor verschillende landbouwgewassen de toelaatbare zoutgehalten sterk verschillen: van < 250 mg/l voor fruit, bloembollen en sierteelt tot < 1000 mg/l voor veel akkerbouwgewassen en nog hoger voor weidebouw. En bij natuur spreken we pas van licht-brak vanaf 1000 a 2000 mg Cl/l. Onder die gehalten kan de natuur in Laag-Nederland nog goed gedijen (die in Hoog-Nederland krijgt dit water niet).

Specifiek voor het drinkwaterinnamepunt Andijk zouden maatregelen kunnen worden overwogen, die een tijdelijk hoger zoutgehalte in het IJsselmeer aanvaardbaar zou maken. Suggesties die hiervoor gedaan zijn – maar nader onderzoek naar hun realiteitsgehalte vergen – betreffen onder meer:

- Verplaatsing van het inlaatpunt naar een locatie verder van de Afsluitdijk vandaan, eventueel zelfs vanuit het Markermeer (expertinterview).
- De aanleg van een voorraad (een spaarbekken, ook weleens 'klimaatbuffer' genoemd) voor het innamepunt: een afgeschermd stuk IJsselmeer waar zoet water wordt afgeschermd van menging met de rest van het meer.
- Het aanhouden van een grotere voorraad of een verdergaande uitputting van de bestaande voorraad in de duinen.
- Een ontziltingsstap in het drinkwaterbereidingsproces zodat zouter water kan worden verwerkt (expertinterview).

3.3 Borging milieudiversiteit en -kwaliteit voor een robuust ecosysteem

Oplossingsrichtingen en concrete maatregelen voor het verbeteren van de waterkwaliteit en natuurontwikkeling in het IJsselmeergebied zijn onder meer geschetst in de rapporten die zijn gemaakt voor de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW, 2017A, 2017B, 2017C). In dit programma zijn ook de inzichten vanuit Natura-2000 en de Kaderrichtlijn Water verwerkt (Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Overzicht programma's waterkwaliteit en ecologie

Programma	Bron/rapportage	Karakteristieken
Kaderrichtlijn Water (EU)	KRW (2015,2021) Factsheet NL92_IJsselmeer	Beschrijving en duiding huidige waterkwaliteit
Natura-2000	Natura-2000 (2022)	
Programmatische Aanpak Grote Wateren	Preverkenning, factsheet en conclusies IJsselmeergebied (PAGW, 2017A, 2017B, 2017C)	Oplossingsrichtingen en maatregelen tot 2050

In de PAGW (2017B) worden de volgende drie oplossingsrichtingen genoemd, met concrete maatregelen:

- 1 Kwaliteit van de leefgebieden verbeteren en ontbrekende leefgebieden toevoegen. Ontbrekende leefgebieden zijn met name: ondiep water, zandplaten bij de Friese kust, eilandjes, zachte oevers, dood hout. Voorbeelden van maatregelen/ingrepen zijn:
 - Aanleg voor- (en achter)oevers in Friesland;
 - Aanleg nieuw onderwater-landschap bij de Noord-Oostpolder;
 - Opschaling archipel Marker Wadden;
 - Voor- (en achter)oevers Markermeer- Noord-Hollandse kust;
 - Waterrietontwikkeling in de Randmeren.
- 2 Diversiteit vergroten in soorten leefgebieden. Meer ruimte bieden voor geleidelijke overgangen van zoet naar zout, van land naar water, van stromend naar stagnant, van voedselarm naar voedselrijk. Betere verbindingen tussen de meren en binnendijkse gebieden. Een voorbeeld van een concrete maatregel is:
 - Aanleg zoet-zoutovergang en brakwaterzone bij de Waddenzee.
- 3 Verbeteren van de verbindingen ('ontsnippen') tussen de Waddenzee, de meren en de regionale wateren door vispassages en (afsluitbare) verbindingen. Voorbeelden van concrete maatregelen zijn:
 - Ecologische verbinding tussen Markermeer en Oostvaardersplassen realiseren;
 - Visvriendelijke habitats in het Ketelmeer aanleggen ter bevordering vistrek naar IJssel en Vecht;
 - Overgang van IJsselmeer naar Waddenzee verbeteren met archipel en achteroevers;
 - Ecologische verbinding door de Houtribdijk met ook eilanden en ondiep water aan de noordzijde in het IJsselmeer.

3.3.1 Aanleg vooroevers

Een voeroever is een brede buitendijkse zone waarin – in principe – het land geleidelijk overgaat in water. Dit kan gerealiseerd worden door zand op te spuiten voor een bestaande oever. Een voordeel van een dergelijke geleidelijke overgang is dat een breed scala aan milieus (leefgebieden) zich kan ontwikkelen¹⁷. Een nadeel is dat zachte oevers in een stagnant meer met constant peil altijd zullen afslaan en dus noodzakelijkerwijs met stenen moeten worden beschermd.

Bij de aanleg van vooroevers kan er sprake zijn van synergie tussen de ecologische doelstellingen en hoogwaterbescherming. De vooroevers en de vegetatie daarop kunnen de golfhoogte namelijk verkleinen.

Een nadeel van de aanleg van vooroevers is echter dat de wateroppervlakte van het IJsselmeergebied afneemt. Dit verkleint de bruikbare zoetwatervoorraad. Afhankelijk van de hoogte leidt de aanleg van vooroevers ook tot een verkleining van de kombergingscapaciteit, en dus tot hogere hoogwaterstanden.

3.3.2 Aanleg van nieuwe eilanden

Eilanden kunnen op verschillende manieren bijdragen aan het bereiken van ecologische doelstellingen. Op de eilanden ontstaan nieuwe leefgebieden; de grote wateroppervlakten worden doorbroken door kleinschalige leefgebieden; en er ontstaat veilig broedgebied vlak bij de voedselbronnen. Achter de eilanden ontstaan luwtes met een grotere diversiteit aan aquatische leefgebieden (PAGW, 2017A, p. 29).

Voor eilanden geldt net als voor vooroevers dat ze in een meer altijd harde oeverbescherming nodig hebben om te kunnen voortbestaan. Of voortdurend onderhoud/ herstel.

Nieuwe eilanden dienen niet alleen natuurdoelen, maar kunnen ook – beperkt – medegebruik faciliteren. Hoewel recreatie verstorend kan zijn voor de natuur, met name voor de rui van sommige watervogels, lijkt er ook synergie te kunnen zijn. Het nieuw aangelegde natuureiland De Kreupel wordt bijvoorbeeld gezien als ecologisch zeer geslaagd op grond van de aantrekkelijkheid voor grondbroeders en hun broedsucces (Natura 2000), terwijl het toch ook ruimte biedt voor het afmeren van pleziervaartuigen – maar dan wel buiten het broedseizoen.

De aanleg van nieuwe eilanden is niet gunstig voor de zoetwatervoorraad, omdat het de oppervlakte van de meren en daarmee het volume van de watervoorraad verkleint. Ook als eilanden maar een beperkte hoogte hebben wordt het volume van de bufferschijf verkleind.

Een verkleining van het wateroppervlak zorgt ook voor een afname van de kombergingscapaciteit. Hierdoor kunnen de hoogwaterstanden hoger worden. Dit geldt niet voor eilanden met een beperkte hoogte, omdat die bij verhoogde waterstanden direct overstromen. Daar staat tegenover dat slim gepositioneerde eilanden mogelijk kunnen zorgen voor luwten en dus lagere golven. Hierdoor kunnen de hydraulische randvoorwaarden voor de waterkeringen lokaal iets lager uitvallen.

¹⁷ In dat verband wordt ook gedacht aan achteroevers, waarmee bedoeld is dat achter de dijken een hoger waterpeil met natuurlijke fluctuaties gerealiseerd wordt, waar een nieuw type nat natuurgebied kan ontstaan. Ook wordt de overgang tussen het water en achterland zachter (PAGW, 2017A, p. 29). Omdat deze maatregel in het achterland wordt getroffen en niet in het hoofdwatersysteem, wordt deze hier niet besproken.

3.3.3 Aanleg ondiep-waterzones

Rondom eilanden worden vaak ondiep-waterzones gerealiseerd, met een waterdiepte van minder dan 1 m (PAGW, 2017).

Door de aanleg van fase 1 van de Marker Wadden neemt het areaal ondieptes in het Markermeer toe van 0.1% naar 1%. Na uitvoering van diverse andere in uitvoering zijnde projecten zal dit 2-3% worden. Voor een robuust zoetwatermeer zou volgens PAGW (2017A, p. 20 en 2017B, p.7) zo'n 5-10% wenselijk zijn, evenwichtig gespreid over het hele IJsselmeergebied, niet alleen het Markermeer.

Zolang ondiepwaterzones niet droogvallen bij een uitzakkend meerpeil (bijvoorbeeld tot -50 cm NAP, zie 3.2.5), wordt de zoetwatervoorraad er niet effectief door verkleind. Voor de kombergingscapaciteit hebben ondieptes geen effect.

3.3.4 Aanleg luwtestructuren

Met een luwtestructuur wordt een maatregel bedoeld waarmee de windwerking en waterbeweging wordt verminderd. Luwtestructuren zijn mogelijk in harde varianten, zoals dammen van stortsteen, en in zachte varianten, zoals met rijshouten afscheidingen (PAGW, 2017A).

Door luwtestructuren wordt bodemslib minder snel opgewerveld en kan sediment beter bezinken, waardoor het water helderder wordt. Dit bevordert de watervegetatie en zorgt ervoor dat zichtjagende vissen en vogels gemakkelijker prooiën kunnen vangen.

3.3.5 Aanleggen zoet-zoutovergangen en brakwaterzone

Momenteel ontbreekt tussen de Waddenzee en het IJsselmeergebied een geleidelijke gradiënt van zoet naar zout water. Hierdoor ontbreekt de brakwaterhabitat, waar trekkende dieren kunnen 'acclimatiseren' aan de andere omstandigheden achter de dijk. Ook gaan bij het spuien grote hoeveelheden zoetwatervissen uit het IJsselmeer dood in het zoute water van de Waddenzee (PAGW, 2017A).

Door de aanleg van een zoet-zoutovergang met brakwaterzone wordt een ontbrekend habitattypen aan het IJsselmeergebied toegevoegd.

Zoet-zoutovergang is alleen ecologisch gunstig bij een stabiele gradiënt (Expertinterview)

Hoewel het gebrek aan natuurlijke zoet-zoutgradiënten wel degelijk bijdraagt aan de ecologische problemen van het IJsselmeergebied, betekent dit niet dat alle vormen van zoutindringing gunstig zijn voor het ecosysteem.

Het ecosysteem is alleen gebaat bij een geleidelijke overgang van zoet naar zout, die het hele jaar aanwezig is. Iets dergelijks kan gerealiseerd worden met een vismigratierivier.

Een snelle afwisseling tussen zoet en zout zorgt ervoor dat zowel zoetwatervissen als zoutwatervissen niet kunnen overleven.

3.3.6 Verbinden van de meren

Het IJsselmeergebied bestaat momenteel uit drie compartimenten met verschillend peilbeheer: het IJsselmeer, het Markermeer en de Veluwerandmeren. Bij ontsnippering wordt een afsluitbare opening in de dijk gemaakt. Zo kunnen vissen vrij tussen de compartimenten heen-en-weer zwemmen en kan gemakkelijker worden doorgespoeld (PAGW, 2017A, p.29).

Decompartimenteren kan van hele kleine schaal, bijvoorbeeld door de aanleg van een – al dan niet afsluitbare – vispassage, tot op hele grote schaal, door het compleet verwijderen van de Houtribdijk. Die laatste maatregel zou het IJsselmeer en het Markermeer verbinden, waarbij de twee meren als één geheel gaan functioneren. Maar deze maatregel zou grote effecten hebben voor de hoogwaterbescherming, omdat het peilregime van beide meren dan gelijk gaat lopen: het gemiddeld winterpeil op het Markermeer wordt dan 9 cm hoger, de jaarlijkse piek 22 cm, en het 1:10.000 meerpeil 53 cm. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de gevolgen voor de scheefstand en golfoploop (Remmelzwaal et al., 2015, p. 43). De grotere strijklengte kan ook tot veel hogere golven leiden, waar niet alleen de hoogwaterbescherming, maar ook de scheepvaart last van gaat krijgen.

Meer algemeen geldt dat het verwijderen van dammen, dijken en oeververdediging leidt tot frequentere overstroming van buitendijks gebied, problemen voor de zoetwatervoorziening en problemen voor diverse andere functies. In factsheet IJsselmeer (Kaderrichtlijn Water, 2015) wordt deze maatregel als niet uitvoerbaar beschouwd.

Dat geldt dus niet voor kleinschaliger verbindingen tussen de compartimenten, met afsluitbare passages of door de bestaande schut- en spuisluizen tijdelijk open te zetten. Zie ook de volgende maatregel.

3.3.7 Vispassages

Een vispassage is een plek waar vissen een dijk of waterkering kunnen passeren, en zo naar een ander peilcompartiment kunnen zwemmen.

In 2020 is een start gemaakt met de aanleg van een vismigratierivier in de Afsluitdijk bij Kornwerderzand. Dit is een vispassage met zoet-zoutovergang.

3.3.8 Beïnvloeding erosie en sedimentatie

Met drie soorten maatregelen kan de beweging van slib – resuspensie en sedimentatie – worden beheerst. Met baggeren wordt slib verwijderd van de bodem. Met afdekken, met bijvoorbeeld een laag zand, wordt het slib afgeschermd. Ook kan de stroming van het slib worden bijgestuurd, door bijvoorbeeld aanpassingen in sluizen, geulen en slibvangputten.

Met sedimentbeheer kan ten eerste de troebelheid van het meer worden beperkt. Ten tweede kan worden voorkomen dat chemische stoffen uit het slib weer in de waterfase en/of de voedselketen terecht komen (PAGW, 2017A, p. 29).

3.3.9 Instellen natuurlijk peilverloop

Het natuurlijker maken van de peildynamiek is een herstelmaatregel die overwogen is voor het IJsselmeer om invulling te geven aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water, maar die door de KRW (2015) als niet uitvoerbaar wordt beschouwd, vanwege de grote consequenties voor de beide andere hoofdfuncties van het IJsselmeergebied.

Want ten eerste neemt met een natuurlijker peilbeheer de watervoorraad in de zomer zodanig af dat de zoetwatervoorziening van het voorzieningsgebied grotendeels onmogelijk wordt, waardoor ook – of juist – bestaande natuurgebieden die afhankelijk zijn van een strak peilbeheer in dat voorzieningsgebied zullen verdrogen.

En ten tweede betekent een hoog winterpeil dat de hoogwaterbescherming rond het gehele IJsselmeergebied waarschijnlijk forse versterking behoeft, omdat bij een hoger winterpeil de hydraulische randvoorwaarden aan de waterkeringen zullen toenemen; zowel de waterstanden als de golfhoogten.

4 Synthese

In hoofdstuk 2 is geschetst hoe het IJsselmeergebied als geo-ecosysteem werkt en hoe het zich ontwikkelt. Ook is kort ingegaan op ontwikkelingen bij de huidige gebruikers van het IJsselmeergebied en op mogelijk toekomstige gebruikers die een oog hebben laten vallen op de beschikbare ruimte in het gebied.

Er is vastgesteld dat als het IJsselmeergebied als (geo-eco)systeem goed functioneert, het cruciale diensten kan leveren die van nationaal belang zijn, namelijk:

- 1 **komberging** als onderdeel van de hoogwaterbeheersing;
- 2 **voorraadberging** ten behoeve van de zoetwatervoorziening;
- 3 een **robuust aquatisch ecosysteem** als basis voor biodiversiteit.

Daarnaast is ook vastgesteld dat het goed functioneren van het systeem onder druk staat van externe ontwikkelingen, waardoor het geen vanzelfsprekendheid is dat het systeem deze diensten duurzaam kan blijven leveren. Bij deze analyse van ontwikkelingen is uitgegaan van elk van deze drie diensten afzonderlijk, hoewel we ook expliciet is vastgesteld dat de drie diensten onderling afhankelijk zijn en soms dezelfde, maar soms ook tegenstrijdige eisen stellen. En dat het beleid en beheer dan ook het resultaat is van een afweging van belangen. Daarop komen we in dit synthesehoofdstuk terug.

In hoofdstuk 2 zijn ook een aantal ontwikkelingen besproken in het gebruik van het water of de ruimte van het IJsselmeergebied inclusief z'n oevers en achterland. Want enerzijds zijn die gebruikers afhankelijk van het goed functioneren van het systeem, maar anderzijds kunnen ze dat functioneren ook bedreigen; en zo indirect de publieke diensten die dat systeem vervult. En dat is vanuit nationaal perspectief reden om hier extra aandacht aan te schenken.

Hoofdstuk 3 betrof een inventarisatie van eerder onderzochte, voorgestelde of recent geopperde oplossingsrichtingen en/of fysieke interventies. In de meeste gevallen beoogden deze verbetering van één van deze drie diensten, en daarom hebben we die ook per dienst afzonderlijk besproken.

In dit synthesehoofdstuk wordt verkend in hoeverre de voorgestelde oplossingsrichtingen en interventies meerdere doelen kunnen dienen; en in hoeverre wensen van gebruikers van het water of de ruimte verenigbaar zijn met de publieke diensten van het geo-ecosysteem:










waar zitten synergiemogelijkheden en waar is sprake van (potentiële) conflicten?

Daarvoor zijn de voorgestelde interventies vanuit de 3 diensten gescoord op hun waarschijnlijke consequenties voor de andere diensten, te weten:

- 1 die met het oog op komberging en hoogwaterbeheersing;
- 2 die met het oog op voorraadborging en kwaliteitsbeheersing voor de zoetwatervoorziening; en
- 3 die met het oog op het robuuster maken van het ecosysteem (natuurherstel).

En hetzelfde is gedaan voor ruimtevragers en watervragers. Zo wordt een indruk verkregen van mogelijke synergie, potentiële conflicten en (on)verenigbaarheden. Tabel 4.1 illustreert de score-methodiek. De scores zijn hier zeer beknopt toegelicht, de uitgebreide toelichting is te vinden in Hoofdstuk 3.

Tabel 4.1 Toelichting van de symbolen die zijn gebruikt voor het scoren van de interventies
















Toelichting symbolen	
	Bouwsteen heeft geen effect op deze functie
	Bouwsteen heeft een overwegend positief effect op deze functie; het verkleint de opgave(n)
	Bouwsteen heeft een overwegend negatief effect op deze functie; het vergroot de opgave(n)
	Bouwsteen heeft zowel negatieve als positieve effecten op deze functie
	Het is onduidelijk welke effecten deze bouwsteen heeft op deze functie
	Bouwsteen heeft een positief (groen) danwel negatief (rood) neveneffect op respectievelijk: klimaatmitigatie, landbouw, scheepvaart, wonen, recreatie, drinkwatervoorziening
	Geen,
	kleine of
	grote ruimtelijke consequenties

4.1 Borging van voldoende kombergingscapaciteit en hoogwaterbeheersing

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de oplossingsrichtingen voor het borgen van de kombergingscapaciteit en hoogwaterbeheersing in het IJsselmeergebied. We beperken ons hier dan ook tot maatregelen die het hoofdwatersysteem betreffen en die de hydraulische randvoorwaarden voor de waterkeringen kunnen beïnvloeden.

Omdat het vereiste beschermingsniveau tegen overstroming wettelijk is vastgelegd, zal elke strategie uiteindelijk aan die wet moeten voldoen. Dat betekent dat alle oplossingen op het doel *Hoogwaterbescherming gelijk scoren*. Want ze hebben alle het zelfde doelbereik, en verschillen slechts door een andere combinatie van maatregelen: ofwel gebaseerd op strakkere beheersing van het meerpeil met pompen, ofwel op dijkverzwaring rond het IJsselmeergebied.

Tabel 4.2 Doelbereik van interventies voor de hoogwaterbeheersing, met hun neveneffecten

Bouwsteen hoogwatervoorziening	Hoogwater- bescherming	Zoetwater- voorziening	Waterkwaliteit en natuur	Overige functies	Ruimtelijke consequenties
3.1.2 Winterpeil handhaven bij zeespiegelstijging door meer spuien en pompen					×
3.1.3 Beperkt meestijden met de zeespiegelstijging en dijkverzwaring					↔
3.1.4 Volledig meestijden meerpeil met zeespiegelstijging					↔
3.1.5 Verdere compartimentering van het IJsselmeergebied					↔

Beknopte toelichting scores¹⁸

3.1.2 Winterpeil handhaven bij stijgende zeespiegel vraagt steeds verdere uitbreiding van de pompcapaciteit op de Afsluitdijk, omdat spuien naar de Waddenzee steeds lastiger wordt, terwijl de IJssel wel water blijft aanvoeren; en in de toekomst mogelijk zelfs meer. De afhankelijkheid van pompen – en techniek en energie in het algemeen – wordt in deze optie groter.

Voordeel van peilhandhaving is dat dijkversterking rond het IJsselmeer beperkt kan blijven en er weinig hoeft te veranderen aan de ruimtelijke inrichting. Ook kunnen omliggende regionale watersystemen makkelijk op het meer blijven lozen. Daarbij dient te worden opgemerkt dat, zelfs bij handhaven van het huidige winterstreefpeil, grotere peilfluctuaties niet kunnen worden uitgesloten, omdat het neerslagregime en het rivierafvoerregime in de toekomst zullen veranderen.

Peilhandhaving in de winter kan onafhankelijk worden beschouwd van een beslissing over het zomerpeil en heeft dus geen gevolgen voor de hoeveelheid beschikbaar zoetwater; wel kan bij een groter peilverval tussen meer en zee de externe verzilting toenemen door schut- en lekverliezen. Deze toenemende verzilting is ongunstig voor de (zoetwater)ecologie, net als het onnatuurlijk lage winterpeil.

3.1.3 Beperkt meestijden (tot 30 cm in 2100, en 60 cm in 2150) betekent dat er wat minder geïnvesteerd hoeft te worden in meer pompcapaciteit, maar juist wat meer in dijkversterking. Dijkversterking is nodig vanwege de resulterende hogere hoogwaterstanden en omdat de grotere waterdiepte plaatselijk tot hogere golven kan leiden. Buitendijkse gebieden zullen vaker overstroomd, met consequenties voor buitendijkse gebruiksfuncties. Ook zal de Ramspolkering vaker sluiten. De benodigde dijkversterkingen zullen ruimtelijke consequenties hebben, omdat ze gepaard kunnen gaan met forse verbredingen.

Voor de zoetwatervoorraad betekent deze optie dat de 'sprong' van winterpeil naar zomerpeil kleiner wordt, waardoor het zomerpeil mogelijk gemakkelijker opgezet kan worden (al blijft het zomerpeil deels onafhankelijk beheersbaar van het winterpeil). Omdat de kans dat het meerpeil in het voorjaar niet tijdig kan worden opgezet iets kleiner wordt en omdat de kans op externe verzilting kleiner is, wordt deze maatregel als positief voor 'zoetwatervoorziening' gescoord. Het ecologisch effect hangt af van of het zomerpeil wel of niet meestijgt met het winterpeil.

¹⁸ De uitgebreide toelichting is gegeven in Hoofdstuk 3.1, de nummering van bouwstenen komt daarmee overeen.

3.1.4 *Volledig meestijden* betekent dat de invloed van de zeespiegelstijging op hoogwaterstanden, ook bij het handhaven van de Afsluitdijk, verder landinwaarts zal reiken op de Beneden-IJssel en de Overijsselse Vecht. Dat vraagt dijkverzwaringen op veel grotere schaal om aan de beschermingsnormen te blijven voldoen; met alle ruimtelijke consequenties van dien. Overigens kan het Markermeer deels los worden gezien van het IJsselmeer, dat immers direct op de Waddenzee loost en wordt gevuld door de IJssel: een Rijntak die momenteel zo'n 15% van de afvoer van een stroomgebied van ongeveer 185.000 km² voor z'n rekening neemt. Het Markermeer ontvangt alleen wateroverschotten uit de regio. Een hoger IJsselmeerpeil betekent dat het afwateren vanuit omliggende polders lastiger wordt en niet langer (deels) onder vrij verval kan; daar zal juist harder gepompt moeten worden. Dit raakt vooral de gebieden die nu polder- en boezempeilen kennen rond NAP, want de Flevopolders liggen al verscheiden meters onder het IJsselmeerpeil. Voor de natuur is een peil dat 's winters hoger staat dan in de zomer in principe gunstiger, want natuurlijker. Het verhindert dat vogels op een te laag niveau gaan nestelen, zoals nu wordt beoogd met de voorjaarsopzet. Maar hier staat tegenover dat bestaande natuurgebieden ook deels kunnen verdrinken of aan kwaliteit inboeten, bijvoorbeeld doordat eilanden overstromen en ondieptes diep worden. Daarvoor zijn compenserende maatregelen denkbaar. Deze optie heeft de grootste consequenties voor buitendijkse woningen en ander buitendijks landgebruik.

3.1.5 Een *verdere compartimentering* van het IJsselmeergebied is geopperd om twee verschillende redenen, met zeer verschillende consequenties: 1) om de oude IJsselmeerkusten te vrijwaren van hogere meerpeilen in geval van (beperkt) meestijden met de zeespiegel (dus om oude waterfronten te sparen en dijkverzwaring daar te voorkomen door de IJssel via een smallere corridor naar zee te leiden); of 2) om het effect van scheefstand door opwaaiing op hoogwaterstanden ruimtelijk te beperken, bijv. door een afsluitbare stormvloedkering bij de Ketelbrug ('Ketelkering'). Het eerste vraagt feitelijk om tweede waterkeringen voor de kusten van West-Friesland en Friesland; een zeer dure oplossing. Het tweede vergt een maatregel die hogere hoogwaterstanden in de IJssel-Vechtdelta voorkomt, waar anders grote dijk lengtes versterkt zouden moeten worden. Omdat de eis om aan de hoogwaterbeschermingsnormen te voldoen altijd geldt, scoren deze beide ook weer *neutraal* op Hoogwaterbescherming. De verschillen zitten in waar kosten voor gemaakt moeten worden, want beide vragen dure maatregelen, met meer of minder bijkomende dijkverzwaringen.

De gevolgen voor zoetwatervoorziening zijn vermoedelijk gelijk aan die van beperkt meestijden, want in optie 1 wordt het oppervlak van de beschikbare waterschijf weliswaar iets kleiner, maar de beheersbaarheid van de zoutgehalten mogelijk juist iets groter. In optie 2 is er geen verschil. Bij beide opties wordt het makkelijker om het meerpeil in het voorjaar tijdig naar zomerpeil te brengen.

Voor de natuur zijn extra barrières nadelig, maar die kunnen in optie 2 (een afsluitbare kering) beperkt blijven. Verdere compartimentering betekent eveneens barrières voor de scheepvaart.

4.2 Voorraadborging en kwaliteitsbeheersing voor de zoetwatervoorziening

Onderstaande tabel geeft een overzicht van maatregelen – of interventies – waarmee de zoetwatervoorziening geborgd wordt voor de langere termijn. De relevante ontwikkelingen zoals klimaatverandering, een veranderende afvoerverdeling en een toename van de watervraag zijn geschetst in Hoofdstuk 2.

Per maatregel is aangegeven wat de effecten zijn voor de zoetwatervoorziening, hoogwaterbescherming en waterkwaliteit en natuur.

Hetzelfde is gedaan voor de neveneffecten op de andere functies die het IJsselmeergebied vervult, en voor andere ontwikkelingswensen in het gebied, zoals woningbouw. De tabel geeft tenslotte aan of de ruimtelijke consequenties groot of beperkt zijn.

Tabel 4.3 Doelbereik van interventies voor de zoetwatervoorziening, met hun neveneffecten

Maatregel zoetwatervoorziening	Hoogwaterbescherming	Zoetwatervoorziening	Waterkwaliteit en natuur	Overige functies	Ruimtelijke consequenties
3.2.1 Reductie van de watervraag in het watervoorzieningsgebied					↔
3.2.2 Aanpassing van de rivierbodempligging in het splitsingspuntengebied					↔
3.2.3 Verbeterde voorspelling rivierafvoer					×
3.2.4 Water aanvoeren via het Amsterdam-Rijnkanaal					×
3.2.5 Hoger zomerstreefpeil +20 cm (naar +10 cm NAP)					↔
3.2.6 Verder laten uitzakken peil nazomer	?				↔
3.2.7 Terugdringen externe verzilting					↔
3.2.8 Accepteren van tijdelijk hogere zoutconcentraties			?		↔

Beknopte toelichting scores¹⁹

3.2.1 *Verkleining van de regionale watervraag* betekent dat het IJsselmeersysteem minder wordt overvraagd. De grote watervragers zijn peilbeheer (als gevolg van verdamping), doorspoeling van het regionale watersysteem (ten behoeve van de waterkwaliteit), landbouwwatervoorziening en in veel mindere mate drink- en industriewatervoorziening. Het reduceren van de watervraag in veenweidegebieden is moeilijk, omdat juist vernatting nodig is voor het halen van de klimaat-mitigatiedoelstellingen – en/of categorie 1-natuur. Vernatting zorgt juist voor een toename van de verdamping in droge zomers en daardoor voor een toename van de watervraag voor peilbeheer.

Deze maatregel heeft gevolgen voor de gebruikers van IJsselmeerwater buiten het IJsselmeergebied zelf, zoals de landbouw, natuur en de drinkwaterbereiding. Deze gebruikers zullen zich moeten aanpassen door hun watergebruik te beperken en/of hogere zoutconcentraties te accepteren (door minder doorspoeling).

Voor de natuur in het IJsselmeergebied is een uitzakkend meerpeil overigens niet zo erg, omdat dit lijkt op een natuurlijker peilverloop.

¹⁹ Een uitgebreidere toelichting is gegeven in Hoofdstuk 3.2, de nummering van de maatregelen komt daarmee overeen.

3.2.2 Aanpassen van de laagwaterafvoerverdeling over de Rijntakken – naar wat in de PAWN-studie (Pulles, 1985) als optimaal is vastgesteld en in de Tweede Nota Waterhuishouding tot beleidsdoel is verheven – betekent dat de IJssel bij lage Rijnafvoer weer een iets grotere fractie naar het IJsselmeer voert. Dat betekent dat de aanvulling van de watervoorraad in droogteperiodes weer zo'n 40 m³/s groter zal zijn dan deze momenteel is. De gevolgen voor hoogwaterbescherming zijn nihil, omdat de afvoerverdeling bij hoge rivierafvoeren onafhankelijk kan worden geregeld. Voor de waterkwaliteit van het IJsselmeer kan een iets kortere verblijftijd door een grotere flux gunstig uitpakken. Voor de watergebruikers komt er meer water beschikbaar; voor de gebruiksfuncties in het IJsselmeergebied lijken er geen gevolgen (neutraal).

3.2.3 Verbeterde voorspelling van de rivierafvoer biedt de kans tot anticiperend peilbeheer, bijvoorbeeld door af te zien van voorjaarsopzet of juist extra op te zetten in de zomer. Dit lijkt een geen-spijt maatregel, waar geen evidente nadelen aan verbonden zijn.

3.2.4 Water aanvoeren via het Amsterdam-Rijnkanaal is technisch lastig. Zo heeft het forse consequenties voor de scheepvaart vanwege lagere waterstanden op de Waal, de passeerbaarheid van de Irenesluizen en grote stroomsnelheden; en het vraagt grote debieten om zoutindringing vanuit het Noordzeekanaal te voorkomen. Alleen als dat laatste gegarandeerd zou zijn (maar nu is het Noordzeekanaal nog vaak brak), betekent deze aanvoerrote geen verschil voor de natuur van het IJsselmeergebied, omdat het dan nog steeds om Rijnwater gaat. Daarom is voor waterkwaliteit en natuur *neutraal* gescoord. Maar deze route betekent natuurlijk ook dat de natuur in het IJsseldal geen enkele baat ondervindt, waar dat wel het geval is bij een andere afvoerverdeling (zie 2.2). Samengevat: vrijwel alle relevante gevolgen liggen elders, buiten het IJsselmeergebied (zie Deltaprogramma-Zoetwater en Integraal RivierManagement (IRM)).

3.2.5 Een verhoging van het zomerstreefpeil vergroot de beschikbare waterschijf voor de zoetwatervoorziening. Als bij het moment van opzetten rekening wordt gehouden met eventuele voorjaarsstormen, zoals nu het geval is, heeft dit geen nadelige gevolgen voor de hoogwaterbescherming. Het vraagt wel een goede en tijdige voorspelling van de afvoer, zodat tijdig kan worden begonnen met peilopzet. In buitendijks gebied kan wel vaker wateroverlast optreden in het zomerseizoen. Voor de natuur is deze maatregel niet gunstig als het winterpeil niet wordt aangepast, omdat het peilverloop hiermee nog onnatuurlijker wordt. Maar als tegelijk met verhoging van het zomerpeil ook het winterpeil substantieel zou worden verhoogd, dan kan dit ook voor de natuur gunstig uitpakken (maar zie daarvoor maatregel 3.9: natuurlijker peilverloop).

3.2.6 Het verder laten uitzakken van het meerpeil – in de nazomer – betekent een grotere beschikbare zoetwaterschijf. Tot nu toe stuitte dit op bezwaren wegens het risico dat waterkeringen instabiel zouden kunnen worden (buitenwaartse afschuiving). Uit de expertinterviews blijkt dat de gevolgen van een verder uitzakkend meerpeil voor de dijkstabiliteit mogelijk veel kleiner zijn dan eerder verondersteld; afhankelijk van de mate van uitzakken en de duur. Onze aanbeveling is om dit eens grondig te onderzoeken, omdat de baten voor de zoetwatervoorziening groot kunnen zijn. Hoewel de buitendijkse natuur is aangepast aan het kunstmatig hoge zomerpeil, is een verder uitzakkend meerpeil vanuit ecologisch perspectief wenselijk: naar verwachting is de natuur uiteindelijk gebaat bij een verder uitzakkend zomerpeil. Een heel laag waterpeil kan plaatselijk dieptebeperkingen opleveren voor de beroeps- en recreatievaart, met name bij sluisdrempels en in (jacht)havens. Ook zullen waterschappen maatregelen moeten nemen om water in te kunnen laten bij een lager IJsselmeerpeil.

3.2.7 *Het verder terugdringen van externe verzilting* beoogt het geringe zoutgehalte van het IJsselmeerwater te borgen. Het vraagt schut- en lekverliezen door de Afsluitdijk te verkleinen en/of het terugpompen van 'gezonken' zout water uit diepe geulen net achter de sluisen. Deze maatregel heeft geen gevolgen voor de hoogwaterbescherming, terwijl de ecologische consequenties onduidelijk zijn. Een zoet-zoutgradiënt is vanuit de natuur gewenst, mits deze ruimtelijk statisch is en geleidelijk. Een steeds verschuivende grens en fluctuaties in zoutgehalte zijn niet wenselijk.

In droge zomers kan deze maatregel beperkend zijn voor het aantal schuttingen en dus de scheepvaart – vooral de dan drukke recreatievaart.

3.2.8 *Door het tijdelijk accepteren van hogere zoutgehaltes* tijdens droge zomers is er meer water beschikbaar – maar van mindere kwaliteit – omdat er minder water nodig is om zout weg te spoelen.

Bij natuur spreken we pas van licht-brak vanaf 1000 a 2000 mg Cl⁻/l. Onder die gehalten kan de natuur in Laag-Nederland nog goed gedijen (en die in Hoog-Nederland krijgt dit water niet). De buitendijkse natuur langs het IJsselmeer vertoont op veel plaatsen nog relictten van de oude zouttolerante vegetatie uit de tijd van voor de afsluiting (Heemst, diverse zegge- en biezesoorten), zodat geen sprake is van negatieve effecten op de natuur.

Tegelijkertijd is het optreden van abrupte zoutschokken schadelijk voor de zoetwaternatuur die het IJsselmeergebied nu heeft.

Voor de drinkwaterwinning is het toelaatbare zoutgehalte zeer laag (150 tijdelijk 200 mg Cl⁻/l) en kan deze maatregel de inname van ruwwater gedurende enige tijd beperken. Voor de landbouw verschillen de toelaatbare zoutgehalten echter sterk per gewas: van < 250 mg/l voor fruit, bloembollen en sierteelt tot < 1000 mg/l voor veel akkerbouwgewassen en nog hoger voor weidebouw. Als gevoelige teelten niet vanuit oppervlaktewater worden berekend, is deze maatregel slechts licht beperkend.

4.3 Borging milieudiversiteit en -kwaliteit voor een robuust ecosysteem

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de ingrepen waarmee de onvoldoende waterkwaliteit en natuurwaarden van het IJsselmeergebied zouden kunnen worden aangepakt. Deze zijn vooral ontleend aan de PAGW (2017B), die ze heeft gecombineerd tot drie oplossingsrichtingen: (1) verbeteren van de kwaliteit van bestaande leefgebieden; (2) vergroten van de diversiteit aan soorten leefgebieden en het toevoegen van ontbrekende; (3) ontsnipperen van het habitatnetwerk.

Omdat elke ingreep verschillende neveneffecten heeft wordt een aantal ingrepen hier afzonderlijk besproken.

Omdat het hier veelal ingrepen betreft die de verhouding tussen land en water in het IJsselmeergebied beïnvloeden, **scoren we hier niet neutraal** op hoogwaterbescherming, maar geven we aan wat ze betekenen voor komberging, opwaaiing en golfaanval op de dijken. Reden daarvoor is dat het in veel gevallen maatregelen betreft die geen betrekking hebben op peilbesluiten voor verschillende seizoenen; of daar juist contrair aan zijn.

Tabel 4.4 Doelbereik van interventies voor de borging van een robuust ecosysteem, en hun neveneffecten. De scores zijn sterk afhankelijk van het precieze ontwerp, zie toelichting.

Ingreep ecosysteem	Hoogwater- bescherming	Zoetwater- voorziening	Waterkwaliteit en natuur	Overige opgaven en functies	Ruimtelijke consequenties
3.3.1 Aanleg vooroevers					×
3.3.2 Aanleg van nieuwe eilanden					×
3.3.3 Aanleg ondiep- waterzones					×
3.3.4 Aanleg luwtestructuren					×
3.3.5 Aanleggen zoet- zoutovergangen en brakwaterzone					×
3.3.6 Verbinden van de meren				Diversen	×
3.3.7 Vispassages					×
3.3.8 Beïnvloeding erosie en sedimentatie					×
3.3.9 Instellen natuurlijk peilverloop					↔

Beknopte toelichting scores²⁰

3.3.1 *De aanleg van vooroevers* verkleint het oppervlak van het meer en dus de kombergingscapaciteit die bepalend is voor alle waterkeringen rond het meer, tenzij ze overstroombaar worden gemaakt. De relevantie van dit effect kan verschillen tussen het IJsselmeer en het Markermeer, omdat de kombergingsfunctie van het IJsselmeer belangrijker is (grote instroom vanuit de IJssel). Lokaal wordt het effect op de hydraulische belasting mogelijk gecompenseerd door een geringere golfbelasting (vergelijk de zuidwestkant van de Houtribdijk), maar dit is beperkt tot waar de vooroever gerealiseerd is. Vooroevers betekenen ook een verkleining van de bruikbare zoetwatervoorraad.

3.3.2 *De aanleg van nieuwe eilanden* voor natuurontwikkeling die gemakkelijk overstromen verkleinen de beschikbare hoeveelheid komberging nauwelijks, en vergroten de hoogwateropgave dus niet significant, maar hogere doen dat wel. Ook hierbij kan de relevantie van dit effect verschillen tussen het IJsselmeer en het Markermeer, omdat de kombergingsfunctie van het IJsselmeer belangrijker is. Slim gepositioneerde en goed gedimensioneerde eilanden zouden de golfoploop tegen dijken *lokaal* kunnen verkleinen. Ze verkleinen altijd het volume van de beschikbare zoetwatervoorraad. Laaggelegen eilanden kunnen meekoppelkansen bieden voor recreatie.

3.3.3 *Ondiepwaterzones* hebben geen invloed op de totale wateroppervlakte en daarmee ook niet op het kombergingsvermogen. Zolang de ondiepwaterzones diep genoeg worden aangelegd om niet droog te vallen bij uitzakkend meerpeil, neemt de zoetwatervoorraad er niet door af. Slim gepositioneerde ondieptes zouden golven kunnen breken en lokaal de golfbelasting op de dijk verkleinen. Ondiepwaterzones kunnen hinderlijk zijn voor de recreatievaart.

3.3.4 *Luwtestructuren* kunnen golven breken en zo de golfoploop tegen waterkeringen mogelijk beperken. We nemen hierbij aan dat het ruimtebeslag beperkt is zodat het positieve effect van golfdemping overheerst. Ze hebben geen effect op de zoetwatervoorraad, tenzij ze boven het water uitkomen. Als luwtestructuren worden gerealiseerd in de vorm van dammen (met stortsteen), dan is de score vergelijkbaar met die van vooroevers.

3.3.5 *De aanleg van permanente zoet-zoutovergangen en brakwaterzones* kunnen de zoutlast via de Afsluitdijk vergroten en dat is ongunstig voor de zoetwatervoorziening. Afsluitbare overgangen kennen dat bezwaar minder, maar zijn ecologisch ook minder effectief. Er is geen effect op hoogwaterbescherming.

3.3.6 *Het verbinden van de meren* kan van heel kleinschalig (open zetten bestaande schutsluizen = afsluitbaar), via een permanente doorlaat in de Houtribdijk, tot zeer grootschalig: het volledig verwijderen van de Houtribdijk. Beide laatste zouden leiden tot veel hogere hoogwaterstanden op het Markermeer – en mogelijk iets lagere op het IJsselmeer – omdat het niet meer mogelijk is om de meerpeilen apart te regelen. En het verwijderen van de Houtribdijk zou ook tot veel grotere scheefstand en dus veel zwaardere belastingen op de dijken kunnen leiden en tot het frequent onderlopen van IJburg (geen realistische optie). Een kleine afsluitbare doorlaat kan ecologisch functioneel zijn, maar kan ook gevolgen hebben voor de menging van twee – nu verschillende – waterkwaliteiten. Waarmee de totale ecologische meerwaarde discutabel is. Op de bruikbare zoetwatervoorraad heeft de maatregel waarschijnlijk geen effect.

²⁰ De uitgebreide toelichting is gegeven in Paragraaf 3.3, de nummering van maatregelen komt daarmee overeen.

3.3.7 *Vispassages* tussen zee en meer kunnen ongunstig uitpakken voor de zoetwatervoorziening als ze leiden tot een grotere zoutbelasting van het IJsselmeer, maar dit wordt meestal voorkomen door daaraan ontwerpeisen te verbinden. Vispassages tussen andere wateren hebben dit risico nauwelijks tot niet. En geen van beide heeft effect op hoogwaterbeheersing.

3.3.8 *Het beïnvloeden van erosie en sedimentatie* (door het graven van bezinkputten en de aanleg van luwtestructuren) voor het verbeteren van de waterkwaliteit heeft geen negatieve effecten op de kombergingscapaciteit of de beschikbare zoetwatervoorraad.

3.3.9 *Een natuurlijk peilverloop* met hoog peil in de winter, reagerend op grote afvoeren uit rivieren en ommeland, maar juist laag in de zomer en uitzakkend in perioden van droogte is contrair aan het vigerend peilbesluit. Het betekent een veel geringere resterende kombergingscapaciteit in de winter en daardoor veel hogere hoogwaterstanden. Dat noopt tot ingrijpende dijkverzwaringen. En zo'n peilverloop betekent tevens veel lagere laagwaterstanden en een veel kleinere beschikbare zoetwaterschijf in de zomer. En dus consequenties voor het gebied dat vanuit het IJsselmeergebied van zoetwater wordt voorzien.

Voor buitendijkse functies zijn de gevolgen ook groot, want er moet rekening worden gehouden met veel grotere meerpeilfluctuaties dan nu mogelijk zijn.

4.4 Invloed andere ontwikkelingen en functies

In de voorgaande paragrafen zijn we ingegaan op oplossingsrichtingen en concrete maatregelen die zijn geopperd om het IJsselmeersysteem één van z'n drie belangrijkste geosysteemdiensten beter te laten vervullen; en op de vraag hoe die maatregelen scoren op de andere twee diensten. Daaruit komt een beeld naar voren dat optimalisatie voor alle drie diensten lastig is, maar dat er ook veel maatregelen zijn die voor twee diensten goed uitpakken of voor de andere diensten neutraal scoren. Win-win-win lukt niet, win-win mogelijk wel.

In deze paragraaf verleggen we de focus naar andere gebruikers van het water of de ruimte van het IJsselmeergebied; zowel huidige als mogelijk toekomstige. Daaraan zou de eis kunnen worden gesteld dat ze de publieke diensten die het IJsselmeergebied als watersysteem vanuit nationaal perspectief vervult nooit mogen belemmeren. We vatten hier samen welke consequenties ze zouden kunnen hebben voor deze hoofdfuncties van het IJsselmeergebied. En of ze dus wel inpasbaar zijn.

Tabel 4.5 toont onze score van de effecten van de overige ontwikkelingen en ontwikkelingswensen op de watersysteemfuncties. Bij hoogwaterbescherming is daarbij onderscheid gemaakt tussen het Markermeer en IJsselmeer (nu 2 kolommen), omdat de kombergingscapaciteit van het IJsselmeer belangrijker is dan die van het Markermeer, waar immers geen IJssel in uitstroomt. De hoeveelheid water die tijdens piekafvoeren van IJssel of Vecht tijdens stormvloed op zee tijdelijk op het IJsselmeer geborgen moet worden is immers veel groter dan wat het Markermeer moet kunnen bergen. Verlies van wateroppervlakte door nieuwe ontwikkelingen is in het IJsselmeer dus veel problematischer, omdat het leidt tot veel grotere meerpeilfluctuaties.

Mogelijk ten overvloede merken we nog op dat de overige functies en ontwikkelingen vooral elkaar in de weg zetten. Zo verkleint de aanleg van nieuwe windmolenparken en zonne-atollen het beschikbare areaal voor de waterrecreatie en visserij. Deze wederkerige relaties bemoeilijken het scoren van de ontwikkelingen. Ook is er soms sprake van interacties tussen ruimtegebruikers die het gecombineerde effect doen afwijken van het afzonderlijke.

Zo is de aanleg van windmolenparken bijvoorbeeld nadelig voor sommige vogels, zoals de zeearend, maar geldt tegelijkertijd meestal een verbod in windmolenparken te varen, te recreëren of te vissen, wat een positief ecologisch effect kan hebben. De slotsom is dan dat de aanleg van een windmolenpark ten opzichte van een ongeschonden, natuurlijk zoetwatermeer, ongunstig is, maar ten opzichte van de huidige situatie zowel voor- als nadelen heeft.

Interacties tussen de overige functies en ontwikkelingen scoren we overigens niet, dus in de tabel ontbreken de laatste twee kolommen die wel in de eerdere tabellen zaten.

Tabel 4.5 Invloed van de overige ontwikkelingen en functies op de drie hoofdfuncties van het watersysteem

Overige ontwikkelingen	Hoogwater- Bescherming	Hoogwater- bescherming	Zoetwater- voorziening	Waterkwaliteit en natuur
	IJsselmeer	Markermeer		
2.6.1 Visserij	■	■	■	■
2.6.2 Beroepsvaart	■	■	■	■
2.6.3 Zandwinning	■	■	■	■
2.6.4 Watergebonden recreatie: een grote gebruiker van het water en de kusten	■	■	■	■
2.6.5 Verblifsrecreatie: ook op buitendijkse terreinen	■	■	■	■
2.6.6 Windmolenparken	■	■	■	■
2.6.7 Zonne-energie	■	■	■	■
2.6.8 Woningbouw: kleinschalig buitendijks tot grootschalig op (schier-)eilanden	■	■	■	■

Beknorte toelichting scores²¹

2.6.1 De beroepsvisserij is een kleine sector, die sedert de afsluiting van de Zuiderzee alleen maar in belangrijkheid is afgenomen. Uitbreiding wordt niet voorzien. De activiteit is neutraal voor de waterhuishoudkundige functies van het IJsselmeergebied, maar er is natuurlijk sprake van benutting van de biomassa die door het ecosysteem wordt geproduceerd. Daarmee heeft de visserij juist ook belang bij een goed functionerend ecosysteem. De invloed op de natuur is momenteel niet groot en er wordt nog gestreefd naar verdere verduurzaming van de vangstpraktijk.

2.6.2 De beroepsvaart in het IJsselmeergebied is relatief beperkt, en ruimtelijk hoofdzakelijk beperkt tot de vaargeulen. Een relevant effect op de waterhuishoudkundige hoofdfuncties

²¹ De verschillende sectoren zijn verder toegelicht in hoofdstuk 2.6.

betreft schut- en lekverliezen door de Afsluitdijk, die gepaard kunnen gaan met een grotere zoutlast in droge periodes. Wanneer dit niet met technische middelen wordt gemitigeerd (bv. met een zoutvang) is veel doorspoelwater nodig om het binnengedrongen zoute water weer uit de vaargeulen en erosiekuilen weg te spoelen.

2.6.3 Zandwinning vindt plaats in wat diepere delen van het IJsselmeer en Markermeer en heeft daardoor geen effect op de waterhuishoudkundige hoofdfuncties. Voor de natuur kan het slecht zijn als diepe putten leiden tot stratificatie (zuurstofloosheid) of de diversiteit aan aquatische milieus en gradiënten wordt aangetast.

Het lijkt echter ook mogelijk zandwinning te combineren met ecologisch herstel, bijvoorbeeld door putten of geulen te maken die slib invangen.

2.6.4 Waterrecreatie lijkt op het eerste gezicht een neutrale activiteit voor de waterhuishoudkundige functies, maar als havens met vaste steigers en facilitaire voorzieningen leiden tot beperkingen aan toelaatbare peilfluctuaties, dan is dit niet gunstig voor de hoogwaterbescherming, noch voor de bruikbare zoetwaterschijf. Het beperkt dan immers oplossingsrichtingen zoals: verder uitzakken in het naseizoen of meestijgen met zeespiegelstijging. Als de waterrecreatie zich aanpast, bijvoorbeeld door zelf havens en steigers aan te passen hoeft dit niet noodzakelijk een probleem te zijn²². Recreatie heeft een negatief effect op de natuur, vooral door verstoring van broedvogels en ruiende vogels; door zoneringsrichtingen in ruimte en tijd kan dit effect wel worden beperkt.

2.6.5 Als buitendijkse recreatiewoningen worden ontwikkeld op reeds bestaand land dan geldt opnieuw dat het onwenselijk is dat dit verdere beperkingen oplegt aan de peilfluctuaties. Met name in het IJsselmeer zullen peilfluctuaties in de toekomst groter worden. Recreatiewoningen zijn in de regel niet gunstig voor de natuur.

2.6.6 De aanleg van windmolenparken heeft geen significant nadelig effect op de hoogwaterbeheersing of zoetwatervoorraad. De gevolgen voor natuur zijn divers en zowel negatief als positief. Enerzijds zijn de windmolens een reëel gevaar voor sommige vogelsoorten. Anderzijds kunnen de funderingen kansen bieden voor de onderwaternatuur, door het bieden van een nu nog zeldzaam milieutype: hard substraat.

2.6.7 De aanleg van eilanden voor zonne-energie (bv. *zonne-atollen*) kan dezelfde ongunstige gevolgen hebben voor de kombergingscapaciteit en zoetwatervoorraad als andere soorten eilanden (bijvoorbeeld die voor natuurontwikkeling of woningbouw), maar veel hangt af van het precieze ontwerp en de vraag of ze de beschikbare oppervlakte dan wel het bruikbare volume beperken. Eilanden doen dat zeker, maar varianten met drijvende panelen binnen open ringdijkjes ('atollen') doen dat minder. In welke mate wordt ook beïnvloed door meekoppeling met natuurontwikkeling, bijv. in de vorm van ondieptes binnen en/of buiten de atol.

2.6.8 Uitbreidingen van buitendijkse woningbouw verkleinen de wateroppervlakte, en daarmee de kombergingscapaciteit en zoetwatervoorraad, omdat er (schier)eilanden of vooroevers voor moeten worden aangelegd. Het verminderen van het kombergingsvolume is vooral ongunstig in het IJsselmeer. Woningbouw in buitendijks gebied is in alle gevallen kwetsbaar voor peilfluctuaties en het opleggen van beperkingen aan peilfluctuaties is een lock-out voor oplossingen waarbij met een stijgende zeespiegel wordt meegegroeid; beperkt of volledig. Woningbouw is ongunstig voor de natuur.

²² Maar bij het laatst genomen peilbesluit werden haveneigenaars financieel gecompenseerd door de Rijksoverheid.

4.5 Afsluitende bevindingen en aandachtspunten voor het beoordelen van ruimtelijke initiatieven

Over de verenigbaarheid van de hoofdfuncties van het IJsselmeergebied

- De *komberegingsfunctie* en de *zoetwatervoorraadfunctie* van het IJsselmeergebied kunnen *goed* met elkaar worden *gecombineerd*, omdat ze eisen stellen aan het meerpeil in verschillende seizoenen, respectievelijk winter/ stormseizoen (laag peil) en voorjaarszomer (met hoog peil beginnen, uitzakken toelaatbaar). Het lastigst zijn de momenten dat deze seizoenen in elkaar overgaan, want dan moet van het ene peilregime op het andere worden overgeschakeld.
- Een wens om met het oog op natuurontwikkeling te komen tot een *natuurlijke peilfluctuatie* – dat wil zeggen 's winters hoog en 's zomers laag – staat hier diametraal tegenover. Deze is *niet verenigbaar* met de beide andere hoofdfuncties, zonder enorme investeringen in dijkverzwaringen en grote consequenties voor watergebruikers.
- Aangezien de beide waterhuishoudkundige hoofdfuncties maatschappelijk cruciaal worden geacht, betekent dit dat *voor natuur* noodzakelijkerwijs moet worden *uitgegaan* van de mogelijkheden die een *stagnant meer met tegennatuurlijke peildynamiek* biedt. Overigens is de huidige natuur daar na bijna een eeuw natuurlijke ontwikkeling ook al op aangepast, en die kent inmiddels ook zo z'n kwaliteiten.

Binnen deze randvoorwaarden blijken overigens **veel maatregelen** die beogen te komen tot een robuuster ecosysteem door vergroting van de milieudiversiteit en -kwaliteit **goed inpasbaar**, zònder nadelen voor de beide andere hoofdfuncties. Zie Tabel 4.4

- Het **huidig peilbesluit** kan worden beschouwd als een **verdedigbaar optimum** tussen de genoemde drie hoofdfuncties. Dit peilbesluit is echter optimaal in het **huidige klimaat** en bij de **zeespiegelstand** van de afgelopen decennia.
- Om gesteld te staan voor het toekomstig klimaat en de stijgende zeespiegel – en andere ontwikkelingen, zoals een toenemende watervraag – zijn **aanpassingen** aan het peilbesluit en andere interventies **noodzakelijk**. Daarover hieronder meer.

Over oplossingsrichtingen en interventies om de publieke hoofdfuncties van het systeem voor de toekomst te borgen

- Het **functioneren** van het IJsselmeergebied als geo-ecosysteem met de drie genoemde systeemdiensten staat **onder druk** van klimaatverandering en zeespiegelstijging. Door de klimaatverandering kunnen neerslaggebeurtenissen intenser worden, kan de hoogwaterafvoer door de IJssel toenemen en zullen periodes met lage rivierafvoer en droogte frequenter en langduriger worden.
- Dit vraagt op termijn een grotere komberegingscapaciteit en een grotere bruikbare zoetwatervoorraad. En het zal onvermijdelijk impliceren dat de **peilfluctuaties frequenter en groter** (zowel hoger als lager) zullen worden.
- De **stijgende zeespiegel** is daarbij een extra complicatie, want hoewel de snelheid van stijging ongewis is, is het zeker dat deze nog tot ver voorbij het einde van de eeuw zal doorgaan en het **spuien** onder vrij verval vanuit het IJsselmeer steeds meer zal **belemmeren**.
- In dit licht **is het essentieel opties open te houden** voor het beperkt of volledig **meestijgen** van het IJsselmeerpeil (winterpeil) met de zeespiegel. Als dit deze eeuw nog niet aan de orde is (indien de snelheid van stijgen meevalt), dan mogelijk toch in de verre toekomst.
- Daarbij kan – en dient – onderscheid te worden gemaakt tussen IJsselmeer en Markermeer-IJmeer, nu twee onafhankelijk van elkaar beheerde compartimenten.

- Want het IJsselmeer loost direct op zee en wordt gevoed door een substantiële fractie van de Rijnafvoer. Daarom is de **kombergingscapaciteit** van het **IJsselmeer belangrijker** dan die van het Markermeer; de te verwachten peilfluctuaties en hoogwaterstanden op het IJsselmeer zijn substantieel groter dan die op het Markermeer.
- Maatregelen gericht op **hoogwaterbeheersing** (hydraulische randvoorwaarden) en **hoogwaterbescherming** (waterkeringen) kunnen worden beschouwd als **communicerende vaten**: meer van het één betekent minder nodig van het ander; en omgekeerd. Of concreter: als de meerpeilen met de stijgende zeespiegel omhoog zullen gaan, is meer dijkverzwaring rond het IJsselmeergebied nodig; als we ingrijpende dijkverzwaring willen voorkomen, zullen we het meerpeil moeten trachten te handhaven door op grote schaal te pompen.
 - Bij zo'n laatste optie is er een **relatie met** de afvoerverdeling van de **Rijntakken**, want de IJssel is de grootste wateraanvoerder. Bij meestijgen is er juist een kans meer water over de IJssel te sturen om zo het kwetsbare westen van het land te ontlasten. Dit slechts ter illustratie van de samenhang tussen delen van het hoofdwatersysteem; in dit geval tussen IJsselmeergebied en rivieren.
 - **beschikbare (bruikbare) watervolume voor** zoetwatervoorziening in het IJsselmeergebied: dit hangt af van de omvang van de waterschijf tussen hoogst mogelijke zomerpeil en laagst toelaatbare zomerpeil. Borgen dat dit volume niet afneemt betekent dat iedere **afname van oppervlak** tussen deze peilen moet worden **voorkomen** (ook voor natuurontwikkeling), en dat het **verschil tussen deze peilen** zo ver mogelijk wordt **opgerekt**. Dat lijkt mogelijk door hogere opzet aan het begin van de zomer en verder laten uitzakken aan het eind (zie Tabel 4.3).
 - De potentiële baten van een **verder uitzakkend meerpeil** voor de zoetwaterbeschikbaarheid tijdens droogte rechtvaardigen een **uitgebreid onderzoek** naar de gevolgen voor de **dijkstabiliteit**. Het verder laten uitzakken van het meerpeil bij droogte stuit momenteel op bezwaren vanuit een vermeend risico op instabiliteit van de dijken, maar uit de expertinterviews bleken daarover twijfels (mogelijk treedt het pas op bij veel sneller en veel verder uitzakken, en is het lokaal).
 - De beschikbare zoetwatervoorraad wordt momenteel ook beperkt door de strengste eis aan het **zoutgehalte** – die van de drinkwaterinname –, waar de beschikbare watervoorraad bij **minder strenge eisen** groter zou kunnen zijn. Want dan kan worden bespaard op doorspoeldebiet, dat dan voor ander gebruik (met minder strenge eisen) beschikbaar komt.
 - Verscheidene ingrepen en maatregelen die beogen te komen tot een **robuuster ecosysteem** door vergroting van de milieudiversiteit en -kwaliteit zijn **mogelijk** zonder nadelige gevolgen voor de beide andere hoofdfuncties; maar **ingrepen** die afbreuk doen aan de **kombergingscapaciteit** of de **zoetwatervoorraad** vragen een zeer zorgvuldige afweging van voor- en nadelen op lange termijn. Zie Tabel 8. Het uitgangspunt verlies aan bergingscapaciteit of bruikbare voorraad te voorkomen zou overigens strenger kunnen worden toegepast op het IJsselmeer dan op het Markermeer (zie de toelichting bij de scores in Tabel 4.4).
 - Een deel van de ecologische problemen in het IJsselmeergebied berust op een gebrek aan zoet-zoutovergangen. Dit betekent niet dat elke vorm van toenemende verzilting ecologisch gewenst is, want **het ecosysteem is niet gebaat bij abrupte zoutschokken**. Een zoet-zoutgradiënt is alleen gunstig voor de ecologie als er gedurende het hele jaar een min-of-meer stabiele, geleidelijk overgang van zoet naar zout is, zoals in een vismigratierivier.

Over de toelaatbaarheid van ander gebruik van het IJsselmeer en ruimtezoekers

- Niet-consumptief gebruik van het water en gebruik van het IJsselmeergebied als ruimte, waarbij **geen afbreuk** wordt gedaan aan de **hoofdfuncties** van het IJsselmeergebied, zijn vanuit de borging van de essentiële diensten van het hoofdwatersysteem voor de toekomst **toelaatbaar**. Men denke aan visserij, zandwinning en extensieve vormen van waterrecreatie (zie Tabel 4.5).
- Alle vormen van ruimtegebruik die gepaard gaan met een **afname van oppervlakte** dat relevant is voor de kombergingscapaciteit (alles boven winterpeil) of de zoetwatervoorraad (alles tussen hoogst en laagst-toelaatbaar zomerpeil) zouden zeer kritisch moeten worden bezien. In principe is een afname van de **kombergingscapaciteit** en/of de **zoetwaterbeschikbaarheid ongewenst**, met het oog op de in de toekomst grote *behoefte aan beide*²³. Dit legt beperkingen op aan sectoren²⁴ die hun oog hebben laten vallen op het meer of buitendijks gebied (zie Tabel 4.5).
- Men zou **onderscheid** kunnen maken tussen strikt **watergebonden** activiteiten en ontwikkelingen, zoals waterrecreatie (in principe toelaatbaar, mits *geen beperkingen resulteren voor grotere peilfluctuaties en peilverhoging*) en **niet-watergebonden** activiteiten en ontwikkeling, zoals woningbouw (in principe hoort niet-watergebonden *niet* in buitendijks gebied).
- Vanuit de aanwijzing van (grote delen van) het IJsselmeergebied als Natura2000-gebied en KRW-waterlichaam, zijn ook **restricties** aan activiteiten en ontwikkelingen gewettigd als negatieve gevolgen voor het **ecosysteem** niet kunnen worden uitgesloten (zie ook hiervoor Tabel 4.5).
- Bij alle uiteindelijk toe te laten activiteiten en ontwikkelingen verdient het aanbeveling rekening te houden met veel **grilliger peilfluctuaties** en een onzekerder toekomst. En met te verwachten **ruimteclaims** voor de versterking van waterkeringen en andere waterhuishoudkundige ingrepen.

²³ Voor de afsluiting van de Zuiderzee was al uitgerekend dat het meer met het oog op deze diensten in het huidige klimaat al niet kleiner mocht (zoals geschetst in hoofdstukken 1 en 2).

²⁴ Als er al concessies zouden worden gedaan aan het waterareaal van het IJsselmeergebied, dan zou dat beperkt moeten blijven tot natuurontwikkelingsmaatregelen, bijvoorbeeld wanneer deze als *nature-based solutions* tevens baten hebben voor de hoogwaterbescherming (voorbeeld Trintelzand als golfbreker voor de Houtribdijk).

5 Literatuur

- Almere 2.0, 2022. Eindrapport MIRT-Onderzoek Amsterdam Bay Area 2020-2021.
- Asselman, N., J. de Jong, M. Mens, M. Maarse, B. Maas, P. de Grave, 2022. Effectbepaling nulalternatief IRM. Deltares-rapport 11208036, Delft.
- Bestuurlijk Platform IJsselmeergebied, 2020. Joint Fact-finding Studie Robuustheid IJsselmeergebied bij droogte.
- Bos, F., Zwaneveld, P., Puijenbroek, P., 2012. Een snelle kosten-effectiviteitsanalyse voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied. Wat zijn de kosten en veiligheidsbaten van wel of niet meestijgen met de zeespiegel en extra zoetwaterbuffer?
- Defacto Stedenbouw, 2021. Versnelde zeespiegelstijging IJsselmeergebied. Verslag gebiedssessie Kennisprogramma Zeespiegelstijging IJsselmeergebied.
- Deltares, 2021. Inventarisatie van huidige kennis voor adaptatie aan zeespiegelstijging en het mogelijke ruimtebeslag op de lange termijn, voor gebiedsgerichte bijeenkomsten in het kader van Kennisprogramma Zeespiegelstijging spoor IV. IJsselmeergebied.
- Deltares, Bosch-Slabbers en Sweco (2021). Op waterbasis. Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem.
- De Rijk, S. en Löffler, M. (ed), 2022. Syntheserapport KIMA. De eerste vijf jaar onderzoek op Marker Wadden. Kennis- en Innovatieprogramma Marker Wadden.
- Everts, M., Peerdeman, M., 2020. IJburg 2e fase - Strandeiland. Sweco rapport SWNL0262833.
- Gebiedsagenda IJsselmeergebied 2050, 2016. Basisinformatie. Remmelzwaal, A., Hoogerbrugge, I., Mulder, A., Joosten, M. (redactie).
- Gemeente Amsterdam, 2020. Bestemmingsplan IJburg 2e fase, strandeiland.
- HNS Landschapsarchitecten, NOHNIK architecture and landscapes, Rademacher de Vries Architects 2022. Toekomstverkenning NL2100. Resultaat van toekomstatelier NL2100.
- Hunink, J., Mens, M., Melman, R., 2022. Verkenning toename watervraag door vernattingsmaatregelen in veenweidegebieden. Deltares rapport 11208074-008-ZWS-0001.
- Hydrologic, 2019. Nadere verkenning stuurbaar buffernetwerk. Rapport P1100, Hydrologic, Amersfoort.
- Kaderrichtlijn Water, 2015. Factsheets NL_92 IJsselmeer etc.
- Kielen, N., Mens, M., 2021. Nieuwe inzichten in zoetwaterknelpunten in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer/Markermeer: hoofdboodschappen uit de stresstest DP Zoetwater fase II.
- Kisner, T, J. Wilbers & N. Dietz 2021. Ruimtelijke verkenning Multifunctionele achteroever Wieringermeer. H+N+S Landschapsarchitecten.

- Klijn, F., G. van Meurs, M. Haasnoot, E. Vastenburger, J. van den Akker, H. Sas, G. Zwolsman, R. Vis & S. van Eekelen, 2006. Herinrichting van het IJsselmeergebied? fase 1: Haalbaarheidsstudie: probleemanalyse en oplossingsrichtingen vanuit geo-ecologisch perspectief. Delft-Clusterrapport CT 04.41.11 – 01, Delft.
- Klijn, F., E. van Velzen, J. ter Maat & J. Hunink, 2012. Zoetwatervoorziening in Nederland: aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw. Deltares-rapport 1205970, Delft. 229 pp.
- Klijn, F., 2021. De lagenbenadering. Infrastructuur(planning) en de ondergrond: een wederzijdse relatie. Toekomstatelier College van Rijksadviseurs, Den Haag.
- Klijn, F., H. Leushuis, M. Treurniet, W. van Heusden & S. van Vuren, 2022. Systeembeschuwing Rijn en Maas ten behoeve van ontwerp en besluitvorming. Programma Integraal RivierManagement, ministerie van Infrastructuur en Water, Den Haag.
- KNMI, 2021. KNMI Klimaatsignaal'21. Hoe het klimaat in Nederland snel verandert.
- Koolhaas, T., Marcusse, E., 2007. Atelier IJmeer 2030+. EAN: 9789064506048
- Mens, M., Hunink, J., Delsman, J., Pouwels, J., Schasfoort, F., 2020. Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II. Deltares rapport 11208074-008-ZWS-0001.
- Mens, M., Schasfoort, F., Hunink, J., Pouwels, J., Delsman, J., de Jong, J., 2020. Hydrologische en economische effecten van twee maatregelpakketten voor Deltaprogramma Zoetwater fase II. Deltares rapport 11205271-005-ZWS-0008.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, en Ministerie van Economische Zaken, 2014. Ontwerpplan Tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015. Factsheets Kaderrichtlijn water, behorende bij de plannen 2016-2021. Factsheet NL92_IJsselmeer.
- Naus, L., Bijker, F., van der Woude, J., 2021. Nationale watersysteemverkenning - eindrapportage fase 1. INFRAM.
- Nationaal Deltaprogramma, 2020. Synthesedocument deltaprogramma IJsselmeergebied. Achtergronddocument H4 bij Deltaprogramma 2021.
- Natura-2000, 2022. Gedetailleerde informatie IJsselmeergebied (website). <https://www.natura2000.nl/gebieden/flevoland/ijsselmeer>, laatst geraadpleegd: 13 juni 2022.
- Noordhuis, R., de Rijk, S., van Geest, G., Maarse, M., Vergouwen, S., Boon, A., 2019. Klimaatscan: programmatische aanpak grote wateren (PAGW). Deltares rapport 11203733-000ZWS-0006.
- Noordhuis, R., van den Boogaard, B., Roëll, J.W., de Rijk, S., 2020. Zonne-atollen geven ruimte aan natuur en duurzame energie - een verkenning. Deltares rapport 11206083-002-ZWS-0004.
- Noordhuis, N., Genseberger, M., Hareziak, V., 2022. Fosfaat in het Markermeer-IJmeer: een ruimtelijk gedifferentieerde balansstudie. Deltares rapport 11206217-016-ZWS-0001.
- PAGW en Gebiedsagenda IJsselmeer, 2017A. Preverkenning ecologie IJsselmeergebied.
- PAGW, 2017B. Memo. Factsheet verkenning grote wateren. IJsselmeergebied.

- PAGW, 2017C. Memo. Conclusies uit de Verkenning grote wateren, samenvatting van de regionale analyses in de factsheets.
- Pouwels, J., America, I., Delsman, J., Mens, M., 2021. Stresstest voor het Deltaprogramma fase II. Het effect van nieuwe inzichten en onzekerheden op knelpunten in de zoetwatervoorziening. Deltares rapport 11206829-002-ZWS-0001.
- Pulles, J.W., 1985. Beleidsanalyse van de waterhuishouding van Nederland. Rijkswaterstaat, Den Haag.
- Rommelzwaal, A., Kors, A., Tanczos, I., Hebbink, A., Helmer, J., 2015. Meerpeilen en waterveiligheid IJsselmeergebied. Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied, fase 1. Rijkswaterstaat WVL.
- Rommelzwaal, A., Kors, A., Tanczos, I., Helmer, J., Berger H., 2017. Eerste analyse van opties voor waterafvoer en peilbeheer IJsselmeergebied. Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied, fase 2. Rijkswaterstaat WVL.
- Rommelzwaal, A., Kors, A., Tanczos, Helmer J., Berger, H., 2018. Technische en economische analyse van langetermijnstrategieën voor peilbeheer in het IJsselmeergebied. Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied, fase 3. Rijkswaterstaat WVL.
- Rommelzwaal, A.J., Kors, A., Tanczos, C., Helmer, J.M.M., Berger, H.E.J., 2019. Beleidsaanbevelingen voor het lange-termijn peilbeheer in het IJsselmeergebied. Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied. Rijkswaterstaat WVL.
- Rijkswaterstaat WVL, 2017. Factsheet verkenning grote wateren - IJsselmeergebied. Memo 28 november 2017.
- Rijkswaterstaat, 2018. Peilbesluit IJsselmeergebied. Rapport mn0618tp330.
- Rijkswaterstaat, 2021. Infographic Verzilting IJsselmeer en Markermeer. Versie 01, mei 2021.
- Staatscommissie Zuiderzee, 1926. Verslag van de staatscommissie met opdracht te onderzoeken in hoeverre, als gevolg van de afsluiting van de Zuiderzee, te verwachten is, dat tijdens storm hogere waterstanden en een grootere golfploop, dan thans het geval is, zullen voorkomen vóór de kust van het vaste land van Noord-Holland, Friesland en Groningen, alsmede vóór de daarvoor gelegen Noordzee eilanden. September 1926.
- Turlings L. 2020. Notitie Reikwijdte en detailniveau. Project Wieringerhoek. RWS Midden Nederland en Witteveen+Bos, Deventer
- Van de Ven, G.P., 2003. Leefbaar Laagland: Geschiedenis van de waterbeheersing en landaanwinning in Nederland. Vijfde herziene druk, Matrijs.
- Wolters, H., 2020. Waterbehoefte datacenters. Deltares Memo 1 mei 2020.

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

Deltares

www.deltares.nl