



Verkenning Wieringerhoek

Basisstudie systeemfunctioneren

Rijkswaterstaat Midden-Nederland

19 november 2019

Project
Opdrachtgever

Verkenning Wieringerhoek
Rijkswaterstaat Midden-Nederland

Document
Status
Datum
Referentie

Basisstudie systeemfunctioneren
Definitief 02
19 november 2019
114828-4.1/19-018.739

Projectcode
Projectleider
Projectdirecteur

114828
drs. L.G. Turlings
drs.ing. E.J.N. Rijsdijk

Auteur(s)
Gecontroleerd door
Goedgekeurd door

J.J. Mandemakers MSc, drs. J. van der Winden, drs. M. Klinge
drs. L.G. Turlings
drs. L.G. Turlings

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Catharijnesingel 33
Postbus 24087
3502 MB Utrecht
+31 (0)30 765 19 00
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Projectdoelen Wieringerhoek	5
1.2	Doel en afbakening van de basisstudie systeemfunctioneren	5
2	VISIE OP DE FUNCTIE VAN DE WIERINGERHOEK IN HET IJSSELMEERGEBIED	7
2.1	Inleiding: welke referentie voor een novel-ecosystem?	7
2.2	Optimalisatie van de water-landovergang	9
2.3	Optimalisaties van bestaande habitats	13
2.4	Optimalisatie van de zoet-zoutovergang	14
2.5	Samenvatting: visie op het ecosysteem in de Wieringerhoek	15
3	SYSTEEMANALYSE	17
3.1	Relevante ontwikkelingen voor de ecologie in de Wieringerhoek	17
3.2	IJsselmeer	19
3.2.1	Algemene gebiedsbeschrijving en functies	19
3.2.2	Inrichting	20
3.2.3	Watersysteem	23
3.2.4	Zoutdynamiek en raakvlak met Verkenning Wieringermeer	27
3.2.5	Ecosysteem	28
3.2.6	Synthese: aanwezigheid habitattypen in Wieringerhoek	41
3.3	Wieringermeer en overige polders	43
3.3.1	Wieringermeer	43
3.3.2	Polders West-Friesland	47
3.3.3	Wieringen	49
3.4	Waddenzee	50
4	MAATREGELEN	54
4.1	Samenvatting belangrijkste knelpunten	54
4.2	Eerdere onderzochte maatregelen	54
4.2.1	Maatregelen water-land gradiënt	55
4.2.2	Maatregelen zoet-zout gradiënt	56

4.3	Bouwstenen voor het bereiken van de projectdoelen	59
4.3.1	Bouwstenen land-water gradiënt	60
4.3.2	Bouwstenen zoet-zout gradiënt	63

5	KENNISLEEMTES	66
---	----------------------	-----------

5.1	Kennisleemtes land-water gradiënt	66
5.2	Kennisleemtes zoet-zout gradiënt	68

6	LITERATUUR	70
---	-------------------	-----------

	Laatste pagina	72
--	----------------	----

	Bijlage(n)	Aantal pagina's
--	-------------------	------------------------

-

INLEIDING

1.1 Projectdoelen Wieringerhoek

In het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) en de Gebiedsagenda IJsselmeergebied 2050 is het hoofddoel voor de natuur in het IJsselmeergebied geformuleerd:

Het gebied zo robuust maken dat het ecosysteem de gevolgen van klimaatverandering en duurzaam gebruik veerkrachtig op kan vangen.

De hoofddoelstelling voor de Wieringerhoek is een verbijzondering van deze algemene hoofddoelstelling. Deze luidt als volgt:

Versterken van het Deltakarakter van de verbinding IJsselmeer-Waddenzee door natuurlijke overgangen te creëren.

Onder deze hoofddoelstelling hangen de volgende 3 subdoelstellingen:

- 1 het verbeteren van de connectiviteit voor vis. 2 lijnen:
 - a) verbeteren migratiemogelijkheden IJsselmeer-Waddenzee;
 - b) beperken van sterfte door uitspoeling van vis naar de Waddenzee;
- 2 het creëren van diverse leefgebieden voor vissen en vogels; als eerste indicatie:
 - a) brakwaterhabitat;
 - b) broedgebieden water- en moerasvogels;
 - c) foerageergebieden vogels;
 - d) paai- en opgroeigebied voor vis;
- 3 met de inrichting van het gebied meehelpen de problemen met de zoutindringing in het IJsselmeer te verminderen om een bijdrage te leveren aan het beschermen van de zoetwatervoorraad. Dit kan doordat het project zorgt dat het zoutwater vastgehouden wordt binnen de zoet-zout overgang die, ten behoeve van ecologie, gerealiseerd wordt en dat daarmee de zoutindringing in het verdere IJsselmeer tegengegaan wordt.

1.2 Doel en afbakening van de basisstudie systeemfunctioneren

Het doel van de voorliggende rapportage, 'Basisstudie systeemfunctioneren', is om een goed en door inhoudelijk specialisten gedragen beeld te krijgen van de huidige toestand en knelpunten, en om een visie neer te zetten hoe het ecosysteem in de Wieringerhoek zou moeten functioneren in de huidige context.

In de rapportage worden achtereenvolgens de volgende onderdelen behandeld:

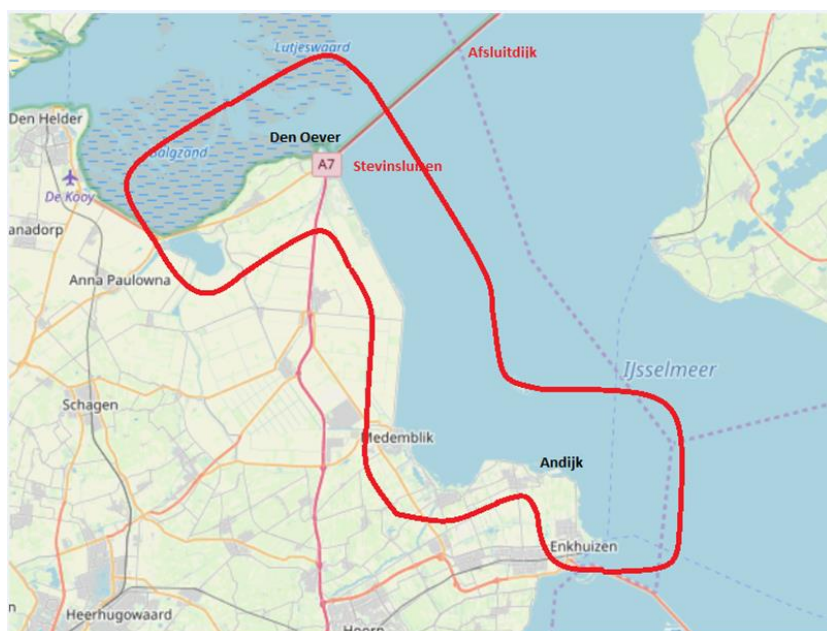
- 1 **visie op de inrichting van het ecosysteem van de Wieringerhoek (binnen het projectgebied) (hoofdstuk 2):** op basis van literatuur en expertkennis is een visie geschreven op hoe het ecosysteem zou kunnen functioneren. Hierbij is het functioneren van een natuurlijke rivierdelta voor ogen (met een verlandings- en zoet-zoutgradiënt), zonder de 'hoekpunten' zoals genoemd in de Preverkenning IJsselmeergebied uit het oog te verliezen (dat wil zeggen binnen de huidige context van een zoet IJsselmeer);

- 2 **analyse van het ecosysteem in het projectgebied op basis van bestaande kennis (hoofdstuk 3):** de basisstudie betreft een systeemanalyse op hoofdlijnen. De verschillende gebieden (IJsselmeer, Wieringermeer, West-Friesland en Waddenzee) worden beschreven aan de hand van verschillende 'ondergrondlagen', namelijk abiotisch (maaiveldhoogte, bodemtype en landgebruik), watersysteem (waterpeilen, af- en aanvoer van water, waterstanden, kwel en zoutdynamiek) en ecologie (visstand, vogels, waterkwaliteit en waterplanten). Deze gebiedsbeschrijving wordt uitgevoerd op basis van literatuuronderzoek, waar nodig uitgevoerd met meetgegevens (die opvraagbaar zijn via de website van Rijkswaterstaat of HHNK) en interviews;
- 3 **benoemen van de benodigde maatregelen/bouwstenen om de geformuleerde visie te realiseren gezien de huidige situatie (hoofdstuk 4):** uit de analyse van het ecosysteem (punt 1) en een visie op de inrichting (punt 2) volgen de knelpunten (de factoren die ertoe leiden dat de huidige toestand afwijkt van de toestand die in de visie beschreven wordt). Daaruit volgen dan de maatregelen of bouwstenen die nodig zijn. Bij de beschrijving van maatregelen zijn de volgende stappen doorlopen:
 - verzamelen (objectieve) onderbouwing bij effectiviteit van maatregelen op gebied van verbetering ecologische waterkwaliteit, toepasbaar in deze hoek;
 - verzamelen inzichten uit eerdere studies in het gebied die maatregelen overwogen hebben;
 - uiteenzetting van eerder benoemde kansen rond de Afsluitdijk en de potentie daarvan voor dit project;
 - op basis van de 2 voorgaande onderdelen een analyse opstellen welke maatregelen in beeld zijn of niet meer, waarom zijn ze afgefallen, en of dat met de huidige inzichten nog steeds terecht is;
 - welke innovatieve maatregelen kunnen binnen de looptijd van het project mogelijk een bijdrage gaan leveren?
- 4 **overzicht van overgebleven, openstaande relevante kennisvragen voor de Wieringerhoek en advies over mogelijkheden hoe deze kennislacune beheerst kan worden (hoofdstuk 5).**

De resultaten van de basisstudie (de gebiedsbeschrijving, de visie, de knelpunten en de benodigde bouwstenen) zijn in 2 sessies (dagdeel) voorgelegd aan experts. Met de opmerkingen van de experts is de systeemanalyse aangevuld en is bepaald hoe de analyse verder ingestoken wordt door na te gaan welke aspecten nog extra aandacht verdienen.

Het projectgebied Wieringerhoek beslaat het IJsselmeer langs de volledige Noord-Hollandse kust, alsook het binnendijkse gebied, en daarnaast het deel van de Waddenzee direct achter de Stevinssluisen (Breehorn) (afbeelding 1.1): dit is het zoekgebied voor maatregelen.

Afbeelding 1.1 Afbakening van het plangebied



VISIE OP DE FUNCTIE VAN DE WIERINGERHOEK IN HET IJSSELMEERGEBIED

2.1 Inleiding: welke referentie voor een novel-ecosystem?

Een novel-ecosystem

Het ecologisch project Verkenning Wieringerhoek werkt binnen een set harde randvoorwaarden, bijvoorbeeld dat de Afsluitdijk grotendeels dicht blijft, dat het huidige peilbeheer gehandhaafd blijft en dat de zoetwatervoorziening niet in het geding mag komen (de zogenaamde hoekpunten volgens de Preverkenning IJsselmeergebied, Remmelzwaal et al. 2017). Vanuit dit oogpunt is een herstel van de oorspronkelijke situatie, die kort beschreven wordt in onderstaand kader, niet aan de orde.

Het IJsselmeergebied moet daarom gezien worden als een 'novel-ecosystem'; een nieuw en door de mens tot stand gekomen ecosysteem dat niet hersteld kan worden naar de historische situatie. De nieuwe functies van het gebied, zoals de bescherming tegen de zee en de zoetwatervoorraad, laten dat herstel niet toe. Ecologische herstelmaatregelen zijn dan ook niet gericht op het zo goed als mogelijk terugbrengen of nabootsen van de historische situatie, maar op een optimalisatie van de natuurlijke processen binnen de huidige context van een zoetwatermeer (zie ook de uitwerking van deze novel-ecosystem aanpak voor de Oostvaardersoever door Cornelissen 2018). De status van het IJsselmeer-Markermeer als een 'Sterk Veranderd Waterlichaam' conform de Europese Kaderrichtlijn Water bevestigt deze situatie: het Goede Ecologische Potentieel (GEP) dient gerealiseerd te worden binnen de door onomkeerbare hydromorfologische veranderingen (bedijking, verzoeting, aangepast peilbeheer) ontstane situatie. Daarbij zijn echter wel referenties van een natuurlijke situatie leidend voor de idee- en planvorming.

Historische situatie: binnensee of estuarium?

De historische situatie van het IJsselmeer is bepaald geen vaststaand gegeven. Na een bespreking van de ontstaansgeschiedenis van de Zuiderzee merkt Noordhuis (2010) op dat de historische situatie meer weg heeft van een binnensee dan van een estuarium. Ten eerste omdat de invloed van het zoute zeewater lange tijd veel groter was dan de invloed van zoet rivierwater en ten tweede omdat het areaal aan natuurlijke vloedvlaktes al lange tijd beperkt is:

- 1 oorspronkelijk behoorde het IJsselmeergebied niet tot het stroomgebied van de Rijn. De Oude IJssel, die afvoerde op dit gebied, was een zelfstandig riviertje. Waarschijnlijk is de IJssel door de Romeinen kunstmatig in verbinding gesteld met de Rijn, maar pas in het begin van de 18^e eeuw is de afvoer van de IJssel vergroot door de aanleg van het Pannerdens Kanaal. Tot die tijd was de IJssel nog doorwaadbaar. Pas door de kunstmatige vergroting van de afvoer van de IJssel wordt de rivierinvloed in de Zuiderzee groter en is er sprake van een geleidelijke zoet-zoutgradiënt (van circa 2.000 mg Cl/l in het zuiden tot circa 15.000 mg Cl/l in het noorden van de Zuiderzee) die kenmerkend is voor een estuarium;
 - 2 op het moment dat deze voor een estuarium kenmerkende zoet-zoutgradiënt optreedt, was de Zuiderzee echter al omdijkt. Reeds in de 13^e en 14^e eeuw is vrijwel de hele Zuiderzee omdijkt. Buitendijks land is bovendien afgeslagen door stormen en door de afbraak van dikke veenlagen (vooral in het westen, langs de Noord-Hollandse kust). Hierdoor is de voor een estuarium kenmerkende geleidelijke overgang van land naar water slechts marginaal aanwezig (in ieder geval in de Wieringerhoek) vanaf het moment dat de Zuiderzee tot het estuarium van de Rijn ging behoren, circa 300 jaar geleden. Van een volledig natuurlijk estuarium is dus eigenlijk nooit sprake geweest.
-

Als gevolg van de stromingsdynamiek en bodemopbouw waren in de tijd van de Zuiderzee vooral in het oosten, langs de Friese kust, ondiepten aanwezig; in het westen (Wieringerhoek) veel minder en dat is nu nog steeds zo (zoals zal blijken uit de systeemanalyse in het volgende hoofdstuk).

Het IJsselmeer behoort thans tot het stroomgebied van de Rijn en heeft tot de afsluiting in 1932 wel gefunctioneerd als estuarium van die rivier, weliswaar met bovenstaande bedenkingen. Er bestaan vele definities en classificaties van estuaria (de Leeuw & Backx 2001). Een estuarium is het overgangsg gebied tussen de rivier(en) en de zee, met als belangrijkste kenmerken de invloed van het getij en een gradiënt van zoet naar zout. In de voormalige Zuiderzee was sprake van een geleidelijke zoet-zoutgradiënt van zuid naar noord. Eveneens nam de getijdebeweging van zuid naar noord toe, van circa 20 cm ter hoogte van Urk, 50 cm bij Stavoren en 90 cm bij Den Oever. Binnen een estuarium zijn verschillende zones te onderscheiden, bijvoorbeeld op basis van de saliniteit. Het rivierwater dat het estuarium instroomt is zoet (< circa 250 mg Cl/l), de zee is zout (> circa 15 g Cl/l), het water daartussen in wordt brak genoemd (0,5-30 ‰) en kan volgens de classificatie in tabel 3.1 in 3 zones worden onderscheiden. In de Zuiderzee waren deze 3 brakwaterzones van zuid naar noord aanwezig, maar in het huidige IJsselmeer missen alle 3 deze brakwaterzones (zie paragraaf 3.2.4 in de systeemanalyse).

Tabel 2.1 Indeling estuariene zones naar saliniteit. De weergegeven chlorideconcentratie (mg/l) is berekend door het zoutgehalte (psu) te delen door 1,8 (de Leeuw & Backx 2001; Tangelder et al. 2017)

Klasse	Zone	chlorideconcentratie (mg Cl/l)	Aanwezigheid van saliniteitsklasse in de Wieringerhoek
zoet (rivierwater)	limnetische zone	< 300	IJsselmeer en instromende rivieren
licht brak	oligohaliene zone	300 - 3.000	Wieringermeer
brak	mesohaliene zone	3.000 - 10.000	Waddenzee
sterk brak	polyhaliene zone	10.000 - 17.000	Waddenzee
zout (zeewater)	euhaliene zone	> 17.000	Noordzee

Een herstel van deze historische situatie, een estuarium dan wel een brakke binnenzee, is onmogelijk. De kenmerkende gradiënten van een estuarium zijn binnen de opgegeven randvoorwaarden immers niet terug te brengen. Een geleidelijke zoet-zoutovergang én de invloed van het getij die zich beide uitstrekken over het hele IJsselmeergebied is onmogelijk te combineren met het huidige gebruik en functies. Ecologische maatregelen zullen zich daarom moeten richten op een optimalisatie van het huidige ecosysteem. Daarvoor is het belangrijk om na te gaan welke knelpunten er in de huidige situatie zijn.

Knelpunten

Uit de bureaustudie 'Vis in het IJsselmeergebied' (Witteveen+Bos 2018) komen 2 belangrijke knelpunten naar voren die hieronder op de Wieringerhoek zijn toegepast en in het volgende hoofdstuk nader worden geanalyseerd (zie paragraaf 3.2 en in het bijzonder de synthese, 3.2.6):

- 1 de belangrijkste habitattypen van de litorale zone, ofwel de land-water overgang, zijn afwezig in de Wieringerhoek. Vloedvlaktemoeras en overstromingsgraslanden, helofytenmoeras en ondiep water met velden ondergedoken waterplanten zijn thans nauwelijks aanwezig. Hierdoor missen de cruciale ecosysteemfuncties, die een litorale zone in een natuurlijke situatie kan bieden. Dit veroorzaakt onder meer een beperkte biodiversiteit van het hele IJsselmeer, een beperkte aanvoer van voedingsstoffen en een beperkte waterzuivering;
- 2 er mist in de Wieringerhoek/IJsselmeer een geleidelijke overgang van zoet naar zout inclusief brakwaterhabitat. Daardoor is de zoet-zout overgang zeer abrupt. In een geleidelijke overgang van zoet naar zout kan een heel scala aan brakwaterhabitats bestaan, die in de huidige situatie niet aanwezig zijn. Door het ontbreken van een brakwaterzone ondervinden bovendien de zoetwatervissen negatieve effecten. De uitspoeling naar en sterfte in de Waddenzee treft een niet te verwaarlozen deel van de populaties. Ook de trekvis die vanaf zee de rivieren op willen, of andersom, worden in de huidige situatie belemmerd doordat de migratiemogelijkheden verre van optimaal zijn.

In de hierna volgende paragrafen wordt ingegaan op de waarde van een meer natuurlijke water-land overgang en van een geleidelijke zoet-zout overgang. Daarnaast wordt ingegaan op de mogelijke optimalisaties die mogelijk zijn voor de huidige habitats in de Wieringerhoek.

2.2 Optimalisatie van de water-land overgang

Tenzij anders aangegeven zijn de teksten in deze paragraaf gebaseerd op de bureaustudie 'Vis in het IJsselmeergebied' (Witteveen+Bos 2018) waarvan de samenvatting is besproken en door de deelnemers geaccordeerd bij een bijeenkomst over mogelijke inrichtingsmaatregelen in het IJsselmeergebied (georganiseerd door RWS, STIJ en SN), en daarnaast op een bijdrage van Jan van der Winden over vogelgemeenschappen en -habitats in het IJsselmeergebied.

Functies van een geleidelijke land-water overgang

Natuurlijke meren en plassen in rivierdelta's worden gekenmerkt door een scala aan habitats en daaraan gerelateerde vis- en vogelgemeenschappen. Een belangrijk deel van deze habitats en gerelateerde gemeenschappen ligt op een 'verlandingsgradiënt' van open water naar (vloedvlakte)moeras (afbeelding 2.1). In het Peipsimeer bijvoorbeeld is deze gradiënt nog grotendeels aanwezig: zowel de diepteverdeling, peildynamiek als de land-waterovergangen zijn hier veel natuurlijker dan in het IJsselmeer (Noordhuis 2010). Deze land-water overgang, ofwel de litorale zone van het meer, is om verschillende functies van grote invloed op het bredere ecosysteem van het hele meer. Rombouts (2019) onderscheidt 6 belangrijke functies van de litorale zone: habitat, waterhuishouding, slib, dood organisch materiaal, organismen en biologische interacties:

- habitat: een natuurlijke litorale zone kent een grote habitatdiversiteit. De habitats staan met elkaar in verbinding, waardoor uitwisseling van energie, water, nutriënten, organismen et cetera. mogelijk is. Deze habitats dragen bij aan het ecologisch functioneren van het complete ecosysteem, bijvoorbeeld doordat ze door bepaalde vissoorten gebruikt worden als paai- en opgroei gebied;
- waterhuishouding: waterstromen zorgen voor de koppeling tussen de verschillende habitats op de land-water gradiënt. Natuurlijke waterpeildynamiek en een vrije waterbeweging zijn voorwaarde;
- slib: de litorale zone speelt een belangrijke rol in de slibdynamiek van het hele meer. Rietmoerassen en velden ondergedoken waterplanten belemmeren de resuspensie van bodemmateriaal en 'filteren' opgelost slib uit het water. Slib is daarnaast een vorm van voedsel en kan als habitat dienen voor specifieke organismen;
- dood organisch materiaal: de aanvoer van organisch materiaal vanaf het land is een belangrijke bron van voedingsstoffen voor het meer: zonder input vanaf land kan het voedselweb verschraken. Daarnaast is het moeras een belangrijke bron van energie (in de vorm van organisch materiaal) voor het meer;
- organismen: de grote diversiteit aan habitats in de litorale zone herbergt een groot aantal soorten. Het voedselweb is evenwichtig opgebouwd; alle trofische niveaus zijn vertegenwoordigd. Een natuurlijke land-water overgang met de grote diversiteit aan habitats draagt zo sterk bij aan de totale biodiversiteit van het meer ecosysteem;
- biologische interacties: deze functie wil zeggen dat de organismen elkaar en hun milieu beïnvloeden. Zo zorgt moeras voor een grote aanvoer voedingsstoffen, en bieden ondergedoken waterplanten beschutting voor talloze organismen. De verschillende zones in de land-water overgang, met bijbehorende habitats, horen dus bij elkaar en zijn een vanzelfsprekend onderdeel van het meer ecosysteem.

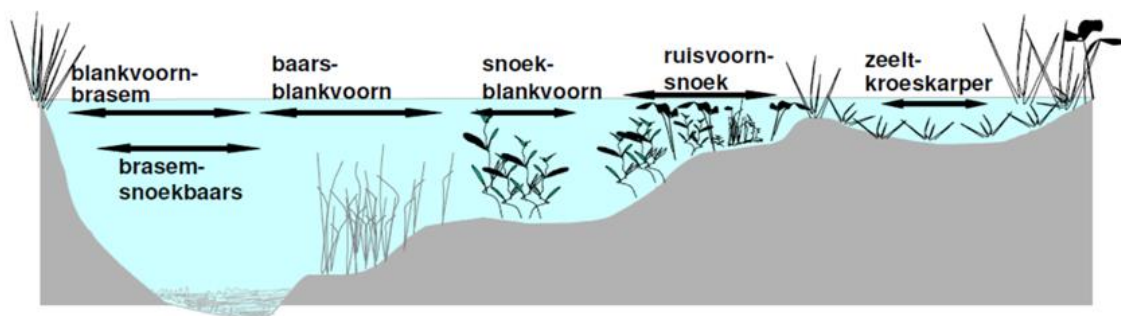
In de synthese van de systeemanalyse is voor ieder van deze functies aangegeven of deze terug te vinden is in de Wieringerhoek (tabel 3.4 in paragraaf 3.2.6). Daaruit zal blijken dat de oevers in de Wieringerhoek in wezen geen van deze functies vervullen. De genoemde functies kunnen ook niet los van elkaar worden gezien. In onderstaande beschrijving wordt dat verder uitgewerkt, met nadruk op het belang van de litorale zone voor vis.

Relatie tussen functies van de litorale zone

De aanwezige habitats en enkele bijbehorende typerende vissoorten langs de verlandingsgradiënt van open water naar vloedmoeras in een natuurlijke delta staan in afbeelding 2.1 vrij statisch weergegeven. In

werkelijkheid is de aanwezigheid en omvang van de verschillende habitats een dynamisch proces. De seizoensmatige fluctuatie in de rivierafvoer leidt tot natuurlijke waterstandsfluctuaties in de delta. Het kader 'Waterpeilbeheersing in de Friese boezem' illustreert dit natuurlijke waterstandsverloop door de situatie in 1976 te vergelijken met die van honderd jaar eerder. In de aanwezigheid van een geleidelijk oplopende waterbodemoogte, overgaand in een achterland dat kan overstroomd, ontstaan onder invloed van de natuurlijke waterstandsfluctuatie op verschillende momenten in het jaar verschillende biotopen. Dit leidt tot een specifieke vegetatieontwikkeling in de delta waar de levenscyclus van veel (vis)soorten op afgestemd is.

Afbeelding 2.1 Schematische weergave van de positie van verschillende visgemeenschappen op een verlandingsgradiënt van open water naar vloedmoeras

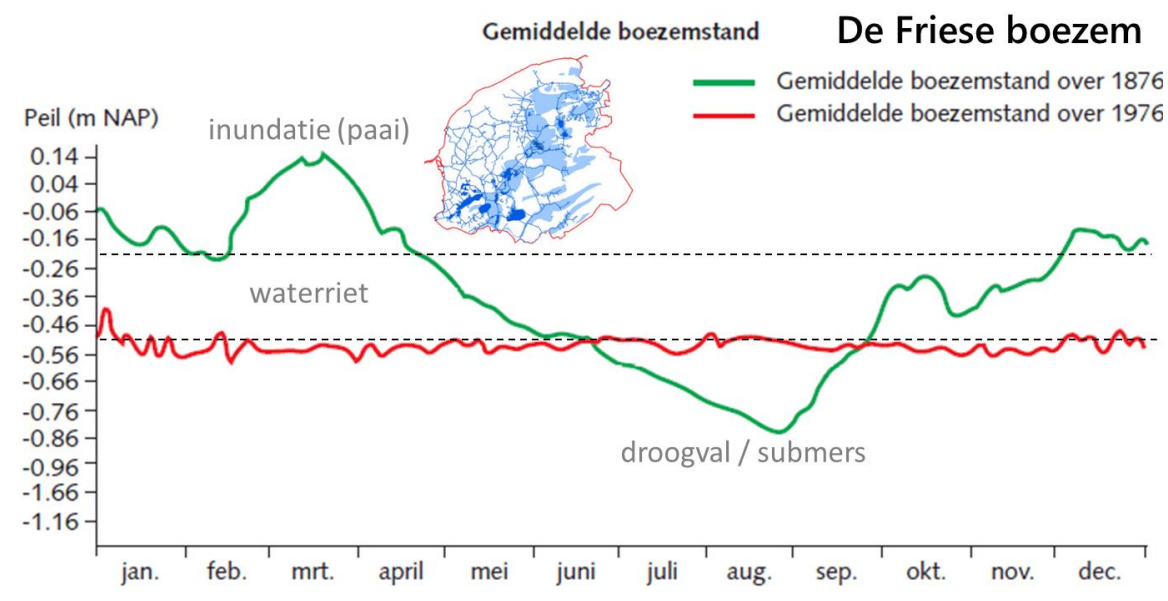


Kader: Waterpeilbeheersing in de Friese boezem (Witteveen+Bos 2018)

Naast de inpolderingen en bedijkingen vormt de sterke beheersing van de waterpeilen de tweede oorzaak voor het ontbreken van helofyten- en vloedvlaktemoeras met bijbehorende visgemeenschappen. In heel Nederland, op de grote rivieren na, is momenteel sprake van sterk gereguleerde peilen. In de stilstaande wateren (meervormig en lijnvormig) is in vrijwel heel Nederland sprake van peilen die jaarrond constant worden gehouden of tegennatuurlijk zijn, met lagere peilen in de winter en hogere peilen in de zomer. Voor helofyten- en vloedvlaktemoeras en de belangrijke functies van deze gebieden voor vissen heeft dit sterk negatieve gevolgen gehad, omdat zowel deze habitats als de vissen die er gebruik van maken sterk afhankelijk zijn van natuurlijke, seizoensmatig fluctuerende waterstanden.

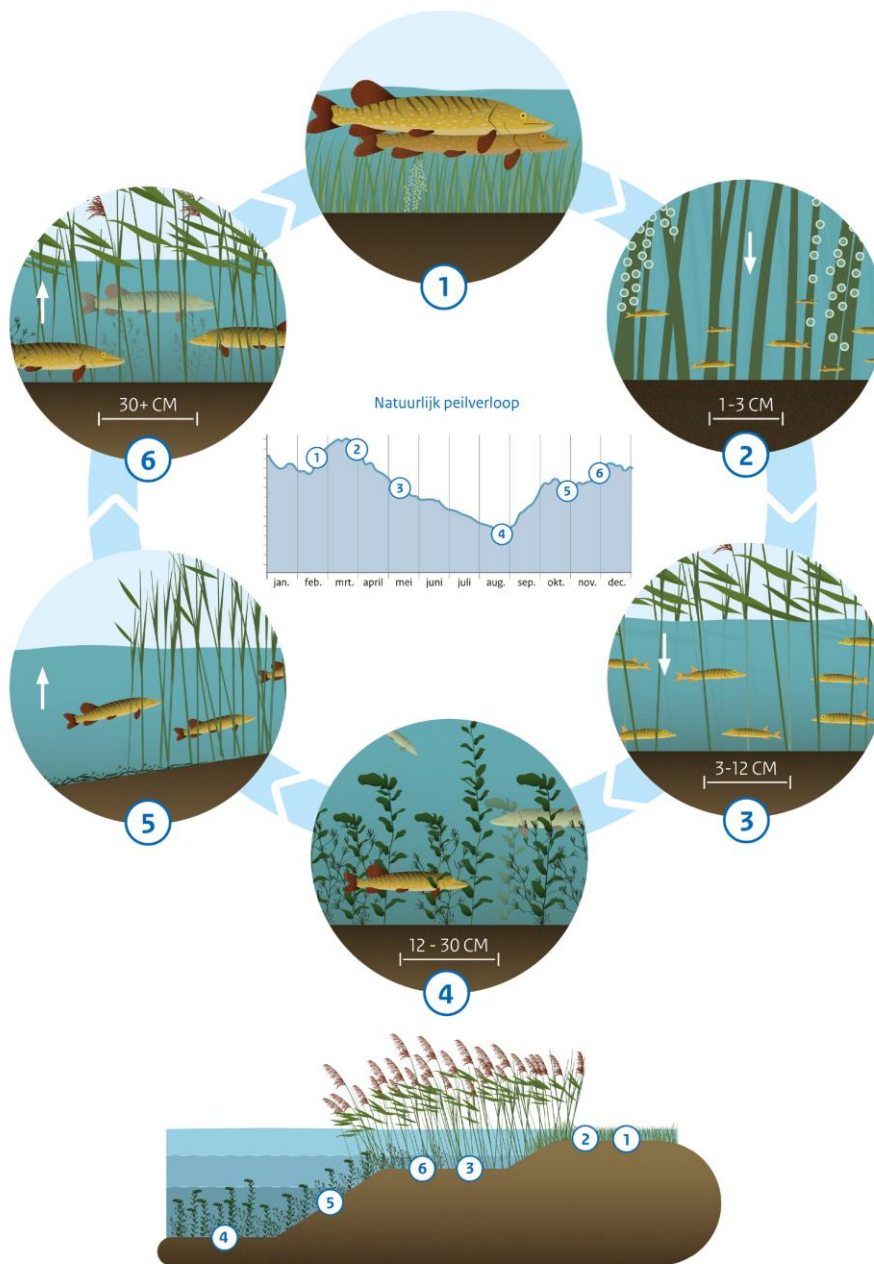
Het best kan dit geïllustreerd worden aan de hand van een voorbeeld: een vergelijking tussen de seizoensmatige waterstandsfluctuatie in de Friese boezem in 1876 en in 1976, zie afbeelding 2.2. In 1876 was sprake van natuurlijke seizoensmatige fluctuaties van de waterstand, met een amplitude van circa 1 m. In najaar en winter was sprake van verhoogde waterstanden, waardoor rietlanden (die aangepast zijn aan een lange inundatieduur van > 6 maanden) rondom de meren inundeerden. In het voorjaar (half februari-eind april) traden nog hogere waterstanden op, waardoor hoger gelegen gronden met terrestrische (hooiland)vegetaties eveneens inundeerden (deze vegetaties zijn aangepast aan een inundatieduur van 6-8 weken). Vanaf dat moment begonnen de waterstanden te dalen waardoor eerst de hooilanden en later, vanaf juli, de helofytenmoerassen droogvielen, waardoor langs de oevers zones met kale bodem aan de lucht kwamen te liggen. Deze droogvallende condities zijn zeer gunstig voor de conditie en de verjonging van het helofytenmoeras. In het najaar (vanaf september) begonnen tenslotte de waterstanden weer op te lopen, waarna in oktober de inundatie van het helofytenmoeras weer begon.

Afbeelding 2.2 Waterstandsverloop in de Friese boezem in 1876 en 1976. Het kleine kaartje van de Provincie Friesland in het midden van de figuur toont in donkerblauw de ligging van de huidige Friese boezemmeren en in lichtblauw de gebieden die in winter/voorjaar van 1876 onder water stonden



Als voorbeeld voor de relatie tussen de natuurlijke waterstandfluctuatie en de vegetatie en de visstand beschrijven wij de levenscyclus van de snoek (afbeelding 2.3). De snoek, een van de ambassadeursoorten van het IJsselmeergebied, is illustratief voor een plantminnende vissoort waarvoor de aanwezigheid van verschillende habitats essentieel is. In de loop van het jaar worden door de snoek de verschillende habitats gebruikt (nummers corresponderen met die in de afbeelding). Volwassen snoeken paaien in het vroege voorjaar (maart), waarbij ze voorkeur hebben voor ondergelopen terrestrische vegetatie (**'vloedvlaktes met overstromingsgrasland en moerasvegetatie'**) om hun eieren op af te zetten (1). Enkele weken later is er sprake van vrijzwemmend broed en worden de snoekjes kannibalistisch (ze eten elkaar op), hetgeen geremd wordt door voldoende schuilgelegenheid in de vegetatie (2). Als de waterstand daalt worden de snoekjes gedwongen zich naar het helofytenmoeras (**ondiepe gebieden met helofytenmoeras**) te verplaatsen, waar ze verder opgroeien en voor elkaar kunnen schuilen (3). In de loop van juni/juli worden de snoekjes ook gedwongen het rietmoeras te verlaten omdat dit droogvalt. Echter, dan is inmiddels in het meer een uitgebreide submerse vegetatie tot ontwikkeling gekomen (**velden met ondergedoken waterplanten**) waar de snoekjes zich in kunnen verspreiden en voor elkaar kunnen schuilen (4). Als in het najaar de submerse vegetatie gaat afsterven is de waterstand alweer aan het stijgen en kunnen de jonge snoeken hun intrek weer nemen in het helofytenmoeras dat geïnundeerd raakt (5). Dit helofytenmoeras, de enige aanwezige vegetatie in het winterhalfjaar, vormt een cruciaal overwinteringshabitat (6).

Afbeelding 2.3 Levenscyclus van de snoek. Verschillende habitats sluiten ruimtelijk en temporeel op elkaar aan, volgend op een natuurlijk peilverloop



Afbeelding 2.3 illustreert hoe innig de vegetatieontwikkeling en de visstandontwikkeling van nature verweven zijn met de natuurlijke seizoensmatige waterstandsfluctuaties en hoe dit zowel in de tijd als in de ruimte op elkaar afgestemd was. Het moge dan ook duidelijk zijn dat het ontstaan van constante of tegennatuurlijke peilen desastreuze gevolgen heeft gehad, zowel voor de habitats als voor de visstand. Qua habitats verdwenen als eerste deloedvlaktemoerassen, omdat deze niet meer inundeerden. De uitgestrekte helofytenmoerassen degenereerden vervolgens tot de smalle randjes riet en lisdodde die thans de meren en plassen in Nederland nog omzomen. In dit marginale habitat moeten de plantminnende en zuurstoftolerante hun hele levenscyclus zien te doorlopen, waar dit van origine grote ruimtelijk gescheiden en diverse gebieden waren. Geen wonder dat deze vissoorten thans een positie 'in de marge' innemen.

Maar behalve voor de plantminnende en zuurstoftolerante vissoorten was de oorspronkelijke situatie ook veel gunstiger voor alle visgemeenschappen. Ook veel vissoorten die thans vaak domineren (zoals brasem, blankvoorn, karper, baars) prefereren vloedvlakte- en helofytenmoeras als paai- en opgroeigebied. De ondiepe, in het voorjaar snel opwarmende en productieve gebieden bieden gunstige condities voor een succesvolle voortplanting en snelle groei en ontwikkeling van de larven. De relatief voedselrijke gebieden droegen substantieel bij aan de totale productiviteit van het watersysteem (Rombouts 2019). In de huidige situatie, met een sterk afgenomen productiviteit als gevolg van de afname van de externe belasting, laat het gemis aan dergelijke arealen zich extra voelen. Door de afname van de externe nutriëntenbelasting vanuit de rivieren is het IJsselmeer namelijk verschaald (zie hoofdstuk 3); er is weinig aanvoer van nutriënten vanuit het aanliggende land of moeras.

Ook bieden de habitats die ontstaan als gevolg van een waterstandsfluctuatie in een natuurlijke situatie een belangrijk leefgebied voor diverse vogelsoorten. Bij de verschillende habitats op de verlandingsgradiënt horen specifieke vogelgemeenschappen thuis, zoals die van open water, ondiep water/vloedvlaktes en helofytenmoeras (tabel 2.2). De verschillende habitats dienen verschillende functies (foerageer-, rust- en/of broedgebied) en maken de delta een geschikte plek voor verschillende vogelgemeenschappen.

Tabel 2.2 Vogelgemeenschappen van een natuurlijke rivierdelta (over de verlandingsgradiënt in het zoete deel van de delta)

Habitat	Functie	Voorbeeldsoorten
vloedvlaktes met overstromingsgrasland (die na juni droogvallen)	foerageer/rust	fuut, visdief, dwergstern, kluut, lepelaar, reuzenster, visarend, grutto
zoet helofytenmoeras	broed/foerageer	roerdomp, snor, lepelaar, kokmeeuw
zoet diep water/geulen	foerageer	topper, zwarte stern, visdief, grote zaagbek, nonnetje

2.3 Optimalisaties van bestaande habitats

De habitats op de water-landovergang en zoet-zoutovergang ontbreken in de huidige situatie vrijwel geheel. Er zijn echter zeker ook mogelijkheden om bestaande habitats te verbeteren, ten behoeve van thans dominante en andere vissoorten. Hierbij draait het vooral om het vergroten van de structuurrijkdom van het open water. In het IJsselmeer is vrijwel alleen open water aanwezig (oeverhabitats zijn gemarginaliseerd) en dat open water heeft veelal het karakter van een 'woestijn': vlakke zand-, veen- en/of slibbodems, vrijwel zonder 'derde dimensie'. Terwijl veel dominante vissoorten van open water (bijvoorbeeld snoekbaars, baars, paling) wel degelijk erg houden van structuren, bijvoorbeeld als foerageergebied of schuil/verblijfsgebied. In het IJsselmeergebied worden de schaars aanwezige structuren zoals de stortstenen dijktaaluds, oude getijdegeulen, vaargeulen, zandwinputten, havens en dergelijke intensief gebruikt, waardoor deze habitats aanzienlijk visrijker zijn dan het kale open water.

Een betekenisvolle vergroting van de hoeveelheid van deze structuren zal ongetwijfeld positief voor diverse algemene vissoorten uitpakken. Echter, het IJsselmeergebied is erg groot en het is al snel kostbaar om dit uitsluitend voor dit doel te realiseren. Bij de realisatie van andere herstelmaatregelen in de Wieringerhoek zullen er echter 'meekoppelkansen' ontstaan. Onderstaand wordt nader op enkele mogelijkheden ingegaan:

- hergebruik van stenen die bij dijkversterkingsprojecten vrijkomen, bijvoorbeeld vanwege de aanleg van zandige taluds. Met de stenen kunnen heel goed onderwaterstructuren worden gerealiseerd als habitat voor vissen. Ook kan dit gunstig zijn vanuit het oogpunt van substraat voor perifyton;
- aanbrengen van verdiepingen, bijvoorbeeld ten behoeve van zandwinning geeft diverse belangrijke voordelen voor vissen:
 - de taluds van de verdiepingen vormen een geliefd habitat voor diverse vissoorten, zoals de snoekbaars;
 - de verdiepingen fungeren als slibvang, hetgeen gunstig is voor het lichtklimaat en voor de productiviteit van het water doordat op de taluds en de directe omgeving van de verdieping een productievere bodem aan het oppervlak komt te liggen;

- de verdiepingen beperken de opwarming van het water hetgeen gunstig is voor gevoelige soorten zoals de zalmachtigen spiering en houting.

2.4 Optimalisatie van de zoet-zoutovergang

De Afsluitdijk vormt een zeer abrupte overgang tussen het zoete water van het IJsselmeer en het brakke water van de Waddenzee. In een natuurlijke situatie van een estuarium is de overgang tussen zoet en zout veel minder abrupt en is er een omvangrijke brakwaterzone aanwezig die een essentieel onderdeel vormt van het estuarium (de Leeuw & Backx 2001). Vanwege de grote dynamiek in een estuarium varieert de omvang en locatie van een brakwaterzone. Er zijn relatief weinig echte brakwatersoorten (soorten die alleen in brakwater voorkomen) maar er zijn wel diverse soorten die daar een optimum hebben, daar kunnen domineren of het nodig hebben voor een complete levenscyclus. Het belang van de brakwaterzone komt dan ook vooral tot haar recht in de context van de zeer dynamische processen die typerend zijn voor een natuurlijk estuarium. Het samenspel van al die processen leidt tot de hoge productiviteit én biomassa's van een estuarium, de kraam- en vooral kinderkamerfunctie voor vissen en de zuiverende werking van deze gebieden (de Leeuw & Backx 2001).

In het kader van de planstudie Extra Spuicapaciteit en versterking Ecologische Samenhang Afsluitdijk ([ES]2-Afsluitdijk), is onderzocht wat de (meer)waarde voor de natuur is van een brakwatergebied bij de Afsluitdijk (Asjes 2000; Walker et al. 2000). In de beschrijving van de meerwaarde van een brakwatergebied (de meerwaarde ten opzichte van de huidige kwaliteit van het zoete of zoute habitat in respectievelijk het IJsselmeer en in de Waddenzee) benoemt Asjes (2000) de effecten op de 4 'belangrijkste' soortgroepen; vogels, vissen, bodemdieren en waterplanten. Kort gezegd luidt de conclusie dat een brakke zone een grote bijdrage kan leveren aan het herstel van natuurlijke processen die karakteristiek zijn voor de zoet-zoutovergang in een estuarium. Hierbij wordt uitgegaan van een groot gebied (orde grootte tot 5 % van het IJsselmeer) met getijdebeweging waardoor een intergetijdegebied met droogvallende platen ontstaat. Een dusdanig groot en natuurlijk functionerend brakwatergebied biedt volgens Asjes (2000) een foerageergebied voor vogels, faciliteert de migratie van diadrome vissoorten, voorkomt uitspoeling van zoetwatervis naar de Waddenzee en biedt leefgebied voor bodemfauna die gebonden is aan brakwater. In het brakwatergebied kunnen mogelijk zeegrasvelden tot ontwikkeling komen, ondergedoken waterplanten, zoals fonteinkruiden, biezenvelden en brakke (riet)moerassen.

Tangelder et al. (2017) zijn kritischer over de meerwaarde van een brakwaterzone als habitat. In hun beschrijving van zoet-zout overgangen in deltagebieden vermelden Tangelder et al. (2017) op basis van eerder onderzoek in de Zuidwestelijke Delta dat voor niet één brakwatersoort (voor wat betreft macrofauna) aldaar is aangetoond dat deze soort uitsluitend onder brakke omstandigheden kan leven. En verder merken ze op dat de 'geleidelijkheid van de zoet-zout overgang als acclimatisatiezone voor diadrome vissen minder van belang lijkt' (volgens de Winter (2014) is voor veel diadrome vissoorten is niet bekend of een geleidelijke zoet-zout overgang als acclimatisatiegebied nodig is). Voorts gebruiken de meeste diadrome vissoorten de brakwaterzone niet als habitat, en stellen ze dus ook geen hoge eisen aan de inrichting van die zone (Tangelder et al. 2017, de Boer 2001). Een belangrijk aspect van de brakwaterzone zijn volgens Tangelder et al. (2017) de brakwaterskwelders met afwijkende vegetatietypen ten opzichte van het zoete en zoute deel van de delta, die daarmee een belangrijk habitat voor specifieke vogels bieden. Ook zeegrasvelden of velden met ondergedoken waterplanten vormen een belangrijke functie in een brakwaterzone.

In het kader van het IJsselmeer als 'novel-ecosystem' is de primaire functie van een eventueel nieuw te creëren brakwatergebied niet het (gedeeltelijk) herstel van de oude situatie (in tegenstelling tot Walker et al. 2000). Een estuarium is immers veel meer dan een brakwaterzone alleen en moet ruimte bieden aan hoogdynamische omstandigheden. Dat lijkt in de huidige context een onmogelijke opgave. Dit vergt immers niet alleen maar veel ruimte, maar ook de mogelijkheid dat het brakwatergebied zich kan verplaatsen in reactie op de rivierafvoer. Bij een zeer grote afvoer zal de brakwaterzone zich richting zee verplaatsen. Bij een zeer geringe afvoer (zoals in de zomer van 2018 waarin enkele maanden niet gespuid kon worden) zal de brakwaterzone ver landinwaarts komen te liggen.

De te creëren brakwaterzone kan zich niet zo 'vrij bewegen' als in een natuurlijk estuarium. De brakke zone zal aan de Waddenzeezijde voorzien moeten worden van 2 stuurknoppen waarmee de zoutgradiënt gereguleerd kan worden: inlaat van zoutwater via de spuilsuis, maar ook uitlaat van een teveel aan zout via een gemaal. Hiermee kan een gecontroleerde brakwaterzone ontstaan die ook in situatie van uitzonderlijke rivierafvoer een gradiënt behoudt.

De aanleg van een brakwaterzone is een belangrijke maatregel voor het IJsselmeergebied en biedt de volgende ecologische functies (gerangschikt naar omvang van het knelpunt):

- 1 de brakwaterzone voorziet in een omvangrijk dynamische zoet-zout areaal met de daarin gelegen diversiteit aan habitats voor vissen, vogels en macrofauna. Voor vogels kunnen in de brakwaterzone habitats gecreëerd worden met een broed-, rust- en foerageerfunctie (tabel 2.3 Tabel 2.3). Door diverse mariene, estuariene of diadrome vissen kan de brakwaterzone als (tijdelijk) leefgebied worden gebruikt (zie tabel 5 in Tangelder et al. 2017 voor een overzicht van vissoorten in een natuurlijk estuarium). Overigens zijn het slechts enkele diadrome soorten (zoals juveniele fint en bot) die een brakwatergebied tijdelijk als leefgebied gebruiken (en daaraan strenge eisen stellen); de meeste diadrome soorten trekken snel door het brakwatergebied heen (de Boer 2001). In een grote brakwaterzone kunnen populaties van bijvoorbeeld haring, sprat en ansjovis tot ontwikkeling komen. Dit zijn net als spiering pelagische vissoorten, die belangrijk zijn in het voedselweb van het IJsselmeergebied;
- 2 als tweede functie gaat een brakwaterzone de uitspoeling van zoetwatervissen tegen. De zone werkt als een 'waarschuwinggebied' voor met de stroming meezwemmende zoetwatervissen, zodat minder uitspoeling en sterfte gaat optreden;
- 3 ten derde fungeert het brakwatergebied als acclimatisatiegebied voor diadrome vissoorten ten bate van de migratie tussen zoet- en zoutwater, én kan de verbinding door de Afsluitdijk verbeterd worden voor vismigratie. NB. Voor veel diadrome vissoorten is onbekend of een geleidelijke zoet-zout overgang als acclimatisatiegebied wel nodig is (Winter et al. 2014).

Tabel 2.3 Vogelgemeenschappen van het brakke deel van een natuurlijke rivierdelta

Habitat	Functie	Voorbeeldsoorten
pioniervogels van open zandige eilanden	broed/foerageer	strandplevier, visdief, dwergstern, kluut
brakke wateren en ondieptes met velden ondergedoken waterplanten	foerageer/rust	fuut, visdief, dwergstern, kluut, lepelaar, zwarte stern, topper, middelste zaagbek, wintertaling, pijlstaart, visarend, nonnetje, rosse grutto
brak helofytenmoeras	broed/foerageer	roerdomp, lepelaar, bergeend, grauwe gans, steltkluut

2.5 Samenvatting: visie op het ecosysteem in de Wieringerhoek

Het IJsselmeergebied kent van noord naar zuid diverse gradiënten. In het noorden zijn de bodems van oudsher zandiger, er zijn meer diepe geulen en er waren voorheen zoute en brakke wateren. In het zuiden zijn de bodems slibrijk, ondieper en van oudsher zoeter. Vanuit een perspectief van de gehele regio is het voor vogelbiotopen dus realistischer om in het noordelijk deel van het IJsselmeergebied in te zetten op herstel van brakke zones, onbegroeide eilanden en overgangen naar dieper helder water in combinatie met helofytenmoerassen aansluitend aan de brakke en zoete wateren. In het zuiden (o.a. Markermeer) kan de nadruk meer liggen op herstel van zoete moerassen, ondiepe heldere wateren aan de oevers in combinatie met open wateren die troebeler kunnen zijn.

De Wieringerhoek biedt uitstekende mogelijkheden de situatie voor vissen en voor vogels van estuariene landschappen te verbeteren. Het gebied grenst immers aan de Waddenzee en terrestrische habitats met een natuurfunctie in de Wieringermeer. Dit betekent dat er kansen zijn om de verschillende landschapstypen aan elkaar te koppelen, ontbrekende habitats toe te voegen en daarmee de afhankelijkheid van een dominant watertype te beperken en dus de robuustheid te vergroten. Zo kunnen zwarte sterns in top-spiegelingen op het open water foerageren, maar in daljaren op garnalen in de brakwaterzones of op dansmuggen in de

oeverzones. Dat impliceert de aanleg van samenhangende wetlands met een variatie aan watertypen en stroming van water zodat er gradiënten ontstaan in nutriëntenbelasting. Dat geeft variatie in het systeem en kan zorgen voor eutrofe en mesotrofe habitats. Inpassing van een stabiele zoet-zout gradiënt creëert een waarschuwingsgebied voor zoetwatervissen en zorgt voor vogels voor variatie in prooi typen waarbij het van belang is de omvang van de biotopen dermate robuust te maken dat er honderden tot duizenden vogels terecht kunnen. Compartimentering van delen van het gebied maakt het mogelijk zoute en zoete delen optimaal te benutten en daarnaast natuurlijke waterstandsfluctuaties te simuleren. Dit laatste is essentieel voor het creëren van begroeide oeverzones en overstromingsvlaktes waar vissen hun natuurlijke levenscyclus kunnen voltooien en faciliteert ook het beheer van broedeilanden voor vogels en beperkt de kolonisatie door predatoren. De nabije diepe geulen in het IJsselmeer vormen een belangrijk leefgebied voor spiering en baars. Hier kunnen visetende watervogels in zomer en winter foerageren en het is van belang dat broed- en rustbiotopen in de omgeving van deze geulen aanwezig zijn.

De creatie van deze habitats dient te gebeuren binnen harde randvoorwaarden van waterveiligheid en zoetwatervoorziening. Daarom zullen de gewenste natuurlijke processen (inundatie, droogval, zoet-zout menging) met technische maatregelen beheerst moeten worden. Cruciaal is hierbij de samenhang tussen de verschillende habitats, zowel in de ruimte als in de tijd.

Indien deze integrale landschapsaanpak gekozen wordt kan de westzijde van het IJsselmeer kenmerken krijgen die nu alleen aan de oostzijde te vinden zijn met waterplantenvelden, helder water en eilanden. Maar meer nog, als daar begroeide oeverzones, moerassen, overstromingsvlaktes en brakwaterbiotoop aan toegevoegd worden zal zowel de diversiteit als de productiviteit verder toenemen. Dit is gunstig voor de plantminnende visgemeenschappen die nu grotendeels ontbreken en voor de productiviteit van de visgemeenschappen van het open water. De delen die minder vaak overstromen kunnen ideaal leefgebied vormen voor amfibieën als groene kikker en waterinsecten. Het is met deze integrale aanpak gunstig voor vogelsoorten van open water zoals visdief, topper en zwarte stern, maar ook voor soorten van zoete vloedvlaktes en moerassen als roerdomp, porseleinhoen, lepelaar en grote zilverreiger. De brakwaterbiotopen voorkomen visuitspoeling en mitigeren de harde zoet-zout overgangen en kunnen bijdragen aan herstel of ontstaan van populaties (broedend of pleisterend) van visdief, strandplevier, bontbekplevier en reuzenster. In samenhang met biotopen in de Wieringermeer liggen er mooie kansen voor soorten als zeearend, lachstern en visarend. Ook ontstaan er kansen voor otter en zeehonden.

SYSTEEMANALYSE

Dit hoofdstuk geeft een systeemanalyse op hoofdlijnen van het IJsselmeer, van de binnen het projectgebied gelegen aangrenzende polders en van de Waddenzee. Het doel van de systeemanalyse is het kunnen toepassen van de visie (hoofdstuk 2) op het projectgebied, waardoor benodigde maatregelen voor het realiseren van de visie kunnen worden afgeleid. Omdat het project Wieringerhoek voortkomt uit de PAGW IJsselmeergebied en de maatregelen met name moeten bijdragen aan verbetering van het ecologisch functioneren van het IJsselmeer (waarvoor het ecologisch functioneren nodig is, inclusief de overgangen naar polders en Waddenzee), is de meeste aandacht besteed aan het IJsselmeer zelf. In de eerste paragraaf wordt een overzicht gegeven van enkele ontwikkelingen die relevant kunnen zijn voor de ecologie in de Wieringerhoek.

3.1 Relevante ontwikkelingen voor de ecologie in de Wieringerhoek

In de Wieringerhoek en omgeving zijn diverse ontwikkelingen gaande die van invloed kunnen zijn op de ecologie of op te nemen ecologische maatregelen, en daarmee relevant zijn voor dit project. Deze worden hieronder kort benoemd.

Vismigratie:

- Natte Infrastructuur Noordkop:
 - HHNK is bezig met de planvoorbereiding voor een geleidelijke zoet-zoutgradiënt in het Balgzandkanaal ten bate van betere mogelijkheden voor vismigratie tussen de Waddenzee en Amstelmeerboezem. Het Amstelmeer moet zoet blijven voor de waterbehoefte van de aanliggende polders (Wieringermeer, Wieringerwaard). Dit biedt een wellicht ook kansen voor een betere bereikbaarheid van het IJsselmeer voor zoet-zout rheofiele soorten, bijvoorbeeld via het Amstelmeerkanaal;
- de Vismigratierivier Afsluitdijk (VMR):
 - het doel van de VMR is om de migratiemogelijkheden voor verschillende soorten verbeteren (doelsoorten zijn onder andere paling, bot, driedoornige stekelbaars, spiering, zalm en fint). De VMR verbindt het IJsselmeer met de Waddenzee in de vorm van een geleidelijke zoet-zoutgradiënt. De VMR is gepland bij de spuisluizen van Kornwerderzand, en ligt dus buiten het projectgebied Wieringerhoek. Volgens het huidige ontwerp maakt de VMR migratie voor alle doelsoorten mogelijk (Arcadis 2018).

Ontwikkeling in de Wieringermeer:

- bedrijvenpark Agriport is een belangrijke ruimtelijke ontwikkeling in de Wieringermeer met onder andere datacentra, glastuinbouw en agrarisch gerelateerde bedrijven. In de omgevingsvisie van de gemeente Hollands Kroon is vastgelegd dat de waterkwaliteit van het oppervlaktewater niet mag verslechteren door deze (of andere) ontwikkelingen in de polder. Voor de beschikbaarheid van voldoende zoet water voor deze bedrijven wordt momenteel onderzocht of nieuwe 'waterfabriek' (voorzuiivering IJsselmeerwater) haalbaar is. Voor HHNK biedt dit mogelijk een meekoppelkans voor de realisatie van een automatische inlaat ter vervanging van (een deel van) de vele hevels die nu in gebruik zijn;
- aan de zuidwestzijde van het Robbenoordbos heeft het waterschap een project in voorbereiding om via een paar tussenstappen het Wieringer Randkanaal (Amstelmeerboezem, NAP -0,40 m) te verbinden met de Den Oeversevaart (NAP -4,20 m) in de polder. Op de randen van het gebied komen twee

Manshanden vishevels, in het gebied zelf 2 bovenlossende De Witpassages. Het gebied (17 ha) wordt optimaal ingericht als paai- en opgroeigebied voor vis die vanaf zee binnenkomt, als voor vis uit de Wieringermeer zelf;

- gemaal Leemans heeft te weinig capaciteit om de hele polder te bemalen, waardoor Lely regelmatig bijspringt. Een mogelijke oplossing is om de 2 oostelijke afdelingen, met de meeste zoute kwel, altijd via Leemans af te laten wateren en de 2 westelijke afdelingen, die veel minder zout zijn, via Lely af te voeren. Op dit moment wordt reeds getracht om bij gemaal Lely zo min mogelijk brak water te krijgen, maar dit is beperkt mogelijk;
- een tweede idee om het watersysteem van de Wieringermeer robuuster en minder afhankelijk van zoet inlaatwater te maken is om het peil te verhogen. Een hoger peil leidt tot minder kwel. Bovendien gaan dan de kavelsloten meedoen in het watersysteem, waardoor de bergingsruimte toeneemt. Het idee is dat er dan minder (brak) water uitgemalen hoeft te worden én minder (zoet) water ingelaten;
- het vasthouden van zoet regenwater in de bodem of ondergrond is tenslotte een maatregel om minder afhankelijk te zijn van het IJsselmeer als zoetwatervoorziening. Dit wordt reeds toegepast door sommige bedrijven.

Wieringerrandmeer (gestopt):

- circa 10 jaar geleden is het project Wieringerrandmeer stopgezet. Het idee was de realisatie van een randmeer tussen Wieringen en de Wieringermeer (een verbreding van het Amstelmeerkanaal), dat bovendien een staande mastroute zou vormen voor schepen vanaf het IJsselmeer via het Amstelmeer naar zee. Een verbreding van het Amstelmeerkanaal is an sich niet onwenselijk doordat hierdoor de inlaatcapaciteit via de keersluis hoger mag zijn zonder dat de stroomsnelheid te hoog wordt. Een verbreding zal moet plaatsvinden aan de zijde van de Wieringermeer. Vanwege de historische waarden van Wieringen zijn grote ingrepen daar gelijk lastig.

Waddenzee:

- Vogelsand. Vanwege het relatief diepe water met weinig droogvallende platen zijn er in het gebied ten noorden van de Afsluitdijk weinig broedgebieden voor vogels. Rondom de Afsluitdijk liggen echter juist kansen voor de aanleg van broedhabitat door nabijheid van foerageer- en rustgebieden (geulen en wadplaten). Er is door Vogelbescherming Nederland geconcludeerd dat de aanleg van een eiland nabij de Leidam van Den Oever een grote meerwaarde heeft voor kustbroedvogels en een gat opvult in de beschikbaarheid van rust- en broedbiotoop in het Waddenzee ecosysteem. Vogelsand zou hierin moeten voorzien. In het Natura 2000-beheerplan Waddenzee wordt de aanleg van een eiland van maximaal 10 ha voorgesteld. De plannen zijn nog in ontwerp.

3.2 IJsselmeer

In deze paragraaf wordt een schets gegeven van de inrichting, het waterbeheer, de waterkwaliteit en de ecologie van het IJsselmeer, met een focus op de Wieringerhoek. Hiervoor is veelvuldig uit de volgende rapporten geput: Preverkenning IJsselmeergebied (Remmelzwaal 2017), Ecosysteembeschrijving IJsselmeer en Waddenzee (Tosserams et al. 2000), Ecosysteem IJsselmeergebied: nog altijd in ontwikkeling (Noordhuis 2010). Daar waar andere bronnen geraadpleegd zijn, staat dit expliciet vermeld.

3.2.1 Algemene gebiedsbeschrijving en functies

Het IJsselmeer vormt samen met 9 andere meren het IJsselmeergebied. Door de afsluiting van de voormalige Zuiderzee van de Waddenzee is het grootste zoetwatergebied van Noordwest Europa ontstaan. Tegelijkertijd is hiermee de grote natuurlijke dynamiek die kenmerkend is voor een estuarium grotendeels verloren gegaan. In het kader 'Historische situatie: binnenzee of estuarium?' aan het begin van hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de historie van het IJsselmeergebied. Het IJsselmeergebied dient thans verschillende belangrijke functies, zoals zoetwatervoorziening, beroeps- en recreatievaart, recreatie, visserij en natuur (in onderstaande tabel 3.1 worden de verschillende functies verder beschreven met nadruk op de Wieringerhoek). De dijken in het IJsselmeergebied hebben waterveiligheid als primaire functie.

Tabel 3.1 Beknorte toelichting van functies van het IJsselmeergebied, met nadruk op deze functie in de Wieringerhoek

Functie	Beknorte toelichting
zoetwatervoorziening	het IJsselmeer voorziet in de zoetwatervoorziening voor drinkwaterproductie en voor de voeding van regionale watersystemen in Noord-Nederland. In de Wieringerhoek wordt bij Andijk water ingenomen voor de bereiding van drinkwater door PWN. Verder kan er op vele locaties water ingelaten worden naar de Amstelmeerboezem, de Wieringermeer en naar de polders van Westfriesland (zie ook de kaart in afbeelding 3.5)
scheepvaart	het IJsselmeer is een belangrijke scheepvaartroute voor zowel beroeps- als recreatievaart. In de Wieringerhoek vormt de schutsluis bij Den Oever (complex Stevinsluizen) een belangrijke passage voor scheepvaart tussen het IJsselmeer en de Waddenzee (met 20.000-40.000 passages per jaar, in 2008). De schutsluis bij Kornwerderzand is groter en wordt meer gebruikt (40.000-60.000 passages in 2008, Vaarwegenkaart naar bevaarbaarheidsklasse CEMT II en hoger, online). De vaargeul naar de Stevinsluizen loopt door het projectgebied Wieringerhoek (de vaargeul is terug te zien in de dieptekaart in afbeelding 3.2)
recreatie	het IJsselmeergebied wordt veel gebruikt voor recreatie. Behalve de verschillende vormen van watersport zijn er in de Wieringerhoek cultuurhistorische bezienswaardigheden te vinden (zoals Wieringen en de steden van Westfriesland) en liggen er net binnendijs vakantieparken
visserij	het IJsselmeer wordt gebruikt voor de beroepsvisserij, welke ook een belangrijk cultuurhistorische waarde heeft in het gebied. De visbestanden zijn sinds de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw dalende. Door teruglopende visbestanden en door inperkende maatregelen voor de visserij is ook de visserijinspanning afgenomen. Het aantal fulltime actieve vissersschepen is afgenomen van circa 60 in 2000 naar niet meer dan 25 in 2013 (STIJ 2016). Ook in Wieringerhoek wordt gevisst. Visserij met grote fuiken (in vaste regels langs de dijken) is van speciaal belang voor palingvissers, vanwege de schieraaltrek (dit zijn goede plekken i.v.m. de trek naar de Afsluitdijk en Den Oever). Daarnaast is er overall verspreide aalvisserij met schietfuiken (mobiele fuiken die in rijen op de bodem worden gezet), hoekwant (beaasde haken voor de vangst van aal in het voorjaar) en staande netten voor de vangst van schubvis
natuur	het IJsselmeer is aangewezen als Natura 2000-gebied. Binnen het gebied liggen enkele habitattypen. Het IJsselmeer is van internationaal belang voor diverse vogelsoorten. Het meer behoort tot de Rijndelta en vormt de schakel tussen de zee en rivier

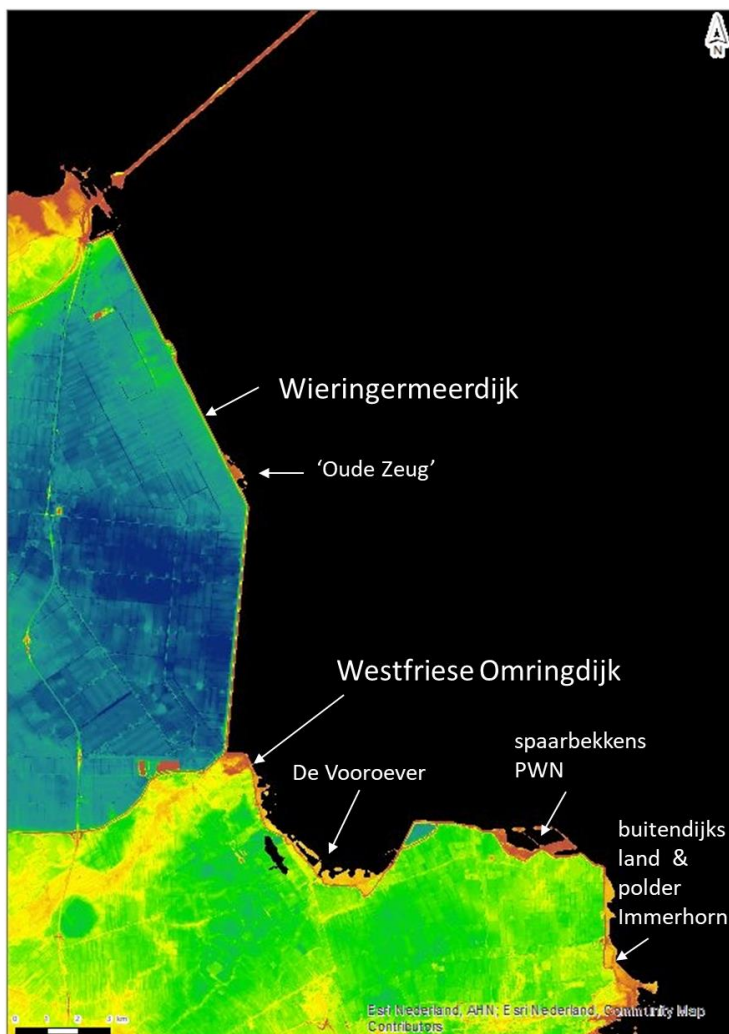
3.2.2 Inrichting

In de Wieringerhoek ligt betrekkelijk weinig land buitendijks. De maaiveldhoogtekaart in afbeelding 3.1 maakt dit goed duidelijk. De Wieringermeerdijk (met een hoogte van ongeveer +4 m boven NAP) vormt een zeer abrupte scheiding tussen de Wieringermeer (het maaiveld achter de dijk ligt op circa NAP -3 à -4 m) en het IJsselmeer (waterpeil van NAP -0,1 à -0,4 m). Langs de hele Wieringermeer is er alleen de werkhaven, 'Oude Zeug', die buitendijks ligt, zoals te zien is op de hoogtekaart ligt dit gebied vrij hoog). Langs de polders van West-Friesland liggen enkele buitendijkse gebieden, zoals de Koopmanspolder (circa 16 ha) waar sinds enkele jaren geëxperimenteerd wordt met het achteroeverconcept (van Ek et al. 2017), het gebied De Vooroever bij Onderdijk (circa 144 ha) en de spaarbekkens van PWN. Ten noorden van Enkhuizen ligt tenslotte wat buitendijksland van beperkte omvang, waaronder de buitendijkse polder Immerhorn. De buitendijkse gebieden zijn in gebruik ten bate van natuur, recreatie of drinkwaterproductie.

Op de rand van het projectgebied (maar niet zichtbaar in de hoogtekaart) ligt in het IJsselmeer het vogeleiland De Kreupel, een 70 ha grote archipel. De Kreupel is tussen 2002 en 2004 aangelegd door zand op een bestaande ondiepte in het IJsselmeer te storten. De voornaamste functie is natuur, als broedgebied voor vogels. Daarnaast ligt er een passantenhaven.

Uit de beschrijving van de historische situatie (zie de beschrijving in het vorige hoofdstuk, met name in paragraaf 2.1) wordt duidelijk dat het oppervlak aan buitendijkse gebieden al honderden jaren geleden sterk is ingeperkt door de bedijking van de Zuiderzee rond de toenmalige polders (in de 13^e en 14^e eeuw). Sindsdien is het buitendijkse land verder gemarginaliseerd als gevolg van de oxidatie van veenlagen en door de afslag door golven. Door de aanleg van de Wieringermeerdijk rond het jaar 1930 is de oeverlengte van het IJsselmeer verkort, en bovendien liggen er langs die dijk in het geheel geen buitendijkse gebieden. De beperkte omvang van buitendijkse gebieden in de Wieringerhoek betekent ook dat de litorale zones, ofwel de natuurlijke land-water overgangen, hier slechts een beperkt areaal beslaan.

Afbeelding 3.1 De maaiveldhoogtekaart (volgens AHN3) toont de beperkte buitendijkse gebieden. Het wateroppervlak is zwartgekleurd weergegeven. Buiten de Wieringermeerdijk ligt nagenoeg geen lagere gelegen, buitendijs land. Langs Westfriesland liggen wel buitendijkse gebieden (De Vooroever) en het gebied ten noorden van Enkhuizen



Het IJsselmeer kent betrekkelijk weinig ondiepe zones. In de Wieringerhoek (langs de Wieringermeer en West-Friesland) neemt de waterdiepte bijna overal over zeer korte afstand toe tot 3 m of meer (afbeelding 3.2). Langs de Wieringermeerdijk tussen Den Oever en 'de knik', neemt de waterbodemoogte over zeer korte afstand uit de oever af tot NAP -3 à -4 m (bij een peil van NAP -0,1 à -0,4 m betekent dat een waterdiepte van tussen de circa 2,5 en 4 m). Vlak voor de spuisluizen bij Den Oever liggen enkele opvallende ondiepten (zichtbaar in profiel 1); hier zit keileem in de ondergrond. Aan het einde van profiel 2 is de vaargeul zichtbaar, die vanaf dat punt (bij profiel 2 circa 3 km uit de kust) duidelijk richting het sluiscomplex loopt. Vanaf de knik in de Wieringermeerdijk tot aan Medemblik neemt de waterdiepte nog sneller af vanuit de oever en liggen bovendien op wat grotere afstand (circa 1 km, zie profiel 3) nog diepere zones.

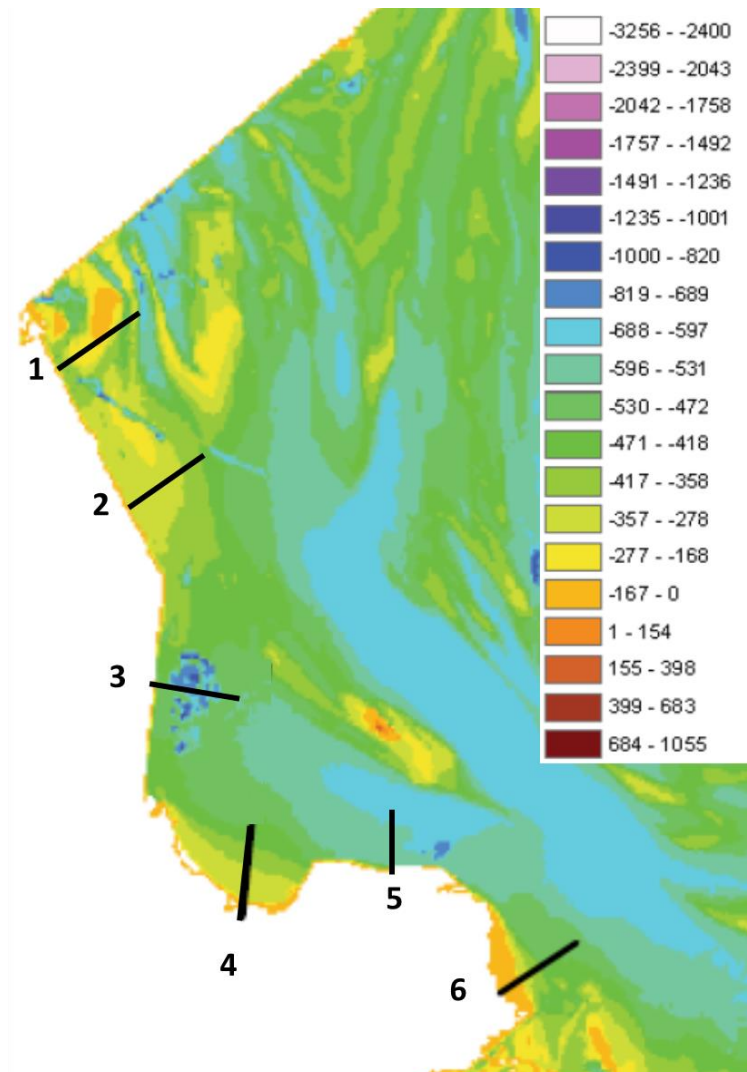
Langs het buitendijkse gebied bij Onderdijk (De Voorlanden) ligt een circa 200 m brede zone waar de waterdiepte geleidelijk afloopt van 1 tot ongeveer 2 m (profiel 4). Bij Andijk neemt de waterdiepte juist zeer snel uit de oever sterk toe (profiel 5). Bij Enkhuizen ligt een enkele honderden meters brede zone waar de waterdiepte circa 0,5 tot 1 m bedraagt (afhankelijk van het peil, profiel 6). Na de ondiepte loopt de waterbodemoogte snel af waardoor de waterdiepte met 2 m toeneemt.

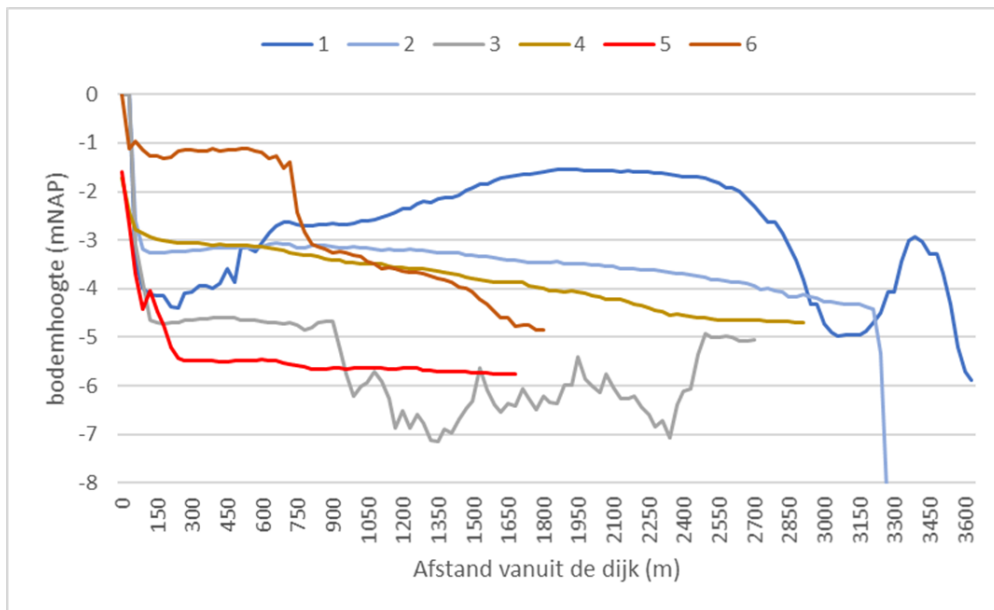
Net als dat er geen of weinig buitendijsland aanwezig is langs de IJsselmeerkust in de Wieringerhoek, is er ook geen geleidelijk diepteverloop van de onderwaterbodem. Niet alleen het terrestrische aspect van de land-water overgangen ontbreekt grotendeels (de overstromingsgraslanden), maar ook het aquatische

aspect (met rietmoerassen en ondiepe zones waar waterplanten kunnen groeien) van deze overgangen is nauwelijks aanwezig.

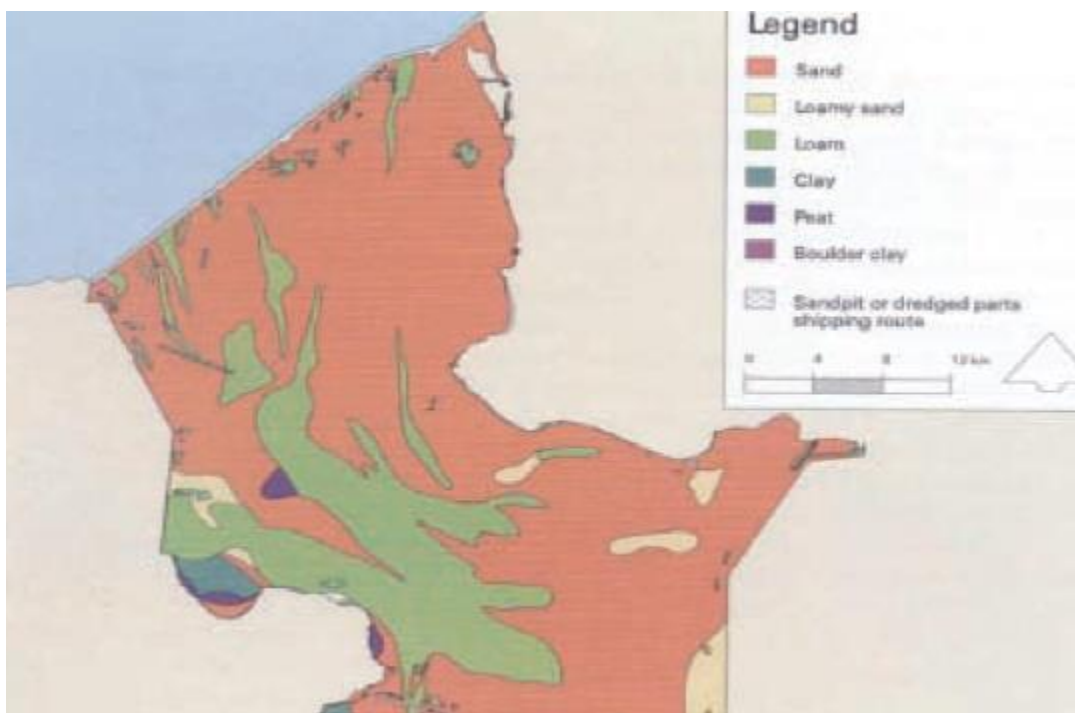
De waterbodem van het IJsselmeer in de Wieringerhoek bestaat vooral uit zand en (kei)leem (afbeelding 3.3). De sedimentverdeling van de toplaag van de bodem hangt samen met de diepteverdeling: sinds de afsluiting van de Zuiderzee is slib (geërodeerd van oevers aan aangevoerd met rivieren) vooral in de oude geulen gesedimenteerd (Noordhuis 2010).

Afbeelding 3.2 Boven: bodemhoogte (in cm NAP) (bewerking van Noordhuis 2010). Onder: bodemhoogte verloop in zes profielen dwars op de Wieringermeerdijk (1 t/m 3) en Westfriese Omringdijk (4 tot en met 6) (waterdieptekaart IJsselmeer 2013, geoservices Rijkswaterstaat)





Afbeelding 3.3 Bodemkaart van de toplaag van het IJsselmeer (overgenomen uit Noordhuis 2010, kaart uit 2006)



3.2.3 Watersysteem

De 'watersysteemkaart' geeft een indruk van het waterbeheer en de belangrijkste waterstromen in en tussen de watersystemen binnen het projectgebied Wieringermeer: het IJsselmeer, de aangrenzende polders en de Waddenzee (afbeelding 3.5). De grootste instrooming is de afvoer van de IJssel (70 %) en het Zwarte Water (10-20 %). Andere instroompunten zijn de boezem- en poldergemalen in Flevoland, Overijssel, Friesland en Noord-Holland. Vanuit het IJsselmeer wordt water ingelaten naar de omliggende polders ten bate van de watervoorziening in de zomer (weergegeven met de rode pijltjes in de watersysteemkaart). Hieronder wordt daar verder op ingegaan. Het wateroverschot van het IJsselmeer wordt via 2 spuicomplexen onder vrij verval op de Waddenzee geloosd. Er kan alleen gespuid worden als de waterstand van de Waddenzee voldoende laag is: in de winter is dat gemiddeld maar zo'n 4 tot 6 uur per dag het geval ('spuivenster').

In onderstaand kader wordt ingegaan op de toekomstige ontwikkelingen met betrekking tot de afvoercapaciteit. De verblijftijd in het IJsselmeer is ongeveer 3 ('s winters) tot 5 ('s zomers) maanden.

Toekomstige ontwikkelingen afvoer IJsselmeer

Vanwege de zeespiegelstijging in de afgelopen eeuw (20 cm) en de voorspelde stijging in de komende eeuw (20 tot 60 cm) wordt het spuivenster steeds korter. Bovendien wordt verwacht dat de neerslag in de komende tijd toe zal nemen als gevolg van klimaatverandering. Daarom wordt op dit moment (2019) gewerkt aan de vergroting van de afvoercapaciteit bij Den Oever, waarbij zowel extra spuikokers als ook 2 gemalen gebouwd worden.

Met de afvoer via de spuisluizen wordt het peil van het IJsselmeer beheerd. Het IJsselmeer heeft een tegennatuurlijk peilbeheer. Dat wil zeggen dat het winterpeil lager is dan het zomerpeil, tot voor kort respectievelijk NAP -0,40 en -0,20 m. In 2018 is een nieuw peilbesluit vastgesteld. Hierin is het zomerpeil flexibeler gemaakt, namelijk: NAP -0,10 à -0,30 m (afbeelding 3.4). Het winterpeil is niet aangepast. Met dit nieuwe peilbeheer is een iets natuurlijker peilverloop mogelijk door een verhoging van het peil in het voorjaar, en kan tegelijkertijd een grotere waterbuffer in de zomer gecreëerd worden. De genoemde peilen zijn streefpeilen, en worden lang niet altijd strak gehaald. Dit onder meer als gevolg van de beperkte en variërende spuicapaciteit (die bijvoorbeeld afhankelijk is van de waterstand in de Waddenzee, die behalve door het getij ook door de wind beïnvloed wordt). Bovendien kunnen er door windopzet behoorlijke peilverschillen binnen het meer zelf ontstaan. De daggemiddelde waterhoogte bij Den Oever ligt doorgaans tussen de NAP -40 en -20 cm (grafiek in Afbeelding 3.4). In de winter van 2018 lag het peil enige tijd wat hoger (NAP 0 tot +20 cm). Verder valt uit de grafiek op te maken dat de dagelijkse schommelingen gering zijn (het verschil tussen de minimale en maximale waterhoogte per dag is gemiddeld zo'n 13 cm).

Afbeelding 3.4 Boven: toegestane peilfluctuaties in het IJsselmeer-Markermeer. Onder: gemeten waterhoogte in het IJsselmeer bij Den Oever (RWS meetpunt Den Oever binnen).



Gezien de lange verblijftijd is de gemiddelde stroomsnelheid in het IJsselmeer gering, natuurlijk uitgezonderd vlak voor de spuilsuizen. De wind zorgt voor ruimtelijke en temporele variaties in de stroomsnelheid.

Een groot deel van Noord-Nederland ontvangt water vanuit het IJsselmeer(gebied). In totaal is circa 30 % van Nederland afhankelijk van de zoetwatervoorraad in het IJsselmeer. In de Wieringerhoek liggen inlaten naar de Amstelmeerboezem, Wieringermeer en naar de polders van West-Friesland Het Grootslag en Vier Noorderkoggen. Deze inlaten zijn met rode pijltjes weergegeven op de watersysteemkaart. Deze waterstromen dienen dus niet het peilbeheer van het IJsselmeer, maar dat van de polders. Bovendien ligt er bij Andijk een innamepunt voor drinkwaterproductie (zie onderstaand kader).

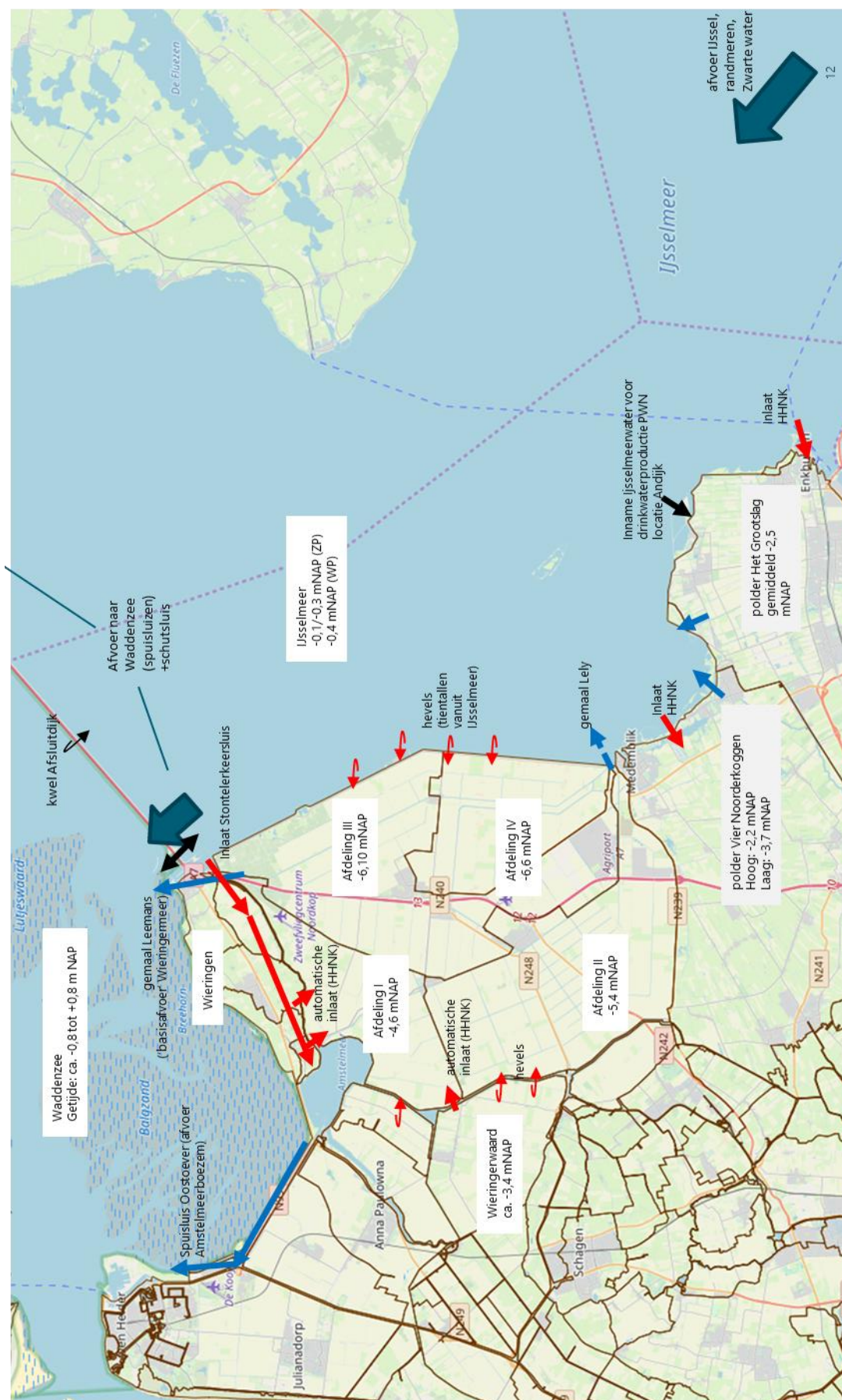
Inname IJsselmeerwater voor drinkwaterproductie (PWN) (bron: Tim de Rudder, PWN)

Buiten de IJsselmeerdijk liggen bij Andijk 2 spaarbekkens van beide circa 40 ha. De spaarbekkens zijn door een dijk gescheiden van het IJsselmeer. Het water in de westelijk gelegen bekken is bestemd voor de drinkwaterproductie (Pompstation Andijk), het water in de oostelijk gelegen bekken voor infiltratie in de duinen (Waterwinstation Prinses Juliana). Op jaarbasis wordt 90 à 95 miljoen m³ water uit het IJsselmeer ingenomen. Ter vergelijking: via de beide sluiscomplexen in de Afsluitdijk wordt op jaarbasis in orde van grootte 16 miljard m³ water gespuid naar de Waddenzee. In dat perspectief is de inname voor drinkwaterproductie dus gering. Echter, in droge maanden met een geringe rivierafvoer wordt de inname voor drinkwaterproductie een relatief grotere post op de waterbalans.

Het peil in de bekkens, die wel meer dan 10 m diep zijn, mag niet meer dan 1 m uitzakken ten opzichte van het IJsselmeerpeil. Dit in verband met de stabiliteit van de dijk. Dit betekent dat beide bekkens een watervoorraad van 400.000 m³ bevatten: deze voorraad kan een week tot 10 dagen voorzien in de drinkwaterproductie (westelijke bekken) en 3 à 4 dagen in de voorzuivering voor infiltratie (oostelijk bekken). Deze voorraad wordt aangesproken op het moment dat er geen water vanuit het IJsselmeer kan worden ingelaten, bijvoorbeeld vanwege een te hoog zoutgehalte. De inname stopt automatisch wanneer het chloridegehalte in het IJsselmeer tot boven de 140 mg Cl/l stijgt. De wens van PWN is om over een grotere buffer te beschikken waarmee, in geval van calamiteiten op het IJsselmeer, voldoende voorraad is om de drinkwaterproductie 4 weken lang door te laten gaan. Hiervoor is een extra capaciteit van 1,5 miljoen m³ nodig. Het is thans nog niet duidelijk waar extra spaarbekkens moeten komen, mogelijke locaties zijn ten noorden van de huidige bekkens, rondom de Kreupel of langs de Houtribdijk.

Vanuit het IJsselmeer is er wegzijging naar het diepe grondwater. Vanuit de Waddenzee komt er water het IJsselmeer binnen via kwel (onder de Afsluitdijk door vanwege de gemiddeld lagere waterstand in het IJsselmeer dan in de Waddenzee), en via de schutsluizen en spuilsuizen. In de volgende paragraaf wordt verder ingegaan op de zoutbelasting van het IJsselmeer.

26 | 72 Witteveen+Bos | 114828-4.1/19-018.739 | Definitief 02



3.2.4 Zoutdynamiek en raakvlak met Verkenning Wieringermeer

Zoals beschreven is in de historische kenschets van het gebied (kader in paragraaf 2.1) kende de Zuiderzee een chlorideconcentratie van circa 2.000 mg Cl/l in het zuiden tot circa 15.000 mg Cl/l in het noorden). Na de aanleg van de Afsluitdijk in 1932 is het IJsselmeergebied binnen enkele jaren verzoet (tot onder de 200 mg Cl/l). De jaargemiddelde concentratie ligt tegenwoordig rond de 100 mg Cl/l. Bij de indeling van estuariene zones over de zoet-zoutgradiënt wordt het water tot een concentratie van 300 mg Cl/l als zoet aangemerkt (tabel 3.2). Echter, voor de waterkwaliteit van het IJsselmeer geldt vanuit de Kaderrichtlijn Water een normwaarde van maximaal 200 mg Cl/l (zomergemiddeld). De inname van IJsselmeerwater voor de drinkwaterproductie bij Andijk sluit automatisch bij een chlorideconcentratie van circa 140 mg Cl/l. Kortom, binnen de zoete (limnetische) zone zijn weer verschillende chloridenormen te onderscheiden, afhankelijk van de functie.

Tabel 3.2 Indeling estuariene zones naar saliniteit. De weergegeven chlorideconcentratie (mg/l) is berekend door het zoutgehalte (psu) te delen door 1,8 (de Leeuw & Backx 2001; Tangelder et al. 2017)

Klasse	Zone	Chlorideconcentratie (mg Cl/l)	Aanwezigheid van saliniteitsklasse in de Wieringerhoek
zoet (rivierwater)	limnetische zone	< 300	IJsselmeer en instromende rivieren
licht brak	oligohaliene zone	300 - 3.000	Wieringermeer
brak	mesohaliene zone	3.000 - 10.000	Waddenzee (nabij Afsluitdijk)
sterk brak	polyhaliene zone	10.000 - 17.000	Waddenzee
zout (zeewater)	euhaliene zone	> 17.000	Noordzee

Er is geen recente chloridebalans van het IJsselmeer beschikbaar. Er zijn alleen verouderde gegevens beschikbaar (uit het 'Beheersverslag Rijkswateren IJsselmeergebied 2002-2004') en een eerste schatting van de chloridebelasting in de droge zomer van 2018 (met een grote onzekerheidsmarge). De belangrijkste bron van chloriderijk water (licht brak tot brak) is de Waddenzee (via kwel, via lek in de spuisluizen maar vooral via de schutsluizen). Daarnaast wordt er vanuit de Wieringermeer soms brak water uitgemalen via gemaal Lely. De in omvang belangrijkste ingaande waterstromen, de IJssel en het Zwarte water, zijn (tegenwoordig) zeer zoet (rond de 100 mg Cl/l).

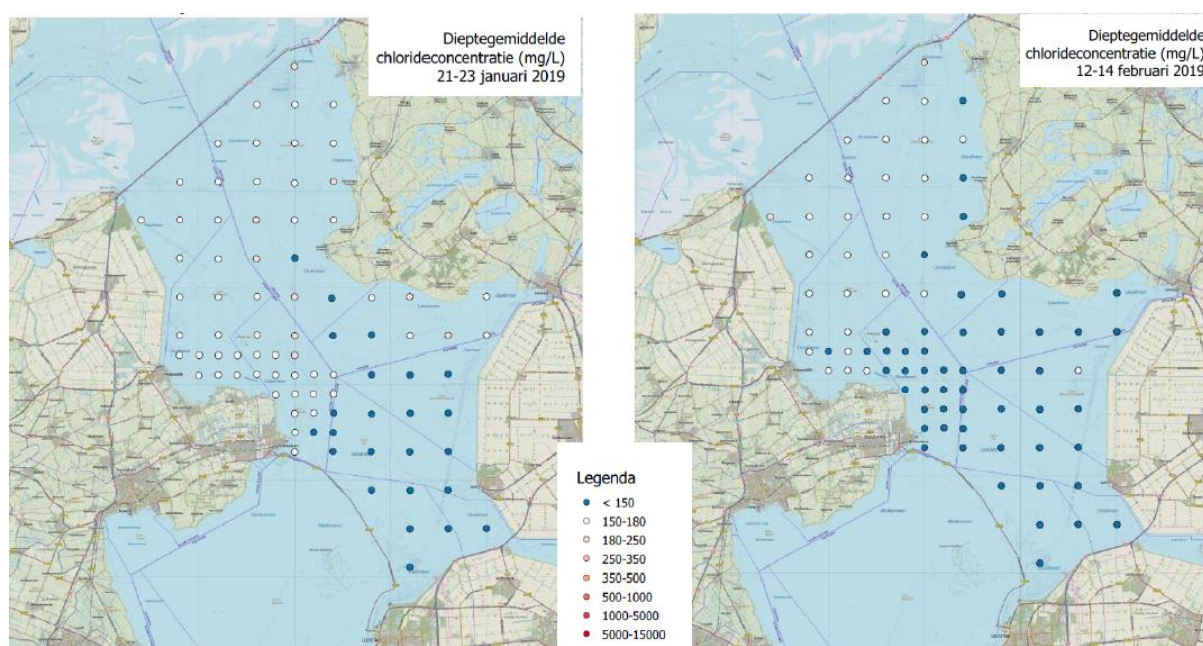
In de extreem droge zomer van 2018 is de chlorideconcentratie in het IJsselmeer sterk opgelopen. Vanwege de droogte is er in juli geen water gespuid op de Waddenzee. Hierdoor is het zoute water dat via de Afsluitdijk binnenkomt (met name via de lekverliezen bij de schut- en spuisluizen) niet teruggespoeld naar de Waddenzee. Achter de spuisluizen (Stevinsluizen) ligt een circa 12 m diepe 'zoutput'. Het zoute water dat via lekken of als gevolg van het spuibeheer¹ naar binnen lekt, zakt vanwege de relatief grote dichtheid (zoutwater is zwaarder dan zoetwater) in de put. Bij gebrek aan spuien is het zoute water middels 'zouthevels' teruggepompt de Waddenzee in. De capaciteit van de hevels was echter onvoldoende om te voorkomen dat het zoute water vanuit de putten zich over het meer is gaan verspreiden. In cijfers: tussen 1 juli en 25 augustus 2018 was er een zoutvracht van gemiddeld 62 kg/s via het lekken van spuisluizen (beide complexen), en verwijderden de zoutwaterhevels gemiddeld slechts 4 kg/s (bron: PowerPointpresentatie van Rijkswaterstaat 'Zoutbalans IJsselmeergebied zomer 2018', 29 augustus 2019). De genoemde getallen kennen een grote onzekerheid. Een tweede belangrijke bron van chloride is de instroom vanuit de Waddenzee door gebruik van de schutsluizen (gemiddeld 45 kg/s in juli en augustus 2018). Achter de schutsluis bij Den Oever ligt de vaargeul (circa 7 m diep). Deze staat echter niet goed in verbinding met de 5 m diepere zoutput achter de spuisluizen, waardoor het zoute water zich geleidelijk door de vaargeul is gaan verplaatsen het meer op.

¹ Vooral bij visvriendelijk spuibeheer kan er water vanuit de Waddenzee het IJsselmeer op stromen. In de zomer van 2018 is deze vorm van spuibeheer niet toegepast om de zoutbelasting zo veel als mogelijk te beperken.

Vanaf augustus is het zoute water zich gaan verspreiden over het IJsselmeer. Hierdoor werd de concentratie bij het innamepunt voor drinkwaterwinning bij Andijk kortdurend zelfs hoger dan 250 mg Cl/l. Tot februari 2019 bleef de concentratie ter hoogte van het innamepunt boven de 150 mg Cl/l (afbeelding 3.6). Pas eind maart 2019 is het IJsselmeer weer 'ontzilt' (< 150 mg Cl/l). Tijdens deze periode heeft PWN water ingenomen in de spaarbekkens op momenten dat het 'zoetste' water beschikbaar was. Bovendien vindt er in de bekkens menging plaats met eerder ingenomen, zoeter water. Hierdoor is de drinkwaterproductie door kunnen gaan. Wettelijk is afgesproken dat de jaargemiddelde chlorideconcentratie in het drinkwater én in de bron niet hoger mag zijn dan 150 mg Cl/l. In een onlangs opgeleverde handreiking is opgenomen dat de bron geen hogere pieken mag hebben dan 200 mg Cl/l en dat drinkwater niet hoger mag zijn 250 mg Cl/l.

Uiteraard is de aanwezigheid van een 'zoutbel' van de omvang zoals in het IJsselmeer in 2018 met effect op functies als drinkwaterwinning een onwenselijke situatie. Bij de ecologische inrichting van de Wieringerhoek moet gezocht worden naar kansen om verspreiding van zout door het IJsselmeer tegen te gaan.

Afbeelding 3.6 In januari en februari 2019 zijn extra metingen verricht om de verspreiding van de zoutbel vast te stellen. Bij de grijze bolletjes ligt de chlorideconcentratie boven de 150 mg Cl/l (bron: specialistenoverleg doelstelling zout)



3.2.5 Ecosysteem

Het IJsselmeer vormt een zeer belangrijk ecosysteem voor nationale en internationale natuurwaarden. In het Natura 2000 beheerplan staat dit als volgt verwoordt: 'Het IJsselmeer is als grote zoetwaterplas van nationaal en internationaal belang voor met name vogels. Diverse trekvogels zijn afhankelijk van het IJsselmeer als overwinteringsgebied, als ruigebied of als tussenstop, bijvoorbeeld tijdens de trek van hun broedgebieden in Scandinavië, Noordwest Rusland en Siberië naar de overwinteringsgebieden in West-Afrika. De vogels gebruiken het IJsselmeer dan om op krachten te komen voor het vervolg van hun reis ('opvetten'). Het IJsselmeer is hiermee een onmisbare schakel in het trekvogelnetwerk.'

De biodiversiteit en biomassa's van het ecosysteem IJsselmeer is gedurende verschillende 'regimeshifts' telkens veranderd. Noordhuis (2010) beschrijft in de synthese van zijn rapport enkele belangrijke veranderingen die in de afgelopen decennia hebben plaats gevonden. Voor de internationale betekenis van het gebied zijn vooral de niet-broedvogels van het open water van belang. De populatiegrootte van een tiental vogelsoorten is in de afgelopen decennia echter sterk afgenomen. De oorzaken achter deze afname zijn hoofdzakelijk processen in het gebied, en veel minder externe factoren buiten het gebied. Dat is de conclusie van het wetenschappelijk eindadvies Autonome Neergaande Trendstudie in het IJsselmeergebied

(ANT-IJG, Noordhuis et al. 2014). Als hoofdoorzaak wordt de afname van voedingsstoffen genoemd. Die afname heeft gevolgen voor het hele voedselweb en leidt tot een afname van de populatiegrootte van diverse vis- en vogelsoorten.

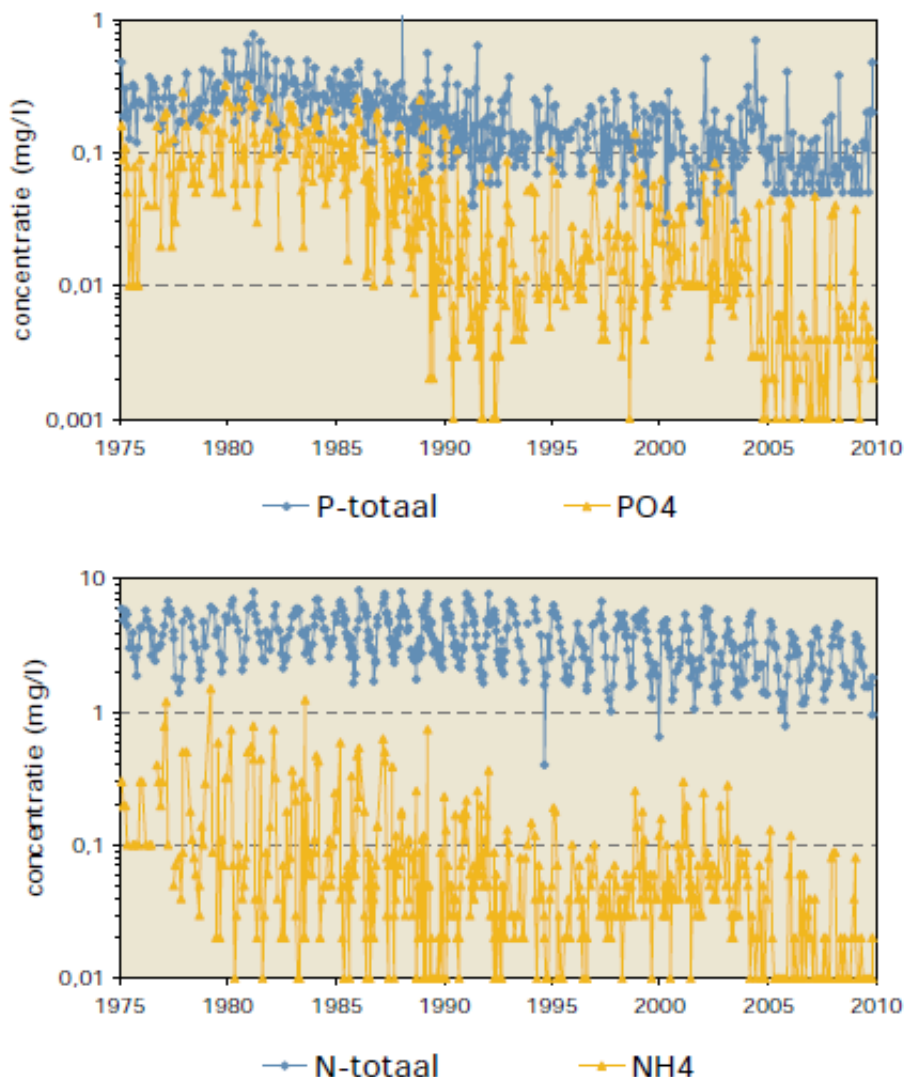
Hieronder worden de ontwikkelingen van het ecosysteem beschreven per component uit het voedselweb, te beginnen met de nutriënten. Nutriënten staan aan de basis van het voedselweb, en veranderingen in de nutriëntenbelasting hebben in de afgelopen decennia gevolgen gehad voor het hele ecosysteem. Daarna volgt een beschrijving van het fytoplankton, macrofauna (met nadruk op de mosselen die een bijzonder belangrijke rol spelen), ondergedoken waterplanten, vissen en vogels. Ten slotte volgt een conclusie waarin wordt ingegaan op de aanwezige habitattypen in de Wieringerhoek.

Nutriënten

De fysisch-chemische en biologische waterkwaliteit van het IJsselmeer is de afgelopen decennia aan grote verandering onderhevig geweest. Een belangrijke sturende factor in de waterkwaliteit is de externe nutriëntenbelasting (Noordhuis et al. 2014, STIJ 2016). Deze was in de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw zeer hoog door ongezuiverde organische lozingen vanuit steden en via de rivieren. In de jaren '60 werden de organische lozingen steeds meer gezuiverd, maar bleef de aanvoer van opgeloste nutriënten hoog. Vanaf de jaren '80 zijn ook maatregelen genomen om de opgeloste nutriënten te verwijderen. De totale externe nutriëntenbelasting is daardoor sterk gaan dalen.

De dalende nutriëntenbelasting (fosfor en stikstof) wordt weerspiegeld in de nutriëntenconcentraties in het IJsselmeer (afbeelding 3.7). Met name tussen 1980 en 1990 is de concentratie P-totaal in het IJsselmeer sterk gedaald; tussen 1990 en 2010 is de concentratie P-totaal nog iets verder afgenomen. Sinds 2005 ligt de concentratie P-totaal vaak onder de rapportagegrens van 0,05 mg P/l. De belangrijkste aanvoer van fosfor naar het IJsselmeer is, via de IJssel, de Rijn. De concentratie P-totaal in de Rijn is inmiddels gedaald tot de concentraties van voor de sterke eutrofiering. In tegenstelling tot fosfor vertoont de stikstofconcentratie een minder sterke daling in de jaren '80 van de vorige eeuw; stikstof vertoont een meer geleidelijke daling die nog steeds aan de gang is.

Afbeelding 3.7 Verloop van de fosfor- en stikstofconcentraties in het IJsselmeer (Noordhuis 2010)



Door een afname van de beschikbaarheid aan vooral fosfor is de voedingswaarde van organismen onderin de voedselketen, zoals algen, verminderd. In de ANT-studie wordt dit als een van de belangrijkste oorzaken genoemd voor de achteruitgang van diverse vogelsoorten aan het eind van de vorige eeuw (Noordhuis et al. 2014). Ook is de afgenomen externe nutriëntenbelasting een van de oorzaken voor de teruggelopen visbestanden (STIJ 2016). In de hierna volgende paragrafen wordt verder ingegaan op de toestand van deze soortgroepen.

Kaderrichtlijn Water

Het IJsselmeer is een KRW-waterlichaam met watertype M21 (grote diepe gebufferde meren). Volgens de KRW-factsheet was de biologische toestand van het IJsselmeer in 2018 'goed' op de maatlat voor macrofauna en overige waterflora, en 'matig' op de maatlat voor vis en fytoplankton (factsheet KRW v3.63). De biologie ondersteunende parameters scoren meest 'goed', behalve het doorzicht ('slecht') en de hoeveelheid stikstof ('ontoereikend').

Fytoplankton en doorzicht

Het verloop van de nutriëntconcentraties sinds de jaren '80 van de vorige eeuw is niet 1 op 1 terug te zien in de hoeveelheid fytoplankton. In de zomermaanden is de hoeveelheid chlorofyl-a (een maat voor de hoeveelheid algen) afgenomen van gemiddeld circa 100 $\mu\text{g chl-a/l}$ (in 1987-1995) naar gemiddeld circa 70

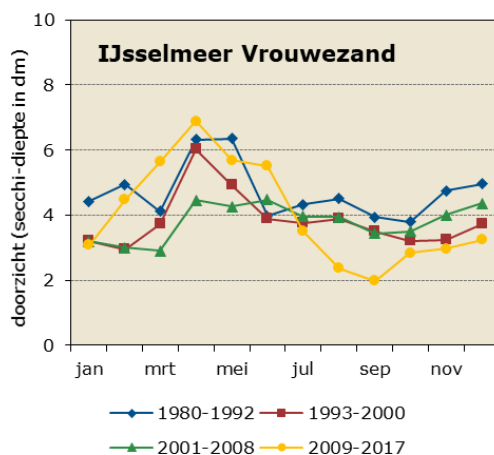
$\mu\text{g chl-f-a/l}$ (in 1996-2007). De jaargemiddelde fytoplanktonbiomassa is echter nauwelijks veranderd. Wel is er een verschuiving opgetreden door het jaar heen, met hogere biomassa's in het voorjaar en lagere biomassa's in de zomer (R. Bijkerk in Noordhuis 2010). Een belangrijke verandering in het fytoplankton in het IJsselmeer is dat het aandeel kleinere algen groter is geworden. Dit kan het doorzicht extra verlagen, doordat een groot aandeel kleine algen tot extra scattering (weerkaatsing) van licht leidt.

Een andere belangrijke verandering is dat het fytoplankton in reactie op de verminderde nutriëntenbelasting minder fosfor is gaan bevatten (Noordhuis et al. 2014). Hierdoor hebben de algen minder voedingswaarden gekregen voor de organismen die van algen leven, zoals mosselen en zoöplankton.

Fytoplankton vormt samen met andere zwevende delen zoals dode algen en opgewoeld organisch en anorganisch sediment het zwevend stof. Alle zwevende deeltjes zijn samen in grote mate bepalend voor de mate van uitdoving van licht in het water, en dus bepalend voor het doorzicht van het water. Het zwevend stof bestaat in het IJsselmeer voor circa 50 % uit organisch materiaal. Tussen 1970 en 2010 is er geen duidelijke trend in de concentratie zwevend stof, maar wel vallen de hoge concentraties in de jaren '80 op (rond het jaar 2000 deden die zich echter ook weer voor). Zoals hierboven is uitgelegd, is ook de hoeveelheid fytoplankton niet evenredig afgenomen met de nutriëntconcentraties. Alleen in de zomermaanden is de hoeveelheid chlorofyl-a gedaald. Het positieve effect van deze afname op het doorzicht wordt echter beperkt doordat het aandeel kleinere soorten is toegenomen ten koste van het aandeel grotere soorten.

In de metingen is dan ook te zien dat het doorzicht in het IJsselmeer sinds de jaren '80 van de vorige eeuw nauwelijks is verbeterd (afbeelding 3.8). In de laatste 10 jaar (2009-2017) is het doorzicht wel iets verbeterd, vooral in het voorjaar. Dit is vermoedelijk toe te schrijven aan de filterwerking van de quaggamosselen (persoonlijke mededeling Ruurd Noordhuis, 9 juli 2019). Het lijkt er op dat de mosselen gedurende de zomer het water niet helder kunnen houden doordat de algenbloei te sterk is. Het doorzicht kan lokaal overigens wel beter zijn, bijvoorbeeld in beschutte luwe delen.

Afbeelding 3.8 Het maandgemiddelde doorzicht in het IJsselmeer in 3 perioden (aangeleverd door R. Noordhuis 9 juli 2019)



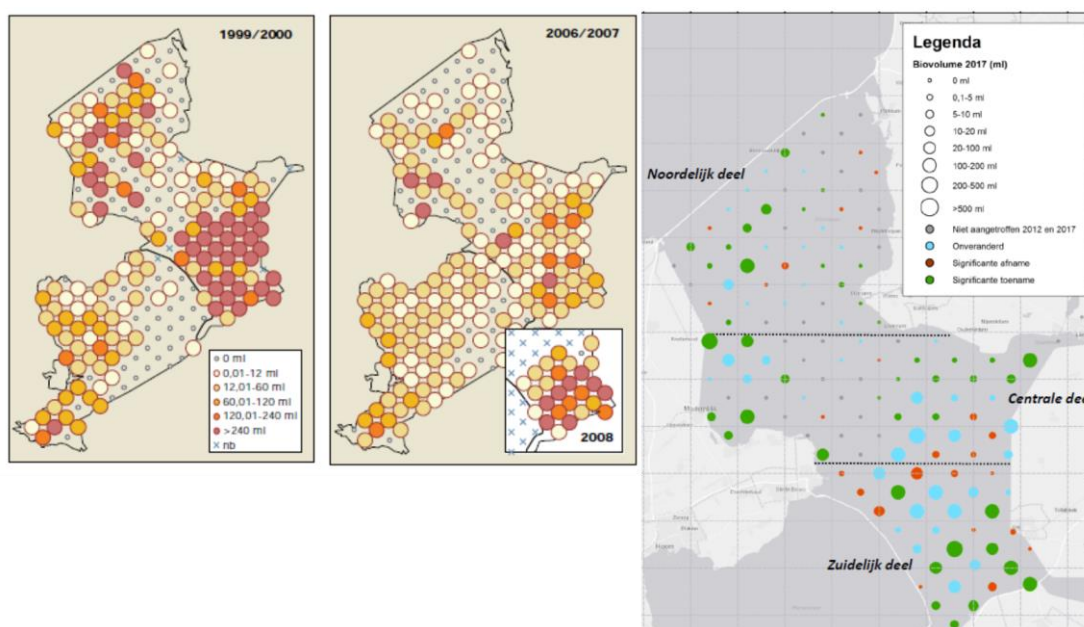
Macrofauna

Macrofauna is om verschillende redenen belangrijk voor het ecosysteemfunctioneren, met name vanwege de plek in het voedselweb (als voedselbron voor vissen en vogels) en vanwege de filterende werking van sommige soorten. Asjes (2000) beschrijft de bodemdierenfauna in het IJsselmeer als redelijk homogeen, waarbij 'wormen en insectenlarven een belangrijke rol spelen en lokaal de driehoeksmossel zeer dominant is'. Het zijn overwegend zoete soorten die voorkomen.

Mosselen vervullen 2 belangrijke functies binnen het ecosysteem (voedselbron en filteren) en zijn daarmee van bijzonder belang in het IJsselmeergebied. Vanwege het grote formaat en de hoge dichtheden zijn met name de driehoeksmossel en, vanaf 2006, de quaggamossel van grote invloed op het voedselweb en op de waterkwaliteit. Noordhuis (2010) beschrijft de ontwikkeling van de driehoeks- en quaggamosselen (*dreissena's*) in het IJsselmeer. In het IJsselmeer is de populatie van driehoeksmosselen tussen 1999 en 2007 drastisch afgenomen (afbeelding 3.9 linker 2 kaartjes). Daarna lijkt de populatie weer iets te zijn hersteld, al is een exacte vergelijking lastig vanwege het grovere raster (afbeelding 3.9 linker kaartje). In 2017 bestond de *dreissena* populatie voor 96 procent uit quaggamosselen (Moedt 2017). Behalve de afname van de dichtheid aan mosselen is ook, vanwege de verminderde fosforbeschikbaarheid, de voedingswaarde van de mosselen afgenomen (Noordhuis et al. 2014).

In de Wieringerhoek was de dichtheid aan *dreissena's* in 1999 hoog. In 2007 is de dichtheid sterk afgenomen. In 2017 is de dichtheid weer hoger dan in 2006/2007, maar niet zo hoog als het niveau in 1999/2000.

Afbeelding 3.9 Links: kartering biovolume (in ml/m^2) driehoeksmosselen in 1999/2000 en 2006/2007 (Noordhuis 2010). Rechts: kartering biovolume (in $\text{ml}/0,25 \text{ m}^2$) *dreissena's* in 2017 (grote van de cirkels) en het verschil ten opzichte van 2012 (groen = significante toename) (Moedt 2017)

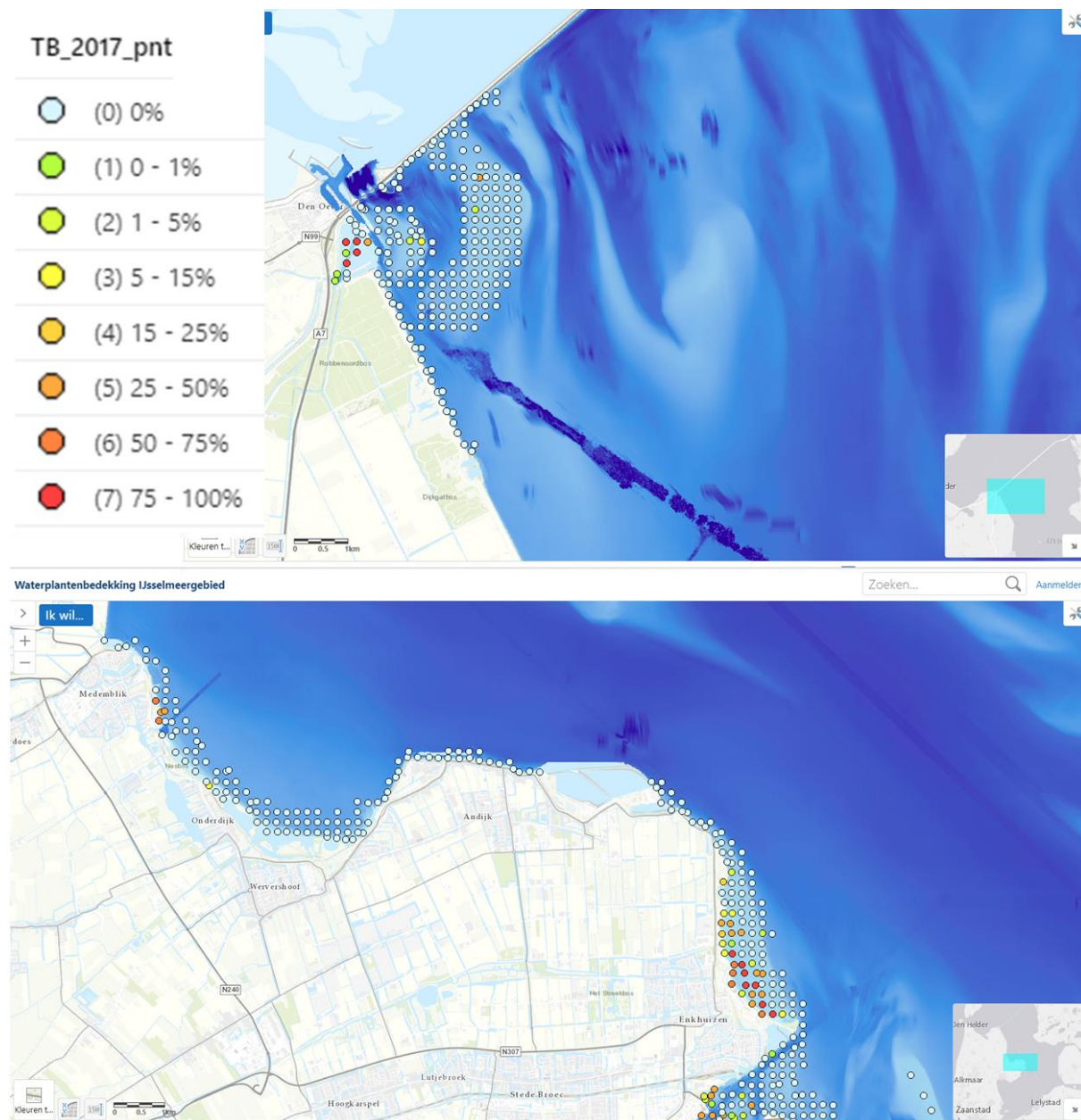


Ondergedoken waterplanten

Velden met ondergedoken waterplanten vormen een belangrijke functie in ondiepe zoete meren. Deze velden vormen een belangrijk habitat voor onder meer vissen en vogels en hun voedselorganismen. Bovendien beperken waterplanten de resuspensie van bodemmateriaal en vangen ze zwevend stof uit het water af.

In 2017 is de waterplantbedekking in het IJsselmeer in kaart gebracht (in de zone van 0 tot 3 m waterdiepte). Langs de Wieringermeerdijk is alleen de strook vanaf Den Oever tot aan het noordelijke wiel geïnventariseerd; langs de rest van de dijk is de waterdiepte vrijwel meteen meer dan 3 m. In de geïnventariseerde zones in de Wieringerhoek zijn waterplanten beperkt tot de Zuiderhaven (de kom tussen gemaal Leemans en de Stevinsluizen), de oevers voor Medemblik en vooral Enkhuizen (afbeelding 3.10). Dit zijn relatief ondiepe (circa 1 m water diepte) en beschutte plekken. Hier groeien vooral kranswieren en fonteinkruiden.

Afbeelding 3.10 De waargenomen totale bedekking aan waterplanten in Wieringerhoek (bron: geoservices.rijkswaterstaat.nl, waterplantenkartering 2017, dieptekaart)



Volgende doorzicht is een voorwaarde voor de groei en ontwikkeling van waterplanten. Als vuistregel wordt doorgaans aangehouden dat het doorzicht 60 % van de waterdiepte moet bedragen. Bij het huidige doorzicht in het IJsselmeer, van circa 50-70 cm in het begin van het groeiseizoen (afbeelding 3.8), zouden dan alleen waterplanten kunnen groeien in de zone tot 1 m waterdiepte. Dit klopt ook wel met de bevindingen in de Wieringerhoek waar de waterplanten nagenoeg beperkt zijn tot de ondiepe oeverzone bij Enkhuizen, waar tot een halve km uit de oever de waterdiepte circa 1 m bedraagt (profiel 6 in afbeelding 3.2).

Waterplantenproblematiek in het IJsselmeergebied

De aanwezigheid van waterplanten is cruciaal voor een goede ecologische toestand van een ondiep meer. In de Wieringerhoek groeien nauwelijks waterplanten, maar in andere delen van het IJsselmeer(gebied) wel. Daar leidt de dichte begroeiing van ondergedoken waterplanten soms tot overlast voor bijvoorbeeld de

recreatievaart. In reactie daarop worden waterplanten vaak gemaaid. De verschillende functies kunnen zo in conflict raken. Marcel van den Berg, senior adviseur waterkwaliteit en ecologie van Rijkswaterstaat, geeft aan: *'Vanuit Rijkswaterstaat staat onze rol als waterkwaliteitsbeheerder voorop. Vanuit een vastgelegd kader nemen wij maatregelen om ervoor te zorgen dat wij het doel van goede waterkwaliteit, dat vastgelegd is in de waterwet, blijven nastreven. Daarnaast is het onze taak om de hoofdvaarwegen waterplantvrij te houden en ervoor te zorgen dat deze goed en vlot bevaarbaar blijven. Dus als er belemmeringen zijn, dan ondernemen wij actie. Doordat de hoofdvaarwegen maar een relatief klein deel zijn van een groot waternetwerk, kunnen we de waterkwaliteit ook blijven waarborgen als enkele waterplanten worden gemaaid in dit gebied.'* (bron: online interview met Marcel van den Berg op 19 augustus 2019).

Vissen

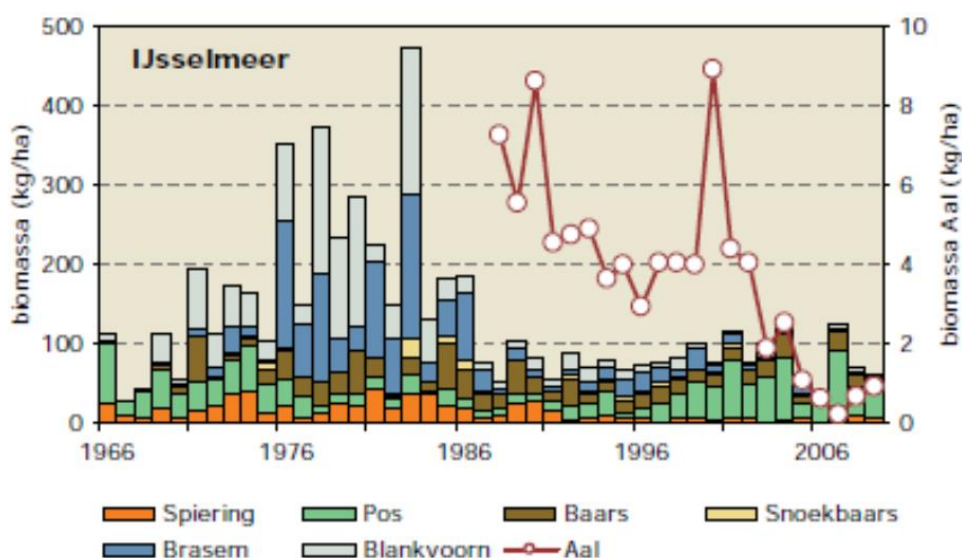
Achtereenvolgens wordt ingegaan op de samenstelling van de visstand, een korte beschrijving van de meest algemene soorten en op de migratiemogelijkheden.

De visstand in de Wieringerhoek is normaal gesproken niet afwijkend van die van het hele IJsselmeer. De verbraking van het noordelijk deel van het IJsselmeer tijdens de extreme droogte van 2018 heeft wel een groot, maar tijdelijk effect gehad (zie het kader verder hieronder 'Visstand in reactie op de zoutindringing in de zomer van 2018').

Ontwikkeling visstand in relatie tot het habitat

De visstand in het IJsselmeer wordt gedomineerd door een beperkt aantal soorten, te weten de zoetwatervissoorten snoekbaars, brasem, blankvoorn, baars en pos en de zoet-zout rheofiele soorten spiering en aal. Afbeelding 3.11 geeft inzicht in de ontwikkeling van de biomassa van deze 7 soorten vanaf 1966. Ook bot komt algemeen voor, maar heeft een veel lagere biomassa dan deze 7 soorten. In totaal worden er meer dan 30 vissoorten in het IJsselmeergebied aangetroffen (zie onder andere Noordhuis, 2001), maar de bovenstaande vissoorten vertegenwoordigen het overgrote deel (veelal meer dan 80-90 %) van de biomassa en domineren derhalve het voedselweb. Deze soorten behoren tot de visgemeenschappen van het open water met overwegend soorten die houden van kaal open water (brasem, snoekbaars, pos, spiering) of daar tolerant voor zijn (baars, blankvoorn, paling). Daarnaast zijn er exotische soorten van hard substraat zoals grondels. Voor plantminnende vissoorten en voor soorten vanloedvlaktemilieus is het IJsselmeergebied aanzienlijk minder geschikt en deze visgemeenschappen zijn dan ook vrijwel geheel afwezig.

Afbeelding 3.11 Ontwikkeling van de visstand in het IJsselmeer op basis van bemonsteringen met de grote kuil (staafdiagram, linker as) en, voor aal, elektrokor (lijn, rechter as). Gestandaardiseerde visbiomassa in kg/ha. Overgenomen uit Noordhuis 2010.



De paaiomstandigheden zijn voor sommige van de nu dominante soorten brasem en blankvoorn wellicht beperkend, omdat ze ondiep, opgewarmd en plantenrijk water prefereren dat er weinig is. Er zijn aanwijzingen dat ze daarvoor die condities in gebieden verder weg zoeken, zoals de Friese boezem, het Vollenhovermeer en aanliggende polders zoals bij Medemblik. Kennelijk migreren veel nakomelingen naar het IJsselmeer-Markermeer, waardoor deze situatie hun dominante positie niet in de weg staat. Wel is de productie van soorten van het open water nu lager dan die zou kunnen zijn wanneer (binnen- en buitendijks gelegen) begroeide oeverzones en vloedvlaktemoeras onderdeel zouden uitmaken van het systeem. Dergelijke gebieden veroorzaken namelijk een significante belasting met nutriënten en organisch materiaal (Cornelissen 2018, Rombouts 2019).

Beschrijving meest algemene soorten (grotendeels overgenomen uit Bureaustudie Vis in het IJsselmeergebied, Witteveen+Bos 2018)

Snoekbaars is een lichtschuwe roofvissoort die voorkomt in de diepe delen van heldere wateren of in ondiep, troebel (eutroof tot hypertroof) water. Hij houdt van wateren met een harde bodem van grind, kiezels en stenen, waarvoor het IJsselmeergebied ideaal is. De soort maakt graag gebruik van obstakels en reliëf en heeft een voorkeur voor bodems met meer dan 50 % structuren (stenen, boomtakken, richels en dergelijke). Deze structuren gebruiken ze om zich te verbergen en te jagen, dus hoe meer structuren hoe beter. Verder vereist snoekbaars relatief zuurstofrijke condities (>4,5 mg/l) en houdt de soort (die oorspronkelijk uit Oost-Europa komt) van relatief warm water. In het relatief koude IJsselmeer-Markermeer is dit een kritische factor voor het recruteringssucces (Buijse, 1992). In het IJsselmeer-Markermeer, en in de Wieringerhoek, is snoekbaars een belangrijke commerciële vissoort waar intensief op wordt gevist met staande netten.

Brasem is één van de meest voorkomende vissoorten in Nederland en is geassocieerd met plantenarm, kaal en troebel, eutroof tot hypertroof water. De eutrofiëring van Nederland na de Tweede Wereldoorlog, waarbij heldere en plantenrijke wateren veranderden in troebele en algenrijke wateren heeft dan ook sterk aan de 'verbraseming' van ons land bijgedragen. Ook in het IJsselmeergebied is brasem qua biomassa een dominante soort. De soort paait in stilstaand, ondiep water (25-75 cm) dat het liefst rijk is aan planten. In het IJsselmeer is dit een schaars substraat waardoor brasems dit in aanliggende wateren opzoeken (onder andere Gerard Manshanden, mond. med.). Afgezien van het paaien is de soort dus vooral te vinden in kale wateren, waarbij een voorkeur bestaat voor zachte bodems waarin ze foerageren op bodemorganismen. Hierbij woelen ze de bodem om en kunnen ze veel voedingsstoffen vanuit de bodem naar de waterfase transporteren. In het IJsselmeergebied wordt brasem commercieel bevestigd, de marktwaarde (prijs per kg) is echter beperkt.

Pos is een kleine baarsachtige (wordt meestal niet meer dan 15 cm groot) die houdt van kaal (geen planten) open water met een zachte bodem. Het is een pioniersoort die nieuwe wateren of sterk veranderde wateren snel en massaal kan koloniseren. In het IJsselmeergebied is pos één van de dominante soorten. De soort wordt niet commercieel bevestigd.

Waar brasem meestal de dominante soort is in troebel kaal eutroof tot hypertroof water, is **blankvoorn** dat in water dat wat minder voedselrijk en wat helderder is en waar ook meer ondergedoken waterplanten voorkomen. Net als brasem bestaat voor de paai een voorkeur voor ondiep (20-60 cm) en plantenrijk (>50 % begroeid) water. Volwassen blankvoorns eten graag slakken en driehoeksmosselen. In het IJsselmeer-Markermeer wordt commercieel op blankvoorn gevist.

Met snoekbaars is **baars** de belangrijkste roofvissoort in het IJsselmeergebied. Het is een zichtjager die in scholen opereert en algemeen geassocieerd is met helderder water dan snoekbaars. In het IJsselmeergebied komen de soorten naast elkaar voor, maar ze beconcurreren elkaar wel: grote snoekbaarzen eten baarzen. Voor het paaien zoekt baars ondergelopen gebieden op, maar wanneer deze niet beschikbaar zijn tolereren ze ook takken, zand of stenen. Oudere vissen komen vooral in open watergebieden voor, maar het is een vissoort die tussen oever en open watergebieden pendelt (OVb, 1988). De soort wordt commercieel bevestigd in het IJsselmeer-Markermeer, voornamelijk met staande netten.

Zoet-zout rheofiele vissoorten benutten voor hun levenscyclus zowel zout als zoet water en migreren derhalve tussen zee en zoet binnenwater. Voor zoet-zout rheofiele soorten zijn goed passeerbare verbindingen tussen de Waddenzee en het IJsselmeer en tussen het IJsselmeer en het achterland belangrijk. Hoewel IJsselmeer en Waddenzee gescheiden zijn door een afsluitdijk zijn er wel kunstmatige doorgangen zoals schut- en spuisluizen en een vispassage bij Den Oever. Deze inrichtingen functioneren, onder andere getuige het voorkomen van populaties paling en bot in het IJsselmeer, maar dit wordt geacht niet optimaal te zijn, vandaar de geplande bouw van de Vismigratierivier. Onder de belangrijkste vissoorten in het IJsselmeergebied zijn 3 zoet-zout rheofiele soorten: spiering, bot en paling. Onderstaand wordt hier kort wat algemene informatie over gegeven.

Spiering is een kleine zalmachtige die van nature opgroeit in zee en zich voortplant in zoet water. In het IJsselmeer is na de aanleg van de Afsluitdijk een zogenaamde 'land-locked' populatie ontstaan, die z'n volledige levenscyclus voltooit in het zoete water. Hierdoor blijven deze spieringen wel kleiner (veelal < 10 cm) en worden ze minder oud (2-3 jaar). In het voedselweb in het IJsselmeer speelt spiering een belangrijke en centrale rol als voedselvis voor roofvissen (baars en snoekbaars) en visetende vogels (futen, eenden et cetera). Spiering komt vooral voor in troebel water voor met een zichtdiepte van minder 75 cm of in de diepe delen van heldere wateren. Spiering paait op hard substraat zoals zand, grind en een steen, maar ook waterplanten. Ze vereisen zuurstofrijk (>6-8 mg/l) en koel water, bij voorkeur minder dan 20 °C. Temperaturen van 25 °C zijn lethaal voor spiering (Sportvisserij Nederland, 2006). In het IJsselmeer en andere wateren in Nederland wordt deze temperatuurgrens af en toe bereikt en treedt massale sterfte op. Tot een aantal jaren geleden werd spiering commercieel bevestigd in het IJsselmeer, maar vanwege de afgenomen populatie worden hier de laatste jaren vanuit natuurbeschermingsoogpunt geen vergunningen meer voor afgegeven.

In tegenstelling tot spiering groeien **botten** graag op in brakke tot zoete wateren, maar zijn ze voor hun voortplanting afhankelijk van zout water. In het IJsselmeer wordt de soort veelvuldig aangetroffen en als bijvangst ook commercieel benut, hoewel het geen belangrijke soort is.

Net als de bot is de **aal** of **paling** een soort die graag opgroeit in brakke en zoete wateren, maar voor de voortplanting afhankelijk is van de zee. In het geval van de aal is dit de Sargassozee, waar alle volwassen dieren (schieralen genoemd) naar toe trekken. De nakomelingen verschijnen in de vorm van glasaaltjes in het vroege voorjaar (maart-april) voor de Nederlandse kust, waar ze in het geval van het IJsselmeergebied via de sluizencomplexen binnentrekken en verder opgroeien in het zoete water. Paling behoort met snoekbaars tot de belangrijkste commerciële vissoorten in het IJsselmeer-Markermeer. De aalvangst in het IJsselmeer zijn vanaf de jaren '60 van de vorige eeuw teruggelopen, gevolgd door een sterke afname van de glasaalintrek sinds 1980. In afbeelding 3.11 staat de verdere afname sinds eind jaren '80 van de vorige eeuw. De afname is het gevolg van vele factoren die zowel binnen als buiten het gebied zelf liggen.

Grotendeels verdwenen soort: haring

Haring was een belangrijke vissoort in de Zuiderzee. Voor de afsluiting van de Zuiderzee was haring goed voor meer dan de helft van de visvangst. Na de afsluiting is haring zo goed als verdwenen. Bij het vismigratieonderzoek in 2007-2009 is echter wel intrek van haring waargenomen (Witteveen+Bos 2009). Vooral bij een gunstig spui-beheer (openen van de spuisluizen bij gering peilverschil tussen Waddenzee en IJsselmeer) en bij 'binnenschutten' kunnen haring en andere soorten het IJsselmeer intrekken. In 2019 was er een haring piekjaar dat merkbaar was in de omgeving van de Afsluitdijk. Hieruit blijkt dat er voor deze soort kansen liggen. De aangepaste spuiregimes kunnen van invloed zijn en anticiperen op toekomstige ontwikkelingen.

Migratiemogelijkheden van en naar Waddenzee en het achterland

Voor zoet-zout rheofiele soorten zijn goed passeerbare verbindingen tussen de Waddenzee en het IJsselmeer nodig. Hoewel IJsselmeer en Waddenzee gescheiden zijn door de Afsluitdijk zijn er wel kunstmatige doorgangen zoals schut- en spuisluizen (in de Wieringerhoek de Stevin sluizen) en sinds enkele jaren een vishevelpassage bij Den Oever, die ieder migratie tussen Waddenzee en IJsselmeer (en vice versa) mogelijk maken (Slijkerman et al. 2017, Witteveen+Bos 2009):

- het spuien, waarbij IJsselmeerwater wordt afgelaten naar de Waddenzee, geeft mogelijkheden voor migratie van zoet naar zout alsook andersom, van zout naar zoet. Sinds 1992 wordt visvriendelijk spuibeheer toegepast ('visspuien'). Hierbij worden in enkele spuiokers de schuiven op een kier geopend, waardoor de gemiddelde stroomsnelheid lager is dan in de kokers die geheel geopend worden. Het openen van de kier gebeurt al eerder dan het openen van de 'reguliere kokers', op het moment dat het waterstandsverschil tussen de Waddenzee en het IJsselmeer nog gering is. Dit visvriendelijk spuibeheer maakt de intrek mogelijk van (grote) vissen van de Waddenzee naar het IJsselmeer;
- behalve dat met het spuien intrek vanaf de Waddenzee mogelijk is, kunnen vissen ook met de stroom mee het IJsselmeer verlaten. Diadrome vissoorten die naar zee willen trekken kunnen gebruik maken van deze stroom. Door de afwezigheid van een brakwatergebied aan de IJsselmeerzijde van de sluizen krijgen zoetwatervissen geen waarschuwing dat ze de zee naderen. Het spuien leidt daardoor tot een grote sterfte van met name jonge zoetwatervis. Op basis van een groot onderzoek naar de visintrek- en uitspoeling wordt het totale verlies aan zoetwatervissen geschat op 10 % de jaarlijkse bruto productie van zoetwatervissen kleiner dan 15 cm (Witteveen+Bos 2009);
- sinds 2015 is een andere variant van het 'visvriendelijke spuibeheer' ingevoerd ('glasaal maatregel'). Hierbij worden de spuiokers tweemaal per dag gedurende maximaal 5 minuten geopend terwijl de waterhoogte in de Waddenzee nog hoger is dan in het IJsselmeer. Hierdoor stroomt zout water het IJsselmeer in; vissen, ook de kleinere exemplaren en slechte zwemmers, kunnen zo van de Waddenzee het IJsselmeer bereiken;
- visvriendelijk schutsluisbeheer: sinds 2016 wordt 's nachts ieder uur een 'loze' schutting uitgevoerd waarbij water vanuit de Waddenzee wordt ingelaten, en afgelaten naar het IJsselmeer. Hiermee kunnen diadrome vissen vanuit de Waddenzee het IJsselmeer bereiken. Ook uitgespoelde zoetwatervissen kunnen zo (in theorie) terug naar het IJsselmeer. NB. De uitvoering van het visvriendelijke schutsluisbeheer in de praktijk is onduidelijk, de frequentie wijkt wellicht af;
- vishevelpassage: sinds 2016 is een vispassage in werking. De passage ligt tussen de Zuiderhaven (IJsselmeerzijde) en de Waddenzeezijde van de schutsluis. De vishevelpassage is vooral bedoeld voor kleinere vissoorten. Er is een zoete lokstroom vanuit het IJsselmeer gecreëerd, waar de vissen vanuit de Waddenzee tegen op kunnen zwemmen. De vishevelpassage wordt gebruikt door onder meer glasaal; in 2016 gemiddeld 20.000 per dag. Volgens de onderzoekers moet dit efficiënter kunnen, gezien de 1.000.000 glasalen die zich aan de Waddenzeezijde ophouden (maar vooral geconcentreerd liggen voor de uitlaat van de Wieringermeer, gemaal Leemans, en de RWZI) (persoonlijke mededeling Edwin Foekema, per e-mail 11 juli 2019).

Dat deze inrichtingen functioneren voor de intrek van vis blijkt zowel uit vismigratieonderzoek (Witteveen+Bos 2009) als uit het voorkomen van verschillende diadrome soorten in het IJsselmeer. De migratie verloopt echter verre van optimaal, en bovendien is er veel uitspoeling van zoetwatervis, met sterfte tot gevolg. In de Preverkenning IJsselmeergebied is de vismigratie daarom als knelpunt voor de ecologie benoemd.

Visstand in reactie op de zoutindringing in de zomer van 2018

Tijdens een visstandbemonstering in november 2018, uitgevoerd door WMR en ATKB, werd in het open water van het IJsselmeer een zeer afwijkende visstand aangetroffen. De vangst van in totaal circa 100 kg/ha bestond voor 75 % uit baars, waarvan >90 % éénzomerige (0+) exemplaren. Andere soorten werden in marginale hoeveelheden aangetroffen. De visstand toonde een beeld van een pionier-visstand die vaker aangetroffen wordt in nieuwe wateren of recent verzoete wateren (zoals Lauwersmeer of Volkerak-Zoommeer kort na verzoeten). Berichten van enorme concentraties van andere vissoorten zoals blankvoorn in de havens van Medemblik en Urk bevestigen de grootschalige wegtrek van vis vanuit het open water van het IJsselmeer, waarschijnlijk ingegeven door de zoutindringing. Dit is een interessante waarneming in het licht van de wens om de uitspoeling van zoetwatervis bij de spuisluizen te voorkomen.

De vismigratiemogelijkheden met het achterland (polders en boezems van Noord-Holland) worden hieronder per connectie (gemaal, inlaat et cetera) beschreven (zie ook de kaart in afbeelding 3.5 voor de ligging van de genoemde connecties). De informatie is afkomstig van Rik beentjes van HHNK (per e-mail, 7 oktober 2019). De belangrijkste poldergemalen die afwateren op het IJsselmeer (Lely, Vier Noorderkoggen en Grootslag) zijn of worden op korte termijn visveilig (hooguit een geringe schade aan vis die uitgemalen

wordt). Ook zijn of worden er voorzieningen voor de intrek vanuit het IJsselmeer naar de Amstelmeerboezem en de polders gerealiseerd.

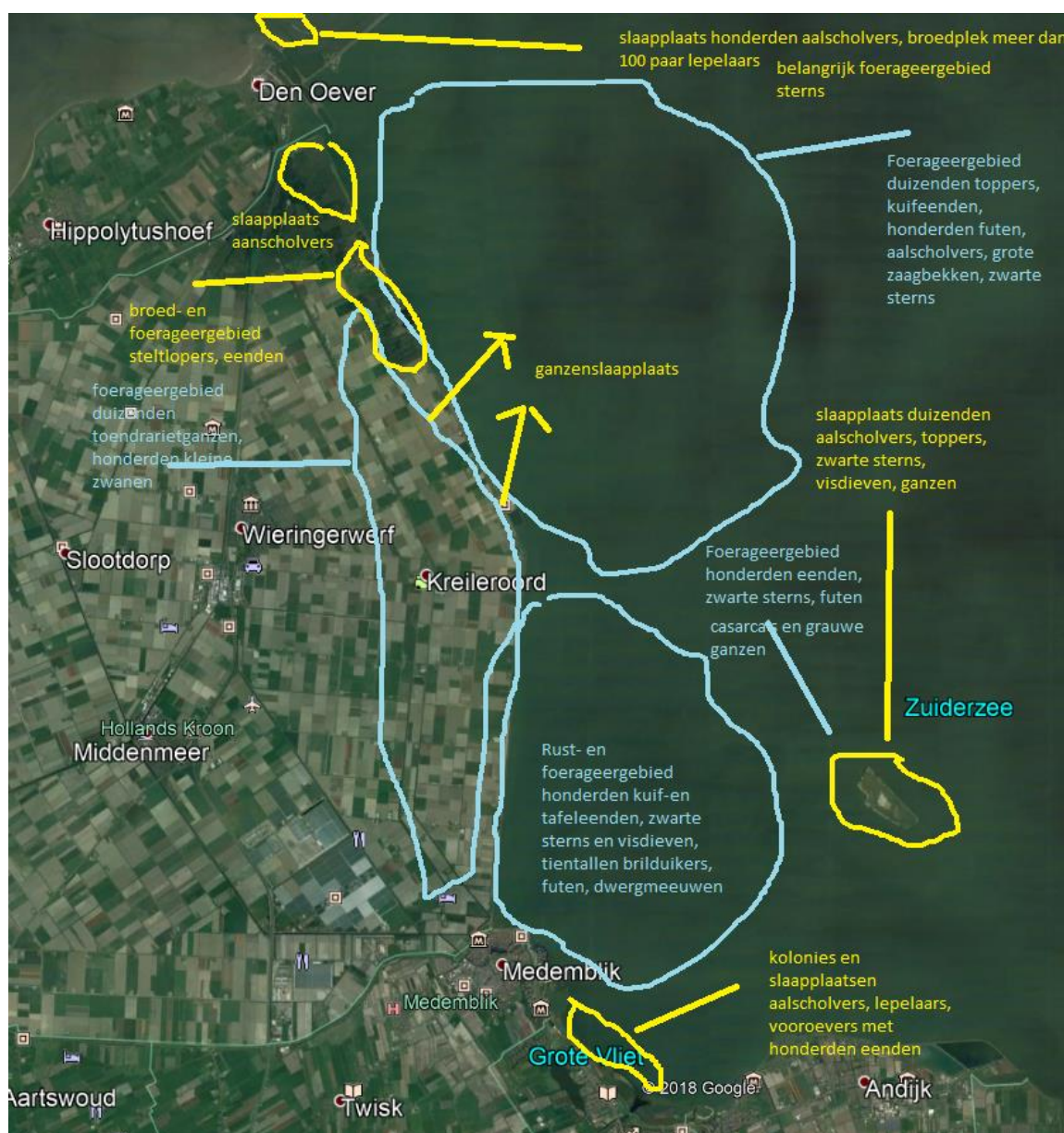
- Wieringermeer:
 - op dit moment is het waterschap bezig om de waaiers (3 pompen, 3 bemalingsgebieden) van **gemaal Lely** (afvoer naar IJsselmeer) stuk voor stuk te vervangen voor visveilige varianten (ontwerp Nijhuis). Deze zullen dit jaar en volgend jaar geplaatst worden. Daarna wordt ook nog een visinlaat gebouwd op het hoogste peilgebied van de Wieringermeer (NAP -5,40 m);
 - bij **Leemans** (afvoer naar Waddenzee) ligt de zaak veel gecompliceerder. Vervangen van de bestaande waaiers zou onvoldoende verbetering opleveren. Het alternatief kan alleen bij volledige nieuwbouw van het gemaal. Er is gekeken naar mogelijkheden om vis te weren, maar daarvoor bestaat geen volledig betrouwbaar systeem. Vooralsnog wordt al enige jaren paling over de dijk gedragen door de plaatselijke visser, samen met Stichting Dupan;
 - de naastgelegen Stonteler Schutsluit (connectie tussen Wieringermeer en IJsselmeer) heeft een regeling waarbij de sluis één keer per nacht wordt gesloten, vooral om vis de polder uit te krijgen. Dat is een oplossing voor het NAP -4,20 m peil (van de Wieringermeer-West, maar niet voor het NAP -6,10 m peil aan de oostkant van het gemaal. Werking van de sluis als migratievoorzieningen is tijdens verschillende onderzoeken beperkt gebleken. Mogelijke oorzaak is dat vis (aal) op weg is naar zee en je via de sluis alleen zoet IJsselmeerwater kunt inlaten;
 - de **hevels en andere inlaten** in de Wieringermeer (tientallen tussen het IJsselmeer en de polder, en enkele vanuit de Amstelmeerboezem en de polder) zijn niet ingericht als vispassage. Maar er zijn wel aanwijzingen dat deze in het voorjaar door vis gebruikt worden. In theorie kan dit niet werken (er is geen lokstroom) maar in de praktijk blijkt dit wel(eens) te gebeuren. Beroepsvisser Dick Bakker monteerde eens een voorjaars-nacht een netje om een hevelleiding en deze zat de volgende ochtend vol blankvoorn;
- Amstelmeerboezem:
 - via de **Stontelerkeersluis**, die als inlaat fungeert van IJsselmeerwater naar de **Amstelmeerboezem** (via het Amstelmeerkanaal), kan reeds al vis van het IJsselmeer de boezem optrekken. Op dit moment kent de Stontelerkeersluis een aangepast beheer. Ten behoeve van vismigratie wordt de inlaat op een kier gezet als het peilverschil tussen Amstelmeer en IJsselmeer minder dan 10 cm bedraagt. Met het nieuwe peilbesluit van het IJsselmeer komt zo'n situatie echter steeds minder voor;
 - HHNK bereidt momenteel het project **Natte Infrastructuur Noordkop** voor. Dit project moet gaan voorzien in een brak getijdengebied met gedempt getijde bij de westzijde bij de spuisluis Oostoever. Daarnaast worden de migratie-mogelijkheden bij de Stontelerkeersluis sterk verbeterd en wordt er aan paai- en opgroei habitat gewerkt;
- polders Westfriesland:
 - bij het **hoofdgemaal van de Vier Noorderkoggen** is nog geen maatregel uitgevoerd. Pompen zijn wel onderzocht op visveiligheid. Schade aan aal en schubvis is beperkt (<10 %). Voorjaar 2020 leggen we een glasaalcollector voor de deur om de noodzaak voor een intrekkvoorziening (voor aal) te bepalen;
 - 1 van de 2 **inlaatleidingen** (inlaat onder vrij verval vanuit het IJsselmeer) nabij het stoomgemaal onder Medemblik (polder Vier Noorderkoggen) is voorzien van een regeling voor vismigratie, een extra schuif en een lokstroom pomp. In het voorjaar -voor het inlaatseizoen- wordt de leiding gevuld met polderwater en stroomt deze richting IJsselmeer. Na verloop van tijd gaat de bovenschuif dicht en de onderschuif open. Vissen stromen de polder in. Later in het seizoen staat de inlaat vrijwel continu open voor peilbeheer. In het najaar wordt de bovenschuif op een kier gezet en de onderschuif open. Vis kan de leiding intrekken. Na verloop van tijd gaat de onderschuif dicht en de bovenschuif geheel open. Vis kan dan richting IJsselmeer zwemmen;
 - **grootslag**: het gemaal is onderzocht op visveiligheid. De schade aan passerende vis is minimaal. Er is een intrekmogelijkheid gemaakt via een bypass rond de tolklep, de werking daarvan is niet onderzocht. De belangrijkste inlaat voor het gebied (hevel-inlaat Immerhorn; dit is de inlaat bij Enkhuizen, zie afbeelding 3.5) wordt in 2019/2020 aangepast zodat vis via 1 van de 2 hevelleidingen gesloten kan worden (vgl. inlaat Vier Noorderkoggen);
- **Koopmanspolder** (buitendijks): bij de Koopmanspolder ligt een proefgebied voor water- en natuurbeheer. Een visveilige buisvijzel en visinlaat maken daar onderdeel van uit.

Vogels

Voor veel vogelsoorten is het IJsselmeer op dit moment een belangrijk leefgebied. De biodiversiteit is niet opvallend groot, maar wel de biomassa. Voor diverse soorten vogels is het gebied op (pan)Europees populatieniveau van wezenlijk belang. Soorten waarvan meer dan 10 % van hun populatie op enig moment in het IJsselmeer aanwezig zijn, zijn bijvoorbeeld topper, zwarte stern en visdief (onder andere van Eerden et al. 2005). Echter, onder meer vanwege de beperkte aanwezigheid van water- en zoutdynamiek, ondieptes, overstromingsvlaktes, geulen en stromende wateren, brak water en eenvormige visbestanden nemen de aantallen van deze vogelsoorten af en ontbreken soorten, als strandplevier en dwergstern, die van oudsher bij een estuaria wetland horen. Ook is de reproductie van bijvoorbeeld visdieven in meerdere jaren onvoldoende omdat ze teveel afhankelijk zijn van spiering en dus te weinig alternatieven hebben in jaren dat spiering schaars is. Van diverse soorten viseters zijn de aantallen nu ook lager dan in de doelstelling van het Natura 2000-gebied.

De kaart in afbeelding 3.12 geeft een globaal overzicht van de aanwezige vogelhabitats in de Wieringerhoek, inclusief een indicatie van de vogelsoorten die gebruik maken van de betreffende habitats. In de alinea's onder de kaart worden de verschillende gebieden besproken.

Afbeelding 3.12 Overzicht vogelhabitats en soorten in de Wieringerhoek



De diepe wateren van het IJsselmeer zijn van belang voor viseters als visdief, zwarte stern en grote zaagbek. Langs randen van de geulen en diepere delen kunnen in de nazomer grote groepen zwarte sterns spiering vangen. In de winter foerageren daar geregeld vele honderden zaagbekken. Langs de dijken rusten honderden kuifeenden en tientallen tafeleenden die in de nacht naar plekken met hoge dichtheden driehoeksmosselen vliegen om te gaan foerageren. Het noordwestelijke deel van het IJsselmeer (Wieringerhoek) is voor toppereenden zeer belangrijk. Hier kunnen vele tienduizenden exemplaren aanwezig zijn.

De Kreupel en directe omgeving is een hotspot voor vogels. Het vormt een belangrijke broedplek voor duizenden aalscholvers, visdieven, kokmeeuwen en honderden eenden. Er bevindt zich onder meer een van de grootste visdiefkolonies van Europa. Door de luwte en ontoegankelijkheid voor boten, kunnen er meer dan 1.000 futen foerageren en vele duizenden toppers en ganzen rusten. Op de eilanden slapen vele duizenden zwarte sterns en visdieven. Dankzij windluwte, rust en diversiteit aan habitats voegt dit relatief kleine element veel toe aan het IJsselmeer. De archipel is in eigendom en beheer bij Staatsbosbeheer en ligt er sinds 2004. De ecologische waarde ervan daalt gestaag door erosie, ophoping van slib in de geulen en successie van de vegetatie. Met regulier beheer, zoals maaien en afvoeren is het gebied dus niet optimaal te handhaven.

De Vooroevers is in de huidige situatie een belangrijk broedgebied voor honderden aalscholvers en tientallen lepelaars en in de ondiepe zones foerageren en rusten honderden eenden. Door begrazing door ganzen zijn er echter nooit rietkragen of rietlanden tot ontwikkeling gekomen.

In de Wieringermeer foerageren in de winter duizenden toendrarietganzen en tientallen tot honderden kleine zwanen. Deze vliegen in de avond naar het open water van het IJsselmeer om er te overnachten. De natte graslanden van de Dijkgrasweide vormen leefgebied voor broedende en doortrekkende steltlopers en eenden. Nabij de Waddenzee ligt foerageergebied voor sterns en kokmeeuwen. Met namen de spuikommen zijn een belangrijk foerageergebied.

Door de harde oevers met weinig geleidelijke overgangen domineert in de Wieringerhoek het habitatype diep open water. De habitatdiversiteit voor vogels in de Wieringerhoek is dus beperkt (tabel 3.3). Het ontbreken van een natuurlijke litorale zone resulteert voor vogels in een beperkt aanbod aan broedplekken, een verhoogde predatiekans omdat er weinig veilige broedplekken zijn en weinig variatie in voedsel. Zo is de biodiversiteit aan vis in het open water nu lager dan die zou kunnen zijn wanneer (binnen- en buitendijks gelegen) begroeide oeverzones en vloedvlaktemoeras onderdeel zouden uitmaken van het systeem. Het ontbreken van een grotere variatie aan pelagische scholenvissen, zoals ansjovis, sprong of haring, is mede de oorzaak van matige voedselsituaties voor visetende watervogels. Tenslotte ontbreekt in het gebied een zoet-zout gradiënt, kenmerkend voor natuurlijke estuaria. Hierdoor missen meerdere brakke habitats met bijbehorende soorten (tabel 3.3).

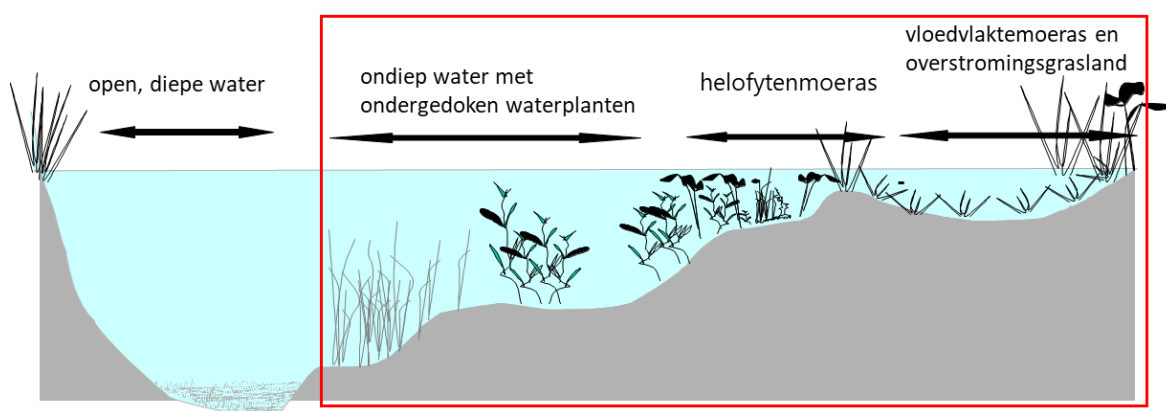
Tabel 3.3 Aan- en afwezigheid zoete en brakke habitats in het IJsselmeergebied/Wieringerhoek

Habitat	Aan/afwezig	Voorbeeldsoorten
zoete ondiepe wateren	nagenoeg afwezig	fuut, visdief, dwergstern, kluut, lepelaar, reuzenster, visarend, grutto
zoet diep water/geulen	aanwezig	topper, zwarte stern, visdief, grote zaagbek, nonnetje
zoet helofytenmoeras	afwezig	roerdomp, snor, lepelaar, kokmeeuw
pioniervogels van open zandige eilanden	nagenoeg afwezig	strandplevier, visdief, dwergstern, kluut
brakke wateren en ondieptes	afwezig	fuut, visdief, dwergstern, kluut, lepelaar, zwarte stern, topper, middelste zaagbek, visarend, nonnetje, rosse grutto
brak helofytenmoeras	afwezig	roerdomp, lepelaar, bergeend, grauwe gans, steltkluut

3.2.6 Synthese: aanwezigheid habitattypen in Wieringerhoek

In een natuurlijk ecosysteem is er een geleidelijke overgang te vinden vanaf het open, diepe water naar ondiepe zones met waterplanten, helofytenmoerassen en daarna, hoger op de oever, vloedvlaktemoerassen en overstromingsgraslanden. Afbeelding 3.13 geeft een dwarsdoorsnede van de water-land overgang met de meest kenmerkende habitattypen. Uit de beschrijving van buitendijkse gebieden en waterbodemoogten (in 0) en de waterplanten inventarisatie blijkt dat ondiep water met ondergedoken waterplanten, begroeide oeverzones met helofytenmoeras en seizoensmatig geïnundeerde terrestrische vegetatie (vloedvlaktemoeras en overstromingsgrasland) in de Wieringerhoek vrijwel geheel ontbreken. Een groot deel van de oeverzone van de Wieringermeer bestaat uit een harde, stortstenen oever met daaronder vrijwel gelijk diep water (3 m of meer) zonder waterplanten.

Afbeelding 3.13 Schematische weergave van de verlandingsgradiënt van open water naar vloedmoeras. De rood omkaderde habitats ontbreken vrijwel geheel in de Wieringerhoek



Een geleidelijke, natuurlijke land-waterovergang biedt tal van belangrijke functies voor het hele meerecosysteem. Rombouts (2019) onderscheidt 6 functies: habitat, waterhuishouding, slib, dood organisch materiaal, organismen en biologische interacties. Echter, wanneer deze functies beschouwd worden vanuit het oogpunt van de hiervoor gepresenteerde data (in paragraaf 3.2.1 tot en met paragraaf 3.2.5), dan moet geconcludeerd worden dat geen van deze functies effectief vervuld wordt door de land-water overgangen in de Wieringerhoek (tabel 3.4).

Ondanks het ontbreken van een groot deel van de natuurlijke habitats van de land-water overgang is de natuurwaarde een belangrijke functie van het IJsselmeer. Vooral bij de vissen en vogels wordt duidelijk dat deze natuurfunctie thans beperkt is tot soorten die goed gedijen in het diepe, open water. Echter, ook de vitaliteit en/of biomassa van die dominante soorten wordt geraakt door de afwezigheid van een natuurlijke land-water overgang, waardoor immers een belangrijke bron van voedingsstoffen mist (aanvoer van organisch materiaal uit het achterland en moerassen) alsook de zuiverende werking (omzetting van organisch materiaal en het invangen van slib door riet en waterplanten).

Tenslotte mist in de Wieringerhoek, maar ook in het hele IJsselmeer, een brakwaterzone en daarmee een heel scala aan habitats. Door het ontbreken van een brakwaterzone ondervinden bovendien de zoetwatervissen negatieve effecten. De uitspoeling naar en sterfte in de Waddenzee treft een niet te verwaarlozen deel van de populaties. Ook de trekvisser die vanaf zee de rivieren op willen, of andersom, worden in de huidige situatie belemmerd doordat migratiemogelijkheden verre van optimaal zijn. Een brakwaterzone kan de migratiemogelijkheden van deze soorten sterk verbeteren.

Tabel 3.4 6 belangrijke functies van een natuurlijke litorale zone (naar Rombouts 2019) en een beoordeling of deze functie in de Wieringerhoek vervuld wordt (op basis van de voorgaande informatie uit dit hoofdstuk)

Functie	Omschrijving	Functie aanwezig in Wieringerhoek
habitat	een natuurlijke litorale zone kent een grote habitatdiversiteit. De habitats staan met elkaar in verbinding, waardoor uitwisseling van energie, water, nutriënten, organismen etc. mogelijk is. Deze habitats dragen bij aan het ecologisch functioneren van het complete ecosysteem, bijvoorbeeld doordat ze door bepaalde vissoorten gebruikt worden als paai- en opgroeigebied	nee, er is geen sprake van een grote habitatdiversiteit in de land-waterovergang in de Wieringerhoek. Deze overgang wordt op veel plekken gekenmerkt door een zeer abrupte overgang van de dijk met stortstenen naar diep water. Alleen langs Westfriesland zijn buitendijkse gebieden aanwezig en enkele ondiepe waterzones
waterhuishouding	waterstromen zorgen voor de koppeling tussen de verschillende habitats op de land-water gradiënt. Natuurlijke waterpeildynamiek en een vrije waterbeweging zijn voorwaarde	nee, nauwelijks. Het hele IJsselmeer kent een sterk gereguleerd, tegennatuurlijk peil met een hoog zomerpeil en lager winterpeil. Hierdoor treedt geen (grootschalige of langdurige) inundatie op van de buitendijkse gebieden. Ook zorgen de dijken in het gebied dat het water niet ongehinderd over de gradiënt kan stromen
slib	de litorale zone speelt een belangrijke rol in de slibdynamiek van het hele meer. Rietmoerassen en velden ondergedoken waterplanten belemmeren de resuspensie van bodemmateriaal en 'filteren' opgelost slib uit het water. Slib is daarnaast een vorm van voedsel en kan als habitat dienen voor specifieke organismen	nee, rietmoerassen en velden met ondergedoken waterplanten zijn afwezig. Daardoor wordt slib niet afgevangen en wordt de resuspensie niet geremd: het slib wordt niet vastgehouden in de oeverzones. Er wordt geen slib (en daarmee voedingsstoffen) vanuit het achterland aangevoerd
dood organisch materiaal	de aanvoer van organisch materiaal vanaf het land is een belangrijke bron van voedingsstoffen voor het meer: zonder input vanaf land kan het voedselweb versralen. Daarnaast is het moeras een belangrijke bron van energie (in de vorm van organisch materiaal) voor het meer	nee, er is weinig input van organisch materiaal vanaf het land. De verschralling van het ecosysteem is zichtbaar geweest (in de nutriëntconcentraties, in de voedingswaarde van mosselen, in de visstand etc.) onder invloed van afname van de externe nutriëntenbelasting die via de rivieren wordt aangevoerd. Daarnaast is er nauwelijks (helofyten)moeras in de Wieringerhoek
organismen	de grote diversiteit aan habitats in de litorale zone herbergt een groot aantal soorten. Het voedselweb is evenwichtig opgebouwd; alle trofische niveaus zijn vertegenwoordigd. Een natuurlijke land-water overgang met de grote diversiteit aan habitats draagt zo sterk bij aan de totale biodiversiteit van het meer ecosysteem	nee. Doordat verscheidende habitattypen uit de natuurlijke land-water overgang niet of nauwelijks vertegenwoordigd zijn in de Wieringerhoek, biedt de litorale zone geen grote biodiversiteit. Daardoor missen er vis- en vogelsoorten in het IJsselmeer
biologische interacties	deze functie wil zeggen dat de organismen elkaar en hun milieu beïnvloeden. Zo zorgt moeras voor een grote aanvoer voedingsstoffen, en bieden ondergedoken waterplanten beschutting voor talloze organismen. De verschillende zones in de land-water overgang, met bijbehorende habitats, horen dus bij elkaar en zij een vanzelfsprekend onderdeel van het meer ecosysteem	nee, in het ecosysteem van het IJsselmeer missen in de Wieringerhoek (net als in de meeste andere delen van het IJsselmeer) essentiële habitats. In de overgang van diep open water, naar ondiep water met waterplanten, naar helofytenmoerassen en uiteindelijk naar overstromingsgraslanden, is in de Wieringerhoek vrijwel alleen het diepe open water te vinden

3.3 Wieringermeer en overige polders

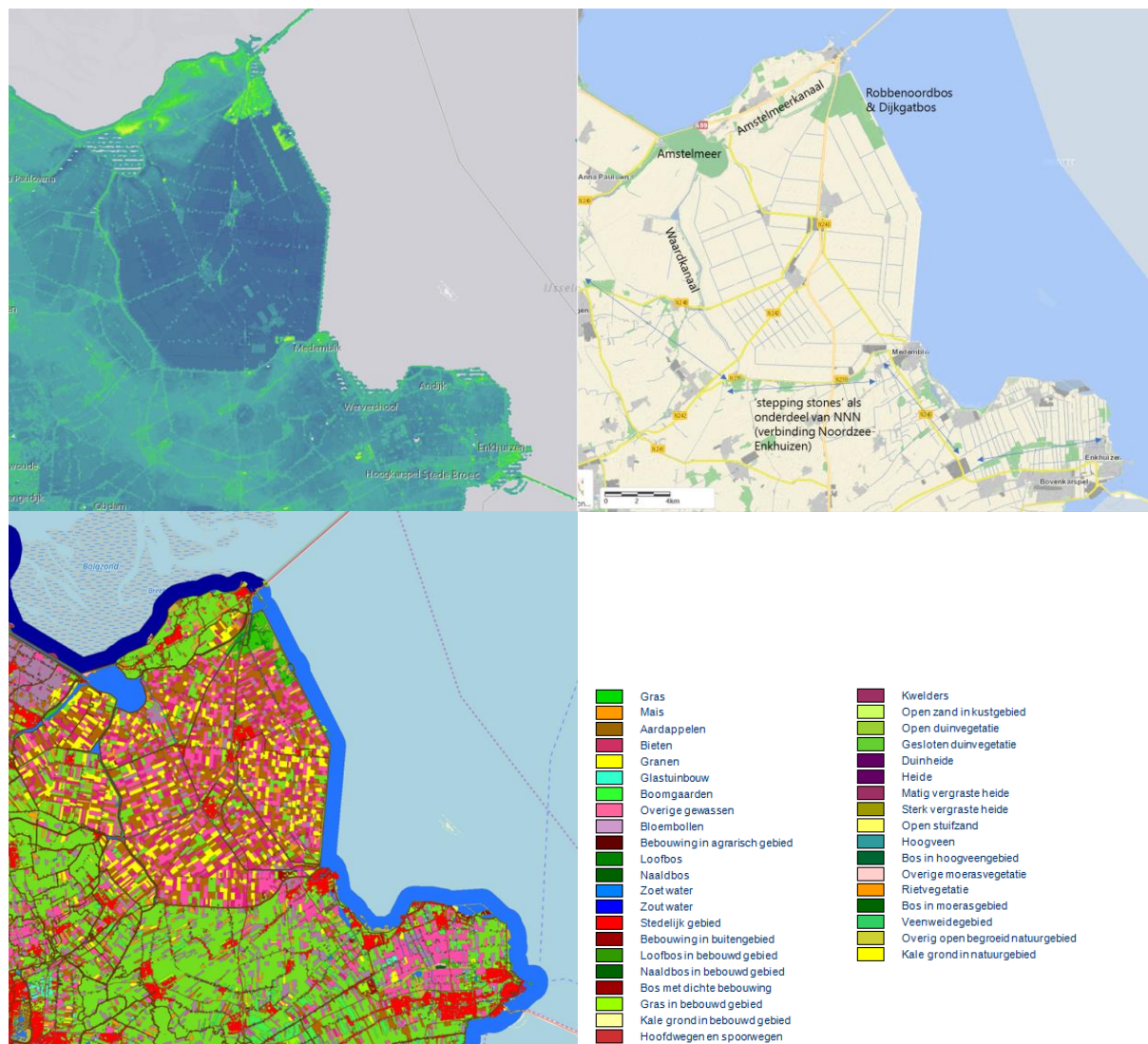
Deze paragraaf beschrijft het deel van het projectgebied 'achter de dijk': de Noord-Hollandse polders. Dit achterland is zeer divers qua ontstaansgeschiedenis en betreft van noord naar zuid het voormalige eiland Wieringen, de Wieringermeer (een diepe droogmakerij uit circa 1930) en 'oude polders' (Het Grootslag en Vier Noorder Koggen). In de gebiedsbeschrijving wordt ingegaan op de belangrijkste functies van de gebieden, de inrichting, het waterbeheer en het ecosysteem. Deze gebiedsbeschrijving is hoofdzakelijk op de volgende bronnen gebaseerd: watersysteemanalyses die in opdracht van HHNK zijn uitgevoerd (van Dam & Jaarsma 2019, van Dam et al. 2019a, 2019b), waterbalansen van Alterra die in opdracht van HHNK zijn opgesteld ten bate van de achtergrondbelasting (van Boekel en Massop 2011, van Boekel et al. 2014a, 2014b, 2014c) en een interview met Klaas Sjouke de Boer (adviseur integraal waterbeheer bij HHNK).

3.3.1 Wieringermeer

Algemene gebiedsbeschrijving, functies en inrichting

De Wieringermeer is ingepolderd enkele jaren voordat de Afsluitdijk in 1932 gereed was. Het betreft dus een Zuiderzeepolder. De polder is destijds ingericht als agrarisch productielandschap, en de verkaveling van toen is in grote lijnen nog ongewijzigd aanwezig.

Abbeelding 3.14 Linksboven: indruk van de maaiveldhoogte, de Wieringermeer is duidelijk te onderscheiden (donkerste blauw) van de omliggende polders. In het noordoosten zijn de bossen zichtbaar (bron: online AHN viewer). Rechtsboven: kaart van het projectgebied met de NNN gebieden (groene vlakken) (bron: Provincie Noord-Holland). Onder: landgebruik (bron: LGN5)



De bodem bestaat overwegend uit klei- en zavelgronden. Het overgrote deel van de polder is in gebruik als akkerbouwland waar verschillende gewassen geteeld worden. Daarnaast is er wat grasland en intensieve veehouderij, glastuinbouw en bollenteelt ('reizende bollenkraam': eens in de 7 jaar bollenteelt op een perceel). De meeste percelen zijn gedraineerd en het grondwater zit vrij diep onder het maaiveld. De maaiveldhoogte varieert in het grootste deel van de polder tussen de NAP -3,5 en -4,5 m en de drooglegging varieert circa van 1 tot 3 m. Tussen de IJsselmeerdijk en de weg (Noorder- en Zuiderdijkweg) ligt een smalle strook land (circa 75 m breed) die in eigendom is van HHNK en verpacht wordt aan agrariërs. Deze percelen liggen relatief hoog. Deze zone kan door HHNK in de toekomst mogelijk gebruikt worden voor dijkverzwaringen of de realisatie van een inlaattracé. Vanwege de grote waterdiepte buitendijks, is een eventuele dijkverzwaring aan de buitenzijde zeer kostbaar. De percelen aan binnenzijde van de dijk moeten hiervoor beschikbaar blijven.

In de noordoostelijke punt van de polder ligt een natuurgebied van circa 800 ha behorend tot het Natuurnetwerk Nederland (NNN); het Robbenoordbos en het Dijkgatbos (in beheer van SBB). Vanwege de specifieke bodemopbouw (keileem in de ondergrond) is dit deel van de polder vrij nat en daarmee minder geschikt voor landbouw. Behalve de 2 bossen liggen er enkele natte weilanden (Dijksgatweide, dit is

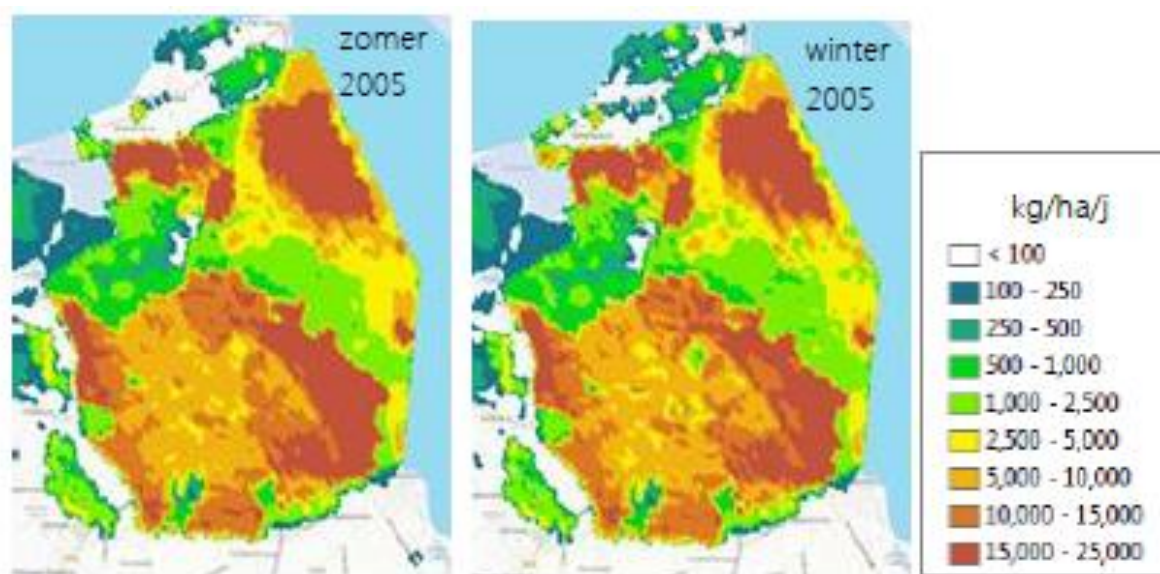
weidevogelleefgebied) en 2 wielen (brak, omzoomd met riet van matige kwaliteit). Het hele gebied strekt zich circa 5 km uit langs de IJsselmeerdijk en wordt in het noorden begrensd door het Amstelmeerkanaal, de boezemwatergang tussen Wieringen en de Wieringermeer. Verder zijn er niet of nauwelijks gebieden met een natuurfunctie. Langs het Waardkanaal aan de westkant van de polder ligt een smalle met struiken en bomen begroeide strook.

Direct ten zuiden van de polder liggen diverse 'stepping stones' als onderdeel van een oost-west verbinding door Noord-Holland (van de zee naar Enkhuizen, NNN, aangegeven op de kaart rechtsboven in afbeelding 3.14). In Wieringen wordt direct ten noorden van het Amstelkanaal natuur ontwikkeld. Het Amstelmeer maakt onderdeel uit van het NNN, evenals een smalle strook land in de Wieringerwaard direct ten westen van het Waardkanaal.

Watersysteem

De Wieringermeer is onderverdeeld in 4 Afdelingen (I t/m IV) die weer uit een groot aantal peilgebieden bestaan (afbeelding 3.16). Van grote invloed op het watersysteem is de aanwezigheid van zoute kwel vanuit het diepe grondwater (afbeelding 3.15). Vooral de 2 oostelijke Afdelingen (III en IV) kennen een grote kwelflux van gemiddeld circa 1 mm/d. De kwelflux is verreweg het hoogste langs de IJsselmeerdijk en neemt in westelijke richting af. Sinds afsluiting van het IJsselmeer infiltreert zoet IJsselmeerwater in de ondergrond (met een snelheid van circa 6 m/j). Hierdoor treedt vanuit oostelijke richting geleidelijk verzoeting op. In het wiel in het Dijkgatbos is de chlorideconcentratie hierdoor geleidelijk afgenomen, maar bedraagt nog altijd 2.000 à 3.000 mg Cl/l.

Afbeelding 3.15 Gesimuleerde zoutbelasting van de Wieringermeer vanuit de ondergrond. De zoutbelasting (in kg/ha/j) is het product van de kwelflux en de chlorideconcentratie van het opkwellende grondwater. Afbeelding overgenomen uit van Dam & Jaarsma 2019

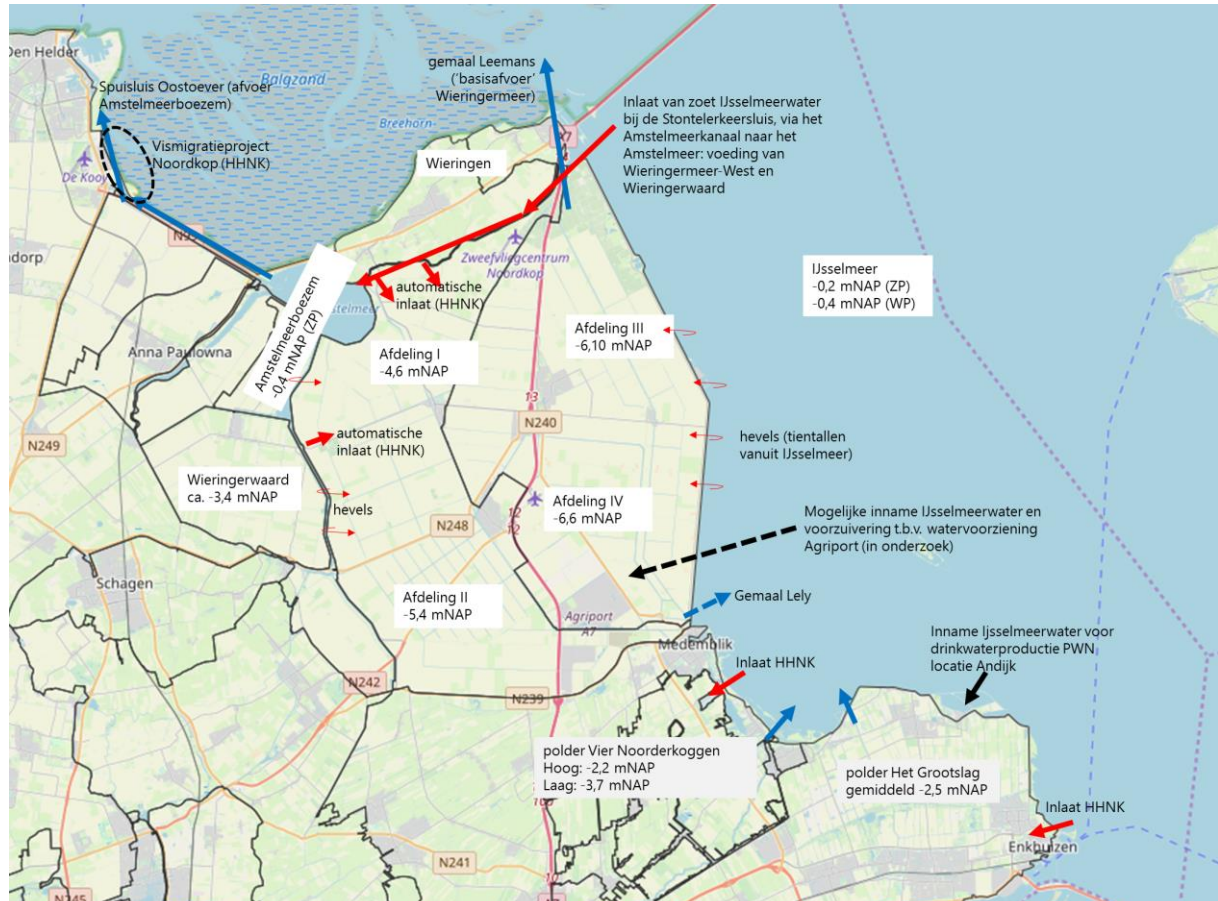


Via de secundaire en primaire watergangen wordt het wateroverschot van de polder normaliter in noordelijke richting afgevoerd en door gemaal Leemans, via een persleiding, op de Waddenzee uitgemalen. De afvoer is weergegeven met blauwe pijlen in de kaart in afbeelding 3.16. Vanwege de zoute kwel is het water in het hoofdwatersysteem licht brak (gemiddeld ruim 3.000 mg Cl/l in het oosten en iets minder dan 1.000 mg Cl/l in het westen). Wanneer de capaciteit van gemaal Leemans tekortschiet (bij meer dan 8 à 10 mm neerslag) gaat ook gemaal Lely uitmalen. Dat gebeurt daardoor gemiddeld wel een keer per maand. Het uitmalen op het IJsselmeer wordt als onwenselijk gezien vanwege de zoutbelasting die dat veroorzaakt. Iets verderop bij Andijk wordt IJsselmeerwater ingenomen voor drinkwaterproductie, en ook wordt IJsselmeerwater ingelaten voor de peilhandhaving of als zoetwatervoorziening in de aanliggende polders. Een toename van de chlorideconcentratie in het IJsselmeer bij deze innamepunten is daarom onwenselijk.

Vanwege het landgebruik is er veel behoefte aan zoet water. Hiervoor wordt er op veel plekken water ingelaten, zowel door particulieren (met hevels) als door HHNK (met geautomatiseerde inlaten). De hevels en andere inlaten staan indicatief weergegeven met rode pijlen in afbeelding 3.16. In de IJsselmeerdijk liggen tientallen permanente hevels die door de boeren gebruikt kunnen worden om zoetwater aan te voeren. Hier liggen geen inlaten van HHNK. In het noorden en westen van de polder liggen er hevels en geautomatiseerde inlaten van het hoogheemraadschap in het Amstelmeerkanaal en Waardkanaal. Hoeveel water er precies wordt ingelaten via deze hevels en inlaten is niet bekend. In de polder zelf ligt een stelsel van leidingen om het zoete inlaatwater te verdelen. Ook de kavelsloten kunnen gevuld worden met dit inlaatwater. Veel van de kavelsloten liggen hoog; boven het waterpeil van de Afdeling en staan daardoor vaak droog en doen niet actief mee in het watersysteem.

De Amstelmeerboezem, met een afvoergebied van circa 23.000 ha, watert af via het Balgzandkanaal en de spuisluis Oostoever ten noordwesten van het Amstelmeer (zie ook afbeelding 3.16). Via de Amstelboezem worden de Wieringerwaard én 2 van de 4 Afdelingen van de Wieringermeer (I en II) van water voorzien. Hiervoor is in de zomer inlaat van zoet IJsselmeerwater cruciaal. Nabij Den Oever wordt via de Stontelerkeersluis water ingelaten naar het Amstelmeerkanaal. Vervolgens stroomt het inlaatwater in westelijke richting naar het Amstelmeer en vandaar in zuidelijke richting het Waardkanaal op. Langs de kanalen liggen verschillende hevels en inlaten. Overigens is het Amstelmeerkanaal vrij smal waardoor al snel relatief hoge stroomsnelheden kunnen ontstaan (wat negatief kan zijn voor de ecologie, bijvoorbeeld door het wegspoelen van kuit). In de zomer van 2018 werd ook vanuit zuidelijke richting, vanuit het Markermeer, water aangevoerd naar de Amstelboezem ten bate van de watervoorziening voor de Wieringermeer- en waard. Op deze manier water aanvoeren kost echter wel energie, in tegenstelling tot de inlaat onder vrij verval via de Stontelerkeersluis. Daarom is het voor HHNK belangrijk dat er zoet water beschikbaar is in het IJsselmeer ter hoogte van Den Oever.

Afbeelding 3.16 Situatieschets van het watersysteem van de polders in het projectgebied Wieringerhoek (Bron: achtergrondkaart afwateringseenheden KRW (gaf 90): hnk-water.nl)



Ecologie

De belangrijkste hoofdwatgangen in de Wieringermeer zijn aangewezen als 2 KRW-waterlichamen, Wieringermeer-Oost en -West (respectievelijk de Afdelingen III+IV en I+II). Het voornaamste verschil tussen Oost en West is het chloridegehalte: dat is in het oostelijke waterlichaam licht brak tot brak en in het westelijke waterlichaam licht brak. Het watersysteem van beide delen van de polder wordt gekenmerkt door hoge nutriëntconcentraties, erg veel algen, een slecht doorzicht en nauwelijks waterplanten. De fyto- en macrofaunagemeenschap is bijpassend: soortenarm met soorten die wijzen op periodiek zuurstofarme condities en veel organisch materiaal (veel slib). Ook de visstand is bijpassend: het aantal soorten is gering en brasem en karper zijn dominant qua biomassa bij de visstandbemonstering in het oostelijke deel. In het westelijke deel was de totale biomassa lager en kwamen brasem en karper niet als dominant naar voren, maar dit kan erg afhankelijk zijn van de precieze uitvoering van de bemonstering.

De binnen de polder gelegen beide opvoergemalen bij de Slootvaartsluis en de Hoekvaartsluis, zijn onveilig voor vis. Aan de zuidwestzijde van het Robbenoordbos heeft het waterschap een project in voorbereiding om via een paar tussenstappen het Wieringerrandkanaal (Amstelmeerboezem, NAP -0,40 m) te verbinden met de Den Oeversche Vaart (NAP -4,20 m) in de polder. Op de randen van het gebied komen 2 Manshanden vishevels, in het gebied zelf 2 bovenlossende De Witvis-passages. Het gebied (17 ha) wordt optimaal ingericht als paai- en opgroeigebied voor vis die vanaf zee binnenkomt, als voor vis uit de Wieringermeer zelf.

De oevers van de watgangen zijn vooral begroeid met riet en bijbehorende typische soorten voor vochtige tot tijdelijk droogvallende licht brakke ruigten. In de Wieringermeer is veel bijzondere flora en fauna aanwezig onder meer de fraaie vochtige loofbossen Robbenoordbos en dijkgatbos en de natte moerasachtige gebieden van Dijkgaatsweide (met zilt- of overstromingsgrasland). De 2 wielen zijn brakke wielen omzoomd door rietland. De rietkragen en rietlanden hebben overal een zeer matige kwaliteit door begrazing van grauwe ganzen. Maar de vaarten zijn geschikt voor watervogels en als broedplek voor bruine kiekendieven. De natte laagten bieden leefgebied aan doortrekkende steltlopers en eenden, al is de waarde nog beperkt door de slechte verbinding met het IJsselmeer.

De polders zelf vormen een belangrijk foerageergebied voor ganzen zoals toendrarietganzen en kleine zwanen. Deze vogels foerageren overdag in de polders en rusten 's nachts op het IJsselmeer (zie ook de kaart in afbeelding 3.12 in de analyse van het IJsselmeer). Op en langs de vaarten verblijven watervogels, overwinteren roerdompen en broeden bruine kiekendieven.

3.3.2 Polders West-Friesland

Algemene gebiedsbeschrijving, functies en inrichting

Tussen de Wieringermeer en de Houtribdijk liggen tegen het IJsselmeer de polders Vier Noorderkoggen en Het Grootslag. Deze behoren tot de regio West-Friesland, die zich vanuit deze polders grofweg uitstrekt tot Schragen en Heerhugowaard. In tegenstelling tot de Wieringermeer is dit 'oud land'. Lange tijd is dit gebied heel moerassig geweest waardoor veel veen is gevormd. Circa 1.500 jaar geleden is begonnen met de ontginning van het gebied. Door de ontwatering is het veen inmiddels grotendeels verdwenen. Gaandeweg is ook het landgebruik veranderd. Op de huidige klei- en zavelgronden (met relatief veel organisch materiaal vanuit de vroegere veenlagen of door het regelmatig uitbaggeren van sloten) vindt veel akker- en tuinbouw plaats (zie ook het kaartmateriaal in afbeelding 3.14). Relatief kort geleden waren in sommige gebieden de percelen alleen via het water te bereiken. Door grootschalige ruilverkavelingsprojecten aan het einde van de vorige eeuw en begin van deze eeuw is het landschap veranderd en zijn de traditionele 'vaarpolders' grotendeels verdwenen.

In polder Het Grootslag is het landelijk gebied vooral in gebruik voor grasland en tuinbouw. Natuur is beperkt tot de laagste en natste delen van de polder. De ruilverkaveling en schaalvergroting is in het laagste deel van polder Het Grootslag overgeslagen; daar ligt nu het een natuurgebied Natte Cel/De Weelen. Dit gebied ligt middenin de polder. Ten noorden van Enkhuizen liggen enkele aan het IJsselmeer grenzende binnen- en buitendijkse natuurpercelen (onderdeel NNN, afbeelding 3.17).

In de polder Vier Noorderkoggen is grasland het voornaamste landgebruik. Dicht langs de IJsselmeerkust ligt echter vooral bebouwd gebied (kernen van Medemblik, Onderdijk en Wervershoof). In de polder liggen verschillende natuurgebieden, langs de noordrand aan de Westfriesedijk en, dicht bij het IJsselmeer, rondom de Kleine en Grote Vliet. De natuurgebieden bestaan onder meer uit vochtige en kruidenrijke graslanden.

Watersysteem

Poldergemaal Het Grootslag voert bij Andijk af op het IJsselmeer. Voor de watervoorziening in de zomer kan water ingelaten worden vanuit het Markermeer en IJsselmeer (afbeelding 3.16). Er zijn 51 peilgebieden, meeste met een dynamisch peil van plus minus 10 cm rond het streefpeil, dat gemiddeld NAP -2,5 m bedraagt. Er is sprake van een geringe kwelflux in de laagste delen en langs het IJsselmeer. Naast neerslag is inlaat (met gemiddeld bijna 200 mm inlaat/j) de grootste ingaande waterstromen. Het oppervlaktewater in de polder is zoet, erg rijk aan nutriënten (vooral fosfor) en bevat over het algemeen veel algen, met een slecht doorzicht en weinig waterplanten.

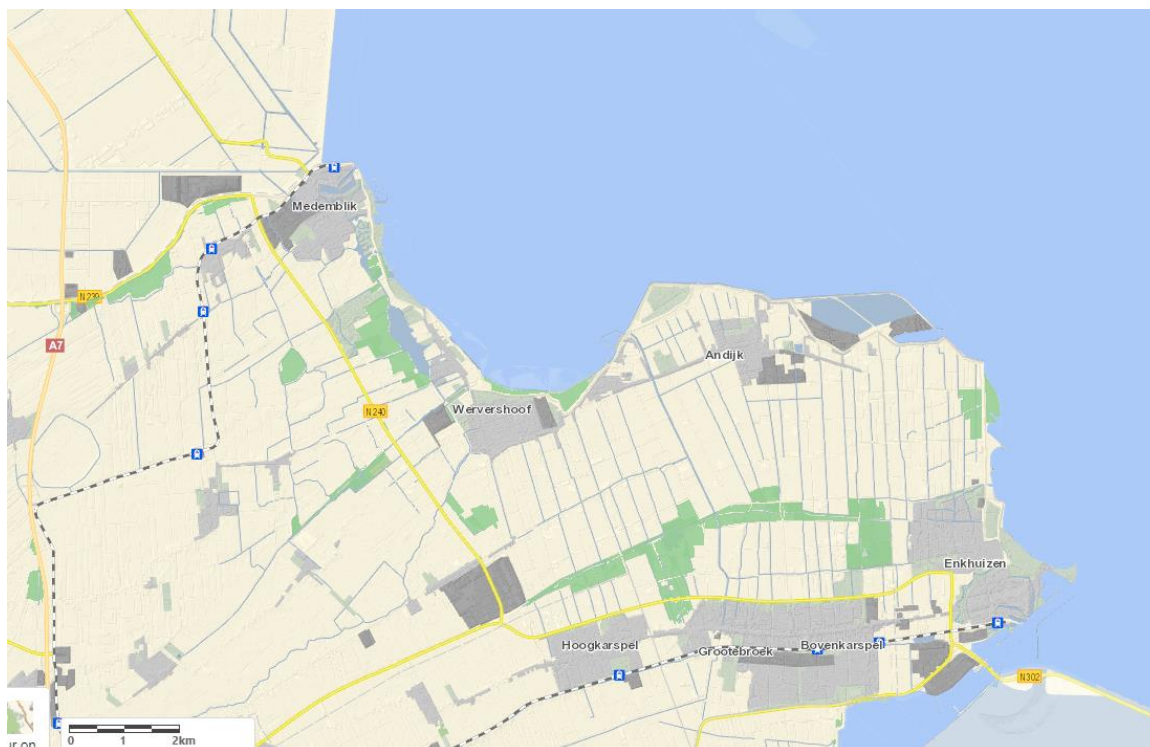
De Vier Noorderkoggen betreft feitelijk 2 polders: laag (streefpeil van NAP -3,7 m) en hoog (streefpeil van NAP -2,2 m). Beide polders worden door het poldergemaal Vier Noorderkoggen bemalen. Tegen het IJsselmeer aan ligt een smalle strook van de hoge polder, daarachter ligt de lage polder.

Ecologie

Met name de lage polder is zeer voedselrijk met erg hoge concentraties fosfor. Het watersysteem van de hoge polder is minder voedselrijk. In delen van het watersysteem zijn waterplanten aanwezig, vaak met een dichte begroeiing. De visstand is met een kleine 20 soorten matig soortenrijk. Met name in de lage polder zijn karper en brasem dominant en is de visbiomassa hoog.

De voor het IJsselmeer relevante buitendijkse gebieden zijn beschreven in de analyse van het IJsselmeer (paragraaf 3.2).

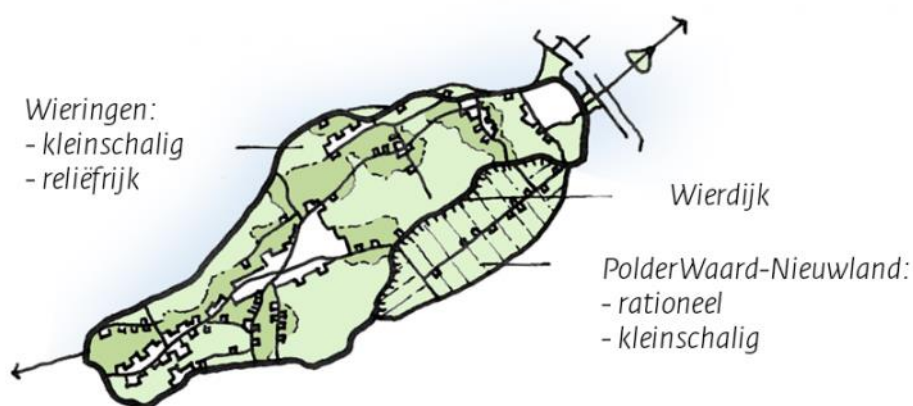
Afbeelding 3.17 Natuurgebieden (onderdeel NNN) nabij het IJsselmeer in West-Friesland (bron: Provincie Noord-Holland)



3.3.3 Wieringen

Wieringen is een keileembult die ontstaan is in de voorlaatste ijstijd. Het voormalige eiland wordt al duizenden jaren bewoond. Het gebied heeft dan ook een hoge cultuurhistorische waarde. Daardoor zijn de mogelijkheden voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen beperkt (provincie Noord-Holland¹): 'Op Wieringen ligt de nadruk op ontwikkeling van recreatie en toerisme, natuurontwikkeling en landbouw. Hier is sprake van schaalvergroting in de landbouw en is een zorgvuldige inpassing in het cultuurhistorisch waardevolle landschap essentieel. Zo zijn gedeelten van Wieringen aardkundig monument, onderdeel van het Natuurnetwerk Nederland (NNN), ecologische verbindingen en weidevogelgebied. De Wierdijk is provinciaal monument. Deze beleidsmatige bescherming beperkt vooral op Wieringen de mogelijkheden voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen.'

Afbeelding 3.18 Kenmerken van de inrichting van het voormalige eiland Wieringen



Wieringen ligt vanzelfsprekend aanzienlijk hoger dan de omliggende polders zoals de Wieringermeer of de polders in West-Friesland (afbeelding 3.14). De bodem bestaat in het noorden vooral uit zand en in het zuiden uit klei of zavel. Op de kleigronden is akkerbouw te vinden, in de rest van het gebied is er vooral grasland. Verspreid over het eiland liggen natuurgebieden, bijvoorbeeld langs de Waddenzee in het noorden en langs de Amstelmeerboezem in het zuiden (totaal 10 à 15 % natuur).

De water in- en uitlaat is op het Amstelmeerkanaal. Het watersysteem op het eiland is zoet tot zwak brak. Lokaal is sprake van kwel, wat ook tot uiting komt in de vegetatie.

¹ Online: <https://leidraadlc.noord-holland.nl/ensembles/wieringen-wieringermeer/> Geraadpleegd op 21 oktober 2019.

3.4 Waddenzee

Algemene gebiedsbeschrijving en functies

De Waddenzee vormt een natuurgebied van groot internationaal belang. In het Natura 2000-beheerplan staat hierover bijvoorbeeld: 'De Waddenzee vormt functioneel een ecologische eenheid met de stranden, duinen en kwelders van de Waddeneilanden evenals met de Noordzeekustzone, waarmee het gebied door het in- en uitstromende water onlosmakelijk is verbonden. In geografische zin is het een onderdeel van het totale waddengebied (dat wil zeggen inclusief de Waddeneilanden), dat zich uitstrekt van de kop van Noord-Holland tot het schiereiland Skallingen in Denemarken. Op een heel andere manier is de Waddenzee ook verbonden met gebieden wereldwijd, namelijk door de vissen en trekvogels die elders foerageren, broeden en/of overwinteren. Het belang van de Waddenzee voor vogels is behalve kwalitatief ook kwantitatief van aard; door de grote omvang van de Waddenzee is de populatiegrootte van veel diersoorten, met name kustgebonden vogels, afhankelijk van dit gebied. Steltlopers en watervogels uit broedgebieden die zijn gelegen in een wijd arctisch en boreaal gebied van Canada, Groenland, Scandinavië, Rusland en oostelijk Siberië tot voorbij het Taymir schiereiland gebruiken de (inter)nationale Waddenzee als overwinteringsgebied of als pleisterplaats op weg naar overwinteringsgebieden langs de westkust van Afrika tot in Zuid-Afrika (o.a. Banc d'Arguin in Mauretanië). Dit illustreert heel sterk de afhankelijkheid van substantiële aandelen van de wereldpopulatie van een flink aantal soorten vogels van de natuurlijke draagkracht van de Nederlands-DuitsDeense Waddenzee. De draagkracht van de Waddenzee voor de daar levende diersoorten wordt bepaald door de primaire producenten: diatomeeën, één- en meercellige groenwieren en zeegrassen in het getijdengebied en hogere planten op de kwelders¹.'

Behalve natuur zijn visserij en recreatie belangrijke functies van het gebied.

De volgende bronnen zijn in dit hoofdstuk gebruikt om een beschrijving op hoofdlijnen te geven van het watersysteem, morfologie en ecologie van de Waddenzee:

- Tosserams et al. 2000. Ecosysteembeschrijving IJsselmeer en Waddenzee. Beschrijving van de ecologische uitgangssituatie ten behoeve van de planstudie [ES]2-Afsluitdijk;
- Oost & Kleine Punte 2003. Autonome morfologische ontwikkeling westelijke Waddenzee. Een doorkijk naar de toekomst. Rapport RIKZ/2004.021;
- Witteveen+Bos 2015. Verdiepend effectonderzoek waterkwaliteit en morfologie, Afsluitdijk. In opdracht van Rijkswaterstaat Midden-Nederland.

Andere referenties zijn expliciet in de tekst vermeld.

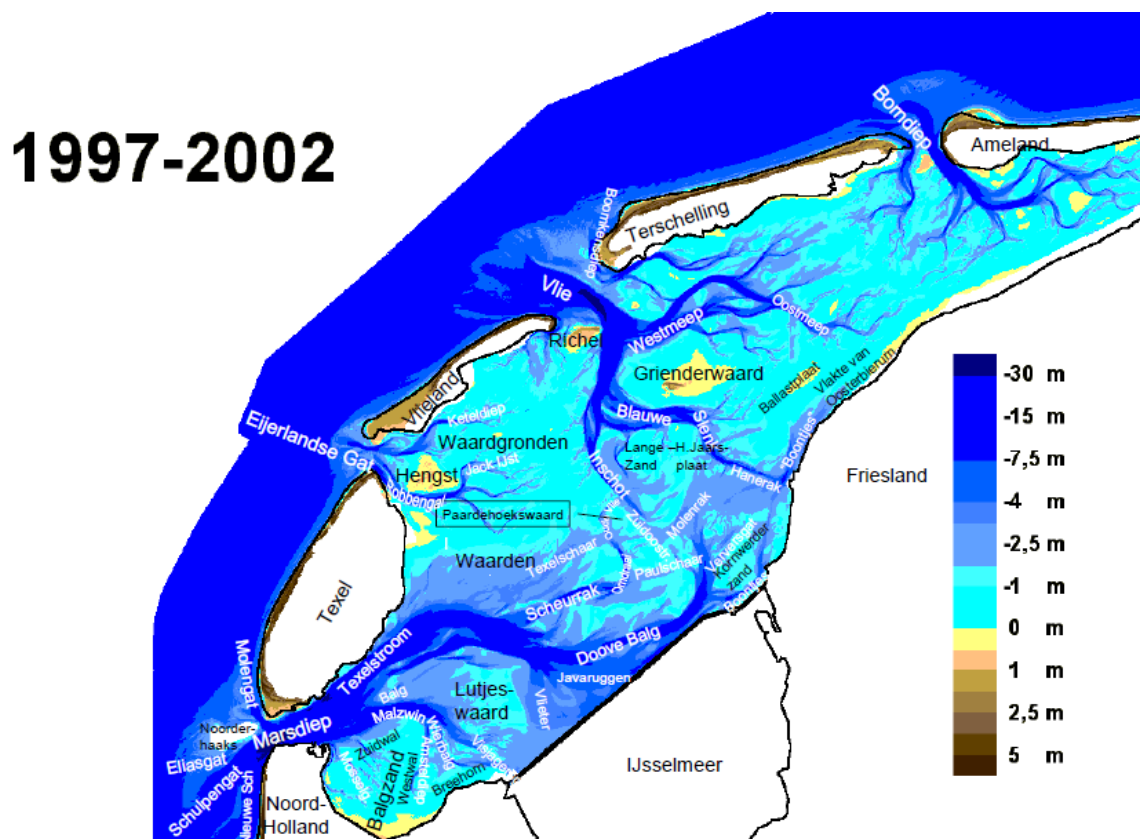
Watersysteem

De Waddenzee kent in tegenstelling tot het IJsselmeer nog de natuurlijke estuariene gradiënt met zoet-zout overgangen en getijdendynamiek. Beide processen zijn in de Wieringerhoek wel beïnvloed door de aanleg van de Afsluitdijk. Door de aanleg van de Afsluitdijk is het getijdeverschil én het getijdvolume in het kombergingsgebied namelijk toegenomen. Dit heeft sterke gevolgen gehad voor de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee. Het geulenpatroon nabij de Afsluitdijk is sterk veranderd. Over het algemeen is het gebied achter de Afsluitdijk, het kombergingsgebied van het Marsdiep, relatief diep met weinig droogvallende zandplaten (afbeelding 3.19). Het Balgzand vormt daarop een belangrijke uitzondering. Hier liggen zandige platen, geulen en kwelders. De geulen in het Balgzand zijn ondieper en smaller geworden. Netto is er sprake van sedimentatie waardoor de intergetijdeplaten meestijgen met de zeespiegelstijging. De hogere platen stijgen echter niet of veel minder mee (en deze blijven dus niet vanzelfsprekend aanwezig). Ten noorden van de Afsluitdijk liggen verder de ondiepe gedeeltes Lutjeswaard (boven Den Oever), de Waarden en het Kornwerderzand (aan de Friese kant).

De bodem van de Waddenzee is over het algemeen slibrijk. Met name in de geulen die sinds de afsluiting minder waterstroming kennen is veel slib afgezet. Bijvoorbeeld in de relatief brede beddingen van de Javaruggen en de Doove Balg. De ondiepe gedeeltes zijn veel zandiger.

¹ Beheerplan Natura 2000-beheerplan Waddenzee, online: <https://www.bij12.nl/assets/Waddenzee-beheerplan.pdf>.

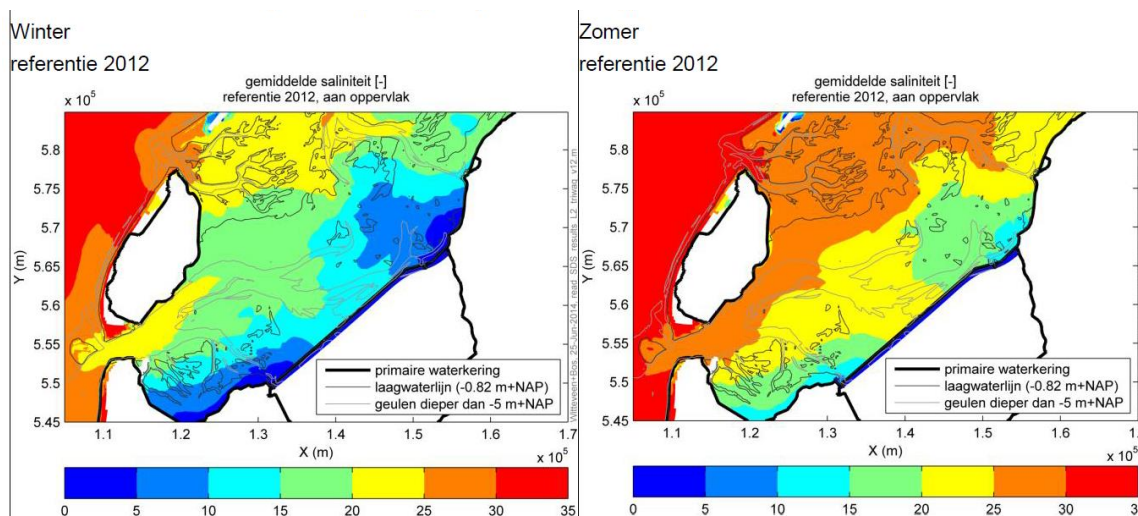
Afbeelding 3.19 Kaart van de westelijke Waddenzee met namen van gebieden waterbodemoogte (bron: Oost en Kleine Punte 2004)



Het gespuide IJsselmeerwater heeft weinig invloed op de stroming in de Waddenzee, uitgezonderd zeer dicht bij de spuisluizen. Het gemiddelde spuivolume bedraagt slechts 1 % van het getijprisma, dat is de hoeveelheid water die met vloed vanuit de Noordzee de westelijke Waddenzee binnenkomt. Het gespuide IJsselmeerwater heeft echter wel veel invloed op (1) de saliniteit en (2) de nutriëntenhuishouding in de Waddenzee:

- 1 vanaf de spuisluizen bij Den Oever en Kornwerderzand verspreid het zoete IJsselmeerwater zich door de Waddenzee, waar het mengt met het zoute zeewater. De verblijftijd van het zoete IJsselmeerwater in de Waddenzee is gemiddeld ruim 10 dagen. Door het spuien is er dus nog altijd een zekere zoet-zoutgradiënt in de Waddenzee. De ligging van de gradiënt verschilt sterk tussen winter en zomer (afbeelding 3.20). Zeker in de zomer is er een scherpe overgang tussen het zoete IJsselmeerwater (ppt < 1 ; < 150 mg Cl/l) en het brakke water in de Waddenzee (dat in de zomer gemiddeld minimaal 10 ppt bedraagt, ofwel circa 5.000 mg Cl/l). Een brakwatergebied (mesohaline zone, zie tabel 2.1 voor een indeling) waarin typische brakwatersoorten leven is dus wel altijd aanwezig, maar varieert wel sterk in omvang. Daarnaast is er nabij de spuisluizen een sterk (onnatuurlijk) pulseffect op momenten dat gespuud wordt;
- 2 uit recent onderzoek blijkt dat de aanvoer van organisch materiaal vanuit het IJsselmeer goed is voor ruim 50 % van de primaire productie van enkele belangrijke tweekleppigen in de Waddenzee (Jung et al. 2019). In lijn met de eerst toegenomen en daarna weer afgenomen externe nutriëntenbelasting van het IJsselmeer, is ook de aanvoer van stikstof en fosfor op de Waddenzee in de loop van de vorige eeuw eerst sterk toegenomen maar in de loop van de jaren '80 weer sterk gedaald (van Raaphorst & de Jonge 2003). Ten tijde van hun onderzoek in 2004 was de input van N en P vanuit het IJsselmeer naar de Waddenzee nog altijd enkele malen hoger dan voor de sterke toename in de tweede helft van de 20^{ste} eeuw.

Afbeelding 3.20 Berekende saliniteit (in ppt van 0 tot 35, gemiddeld over 15 dagen) in de westelijke Waddenzee, in de winter wanneer er veel gespuid wordt (links) en in de zomer wanneer er minder gespuid wordt (rechts) (bron: Witteveen+Bos 2015). Bij benadering is de chlorideconcentratie gelijk aan de saliniteit (ppt) gedeeld door 1,8



Ecologie

De huidige toestand van het ecosysteem van de Waddenzee is sterk beïnvloed door de afsluiting in 1932 en door de eutrofiëring in de tweede helft van de vorige eeuw (Eriksson et al., 2010). Slibrijke estuaria zijn zeer productieve systemen. De primaire productie wordt in de natuurlijke situatie gevormd door 3 groepen: fytoplankton (pelagische algen), benthische algen en zeegras. Als gevolg van de afsluiting van de Zuiderzee is het zeegras in de jaren dertig van de vorige eeuw verdwenen. Door het verdwijnen van het zeegras is de 'natuurlijke rem' die het zeegras vormt op de opwerveling van slib verdwenen; de resuspensie nam toe en het doorzicht nam sterk af. Vooral als gevolg van het lagere doorzicht nam de totale primaire productie van de Waddenzee met meer dan de helft af (in 1970 ten opzichte van 1930).

Tussen 1970 en 1990 nam de primaire productie als gevolg van eutrofiëring weer toe, vooral door de grotere productie door pelagische algen, om daarna weer af te nemen. Zowel de Noordzee als het IJsselmeer zijn van grote invloed op de water- en stofaanvoer in de Waddenzee. De wateraanvoer vanuit het IJsselmeer is, in vergelijking met die vanuit de Noordzee, zeer gering. Het IJsselmeerwater bevat(te) echter relatief veel nutriënten. De waterkwaliteitsontwikkeling in het IJsselmeer is dan ook terug te zien in de Waddenzee. In de jaren tachtig van de vorige eeuw nam de primaire productie zoals gezegd toe (van vooral de pelagische algen). De nutriëntconcentraties waren destijds circa tienmaal hoger dan de concentraties in de 'natuurlijke referentiesituatie'. Met het afnemen van de nutriëntconcentraties in het IJsselmeer, en dus van de aanvoer van nutriënten naar de Waddenzee, is de primaire productie weer gedaald. De huidige concentraties van fosfor totaal en stikstof totaal in de Waddenzee zijn nog altijd hoger dan in de referentiesituatie, respectievelijk 2,5- en 5-maal (van Raaphorst & de Jonge, 2004).

Naast de realisatie van de Afsluitdijk en de eutrofiëring heeft ook de intensieve bevissing grote gevolgen gehad voor het ecosysteem van de Waddenzee (Eriksson et al., 2010). Met name het grotendeels verdwijnen van de mosselbanken; in 2009 was 157 ha van het intergetijdegebied bedekt met mosselbanken, tegen circa 1.200 ha in de jaren '70 van de vorige eeuw. Net als zeegras houden mosselbanken slib vast en jagen ze de primaire productie aan. De mosselen hebben plaatsgemaakt voor borstelwormen, die juist voor extra resuspensie zorgen. Deze omslag van mosselen naar borstelwormen (beide vrij laag in het voedselweb) is doorgewerkt in de hogere trofische niveaus en is bijvoorbeeld terug te zien in de vogelgemeenschap. Overigens kan het gespuide zoete IJsselmeerwater een gunstig effect hebben op mosselbanken, zie onderstaand kader.

Relatie tussen zoutgehalte, zeesterren en mosselbanken (Jansen, 2019)

Zeesterren consumeren alle grootteklassen mosselen en vormen daardoor (in de huidige situatie met een sterk afgenomen oppervlak aan mosselbanken) een bedreiging voor wilde mosselbanken. In gebieden met een lager zoutgehalte, zoals nabij de Afsluitdijk, komen minder zeesterren voor. Als gevolg is de predatiedruk op mosselen door zeesterren lager.

Eriksson et al. (2010) stellen de ecosysteemtoestand van de Waddenzee voor als 2 alternatieve stabiele toestanden: zeegras, mosselbanken en relatief helder water enerzijds (de natuurlijke situatie) en de huidige situatie met troebel water en vooral borstelwormen en nauwelijks zeegras en mosselbanken anderzijds. Beide toestanden kunnen zichzelf tot op zekere hoogte in stand houden. Voor een herstel van bijvoorbeeld zeegras is een dusdanig groot gebied nodig dat er een merkbaar effect op het doorzicht komt, waarvan het zeegras zelf profiteert.

4

MAATREGELEN

4.1 Samenvatting belangrijkste knelpunten

Uit de vergelijking tussen de actuele ecosysteemtoestand van het IJsselmeer (in hoofdstuk 3) en de visie voor het ecosysteem van de Wieringerhoek binnen het IJsselmeer (in hoofdstuk 2) volgen de belangrijkste knelpunten. De knelpunten zijn te linken aan het ontbreken van een natuurlijke water-land gradiënt enerzijds en het ontbreken van een zoet-zout gradiënt anderzijds.

4.1.1 Knelpunten water-land gradiënt

Er ontbreken functionele biotopen op de water-land gradiënt:

- overstromingsgraslanden;
- helofytenmoerassen;
- velden met ondergedoken waterplanten.

Door het ontbreken van deze belangrijke biotopen kunnen veel vissoorten niet of niet optimaal tot ontwikkeling komen. Ook is de afwezigheid van deze biotopen een belemmering voor de aanwezigheid van verschillende vogels. Daarnaast is de productiviteit van het meer gebaat bij de aanwezigheid van overstromingsvlaktes in de oeverzone, en is de helderheid van het meer gebaat bij grote velden met ondergedoken waterplanten.

4.1.2 Knelpunten zoet-zout gradiënt

De aanleg van de Afsluitdijk heeft grote gevolgen gehad voor het ecosysteem van zowel de Waddenzee als van het IJsselmeer. In de huidige context van het IJsselmeer als een zoetwatermeer veroorzaakt de harde scheiding met de zee verschillende knelpunten:

- er mist een brakwaterzone met een dynamische zoet-zout gradiënt met de daarbij behorende diversiteit aan habitats, zoals:
 - open zandige eilanden (waar de successie van de vegetatie geremd wordt door het zoute water);
 - ondiep brak water met velden fonteinkruiden;
 - brak helofytenmoeras;
 - brak open water met diversiteit in stroming, helderheid, diepte et cetera;
- het spuiregime leidt tot een onwenselijke uitspoeling en sterfte van zoetwatervis;
- de Afsluitdijk vormt een obstakel voor de migratie van diadrome soorten. Niet alle soorten hebben evenveel hinder hiervan.

4.2 Eerdere onderzochte maatregelen

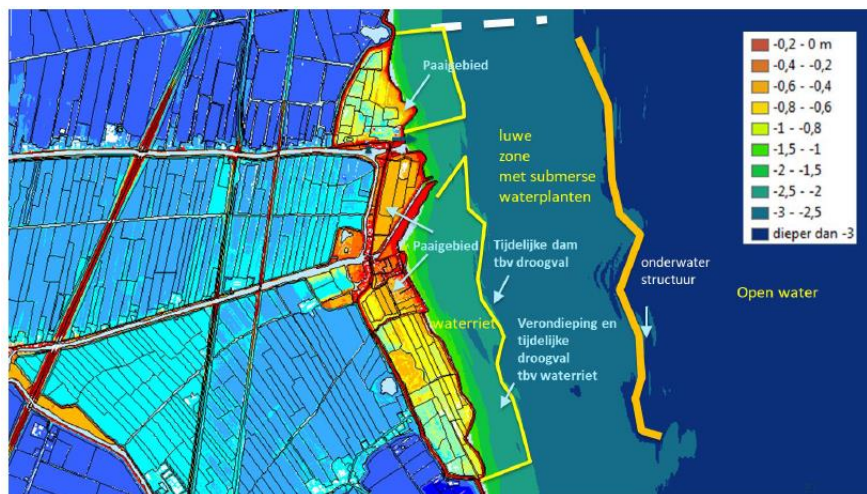
Om maximaal gebruik te kunnen maken van eerder ontwikkeld materiaal, worden in deze paragraaf eerder onderzochte maatregelen beschreven.

4.2.1 Maatregelen water-land gradiënt

In de Bureaustudie Vis in het IJsselmeergebied (Witteveen+Bos 2018) worden meerdere voorbeelden gegeven van gecreëerde vloedvlaktemoerassen in aanliggende polders of in buitendijks gebied (als paai- en opgroeigebied voor vissen), waaronder:

- paai- en opgroeigebied om de Binnenschelde (Bergen op Zoom). Een ca. 14 ha groot gebied wordt in het voorjaar onder water gezet; waarna de vissen uit de Binnenschelde het gebied in kunnen zwemmen. Eind mei/begin juni wordt het water weer afgelaten zodat de jonge snoeken het gebied verlaten en in de Binnenschelde terechtkomen. Een vergelijkbaar gebied is aangelegd aan de Bergse Achterplas in Rotterdam. In de Wieringerhoek ligt buitendijks de 'achteroever' de Koopmanspolder (zie van Ek et al. 2017) die op gelijke wijze benut zou kunnen worden. In de Koopmanspolder wordt reeds geëxperimenteerd met verschillende peilontwikkelingen;
- in Witteveen+Bos (2018) wordt een voorbeeld getoond voor de ontwikkeling van vloedvlaktemoeras (paai gebied), helofytenmoeras én ondiep water met velden ondergedoken waterplanten langs de kust van het Markermeer.

Afbeelding 4.1 Voorbeeldidee voor de inrichting van de kustzone van het Markermeer waarin de verschillende habitats van de water-land gradiënt aanwezig zijn (bron: Witteveen+Bos 2018)



Ook worden in de Bureaustudie voorbeelden gegeven van maatregelen ten bate van de ontwikkeling van helofytenmoerassen (in de oevers van meren) in het Volkerak-Zoommeer en in de Oostvaardersplassen. Op de Marker Wadden wordt thans geëxperimenteerd met de ontwikkeling van helofytenmoeras. Hier wordt momenteel op grote schaal gewerkt met een 'managed marsh' aanpak van de eilanden, teneinde helofytenmoeras tot ontwikkeling te brengen en ontwikkeling van wilgenbos tegen te gaan (afbeelding 4.2). Het schetsontwerp voor de Markermeerkust bij Schardammer Kogen toont hoe de rietmoerassen gepositioneerd kunnen worden (afbeelding 4.1).

Afbeelding 4.2 Impressie ontwikkeling helofytenmoeras op de Marker Wadden (Witteveen+Bos 2018)

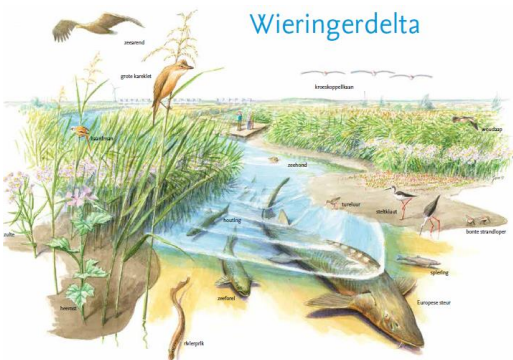


4.2.2 Maatregelen zoet-zout gradiënt

Er zijn in de afgelopen decennia veel ideeën geweest over en onderzoeken gedaan naar maatregelen ten bate van een herstel van een estuariene gradiënt door de Afsluitdijk. Onderstaande tabel geeft een weergave van verschillende maatregelen die onderzocht zijn. Veel maatregelen zijn innovatieve ideeën die niet ver(der) zijn uitgewerkt, zoals de ideeën die gelanceerd zijn rondom het 75-jarig bestaan van de Afsluitdijk (onder andere Open Afsluitdijk, Schetsplan Waterlely en Zachte superdijk). In het kader van de planstudie [ES]2-Afsluitdijk (planstudie Extra Spuicapaciteit) zijn diverse maatregelen voor een brakwaterzone wel ver uitgewerkt (Walker et al. 2000, de Boer 2001, de Kok 2002; 'Ontwerp Team Brak'). Dat uiteindelijk geen van deze ontwerpen tot realisatie is gekomen, heeft niet zozeer met de inhoudelijke grondslag te maken, maar met de financiering (samenhangend met de kredietcrisis 2007-2011). De vismigratierivier kan als overgebleven en uitgekilde versie gezien worden. In deze paragraaf staan niet de technische details van de eerder onderzochte maatregelen beschreven, maar die kunnen uiteraard wel benut worden bij de verdere uitwerking van maatregelen voor de Wieringerhoek.

Tabel 4.1 Eerder onderzochte maatregelen met betrekking tot vismigratie en brakwatergebieden in de Wieringerhoek

Bron/idee	Studie	Effect maatregel(en)
de Boer 2001	beschrijft de eisen aan een brakwatergebied en vismigratievoorziening. De inrichting is afhankelijk van de ambities (doelsoorten). NB. De brakke zone is voor de meeste diadrome soorten geen belangrijk habitat. Het zijn met name juveniele fint en bot die de brakke zone wel als habitat nodig hebben. Dit stelt wel hoge eisen aan de brakke zone (met name voor fint, die een brak- én zoetwatergetijdegebied nodig heeft)	belangrijkste componenten: Een brakke zone in het IJsselmeer zodat de opkomende vloedgolf naar binnen kan (t.b.v. selectief getijdentransport glasaal, bot, spiering, stekelbaars). Goede vistrappen en aangepast spui-beheer (t.b.v. goede zwimmers). Een grote, juist ingerichte brakwaterzone (t.b.v. fint en mogelijk andere estuariene visfauna)
Ontwerp Team Brak (de Kok 2002)	modellering van diverse brakwaterzones binnen- of buitendijks. Uitgangspunt is een constante zoet-zoutovergang. Er is 1 variant bij Den Oever doorgerekend	'Staart van Breehorn' (buitendijkse brakwaterzone achter de Stevin sluizen, Wieringerhoek): er ontstaat een brakwatergebied in de Waddenzee door

Bron/idee	Studie	Effect maatregel(en)
	(buitendijks) en 4 varianten bij Kornwerderzand (zowel binnen- als buitendijks)	een 3,5 of 4 km lange dam. Er ontstaat een stabiele gradiënt van zoet naar zout in de Waddenzee. Als bijkomstig effect neemt de zoutlast op het IJsselmeer via de schutsluis bij Den Oever met de helft af. 2 binnendijkse ontwerpen bij Kornwerderzand, zie onderstaand kader
Open Afsluitdijk (Stichting Verantwoord Beheer IJsselmeer)	in plaats van de Afsluitdijk zou een stormvloedkering bij hoogwater voor veiligheid zorgen https://publicwiki.deltares.nl/display/KWI/2.3.3.4+Open+Afsluitdijk	herstel van het estuarium met bijbehorende zoet-zoutovergang, getijdebewering, sedimentatieprocessen etc
Schetsplan Waterlely (2006)	denkrichting voor het IJsselmeer met onder andere een groot brakwatergebied  https://publicwiki.deltares.nl/display/KWI/1.3.2.3.+Schetsplan+Waterlely	brakwatergebied met getijdewerking (benut voor energieopwekking middels getijde energie) en zoet-zoutgradiënt geeft herstel van het estuarium ecosysteem
Zachte superdijk (de Vries, Deltares)	verbreding van de Afsluitdijk door 'Building with Nature'; kwelders aan de Waddenzeezijde en rietmoerassen aan de IJsselmeerzijde https://publicwiki.deltares.nl/display/KWI/2.3.2.6+Zachte+superdijk	ontwikkeling van belangrijke habitats in zoet (IJsselmeer) en brak (Waddenzee)
Wieringerdelta (ARK Natuurontwikkeling)	 onderdeel van een 'droombeeld' voor Noord-Holland in 2050, in opdracht van de provincie Noord-Holland als onderdeel van de omgevingsvisie 2050. Het basale idee is dat de 'uitwateringssluizen' worden omgevormd tot 'doorwateringssluizen'. Door in het IJsselmeer een grote zandplaat op te spuiten (enkele vierkante kilometers) ontstaat snel een brakwater intergetijdegebied	het ontwerp gaat ervan uit dat het zoute water niet verder dan 8 km het IJsselmeer op komt. Bovendien wordt er van uitgegaan dat de zoetwatervraag van Noord-Holland afneemt (als gevolg van de andere ontwerpen die ARK voorstelt)
brakwaterzone (Witteveen+Bos 2018)	idee voor een brakwaterzone voor de spuisluizen (op de afbeelding bedacht bij Kornwerderzand, maar is in principe ook toe te passen bij de Stevinssluizen). Middels een kleine schuif in in 1 van de deuren van de spuisluizen stroomt er	er ontstaat een groot brakwatergebied en een min of meer permanente opening door de Afsluitdijk voor vissen. Hierin kunnen de typische brakwaterhabitats

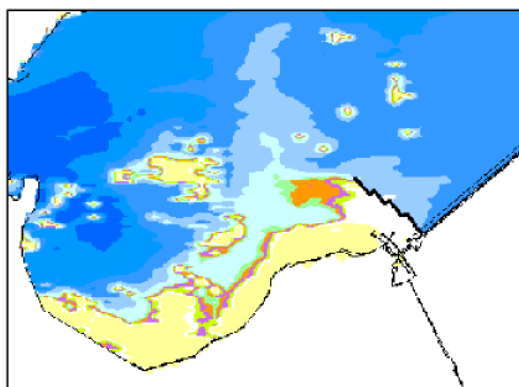
Bron/idee	Studie	Effect maatregel(en)
	bij hoog water zout water het IJsselmeer op. Middels een strekdam, drempel, spuien, gemaal, schuif (voor visintrek) en zoutsensoren wordt de zoutindringing gecontroleerd. Het ontwerp bij Kornwerderzand had een grootte van circa 1.000 ha en is doorgerekend op zoutindringing, wat bij de juiste grootte en inrichting geen probleem hoeft te vormen. Bij toepassing van dit concept bij de Stevensluizen bij Den Oever zal het brakwatergebied groter moeten zijn omdat de spuitcapaciteit groter is dan bij Kornwerderzand	ontwikkeld worden. Er ontstaat geen getijdegebied. Een belangrijke nevenfunctie is het tegengaan van uitspoeling van zoetwatervis en verbeteren van migratiemogelijkheden van diadrome vissoorten

Ontwerp Team Brak (de Kok 2002)

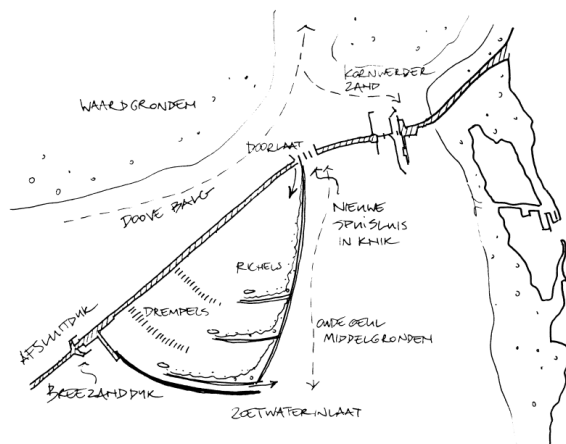
In deze studie zijn de eisen met betrekking tot de saliniteit voor verschillende ontwerpen getoetst. De eisen hebben betrekking op de richting van de zoetwatergradiënt (gericht op het punt waar het zoete water vandaan komt), de toegestane sterkte van de gradiënten en saliniteitsveranderingen, maximale saliniteit vóór de vispassage en acceptabele duur van eventuele stratificatie. In alle ontwerpen sluit de brakwaterzone aan op een spuimiddel (in de meeste ontwerpen op een bestaand spuimiddel). Bij alle ontwerpen geldt dat bij een hoge rivierafvoer dusdanig veel water wordt gespuid, dat de brakke zone tijdelijk geheel zoet kan worden (maar dit geldt vooral voor de ontwerpen binnendijks).

Alle doorgerekende ontwerpen bieden een stabiele saliniteitsgradiënt. Voor visintrek 'scoren' de binnendijks gelegen ontwerpen beter dan de ontwerpen buitendijks. De ontwerpen onder de naam 'Staart van Kornwerderzand' zijn niet geschikt voor visintrek. Bij buitendijkse brakwaterzones zal de sedimentatie toenemen, hierdoor kunnen kwelders ontstaan. Geen van de ontwerpen heeft uitstraling van belangrijke negatieve effecten op de omgeving. Bij de binnendijkse varianten (Breezand brak) zijn ingrijpende maatregelen nodig om te voorkomen dat zoutwater het IJsselmeer indringt. De doorgerekende ontwerpen voldeden op dit punt.

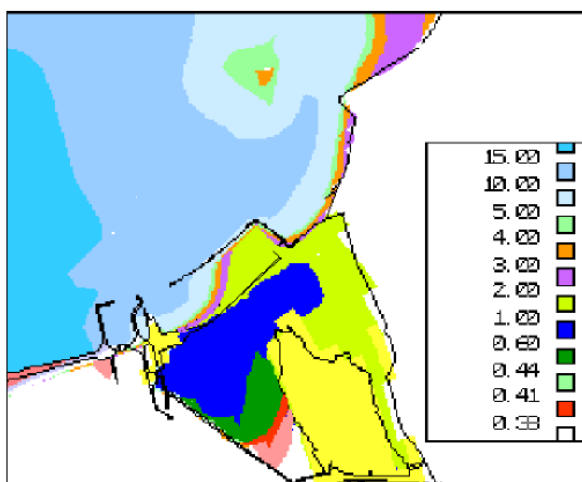
Afbeelding 4.3 Breehorn kort (3,5 km lange dam), kleuren geven berekend saliniteitspatroon tijdens laag water



Afbeelding 4.4 Breezand Brak. Binnendijks brakwatergebied (circa 19 km²). Eerder is in het onderzoek 'Opties Brak' op deze plek een binnendijks estuarium van circa 26 km² onderzocht. Het gebied is met een dam met afsluitbare openingen afgeschermd van het IJsselmeer. Het getijdeverschil is ruim 1 m



Afbeelding 4.5 Makkumer Brak (variant oost). Een relatief klein binnendijks brakwatergebied dat middels een dam met afsluitbare openingen is afgeschermd van het IJsselmeer. Het getijdeverschil is minder dan 10 cm en de zone wordt oligohalien (licht brak)



4.3 Bouwstenen voor het bereiken van de projectdoelen

De voorgestelde bouwstenen dan wel maatregelen dienen ter oplossing van de geconstateerde knelpunten en dragen bij aan het verwezenlijken van de doelstellingen voor de Wieringerhoek die hieronder nog eens herhaald worden:

- 1 het verbeteren van de connectiviteit voor vis. 2 lijnen:
 - a) verbeteren migratiemogelijkheden IJsselmeer-Waddenzee;
 - b) beperken van sterfte door uitspoeling van vis naar de Waddenzee;
- 2 het creëren van diverse leefgebieden voor vissen en vogels; als eerste indicatie:
 - a) brakwaterhabitat;
 - b) broedgebieden water- en moerasvogels;
 - c) foerageergebieden vogels;
 - d) paai- en opgroeigebied voor vis;
- 3 met de inrichting van het gebied meehelpen de problemen met de zoutindringing in het IJsselmeer te verminderen om een bijdrage te leveren aan het beschermen van de zoetwatervoorraad. Dit kan doordat het project zorgt dat het zoutwater vastgehouden wordt binnen de zoet-zout overgang die ten behoeve

van ecologie gerealiseerd wordt en dat daarmee de zoutindringing in het verdere IJsselmeer tegengegaan wordt.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de voorgestelde bouwstenen, met de functies en de daaraan verbonden projectdoelen. Ook wordt een grove indicatie gegeven van het benodigde oppervlak. Voor de bouwstenen van de land-water gradiënt geldt dat deze bij elkaar horen; ze vormen samen een geheel. In sommige delen van het IJsselmeer(gebied) groeien veel ondergedoken waterplanten, maar in de Wieringerhoek is dit niet het geval. In de Wieringerhoek zullen daarom alle 3 de habitattypen gecreëerd moeten worden. Gezien vanuit het oogpunt dat het IJsselmeergebied als 1 ecosysteem werkt, hoeven de bouwstenen van de land-water overgang niet per se in de Wieringerhoek gerealiseerd te worden. De genoemde percentages aan benodigd oppervlak 'mogen' ook elders in het IJsselmeer(gebied) gerealiseerd worden. Voor de brakwaterzone ligt dat anders: daarvoor is de Wieringerhoek wel de uitgelezen locatie.

Tabel 4.2 Samenvatting voorgestelde bouwstenen Wieringerhoek

Bouwsteen	Toelichting op functie(s)	Projectdoel	Benodigd oppervlak (orde grootte)
vloedvlaktemoeras en overstromingsgrasland	habitat voor vis en vogels; herstel natuurlijke processen van de litorale zone	2c, 2d	circa 5 %
zoet helofytenmoeras	habitat voor vis en vogels; herstel natuurlijke processen van de litorale zone	2b, 2d	circa 5 - 10 % van het hele IJsselmeer-ecosysteem
ondiep zoet water met ondergedoken waterplanten	habitat voor vis en vogels; herstel natuurlijke processen van de litorale zone	2c, 2d	10 - 25 % van het hele IJsselmeer-ecosysteem
brakwaterzone, met daarin: - open zandige eilanden - ondiep brak water met ondergedoken waterplanten - brak helofytenmoeras - diversiteit in stroomsnelheid, bodemtype en helderheid	1. geeft grote habitatdiversiteit en daarmee enorme toename van de biodiversiteit 2. tegengaan uitspoeling zoetwatervis 3. verbeteren migratiemogelijkheden diadrome vissoorten	2a, 1a, 1b, 3	> 1.000 ha NB. De vereiste grootte is sterk afhankelijk van het ontwerp. Een brakwaterzone met een fysieke afscheiding van de rest van het meer mag kleiner zijn (omdat zout in de zone gehouden kan worden door afsluiting). Dat gaat dan wel ten koste van de arealen aan brakke habitats én de migratiemogelijkheden

4.3.1 Bouwstenen land-water gradiënt

Vloedvlaktemoeras en overstromingsgrasland

Creëren van **vloedvlaktemoeras** en **overstromingsgrasland** in aanliggende polders en buitendijks gebied. Dit habitat fungeert als rust- en foerageergebied voor vogels (doelstelling 2c) en als paai- en opgroei gebied voor vissen (doelstelling 2d). Hierbij wordt vooral gedacht aan het aankoppelen van buitendijkse en binnendijkse polders. Een optimale inrichting, peilbeheer en vispasseerbare verbindingen met het IJsselmeergebied zijn belangrijke randvoorwaarden voor het functioneren, concreet gaat dit om de volgende kenmerken:

- vispassage waarmee vissen vanuit het IJsselmeergebied het gebied in kunnen trekken;
- stelsel van sloten waarmee de vissen zich in het gebied kunnen verspreiden;
- aanwezigheid van zachte terrestrische, in het voorjaar geïnundeerde (hooiland-)vegetatie waar de eieren op afgezet kunnen worden;
- aanwezigheid van voldoende riet langs de sloten en de hooilanden als opgroei gebied voor de jonge vissen;

- een toegesneden peilbeheer, met inundatie vanaf circa eind februari tot in juni, waarbij op het maaiveld tenminste 30 cm water dient te staan. In juni wordt het gebied drooggezet, waarbij de jonge vis naar het IJsselmeergebied kan migreren.

Het is niet goed bekend welk oppervlak aan vloedvlaktemoeras en overstromingsgrasland vereist is voor een effect op watersysteemniveau. Naar verwachting is het benodigde areaal relatief gering; kleiner dan het benodigde areaal helofytenmoeras (zie hieronder). Vloedvlaktemoerassen kunnen namelijk een grote productie van jonge vis realiseren op een betrekkelijk klein oppervlak. In deze studie wordt een oppervlak van circa 5 % aangehouden.

Afbeelding 4.6 Beeld vloedvlaktemoeras



Zoet helofytenmoeras

Creëren van **zoet helofytenmoeras** als broed- en foerageermoeras voor vogels (doelstelling 2b) en als leef- en overwinteringsgebied voor vissen (doelstelling 2d). Hierbij wordt vooral gedacht aan arealen in de huidige meren zelf. Voor de ontwikkeling van vitaal waterriet is tijdelijke droogval essentieel (NB. over de noodzaak van droogval voor de ontwikkeling van vitaal waterriet bestaat discussie, zie verder paragraaf 5.1). Net als bij het vloedvlaktemoeras zal er derhalve een 'managed marsh' aanpak gerealiseerd moeten worden, met een specifiek peilbeheer. Dit kan door de aanleg van tijdelijke polders langs de oevers, die met een pomp drooggemalen worden, waarna ze ingezaaid kunnen worden en er helofytenmoeras tot ontwikkeling kan komen. Als de vegetatie voldoende ontwikkeld is worden de gebieden weer in verbinding gesteld met het watersysteem. Naar verwachting zal de vegetatie zich vervolgens vele jaren kunnen handhaven. Periodiek zal er echter weer droogval nodig zijn om verjonging van de vegetatie te realiseren. Voor het creëren van de tijdelijke polders kan lokale grond uit het meer gebruikt worden om oevergebieden te verondiepen en een tijdelijke waterkering aan te leggen. Een mogelijk alternatief is om gebruik te maken van stalen damwanden die herbruikbaar/verplaatsbaar zijn, zodat hiermee een cyclisch beheer op diverse locaties gevoerd kan worden.

Begrazing (in het IJsselmeer met name door ganzen) is een zeer bepalende factor voor de ontwikkeling van riet. Daarom kan het nodig zijn om het riet af te rasteren. De vraat door ganzen remt bijvoorbeeld de ontwikkeling van riet in het grote buitendijkse gebied tussen Medemblik en Andijk (De Vooroevers). Daarnaast kan verbossing (wilgenopslag) ertoe leiden dat het riet verdwijnt. Zie het kader 'Robbenoordbos als 'overstromingsbos'?' over de vraag of verbossing op mag treden in de Wieringerhoek.

Voor een effect op watersysteemniveau dient het oppervlak met helofytenmoeras circa 5 tot 10 % van het totale meeroppervlak te bedragen (zie de Bureaustudie Vis in het IJsselmeergebied en de daarin aangehaalde literatuur voor een onderbouwing van dit percentage).

Naast de grootte en het peilbeheer van het helofytenmoeras is ook de kwaliteit van groot belang. Dit draait bijvoorbeeld om parameters als de bereikbaarheid, ruimtelijke positionering, plantendichtheid, lichtomstandigheden et cetera. Enkele voorbeelden:

- van brede rietkragen worden door vissen slechts de buitenste meters gebruikt, dus er is een mozaïek van rietkragen en open water nodig (verhouding 1:2) om als habitat effectief te zijn; een groot aaneengesloten rietveld is voor vis derhalve niet effectief;
- hele dichte rietkragen (stengeldichtheid >30 %), die vaak ontstaan in zeer eutroof water, zijn minder toegankelijk voor vis en derhalve minder effectief. Dit is vooral een risico bij de ontwikkeling van helofytenmoeras in de polders (waar het watersysteem zeer eutroof is).

Afbeelding 4.7 Beeld zoet helofytenmoeras



Robbenoordbos als 'overstromingsbos'?

De bouwstenen 'vloedvlaktemoeras en overstromingsgrasland' en 'helofytenmoeras' vereisen ten bate van de paai- en opgroeimogelijkheden voor vis een heel specifieke vegetatie. Voor beide typen is het noodzakelijk dat successie in de vorm van bosontwikkeling (meest wilgenopslag) wordt tegengegaan. Dit gebeurt thans ook op de Marker Wadden. Het Robbenoordbos is daarmee voor vissen geen geschikte vloedvlakte (tenzij er in het bos ook grasland aanwezig zouden zijn). Ook op nieuw aan te leggen gebieden waar deze bouwstenen gecreëerd worden, is bosontwikkeling niet gunstig voor (plantminnende) vis.

Bos dat in het voorjaar in het water staat ('vloedbos') kan wel op andere aspecten van het ecosysteem van toegevoegde waarde zijn. Enerzijds biedt een vloedbos een leefgebied voor bepaalde organismen zoals amfibieën, enkele specifieke vissoorten en voor bepaalde vogelsoorten. Kleine en grote modderkruiper kunnen bijvoorbeeld wel leven in de randen van moerasbossen. Voor vogels kan het bos als broed- en foerageerplek dienen, mits het bos in het water staat. Het vormt dan een interessant habitat voor kolonievogels. Anderzijds kan het bos, mits goed verbonden met het aquatische ecosysteem (het IJsselmeer), extra organisch materiaal leveren. De input van organisch materiaal is een belangrijke functie van de oeverzone (zie 'Functies van een geleidelijke land-water overgang' in paragraaf 2.2). Naast de overstromingsgraslanden en helofytenmoerassen kan een vloedbos mogelijk voorzien in een belangrijke extra bron van organisch materiaal.

Bos op droge bodem zonder connectie met het IJsselmeer biedt geen meerwaarde voor het watersysteem van de Wieringerhoek.

Ondiep zoet water met ondergedoken waterplanten

Verondiepen van delen van het IJsselmeer in Wieringerhoek zodat de areaalbedekking met **ondergedoken waterplanten** kan toenemen. De aanwezigheid van ondergedoken waterplanten is cruciaal in de levenscyclus

van vissen die deloedvlakte- en helofytenmoerassen gebruiken en waterplantvelden moeten dan ook in de nabijheid liggen (doel 2c, 2d). NB. Het verondiepen van delen van het IJsselmeer ten bate van ondergedoken waterplanten gaat grootschalig grondverzet vragen en daarmee is een koppeling aan het geplande PAGW onderzoek naar verduurzaming van het grootschalig grondverzet belangrijk.

Voor een effect op watersysteemniveau dient het oppervlak met helofytenmoeras circa 10 tot 25 % van het totale meeroppervlak te bedragen (zie de Bureau studie Vis in het IJsselmeergebied en de daarin aangehaalde literatuur voor een onderbouwing van dit percentage).

Afbeelding 4.8 Beeld ondiep zoet water met ondergedoken waterplanten



Overige maatregelen ten bate van de productiviteit en connectiviteit met achterland

Naast de bouwstenen ten bate van de habitatdiversiteit op de water-land overgang zijn maatregelen wenselijk die tot een **toename van de productiviteit van het zoetwater ecosysteem** leiden. Hierbij kan gedacht worden aan de volgende maatregelen:

1. vergroten van de productie van de waterbodem door de voedselrijke ondergrond te benutten. De aanleg van onder andere de Marker Wadden brengt de voedselrijke ondergrond 'in productie', waardoor de omvang van de visstand toeneemt;
2. creëren van uitwisseling van stoffen tussen wetlands en de meren. In een natuurlijk systeem worden vanuit de omgeving nutriënten en organisch materiaal naar de meren aangevoerd. Deze belangrijke bron van voedingsstoffen en energie is in het IJsselmeergebied grotendeels afgesneden van de meren (zie ook de studie van Rombouts et al. 2019 met betrekking tot de Oostvaarderoevers);
3. stimuleren van de ontwikkeling van perifyton (algen en kleine dierlijke organismen die op harde substraten groeien) door de hoeveelheid substraat in de vorm van hout, wilgen, riet en waterplanten te vergroten. Hierdoor neemt de productiviteit van het water inclusief de vissen toe. Overigens is de in het gebied aanwezige stortsteen ook een belangrijk substraat voor perifyton.

Verbinding tussen het IJsselmeer en de polders is tenslotte van belang bij waardevolle (natuur)gebieden in de polder, zoals een aansluiting bij de Dijkgatweide in de Wieringermeer. Met name aangesloten gebieden met veel amfibieën (zoals groene kikkers) zijn belangrijk voor vogels.

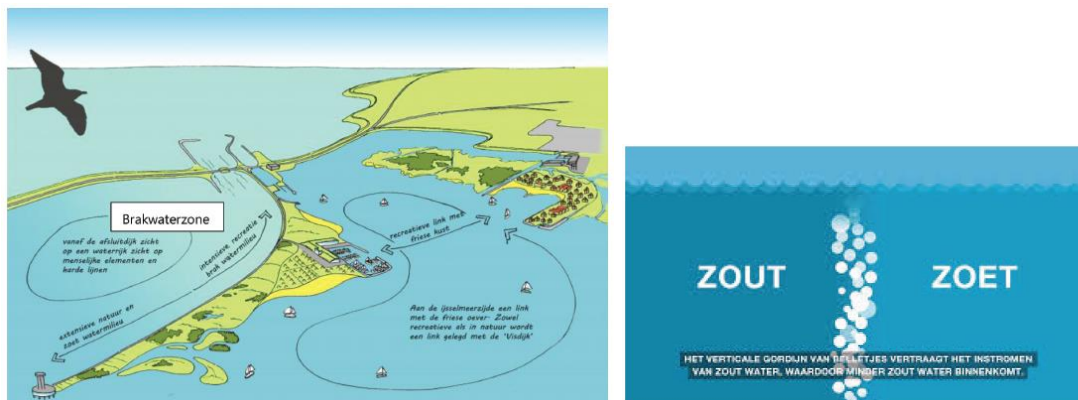
4.3.2 Bouwstenen zoet-zout gradiënt

Binnen een omvangrijk **brakwatergebied** wordt een geleidelijke zoet-zout overgang tussen IJsselmeer en Waddenzee bewerkstelligd en wordt brakwaterhabitat gecreëerd. Het brakwatergebied, met een geleidelijke overgang van zoet (< 300 mg Cl/l) naar brak (3.000 - 10.000 mg Cl/l) water, dient aan te sluiten op de spuisluisen bij Den Oever om de mogelijkheden voor **visintrek vanuit de Waddenzee** te verbeteren (doelstelling 1a) en om **uitspoeling van zoetwatervissen** via de spuisluisen tegen te gaan (doelstelling 1b). Het brakwatergebied moet voldoende groot zijn om enerzijds te voorkomen dat de zoutindringing naar het IJsselmeer toeneemt en anderzijds om te voorkomen dat het gebied geheel verzoet wanneer maximaal gespuid wordt. Hierbij is het essentieel dat de inrichtingsmaatregelen (zoutsensoren, inzet spuien en gemalen et cetera.) de zoetwaterfunctie van het IJsselmeer veilig stellen en meehelpen toekomstvast te

maken (dus **tegengaan zoutindringing**, doelstelling 3). Bovendien biedt het brakwatergebied ruimte voor diverse brakwaterhabitats, welke hieronder besproken worden (doelstelling 2a).

Welk oppervlak een brakwaterzone in het IJsselmeer (en/of in de Waddenzee) moet hebben, is niet goed te kwantificeren. Eerdere ontwerpen besloegen nogal uiteenlopende oppervlaktes (zie tabel 4.1), vaak wel 10 tot 30 km². Een voldoende groot oppervlak is nodig om de verschillende habitats te realiseren, de migratiemogelijkheden te waarborgen én tegelijkertijd zonder een toename (of beter nog een verlaging) van de zoutbelasting van het IJsselmeer.

Afbeelding 4.9 Beeld bouwstenen zout-zoetgradiënt



Open zandige eilanden

Belangrijk brakwaterhabitat zijn **open zandige eilanden**. Dit habitat wordt gekenmerkt door variatie in de waterbodemhoogte en door een dynamische waterstand en ligging van de zoet-zout grens zodat de omstandigheden optimaal zijn en blijven voor typische pioniersoorten en dient als broedeiland en foerageergebied.

Afbeelding 4.10 Beeld zandige eilanden



Ondiepe zones met ondergedoken brakke waterplanten

In het brakwatergebied zijn ondiepe zones aanwezig waar **ondergedoken brakke waterplanten** kunnen groeien. Dit dient als belangrijk foerageer- en rustgebied voor diverse vogelsoorten

Afbeelding 4.11 Beeld ondiepe zones met ondergedoken brakke waterplanten



Brakke rietmoerassen

In het brakwatergebied zijn **brakke rietmoerassen** aanwezig. Dit dient als belangrijk foerageer- en broedgebied voor diverse vogelsoorten.

Afbeelding 4.12 Beeld brakke rietmoerassen



Dynamiek en diversiteit

Het brakwatergebied moet verder voorzien in het ontstaan van **geulen met stroming** (kan door windwerking, maar ook door gebruik maken van getij), aanwezigheid van **zandige en kleiige habitats, helder én troebel water** en een **optimale aansluiting** hebben tussen broedplekken van vogels en de ondiepe en diepe gebieden in het ecosysteem. Het materiaal dat vrijkomt om delen van het brakwatergebied te verdiepen kan gebruikt worden voor de eilanden, oevers en dammen.

KENNISLEEMTES

In dit hoofdstuk worden de kennisleemtes besproken van de bouwstenen van de land-water gradiënt (paragraaf 5.1) en van de bouwstenen van de zoet-zout gradiënt (paragraaf 5.2).

5.1 Kennisleemtes land-water gradiënt

De kunstmatige aanleg van een litorale zone (land-water overgang) creëert een 'novel ecosysteem'. De uitgebreide literatuurstudie van Rombouts (2019) maakt weliswaar duidelijk wat het belang is van de litorale zone voor het hele ecosysteem, maar levert betrekkelijk weinig kwantitatieve gegevens op over hoe de land-water overgang het beste vormgegeven kan worden. Welke arealen zijn per habitattypen vereist, hoe moeten deze verbonden zijn, hoe is dit te realiseren bij een tegennatuurlijk IJsselmeerpeil; dit zijn vragen die niet beantwoord worden door de literatuurstudie. Rombouts (2019) adviseert daarom vervolgonderzoek waarbij geëxperimenteerd wordt met de verschillende habitattypen.

Het is niet zo dat er helemaal geen ervaring is met de aanleg van (delen van) een 'natuurlijke' litorale zone. In het voorgaande hoofdstuk zijn diverse voorbeelden genoemd waarin hiermee ervaring is opgedaan, zoals de aanleg van paai- en opgroeigebieden voor vis op diverse plekken in Nederland, de Marker Wadden en de Koopmanspolder (zie paragraaf 4.2.1). In de Bureaustudie Vis in het IJsselmeergebied worden op basis van deze ervaringen specifieke uitgangspunten gegeven voor ieder van de habitattypen (die uitgangspunten zijn opgenomen bij de beschrijving van de bouwstenen in paragraaf 4.3.1). Hieronder volgen de belangrijkste kennisvragen die gerelateerd zijn aan de ontwikkeling van de bouwstenen in de litorale zone.

Er is bij benadering een richtlijn voor het benodigde oppervlak aan ondergedoken waterplanten en helofytenmoeras (als percentage van het totale meer). Wat de benodigde areaalbedekking aan vloedvlaktemoeras betreft is niet goed bekend. Naar verwachting is het benodigde areaal kleiner dan dat van helofytenmoeras, dat een meer kritisch habitat voor de overleving van de plantminnende vissen is. Vloedvlaktemoerassen kunnen ook een grote productie van jonge vis realiseren op een betrekkelijk klein oppervlak.

Uit de richtlijnen voor het inrichten en beheren van de habitattypen in de land-water overgang komt telkens naar voren dat kunstmatige ingrepen vereist zijn om het beoogde natuurlijke systeem te ontwikkelen, een zogenaamde 'managed marsh' aanpak. Dit betekent dat vele afwegingen en keuzes gemaakt moeten worden, waarbij nog vele onzekerheden bestaan over wat de juiste keuze is, zoals de benodigde ontwikkeltijd van het riet in relatie tot het tegengaan van ganzenvraat, hoe (en of) bosopslag tegengegaan wordt, welk peilbeheer precies gevoerd moet worden; is er wel of geen droogval vereist voor de ontwikkeling van vitaal waterriet (zie kader: droogval vereist voor waterriet?), de benodigde frequentie van cyclisch beheer, de beleving van dergelijke gebieden door omwonenden en recreanten, et cetera. De kunstmatige 'managed marshes' zijn niet hetzelfde als natuurlijke vloedvlakte- en helofytenmoerasarealen en het ligt voor de hand te veronderstellen dat ze kwalitatief al snel minder goed zullen functioneren en derhalve wellicht grotere arealen vereisen. Of en in welke mate dit een rol speelt is echter onbekend.

Droogval vereist voor waterriet?

Vanuit de ervaring van diverse projecten wordt in de Bureau studie Vis in het IJsselmeergebied verondersteld dat periodieke droogval een cruciaal onderdeel is van de ontwikkeling van vitaal waterriet. Tijdens de VBNE veldwerkdag 'Herstel rietkragen langs meren en strangen', met onder andere een excursie naar het Zwarte Meer waar gewerkt wordt aan rietontwikkeling, zijn de voorwaarden voor ontwikkeling van waterriet bediscussieerd. Volgens Jan van der Winden is het een misvatting dat droogval nodig is voor de ontwikkeling van waterriet; het zouden vooral ganzenvraat en bosontwikkeling zijn die in de weg staan.

Samenvattend benoemde hij de volgende misvattingen over riet:

- waterriet heeft helder water nodig;
- riet heeft droogval nodig;
- riet vormt alleen uitlopers op droge bodem;
- waterriet moet gemaaid worden;
- riet groeit slecht op veenbodems;
- begrazing is alleen een probleem bij jong riet.

Er is dus discussie over (sommige van) deze punten. Mogelijk zijn op verschillende plekken andere factoren van dominant belang. Dit vraagt dus een verkenning in de toepassing in de Wieringerhoek.

Een deel van deze vragen kan beantwoord worden op basis van ervaring van andere, vergelijkbare gebieden. Veel vragen zullen echter beantwoord moeten worden bij een 'learning by doing' aanpak, waarbij proefgebieden omgeven worden met begeleidend onderzoek.

De volgende onderzoeksvragen zijn van belang voor **vloedvlaktemoeras**:

- wat is de optimale inrichting van het moeras voor zowel vissen als vogels? Eerdere kunstmatige vloedvlaktemoerassen zijn doorgaans gedimensioneerd op een maximale productie van snoek, maar de vloedvlaktemoerassen langs het IJsselmeer dienen een veel bredere doelstelling: niet alleen voor snoek, maar voor alle vissoorten die er gebruik van willen maken. Ook niet alleen voor vissen, maar ook voor vogels en biodiversiteit in het algemeen. En ook niet alleen visproductie voor het ontvangende watersysteem, maar ook voor het moeras zelf. Welke inrichting en peilbeheer hier optimaal bij passen dient onderzocht te worden;
- welke visproductie wordt gerealiseerd? Voor de snoek is de relatie tussen inrichting en productie bekend, maar voor de meeste andere soorten niet. Dit moet onderzocht worden, onder andere om uiteindelijk een extrapolatie naar het benodigde areaal voor het gehele aanliggende water te kunnen inschatten;
- welk beheer komt het best tegemoet aan de verschillende doelen? Dit betreft onder andere het peilbeheer, het beheer van de kunstwerken (vistrappen, pompen, windmolens en dergelijke) en het beheer en onderhoud van de vegetatie;
- wat is de meerwaarde van **vloedbossen** (ten opzichte van overstromingsgraslanden en -moerassen) als leefgebied voor organismen en als input van organisch materiaal in de Wieringerhoek?

De volgende onderzoeksvragen zijn van belang voor **helofytenmoeras**:

- wat is het beste type waterkering om het gebied tijdelijk droog te kunnen zetten? Bijvoorbeeld dijkes van lokale grond of stalen damwand? Enkele proeven met verschillende constructies wordt aanbevolen;
- kan de ontwikkeling van vitaal (water)riet gerealiseerd worden door goede afrastering en tegengaan van verbossing, of is droogval essentieel?
- wat is de beste aanpak om zo snel mogelijk een helofytenmoeras te realiseren? Inzaaien, gebruik van maaisel, wortelstokken of een combinatie? Hoe lang duurt het voordat de compartimentering weggehaald/opengesteld kan worden?
- wat is het effect van vraat door vogels, zoals ganzen? Welke vogelvraatwerende voorzieningen zijn nodig?
- hoe handhaaft het helofytenmoeras zich na openstelling? Welke factoren zijn hierbij dominant? Is een inschatting te maken of en zo ja in welke frequentie de tijdelijke droogval herhaald moet worden om het moeras in stand te houden (cyclisch beheer)?
- hoe wordt het helofytenmoeras gebruikt door vissen? Groeien de nakomelingen uit het vloedvlaktemoeras hier op? Ontwikkelen zich standpopulaties? Komt de functie als overwinteringsgebied goed uit de verf?

- welk beheer en onderhoud is het effectiefst voor de instandhouding?

De volgende onderzoeksvragen zijn van belang voor **ondiepe zones met ondergedoken waterplanten**:

- volgt spontane groei van waterplanten wanneer ondiep water gecreëerd wordt, of dient de ontwikkeling van waterplanten gestimuleerd te worden door bijvoorbeeld het creëren van extra beschutting of enten van plantmateriaal?
- tot welke waterdiepte ondergedoken waterplanten gaan groeien is afhankelijk van het doorzicht. Dit kan lokaal verschillen. In de Wieringerhoek groeien in de huidige situatie vrijwel enkel waterplanten tot 1 m waterdiepte, maar in andere delen van het IJsselmeergebied groeien waterplanten tot wel 2 à 3 m;
- gaat begrazing een knelpunt vormen voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten? Vanaf welk areaal is er geen significante invloed meer van de begrazing op de waterplantbedekking?

Het is tenslotte de bedoeling dat de litorale zone als een natuurlijk systeem gaat functioneren. Compleetheid van de land-water gradiënt is daarbij essentieel. Dit betekent dat de 3 belangrijkste zones (overstromingsgrasland, helofytenmoeras en ondiep water met ondergedoken waterplanten) alle 3 met de juiste oppervlaktes en de juiste kwaliteit aanwezig moeten zijn. In de Wieringerhoek zullen daar grote ingrepen en beheer voor nodig zijn. De polders liggen immers meters lager dan het IJsselmeer en de waterdiepte van het IJsselmeer is relatief groot. Het is onduidelijk hoeveel meerwaarde het nog heeft als niet alle habitattypen bij elkaar kunnen worden aangelegd, of als ze alleen in een klein oppervlak gerealiseerd kunnen worden.

5.2 Kennisleemtes zoet-zout gradiënt

Voor de zoet-zout gradiënt, ofwel de brakwaterzone, zijn veel minder concrete voorbeelden dan voor de habitattypen van de land-water gradiënt. Er is minder praktijkervaring, en al helemaal niet voor de specifieke context van het IJsselmeer. De te realiseren brakwaterzone in de Wieringerhoek dient bovendien verschillende functies en is gekoppeld aan alle projectdoelen (zie bijvoorbeeld de overzichtstabel met bouwstenen, tabel 4.2). De brakwaterzone moet de connectiviteit tussen de Waddenzee en het IJsselmeer verbeteren, habitat creëren én bijdragen aan een oplossing voor de zoutindringing vanuit de Waddenzee. Er zijn talrijke studies gedaan naar specifieke onderdelen van de zoet-zout gradiënt, maar de inpassing van een brakwaterzone die allerlei verschillende functies dient is wel uniek.

Wel zijn er al diverse ontwerpen gemaakt voor een brakwaterzone tussen het zoete IJsselmeer en de zoute Waddenzee. Enkele voorbeelden zijn gegeven in het voorgaande hoofdstuk (zie met name tabel 4.1). Sommige ontwerpen zijn vrij abstract van aard gebleven, maar andere ontwerpen zijn verder uitgewerkt en soms ook doorgerekend. Zo zijn er door het Ontwerp Team Brak (onder andere de Kok 2002) diverse scenario's doorgerekend van brakwaterzone's. Al de door hen getoetste ontwerpen voldeden aan de eisen op het gebied van hydrodynamica en saliniteitsverdeling (min of meer stabiele gradiënt van zoet naar zout). Ook het ontwerp van Witteveen+Bos (zie met tabel 4.1) is doorgerekend; het ontwerp voldeed aan de eis dat er geen extra zout het IJsselmeer op komt.

Ondanks dat er al verschillende ontwerpen zijn gemaakt voor een brakwaterzone in de Wieringerhoek (dan wel elders langs de Afsluitdijk), en er een groot aantal studies is naar brakwaterhabitats en vismigratie tussen zoet en zout, bestaan er vele onzekerheden. Met betrekking tot migratiemogelijkheden zijn de volgende onzekerheden en kennisvragen te noemen:

- er is discussie over de vraag hoe problematisch de uitspoeling van zoetwatervis naar de Waddenzee is. Een deel van de uitgespoelde vissen keert weer terug (bijvoorbeeld via de schutsluis. Ook blijkt dat de vishevelpassage gebruikt wordt door zoetwatervissen die vanuit de Waddenzee terug naar het IJsselmeer gaan). Vermoedelijk is het echter slechts een (heel) klein deel van de uitgespoelde zoetwatervis die daadwerkelijk terug kan keren. Anderzijds kan de vraag gesteld worden in hoeverre dit een knelpunt is voor de visbestanden (en het hele ecosysteem) van het IJsselmeer. Tenslotte is er de vraag welke invloed de uitspoeling van zoetwatervissen heeft op de Waddenzee. De uitspoeling van zoetwatervis is een bron van organisch materiaal die bijdraagt aan de productiviteit van de Waddenzee. Uit het in paragraaf 3.4 aangehaalde onderzoek van Jung et al. 2019 blijkt dat de aanvoer van organisch materiaal vanuit het

IJsselmeer goed is voor meer dan 50 % van de primaire productie van enkele belangrijke tweekleppigen in de Waddenzee. Het is echter onduidelijk wat de bijdrage is van uitgespoelde zoetwatervissen aan de totale aanvoer van organisch materiaal naar de Waddenzee, en daarmee is het onbekend hoe 'belangrijk' de uitspoeling van zoetwatervissen is voor de productiviteit van de Waddenzee.

- de precieze intrek van vissen vanaf de Waddenzee naar het IJsselmeer is niet bekend. Duidelijk is wel dat er vissen zijn die de Afsluitdijk passeren. Er is een visvriendelijk spui-beheer bedacht, de schutsluis wordt gebruikt om vis naar binnen te schutten en er ligt een hevelpassage (zie bijvoorbeeld de tekst over migratiemogelijkheden op pagina 36 van dit rapport). Het mag duidelijk zijn dat deze technische hulpmiddelen het obstakel voor vismigratie niet geheel wegnemen. Tegelijkertijd is er wel discussie over de vraag of dit (obstakel voor migratie) óf het ontbreken van geschikt habitat (in het IJsselmeer of verderop in het stroomgebied gelegen paai- en opgroeigebieden) het belangrijkste knelpunt is voor de afwezigheid (of marginale aanwezigheid) van estuariene vissoorten en diadrome vissoorten;
- de eisen die trekvis (diadrome soorten) stellen aan het habitat van een brakwaterzone verschillen sterk per soort (Tangelder et al. 2017). Sommige diadrome soorten hebben de zoet-zout overgang enkel nodig om te migreren van zoet naar zout of andersom, terwijl andere soorten juist hoge eisen stellen aan dat brakwatergebied. Dat laatste geldt bijvoorbeeld voor de fint, die in de estuariene zone zijn paai- en opgroeigebied heeft. Soorten als spiering, driedoornige stekelbaars, zeeforel, eelt, steur, houting en paling kunnen brakwaterzones als foerageergebied gebruiken tijdens verschillende levensstadia, en stellen dus ook eisen aan de inrichting van de brakwaterzone en de verschillende habitats daarin;
- in hoeverre diadrome soorten een brakwaterzone nodig hebben om te acclimatiseren is voor veel soorten niet specifiek bekend (Tangelder et al. 2017 en daarin aangehaalde literatuur). Wel is bekend dat diadrome vissoorten zich goed kunnen aanpassen, en het is maar de vraag of ze daarvoor een (groot) acclimatisatiegebied nodig hebben;
- voor het ontwerp van de vismigratierivier zijn er allerlei uitgangspunten voor vismigratie op een rij gezet, zoals de kritische stroomsnelheid, turbulentie, saliniteit et cetera (zie bijvoorbeeld Arcadis 2017). Deze kennis kan benut worden, maar is niet automatisch toepasbaar op de brakwaterzone in de Wieringerhoek die op een andere plek ligt en een groter aantal doelen dient dan de vismigratierivier.

Voor de inrichting van een brakwaterhabitat spelen andere onzekerheden en kennisvragen, zoals:

- hoe groot moet het brakwaterhabitat zijn? Hoe groot moeten de verschillende habitattypen (zoals zandige eilanden, ondiepe zones en rietmoerassen) zijn?
- in verschillende van de reeds gemaakte ontwerpen is er geen of weinig getijdewerking in de brakwaterzone. Getijdewerking is geen harde vereiste voor alle habitattypen, maar kan dat wel zijn voor specifieke soorten of voor de kwaliteit van de habitats;
- heeft de brakwaterzone de meeste ecologische meerwaarde aan de IJsselmeerzijde of aan de Waddenzijde (of aan beide)?
- verschillende habitattypen en soorten kunnen verschillende eisen stellen aan de chlorideconcentratie. Sommige soorten hebben een brede tolerantie, andere zijn beperkt tot een smalle chloriderange. Er zal een gradiënt van zoet naar zout tot ontwikkeling komen, maar hoe groot de zones met een verschillende saliniteitsklasse moeten zijn is niet goed duidelijk.

Verder zijn er nog belangrijke kennisvragen over de effecten van een brakwatergebied op de spuicapaciteit, het gebruik van de schutsluis en de eventuele inzet van pompen. Tenslotte is een belangrijke kennisvraag hoe het brakwatergebied dusdanig ontworpen kan worden dat de zoutbelasting van het IJsselmeer niet toeneemt terwijl de vismigratie jaarrond mogelijk is en er een continue zoet-zout gradiënt aanwezig is.

LITERATUUR

Arcadis 2018. Vismigratierivier Afsluitdijk. Hydraulische en ecologische toetsing van het ontwerp. 29 juni 2018. In opdracht van Provincie Fryslân.

Asjes, J., 2000. Meerwaarde van een Brakke Zone bij de Afsluitdijk : een kwalitatieve beschouwing. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ) Lelystad : Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ).

Beheersverslag Rijkswateren IJsselmeergebied 2002-2004, 2006. IJG-rapport 2006-4. Syncera Water, 31 januari 2006, Delft.

Cornelissen, P., 2018. Oostvaardersoever, verbinding Markermeer - Oostvaardersplassen/Iepelaarsplassen, van Natuurlijke binnenzee via Ecologische ramp naar Novel-ecosystem. Concept-versie 20 augustus 2018.

Eriksson, B.K., van der Heide, J., van de Koppel, J., Piersma, T., van der Veer, H.W. & H. Olf. Major Changes in the Ecology of the Wadden Sea: Human Impacts, Ecosystem Engineering and Sediment Dynamics. *Ecosystems* 13: 752-764.

de Boer, 2001. Verbetering van vismigratie door de Afsluitdijk : wat wil de vis?. Ministerie van Verkeer en Waterstaat Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS, RIKZ). Den Haag : RWS, RIKZ.

de Kok, J.M., 2002. Brakwater zones rond de Afsluitdijk. 3D modelberekeningen naar water- en zoutbeweging in diverse ontwerpvarianten. Rapport RIKZ/2002.0.38 september 2002.

de Leeuw, C.C. & Backx, J.J.G.M., 2001. Naar een herstel van estuariene gradiënten in Nederland. Een literatuurstudie naar de algemene ecologische principes van estuariene gradiënten, ten behoeve van herstel maatregelen langs de Nederlandse kust. Uitgever Haren [etc.] : Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, RIKZ [etc.].

Jansen, H.M., 2019. Het belang van sublitorale mosselen als voedselbron in de Westelijke Waddenzee : helpdeskvraag 2c in het kader van mosseltransitie (KD-2019-028). Wageningen Marine Research rapport C038/19.

Jung, A.S., van der Veer, H.W., van der Meer, M.T.J. & C.J.M. Philippart, 2019. Seasonal variation in the diet of estuariene bivalves. *PLoS ONE* 14(6): e0217003.

Moedt, S. De dichtheid van de driehoeks- en quaggamosselen in het IJsselmeer. Resultaten van een gebiedsdekkende kartering uitgevoerd in 2017. Eurofins Omegam B.V. in opdracht van Rijkswaterstaat, CIV.

Noordhuis, R., 2001. Watersysteemrapportage IJsselmeer-Markermeer. Rapport RWS-RIZA.

Noordhuis, R. (red), 2010. Ecosysteem IJsselmeergebied : nog altijd in ontwikkeling : trends en ontwikkelingen in water en natuur van het natte Hart van Nederland. Deltares, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Waterdienst (RWS, WD).

Noordhuis, R., Groot, S., Dionisio Pires, M. & M. Maarse, 2014. Wetenschappelijk eindadvies ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura 2000-doelen. Deltares, 2014.

Oost & Kleine Punte 2003. Autonome morfologische ontwikkeling westelijke Waddenzee. Een doorkijk naar de toekomst. Rapport RIKZ/2004.021.

Remmelzwaal, A., Lankester, J., Aragon van den Broeke, M., Lichtendahl, M., van Konijnenburg, P., Garritsen, T. & van Heusden, W., 2017. Preverkenning IJsselmeergebied. Eindconcept 1 december 2017.
Rombouts, T.A., Vonk, J.A. & H.G. van der Geest, 2019. Het belang van natuurlijke en kunstmatige land-water overgangen voor het functioneren van moeras- en meerecosystemen. Een literatuurstudie als voorbereiding op het ontwerp van de Oostvaardersoever. Rapport Universiteit van Amsterdam.

Slijkerman, D.M.E., Foekema, E.M. & P. de Vries, 2017. Effecten van visvriendelijke maatregelen op de glasaal-index bij Den Oever. Wageningen Marine Research rapport C109/17.

STIJ 2016. Gedeeld Beeld Werkelijkheid IJsselmeervisserij. Een gemeenschappelijke feitenbasis over de ontwikkeling van de visstand en de visserij op het IJsselmeer en het Markermeer en de oorzaken hiervan. Stichting Transitie IJsselmeer, 20 oktober 2016. Onder redactie van Lennart Turlings.

Tangelder, M., Winter, E. & T. Ysebaert, 2017. Ecologie van zoet-zout overgangen in deltagebieden. Literatuurstudie en beoordeling van een scenario in het Volkerak-Zoommeer. Wageningen University & Research rapport C116/17.

Tosserams, M., de Vlas, J., Dijkers, C. & H. Peletier. Ecosysteembeschrijving IJsselmeer en Waddenzee : beschrijving van de ecologische uitgangssituatie ten behoeve van de planstudie [ES]2-Afsluitdijk. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ). Lelystad : Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ)

van Boekel, E.M.P.M. & H.T.L. Massop, 2011. Achtergrondconcentraties waterlichamen Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en stoffenbalansen voor de Wieringermeer. Alterra-rapport 2199.

van Boekel et al. 2014a. Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK. Deelrapport 14: Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntbalansen voor deelgebied Vier Noorderkoggen Hoog. Alterra-rapport 2475.14

van Boekel et al. 2014b. Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK. Deelrapport 20: Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntbalansen voor deelgebied Grootslag. Alterra-rapport 2475.20

van Boekel et al. 2014c. Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK. Deelrapport 24: Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntbalansen voor deelgebied Vier Noorderkoggen Laag. Alterra-rapport 2475.24

van Boekel et al. 2014d. Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK. Deelrapport 32: Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntbalansen voor deelgebied Wieringen. Alterra-rapport 2475.32

van Dam, H. & N. Jaarsma, 2019. Doelen op maat 4.6- Systeemanalyses Wieringerland. In opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Conceptrapport 24-3-2019.

van Dam, H., Jaarsma, N. & S. van Dam, 2019a. Doelen op maat 4.4- Systeemanalyses Boezemwateren. In opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Conceptrapport 25-6-2019.

van Dam, H., Jaarsma, N. & S. van Dam, 2019b. Doelen op maat 4.7- Systeemanalyse Westfriesland. In opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Conceptrapport 15-1-2019.

van Eerden M.R., S.H.M. van Rijn & M. Roos, 2005. Ecologie en Ruimte: gebruik door vogels en mensen in de SBZ's IJmeer, Markermeer en IJsselmeer. Rijkswaterstaat, RIZA rapport 2005.014, Lelystad.

van der Winden, J. (2014). Vogelsand een bijdrage aan het Waddenzee ecosysteem; onderzoek naar de toegevoegde waarde voor sterns en andere kustgebonden soorten. Uitgevoerd door Bureau Waardenburg in opdracht van Vogelbescherming Nederland.

van Ek, R., Doef, R., Bruin-Baerts, K. & A. van Nierop. Achteroevers. Lessen uit de Koopmanspolder. Landschap 2017/1: 15-23.

van Raaphorst, W. & V.N. de Jonge, 2003. Reconstruction of the total N and P inputs from the IJsselmeer into the western Wadden Sea between 1935-1998. Journal of Sea Research 51: 109-131.

Walker, P., Wanink, J., de Vlas, J. & A.P. Oost. Verkenning van een natuurlijker zoet-zout overgang rond de Afsluitdijk. Definitiestudie Brakwaterzone. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS, RIKZ).

Witteveen+Bos 2009. Metingen vismigratie spuiccomplexen Afsluitdijk. 25 september 2009. In opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst/ Rijkswaterstaat IJsselmeergebied.

Witteveen+Bos 2015. Verdiepend effectonderzoek waterkwaliteit en morfologie, Afsluitdijk. In opdracht van Rijkswaterstaat Midden-Nederland.

Witteveen+Bos 2018. Bureaustudie Vis in het IJsselmeergebied. In opdracht van Rijkswaterstaat WVL.

