

WINNING WADDENGAS VANAF DE LOCATIES MODDERGAT, LAUWERSOOG EN VIERHUIZEN

**Ecologische nulsituatie 2006
Rapportnummer EP 2006 122 07130**

**Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Assen december 2006.**

Inhoudsopgave

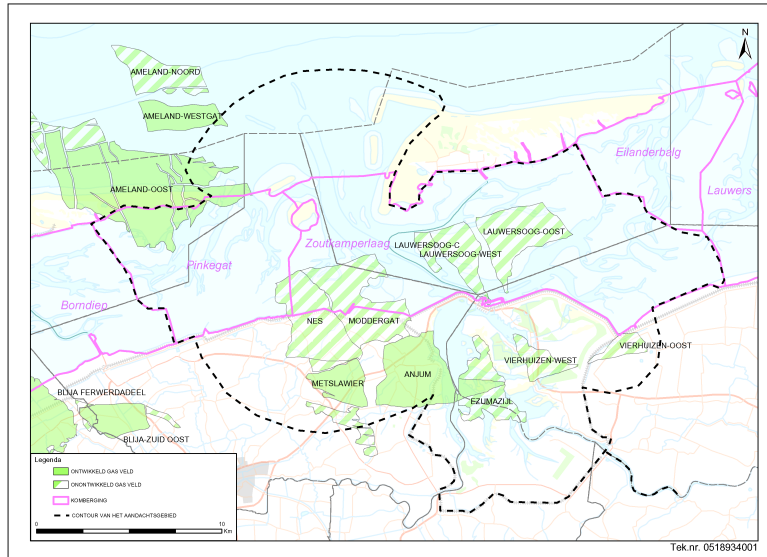
1	Nulsituatie waddensysteem	2
1.1	Inleiding	2
1.1.1	Het studiegebied.....	2
1.1.2	Kennisachtergrond en informatiebronnen.....	3
1.1.3	Bestaande toestand én trends	5
1.1.4	Relevante autonome ontwikkeling.....	6
1.2	Het abiotische systeem.....	9
1.2.1	Kombergingen: dynamisch evenwicht.....	9
1.2.2	Modelberekeningen autonome ontwikkeling Pinkegat en Zoutkamperlaag	16
1.2.3	Kwelders: de Peazemerlannen, 't Schoor, Wierum.....	24
1.2.4	Resumé abiotische autonome ontwikkeling.....	30
1.3	Biotiek	31
1.3.1	Natuurbeschermingswetgeving	31
1.3.2	Relevante habitattypen en soorten.....	32
1.3.3	Pinkegat en Zoutkamperlaag.....	37
1.3.4	Kwelders.....	43
1.3.5	Resumé biotische autonome ontwikkeling.....	45
2	Nulsituatie Lauwersmeer	47
2.1	Inleiding	47
2.1.1	Het studiegebied.....	47
2.1.2	Bestaande situatie	48
2.1.3	Onzekerheden in de autonome ontwikkeling	49
2.1.4	Belangrijke informatiebronnen	50
2.2	Waterhuishouding	51
2.2.1	Oppervlaktewatersysteem: de huidige situatie	51
2.2.2	Het grondwatersysteem: de huidige situatie.....	55
2.2.3	De autonome ontwikkeling en vier beheersscenario's.....	56
2.2.4	De meest kritische parameters en het meest kritische scenario voor bodemdaling	59
2.2.5	Resumé.....	60
2.3	Levende natuur.....	60
2.3.1	Waterhuishouding en de levende natuur	60
2.3.2	Natuurbeschermingswetgeving	61
2.3.3	Habitats en soorten	65
2.3.4	Beheersscenario's beleid: autonome ontwikkeling.....	72
2.3.5	Conclusies levende natuur	76
2.4	Conclusies.....	77
	Referenties.....	79

1 Nulsituatie waddensysteem

1.1 Inleiding

1.1.1 Het studiegebied

Het gebied in de Waddenzee waarin de bodemdaling optreedt en (direct) effect kan hebben, is weergegeven in **figuur 3.2**.



*Figuur 3.2
Overzicht
studiegebied met
producerende en
beoogde nieuwe
velden.
Bijgevoegd is
een kaart van het
onderzoek-
gebied met de
belangrijkste
topografische
aanduidingen.*



Kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag

Het studiegebied omvat twee kombergingsgebieden: het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. Kombergingsgebieden – of korter: kombergingen¹ – zijn min of meer zelfstandig functionerende stroomgebieden binnen de Waddenzee, die bij eb en vloed afwisselend leeg- en vollopen via een stelsel van geulen dat zich binnen de gebieden vertakt. De fictieve bodemdalingsschotel van de voorgenomen winningen vanaf Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen komt weliswaar slechts in delen van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag terecht, maar zal vanwege het genoemde uitsmeereffect in beide

¹ Naast de termen 'kombergingsgebied' en 'komberging' worden in de vakliteratuur ook wel de termen 'vloedkom' en 'getijddebekken' gebruikt; en soms ook de term 'zeegat'. Zo worden het Pinkegat en de Zoutkamperlaag samen ook wel 'het Friese zeegat' genoemd.

gevallen de complete kombergingen beïnvloeden – reden om ze bij de beschrijving van de bestaande toestand en autonome ontwikkeling in hun geheel te beschouwen². Beide kombergingsgebieden vormen in feite een zanddelend systeem, maar kunnen modelmatig apart worden beschouwd, omdat ze beide zijn opgebouwd uit min of meer ruimtelijk gescheiden buitendelta's, geulen en platen.

Kombergingen kennen een grote natuurlijke dynamiek maar streven tegelijkertijd naar een bepaald evenwicht. Weer en getij vormen de motor achter de dynamiek, en sedimentatie- en erosieprocessen vormen de motor van het herstelmechanisme. Met andere woorden: zodra weers- en/of getij-invloeden het systeem verstoren – tijdelijk uit balans brengen – gaat het systeem een reactie vertonen om via sedimentatie- en erosieprocessen het evenwicht weer te hervinden. Dit evenwicht is geen statische toestand, maar kent een zekere variatie. Daarom wordt bij kombergingen altijd gesproken van een *dynamisch evenwicht*, dat per komberging verschilt omdat het afhankelijk is van lokale omstandigheden.

Zeespiegelstijging beïnvloedt al eeuwen het dynamisch evenwicht binnen de kombergingen van de Waddenzee. Door zeespiegelstijging komen alle kombergingen namelijk als het ware structureel sediment tekort en importeren ze daarom al eeuwen zand om dit tekort – zandhonger genoemd – te compenseren. In het RIKZ-rapport wordt in dit verband geconstateerd:

“Het zand dat nodig is voor compensatie van de zeespiegelstijging komt al sinds het ontstaan van de Waddenzee uit de kustzone. Daardoor is de kust van de Waddeneilanden in de loop van 6000 jaar al 6 – 15 km teruggeschreden. Bodemdaling geeft extra zandhonger. Voor de Waddenzee als geheel is die extra zandhonger relatief gering ten opzichte van de natuurlijke zandhonger, maar in enkele kombergingsgebieden, met name het Pinkegat ten oosten van Ameland, is de verhoogde zandhonger relatief groot. Desondanks is hier de bodemdaling tot nu toe waarschijnlijk volledig gecompenseerd door sedimentatie.”

De bovenstaande passage geeft aan in welk perspectief bodemdaling door gaswinning geplaatst kan worden: bodemdaling zorgt voor extra zandhonger ten opzichte van de natuurlijke zandhonger die er al is – en zal blijven – vanwege de optredende zeespiegelstijging.

Kustzone

Uit het bovenstaande wordt tevens duidelijk waar het extra benodigde zand vandaan moet kunnen komen: vanuit dezelfde Noordzeekustzone die ook al sinds jaar en dag het zand levert om de structurele zandhonger door zeespiegelstijging te compenseren. Met andere woorden, de Noordzeekustzone en het strand van Ameland dienen als 'leverancier' van zand voor de voordelta en het wad. Dit is het gebied waar Rijkswaterstaat, evenals langs alle westelijk gelegen eilanden en Hollandse kust, periodiek zandsuppleties uitvoert om de kustlijn te handhaven. Hier treedt weliswaar geen bodemdaling op door de voorgenomen winningen, maar indirect zou er wel sprake kunnen zijn van beïnvloeding. Een aandachtspunt is namelijk of de bodemdaling in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag als consequentie heeft dat er meer gesuppleerd zou moeten worden. **Paragraaf 1.4** bevat nadere informatie over de mogelijke relatie tussen bodemdaling door gaswinning en zandsuppleties in de Noordzeekustzone.

1.1.2 Kennisachtergrond en informatiebronnen

In algemene zin is over het abiotisch en biotisch functioneren van de Waddenzee veel bekend. Over hoe – meer specifiek – het Waddensysteem reageert op zeespiegelstijging en op door gaswinning veroorzaakte bodemdaling is eveneens veel bekend.

² Over het schaalniveau waarop bodemdaling door gaswinning beschouwd moet worden, geeft het RIKZ-rapport het volgende aan: “De jaarlijkse verticale dynamiek is meerdere tot honderden malen (centimeters tot meters per jaar) groter dan de ter plekke optredende jaarlijks bodemdaling (millimeters tot 2 centimeter per jaar). Een serie recente publicaties laat dit zien, zowel voor de Noordzeekustzone als de Waddenzee. [...] Dit onderbouwt de aanname die in het IBW (Integrale Bodemdalingsstudie Waddenzee) gemaakt is, dat de effecten van bodemdaling door gaswinning moeten worden berekend op grond van het bodemdalingsvolume per getijdebekken [= komberging] en per Noordzeekustdeelgebied en niet op het naar het centrum toe toenemende aantal centimeters zakking, zoals voorspeld door de bodemdalingsmodellen (dit m.u.v. de kwelders)”.

In de opbouw van deze kennis zijn een aantal sleutelmomenten en sleutelpublicaties aan te wijzen. Als eerste dient hier de *afsluiting van de Lauwerszee in 1969* genoemd te worden. Deze ingreep zorgde voor een ingrijpende verandering, waarbij een estuarien ecosysteem van het ene op het andere moment binnendijks kwam te liggen en zich ging ontwikkelen tot een (overigens ecologisch waardevol) zoetwatergebied. De afsluiting heeft evenzeer geleid tot een abrupte verandering van de zand- en slibbalans in de Waddenzee, met een momentane toename van de zandhonger van 30-40 miljoen kubieke meter. Voorafgaande aan deze ingreep was door het Waterloopkundig Laboratorium (WL) een sedimentmodel ontwikkeld, genaamd ESTMORF, om de te verwachten veranderingen in de ligging van geulen en platen te beschrijven. De verificatie van dit model heeft plaatsgevonden door de grootschalige gevolgen van de afsluiting daadwerkelijk te monitoren.

De hierdoor verkregen inzichten en het bijgestelde model zijn vervolgens ingezet om de gevolgen van de *gaswinning op Ameland* te voorspellen. Het ging daarbij om een extra zandhonger van globaal 10-15 miljoen kubieke meter. Deze zandhonger zou niet momentaan optreden, maar over de productieperiode die zou lopen van 1986 tot 2018. Sindsdien wordt de ontwikkeling van de kombergingsgebieden waarin de bodemdaling plaatsvindt (met name het Pinkegat) nauwlettend gevolgd. Anno 2005 kan geconcludeerd worden dat de suppleties volledig in lijn zijn met de lijn die ooit in 1980 – zonder gaswinning – is voorspeld en dus dat de gevolgen van de bodemdaling op Ameland nog niet merkbaar zijn.

In 1998 is nogmaals een beroep gedaan op de modellen. Dit keer ging het om een voorspelling van de cumulatieve gevolgen van bodemdaling in het hele Waddengebied middels het project *Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee (IBW)*. Daarbij is niet alleen gekeken naar de reeds vergunde winningen van Ameland, Groningen en Blija én de reeds aangetoonde velden Anjum, Lauwersoog, Nes en Moddergat, maar ook naar de destijds vermoede reserves. De cumulatieve effecten van al deze velden zijn expliciet onderzocht in combinatie met verschillende scenario's voor zeespiegelstijging, waaronder scenario's met 60 en 100 cm zeespiegel per eeuw. Juist in het kader van zeespiegelstijging zijn alle modellen nog eens herzien en zijn de uitkomsten bevestigd via een onafhankelijke audit door prof. dr. ir. De Vriend. Het ging daarbij niet alleen om de zogenaamde hydrodynamische modellen van het WL, maar ook om de op paleomorfologische modellering door de Universiteit van Utrecht (UU).

De monitoring van de gaswinning onder Ameland (1987 tot heden) is voor een inzicht in de mogelijke reacties van het systeem op bodemdaling en zeespiegelstijging eveneens van groot belang. Deze gaswinning en bodemdaling is namelijk al in 1986 begonnen en de voorspelde (en inmiddels opgetreden) bodemdaling is in omvang veel groter dan de daling die in de thans voorgenomen winning wordt verwacht. Terwijl de eerder genoemde studies gebaseerd zijn op denkmodellen die geverifieerd moeten worden in het veld, speelt de Amelandmonitoring zich juist bij uitstek in het veld zelf af, en worden de feitelijk waargenomen ontwikkeling benut om vervolgens de modellen weer te verfijnen.

In aanvulling op de waarnemingen aan de bodemdaling en zandhonger, wordt bij de Amelandmonitoring bovendien systematisch studie gemaakt van de reacties van het ecosysteem, met inbegrip van sedimentatie en erosie, planten en vogels. De lessen hieruit zijn waardevol voor de voorgenomen activiteit, met name waar het gaat om het waddenecosysteem. De bodemdalingsnelheid van Ameland neemt nu af.

De meest recente overzichtspublicatie over de invloed van bodemdaling op het Waddensysteem is het eerder al genoemde RIKZ-rapport, getiteld *Bodemdalingsstudie Waddenzee 2004; Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd*. Bij het opstellen van het rapport, dat in juni 2004 is gepubliceerd, heeft het RIKZ samengewerkt met andere onafhankelijke onderzoeksinstituten: TNO-NITG, WL Delft Hydraulics, Alterra. Het RIKZ-rapport is ook beoordeeld door een onafhankelijke auditcommissie.

Ten slotte verdienen twee onderzoeksrapporten vermelding die specifiek ten behoeve van het MER zijn opgesteld. Het eerste rapport, 'Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning', is opgesteld door WL Delft Hydraulics. Dit WL-rapport bevat gedetailleerde analyses die specifiek zijn toegesneden op het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. Deze analyses maken zowel de bestaande toestand en de autonome

ontwikkeling als de effecten van de nieuwe winningen inzichtelijk. Het accent ligt daarbij op de abiotiek: de processen van sedimentatie en erosie, de oppervlakte en hoogte van platen, de breedte en diepte van geulen, de omvang en snelheid van waterbewegingen, enzovoort.

Het tweede rapport is opgesteld door Alterra. Met de analyse van de abiotiek van WL Delft Hydraulics als uitgangspunt, heeft Alterra voor het studiegebied een analyse van de biotiek uitgevoerd, ook hier zowel voor de bestaande toestand (inclusief trends) en de autonome ontwikkeling als voor de effecten van de nieuwe winningen. Daarbij is in dit Alterra-rapport speciale aandacht besteed aan beschermde habitattypen en beschermde soorten. De uitgebreide informatie in het *Alterra-rapport* is tevens de basis voor de nulmeting waarop het monitoringsprogramma is gebaseerd.

1.1.3 Bestaande toestand én trends

De reeds beschikbare kennis en de resultaten van de speciaal voor het MER verrichte studies zijn gebruikt om de bestaande toestand en de autonome ontwikkeling van het Waddensysteem te beschrijven. Bij de beschrijving komen alle relevante abiotische aspecten – met name de morfologie – aan de orde. Een belangrijke invalshoek om de beschrijving van de biotische aspecten af te bakenen, vloeit voort uit de natuurbeschermingswetgeving die bij dit project van toepassing is. Concreet gaat het hierbij om de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn (die per oktober 2005 verankerd zijn in de Natuurbeschermingswet 1998). De Waddenzee is een zogenoemde speciale beschermingszone (SBZ) in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn. Deze status brengt onder meer met zich mee dat er voorafgaand aan de besluitvorming over de voorgenomen activiteit basisinformatie aangeleverd moet worden over een aantal specifiek benoemde beschermde soorten en beschermde habitattypen. Deze basisinformatie moet hoe dan ook beschikbaar komen, ook wanneer uiteindelijk valt aan te tonen dat effecten voor dergelijke soorten en habitattypen zich niet zullen voordoen als gevolg van de gaswinning en de daardoor veroorzaakte bodemdaling.

Voor gebieden die van nature zeer dynamisch/veranderlijk zijn – wat bij uitstek geldt voor het Waddengebied – is het bij de beschrijving van de bestaande toestand noodzakelijk niet alleen een momentopname te presenteren, maar ook te laten zien welke trend en variatie waarneembaar is. In de inmiddels 18 jaar lopende monitoringstudie naar de bodemdaling door de Amelandwinning zijn verschillende toepasselijke voorbeelden te vinden. Een belangrijke les daaruit is om de periode waarover de ontwikkelingen in het veld worden beoordeeld in overeenstemming te brengen met de tred van natuurlijke variabiliteit.

Een illustratief voorbeeld is de duindoornsterfte die in 1995 in het bodemdalingsgebied op Ameland werd waargenomen. Op zeer korte termijn is toen besloten tot een verkennend onderzoek op aangrenzende eilanden, met de vaststelling dat dit verschijnsel ook daar voorkwam in alle gebieden met een open verbinding met de zee. De oorzaak moest daarom gezocht worden in een uitzonderlijke stormoverfloeding, gevolgd door een even uitzonderlijke hoeveelheid neerslag. De begeleidingscommissie van de Amelandmonitoring heeft destijds echter tevens besloten tot structureel onderzoek naar overvloedingsrisico's van deze lage valleien en de grondwaterdynamiek. Uit dit onderzoek is inmiddels gebleken dat grondwater en vegetatie een bepaalde dynamische ontwikkeling volgen. De procesdynamiek ligt hier in de orde van jaren.

Een ander goed voorbeeld van de natuurlijke dynamiek in het Waddensysteem is de verstoring van het opslibbingsonderzoek op de Peazemerlannen in 1995 door de uitzonderlijke droge zomer, die gevolgd werd door een uitzonderlijk droge en strenge winter. Hierin was de Waddenzee lange tijd met ijs bedekt, de wind kwam vrijwel uitsluitend uit het oosten kwam en er was nauwelijks overfloeding van de kwelder. In gemiddelde omstandigheden klinkt de bodem van een kwelder 's zomers altijd enigszins in door uitdroging. Overvloedingen en neerslag in de daaropvolgende winter maken dit gewoonlijk weer grotendeels ongedaan. In 1995/1996 trad dit patroon niet op. De droge zomer veroorzaakte een extra klink van 5 mm en de maaiveldhoogte van de kwelders in 1996 bleef a-typisch laag.

Vertekeningen door toevalligheden of niet-representatieve omstandigheden zijn te voorkomen door de beschrijving van de bestaande toestand te iken op gegevens over

een wat langere achterliggende periode: bij de biotische aspecten wordt in de meeste gevallen een periode van minimaal 10 jaar beschouwd, bij de abiotische aspecten is de beschouwde periode nog langer. Dit maakt het mogelijk aan te geven in hoeverre er sprake is van een stabiele situatie of van een stijgende of dalende trend. Dergelijke informatie is eveneens noodzakelijk in verband met de natuurbeschermingswetgeving, die voor beschermde soorten en habitattypen vereist dat een zogenoemde nul-meting inclusief een trend beschreven wordt.

1.1.4 Relevante autonome ontwikkeling

Zeespiegelstijging

De meest relevante en besproken factor in de autonome ontwikkeling is wellicht zeespiegelstijging. Dat geldt voor geheel Nederland in verband met waterbeheersing en kustverdediging. Voor de Waddeneilanden en het Waddensysteem geldt dat in bijzondere mate. De relevantie van zeespiegelstijging voor dit project, is dat dit eenzelfde uitwerking op het Waddensysteem heeft als bodemdaling door gaswinning: de afstand tussen het bodemoppervlak en de waterspiegel neemt toe. Dit impliceert dat de millimeters voor de zeespiegelstijging opgeteld kunnen worden bij de millimeters van bodemdaling.

Uit verschillende studies is gebleken dat de zeespiegel al duizenden jaren gemiddeld stijgt. Dat gebeurde niet constant, maar met variaties. Direct na de laatste ijstijd verliep de stijging snel, met meters per eeuw, de laatste 5000 jaar echter meer geleidelijk. Om de geschiedenis te reconstrueren is men afhankelijk van geomorfologisch onderzoek. Hierbij worden grondboringen gedaan en bodemsorten vergeleken en geanalyseerd op plantenresten. Pas voor de laatste 2000 jaar beschikken we over meer en minder gedetailleerde beschrijvingen die door mensen zijn opgetekend. Belangwekkende studies in dit verband zijn de onderzoekingen van de fysisch-geograaf Henk Schoorl naar de ontstaansgeschiedenis van de westelijke Waddenzee. Hij heeft onderzoek gedaan aan de hand van geschreven bronnen en kaarten. Een en ander heeft een gedetailleerd beeld opgeleverd van perioden van transgressie en regressie en van zeespiegelstijging en -daling.

Belangrijke conclusies zijn:

- De Waddenzee bestaat al vele duizenden jaren en is zeer goed bestand tegen veranderingen: het staat vast dat de Waddenzee door de eeuwen heen perioden met een snellere zeespiegelstijging dan vandaag de dag steeds het hoofd heeft kunnen bieden. Er is zelfs aan te geven welke snelheid met zekerheid wordt overleefd, namelijk gedurende eeuwen gemiddeld ongeveer 6 mm/jaar.
- Over korte perioden weten we veel minder en daar zijn we afhankelijk van modellen en beperkte metingen. De modellen geven aan dat een zeespiegelstijging van ca 10 mm per jaar ook nog wel wordt bijgehouden en uit de metingen onder Ameland blijkt dat lokaal een bodemdaling van 13 mm per jaar wordt gecompenseerd.
- De zeespiegelstijging is geen vloedgolf, maar een proces met een zekere traagheid. Die traagheid kennen we uit geologisch onderzoek, onder meer aan ijskernen. Maximale stijgingsnelheden zijn bekend, zowel uit de geologie als uit modellen.
- Er is een onzekere variatie in klimaat en zeespiegelstijging. Het proces kan ook tijdelijk omslaan of tot stilstand komen. Voorbeelden zijn de vroeg middeleeuwse warme periode en de kleine ijstijd.

Kortom, het is lastig om voor de komende decennia te voorspellen óf de zeespiegel zal blijven stijgen, met welke snelheid exact en wanneer een eventuele verdere versnelling gaat beginnen. Over deze kwesties verschillen de meningen wereldwijd en ook in Nederland. Voor de feiten beschikken we over verschillende bronnen.

Het RIKZ-rapport geeft aan: "De huidige snelheid van zeespiegelstijging in het Waddengebied ten opzichte van het vasteland ligt al minstens 100 jaar constant op ongeveer 1,8 mm/jaar". Zeespiegelstijging wordt wereldwijd en dus ook in Nederland van jaar tot jaar zeer nauwkeurig gemeten. Het is mogelijk dat de zeespiegelstijging in de toekomst sneller gaat verlopen. Naast een scenario met als uitgangspunt dat het huidige tempo van 1,8 mm/jaar gelijk blijft, zijn er ook het in het RIKZ-rapport genoemde middenscenario voor een versnelde stijging (4,8 – 6,0 mm/jaar) en een maximum scenario voor een extreme stijging (8,8 – 10,0 mm/jaar).

In de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee (1998) zijn drie scenario's bestudeerd: 20 cm, 60 cm en 100 cm zeespiegelstijging per eeuw, uitgaande van een lineaire stijging (en dus geen allengs steeds verder oplopende snelheid). De belangrijkste conclusies waren dat 1 meter zeespiegelstijging per eeuw in de loop van eeuwen zou leiden tot het verdwijnen van de wadplaten en dat 60 cm zeespiegelstijging per eeuw, inclusief bodemdaling, gezien moet worden als een situatie waarbij de platen op termijn nog in stand blijven.

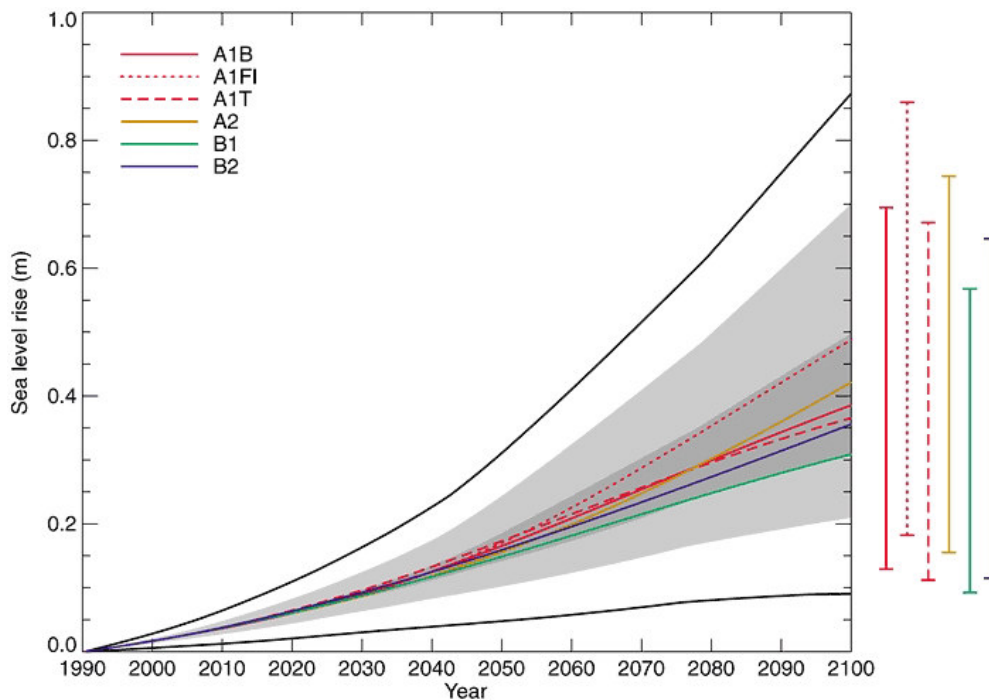
Eind 2005 kwamen via het KNMI (<http://www.knmi.nl>) echter de resultaten beschikbaar van wereldwijde satellietmetingen van het zeeniveau. Hieruit bleek een gemiddeld mondiale stijging van het zeeniveau sinds 1996 van 2,8 mm per jaar. Dit geldt echter niet voor de Nederlandse kust; Rijkswaterstaat meet al jaren – heel exact – en deze metingen laten per 2005 nog steeds het langjarige stabiele gemiddelde van 1,8 mm per jaar zien. Een plotselinge uitzetting van zeewater en een plotselinge zeespiegelstijging zijn fysiek onmogelijk, hetgeen de vraag oproept hoe betrouwbaar de resultaten van de genoemde satellietmetingen zijn.

Het punt is nu dat – in weerwil van de onzekerheden waarmee het feitelijke verloop van de zeespiegelstijging in de komende decennia is omgeven – er bij de besluitvorming over de thans voorgenomen winningen de zekerheid wordt verlangd dat de daardoor veroorzaakte bodemdaling niet tot een aantasting van de natuurlijke waarden van de Waddenzee zal leiden. De consequentie hiervan is dat er een uiterst zorgvuldige overweging vereist is ten aanzien van de uitgangspunten, zowel wat betreft de te hanteren scenario's voor de snelheid van zeespiegelstijging als voor het moment waarop de stijging zich daadwerkelijk zal gaan inzetten en ook geregistreerd kan worden.

In redelijkheid zijn er dan drie scenario's denkbaar:

1. Het **basisscenario**: er is nog geen versnelling van de zeespiegelstijging. De stijging wordt aangenomen zich ten minste de komende 20-30 jaar voort te zetten met de huidige relatieve snelheid van 20 cm per eeuw (inclusief geosynclinale daling van 2 cm per eeuw). Dit scenario lijkt onwaarschijnlijk, gezien de bewezen oplopende temperatuur van het oceaanoewater, maar kan op termijn niet worden uitgesloten. Zeker niet omdat daarbij onzekere klimaatontwikkelingen als veranderingen in het neerslag en verdampingsprofiel een rol spelen. Het is dus niet uitgesloten dat tijdens de toekomstige productieperiode geen versnelling in de zeespiegelstijging zal worden waargenomen.
2. Het 60 cm per eeuw scenario (**scenario-60**), waar ook het International Panel on Climate Control (IPCC 2001) vooralsnog van uitgaat. Volgens de huidige inzichten kan dit als het meest waarschijnlijke scenario beschouwd worden. De vraag blijft echter of men er dan vanuit moet gaan dat de versnelling van de zeespiegelstijging inmiddels al is ingezet, of dat dit nog zal gaan gebeuren. Een conservatieve aanname is het eerste moment waarop de genoemde satellietbeelden een versnelling van de stijging tonen (1996), een meer pragmatische benadering – mede gezien de onzekerheden in de metingen en het feit dat de stijging voor onze kust aantoonbaar nog niet versneld is – is aan te nemen dat de zeespiegelstijging start in de komende vijf jaar.
3. Het zeer conservatief scenario (**scenario-85**): een zeespiegelstijging van 85 cm per eeuw. Evenals het eerste scenario van een voortgang van 20 cm zeespiegelstijging per eeuw en vooralsnog geen versnelling, is ook dit scenario minder waarschijnlijk. Bovendien is ook hier de vraag wat als startpunt voor de versnelling aangenomen moet worden en hoe deze, eenmaal gestart, verder zou verlopen. In overleg met deskundigen van Rijkswaterstaat is dit scenario als volgt uitgewerkt in een meest conservatieve wijze:
 - o aannemen dat de versnelling van de zeespiegelstijging begonnen is omstreeks 1994 (de eerste indicatie uit de satellietbeelden) met een versnelling zodanig dat de rijzing resulteert in 60 cm over 100 jaar;
 - o aannemen dat vanaf 2011 de zeespiegelstijging wederom zal versnellen, zodanig dat dit resulteert in 85 cm over 100 jaar.

De laatste twee scenario's zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 5 van het MER. Hierin zijn tevens productiescenario's ontwikkeld, waarbij de volumetoename door bodemdaling ten gevolge van gaswinning binnen de meest conservatieve grens blijft.



Figuur 3.3 Om een indruk te geven van de grote bandbreedtes in zeespiegelstijgingsscenario's, is het bovenstaande overzicht opgenomen van projecties die het IPCC heeft opgesteld voor de wereldgemiddelde zeespiegelstijging gedurende de 21e eeuw, voor verschillende emissiescenario's en op basis van verschillende 'global climate modes' (IPCC, 2001).

Autonome bodemdaling

Bij de autonome ontwikkeling moet tevens rekening gehouden worden met het natuurlijk proces van geologische daling van de bodem. Deze 'autonome bodemdaling' heeft een constante snelheid van 0,2 mm/jaar.

Zandsuppleties

Net als in de afgelopen jaren, zal het ook in de komende periode noodzakelijk blijven zandsuppleties uit te voeren, ongeacht of er wel of geen nieuwe winningen gestart worden. Zandsuppleties worden apart besproken in **paragraaf 1.4**.

Bodemdaling door de Amelandwinning

Sinds 1986 wordt gas gewonnen uit het Amelandveld. Deze winning gaat door tot circa 2020. Het grootste deel van de bodemdaling door de Amelandwinning is inmiddels gepasseerd, maar tot aan 2020 blijft de Amelandwinning bodemdaling veroorzaken. Dit is met name voor de autonome ontwikkeling van het Pinkegat een relevante factor. Ook is er enige invloed op de Zoutkamperlaag, maar veel geringer. In de resultaten van de modelberekeningen die in **paragraaf 1.2.2** gepresenteerd worden, is de invloed van de Amelandwinning steeds afzonderlijk zichtbaar gemaakt.

Voor de bodemdaling van Ameland zijn in de loop der jaren verschillende voorspellingen voor de bodemdaling gemaakt. De voorspellingen zijn daarbij steeds verbeterd met nieuwe inzichten. De laatste update van de prognose voor de resterende bodemdaling is in 2003 gemaakt. Er is toen echter ook geconcludeerd dat het een gemis is dat er niet genoeg gegevens beschikbaar zijn van meetpunten in de Waddenzee. Hierdoor moeten de conclusies te veel worden opgehangen aan de metingen op het land. Deze metingen zeggen iets over een relatief klein gedeelte van de bodemdalingsschotel

Om het deel van het bodemdalingsmodel ook onder het wad te iken is begin 2005 een uitgebreide serie metingen uitgevoerd waarbij een reeks lange en diep geplaatste meetpalen die in de tachtiger jaren door Rijkswaterstaat in het wad waren verankerd,

opnieuw op te sporen en in te meten. NAM is doende de meetresultaten te verwerken en het is duidelijk dat dit gevolgen zal hebben voor het gehanteerde model. De volgende conclusies zijn hiervan de weerslag. Enerzijds wordt de diameter van de schotel kleiner en daarmee ook het volume. Anderzijds bestaat de mogelijkheid op een actief watervoerend pakket (actieve aquifer). Dit betekent dat na de winning van Ameland, de bodemdaling zich nog langere tijd zal voortzetten door de drukvereffening die zal kunnen optreden tussen het inmiddels lege gasreservoir en de watervoerende laag.

Bodemdaling door Anjumwinning

Sinds 2003 treedt in de Waddenzee ook bodemdaling op als gevolg van de in 1997 gestarte winning van de Anjumvelden (het gaat hierbij om de velden Metslawier, Anjum en Ezumazijl). Bij de bodemdalingsprognose voor Anjum is rekening gehouden met het najleffect van een actief watervoerend pakket.

1.2 Het abiotische systeem

1.2.1 Kombergingen: dynamisch evenwicht

Om een indruk te geven van de grote dynamiek die kombergingen eigen is, volgt hieronder een beschrijving van het gedrag van de verschillende morfologische onderdelen van kombergingen, te beginnen met het voorportaal: buitendelta en zeegat.

Buitendelta's en zeegaten

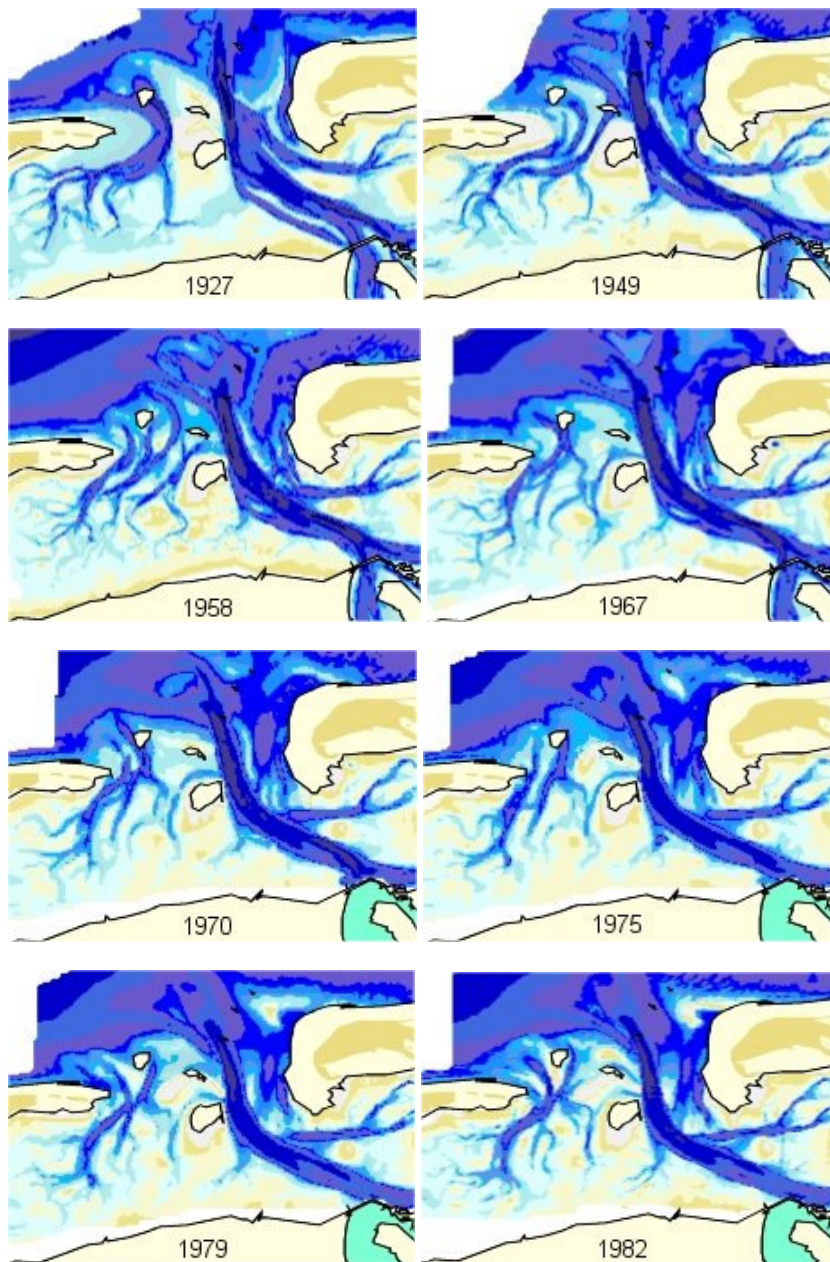
Elke komberging in de Waddenzee is met de Noordzee verbonden via een zeegat tussen twee eilanden en de daarvoor liggende buitendelta. De buitendelta's bestaan uit ondiepe, zandige platen die worden doorsneden door vloedgedomineerde geulen en (meestal diepere) ebgedomineerde geulen. De zeegaten zelf bestaan eveneens uit geulen en ondiepe zandplaten, die doorgaans respectievelijk dieper en hoger zijn dan in de buitendelta. De geulen en zandplaten in de buitendelta's en de zeegaten vertonen meestal een cyclisch gedrag.



Figuur 3.4 Het onderzoeksgebied in 2005, gezien vanaf een hoogte van bijna 20 km. Links (westelijk) boven bevindt zich Ameland, in het midden Engelsmanplaat en het Rif. Aan de westzijde wordt Engelsmanplaat begrensd door ondiepten en aan de oostzijde door een diepe geul, de Zoutkamperlaag. De zandplaten aan de zuidpunt van Schiermonnikoog tekenen zich helder af. Het zoete water van het Lauwersmeer heeft een donkere kleur. De voormalige voedingsgeul van de Lauwerszee is buitendijks zichtbaar verzand. Ten westen van het Lauwersmeer is duidelijk De Peazemerlannen te herkennen, inclusief de breuk in de dijk.

Het zeegat van het Pinkegat is een schoolvoorbeeld van cyclisch gedrag. Voortdurend ontwikkelt zich hier vanuit een enkelvoudige hoofdgeul een meervoudige hoofdgeul en

weer terug, in een cyclus die 20 tot maximaal 41 jaar duurt (**figuur 3.5**). Tijdens de enkelvoudige fase is de geul diep en schuift hij naar het oosten. Hierbij groeit de oostpunt van Ameland aan, met een snelheid die gedurende meerdere decennia kan oplopen tot 100 m/jaar. Bij het ontstaan van een nieuwe westelijk gelegen hoofdgeul kan deze aangegroeide punt in enkele jaren weer worden afgeslagen. Tijdens de aangroei moet de vloed een steeds langere weg afleggen naar het achterliggende gedeelte in de Waddenzee. Na verloop van tijd worden in de zandplaat aan de oostpunt van Ameland nieuwe geulen uitgeschuurd en ontstaat een situatie met een meervoudig zeegat met relatief ondiepe geulen. Een meervoudig zeegat is evenwel instabiel. De westelijke geulen schuiven het snelst naar het oosten, waarbij de oostpunt van Ameland weer aangroeit. Na verloop van enkele decennia versmelten de geulen met elkaar of verzanden, zodat slechts één geul overblijft.



Legenda

200 < min NAP	25 - 20 dm
200 - 150 dm	20 - 15 dm
150 - 100 dm	15 - 10 dm
100 - 75 dm	10 - 5 dm
75 - 50 dm	5 - 0 dm min
50 - 40 dm	0 - 5 dm plus
40 - 30 dm	> 5 dm plus NAP
30 - 25 dm	

Figuur 3.5 Geulontwikkelingen in het Friesche Zeegat.

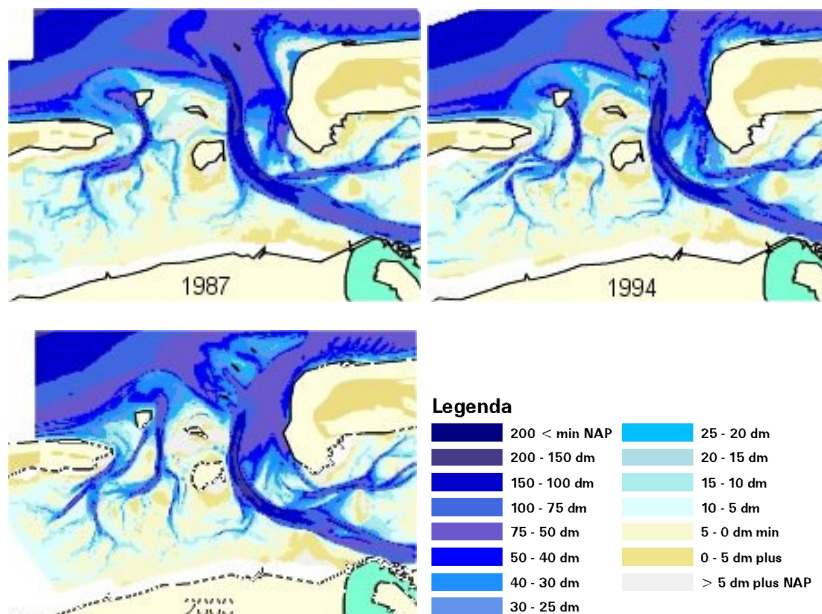


Fig 3.5: Geulontwikkelingen in het Friesche Zeegat. Het patroon in decyclus begint met 1 hoofdgeul (1927) en een breed strand. Hierna ontstaan kleinere geulen die de strandpunt eroderen en uiteindelijk weer samenvloeien tot 1 hoofdgeul. Hierna begint het proces opnieuw. Het verloop van de geulen veroorzaakt eveneens variabiliteit in de hoogten van wadplaten.

In 1987 bevond het zeegat van het Pinkegat zich nog in de fase met een enkelvoudige hoofdgeul, in 1991 waren er al bescheiden nieuwe geultjes zichtbaar en momenteel is weer duidelijk sprake van een meervoudig geulsysteem. Door het voortdurend opschuiven van de hoofdgeulen worden ook de relatief grote geulen in het Waddengebied zelf gedwongen zich steeds te verleggen, omdat ze de verbinding vormen tussen het zeegat en de kleinere geulen in het waddengebied.

De Zoutkamperlaag vertoont eveneens een sterk cyclisch gedrag van de geulen in de buitendelta. Daarbij ontwikkelen zich vloedgedomineerde geulen aan de westkant van de buitendelta. Deze schuiven vervolgens naar het noorden en worden daarbij ebgedomineerd. Ze schuiven vervolgens oostwaarts en verzanden. Tijdens dit oostwaarts verschuiven worden de geulen doorgaans weer vloedgedomineerd. Daarnaast vormen zich soms ook nieuwe vloedgeulen aan de westkant van Schiermonnikoog. Bij het verzanden van de geulen versmelt de zandplaat ten westen ervan met Schiermonnikoog.

Wadgeulen en wadplaten

Vanuit de zeegaten verspreidt het water, met het daarin aanwezige sediment (hoofdzakelijk zand met een fractie slib), zich via geulen over de achterliggende gedeelten van de kombergingen. De hoofdgeulen in de zeegaten gaan in het Waddengebied over in stelsel van kleinere wadgeulen. Daar tussenin liggen de wadplaten, die bij laagwater droogvallen. De dynamiek in het zeegat noodzaakt de geulen en platen om voortdurend mee te veranderen.

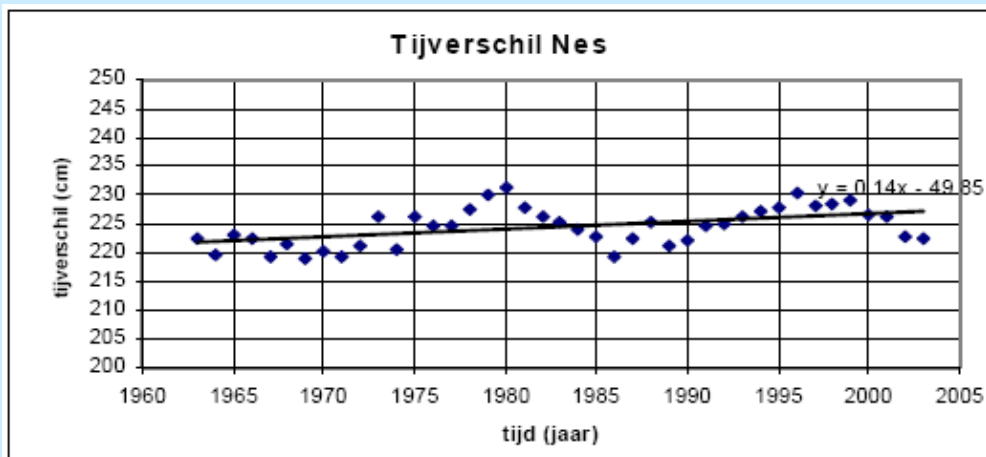
Wadgeulen liggen beneden de gemiddelde laagwaterstand waardoor er altijd water in staat. Doorgaans zijn wadgeulen twee tot tien meter diep en enkele tientallen meters tot soms enkele kilometers breed. De stroomsnelheid in de wadgeulen kan oplopen tot 1 meter per seconde, en nog hogere snelheden bij stormen.

De wadplaten bestaan afhankelijk van de afstand tot de geulen (stroomsnelheid) uit zand en/of slib. De stroomsnelheden op de platen zijn veel lager (tot 40 centimeter per seconde) dan in de geulen, maar nog steeds te hoog om kleine deeltjes te laten bezinken. Alleen op plaatsen die ver van de wadgeulen liggen (lage stroomsnelheid) wordt slib afgezet en is het wad slibrijk. De uitlopers van de wadgeulen worden 'prielen' genoemd. Waar de prielen uit het ene kombergingsgebied de prielen uit het andere kombergingsgebied naderen, zijn de stroomsnelheden laag en vindt sedimentatie plaats waardoor een iets hoger gelegen gebied ontstaat: het zogenoemde wantij. Een wantij vormt de grens tussen twee kombergingen, die niet statisch is maar door water- en sedimenttransport kan verschuiven.

Het wantij tussen het Pinkegat en de Zoutkamperlaag loopt vanaf de vastelandkust naar een hoger gelegen gedeelte in het midden van het zeegat, bestaande uit de Engelsmanplaat en het Rif. Bij de Engelsmanplaat vindt van tijd tot tijd afslag plaats onder invloed van het oostwaarts opschuiven van de hoofdgeulen in het zeegat van het Pinkegat. Dit begint met erosie door geulen aan de noordzijde van de plaat, gevolgd door de opbouw van een nieuwe plaat door golven en stroming aan de Noordzeezijde van de geul. Hierbij worden grote hoeveelheden sediment vastgelegd, waardoor de sedimentaanvoer naar de Engelsmanplaat afneemt, die hierop lager wordt. De geul tussen de Engelsmanplaat en de nieuwe plaat raakt dan buiten gebruik. Na opvulling ervan versmelten de twee platen waardoor de Engelsmanplaat weer hoger en groter wordt.

Invloed 18,6-jarige cyclus in getijslag op geuldiepte en plaathoogte

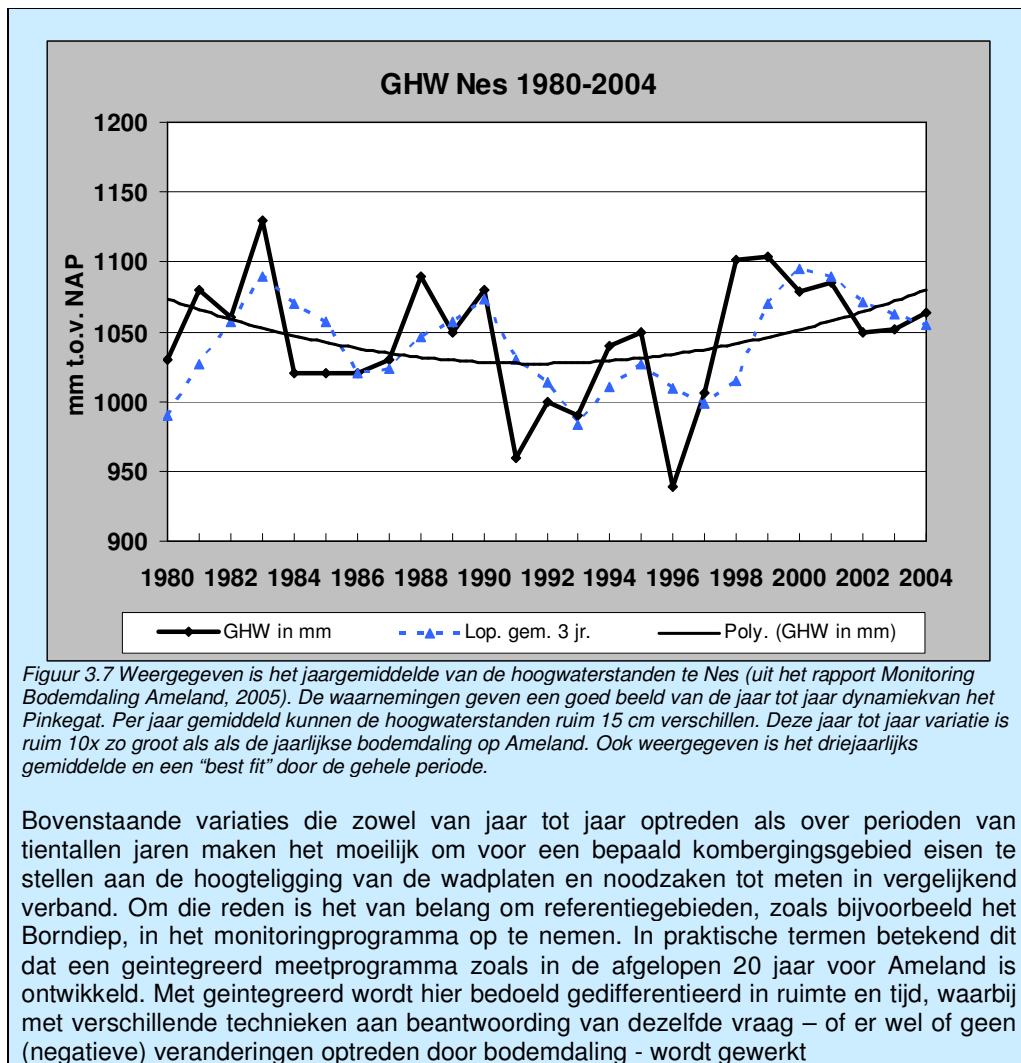
Het dynamische gedrag van de morfologische elementen in kombergingen berust op de voortdurende wisselwerking tussen weer, getij en sedimentatie- en erosieprocessen. Specifiek voor het getij is, behalve de ritmiek van eb en vloed en de maandelijkse cyclus tussen doortij en springtij, ook de invloed relevant van een cyclus in getijslag (het verschil tussen de waterstand bij eb en bij vloed) die zich over een veel langere periode uitstrekt. De invloed hiervan is in het WL-rapport apart zichtbaar gemaakt.



Figuur 3.6 geeft de resultaten weer van de metingen van het getijstation bij Nes op Ameland (bij de pier van de veerboot) voor de periode 1963-2005. Het sinus-vormige patroon van de 18,6-jarige cyclus is hierin duidelijk te herkennen. Het tijverschil bij Nes varieert tussen de 2,20 en 2,30 meter rondom het gemiddelde van 2,25 meter.

Het gaat hier om een cyclische variatie in de getijslag die van astronomische oorsprong is, een periode heeft van 18,6 jaar en een relatieve amplitude van circa 3,8%. Illustratief in dit verband is de **figuur 3.6**. Het belang van deze cyclische variatie is dat daardoor de hoogte van platen en de diepte van geulen eveneens varieert, bijvoorbeeld met circa 10 cm op de platen en in de geulen van het Pinkegat. Daarmee is de 18,6-jarige cyclus in de getijslag een van de voorbeelden van natuurlijke dynamiek die zeker zo groot is als bodemdaling door gaswinning. De cyclus in getijslag is tevens een illustratie van hoe lastig het is om sec het effect van bodemdaling door gaswinning te meten in een systeem waarin ook andere factoren de bodemhoogte (sterk) bepalen.

Een van die andere factoren kan zijn de hoogte het hoogwater gemiddeld bereikt. Het bijgaande voorbeeld is de ontwikkeling van gemiddelde hoogwaters op basis van metingen op meetstation Nes. Die variatie wordt met name bepaald door het windklimaat. Elke wadkenner weet dat bij aanhoudend straffe noordwestenwind het wad nauwelijks droogvalt, terwijl bij aanhoudende oostenwinden er nauweliks waterkomt. Door langdurige westen oosten winden wisselt zo het gemiddeld (hoog)water (**zie figuur 3.7**) met ruim 15 cm van jaar tot jaar.



Kwelders

Aan de wadzijde van de eilanden en de kust van het vasteland bevinden zich op een aantal plekken kwelders. Met uitzondering van de laaggelegen randen (de pionierzones) lopen de kwelders alleen onder bij hoogwater rond springtij, waarbij slib wordt afgezet. Deze opslibbing wordt bevorderd door de vegetatie, die de stroomsnelheid vertraagt, de golfenergie dempt en het sediment invangt. Opslibbing wordt versterkt door de watervoerende grote en kleine krekens die in een natuurlijke situatie in een kwelder aanwezig zijn. Het slib dat zich geleidelijk aan in de krekens ophoopt, wordt bij overstromingen over de kwelders verspreid. Dit verklaart waarom de 'opslibbingsgraad' in de nabijheid van krekens hoger is dan elders op de kwelders.

Langs de vastelandkust van de Zoutkamperlaag zijn geen kwelders aanwezig. Langs de vastelandkust van het Pinkegat bevinden zich drie kwelders: de Peazemerlannen, 't Schoor en Wierum. De kwelder Peazemerlannen bevindt zich in het centrum van het bodemdalingsgebied van de nieuwe winningen. De bestaande toestand en autonome ontwikkeling van de Peazemerlannen en van de veel kleinere kwelders 't Schoor en Wierum wordt apart behandeld in 1.2.3. De Amelandkwelders in het studiegebied blijven in deze beschrijving buiten beschouwing omdat de bodemdaling door de voorgenomen winningen hierop geen directe invloed hebben en de Ameland kwelders reeds meegenomen worden in de Ameland monitoring. De huidige staat en ontwikkeling van het meest westelijke deel van de Groninger kwelderwerken dat nog juist binnen het studiegebied valt, wordt gevolgd en gerapporteerd door RWS en Imares en zullen worden opgenomen in een aparte rapportage van Imares die in 2007 wordt opgesteld.

Sedimentsamenstelling

In het proces van sedimentatie en erosie dat voortdurend gaande is in kombergingen speelt aanvoer van sediment vanuit de Noordzeekustzone een belangrijke rol. In de richtlijnen voor het MER wordt in dit verband gevraagd een 'kwalitatieve beschouwing' te presenteren over de vraag of bodemdaling door gaswinning ertoe kan leiden dat de sedimentsamenstelling in de Waddenzee gaat veranderen, mede in relatie tot zandsuppleties. Dat de voorgenomen winningen de sedimentsamenstelling (korrelgrootte, slibgehalte) niet beïnvloeden, is aangetoond op basis van berekeningen die WL Delf Hydraulics heeft uitgevoerd met het model DELFT 3D. Die conclusie sluit aan op de informatie die onder meer in het RIKZ-rapport is te vinden over hoe het systeem werkt bij invoer van sediment van buiten.

Per jaar gaat er via de zeegaten in het Nederlandse deel van de Waddenzee zo'n 40,6 – 55,5 miljoen kubieke meter zand heen en weer tussen de Noordzee en de Waddenzee. Een fractie daarvan bestaat uit suppletiezand. Een veel groter deel wordt geleverd door de Noordzeekustzone zelf en ook door de buitendelta's. Voordat de zandstroom de Waddenzee bereikt, vindt reeds vermenging plaats, waarna het Waddensysteem voor een verdere uitsortering zorgt. Dit laatste wordt in het RIKZ-rapport als volgt beschreven:

“Het naar binnen gevoerde zand – zo blijkt uit korrelgrootte en mineralogische waarnemingen – wordt sterk gesorteerd op korrelgrootte. Korrels met een diameter van minder dan 160 micrometer gaan, op het moment dat ze door de stroming in beweging worden gezet, vrijwel onmiddellijk zweven in het water: zij worden dus vrijwel uitsluitend zwevend vervoerd. Grovere korrels kennen bij lage stroomsnelheden een fase waarin zij rollend en stuiterend over de bodem voortbewegen; pas bij hogere snelheden gaan zij zweven. E.e.a. in combinatie met de lagere maximale stroomsnelheden op de platen t.o.v. de geulen resulteert in kleinere korrelgrootten op de getijdenplaten (veelal <160 micrometer en afnemend met een toenemende afstand tot het zeegat) en veel gevarieerdere korrelgroottes in de geulen. De Waddenzee werkt dus als een gigantische sorteermachine waarbij de op het strand gesuppleerde zanden uiteindelijk uit elkaar worden gerafeld in fijnere fracties die op de platen terecht zullen komen en grovere fracties die in de geulen achterblijven.”

Verder concludeert het RIKZ-rapport op basis van een uitgebreide beschouwing:

“De mogelijke slibverhoging in het water van de Waddenzee die zou kunnen worden veroorzaakt door extra zandsuppleties blijkt uitermate gering (minder dan 1% ten opzichte van de achtergrondconcentraties) en ecologisch niet van betekenis.”

De zandsuppleties hebben, blijkens de bovenstaande citaten, geen invloed op de sedimentsamenstelling: het slibgehalte wordt nauwelijks beïnvloed en eventuele verschillen in korrelgrootte worden uitgesorteerd. Het zogenoemde EVA II onderzoek leidt tot dezelfde conclusie. Daarin is namelijk voor de Amelandwinning vastgesteld dat de sedimentsamenstelling in de bodemdalingsschotel/komberging niet anders is dan daarbuiten.

Uitsmeereffect

Over de abiotische processen in kombergingsgebieden valt uiteraard nog veel meer te zeggen. De bovenstaande uitsnede laat in elk geval zien dat kombergingsgebieden inderdaad zeer dynamische systemen zijn. Naast structurele dynamiek – zoals het getij en het cyclische gedrag van geulen in buitendelta's/zeegaten – is er ook dynamiek vanwege de wisselende weersomstandigheden, bijvoorbeeld 'events' zoals zware stormen.

Door deze dynamiek worden binnen kombergingen voortdurend grote hoeveelheden sediment verplaatst waardoor een lokale bodemdaling op het wad van enkele millimeters per jaar niet terug te vinden is en het effect ervan wordt uitgesmeerd over de gehele komberging. Dit uitsmeereffect hangt overigens wel samen met de frequentie waarmee de verschillende delen van de komberging worden overstroomd. Vooral die delen die continu of regelmatig onder water staan, profiteren van dit effect. Kwelders nemen in deze een aparte positie in omdat ze minder vaak overstroomd worden en daardoor achter kunnen lopen in de opslibbing. Een kwelder reageert dan ook anders op bodemdaling dan het natte wad. Daarom worden kwelders apart behandeld.

Kritische grenzen

Een belangrijke vraag is of er een kritische grens valt aan te wijzen waarbij de bodemdaling zo groot is en/of zo snel gaat dat het systeem dit niet meer kan bijhouden, bijvoorbeeld doordat het niet (snel) genoeg het zand kan importeren dat nodig is om de zandhonger te stillen. Het meegroeivermogen schiet dan tekort. Het RIKZ-rapport meldt hierover:

“De mogelijke compensatiesnelheid van zeespiegelstijging zoals aangegeven in de Integrale Bodemdalingsstudie van 1998 (3 – 6 mm/jr, afhankelijk van de grootte van een kombergingsgebied), blijkt zeker haalbaar en wordt bevestigd door de historische geschiedenis van de Waddenzee. Daarin bleek sedimentatie van 4 – 6,6 mm/jr mogelijk. [...] Nadere modelberekeningen kunnen ruimte voor gaswinning voor elk kombergingsgebied berekenen bij elke snelheid van zeespiegelstijging.” [ref.3.1, p7]

1.2.2 Modelberekeningen autonome ontwikkeling Pinkegat en Zoutkamperlaag

In het RIKZ-rapport wordt aanbevolen om bij de voorbereiding van nieuwe winningen per komberging een specifieke analyse op basis van modellen uit te voeren. Daarbij wordt het zogenoemde ASMITA-model als “het meest veelbelovend” aangemerkt.

Het model ASMITA schematiseert de drie grote morfologische elementen van een kombergingsgebied: platen, geulen en buitendelta. Voor het te onderzoeken gebied worden van elk van deze elementen de oppervlakte en het volume bepaald. Zijn deze gegevens eenmaal in het model ingevoerd, dan zijn er met behulp van de berekeningsmethodieken die in het model zijn opgenomen verschillende scenario's en situaties door te rekenen. ASMITA geldt als een state of the art-model. Het is inmiddels in talrijke studies gebruikt, vooral voor de Waddenzee, en in de loop der jaren ook steeds verder verfijnd (gekalibreerd); op basis van praktijkervaringen en bijvoorbeeld ook door te testen of berekende resultaten kloppen met historische gegevens die over een lange reeks van jaren beschikbaar zijn.

In het kader van de nieuwe gaswinningen heeft het onderzoeksinstituut WL Delft Hydraulics de modelberekeningen met ASMITA uitgevoerd. In deze subparagraaf wordt een zeer beperkte selectie uit de resultaten gepresenteerd, die vooral bedoeld is om inzichtelijk te maken hoe het systeem van de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag functioneert in relatie tot door gaswinning veroorzaakte bodemdaling.

Dat laat zich goed demonstreren door de invloed van de Amelandwinning door de jaren heen te volgen; zowel het deel van deze winning dat tussen 1986 en nu al is uitgevoerd, als het deel dat nog gaat komen. In de presentatie van de resultaten is ervan uitgegaan dat de zeespiegelstijging de constante snelheid zal aanhouden zoals deze ook in de afgelopen 100 jaar geweest is. De autonome bodemdaling (0,2 mm/jaar) is hierbij opgeteld. De optelsom van zeespiegelstijging en autonome bodemdaling komt daarmee uit op een constante waarde van 2,0 mm/jaar.

Aan het slot van deze subparagraaf is ook beknopt aangegeven wat de invloed is van de 18,6-jarige cyclus en van versnelde zeespiegelstijging. In het MER is uitgebreid ingegaan op versnelling van de zeespiegelstijging, op de 18,6-jarige cyclus en op de invloed van bodemdaling door gaswinning (zowel de Amelandwinning als de voorgenomen winningen). In het MER (effecten) is eveneens ingegaan op berekeningen met twee andere modellen: ESTMORF en DELFT 3D.

De onderstaande beschrijving is gebaseerd op **paragraaf 4.3** van het WL-rapport.

Gebruiksaanwijzing bij de grafieken

De belangrijkste resultaten van de ASMITA-berekeningen worden hieronder steeds weergegeven in grafieken met daarbij een korte toelichting. Bij de grafieken is wellicht een kleine gebruiksaanwijzing op z'n plaats.

De lijnen laten steeds de resultaten zien van twee doorgerekende situaties:

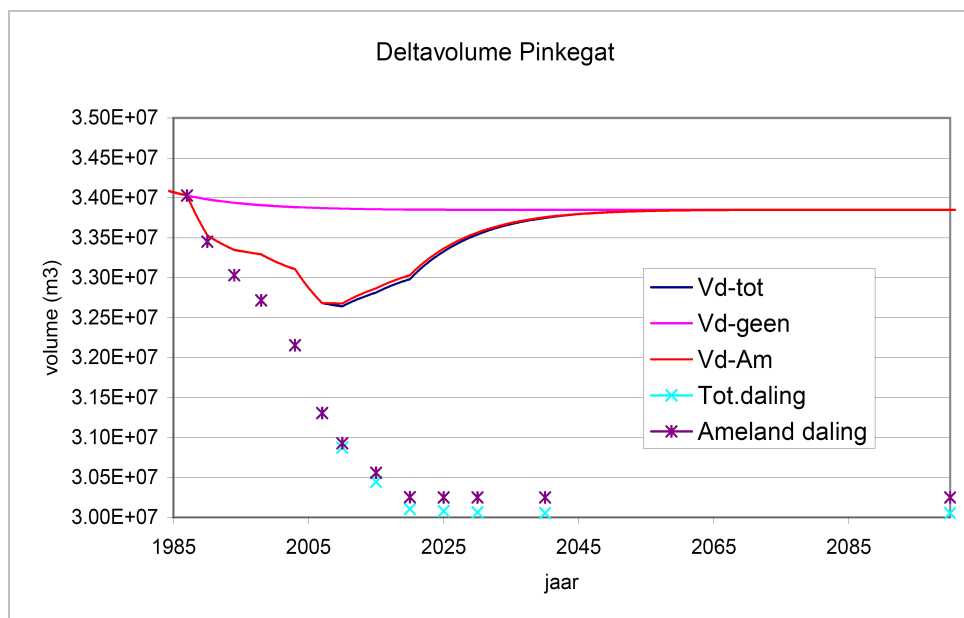
- de 'ongestoorde situatie': de ontwikkeling zonder bodemdaling door gaswinning (dit is een theoretische situatie – ijkpunt – omdat de berekening er dan van uitgaat dat de Amelandwinning er ook niet zou zijn);
- de ontwikkeling bij de Amelandwinning.

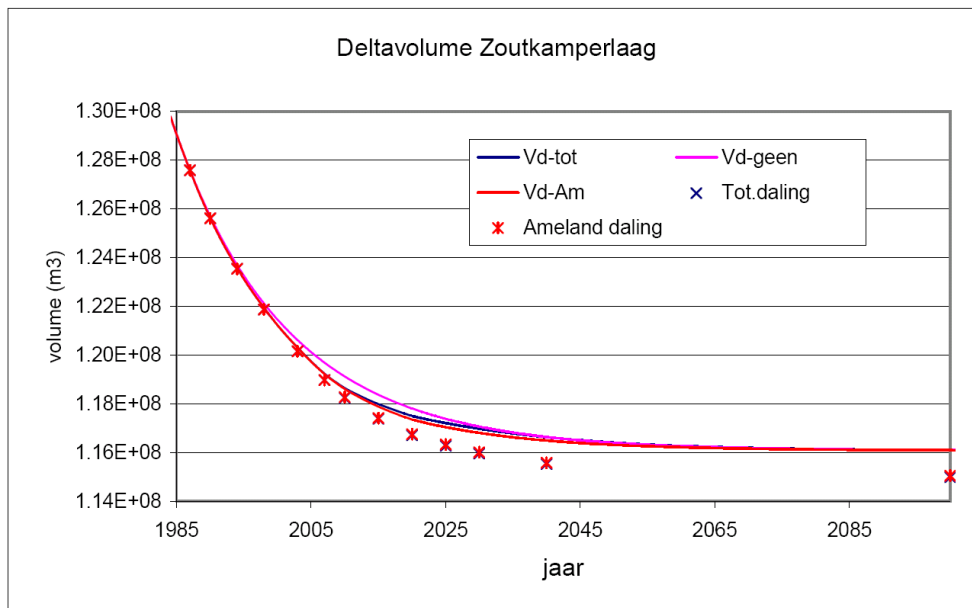
In een aantal grafieken zijn kruisjes opgenomen die laten zien welke situatie zou ontstaan indien er uitsluitend bodemdaling zou plaatsvinden en er in het geheel geen sedimentatie zou optreden.

De horizontale as in de grafieken spreekt voor zich: die bestrijkt de periode 1985-2100. De verticale as toont steeds een uitsnede van de bandbreedte waarbinnen de verschillen tussen de doorgerekende situaties zich bevinden. De verticale assen beginnen dus niet bij 0. Het voordeel van zo'n uitsnede is dat daarmee de verschillen goed inzichtelijk worden. Verraderlijk is echter dat verschillen soms spectaculair ogen, terwijl ze op het totaal slechts zeer gering zijn. Met de bovenste grafiek uit **figuur 3.4** als voorbeeld: de eerste indruk is hier wellicht dat de Amelandwinning tot een fors volumeverlies van de buitendelta van het Pinkegat leidt. Het gaat hier echter – zie de cijfers op de y-as – om een maximaal volumeverlies van ruim 1 miljoen kubieke meter op een totaal volume van de buitendelta van 34 miljoen kubieke meter. Omgerekend bedraagt het verlies ongeveer 3%.

Buitendelta

Figuur 3.8 laat met lijnen de ontwikkelingen van de zandvolumes in de beide buitendelta's tussen 1985 en 2100 zien voor (1) de ongestoorde situatie en (2) de autonome ontwikkeling met bodemdaling door de Amelandwinning. De kruisjes laten de bodemdaling door de Amelandwinning zien voor de situatie waarbij deze bodemdaling geen invloed zou hebben op de sedimentatie / erosie. Het verschil met de resultaten van de berekening met de betreffende bodemdaling is dus de compensatie door sedimentatie. (In de andere figuren hebben de kruisjes steeds dezelfde betekenis.)

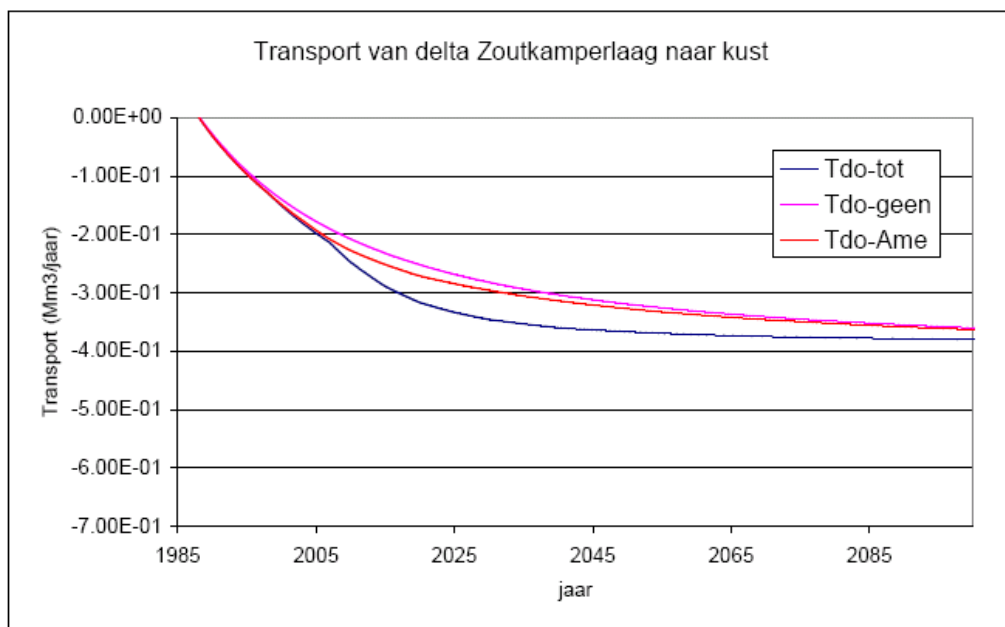
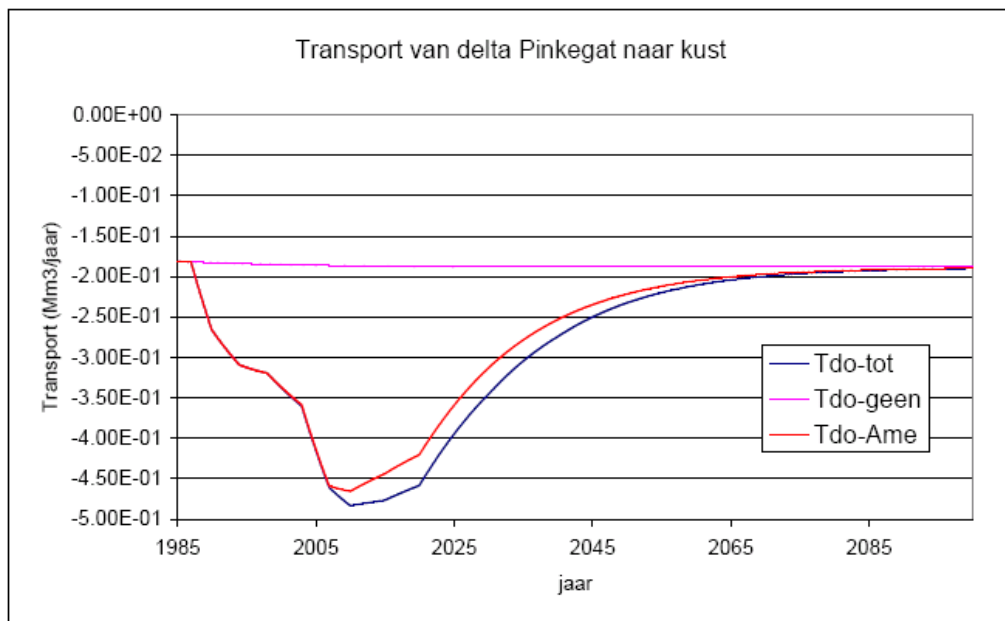




Figuur 3.8 Autonome ontwikkeling van de omvang van de buitendelta's onder invloed van zeespiegelstijging (roze) en de bodemdaling door de gaswinning op Ameland (rood).

Duidelijk blijkt dat buitendelta van het Pinkegat in 1985 dicht bij zijn theoretische evenwichtsvolume zit en in de ongestoorde situatie vanaf circa 2010 vrijwel constant blijft. Dit geldt niet voor de buitendelta van de Zoutkamperlaag. Daar is het effect van de afsluiting van de Lauwerszee nog duidelijk zichtbaar: een afname van het volume doordat een gedeelte van het zand aan de komberging wordt geleverd. Momenteel in 2005 is het effect nog maar betrekkelijk gering.

Figuur 3.9 laat de zandhonger van beide kombergingsgebieden zien. Dit levert dus informatie over de invloed op de kustzone, waar het zand om de zandhonger te compenseren vandaan moet komen. In de ongestoorde situatie bij de huidige zeespiegelstijging is deze zandvraag circa 0,19 miljoen m³/jaar voor het Pinkegatsysteem en circa 0,39 miljoen m³/jaar voor het Zoutkamperlaagsysteem. Bij de Zoutkamperlaag is deze vraag nu nog wat lager, omdat de buitendelta zelf nog steeds een klein deel van de sedimentvraag van de komberging levert en daardoor iets in omvang afneemt.



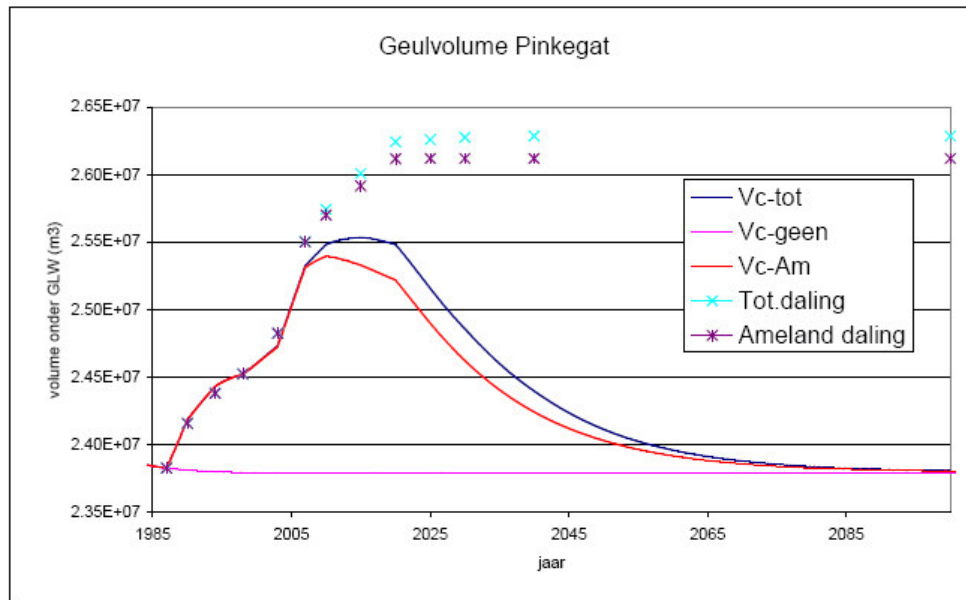
Figuur 3.9 Opbouw in de tijd van transporten van zand uit de kustzone naar de beide verschillende buitendelta's. Zonder bodemdaling wordt de zandvraag gegenereerd door zeespiegelstijging. Voor het Pinkegat is die vraag bij een constante zeespiegelstijging van 2 mm per jaar ongeveer 190.000 m³ zand per jaar. Voor de Zoutkamperlaag is er geen zandvraag, maar een zandoverschot tot ongeveer 1990. Na 1990 wordt er zand aan het kuststelsel onttrokken. Die hoeveelheid zal oplopen tot ongeveer 390.000 m³ per jaar. Het autonome transport is nu nog lager omdat de delta zelf nog een deel van het zand levert dat nodig is voor de zandhonger van de Zoutkamperlaag als gevolg van de afsluiting van de Lauwerszee in 1969 en de doorwerking daarvan. De zandvraag neemt autonoom toe tot een niveau dat ongeveer 2x zo hoog ligt als voor oostelijk Ameland.

De verschillen tussen de twee lijnen in de figuren geven weer wat de invloed is van de bodemdaling door de Amelandwinning. Door de bodemdaling van de Amelandwinning alleen zal rond 2010 de toename van zandimport naar het Pinkegat ongeveer 0,27 miljoen m³ per jaar bedragen.

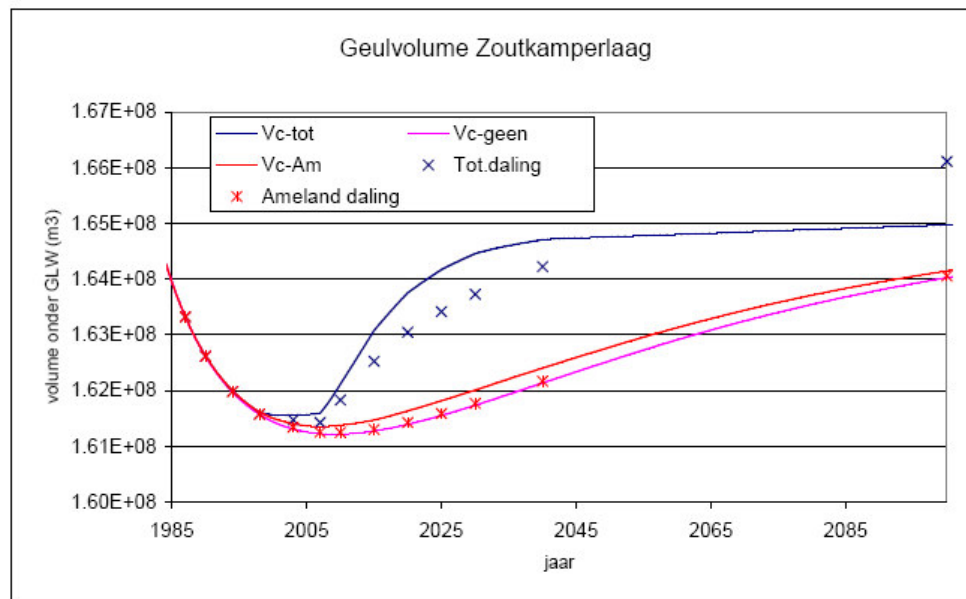
Geulen

Figuur 3.10 geeft de ontwikkeling van het geulvolume onder gemiddeld laagwater (GLW) in beide kombergingsgebieden. Ook hier blijkt dat het volume van de geulen in het Pinkegat in de ongestoorde situatie nagenoeg stabiel is en dat het volume van de geulen

in de Zoutkamperlaag zich nog wat aanpast aan de nieuwe situatie na de afsluiting van de Lauwerszee.



Geuloppervlak Pinkegat 11,5 km²



Geuloppervlak Zoutkamperlaag 43,33 km²

Figuur 3.10 Bovenstaande figuren geven een overzicht van de ontwikkeling van het geulvolume beneden Gemiddeld LaagWater in de tijd. Duidelijk is dat in het Pinkegat, het geulvolume aanvankelijk sterk toeneemt door de Amelandwinning. Door de bodemdaling ontstaat er namelijk een zandtransport van de geul naar de platen. Na 2005 verondiepen en versmallen de geulen weer door de afname van de bodemdaling door Ameland. Voor de Zoutkamperlaag is de situatie complexer. Het geulvolume neemt hier nog steeds af als nawerking van de afsluiting van de Lauwerszee. Na 2005 treedt er een kentering op en zullen de geulen zeer geleidelijk weer verdiepen en verbreden.

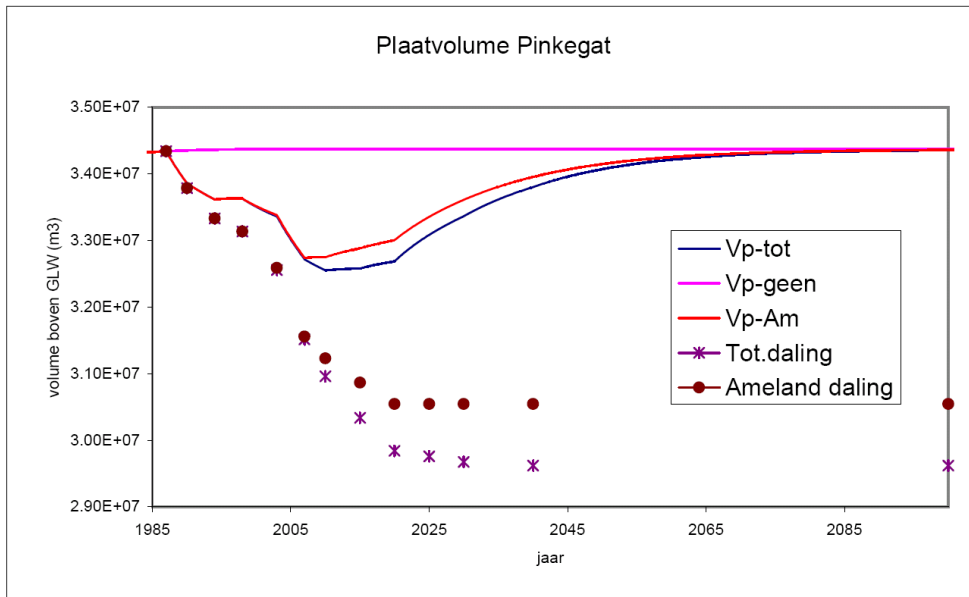
Bij het Pinkegat is te zien dat de bodemdaling veroorzaakt door de Amelandwinning een relatief grote invloed heeft. De kruisjes geven aan dat in de eerste fase van de winning de toename van het geulvolume nog iets groter was dan de bodemdaling. Naast bodemdaling trad er initieel dus ook enige erosie op. Sinds ongeveer 2000 is de erosie in de geul omgeslagen in sedimentatie. Als gevolg van compensatie door sedimentatie zal de geul na circa 2010 niet meer verdiepen en beginnen te herstellen.

Het evenwichtsvolume onder GLW van Zoutkamperlaag lijkt circa 165 miljoen m³ te bedragen. Hiervoor moet de huidige, gemiddelde geuldiepte (geuloppervlak = 43,33 km²) van 3,72 m onder GLW toenemen tot 3,81 m. De Amelandwinning geeft een zeer geringe versnelling aan het bereiken van de evenwichtstoestand.

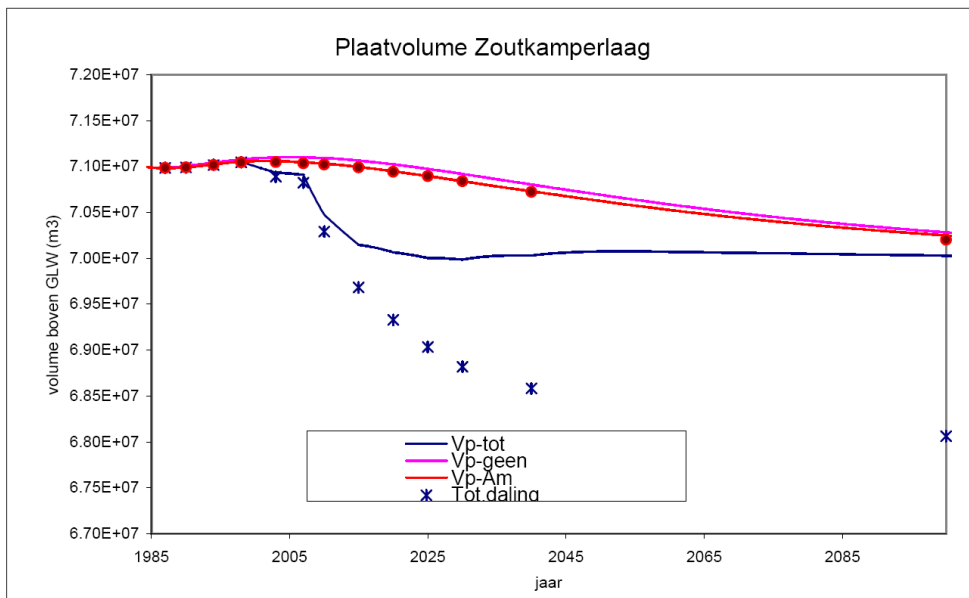
Platen

Ook op de platen wordt eenzelfde beeld gevonden (zie **figuur 3.11**). Het plaatvolume in het Pinkegat is in de ongestoorde situatie stabiel op een gemiddelde hoogte van 0,90 m boven GLW. Het plaatniveau in de Zoutkamperlaag zakt geleidelijk van 0,985 m boven GLW in 2005 naar een evenwicht op 0,97 m.

Met name voor het Pinkegat is in **figuur 3.7** te zien dat op de platen reeds vanaf het begin van de Amelandwinning compensatie van de bodemdaling optreedt door sedimentatie. Verder is in **figuur 3.7** opnieuw te zien dat in de Zoutkamperlaag de invloed van de Amelandwinning zeer beperkt is.



Plaatoppervlak Pinkegat 38,1 km²



Plaatoppervlak Zoutkamperlaag 72,15 km²

Figuur 3.11 Autonome ontwikkeling van het plaatvolume in de tijd onder invloed van zeespiegelstijging (roze) en de bodemdaling door de gaswinning op Ameland (rood).

Specifiek voor platen is relevant dat bodemdaling zowel het plaatareaal verkleint als de plaathoogte verlaagt. Het totale verlies aan plaatvolume vertaalt zich voor circa 25% in areaalverlies en voor 75% in verlaging. Door de Amelandwinning zal de bodemdaling een maximaal verlies van plaatareaal van 0,53 km² veroorzaken, dat rondom 2005 is bereikt. Dit is een verlies van een klein 1,5% ten opzichte van de ongestoorde situatie.

Gevolgen afsluiting Lauwerszee voor de Zoutkamperlaag

Anno 2005 zijn in de Zoutkamperlaag nog steeds de gevolgen te merken van de afsluiting van de Lauwerszee in 1969. Het getijdeprisma van het Zoutkamperlaagsysteem nam na de afsluiting van de Lauwerszee ineens met 1/3 af tot 200 miljoen m³. Als gevolg daarvan veranderde het evenwicht tussen de eb-stromen die zand naar buiten vervoeren en de golven die zand kustwaarts vervoeren ten gunste van de laatste.

Het zandvolume van de buitendelta was daardoor niet langer in evenwicht met de nieuwe hydrodynamische condities en nam af met 26 miljoen m³ in de periode 1970-1987. Verwacht mag worden dat het zandverlies uiteindelijk nog groter zal zijn, omdat momenteel nog een deel van het surplus aan zand is opgeslagen binnen de delta, onder andere in de vorm van de grote zandhaak (volume 6 miljoen m³) aan de westkant van Schiermonnikoog. Deze zandhaak zal naar verwachting in de nabije toekomst verdwijnen. Meer in het algemeen zal er in de Zoutkamperlaag een 'vernatting' optreden totdat het effect van de afsluiting van de Lauwerszee volledig is uitgewerkt en de nieuwe evenwichtssituatie is bereikt waarin de komberging alleen nog de tred van de zeespiegelstijging hoeft bij te houden.

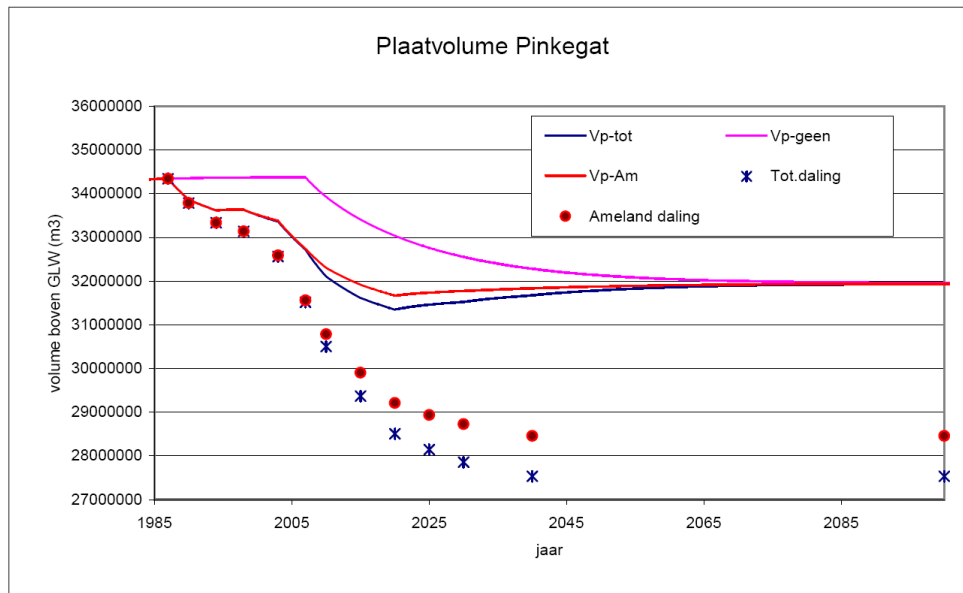
Om (uitgaande van de huidige snelheid van zeespiegelstijging) een nieuwe evenwichtssituatie te bereiken, moet de geuldiepte in de Zoutkamperlaag nog met gemiddeld 9 cm toenemen en het plaatoppervlak nog met gemiddeld 1,5 cm dalen.

Invloed van versnelde zeespiegelstijging en 18,6-jarige cyclus

De tot nu toe gepresenteerde resultaten maken goed duidelijk wat de autonome ontwikkeling is in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag wanneer natuurlijke processen over een periode van decennia constant zijn. Bij berekeningen met het ASMITA-model is het echter ook mogelijk inzichtelijk te maken wat de consequenties zijn van:

- een (plotseling) versnelde zeespiegelstijging (6 mm/jr in plaats van 2,0 mm/jr);
- de 18,6-jarige cyclus in de getijslag.

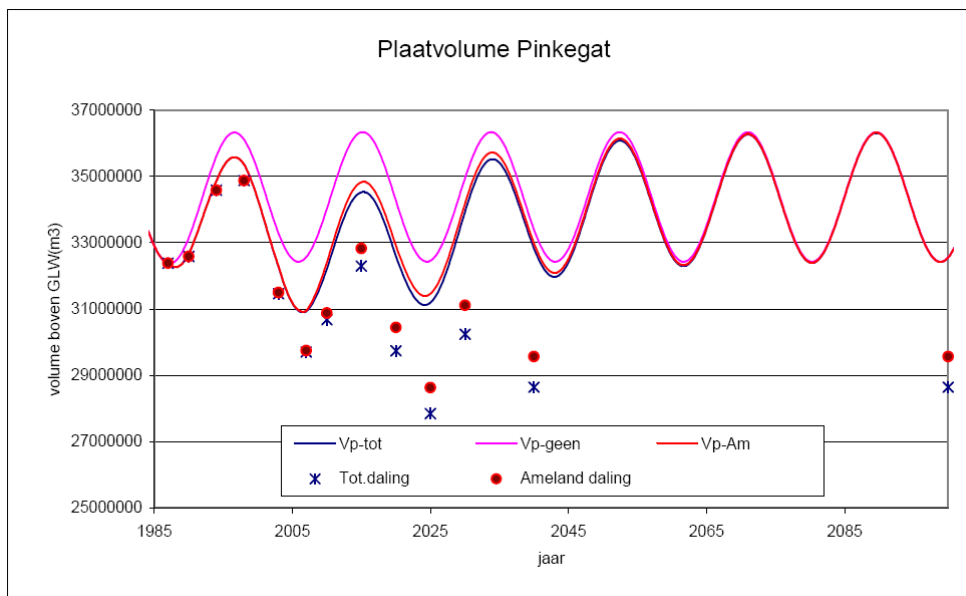
Het spreekt voor zich dat een sterk versnelde zeespiegelstijging aanzienlijke consequenties heeft, die vele malen groter zijn dan de gevolgen van bodemdaling door gaswinning. Met ASMITA is berekend hoe het Pinkegat en de Zoutkamperlaag zich zouden ontwikkelen bij een zeespiegelstijging die vanaf 2007 ineens 6 mm/jr bedraagt, in plaats van 1,8 mm/jr (dus ruim 3 x zoveel): het zandvolume van de buitendelta en de platen neemt af, het geulvolume neemt toe, de zandhonger wordt uiteindelijk drie maal zo hoog als in de huidige situatie. Bij wijze van illustratie is **figuur 3.12** opgenomen. De corresponderende figuur is **figuur 3.7**. Vergelijking van deze figuren laat zien wat versnelde zeespiegelstijging 'doet' voor het plaatvolume.



Plaatoppervlak Pinkegat 38,1 km²

Figuur 3.12 Autonome ontwikkeling van plaatvolume onder invloed van een plotseling versnelde zeespiegelstijging (roze) en gelijktijdig optredende bodemdaling door de gaswinning op Ameland (rood).

Figuur 3.13 laat het effect van de 18,6-jarige cyclus op het plaatvolume zien. De vergelijking met wederom figuur 3.7 maakt duidelijk dat de natuurlijke slingering die de cyclus veroorzaakt dezelfde orde van grootte heeft als de verandering door bodemdaling door de Amelandwinning.



Plaatoppervlak Pinkegat 38,1 km²

Figuur 3.13 Autonome ontwikkeling van het plaatvolume van het Pinkegat in de tijd als functie van de 18,6-jarige cyclus en onder invloed van zeespiegelstijging (roze) en bodemdaling door de gaswinning op Ameland (rood).

Technische resultaten monitoring Ameland (zoals gepresenteerd op het Internationaal Wetenschappelijk Waddenzee Symposium te Esbjerg, april 2005)

Zoals in 1.1.2 al is aangegeven, hebben de resultaten van de Amelandmonitoring een grote relevantie voor dit project. Immers, de bodemdaling als gevolg van de Amelandwinning komt voor een deel terecht in het studiegebied voor dit project en de nog resterende productieperiode van het Amelandveld is een belangrijke factor in de autonome ontwikkeling van het studiegebied. Bovendien is met de inmiddels 18 jaar durende monitoring van de Amelandwinning veel gebiedsspecifieke kennis beschikbaar gekomen over de effecten van bodemdaling in dit deel van de Waddenzee. De belangrijkste bevindingen die uit het Amelandonderzoek naar voren komen voor zover het de morfologie van het Pinkegat betreft, zijn:

- De bodemdalingsschotel wordt kleiner van diameter en dieper dan oorspronkelijk voorspeld.
- De morfologie van het eiland is onder invloed van bodemdaling niet veranderd en heeft zich ontwikkeld zoals voorspeld in 1986; ook de toen reeds voorspelde zandsuppleties zijn uitgevoerd zoals voorzien.
- Bodemdaling heeft de hoogte, het areaal en de ligging van de wadplaten niet wezenlijk veranderd. Een innovatieve methode om erosie-sedimentatie te bepalen (zogenaamde spijkerproeven) laat zien dat lokaal de bodemdaling wordt gecompenseerd tot een dalingsnelheid van circa 1,5 centimeter per jaar.
- Gedurende 3 jaren achtereenvolgende vlakdekkende metingen (GPS-RTK) hadden geen betere informatie inhoud dan deze spijkermetingen. De metingen zijn gestopt.
- Lodinggegevens laten zien dat de dynamiek van de wadplaten in de betreffend kombergingen niet afwijkt van de dynamiek in andere kombergingen. Blijkbaar wordt de hoogst gemiddelde daling in de komberging het Pinkegat (modelmatig bepaald op 0,34 cm/jaar) volledig gecompenseerd.
- Het gemiddeld verschil in hoogteligging (verondieping van het wad) tussen de periode 1989-1994 versus 1999-2004 is ca. 5 centimeter en vergelijkbaar met het verschil in gemiddelde hoogwaters.
- De variatie in jaargemiddelde hoogwaterstand bedraagt ca. 10 á 20 cm en is daarmee een veelvoud van de gemiddelde jaarlijkse bodemdaling in de jaren dat de bodemdalingssnelheid het hoogst was.
- De sedimentsamenstelling in de bodemdalingsschotel/komberging is niet anders dan daarbuiten (resultaat EVA2 onderzoek).
- De kwelders blijken bestand tegen de opgetreden bodemdaling: over het geheel genomen heeft opslibbing de daling gecompenseerd en is de plantengroei niet of nauwelijks veranderd.
- Het proces van kwelderafslag is door de bodemdaling niet versneld.
- Er is een verschuiving opgetreden in de vogelpopulaties die hun voedsel zoeken binnen de bodemdalingsschotel, zowel in de tijd als vergeleken met de referentie op de westpunt van Ameland en elders in de Waddenzee. Die verschuiving is toe te schrijven aan het wegvissen van mosselbanken en het partieel herstel aan alleen de westpunt van Ameland.
- De inundatie van laaggelegen duinvalleien is sterk toegenomen door een relatieve stijging van het grondwater. Een toename van de overloedings frequentie speelt slechts een ondergeschikte rol.
- De duinvegetaties worden niet door bodemdaling beïnvloed (het programma wordt voortgezet met een lagere frequentie vanwege het maatschappelijk belang). Veranderingen houden met name verband met verruiging en vermessing.

1.2.3

Kwelders: de Peazemerlannen, 't Schoor, Wierum

In het studiegebied bevinden zich drie vastelandkwelders: de Peazemerlannen (circa 215 ha) en westelijk daarvan de kwelders bij 't Schoor (circa 28 ha) en Wierum (circa 11 ha). De beschrijving van de abiotische ontwikkeling in relatie tot bodemdaling is hoofdzakelijk toegespitst op de Peazemerlannen. Dit is met afstand de grootste van de drie genoemde kwelders. Bovendien is over de Peazemerlannen veel kennis beschikbaar op basis van intensief onderzoek, dat in 1993 van start ging omdat destijds de verwachting was dat dit gebied gevoelig zou zijn voor bodemdaling onder invloed van de Anjumwinning die in die tijd werd voorbereid.. De informatie over de Peazemerlannen is eveneens bruikbaar om

kwitatief de bestaande toestand en de autonome ontwikkeling van de twee andere kwelders te beschrijven.

Overigens is ook zeer veel informatie beschikbaar over zowel vasteland- als eilandkwelders elders in het Waddengebied. Dit biedt de mogelijkheid om de betrouwbaarheid van gegevens over de Peazemerlannen te toetsen aan hetgeen bekend is over ander gebieden. In de deelrapporten van Alterra en WL is een specifieke vergelijking gemaakt tussen de Peazemerlannen en de qua opbouw vergelijkbare kwelder Nieuwlandsrijd op Ameland, waarvan de ontwikkeling sinds 1986 intensief gemonitord wordt. De vergelijking met dit referentiegebied bevestigt de conclusies over de abiotiek van de Peazemerlannen. Zie hiervoor **paragraaf 3.1.1** in het Alterra-rapport en **paragraaf 3.4.2** in het WL-rapport.

Gebiedsbeschrijving Peazemerlannen

De Peazemerlannen (**figuur 3.14**) liggen in het uiterste noordoosten van Friesland bij de plaatsen Peazens en Moddergat. Het Waterschap Fryslân is eigenaar van het gebied en It Fryske Gea is de beheerder (kwelder in pacht tot 2014). Net zoals de overige kwelders en zomerpolders langs de Friese en Groninger kust is het gebied voornamelijk via landaanwinningswerken ontstaan. De Peazemerlannen zijn aangewezen als natuurmonument volgens de Natuurbeschermingswet. In dit kader wordt de huidige afwisseling van kwelder en grasland als karakteristiek en waardevol aangemerkt, met name voor vogels. Het streven is het gebied in zijn huidige toestand te behouden.

Peazemerlannen (Friesland)



Figuur 3.14 Luchtfoto van de Peazemerlannen. De foto is in zogenaamde "false color" waarmee plantengroei goed wordt weergegeven. Linksonder ligt het dorp Peazens. Direct ten noorden van de zomerpolder. De polder wordt oost-west doorsneden door een zomerkade die de kwelder begrensd (donkerderrood). De twee breuken in de dijk zijn zichtbaar als een donker deel in de buitenste bedijking.

De bodem van dit gebied bestaat uit een dikke laag zeeklei, die bij de zeewering op een hoogte van ongeveer NAP +2,0 m overgaat in een geasfalteerde dijkvoet. In het gebied zijn de volgende deelgebieden te onderscheiden:

1. Zomerpolder, 89 ha. Deze is aan alle zijden door (zomer)dijken omgeven, waardoor de overvloedingsfrequentie en daarmee de opslibbing sterk verminderd wordt. Negen klepduikers in de groene zomerkade lozen het overtollig zeewater en regenwater. Het grasland in de zomerpolder wordt intensief begrast, voornamelijk door schapen.
2. Buitendijks kweldergebiedje in het westen dat onder te verdelen is in:
 - a. het hooggelegen deel voor de zeewering, 15 ha, met een oeverbescherming aan de wadkant, net als de zomerpolder intensief begrast door schapen;
 - b. het laaggelegen deel langs de strekdijk, 4 ha, met extensieve beweiding.
3. Kwelder (voormalige noordelijke zomerpolder), 100 ha. Deze wordt aan de zuidzijde begrensd door de bovengenoemde groene zomerkade en aan de noordkant door een bitumen zomerkade. Die laatste is in 1951 aangelegd. Tijdens een storm in april 1973 is het midden van de bitumen zomerkade doorgebroken en nadien niet meer hersteld. In 1979 is meer westelijk een tweede deel van de kade weggeslagen en evenmin hersteld. Sinds beide doorbraken vindt er weer sedimentuitwisseling plaats tussen de Waddenzee en de voormalige noordelijke zomerpolder. Als gevolg van

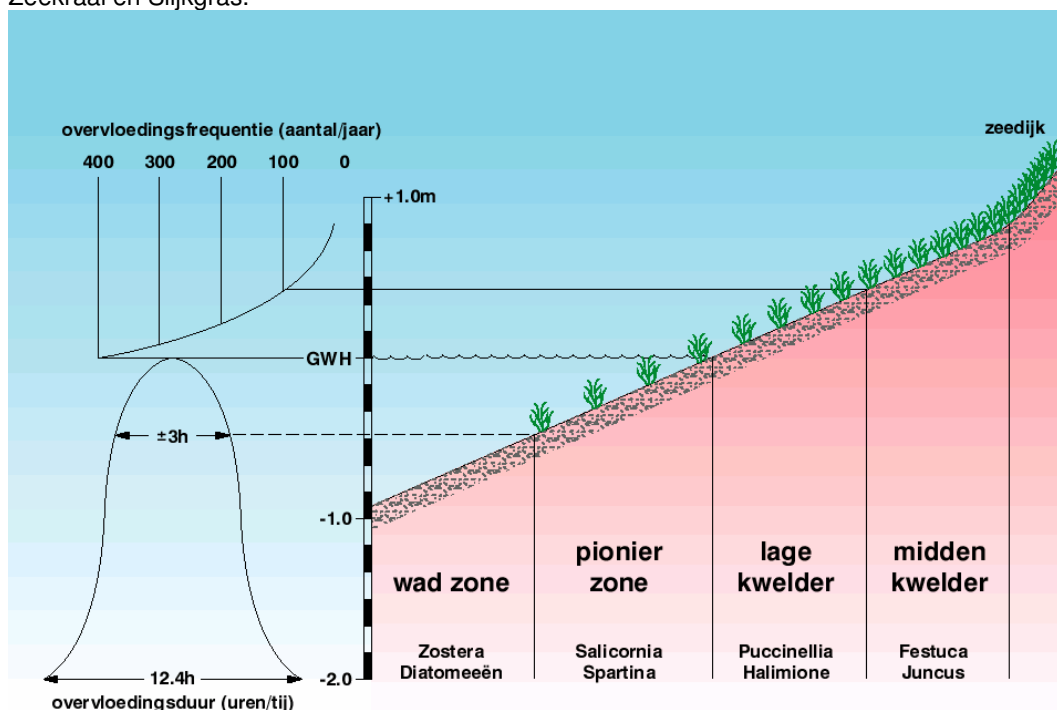
deze spontane verkweldering kon zich hier een dynamische kwelder ontwikkelen met oeverwallen en kommen, met een diverse zilte vegetatie en met een omvangrijke avifauna. De kwelder is onbeweid (behoudens incidenten) en nog onder te verdelen in:

- a. oeverwallen;
 - b. lage kwelder;
 - c. kommen/secundaire pionierzone.
4. Primaire pionierzone, onder te verdelen in:
- a. delen achter de gaten in de bitumen zomerkade, 15 ha;
 - b. recente ontwikkeling van pionierzone op het wad buiten de bitumen zomerkade.

De zomerpolder (1) en de kwelder (3 + 4a) zijn qua areaal verreweg de belangrijkste deelgebieden (samen ca. 200 ha). In het algemeen zijn vooral de primaire pionierzones van kwelders kwetsbaar voor bodemdaling. Ook de primaire pionierszone achter de gaten in de bitumen zomerkade (4a) is als kwetsbaar gebied voor bodemdaling aangewezen.

Onderzoek naar de abiotische ontwikkeling van de Peazemerlannen

In een kwelder zijn verschillende zones te onderscheiden (**figuur 3.15**). Laaggelegen kwelders worden tijdens hoge hoogwaters (bijvoorbeeld rond springtij) regelmatig overstromd door het getijdewater. De middelhoge kwelders worden minder vaak overstromd, de hooggelegen schorren slechts incidenteel. De zone die dagelijks kort wordt overstromd – de pionierzone – bestaat uit zoutminnende pionierplanten, vooral Zeekraal en Slijkgras.



Figuur 3.15 Voorbeeld van zonerings- en inundatiefrequentie (naar Erchinger 1985). GWH is het gemiddelde hoogwaterniveau. Daarboven vindt alleen opslibbing plaats door uitzonderlijk hoge tijden (spring- en stormtijden).

Voor de abiotische ontwikkeling in relatie tot bodemdaling is de kernvraag hoe het proces van opslibbing van een kwelder verloopt. Voor de opslibbing van een kwelder zijn bepalend: de hoeveelheid sediment die met het getij aangevoerd wordt, de hydrodynamische omstandigheden (overstromingsfrequentie, golfhoogte, stroomsnelheid), de lokale morfologie (afstand tot de Waddenzee, afstand tot de krekken, de ligging in het oeverwallen-kommen systeem) en de structuur en biomassa van de vegetatie. In de Waddenzee is normaal gesproken voldoende sediment aanwezig voor een hoge opslibbing langs de vastelandkust. In vergelijking met het kale wad wordt op de begroeide kwelder een hogere opslibbing gevonden. De vegetatie levert daaraan een belangrijke bijdrage door sediment in te vangen en golven te dempen. De grote rol van de

vegetatie verklaart ook waarom de opslibbing in een intensief begraasde kwelder (zoals het Nieuwlandsrijd op Ameland) geringer is dan in een kwelder die niet of nauwelijks begraasd wordt (zoals de voormalige noordelijke zomerpolder in de Peazemerlannen).

De balans tussen erosie en sedimentatie – de opslibbingsbalans – bepaalt de hoogteligging van de verschillende zones in een kwelder, maar die hoogteligging is natuurlijk ook afhankelijk van bodemdaling en zeespiegelstijging. Verder speelt een rol dat kwelders 's zomers gewoonlijk enigszins inklinken door uitdroging, hetgeen 's winters gewoonlijk weer ongedaan gemaakt wordt door neerslag en overvloedingen.

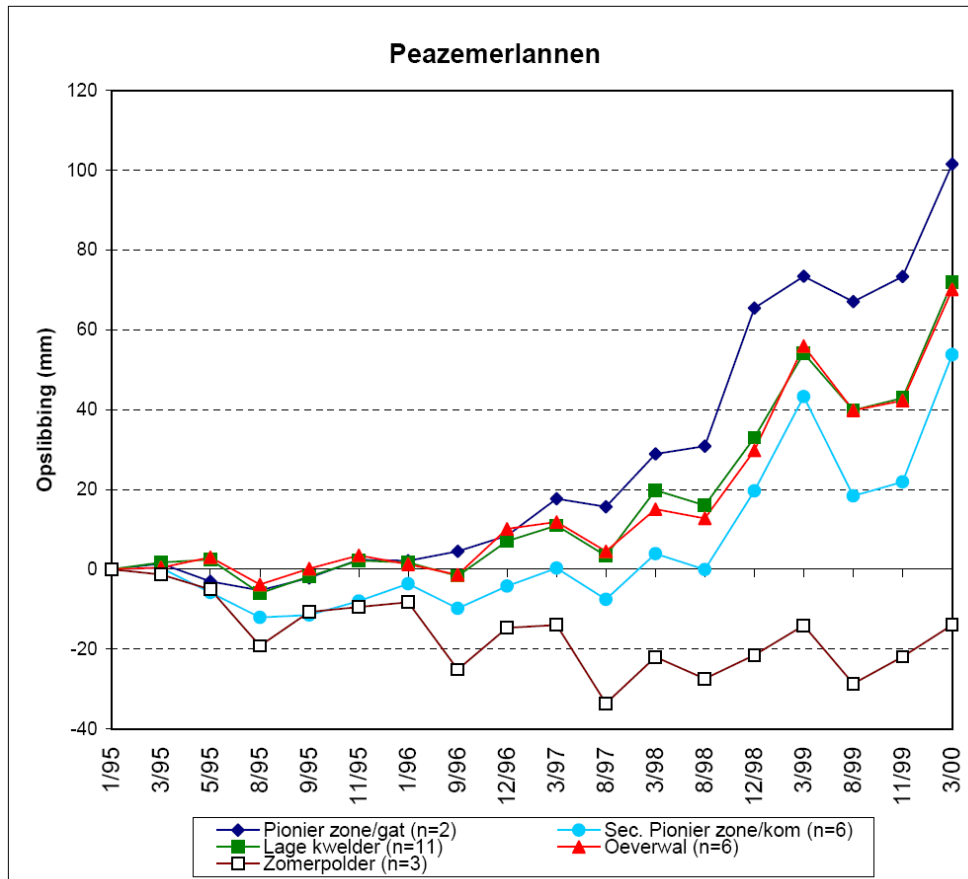
De hoogteligging en de opslibbingsbalans van de Peazemerlannen zijn sinds 1993 onderzocht met verschillende methoden. Tot aan 1996 voerde Alterra dit onderzoek uit in opdracht van de NAM. Vanaf 1997 heeft Alterra dit onderzoek op eigen initiatief voortgezet. Daarbij werd (en wordt) de opslibbing gemeten met behulp van zogenoemde sedimentatie-erosiebalken (SEB) die in meetvelden worden opgesteld. Door verschillende metingen in een jaar te verrichten wordt duidelijk of in de tussenliggende periode erosie/inklinking dan wel opslibbing heeft plaatsgevonden. Tussen januari 1995 en maart 1996 zijn in totaal 30 SEB-velden uitgezet in de Peazemerlannen: 3 in de huidige zomerpolder, 27 in de kwelder. Op al deze plaatsen is sindsdien drie maal per jaar gemeten: in maart, in augustus/september en in november/december.

De meetreeks bestrijkt inmiddels een periode van tien jaar. Het totale aantal metingen is daarmee groot genoeg om uitzonderlijke fluctuaties verantwoord uit te kunnen middelen. De SEB-methode wordt overigens ook door de Raad voor de Natuur aanbevolen in haar advies over bodemdaling door gaswinning. Verder zijn er, naast het SEB-meetnet in de Peazemerlannen, vergelijkbare meetnetten in andere kwelderwerken en op Ameland. Toetsing aan referentiesituaties is daarmee mogelijk. De reeks van SEB-meetgegevens over de periode 1995-2005 kan al met al als een betrouwbare basis voor conclusies over de Peazemerlannen beschouwd worden.

Resultaten opslibbing en maaiveldhoogte Peazemerlannen

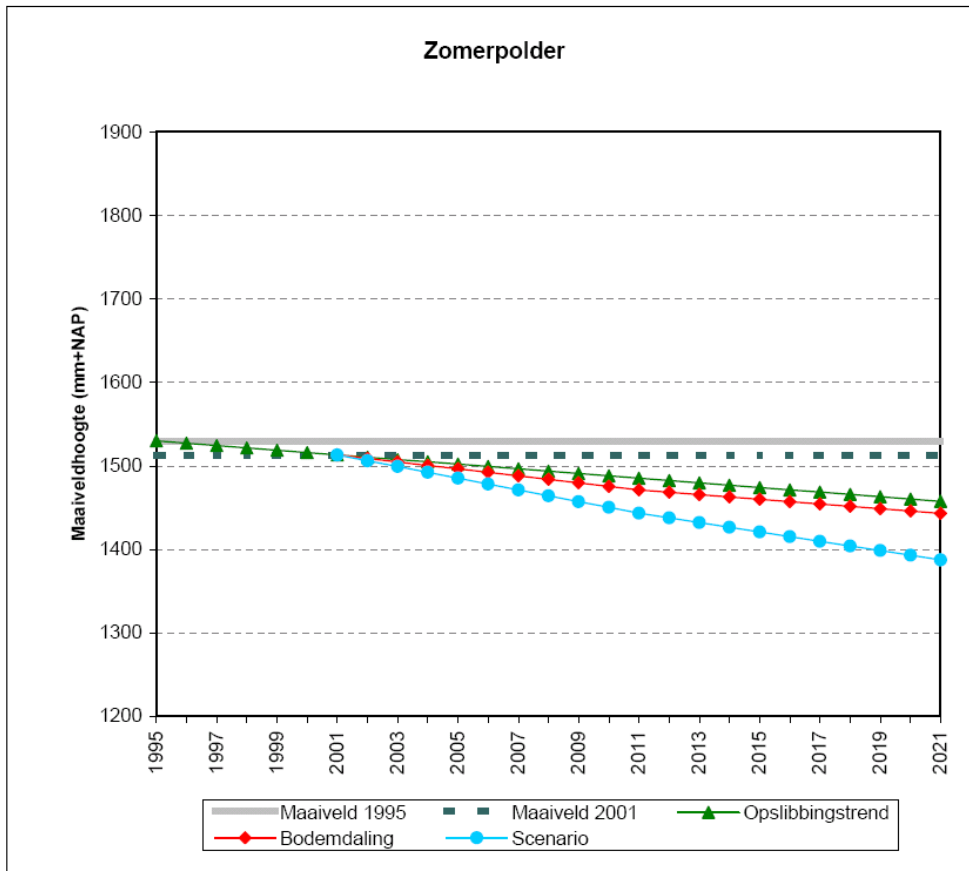
Figuur 3.16 laat de resultaten per zone zien. Daaruit blijkt een gemiddelde opslibbing op basis van de SEB-metingen over de periode maart 1995-maart 2005 van:

- ca. 24 mm/j voor de primaire pionierzone (achter het gat in de bitumenkade);
- ca. 8 mm/j voor de secundaire pionierzone (kommen met Schorrekruid);
- ca. 12 mm/j in de lage kwelder (kom met Kweldergras);
- ruim 15 mm/j op de middenkwelder (oeverwallen met Strandkweek);
- -2 mm/j in de zomerpolder.



Figuur 3.16 Overzicht van de resultaten van SEB-metingen op Peazemerlannen.

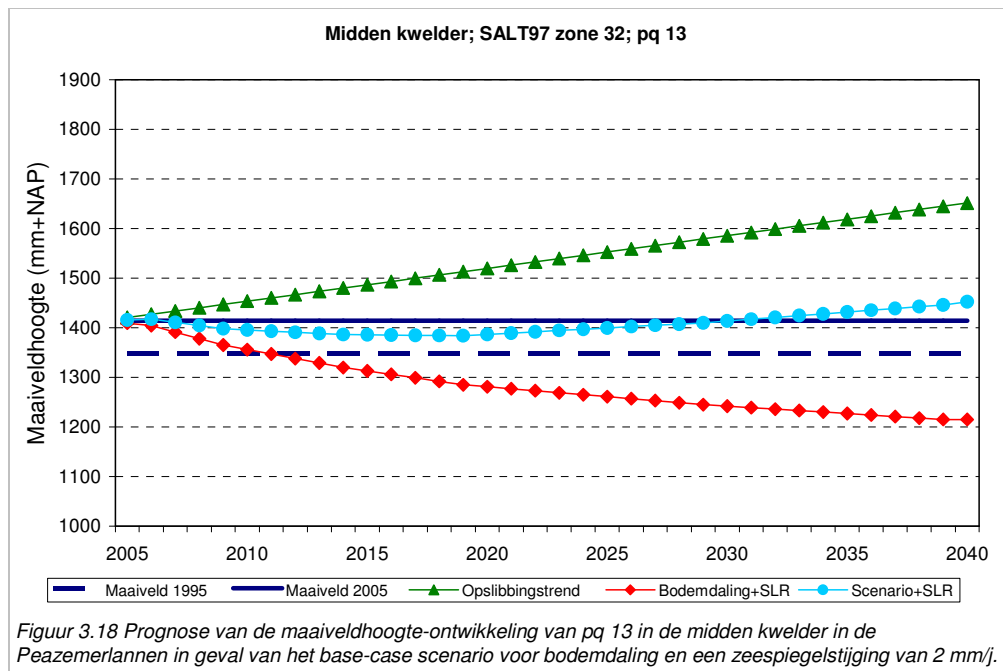
Figuur 3.17 toont de gemeten maaierveldhoogte in dezelfde periode. Voor de drie SEB-velden in de zomerpolder van de Peazemerlannen is er na tien jaar een netto gemiddelde daling van de bodem van ca. 2 mm per jaar. Er is hier vrijwel geen opslibbing mogelijk, omdat er zelden overvloedingen plaatsvinden. Als er in een jaar bovendien weinig neerslag valt leidt dit ertoe dat inklink slechter herstelt dan in de kwelder. Alleen lokaal achter de klepduikers in het zomerdijkje tussen kwelder en zomerpolder komt bij hoge tijden sediment de zomerpolder binnen.



Figuur 3.17 Ontwikkeling van de maaiveldhoogte van 1995 tot 2005 en een voorspelling van de ontwikkeling in de komende 15 jaar. De negatieve ontwikkelingstrend zal zich voortzetten.

Op een kwelder is de overvloedingsfrequentie hoofdzakelijk bepalend voor de mate van opstilbing. Het sediment moet immers door het water worden aangevoerd. De gemiddelde opstilbing in het grootste deel van de kwelder van de Peazemerlannen neemt echter toe met de hoogte van de bodem. Dit is te verklaren als wordt aangenomen dat de opstilbing afhankelijk is van speciale gebeurtenissen ('events'): bij normale tijden vindt een ophoping van sediment in krekken plaats en pas tijdens extreme tijden wordt dit sediment op de kwelder afgezet. Dit gebeurt dan vooral op de oeverwallen en andere plaatsen die dicht bij krekken liggen. Ook onderzoek in andere kwelders heeft laten zien dat de opstilbing afnam naarmate de afstand tot krekken groter werd.

Om de autonome ontwikkeling te schetsen, is aan de hand van de SEB-gegevens van de opstilbing de trendlijn per zone berekend en doorgetrokken tot 2040. In werkelijkheid zal de lijn bij een toenemende hoogte op een bepaald moment afvlakken, omdat de aanvoer van sediment dan afneemt.



Van het hooggelegen buitendijkse begraasde stuk (15 ha) tegen de deltadijk en het lager gelegen deel langs de strekdam (4 ha) – deelgebied 2 uit de gebiedsbeschrijving in het begin van deze subparagraaf – zijn geen recentere opslibbingsgegevens bekend dan die in een studie uit 1997 staan vermeld. Het ligt echter voor de hand dat ze het normale ontwikkelingsproces in een kwelder zullen vertonen: verticale opslibbing gaat samen met laterale uitbreiding (indien een pionierzone aanwezig) of met laterale erosie. Door de geëxponeerde en lage ligging en de al in 1997 vastgestelde erosie leek het kweldertje langs de strekdam toen al nauwelijks een overlevingskans te hebben. Het hooggelegen buitendijkse kwelderdeel tegen de deltadijk heeft een oeverbescherming aan de wadkant. Het is niet bekend of hier enig onderhoud aan plaatsvindt door het waterschap. De opslibbing is in dit gebied, voor zover bekend, vrij laag, wat normaal is voor een hoger gelegen kwelder.

Kwelders bij 't Schoor en Wierum

De oude kweldertjes bij 't Schoor en Wierum zijn gemiddeld veel hoger gelegen dan de jonge kwelder de Peazemerlannen. De kwelder bij 't Schoor is in eigendom bij het Wetterskip Fryslân en besloeg in 2002 (geen recentere gegevens beschikbaar) ca. 28 ha. Hiervan is ca. 3 ha pionierzone en ca. 25 ha kwelder, waarvan de hoge kwelderzone het grootste oppervlak beslaat. Er vindt reeds decennia lang intensieve beweiding plaats, momenteel met schapen en pinken.

De kwelder bij Wierum is eveneens in eigendom bij het Wetterskip Fryslân en besloeg in 2002 (geen recentere gegevens beschikbaar) ca. 11 ha. Aan de wadkant ligt een van jaar tot jaar sterk in afmetingen wisselend strookje pionierzone. Aan de wadkant is dit gebied al meer dan een halve eeuw aan natuurlijke kliferosie onderhevig. Deze kliferosie zal onveranderd doorgaan tot aan de dijkvoet, die momenteel al bijna bereikt is. De hoge en lage kwelder vormen met respectievelijk meer dan de helft en circa een kwart van het gebied de belangrijkste vegetatiezones. Er vindt reeds decennia lang intensieve beweiding plaats, momenteel met schapen en pinken.

1.2.4 Resumé abiotische autonome ontwikkeling

Pinkegat

- De zandvraag als gevolg van zeespiegelstijging bedraagt ca 0,19 miljoen m³/jaar.
- De buitendelta begeeft zich naar een nieuw evenwicht dat rond 2010 wordt bereikt (het effect van de afsluiting van de Lauwerszee is momenteel nog heel licht merkbaar).
- De geulen en platen zijn min of meer stabiel.

- De geulen vertoonden door de Amelandwinning (start 1986) aanvankelijk enige erosie, sinds 2000 sedimentatie en na 2010 herstel van een nieuw evenwicht.
- Door de Amelandwinning loopt het verlies aan plaatareaal op tot maximaal 0,53 km² rond 2005, bedraagt de verdieping van de platen 3 á 4 cm en neemt de zandimport in de buitendelta toe tot ongeveer 0,27 miljoen m³/jaar rond 2010. NB: een daadwerkelijke afname van de platen is in de praktijk nog niet waargenomen en uit de lodingen niet naar voren gekomen.

Zoutkamperlaag

- De zandvraag als gevolg van zeespiegelstijging bedraagt ca 0,39 miljoen m³/j, wat relatief laag is omdat de buitendelta zelf ook nog zand levert.
- De buitendelta vertoont nog steeds enige verstoring – volumeafname – als gevolg van de afsluiting van de Lauwerszee maar de verstoring is klein.
- De geulen en platen zijn nog steeds licht onstabiel als gevolg van de afsluiting van de Lauwerszee.
- Door de Amelandwinning tonen de geulen een sneller herstel van de verstoring veroorzaakt door de afsluiting van de Lauwerszee.
- De invloed van de Amelandwinning op de Zoutkamperlaag is gering; door de Amelandwinning loopt het verlies aan plaatareaal op tot maximaal 0,02 km² rond 2020 en bedraagt de verdieping minder dan 1 cm.

Friese Zeegat: Pinkegat & Zoutkamperlaag

- De cyclische ontwikkeling in het Friese Zeegat zal zich voortzetten, waarbij hoge zandplaten als Rif en Engelsmanplaat verschuiven, verdwijnen en weer ontstaan in een ritmiek van 20 tot 40 jaar.

Kwelders

- De gemiddelde opslibbing voor de kwelder in de Peazemerlannen is vergelijkbaar met die langs de rest van de Friese en Groninger kust en bedraagt ca. 1,5 cm/jaar.
- De gemiddelde jaarlijkse maaiveldverandering in de zomerpolder van de Peazemerlannen is 2 mm/jaar.
- Het in het westen gelegen buitendijkse gebied voor de deltadijk kent enige opslibbing en loopt dankzij de oeverbescherming aan de wadkant geen direct risico van achteruitgang.
- Het kweldertje langs de strekdam heeft vermoedelijk weinig overlevingskansen, gelet op de geëxponeerde en lage ligging en de gemeten erosie.
- De ontwikkeling van de oude kweldertjes bij Wierum en bij 't Schoor zal weinig verschillen van de naburige vastelandskwelders, waaronder de Peazemerlannen.
- De reeds vele decennia optredende kliferosie bij Wierum, die momenteel bijna tot aan de zeedijk is genaderd, zal zich voortzetten.

1.3 Biotiek

1.3.1 Natuurbeschermingswetgeving

Natuurbeschermingswet 1998, Habitatrichtlijn, Vogelrichtlijn

Op de Waddenzee – met inbegrip van het in de Waddenzee gelegen studiegebied voor dit project– is natuurbeschermingswetgeving van toepassing. Vooral van belang is het beschermingsregime dat voortvloeit uit de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. Deze twee Europese richtlijnen zijn sinds oktober 2005 definitief opgenomen ('geïmplementeerd') in de Natuurbeschermingswet 1998. Voor het beschermingsregime heeft dit geen inhoudelijk consequenties: aan de vereisten uit de Vogel- en Habitatrichtlijn moet nog steeds voldaan worden.

De Waddenzee is aangewezen als speciale beschermingszone (SBZ) in het kader van de Vogelrichtlijn en aangemeld als SBZ in het kader van de Habitatrichtlijn. Voor wat betreft de Habitatrichtlijn is daarbij aangegeven op grond van welke habitattypen (conform bijlage 1 van de Habitatrichtlijn) en welke soorten (conform bijlage 2 van de Habitatrichtlijn) de Waddenzee zich als SBZ kwalificeert. De Vogelrichtlijn bestrijkt alleen soorten vogels; in de aanwijzing van de SBZ als Vogelrichtlijngebied is bijgevolg gespecificeerd voor welke vogelsoorten de Waddenzee zich kwalificeert.

Het beschermingsregime houdt, kort gezegd in, dat bij projecten in een SBZ (of in de directe omgeving daarvan, waardoor de effecten ook in de betreffende SBZ zouden kunnen optreden – externe werking) vooraf bepaald moet worden of de kans aanwezig is dat er significante effecten optreden voor de relevante habitattypen en de relevante soorten. Is de kans op dergelijke effecten op voorhand niet geheel uit te sluiten, dan is de zogenoemde passende beoordeling de volgende stap. In de passende beoordeling moet vastgesteld worden of er de zekerheid is dat er geen effecten zijn die een aantasting inhouden van de natuurlijke kenmerken van een gebied, gezien de instandhoudingsdoelstellingen voor het gebied in kwestie. Dergelijke instandhoudingsdoelstellingen zijn momenteel nog niet definitief vastgelegd. Daarom moeten de *voorlopige* instandhoudingsdoelstellingen als vertrekpunt genomen worden. Voor de SBZ Waddenzee in z'n totaliteit geldt de volgende voorlopige instandhoudingsdoelstelling:

“Het beleid en beheer ten aanzien van de voorlopige instandhoudingsdoelstellingen voor de Waddenzee zijn gericht op een duurzame bescherming en ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied, waarbij de menselijke invloed hierop zo gering mogelijk dient te zijn, en voor de structuren, soorten, planten en dieren die op grond van de Vogel- en Habitatrichtlijn voor de Waddenzee kwalificeren een gunstige staat van instandhouding behouden of herstellen. Het beleid en beheer zijn daarbij gericht op een duurzame bescherming en een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van onder meer waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische, bodemkundige en hydrologische processen, van de kwaliteit van water, bodem en lucht, alsmede van de (bodem)flora en de (bodem)fauna, onder meer omvattende de foerageer-, broed- en rustgebieden van vogels.”

De kernelementen van deze voorlopige instandhoudingsdoelstelling zijn:

- een zo gering mogelijke menselijke invloed in het gebied;
- een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van onder meer hydrologie, flora en fauna, en foerageergebieden van vogels;
- behoud en/of herstel van een gunstige staat van instandhouding voor kwalificerende habitats en soorten.

Bij de formele aanwijzing van de Waddenzee als Habitatrichtlijngebied (eind 2007) zullen de instandhoudingsdoelstellingen ook formeel worden vastgesteld. Bij de vergunningverlening (op basis van de Natuurbeschermingswet 1998) voorafgaand aan deze aanwijzing hanteert het Ministerie van LNV de voorlopige instandhoudingsdoelstellingen.

1.3.2 Relevante habitattypen en soorten

Voor dit hoofdstuk is van belang dat er op grond van de natuurbeschermingswetgeving basisinformatie (bestaande toestand, trends, autonome ontwikkeling) beschikbaar moet zijn over de relevante beschermde habitattypen en soorten. Hieronder volgt een overzicht en afbakening van de habitattypen en soorten in kwestie.

Habitattypen

De Waddenzee is als SBZ in het kader van de Habitatrichtlijn aangemeld voor negen habitattypen:

- 1110: permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken;
- 1130: estuaria;
- 1140: bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten;

- 1310: eenjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met Zeekraal (*Salicornia* spp.) en andere zoutminnende soorten;
- 1320: schorren met slijkgrasvegetaties (*Spartinion maritimae*);
- 1330: atlantische schorren met kweldergrasvegetatie (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*);

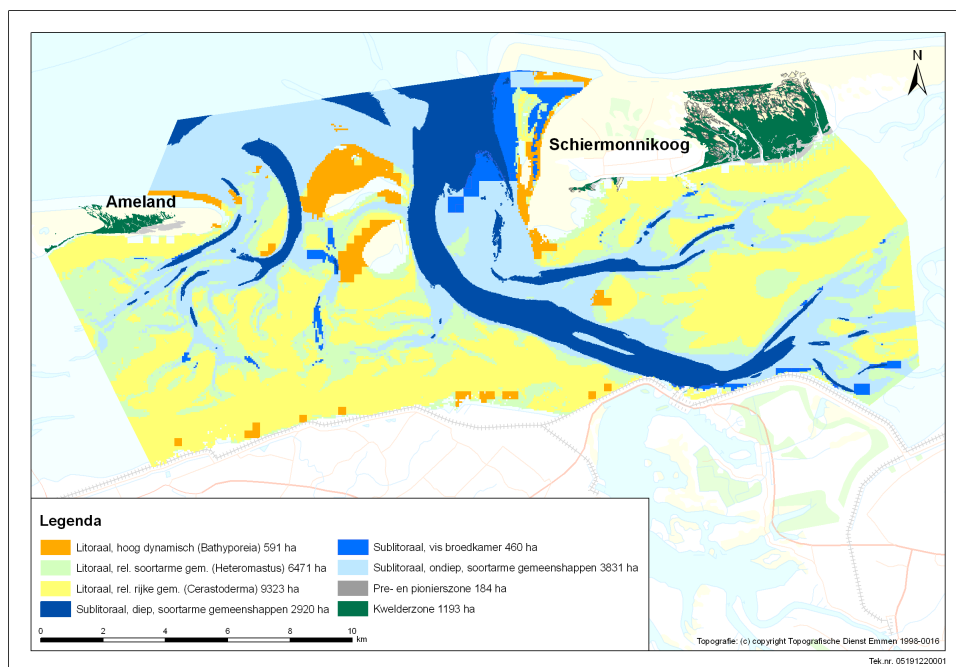
- 2110: embryonale wandelende duinen;
- 2120: wandelende duinen op de strandwal met Helm (*Ammophila arenaria*);
- 2130: vastgelegde duinen met kruidvegetatie

Binnen het studiegebied zijn vier van deze negen habitattypen afwezig:

- 1130, estuaria, zijn de benedenstroomse delen van rivierdalen die onder invloed staan van zeewerking en de werking van getijden. Binnen de SBZ Waddenzee is het Eems-Dollardestuarium (buiten het studiegebied gelegen) het enige voorbeeld van dit habitatype.
- 2110, 2120, 2130, verschillende typen duinhabitats, zijn op de eilanden aanwezig, maar ze liggen niet binnen de bodemdalingsschotel en worden niet tot de komberging gerekend.

Schorren met slijkgrasvegetatie – type 1320 – komen algemeen voor in de SBZ Waddenzee, maar het voor dit habitatype als kenmerkende soort aangemerkte Klein slijkgras heeft een zuidelijk verspreidingsgebied en is niet in de Waddenzee aanwezig. Habitatype 1320 is in deze studie behandeld onder de pionierzone habitatype 1310.

Er resteren derhalve vier habitattypen die wel relevant zijn. In **figuur 3.19** is te zien dat deze vier typen samen het gehele studiegebied vullen. Hieronder volgt een korte typering:



Figuur 3.19 Overzicht van de belangrijkste habitattypen binnen het onderzoeksgebied. Voor een toelichting en verklaring van de termen wordt verwezen naar onderstaande tekst.

Numer 1110 permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken	Areaal in studiegebied (ha) 7211 ha
Instandhoudingsdoelstellingen	Voor een gunstige staat van instandhouding is behoud van de huidige verspreiding en oppervlakte vereist (conform de algemene instandhoudingsdoelstelling voor de gehele SBZ Waddenzee).
Kenmerkende soorten	Groot zeegras (<i>Zostera marina</i>) <i>Spisula solida</i> <i>Spisula subtruncata</i> Paling (<i>Anguilla anguilla</i>) Schol (<i>Pleuronectus platessa</i>) Bot (<i>Pleuronectus flesus</i>)
Huidige staat / trend	Dynamisch evenwicht.
Autonome ontwikkeling	Binnen het huidig dynamisch evenwicht lijken oppervlak en ligging redelijk constant te zijn. Bij snelle stijging van de zeespiegel kunnen er veranderingen optreden.

Numer 1140 bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten	Areaal in studiegebied (ha) 16385 ha
Instandhoudingsdoelstellingen	Voor een gunstige staat van instandhouding is een verspreiding over Noord- en Zuid-Nederland vereist, waarbij de huidige oppervlakte niet afneemt. De typische soorten en structuur en functie van intergetijdenplaten verschillen in verschillende (deel)gebieden. Voor een landelijk gunstige staat van instandhouding moet in tenminste 80 % van de totale oppervlakte van alle (deel)gebieden aan de streefwaarden voor typische soorten en structuur & functie worden voldaan
Kenmerkende soorten	Kokkel (<i>Cerastoderma edule</i>) Nonnetje (<i>Macoma balthica</i>) Strandgaper (<i>Mya arenaria</i>) Wadpier (<i>Arenicola marina</i>) Zeeduizendpoot (<i>Nereis diversicolor</i>) Schelpkokerworm (<i>Lanice conchilega</i>) en Wapenworm (<i>Scoloplos armiger</i>)
Huidige staat / trend	Dynamisch evenwicht
Autonome ontwikkeling	Binnen het huidig dynamisch evenwicht lijken oppervlak en ligging redelijk constant te zijn. Bij snelle stijging van de zeespiegel kunnen er veranderingen optreden.

Numer 1310 eenjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met Zeekraal (<i>Salicornia</i> spp.) en andere zoutminnende soorten	Areaal in studiegebied (ha) 60 ha
Instandhoudingsdoelstellingen	Voor een gunstige staat van instandhouding is een verspreiding over het gehele Waddengebied en Zeeuws-Zuid-Hollands estuarium vereist, alsmede tenminste één locatie met het habitatype aan de Hollandse vastelandskust. De landelijke oppervlakte van het habitatype mag niet achteruit gaan, buiten de jaarlijkse natuurlijke fluctuaties. Tenminste 80 % van de typische soorten moet in een gunstige staat van instandhouding verkeren en over tenminste 80 % van de totale oppervlakte dienen de vereiste

Nummer 1310 eenjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met Zeekraal (<i>Salicornia</i> spp.) en andere zoutminnende soorten	Areaal in studiegebied (ha) 60 ha
Kenmerkende soorten	structuren & functies aanwezig te zijn. Langarige zeekraal (<i>Salicornia procumbens</i>) Kortarige zeekraal (<i>Salicornia europaea</i>) Schorrenkruid (<i>Suaeda maritima</i>) Zeevetmuur (<i>Sagina maritima</i>) Hertshoornweegbree (<i>Plantago coronopus</i>) Deens lepelblad (<i>Cochlearia danica</i>) Dunstaart (<i>Parapholis strigosa</i>)
Huidige staat / trend	Het areaal is constant, maar afhankelijk van onderhoud. De vegetatiestructuur volgt de natuurlijke dynamiek, maar het aantal broedvogels vertoont in het algemeen een neerwaartse trend.
Autonome ontwikkeling	De pionierzone heeft een geringe vegetatiebedekking van voornamelijk éénjarige planten waardoor er een geringe vastlegging is van sediment. Zeespiegelstijging (door klimaatverandering en/of inklinking) kan mogelijk niet gecompenseerd worden door versnelde opslibbing

Nummer 1330 atlantische schorren met kweldergrasvegetatie (<i>Glaucopuccinellietalia maritimae</i>)	Areaal in studiegebied (ha) 372 ha
Instandhoudingsdoelstellingen	Voor een gunstige staat van instandhouding is een verspreiding vereist in zowel Zuidwest-Nederland als het Waddengebied. De huidige totale oppervlakte dient gehandhaafd te blijven, evenals de huidige staat van instandhouding van typische soorten.
Kenmerkende soorten	Lamsoor (<i>Limonium vulgare</i>) Gewoon kweldergras (<i>Puccinellia maritima</i>) Zulte (<i>Aster tripolium</i>) Gewone zoutmelde (<i>Atriplex portulacoides</i>) Zeealsem (<i>Seriphidium maritimum</i>) Strandkweek (<i>Elytrigia atherica</i>) Schorviltbij (<i>Epeolus tarsalis</i> subsp. <i>rozenburgensis</i>)
Huidige staat / trend	Oppervlak: stabiel. Soorten: gunstig.
Autonome ontwikkeling	Bij ongewijzigd beheer zal het aandeel van soortenarme climax-begroeiingen op de kwelders geleidelijk toenemen en als gevolg de biodiversiteit achteruitgaan.

Soorten Habitatrichtlijn

Zoals in de richtlijnen voor het MER is aangegeven zijn er voor de SBZ Waddenzee vijf soorten die specifiek relevant zijn op grond van de Habitatrichtlijn:

- Gewone zeehond;
- Grijs zeehond;
- Fint;
- Zeeprick;
- Rivierprick.

Paragraaf 1.3.3 bevat informatie over de Gewone zeehond en de Grijs zeehond. Ook wordt in **1.3.3** aandacht besteed aan soorten die niet beschermd zijn op grond van de Habitatrichtlijn, maar wel een grote ecologische betekenis hebben: bodemdieren (schelpdieren en wormen) en zeegras.

Vissen (met inbegrip van Fint, Zeeprik en Rivierprik) blijven buiten beschouwing omdat aangenomen mag worden dat gaswinning en de daardoor veroorzaakte bodemdaling geen invloed heeft op het leefgebied en de verblijfsomstandigheden van vissen (**zie verder Alterra-rapport paragraaf 2.4.3**). Eveneens buiten beschouwing blijven:

- hogere planten, mossen, korstmossen en paddestoelen (**zie Alterra-rapport paragraaf 2.4.1**);
- ongewervelden (**zie Alterra-rapport paragraaf 2.4.2**);
- reptielen en amfibieën (**zie Alterra-rapport paragraaf 2.4.4**);
- in de zoogdierengroep: Noordse Woelmuis, Bruinvis, vleermuizen (**zie Alterra-rapport paragraaf 2.4.5**).

Soorten Vogelrichtlijn

Voor de Waddenzee als SBZ in het kader van de Vogelrichtlijn zijn de vogelsoorten uit **tabel 3.1** relevant. In **tabel 3.1** is ook aangegeven welk habitatype de betreffende soorten gebruiken.

Tabel 3.1 Soorten Vogelrichtlijn SBZ Waddenzee.

Soorten	Habitatgebruik	Soortengroep
Dwergstern*	1110; 1310; 1330	Sterns/meeuwen
Grote Stern*	1110; 1140; 1310;1330	
Kleine Mantelmeeuw	1110; 1310; 1330	
Kokmeeuw	1110; 1140; 1310;1330	
Noordse Stern*	1110; 1140; 1310;1330	
Reuzenster*	1110; 1140; 1310;1330	
Stormmeeuw	1110; 1140; 1310;1330	
Visdief*	1110; 1140; 1310;1330	
Zilvermeeuw	1110; 1140; 1310;1330	
Zwarte Stern*	1110; 1310;1330	
Bergeend	1110; 1140; 1310;1330	Wad/watervogels
Brandgans*	1310; 1330	
Eidereend	1110; 1140; 1170; 1310;1330	
Zilverplevier	1140; 1310;1330	Wadvogels
Bontbekplevier	1140; 1310;1330	
Bonte Strandloper	1140; 1310;1330	
Groenpootruiter	1140; 1170; 1310;1330	
Kanoetstrandloper	1140; 1310;1330	
Kluut*	1140; 1310;1330	
Rosse Grutto*	1140; 1310;1330	
Scholekster	1140; 1170; 1310;1330	
Tureluur	1140; 1170; 1310;1330	
Wulp	1140; 1170; 1310;1330	
Zwarte Ruiter	1140; 1310;1330	Watervogels
Aalscholver	1110; 1310; 1330	
Brilduiker	1110; 1170	
Lepelaar*	1140; 1310;1330	
Middelste Zaagbek	1110; 1170	
Nonnetje *	1110	
Rotgans	1110; 1140; 1310;1330	
Toppereend	1110; 1170	

Het Alterra-rapport bevat zeer uitgebreide informatie over vogels in het studiegebied:

- Naast de Vogelrichtlijnsoorten worden ook gegevens gepresenteerd over een aantal andere soorten.
- Voor alle behandelde soorten worden voor de periode 1975-2004 totale aantallen binnen de gehele SBZ Waddenzee en de aantallen binnen het studiegebied gespecificeerd.
- Er is een aparte analyse gemaakt van broedvogels in de Peazemerlannen (en directe omgeving).
- Er is informatie opgenomen over verspreiding en dieet.

In **paragraaf 1.3.3** wordt voor de Vogelrichtlijnsoorten een overzichtstabel (**tabel 3.2**) gepresenteerd met informatie over aantallen en trends. Enige aanvullende informatie over broedvogels in de Peazemerlannen is opgenomen in **1.3.4**. De informatie die hiermee in **hoofdstuk 1** over vogels wordt gepresenteerd, geeft een goed en algemeen beeld en is ook ruim voldoende informatief om als vertrekpunt voor de effectvoorspelling. Voor de veel uitgebreidere informatie over vogels in het studiegebied wordt verwezen naar het Alterra-rapport.

1.3.3 Pinkegat en Zoutkamperlaag

Zeegras

Zeegras is een kenmerkende soort van de Waddenzee en een internationaal beschermde soort (Groot Zeegras wordt genoemd in bijlage IV van de Habitatrichtlijn/bijlage I AmvB). Het totale areaal van zeegras in de Nederlandse Waddenzee (Groot + Klein Zeegras samen) is toegenomen van 13 ha in 1988 tot ruim 360 ha in 2003. Het betreft hier in 2003 totaal ca. 100 ha Klein Zeegras (*Zostera noltii*) en ca. 260 ha Groot Zeegras (*Zostera marina*), beide in hun verspreiding beperkt tot intergetijdengebieden. Deze toename is duidelijk significant, maar het gaat dan om vrij dun begroeide zeegrasvegetaties met een gemiddelde bedekking van minder dan 20%. Het geleidelijk herstel van zeegras in de Waddenzee lijkt vooralsnog voornamelijk veroorzaakt te worden door de toename in areaal van het zeegrasveld op de Hond/Paap dat de laatste jaren gemiddeld ca.70% van de totale zeegrasoppervlakte in de Nederlandse Waddenzee voor haar rekening neemt. Er lijkt vooralsnog ook geen evidente toename op te treden in de dichtheid van de zeegrasvegetatie op de diverse locaties, met uitzondering van sommige locaties van begroeiingen van Klein Zeegras langs de Groninger kust.

In het studiegebied komen verspreid kleine hoeveelheden zeegras voor, meestal niet meer dan enkele pollen. In 2003 werd onder Ameland Klein Zeegras aangetroffen voor 200 meter onder de waddijk bij de zinksloot. Groot zeegras werd twee jaar geleden waargenomen nabij de Jachthaven op Schiermonnikoog. Verder is er in 2004 nog een melding binnengekomen van Groot zeegras aan de noordwestkant van het eiland. Klein zeegras op Schiermonnikoog komt voor direct aan de dijk tussen de aanlegsteiger en de jachthaven

De afname van eutrofiëring, een geleidelijke klimaatsverandering (minder strenge winters, meer warme voorjaren) en het afsluiten van gebieden voor schelpdiervisserij hebben vermoedelijk samen bijgedragen tot het beginnend herstel van zeegrassen in de Waddenzee. Bovendien lijkt zaadverspreiding vanuit de huidige groeilocatie van Groot Zeegras op de Hond/Paap goede kansen te bieden voor een verdere uitbreiding van het zeegrasareaal naar andere geschikte locaties in het oostelijk deel van de Nederlandse Waddenzee. Gezien het feit dat deze ontwikkelingen zich ook in de toekomst zullen voortzetten (de kokkelvisserij is met ingang 2005 gestopt) is de verwachting dat het zeegras zich verder zal uitbreiden in de Waddenzee.

Bodemdieren

Huidige situatie en ecologisch belang

Het aantal soorten bodemdieren dat in de Waddenzee voorkomt is relatief laag terwijl de bestanden van die soorten over de jaren grote schommelingen vertonen. Dit hangt nauw samen met de grote variatie in abiotische parameters, die kenmerkend is voor de Waddenzee. In deze veranderlijke leefomgeving kan een relatief klein aantal soorten zich handhaven. Door de variabele leefomgeving en de beperkte onderlinge concurrentie (relatief weinig soorten), kunnen de aantallen waarin de soorten voorkomen soms (zeer) hoog oplopen.

Bodemdieren (schelpdieren en wormen) zijn een zeer belangrijke voedselbron voor vogels. In grote lijnen wordt het voorkomen van bodemdieren bepaald door de abiotische omstandigheden. Belangrijk zijn droogvalduur, dynamiek (golfwerving en stroomsnelheid) en sedimentsamenstelling. Bodemdieren zijn niet alleen afhankelijk van de sedimentsamenstelling, maar hebben daar ook invloed op. Dit geldt vooral voor soorten die:

- verantwoordelijk zijn voor vermenging van de toplaag van het wad (bioturbatie door bijvoorbeeld Wadpier);
- het sediment begrazen en de diatomeeënfilm verwijderen waardoor erosie wordt bevorderd;
- slib en algen uit het water filteren en via het uitscheiden van de afvalstoffen de directe omgeving verrijken met fijn sediment en organisch materiaal.

Indirect beïnvloeden deze soorten ook het voorkomen van andere bodemdieren. Wat dat betreft zijn de soorten die in zulke grote hoeveelheden voorkomen dat ze specifieke ecotopen vormen die weer vestigings- en overlevingsmogelijkheden geven voor andere

organismen, nog belangrijker. De meeste van deze soorten vallen binnen de soortengroep schelpdieren.

Verschillende soorten wormen kunnen in hoge dichtheden worden aangetroffen. Tot de meest talrijke soorten behoren draadwormen (een verzamelgroep dunne wormen waartoe *Heteromastus filiformis* en *Eteone longa* behoren), de Veelkleurige zeeduizendpoot (*Nereis diversicolor*), Wapenworm (*Scoloplos armiger*), Wadpier (*Arenicola marina*), Zandzager (*Nephtys hombergii*), Schelpkokerworm (*Lanice conchilega*) en de Oostzeezager (*Marenzelleria* vs *wireni*). Plaatselijk kunnen van de genoemde bodemdiersoorten hoge dichtheden bereiken, in sommige gevallen tot enkele duizenden exemplaren per m². Elke soort heeft een specifieke habitatvoorkeur: Wapenwormen en Wadpiëren verkiezen vooral zandige bodems rond de binnendelta's van de grote geulen tussen de eilanden, Nonnetje, Strandgaper en Zweefduizendpoot hebben een voorkeur voor wat slikkiger bodemtypen en zijn vooral te vinden in een strook net buiten de kwelderwerken langs de vastelandskust en in de wat meer slikkige gebieden ten zuiden van Ameland.

Schelpdieren kunnen eveneens in zeer hoge dichtheden voorkomen. De belangrijkste soorten in het studiegebied zijn Mossel, Kokkel, Amerikaanse Zwaardschede, Strandgaper en Nonnetje. De Japanse Oester is sinds enkele jaren sterk in opkomst. Zowel ruimtelijk als temporeel vertonen schelpdieren grote dynamiek. Na een goede broedval komen ze in zeer grote hoeveelheden voor. Na één zware storm of strenge vorst kunnen ze ook weer grotendeels verdwijnen. Zo werd de kokkelpopulatie door de strenge winter van 1996 met 98% gereduceerd. Ook visserij kan zijn tol eisen, en in het verleden zijn grote delen van het bestand regelmatig weggevisst. Daarentegen kunnen structuurvormende organismen zoals mosselen en oesters voor een relatieve stabiliteit zorgen omdat ze beter bestand zijn tegen stormen als de banken die ze vormen de kans krijgen zich een aantal jaren te ontwikkelen.

Dichte bestanden van schelpdieren vormen een link tussen het pelagiaal en het bentisch systeem. Ze filteren algen en fijn slib uit het water en faciliteren depositie van dat materiaal door vorming van pseudofaeces. In de wijde omgeving van schelpdierconcentraties is de bodem slikkiger en komen andere en meer bodemdieren voor. Schelpdieren hebben dus een invloed op het wad rondom hen en kleine veranderingen in slibsamenstelling die veroorzaakt worden door externe factoren vallen weg tegen de fluctuaties die veroorzaakt worden door een andere samenstelling of abundantie van de schelpdierfauna. Monitoring van variabelen in het pelagiaal (chlorofyl, algensamenstelling etc) om relaties te leggen met invloeden zoals eutrofiëring en primaire productie is van beperkte waarde als er geen goede informatie is over de hoeveelheid schelpdieren en de hoeveelheid water die ze per tijdseenheid doorpompen in relatie tot de verblijftijd van het water in het betreffende bekken.

Schelpdierconcentraties kunnen biomassa's bevatten tot 1 kg asvrij drooggewicht per m² (10 – 20 kg versgewicht per m²). Gemiddelde waarden voor de platen van de Waddenzee variëren van 30 gram tot 80 gram asvrij drooggewicht per m², en individuele soorten komen zelden boven een paar gram/m².

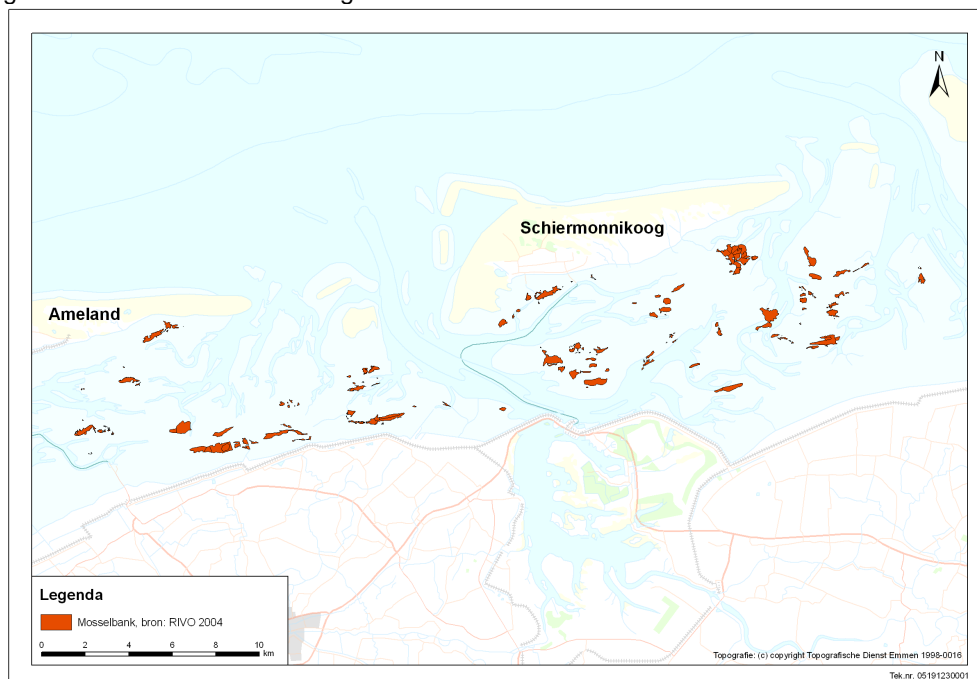
Daarmee is ook duidelijk dat schelpdieren belangrijk kunnen zijn voor het voorkomen en de dichtheid van vogels en de aantallen daarvan in een bepaald deelgebied. Ook de soort schelpdier is daarbij belangrijk. De Amerikaanse Zwaardschede komt vooral bij de laagwaterlijn voor en kan zich zeer snel ingraven. Van die soort lijken vooral juvenielen belangrijk en dan in hoofdzaak voor duikende vogels zoals de Eidereend. De Strandgaper zit diep ingegraven, en van deze soort zijn ook alleen de juvenielen belangrijk als vogelvoedsel. Het nonnetje is vooral belangrijk voor kleine vogels, Mossel en Kokkel daarentegen voor grotere vogels. Als de mossels klein zijn worden ze gegeten door Zilvermeeuwen, Kanoetstrandlopers en Eidereenden. Grotere mossels zijn vooral interessant voor de Scholekster en wellicht voor de Eidereend.

Mosselbanken vallen eerder droog dan de omgeving. Tussen de mosselen bevinden zich poeltjes met een specifieke fauna, en ook tussen en op de mosselen komen verschillende soorten specifieke fauna voor. Daarop foerageren weer een aantal vogelsoorten (o.a. Wulp, Lepelaar, Zwarte Ruiters, Groenpootruiter, diverse Plevieren). In

een studie uit 1991 is aangetoond dat 25% van de in de Waddenzee aanwezige vogels foerageerde op de mosselbanken die slechts 3-4% van het wadoppervlak bedekten.

Met de voorgaande beschouwing is duidelijk geworden dat het zeer moeilijk is om veranderingen in benthische fauna en vogels te relateren aan menselijke activiteiten als te weinig rekening wordt gehouden met de overheersende invloed van schelpdierbestanden en dan vooral mosselen en mosselbanken. Zowel door menselijke activiteiten als natuurlijke processen treden grote fluctuaties op in het voorkomen van deze banken. Daarmee beïnvloeden ze ook de rest van het ecosysteem op verschillende niveaus in de verschillende jaren.

In de loop van de jaren 80 is zwaar gevestigd op mosselbanken in het studiegebied. Dit resulteerde in het nagenoeg afwezig zijn van mosselbanken begin jaren 90. Sindsdien is herstel opgetreden. Door RIVO worden vanaf 1994 jaarlijks de mosselbanken in kaart gebracht. Een samenvattende rapportage over de periode van 1994-2002 laat zien dat er na het stoppen van mosselzaadvisserij op de droogvallende banken sprake is van herstel. Voor het studiegebied zijn de ingemeten mosselbanken in het voorjaar van 2004 weergegeven in **figuur 3.20**. Uit de beschikbare informatie blijkt dat het studiegebied zeer geschikt is voor de ontwikkeling van mosselbanken.



Figuur 3.20 Ligging van herstellende mosselbanken in het onderzoeksgebied in voorjaar 2004.

Autonome ontwikkeling

Ten aanzien van de autonome ontwikkeling is het waarschijnlijk dat de mosselbanken zullen toenemen als gevolg van het stoppen van kokkelvisserij. Daarnaast is het aannemelijk dat mosselbanken zich nog niet geheel hersteld hebben van het volledig verdwijnen in de vroege jaren 90, en dat de ontwikkeling qua verspreiding/oppervlak zich nog in een groeifase bevindt. Met het toenemen van mosselbanken is ook een stabielere voedselvoorziening van wadvogels gegarandeerd. Omdat rond mosselbanken door het bezinken van pseudofaeces een rijkere bodemfauna aanwezig is (waarschijnlijk geldt hetzelfde rond kokkelbanken) zal de toegenomen hoeveelheid mosselbanken resulteren in een toename van foerageermogelijkheden voor wadvogels. Of bovenstaande ontwikkeling ook daadwerkelijk op zal treden is niet geheel zeker vanwege onduidelijkheid omtrent het toekomstige schelpdiervisserijbeleid. De brief van de Minister aan de Kamer geeft aan dat er een mogelijkheid is dat in de toekomst droogvallende mosselbanken beheerst bevestigd worden, en dat mosselbanken die geacht worden onstabiel te zijn geheel weggevestigd kunnen worden.

Een andere onzekerheid ten aanzien van de ontwikkeling van habitats door schelpieren vormt de Japanse Oester. Deze soort breidt zich explosief uit. Op sommige plekken

ontwikkelen ze zich tot riffen op een ondergrond van zand en schelplagen, op andere plekken nemen ze mosselbanken over. In hoeverre ze door directe voedselconcurrentie, wegfilteren van larven of fysieke verdringing mossel- en kokkelbanken zullen beconcurreren is niet te voorspellen. Indien de Japanse Oester mossel- en kokkelbanken verdringt, bestaat er een grote kans dat er voor de wadvogels minder voedsel beschikbaar komt, omdat de oester geen geschikte prooi vormt.

Een andere exoot die zich sterk uitbreidt is de Amerikaanse Zwaardschede (*Ensis* sp.). Ook daardoor kan op gegeven moment sprake zijn van voedselconcurrentie met mossel- en/of kokkelbanken. Hierbij speelt tevens mee dat de beschikbare hoeveelheid algen kan afnemen door de beleidsgestuurde vermindering van eutrofiëring. In hoeverre voedsel limiterend is voor ontwikkeling van schelpdierpopulaties, of dat factoren zoals broedval, predatie, stormen en sedimentstabiliteit de echte key-factoren zijn, is niet bekend. Het is daarom onmogelijk voorspellingen te doen over de ontwikkeling van schelpdierbestanden en het effect dat ze hebben op de morfologie van het wad.

Zoals hierboven is aangegeven is het aannemelijk dat bestanden van bodemdieren toenemen als mossel- en kokkelbanken toenemen. Dit geldt vooral voor depositfeeders die profiteren van pseudofaeces van schelpdieren. Over de effecten van eutrofiëringbestrijding kan geen uitspraak worden gedaan omdat zoals hierboven al is aangegeven niet bekend is in hoeverre voedsel limiterend is. Het is onmogelijk om voorspellingen te doen over de autonome ontwikkeling wat betreft dit aspect.

Vogels

Tabel 3.2 geeft voor de Vogelrichtlijnsoorten de aantallen en trends weer.

Tabel 3.2 Trends van vogelaantallen in het studiegebied. Afkortingen: Corr, Correlatie tussen studiegebied en rest van de Waddenzee; Trend, is de trend positief of negatief; p, waarschijnlijkheidswaarde van de regressie; ns, niet significant ($p > 0.05$).

Soort	Corr	Trend	p	Aantallen
Vogels volgens het toetsingskader Vogelrichtlijngebieden Waddenzee				
Aalscholver	0.96	+	<0.0001	81
Bergeend	0.70	-	ns	9289
Bontbekplevier	0.78	+	ns	315
Bonte Strandloper	0.61	+	ns	40117
Brilduiker	0.69	-	0.0200	0
Groenpootruiter	0.84	+	ns	678
Kanoet	0.69	+	0.0003	5350
Kluut	0.77	-	ns	1512
Kokmeeuw	0.90	+	0.0040	15219
Middelste Zaagbek	0.96	-	ns	27
Nonnetje	0.36	+	0.0490	1
Rosse Grutto	0.47	+	ns	7122
Scholekster	0.91	-	0.0123	65822
Stormmeeuw	0.80	+	0.0001	7413
Topper	-0.01	+	ns	
Tureluur	0.75	-	0.0400	4634
Wulp	0.92	+	0.0001	24853
Zilvermeeuw	0.90	-	ns	10214
Zilverplevier	0.89	+	0.0001	5844
Zwarte Ruiter	0.71	+	0.0002	248
Extra soorten n.a.v. 1% norm				
Drieteenstrandloper	0.70	+	ns	355
Goudplevier	0.69	+	0.0060	2733
Grote Mantelmeeuw	0.42	+	0.0200	256
Grutto	0.58	+	ns	57
Krakeend	0.75	+	0.0400	
Pijlstaart	0.70	-	ns	1521

Soort	Corr	Trend	p	Aantallen
Slobeend	0.80	+	0.0040	60
Smient	0.77	+	ns	6676
Steenloper	0.79	-	ns	622
Strandplevier	0.91	-	<0.0001	7
Wilde Eend	0.82	+	0.0200	7332
Wintertaling	0.82	-		458

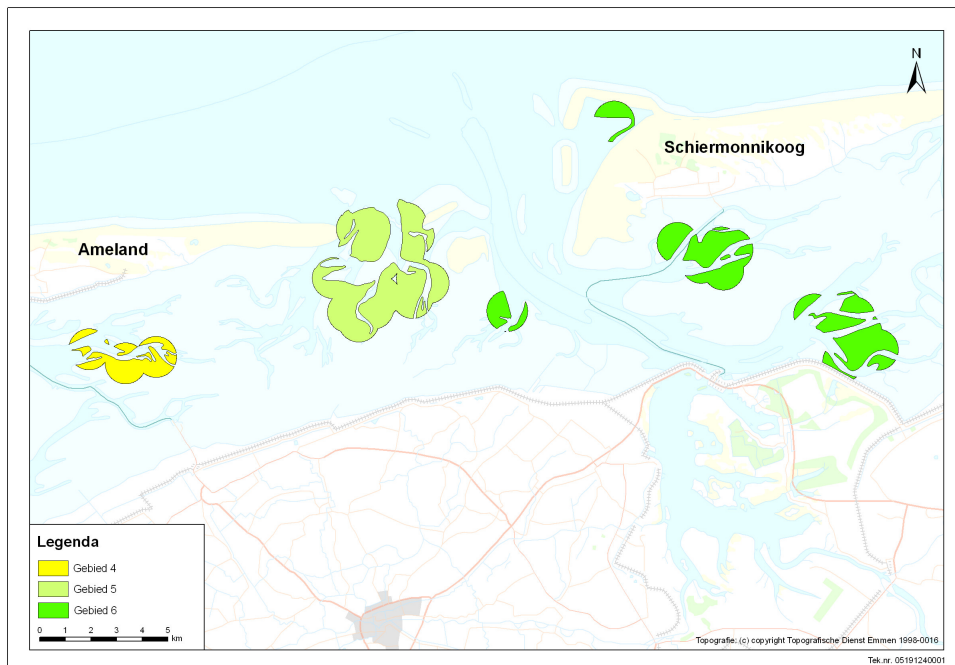
Op basis van de aantalsontwikkelingen is voor de Vogelrichtlijnsoorten wel een trend aan te geven (**tabel 3.2**), maar de ontwikkeling in de komende jaren/decennia van de vogeldichtheden in het studiegebied laat zich moeilijk voorspellen. Dit hangt samen met de grote variatie in abiotische variabelen én voedsel in de vorm van bodemdieren. De geconstateerde af- en toenames in een aantal soorten hebben geen eenduidige verklaring hoewel veranderingen in de beschikbaarheid en verspreiding van prooidieren een rol lijkt te spelen, al dan niet veroorzaakt door de schelpdiervisserij. Een deel van de wadvogels is afhankelijk van schelpdieren en aangezien de kokkelvisserij in 2005 gestopt is, is het mogelijk dat de vogels die kokkels eten hiervan kunnen profiteren als de kokkeldichtheden in de Waddenzee toenemen.

De mogelijke effecten van klimaatverandering zijn vooralsnog eveneens moeilijk te voorspellen. Verdere opwarming van de aarde zal op termijn leiden tot een verkleining van de hoogarctische, schaars begroeide broedgebieden van verschillende wadvogelsoorten (o.a. Rotgans, Bontbekplevier, Steenloper, Kanoet, Zilverplevier, Krombekstrandloper) wat mogelijk leidt tot een vermindering van de populatiegroottes van deze soorten. Klimaatveranderingen kunnen ook effect hebben op de beschikbaarheid van voedsel in deze gebieden en op de populatieontwikkelingen van plaatselijk aanwezige predatoren (o.a. Poolvossen). Het complex van de mogelijk optredende veranderingen en het uiteindelijk effect hiervan op de populatiedynamica van de ter plaatse aanwezige steltlopers zijn vooralsnog niet goed in te schatten. Of andere soorten, in aangrenzende gebieden, kunnen profiteren van een areaaluitbreiding van hun broedgebied is evenzeer nog maar de vraag.

Ook is niet duidelijk welke effecten veranderingen in de Waddenzee zullen hebben op het voorkomen van voor het gebied belangrijke soorten. Hogere temperaturen van de Noordzee- en Waddenzeewater blijken grote effecten te hebben op de overleving van larven van o.a. het Nonnetje. Ook de toename van de garnaal (een belangrijke predator van larven van schelpdieren) wordt met warmer zeewater in verband gebracht. Dergelijke ontwikkelingen kunnen grote, maar nog moeilijk te voorspellen effecten op het Waddenzee-ecosysteem hebben.

Zeehonden

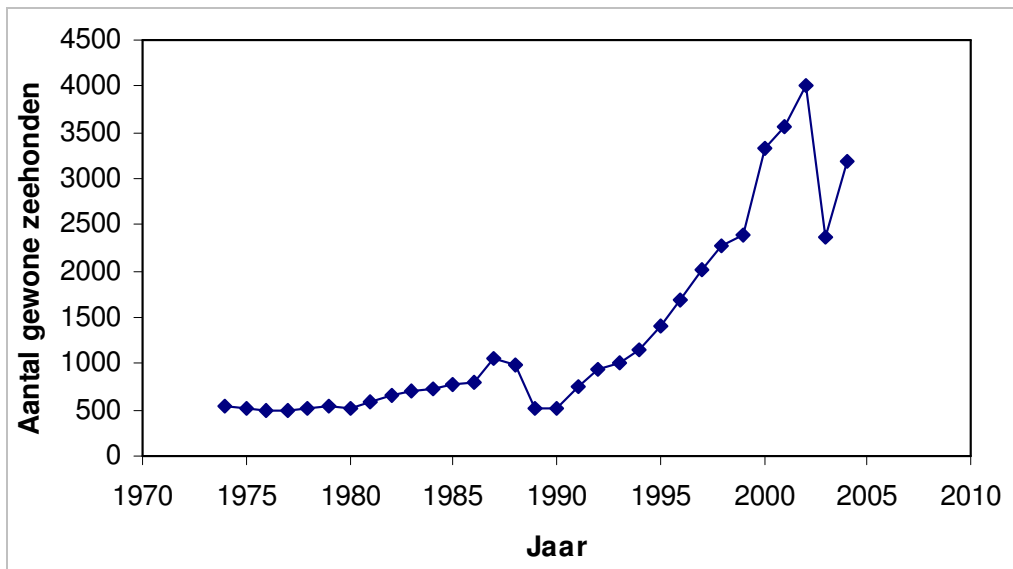
De ontwikkelingen van de populaties Gewone zeehonden (*Phoca vitulina*) en Grijsze zeehonden (*Halichoerus grypus*) worden gevolgd door jaarlijkse tellingen uit te voeren vanuit de lucht van het aantal zeehonden dat bij laagwater op de zandbanken komt. Op die manier worden naast de aantallen dieren ook het aantal jongen geteld en worden de locaties van de ligplaatsen vastgelegd (figuur 3.21). Daarmee zijn trendanalyses uit te voeren en kan worden aangegeven of er verschuivingen in de verspreiding van de populatie optreden.



Figuur 3.21 Waargenomen ligplaatsen van gewone zeehonden gedurende de periode 1989-2004. Gebruikte gegevens voor het aandachtsgebied zijn gebaseerd op deze gebieden.

Historische ontwikkeling en huidige situatie

De aantalsontwikkelingen en voorkomen van Gewone zeehonden in het studiegebied wordt weergegeven in de context van de ontwikkelingen en verspreiding van zeehonden in de rest van het Nederlandse waddengebied. Vanaf 1974 worden regelmatig een aantal tellingen per jaar uitgevoerd, zowel in de werperperiode als tijdens de verharingsperiode. De tellingen uit de eerste periode (juni, begin juli) leveren informatie over de jongenproductie, de tellingen in de verharingsperiode (augustus) leveren de hoogste totaalaantallen. Die laatste informatie wordt gebruikt om ontwikkelingen in de jaren te analyseren. Figuur 3.22 geeft de ontwikkeling van het aantal getelde Gewone zeehonden in de Nederlandse Waddenzee weer voor de periode 1974-2004. In deze periode is twee keer een virusepidemie uitgebroken, in 1988 en in 2002. In 1988 is bijna 60% van de gehele toenmalige populatie gestorven, in 2002 ongeveer 50%. De zeehondenpopulatie heeft zich na 1988 enorm snel hersteld met een jaarlijkse gemiddelde groei van bijna 18 %. Ook na 2002 lijkt het herstel weer voorspoedig te zijn.



Figuur 3.22 Geschat aantal gewone zeehonden in het Nederlandse deel van de Waddenzee.

Grijze zeehonden waren in het verleden ook aanwezig in de Waddenzee maar zijn waarschijnlijk in het eind van de 16e eeuw uitgestorven vanwege de jacht die op deze soort in het waddengebied werd gemaakt. Sinds 1980 is de Grijze zeehond langzaam maar zeker teruggekeerd in de Nederlandse Waddenzee, waarschijnlijk als gevolg van immigratie vanuit de dichtstbijzijnde kolonies op de Farne Islands. Sinds 1985 worden er op de Richel, een hoge zandplaat tussen Vlieland en Terschelling, ook jongen geboren. Anno 2003 zijn er weer minimaal 1050 grijze zeehonden aanwezig, verspreid over verschillende ligplaatsen in het westelijk deel van de Waddenzee. De Grijze zeehond wordt incidenteel waargenomen in het studiegebied, maar heeft er geen vaste ligplaatsen.

De bijdrage van de aantallen zeehonden en de geboortes in het studiegebied aan de totale Nederlandse populatie is berekend voor drie tijdstippen: midden zeventiger jaren, het jaar voor de eerste epidemie en het jaar voor de tweede epidemie. De resultaten staan in **tabel 3.3**

Tabel 3.3 Aantallen zeehonden in Waddenzee en studiegebied.

Jaar/ Periode	Waddenzee totaal aantal	Waddenzee aantal pups	Studiegebied % dieren van totaal	Studiegebied % pups van alle pups
1975-1977	476	59	13	6
1987	1041	154	14	6
2001	3565	769	17	20

Afgezien van de sterke groei in de periode tussen 1975 en 2001, kan worden geconcludeerd dat het studiegebied thans een hogere relatieve bijdrage aan de totaalpopulatie levert na de eerste virusuitbraak in 1988. Dat geldt voor zowel het totale aantal dieren als voor de pups. Dit beeld past in de ontwikkelingen als we de gehele Nederlandse Waddenzee beschouwen. In het algemeen werden voor 1988 de meeste dieren aangetroffen in het oostelijk deel van de Waddenzee (met het wantij van Schiermonnikoog als grens), en ook het merendeel van de jongen werd daar geboren. Nadien zijn de aantallen zeehonden en ook het aantal geboortes vooral in de westelijke Waddenzee het sterkste toegenomen. Kortom, het studiegebied heeft een belangrijke functie voor de instandhouding van de populatie Gewone zeehonden in de Nederlandse Waddenzee.

Autonome ontwikkeling

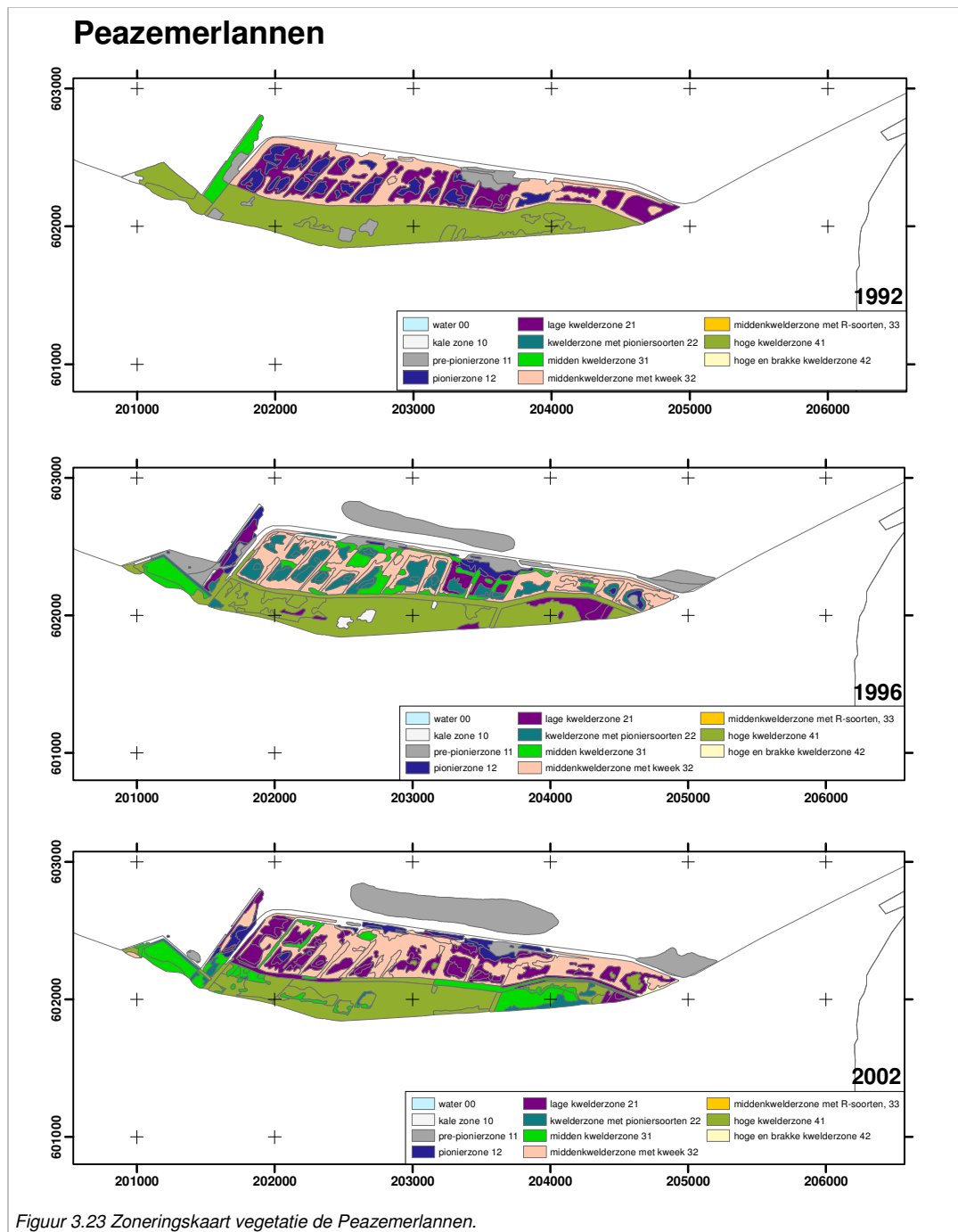
Gezien de huidige ontwikkeling van de zeehondenpopulaties (zowel Gewone als Grijze zeehonden) is het aannemelijk dat de exponentiële groei nog enige tijd continueert. De aantallen Gewone zeehonden zullen toenemen tot een verwacht maximum van zo'n 15.000 dieren hoewel de nauwkeurigheid van deze verwachting gering is. Dit zou in ieder geval betekenen dat het belang van de droogvallende platen in de Waddenzee groter zal worden. Een plafond voor Grijze zeehonden is niet aan te geven.

1.3.4 Kwelders

Vegetatieontwikkeling

Door Rijkswaterstaat AGI (voorheen Meetkundige Dienst) zijn in 1992, 1996 en 2002 vegetatiekarteringen verricht van de Friese en Groninger vastelandkust. Op basis daarvan heeft Alterra voor de kwelders bij 't Schoor en Wierum en voor de Peazemerlannen zogenoemde zoneringskaarten gemaakt die laten zien hoe de vegetatie zich in de periode 1992-2002 heeft ontwikkeld. Specifiek voor de Peazemerlannen zijn ook aanvullende gegevens beschikbaar via de vegetatie-opnamen die sinds 1996 gemaakt zijn in kwadraten van 2x2 meter rond de dertig SEB-meetpunten in het gebied.

Op de zoneringskaarten van 1992, 1996 en 2002 van de Peazemerlannen (**figuur 3.23**) is direct een ruimtelijke structuur van oeverwallen en kommen zichtbaar. Als gevolg van het ontbreken van beweiding vindt er een snelle autonome successie naar een climax-vegetatie plaats. Strandkweek op de oeverwallen dringt steeds verder de kommen binnen, een proces dat 'veroudering' wordt genoemd en dat gepaard gaat met een afname van de biodiversiteit. De pionierzone in de kommen maakt plaats voor de vegetatie van de lage kwelder. De ijl begroeide pioniervegetatie achter de doorbraak in de zomerpolder maakt plaats voor de dichter begroeide pionierzone en lage kwelder.



Figuur 3.23 Zoneringskaart vegetatie de Peazemerlannen.

De vegetatie-opnamen bij de SEB-meetpunten geven hetzelfde beeld te zien. In de afgelopen tien jaar heeft zich bij een groot aantal meetpunten een snelle successie voorgedaan van Gewoon Kweldergras naar Strandkweek. Alleen in de lager gelegen en/of nattere gebiedjes weet Kweldergras zich nog wel te handhaven, in het westelijke deel mogelijk ook geholpen door de onbedoelde beweiding door schapen.

De kleinere kwelders ('t Schoor en Wierum) vertonen meer variatie in de tijd (vooral in de pre-pionierzone) dan de Peazemerlannen: ze lijken minder stabiel te zijn. Los daarvan is het ontwikkelingspatroon overeenkomstig.

Voor de kwelders bij 't Schoor, Wierum en de Peazemerlannen samen, geldt daarmee dat ze over de periode 1992-2002 een natuurlijke ontwikkeling vertonen waarbij vegetatie die kenmerkend is voor de pionierzone plaatsmaakt voor soorten van de lage kwelder.

Hogerop de kwelder vindt er een autonome successie naar een climax-vegetatie gedomineerd door Strandkweek plaats, mede versneld indien beweiding ontbreekt.

Broedvogels

Van de Vogelrichtlijnsoorten die zijn opgesomd in **tabel 3.1** zijn er een aantal die het studiegebied (met name de kwelders) als broedgebied gebruiken. Uitgebreide informatie over broedvogels in het studiegebied is te vinden in **paragraaf 3.1.3** van het Alterrapport. Tabel 3.4 bevat de cijfermatige gegevens over de periode 1998-2004 en geeft ook per soort de trend weer.

Tabel 3.4 Aantal broedparen in het studiegebied geteld in het Broedvogel Monitoringproject (BMP) en gesorteerd op totaal aantal. 2001 is niet representatief omdat er door de MKZ-crisis niet geteld kon worden. Bovenschrift Rode lijst soorten: e, ernstig bedreigd; b, bedreigd; k, kwetsbaar; g, gevoelig. Trend geeft aan of een soort significant toeneemt (+), afneemt (-), niet veranderd is (0) of indien niet ingevuld, er niet genoeg gegevens waren.

SOORT	Trend	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<i>Vogels volgens het toetsingskader Vogelrichtlijngebieden Waddenzee</i>								
Kokmeeuw	-	1386	1614	962	9	109	86	13
Scholekster	-	505	499	490	410	413	383	268
Tureluur ^g	-	174	213	219	147	182	143	109
Kluut	-	162	317	186	36	217	114	68
Noordse Stern	-	225	120	17	3	7	15	17
Visdief ^k	-	64	47	49	4	8	11	4
Bergeend	0	18	14	33	18	24	30	14
Bontbekplevier ^k	-	19	17	9	9	10	8	6
Eidereend	0	2	13	4		3	4	2
Brandgans					1		3	
Wulp		2						
Stormmeeuw		1						
Zilvermeeuw		1						

De geconstateerde aantalsveranderingen in de broedvogels (**tabel 3.4**) kunnen als indicatief beschouwd worden voor de opgetreden veranderingen in het studiegebied. Alleen soorten als Kievit, Grutto, Bergeend en Meerkoet vertonen geen duidelijke trend. Andere soorten gaan in aantal achteruit. Dit geldt zowel voor koloniebroeders (Kokmeeuw, Kluut, Noordse Stern, Visdief) als voor solitaire broedende soorten (Scholekster, Tureluur, Graspieper, Wilde Eend, Gele Kwikstaart, Kuifeend, Veldleeuwerik, Krakeend, Slobeend, Bontbekplevier, Witte Kwikstaart en nog een reeks soorten die in kleine aantallen op de kwelders broeden).

Er zijn geen aanwijzingen dat bodemdaling bij de geconstateerde achteruitgang een rol heeft gespeeld. In verschillende andere delen van de vastelandskust van de Waddenzee, buiten het aandachtsgebied, worden vergelijkbare trends waargenomen. In de broedgebieden van alle genoemde soorten zijn bovendien geen duidelijke veranderingen in de maaiveldhoogte geconstateerd. Mogelijk speelt de toename van predatoren, waaronder de Vos, een rol in de geconstateerde negatieve ontwikkeling. Overigens treedt, door het ontbreken van voldoende begrazing, op de hogere delen van de kwelders een toenemende verruiging op door uitbreiding van Strandkweek. Een dergelijke verruiging kan tot gevolg hebben dat minder geschikt broedgebied beschikbaar is voor soorten die een voorkeur hebben voor een gevarieerde vegetatie.

Uitgaande van de voorspelde bodemdaling als gevolg van de nieuwe winningen is de verwachting dat er geen negatieve effecten op de broedende vogels in de kwelders zullen optreden. Het is zelfs mogelijk dat het tegengaan van de verdere verruiging van de vegetatie gunstige gevolgen zal hebben voor de broedvogels.

1.3.5 Resumé biotische autonome ontwikkeling Zeegras

- De verspreid in het studiegebied voorkomende zeegraslocaties vertonen evenals elders in de Waddenzee een beginnend herstel, waarschijnlijk als gevolg van de afname in eutrofiëring, de geleidelijke klimaatverandering en het afsluiten van gebieden voor de kokkelvisserij.
- Zaadverspreiding vanuit de huidige groeilocatie van Groot Zeegras op de HondPaap biedt goede kansen voor een verdere uitbreiding van het zeegrasareaal naar andere geschikte locaties in het oostelijk deel van de Nederlandse Waddenzee.

Bodemdieren

- Door beëindiging van de kokkelvisserij en het herstel van de bevissing in de vroege jaren 90 zullen mossel- en kokkelbanken stabiliseren of verder toenemen.
- Toename van het areaal mossel- en kokkelbanken zal ook de bestanden van andere bodemdieren (wormen en depositfeeders) ten goede komen.
- De ontwikkelingen rond exoten als de Japanse Oester en de Amerikaanse Zwaardschede zijn onduidelijk, maar de soorten kunnen de ontwikkeling van habitats gevormd door schelpdieren en de vestiging van bodemdieren via fysieke concurrentie of predatie van larven, beïnvloeden.
- Het is niet mogelijk om voorspellingen te doen over de autonome ontwikkeling van schelpdierbestanden, omdat onduidelijk is of en in hoeverre de ontwikkeling ervan wordt gelimiteerd door voedsel, broedval, predatie, stormen en sedimentstabiliteit.

Vogels

- De autonome ontwikkeling van vogeldichtheden in het studiegebied is moeilijk te voorspellen. Het complex van de mogelijk optredende veranderingen en het uiteindelijk effect hiervan op de populatiedynamica van de ter plaatse aanwezige steltlopers zijn vooralsnog niet goed in te schatten.
- Veranderingen in de beschikbaarheid en verspreiding van prooidieren al dan niet veroorzaakt door de schelpdiervisserij spelen een belangrijke rol in de geconstateerde af- en toenames van een aantal soorten maar vormen geen eenduidige verklaring.
- Niet duidelijk is welke effecten veranderingen in de Waddenzee als hogere watertemperatuur zullen hebben op het voorkomen van voor het gebied belangrijke vogelsoorten en prooidieren van vogels als het nonnetje en de garnaal.
- Aangezien de kokkelvisserij in 2005 gestopt is en een deel van de wadvogels afhankelijk is van schelpdieren, is het mogelijk dat de vogels die kokkels in hun dieet hebben hiervan profiteren.
- Opwarming van de aarde zal op termijn leiden tot een verkleining van de hoogarctische, schaars begroeide broedgebieden van verschillende wadvogelsoorten (o.a. Rotgans, Bontbekplevier, Steenloper, Kanoet, Zilverplevier, Krombekstrandloper) wat mogelijk leidt tot een vermindering van de populatiegroottes van deze soorten.
- Voor de broedvogels geldt dat bijna alle soorten in het studiegebied, met uitzondering van de Bergeend, een neerwaartse trend tonen. De oorzaken voor de geobserveerde dalingen zijn onduidelijk.

Zeehonden

- Het studiegebied levert een hogere relatieve bijdrage aan de totaalpopulatie van de Gewone zeehond sinds de eerste virusuitbraak in 1988.
- Het studiegebied heeft een belangrijke functie voor de instandhouding van de populatie Gewone zeehonden in de Nederlandse Waddenzee.
- De exponentiële groei van de zeehondenpopulaties (zowel Gewone zeehond als Grijze zeehond) zal naar verwachting nog enige tijd continueren.
- Voor Gewone zeehonden wordt een plafond verwacht rond de 15000 dieren met als gevolg dat het benodigde oppervlak aan droogvallende platen in de Waddenzee groter zal worden.
- De Grijze zeehond wordt incidenteel waargenomen in het studiegebied, maar heeft er geen vaste ligplaatsen. Een plafond voor Grijze zeehonden is niet aan te geven.

Vegetatieontwikkeling kwelders

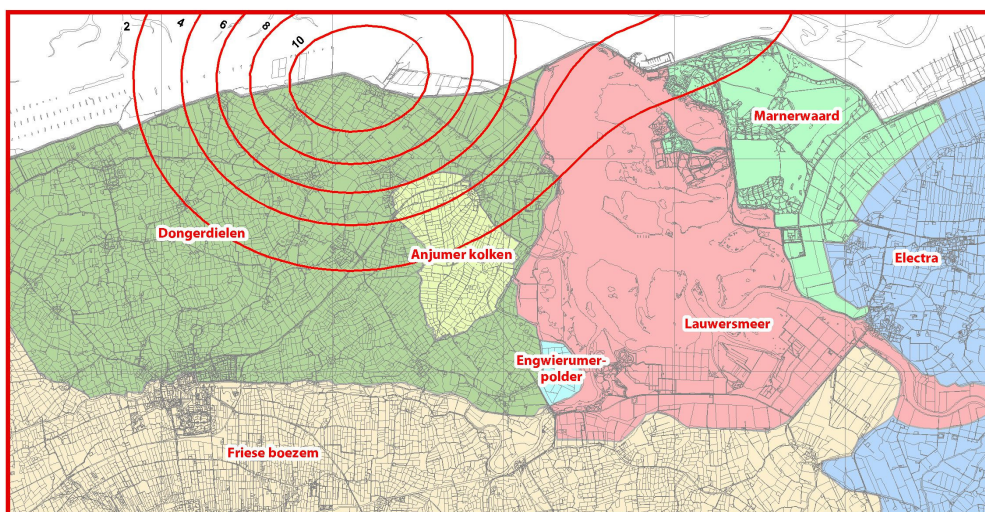
- De vegetatie van de kwelders bij 't Schoor, Wierum en de Peazemerlannen vertoont over de periode 1992-2002 een natuurlijke ontwikkeling waarbij vegetatie die kenmerkend is voor de pionierzone van de kommen plaats maakt voor soorten van de lage kwelder.
- Hogerop de kwelder vindt er een autonome successie naar een climax-vegetatie gedomineerd door Strandkweek plaats, mede versneld indien beweiding ontbreekt.
- De kleinere kwelders ('t Schoor en Wierum) vertonen meer variatie in de tijd (vooral in de pre-pionierzone) dan de grotere (Peazemerlannen). Ze lijken minder stabiel te zijn.

2 Nulsituatie Lauwersmeer

2.1 Inleiding

2.1.1 Het studiegebied

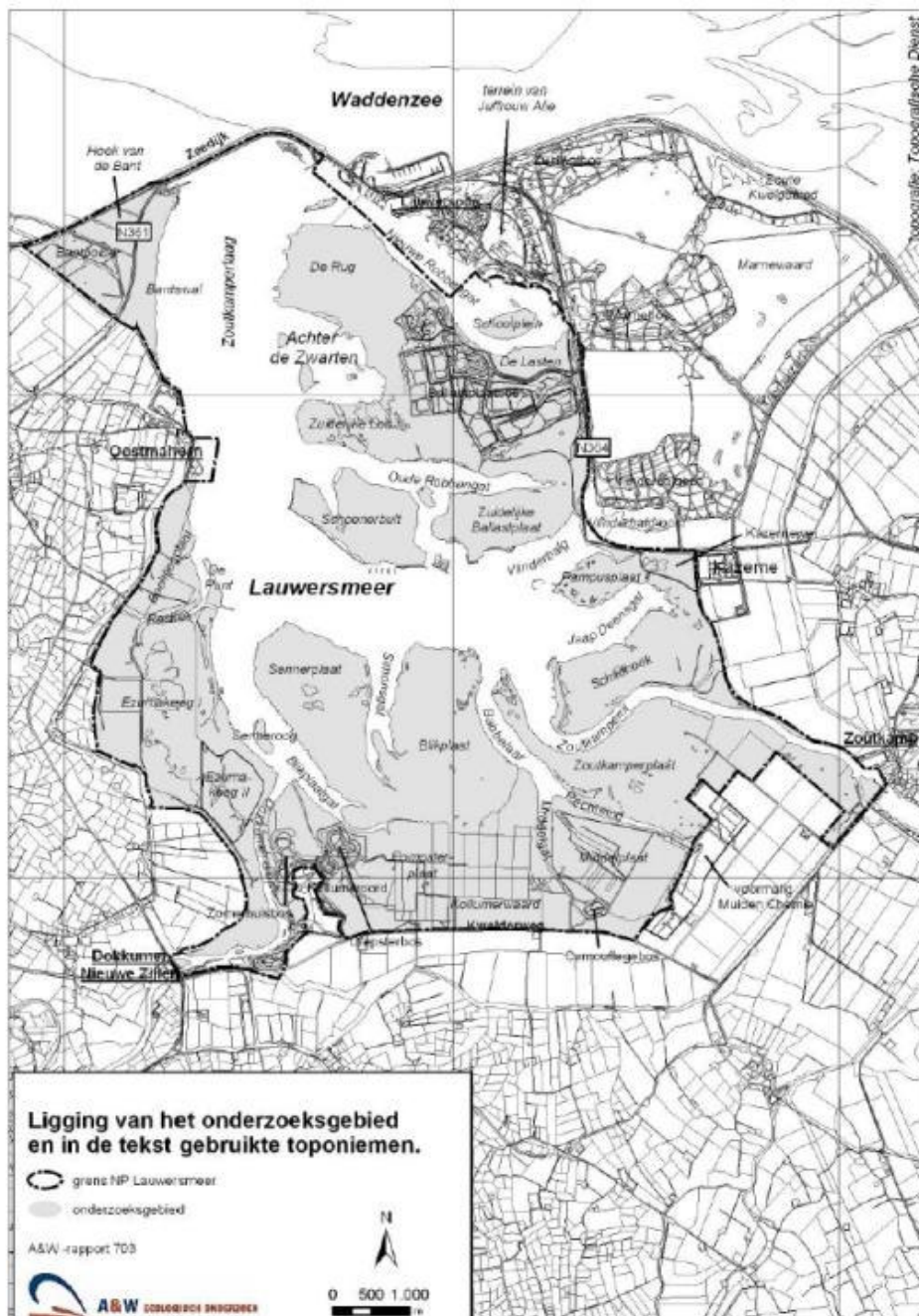
Bodemdaling door gaswinning heeft op het binnendijkse gebied in eerste instantie een effect op de waterhuishouding, terwijl het waterbeheer de sturende factor is in de (natuurlijke) ontwikkeling van het gebied. Ten aanzien van het studiegebied Lauwersmeer³ is de relatie met de aangrenzende waterbeheergebieden van belang, het betreft de volgende beheergebieden (figuur 4.2): het Lauwersmeer, de Engwierumpolder, de polder Dongerdielen (waaronder Anjumer Kolken), Friese Boezem, boezemsysteem Elektra (Electraboezem Groningen) en de Marnewaard (waaronder de Westpolder). Onder normale omstandigheden vormen het Lauwersmeer, de Friese boezem en de Electraboezem één samenhangend systeem. De watersystemen van de Engwierumpolder en de polder Dongerdielen (waaronder de Anjumer Kolken) evenals de Marnewaard (inclusief de Westpolder) hebben geen open verbinding met het Lauwersmeer en daarmee een min of meer eigen waterbeheer.



Figuur 4.2 Bodemdalingsprognose en betrokken waterbeheergebieden.

Veranderingen in de waterhuishouding zijn van invloed zijn op de levende natuur en daarbij speelt ook de begrenzing van de voor natuur relevante beheergebieden een rol. Het gaat dan om het Nationaal Park Lauwersmeer, het Militair Oefenterrein Marnewaard en kleinere natuurterreinen in de omgeving van Lauwersoog. De begrenzing van de Speciale Beschermingszone, Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en (staats)Natuurmonument vallen binnen deze grenzen (zie figuur 4.3). Door de bureaus die de studies hebben uitgevoerd voor het MER, is van het Nationaal Park Lauwersmeer de bestaande situatie beschreven (Grontmij en A&W rapport).

³ Lauwersmeer omvat mede de 'polders' Hoek van de Bant, Ezumakeeg, Eskespolder, Catspolder, Kollumerwaard, Anjumer- en Lioesserpolder en het bemalingsgebied van gemaal Nieuw Robbengat.



Figuur 4.3 Het Nationaal Park Lauwersmeer: het onderzoeksgebied voor de effecten op de levende natuur.

2.1.2 Bestaande situatie

Zoals al is aangegeven vormen het Lauwersmeer, de Friese boezem en de Elektraboezem een samenhangend systeem, wat inhoudt dat zowel Groningen als Fryslân het water onder vrij verval kunnen afvoeren naar het Lauwersmeer.

De hoofdafwateringsrichting van het Friese deel van het studiegebied is naar het oosten gericht. Daar stroomt het water het Lauwersmeer in. In hoofdlijnen gebeurt dit op drie plaatsen namelijk bij het gemaal Dongerdielen bij Dokkumer Nieuwe Zijlen en bij de Friese Sluis (aan de westzijde van het Lauwersmeer). De hoofdafwateringsrichting van het Groningse deel van het studiegebied is naar het westen gericht. Zowel de Elektraboezem als de Marnewaard (inclusief de Westpolder) voeren het water af naar de oostzijde van het Lauwersmeer.

Het waterbezwaar (het 'overtollige' water dat moet worden afgevoerd) van de Friese en Groninger boezem wordt via het Lauwersmeer en de Lauwerssluizen bij Lauwersoog

geloosd in de Waddenzee rond gemiddeld laagwater (-1,29 m NAP). Ongeveer 70 dagen per jaar kan er door hoge waterstanden op de Waddenzee niet of onvoldoende worden gespuid. Het Lauwersmeer fungeert dan als een bergboezem. De maximaal toelaatbare waterstand op het Lauwersmeer is NAP 0,00 m.

Door verschillen tussen het oppervlaktewaterpeil in het Lauwersmeer, het omliggende gebied en de Waddenzee ontstaat een grondwaterstroming van of naar het Lauwersmeer. De streefpeilen in de polders rond het Lauwersmeer variëren van -2,65 m tot -1,30 m NAP en liggen beneden het streefpeil van het meer zodat er meestal sprake is van een zoete kwelstroom naar de omliggende gebieden.

Binnen het Lauwersmeer zelf is met name de huidige inundatiefrequentie van de oevers van belang omdat dit de sleutel is naar de effecten op de levende natuur. De ecologische betekenis van het Lauwersmeer is (vanuit beleid) vooral verbonden met een open landschap van grootschalig open water, slikken graslanden en moerassen. Bos en struwelen komen alleen op de allerhoogste platen en in de periferie voor. Het gebied is ook van grote waarde voor broedvogels van drassige graslanden en moerassen en als rust- en foerageergebied voor overwinterende trek- en watervogels (eenden ganzen zwanen steltlopers, watergebonden roofvogels).

2.1.3 Onzekerheden in de autonome ontwikkeling

Onzekere ontwikkeling

Een lastig punt rond de autonome ontwikkeling is dat er zowel ten aanzien van het waterbeheer (abiotiek) als het beheer van de natuur (biotiek) nog geen definitieve besluiten zijn genomen. Veel keuzen staan nog open en daardoor is het in feite niet mogelijk de autonome ontwikkeling in te vullen. Bovendien is het van belang te realiseren dat sinds de afsluiting van het Lauwersmeer in 1969 het gebied een ontwikkeling naar een nieuw ecosysteem doormaakt die nog steeds gaande is en sterk onder invloed staat van het gevoerde beheer.

Aanpassingen in het waterbeheer van het Lauwersmeer zijn hoe dan ook nodig om de natuurontwikkeling in het Nationaal Park Lauwersmeer te stimuleren en rekening te houden met de gevolgen van klimaatveranderingen (zeespiegelstijging, verhoogde neerslagafvoeren). In 2001 hebben de provincies Groningen en Friesland en de Waterschappen Noorderzijlvest en Friesland besloten een beleidsdocument op te stellen waarin de waterbeleidskeuzes voor de toekomst worden vastgelegd: de Watervisie Lauwersmeer (2030, met doorkijk naar 2100). Hierover is, eind 2006, nog geen besluit genomen. De mate waarin voldaan kan worden aan de natuurambitie van het Nationaal Park, de wensen van recreatie, landbouw en andere gebruikers van het gebied, hangt af van de keuzes die worden gemaakt ten aanzien van de Watervisie Lauwersmeer. Daarin zijn meerdere scenario's verkend voor de waterhuishouding, variërend van meer peildynamiek tot het vergroten van de invloed van zoutwater (**zie paragraaf 1.2.4**).

Bodemdaling en zeespiegelstijging

Net als bij de Waddenzee spelen autonome bodemdaling en zeespiegelstijging een rol in de effecten van bodemdaling door gaswinning en in de autonome ontwikkeling van het binnendijkse gebied. Overigens is de rol van zeespiegelstijging ten aanzien van het functioneren van het binnendijkse systeem kleiner dan in de Waddenzee omdat het primair de lozingsmogelijkheden van de spuisluisen bij Lauwersoog en de verzilting beïnvloedt. In het Lauwersmeergebied is de waterhuishouding nu zo ingericht dat onder normale omstandigheden het waterbezwaar van de betrokken provincies via vrije afstroming kan worden afgevoerd naar het Lauwersmeer en de Waddenzee; er hoeven dus geen pompen/gemalen te worden ingezet. Door zeespiegelstijging gaat in de toekomst echter de mogelijkheid om het waterbezwaar via vrije afstroming in de Waddenzee te lozen verloren. Op den duur is de aanleg van een nieuwe infrastructuur in de vorm van gemalen verhoogde of nieuwe kades en sluisen dan ook noodzakelijk.

In de nulsituatie van de Waddenzee is ook al ingegaan op de zeespiegelstijging en de onzekerheden daarin. Duidelijk is dat naarmate er meer in de toekomst wordt gekeken de onzekerheden van de voorspellingen toenemen. In de meeste Lauwersmeerstudies (**zie paragraaf 1.1.4**) is uitgegaan van het zogenaamde middenscenario voor zeespiegelstijging (0,30 meter in de komende 50 jaar ofwel gemiddeld 6 mm/jaar). Zoals

bij de Waddenzee is aangegeven geeft dit op de korte termijn een overschatting van de problematiek. Voor het Lauwersmeer betekent dit dat maatregelen in het kader van het aanpassen van de waterhuishouding mogelijk later nodig zijn dan aangegeven.

Resumé

- Het waterbeheer is de sturende factor in de ecologische ontwikkeling van het Lauwersmeer en in de effecten van bodemdaling door gaswinning.
- De autonome ontwikkeling van het gebied kan niet eenduidig worden ingevuld omdat nog geen definitieve beslissingen zijn genomen over het toekomstige waterbeheer. Daarmee is niet duidelijk in welke richting de waterhuishouding en de natuur zich in het Lauwersmeergebied zullen gaan ontwikkelen.
- Als gevolg van autonome ontwikkelingen rond klimaatveranderingen zijn aanpassingen in het waterbeheer in de (nabije) toekomst noodzakelijk.
- Een beschrijving van de historische ontwikkeling vanaf 1969 is van belang om trends te kunnen vaststellen in de ontwikkeling van (a)biotische variabelen die nodig zijn voor het inschatten van de autonome ontwikkeling. Daarmee kunnen de betekenis van bodemdaling en de onzekerheden in de autonome ontwikkeling in perspectief worden geplaatst. Als echter het beheer in de (nabije) toekomst rigoureus wordt gewijzigd, kunnen de historische ontwikkelingen niet worden ingezet bij het invullen van de autonome ontwikkeling.
- Gelet op conserverende werking die uitgaat van met name de Vogelrichtlijn spelen rigoureuze wijzigingen in het beheer ten behoeve van natuurontwikkeling een belangrijke rol.
- Hoewel er nog veel beslissingen moeten worden genomen ten aanzien van de autonome ontwikkeling, is er één zekerheid, namelijk dat de waterhuishouding goed beheersbaar is via technische maatregelen en dat daarmee ook de biotische ontwikkeling in belangrijke mate kan worden gestuurd.

2.1.4 Belangrijke informatiebronnen

De afgelopen jaren zijn er met betrekking tot het toekomstige water- en natuurbeheer van het Lauwersmeer veel studies uitgevoerd. Genoemd kunnen worden:

- Natuurvriendelijke waterhuishouding Lauwersmeer (IWACO, 2001);
- (op weg naar) Watervisie Lauwersmeer (Bestuurlijk Overleg, 2005);
- Stroomlijnen (diverse natuurbeschermingsorganisaties, 2005);
- Winterpeilverhoging Lauwersmeer; kansen voor natuur (Arcadis, 2005);
- Waterbeheersplan Lauwersmeergebied 2003-2007 (Waterschap Noorderzijlvest, 2003);
- Beheers- en inrichtingsplan Nationaal Park Lauwersmeer (Overlegorgaan, 2003);
- Quick Scan Estuarien (HKV, 2005);
- Notitie Reikwijdte en detailniveau, SMB Watervisie Lauwersmeer (Arcadis, 2005).

In de studies ligt het accent op een tweetal zaken:

- rekening houden met de gevolgen van zeespiegelstijging, klimaatverandering en bodemdaling;
- natuurontwikkeling in het Nationaal Park Lauwersmeer stimuleren.

Dankzij deze studies is er veel bekend over hoe het watersysteem nu functioneert en welke veranderingen mogelijk en/of nodig zijn in de toekomst. Daarbij is steeds gekeken naar de relatie met natuurontwikkeling.

Aanvullend op de bestaande studies zijn voor dit MER nog twee specifieke onderzoeken uitgevoerd waarin speciaal gekeken is naar de effecten van bodemdaling op:

- het watersysteem (abiotiek): "Effectenstudie aardgaswinningen Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: waterhuishouding", Grontmij-rapport];
- bodemdaling op de levende natuur (biotiek): "Ontwikkelingen en huidige situatie van natuurwaarden in het Lauwersmeer, een verkenning van de natuurwaarden en de mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning", A&W-rapport].

Beide rapportages vormen de basis van de beschrijving van de huidige situatie en autonome ontwikkeling.

2.2 Waterhuishouding

2.2.1 Oppervlaktewatersysteem: de huidige situatie

Oppervlaktewater is het water dat men 'ziet' dus het water dat op het aardoppervlak verblijft of er over heen stroomt. In **figuur 4.2** is het oppervlaktewatersysteem weergegeven.

Lauwersmeer, Friese boezem, Elektraboezem

Het Lauwersmeer heeft een sleutelpositie in de waterhuishouding van Noord-Nederland. Het Lauwersmeer fungeert als tussenboezem voor de afwatering van:

- de provincie Friesland via de Friese boezem;
- de provincie Groningen/Drenthe via de Elektraboezem.

Daarnaast heeft het meer ook een aantal dagen per jaar een functie als bergboezem (buffer).

Het Lauwersmeer, de Friese boezem en de Elektraboezem vormen een samenhangend systeem. Onder normale omstandigheden staat het Lauwersmeer in open verbinding met de Elektraboezem en heeft de boezem hetzelfde streefpeil als het Lauwersmeer: NAP -0,93 m (conform het principe van de Water Aan- en Afvoer Regeling). De Friese boezem heeft als streefpeil NAP - 0,52 m. Dit betekent dat normaliter zowel vanuit de Friese als Groninger boezem het water onder vrij verval kan worden afgevoerd naar het Lauwersmeer.

Overtollig water uit het Lauwersmeer wordt bij laag water via de Lauwerssluizen bij Lauwersoog afgelaten naar de Waddenzee (capaciteit 1900 m³/s). Tijdens het spuien kan (afhankelijk van de waterstanden) het relatief zware zeewater via een onderstroom, de zogenoemde zouttong, het Lauwersmeer instromen en de diepere delen van de geulen bereiken. Het meeste zeewater wordt door de aanvoer van zoet water uit het achterland tijdens de eerstvolgende lozingen weer teruggespoeld naar de Waddenzee. In tijden met weinig afvoer van zoet water kan het zeewater makkelijker in de meer naar binnen gelegen diepere delen van de geulen terechtkomen. Het zoutgehalte van het meer bedraagt normaliter circa 0,3 g Cl/l (zeewater = ca 18 g Cl/l).

Omdat het waterniveau op de Waddenzee door de getijdenwerking varieert tussen NAP +1,02 m en NAP -1,29 m, kan maar een beperkt deel van de tijd (het spuienster) worden geloosd. Ongeveer 70 dagen per jaar, bij harde wind tussen Noord en West, blijft het water in de Waddenzee hoog en kan er slechts weinig of niet geloosd worden. Valt dit samen met een groot aanbod van water uit het achterland, dan stijgt het water in de Elektraboezem. Zodra de waterstand op de Elektraboezem ongeveer tien centimeter is gestegen ten opzichte van het streefpeil van NAP -0,93 m, wordt de boezem gescheiden van het Lauwersmeer en treden de Elektragemalen (de Waterwolf en HD Louwes) in werking. Het Lauwersmeer fungeert dan als een bergboezem totdat spuien weer mogelijk is.

Gemiddeld 10 dagen per jaar is de waterstand op het Lauwersmeer hoger dan het streefpeil van de Friese boezem: NAP -0,52 m. Friesland kan dan niet meer via het Lauwersmeer afvoeren en is in die situatie geheel aangewezen op de sluizen en gemalen in Harlingen Lemmer en Stavoren.

De maximaal toelaatbare waterstand op het Lauwersmeer is 0,00 m NAP. De kaden langs het Lauwersmeer hebben momenteel een hoogte van +0,50 m NAP. De extra hoogte van 0,50 m ten opzichte van de maximaal toelaatbare waterstand (de zogenaamde waakhogte) dient om golfslag op te vangen en als veiligheidsmarge.

Marnewaard, inclusief Westpolder

Het streefpeil van de Marnewaard wordt gehandhaafd door een gemaal aan de westzijde van de Marnewaard, dat uitslaat op het Lauwersmeer. De Marnewaard ontvangt water uit enkele peilgebieden met een hoger peil uit de Westpolder. De afwateringsrichting van de Westpolder verloopt via een stuw naar de Marnewaard, waar het door middel van het genoemde gemaal op het Lauwersmeer wordt uitgeslagen.

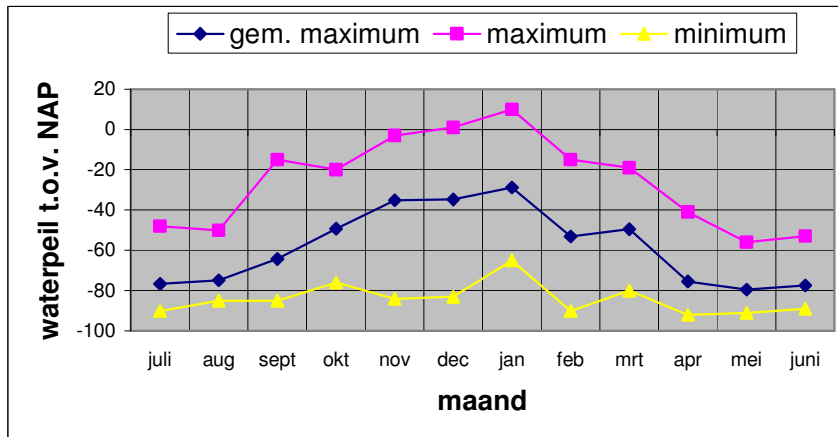
Peilfluctuaties, inundatiefrequentie, afslag

Het besluit om de Lauwerszee af te sluiten is indertijd mede ingegeven door de wens om de waterhuishouding van het oppervlaktewatersysteem beter te kunnen sturen. Sinds 1969 is dit inderdaad ook veel beter mogelijk geworden dan voorheen: het systeem is immers veel statischer geworden en heeft de waterhuishouding veel minder gevoelig gemaakt voor de dynamiek van weer en getij.

Niettemin is er in de huidige situatie nog steeds sprake van een zekere peilfluctuatie, zoals in het eerste deel van deze subparagraaf al is aangegeven. Deze peilfluctuatie is voor dit MER een belangrijke factor. In de beheersscenario's voor het Lauwersmeergebied wordt ingezet op een grotere peildynamiek in de toekomst dan in de huidige situatie, niet in de laatste plaats omdat daarmee het beheer en de ontwikkeling van de natuur in het Lauwersmeer in een gewenste richting (terug)gestuurd kan worden. Dit wordt in **paragraaf 1.2.4 en 1.3** nog verder toegelicht, maar in de kern komt het erop neer dat er met meer en grotere peilfluctuaties een groter gebied frequenter onder water komt te staan (inundatie). Afhankelijk van de manier waarop het dynamische peilbeheer wordt ingevoerd, kan dit positief uitpakken voor de levende natuur (vegetatie en fauna). Neemt de inundatiefrequentie toe, dan kan dit ook als consequentie hebben dat er plaatselijk meer afslag plaatsvindt van onbeschermd oever, hetgeen voor de soorten die juist daar voorkomen weer minder gunstig kan zijn. Tegen deze achtergrond is het zinvol kort aandacht te besteden aan peilfluctuaties, inundatiefrequenties en de afslag van oevers in de huidige situatie.

Peilfluctuaties

Het A&W-rapport en het Grontmij-rapport bevatten informatie over de overschrijdingsfrequentie van het streefpeil (NAP -0,93 m) op het Lauwersmeer in de jaren 2002⁴ tot en met 2004. Daaruit blijkt dat in periode september tot maart het streefpeil tot 10 dagen per maand wordt overschreden. In de periode mei – juni staat het water vaak juist lager. Dit patroon van hogere waterstanden in de winterperiode en lagere in de zomerperiode is ook te zien in **figuur 4.5**, die de veel langere periode 1973-1995 bestrijkt.



Figuur 4.5 Variatie in boezempeil in het Lauwersmeer (sept. 1973 – dec. 1995) [ref.4.1].

⁴ Van 2002 ontbreken de maanden januari, februari, maart.

Peilen en fluctuaties

Forse overschrijdingen van het streefpeil komen voor in alle maanden van het jaar. Voor de periode 1973-95 bestaat het volgende beeld. In de maanden april tot en met augustus blijft het gemiddeld maandelijks maximum beneden 75 cm –NAP, maar in uitzonderlijke gevallen stijgt het boezempeil in deze maanden tot waarden tussen 55 en 40 cm –NAP. In de maanden september tot en met maart is zowel het gemiddeld maximum waterpeil als het maximum gemeten waterpeil veel hoger. Het gemiddeld maximum waterpeil is het hoogst in de maanden november – januari; in deze maanden komt het gemiddeld maximum boven 40 cm –NAP, een overschrijding van het boezempeil van ca. 60 cm. In het vroege voorjaar (februari - maart) en het najaar (september – oktober) is het gemiddeld maximum waterpeil wat lager. Het maximum gemeten waterpeil bedraagt in alle maanden in de periode september – maart meer dan 20 cm –NAP. Waarden boven NAP zijn voornamelijk waargenomen in december – januari. Het wintermaximum in de periodes 1973/74 – 1995/96 en 2003 - 2004 werd doorgaans bereikt in de maanden november – januari (22 van de 25 keer), één maal al in oktober en twee maal pas in maart.

Overschrijdingen van het streefpeil doen zich zowel in de winter als zomer voor. In 2003-2004 was er op 76 dagen in de winterperiode (182,5 dagen) een waterstand hoger dan 90 cm –NAP. In jaren 1975-83 gebeurde dat op 55 van 180 dagen [4.11]. In 2003-2004 bedroeg het aantal dagen met een maximale dagwaterstand hoger dan 90 cm –NAP in de zomerperiode 98 dagen. In de periode 1975-83 was dat op 40 van de 180 dagen het geval.

Inundatiefrequentie

Op basis van de maximale waterstanden per dag in 2003-2004 is een inundatiekansenkaart gemaakt (**figuur 4.6**). Aangegeven is het percentage van dagen per jaar dat een terreindeel kans loopt te worden overstroomd. In **tabel 4.1** zijn de waterpeilen en aantallen dagen per jaar weergegeven waarop **figuur 4.6** is gebaseerd. De gegevens zijn uitgedrukt in percentage en dagen per jaar en bijbehorend maximaal waterpeil, gebaseerd op waterstanden te Lauwersoog in de jaren 2003 en 2004. Omdat alleen gebruik kon worden gemaakt van de meetgegevens van Lauwersoog, is geen rekening gehouden met opstuwing van water aan de oostzijde (noordwester storm) en in de geulen. De periode waarop de berekening van de inundatiekans is gebaseerd is kort, namelijk slechts twee jaren en mogelijk niet representatief voor de variatie in peilen die kan optreden. Toch zijn deze data als basis gebruikt voor de inundatiekansenkaarten omdat voor de periode 1988-1996 de gegevens niet in onbewerkte en digitale vorm beschikbaar zijn en de waterstandgegevens van de periode 1996 – maart 2002 in het geheel ontbreken.

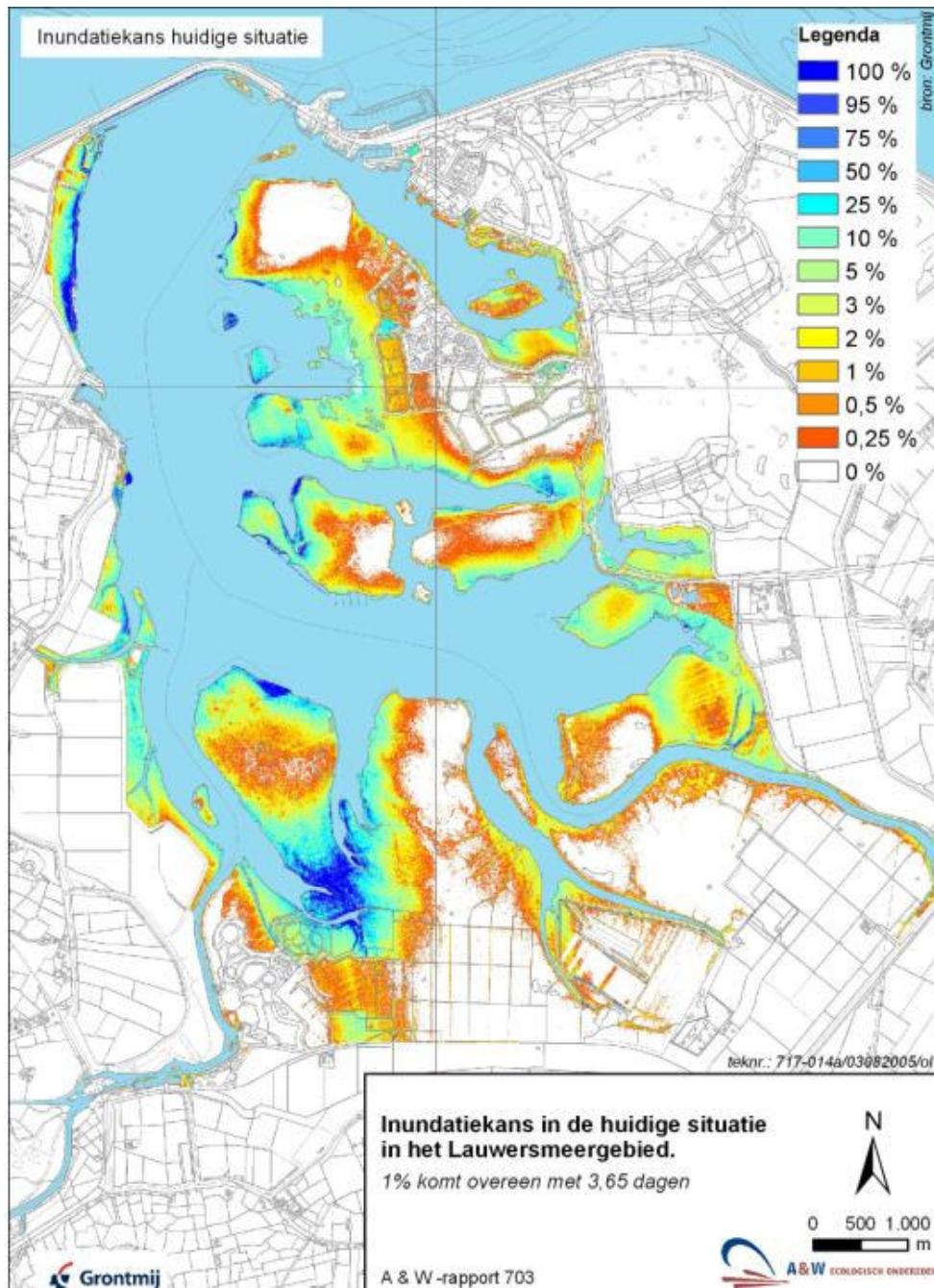
Tabel 4.1 Overschrijdingskans (% en dagen per jaar 2003 en 2004).

Percentage	Dagen/jaar	Waterpeil (cm –NAP)
100	365	99
95	347	93
75	274	90
50	182,5	88
25	91,5	77
10	36,5	56
5	18,5	45
3	11	38
2	7,5	32
1	3,5	21
0,5	2	18
0,25	0,5	3

's Winters is er vaak sprake van hoge grondwaterstanden (plas-dras). Ook uit gegevens van stijghoogten gemeten door TNO en Staatsbosbeheer in ondiepe lagen in het Lauwersmeergebied, blijken grote delen te inunderen in de winterperiodes.

In de zomer zakken vooral op de kleiiger gronden de grondwaterstanden diep weg. Het gebied kent een gradiënt of overgang van zandige bodem in het noorden naar zavelige en kleiige bodems in het zuiden en aan de oost- en westrand.

Bij een te handhaven waterstand van NAP -0,93 m heeft het Lauwersmeer samen met het daarmee in open verbinding staande gedeelte van het Reitdiep tot aan het boezemgemaal Waterwolf te Lammerburen een oppervlakte van ruim 2.400 ha (en 6.700 ha land). Loopt de waterstand op, dan overstromen rietvelden en zandplaten en breidt het wateroppervlak zich geleidelijk uit. Bij een waterstand van NAP $\pm 0,00$ m is het wateroppervlak circa 4.700 ha. Bij deze waterstand wordt (tussen NAP $-0,93$ m en NAP $\pm 0,00$ m) op het Lauwersmeer circa 30 miljoen m³ water geborgen.



Figuur 4.6 Inundatiekans gedurende het gehele jaar in de huidige situatie. Gebaseerd op maximale dagelijkse waterstanden bij Lauwersoog in de jaren 2003 en 2004.

Afslag

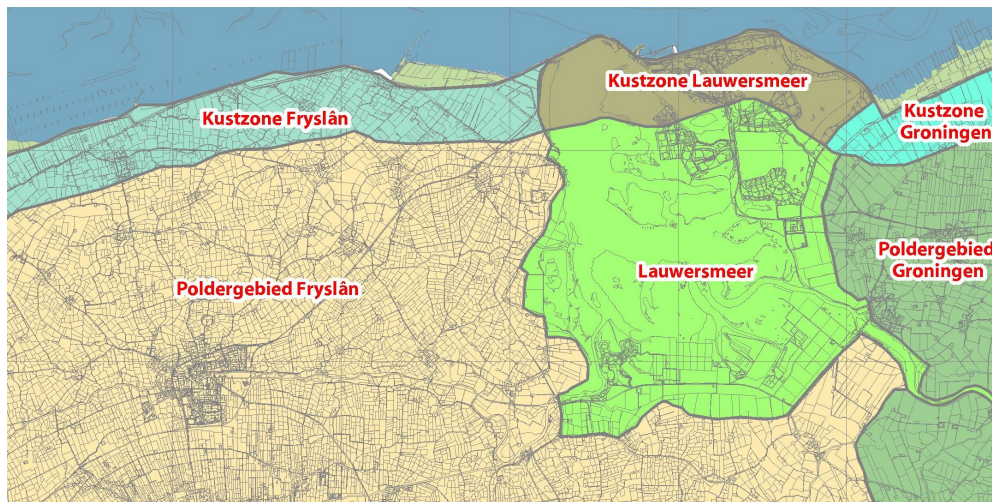
Over de afslag van oevers zijn geen kwantitatieve gegevens voorhanden. Wel is een algemeen beeld te schetsen.

Door de afsluiting van de Lauwerszee is het gebied veranderd van een systeem met getijdenwerking naar een systeem met een vast (streef)peil, dat gemiddeld lager ligt dan voorheen en veel minder natuurlijke dynamiek kent. Hierdoor is het geïnundeerde oppervlak sterk afgenomen en zijn grote oppervlakten zand- en slikplaten droog komen te liggen. Direct na de inpoldering zijn de meest geëxponeerde plaatranden in een hoog tempo afgeslagen. Daarom zijn op uitgebreide schaal oeververdedigingen aangelegd, die midden jaren '90 in een herstelprogramma zijn opgeknapt en uitgebreid. Langs de plaatoevers met geëxponeerde ligging (zonder oeververdediging) treedt evenwel nog steeds afslag op. De afslag is het sterkst op de intensiever beweide terreinen. Beschut gelegen platen zijn aangegroeid met rietgordels.

2.2.2 Het grondwatersysteem: de huidige situatie

In het grondwatersysteem wordt het water beschreven dat zich beneden de grondwaterspiegel bevindt. **Figuur 4.7** laat zien welke (deel)gebieden binnen het grondwatersysteem kunnen worden onderscheiden:

- de kuststrook: kustzone Fryslân, kustzone Lauwersmeer, kustzone Groningen;
- het (overige) poldergebied van Fryslân en Groningen;
- het Lauwersmeer en het gebied direct daaromheen.



Figuur 4.7 Deelgebieden analyse grondwatersysteem en geologie.

Grondwatergegevens laten zien dat er regionaal sprake is van een landinwaartse grondwaterstroming vanaf de Waddenzee. In watervoerende lagen vindt voornamelijk horizontale stroming plaats. De indringing van zeewater is dan ook voor te stellen als een langgerekte zoutwatertong die zich uitstrekt van de Waddenzee tot enkele kilometers landinwaarts. Het stijghoogteverval in het eerste watervoerende pakket loodrecht op de kust is echter zeer gering, wat inhoudt dat de landinwaartse stroming zeer traag verloopt. De landinwaartse grondwaterstroming zorgt voor twee soorten (zoute) kwel:

- Door het potentiaalverschil tussen zeeniveau en oppervlaktewaterpeil binnendijks ontstaat *dijkskwel*. Bodemdaling en zeespiegelstijging kunnen deze zoute kwel versterken naar de soms diep (tot in de zandondergrond) gegraven dijkstochten of naar het Lauwersmeer;
- Daarnaast komt *grondwaterkwel* voor. De weerstand van de Holocene veen- en kleipakketten en het stijghoogteverschil tussen het grondwater en het oppervlaktewaterpeil, bepalen over het algemeen de intensiteit van deze grondwaterkwel. Doordat het grondwater opkwelt vanuit mariene afzettingen in de ondergrond, heeft ook dit kwelwater een zout karakter. Zeespiegelstijging, inklinking, afgraving en bodemdaling hebben een effect op de mate waarin grondwaterkwel optreedt.

In het Lauwersmeer maar ook in de kuststrook en het poldergebied leidt dit tot zoet-zout overgangen en gradiënten (**zie onder**).

Het Lauwersmeer *en het gebied direct daaromheen* heeft door de afwijkende geologische opbouw een lagere weerstand tegen (dijks- en) grondwaterkwel (grovere zandlagen in de

geulen). Ondanks de huidige verzoeting van het Lauwersmeer sinds de afsluiting, is het gebied nog zout.

Op kleinere schaal vindt ook kwelstroming plaats. Het grondwater in de zandplaten en voormalige kwelders is nog niet ontzilt. In de winter treedt hier ontzilting op doordat neerslag infiltreert. In de zomerperioden treedt weer verzilting op door capillaire opstijging bij neerslagtekort. Bovendien neemt de dijkskwel in verhouding toe naarmate de aanvoer van zoet water in de zomer afneemt en dus het oppervlaktewaterpeil lager is. Aangenomen wordt dat de kwelsituatie in zomer en winter – op microniveau – elkaar opheffen.

In de huidige situatie komt in het studiegebied de grootste verzilting voor in het gebied tussen Dokkum en het Lauwersmeer, met name tussen Anjum en Ee (1.500-2.000 mg/liter). In de overig gebieden langs de Waddenkust treedt ook verzilting op maar trager .

2.2.3 De autonome ontwikkeling en vier beheersscenario's

Zeespiegelstijging, klimaatverandering, bodemdaling

In de komende periode moet de waterhuishouding in het studiegebied hoe dan ook worden aangepast, ongeacht of de voorgenomen winningen wel of niet uitgevoerd gaan worden. Aanpassingen zijn noodzakelijk vanwege:

- *Zeespiegelstijging.* Zeespiegelstijging vindt al minstens 100 jaar plaats met een constante snelheid heeft van 1,8 mm/jaar. Andere bronnen – waaronder de 'Watervisie' die hieronder aan de orde komt – gaan uit van een middenscenario voor zeespiegelstijging van 6 mm/jaar. Hoe dit ook zij: het is in elk geval een zekerheid dat de zeespiegel stijgt en zal blijven stijgen. Uit het oogpunt van waterbeheer zijn primair de veranderingen in het spuienster van de sluizen bij Lauwersoog (kwantiteitsbeheer) en de verzilting (kwaliteitsbeheer) van belang;
- *Klimaatverandering/neerslagpatroon.* Voor het Lauwersmeer zijn ook verwachtingen omtrent klimaatverandering van belang. Het gaat daarbij met name om het neerslagpatroon: 20% meer neerslag in natte perioden;
- *Bodemdaling.* Dit betreft de bodemdaling door klink en de nog resterende bodemdaling door de winning van aardgas uit de Anjum-, Munnekezijl- en Kollumerpompvelden. Als gevolg van de bestaande winningen daalt de bodem in het Lauwersmeergebied in het diepste punt tot maximaal circa 12 cm. Het diepste deel van de daling ligt bij het noordelijk deel van de Anjumer Kolken. De sluizen bij Lauwersoog dalen 2 cm. Het Lauwersmeer zelf, inclusief de vrij afstromende gronden zal dalen tussen de 4 en 6 cm in het oostelijk deel en 6 en 10 cm in het westelijk deel.

Oppervlaktewatersysteem

Door zeespiegelstijging en bodemdaling van bestaande winningen (Anjum, Munnekezijl) zal in het binnendijkse gebied de verzilting geleidelijk toenemen. Er wordt geen sterke toename verwacht (tot 0,4 kg/m³) maar de toename is het grootst in de kuststrook en neemt verder landwaarts geleidelijk af.

Als ervan uit wordt gegaan dat het streefpeil van het Lauwersmeer gelijk blijft, zal zeespiegelstijging ertoe leiden dat de spuicapaciteit van de Lauwerssluizen geleidelijk terugloopt. Immers, er komt meer water, terwijl er door de zeespiegelstijging tegelijkertijd een afname is in het aantal uren per etmaal en uiteindelijk het dagen per jaar dat er gespuid kan worden. Naar verwachting zal door zeespiegelstijging over circa 30 jaar het verschil tussen het huidige peil in het Lauwersmeer en gemiddeld laagwater op het wad tot 0 cm zijn gereduceerd. Het gevolg van zeespiegelstijging en het verminderde spuivermogen is dat het streefpeil vaker overschreden gaat worden en dat mogelijk overschrijdingen ook hoger zijn dan tot nu toe het geval is geweest.

Wanneer deze veranderingen echt merkbaar worden is onzeker, maar ze zijn onvermijdelijk. Het toekomstige waterbeheer van het Lauwersmeer moet deze veranderingen kunnen verwerken met inachtneming van de gebruiksfuncties van het gebied en de randvoorwaarden vanuit de aangrenzende Friese en Groningse boezems. Door bodemdaling neemt bij een gelijkblijvend streefpeil voor het Lauwersmeer de afstroming en daarmee de drooglegging van de aangrenzende gronden af. Ook neemt

door de daling van de aangrenzende dijken en kades de waakhoogte af en daarmee de bergingscapaciteit van de boezem.

Grondwatersysteem

Voor het grondwatersysteem zijn bodemdaling en zeespiegelstijging ook van belang. Via een effect op de grondwaterstromen zijn zij mede verantwoordelijk voor een geleidelijke verzilting van het oppervlaktewater (**zie hierboven**). Die verzilting is trendmatig (**zie paragraaf 1.2.2**) en zal verder toenemen.

Het proces van verzilting van het oppervlaktewater via (grondwater)kwelstromen in reactie op zeespiegelstijging en bodemdaling werkt als volgt:

- Door de zeespiegelstijging stijgt het grondwaterpeil en de stijghoogte van het watervoerende pakket. Hoe dichterbij de dijk, hoe groter het effect. Hierdoor neemt vooral in de kustzone het drukverschil toe;
- Door bodemdaling neemt de drooglegging af en kan, als dit in het kader van natuurbeheer binnen het Lauwersmeer wenselijk is, binnen het beheer het oppervlaktewaterpeil worden aangepast (d.w.z. verlaagd). Hierdoor neemt het drukverschil verder toe en daarmee ook de verzilting.

De mate waarin verzilting door zeespiegelstijging en bodemdaling optreedt, is daarmee afhankelijk van de afstand tot de Waddenzee, de hoogteligging van het gebied, de hydraulische eigenschappen van de ondergrond en het gevoerde waterbeheer (zowel het kwaliteits- als het kwantiteitsbeheer).

Natuurambities en beheersscenario's

Een geheel andere overweging om de waterhuishouding aan te passen vloeit voort uit het feit dat het Lauwersmeer de status heeft van Nationaal Park en is aangewezen als Speciale Beschermingszone op grond van de Vogelrichtlijn⁵. Dit brengt de verplichting met zich mee om de gewenste natuurdoelen te realiseren. Meer waterdynamiek in het Lauwersmeer zou daarin een sleutelrol kunnen spelen.

In april 2005 presenteerden de provincies gezamenlijk de eerste resultaten van het onderzoek dat zal leiden tot een nieuwe visie op het waterbeheer in en rond het Lauwersmeer: de *Watervisie*. De *Watervisie* is geen autonoom beleid maar onderscheidt vier waterhuishoudkundige ontwikkelingsscenario's, waarvan er één (als referentie) uitgaat van het huidige beheer en er drie een meer natuurgerichte oriëntatie hebben:

- *Peilconsolidatie*: hoofddoelstelling hierin is de huidige afvoermogelijkheden vanuit Fryslân en Groningen via het Lauwersmeer onverkort te handhaven. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft zolang als de zeespiegelstijging dat toelaat op het huidige niveau van NAP -0,93 m (later NAP -1,03 m) en de bergingsfunctie van het Lauwersmeer blijft behouden;
- *NatZoet*: een 40 cm hogere winterwaterstand op het Lauwersmeer. Hierbij staat een deel van de platen een half jaar onder water. Hiermee wordt een gunstige situatie voor de beoogde natuurlijke ontwikkeling van het gebied bereikt. De ongewenste verbossing wordt tegengegaan;
- *NatZout*: een 40 cm hogere winterwaterstand op het Lauwersmeer in combinatie met het inlaten van zout water. Het Lauwersmeer wordt dan volledig zout. Voor de beoogde natuurlijke ontwikkeling wordt een nog gunstiger situatie bereikt dan met NatZoet;
- *Estuarien*: het Lauwersmeer wordt zout en krijgt een tweemaal daags wisselende waterstand onder invloed van eb en vloed. Dit scenario is zeer gunstig voor de beoogde natuurlijke ontwikkeling en is het lange termijnstreefbeeld voor het Nationaal Park.

De huidige infrastructuur tot het jaar 2030 voldoet voor Peilconsolidatie wanneer de voorziene WB21-maatregelen in Fryslân en de Elektraboezem worden uitgevoerd, en er aanvullende maatregelen worden genomen (**zie kader**).

⁵ Per oktober 2005 is de gebiedsbescherming in de Natuurbeschermingswet 1998 geregeld.

Conclusies maatregelen voor de vier scenario's

De rekenscenario's voor de situatie in 2030 leveren als voornaamste conclusies:

- Hoofconclusie is dat de huidige infrastructuur inclusief de reeds besloten WB21-maatregelen (aangevuld met een gemaal bij Harlingen) tot 2030 volstaat voor Peilconsolidatie, mits er 2 miljoen kubieke meter extra berging in Groningen en Drenthe⁶ wordt gerealiseerd, en de kades in het Lauwersmeer circa 15 cm en in Noordoost Fryslân enkele centimeters worden opgehoogd.
- Bij het handhaven van de huidige infrastructuur (de referentie) komen bij scenario Peilconsolidatie maalbeperkingen op de Friese boezem, zonder compenserende maatregelen iets vaker voor dan nu, en in de rest van het gebied even vaak. Het afvoerpatroon in Fryslân zal enigszins wijzigen doordat naar verwachting met name in de winter meer water via Harlingen Lemmer en Stavoren zal worden afgevoerd. Dat komt doordat de vrije afstroming van Dokkumer Nieuwe Zijlen naar het Lauwersmeer wordt beperkt. Voor de Elektraboezem zullen de Elektragemalen vaker en langduriger moeten worden ingezet.
- Ook de scenario's NatZoet, NatZout en Estuarien zijn tot 2030 met de huidige infrastructuur te realiseren mits de eerder genoemde extra maatregelen worden uitgevoerd. Het is dan niet nodig om in Groningen vaker bergingsgebieden in te zetten. De Elektragemalen zullen in de winterperiode permanent moeten pompen. In de Friese situatie neemt de afvoercapaciteit naar het Lauwersmeer af. Daardoor is er op de Friese boezem vaker een geringe overschrijding van het streefpeil in de winter in met name Noordoost Fryslân. Maalbeperkingen komen vaker voor en de waterafvoer verschuift in de richting van de grote gemalen bij Stavoren en Lemmer, die daardoor vaker moeten pompen.
- Bij het scenario Estuarien is een verschil tussen eb en vloed op het Lauwersmeer van 0,6 m haalbaar. Dit is ecologisch gezien voldoende.
- Voor de middellang tot lange termijn (2100) worden twee opties beschouwd: (1) een gemaal bij Lauwersoog en (2) een nieuw gemaal bij Dokkumer Nieuwe Zijlen aanpassing van de Elektragemalen kadeverhoging en/of behoud kerende hoogte van NAP +0,30 m in het Lauwersmeer, en indien nodig een aanvullend gemaal bij Lauwersoog.

De vier scenario's behoeven op tal van punten nog een nadere uitwerking. Zo is onduidelijk hoe lang de optie met lozing onder vrij verval veilig is voort te zetten na 2030. Ook moet worden bepaald in hoeverre met aangepaste infrastructuur een waterbeheer realiseerbaar is dat specifiek op het bereiken van natuurdoeleinden is gericht. Vooral de waterstandsverschillen die bij een NatZoet of NatZout scenario mogelijk zijn zonder de afwatering van de Friese boezem te belemmeren dienen nog specifiek te worden ingevuld. Verder brengen de scenario's NatZoet, NatZout en Estuarien extra kosten met zich mee omdat de gemalen van de Elektraboezem in de winter continu in gebruik zijn. In het kader van de ontwikkeling van de Watervisie vindt voornoemde nadere uitwerking plaats. Parallel aan de uitwerking wordt een Strategische Milieu Beoordeling (SMB) uitgevoerd, waarvoor recent de notitie 'reikwijdte en detailniveau ten behoeve van de SMB Watervisie Lauwersmeer' door de provincies Fryslân en Groningen is gepubliceerd als start van de procedure. Voor de scenario's NatZout en Estuarien kan in verband met bodemdaling door gaswinning worden opgemerkt dat met het gedeeltelijk terugbrengen van de estuariene dynamiek in het Lauwersmeer ook de herstellende werking van sedimentatie/erosieprocessen wordt teruggebracht. Deze processen kunnen evenals in de Waddenzee bodemdaling tegengaan, weliswaar in beperkte mate omdat gesproken wordt over een gedempt getij en het spuiwerk een drempel vormt voor de aanvoer van sediment.

Oppervlaktewatersysteem

Alle scenario's vergen in elk geval aanpassingen van de waterhuishoudkundige infrastructuur. Die aanpassingen hoeven bij Peilconsolidatie niet altijd direct te worden gerealiseerd. Ze zijn afhankelijk van de mate van zeespiegelstijging en bodemdaling en kunnen gefaseerd in de tijd worden ingevoerd. Dat laatste biedt de mogelijkheid een deel van de ("geen spijt") maatregelen vroeg te nemen en een ander deel pas uit te voeren als er meer duidelijkheid is over het gedrag van bodem en zeespiegel. Bodemdaling door

⁶ In Noorderzijvest wordt momenteel het concept "meebewegende berging" uitgewerkt. De uitkomsten daarvan kunnen van invloed zijn op de benodigde aanvullende berging in het waterschap en op de pieken in de waterafvoer naar het Lauwersmeer. Hiermee wordt een veiligheidsniveau van 1 op 100 jaar bereikt.

aardgaswinning (vanuit bestaande velden Anjum en Munnekezijl en de zes nieuwe velden) heeft tot gevolg dat het beslismoment naar voren wordt geschoven maar een geringere zeespiegelstijging (dan het voorziene middenscenario in de Watervisie) heeft het omgekeerde effect. Voor de andere scenario's hangt de mate waarin de waterhuishoudkundige infrastructuur direct moet worden aangepast er sterk vanaf of vrije afvoer vanuit Dokkumer Nieuwe Zijlen (DNZ) nog mogelijk is.

Grondwatersysteem

De vier beheersscenario's zijn niet gemaakt met het oog op het grondwatersysteem, maar zijn daarop wel van invloed via peilverhoging en met name de inlaat van zoutwater.

2.2.4 De meest kritische parameters en het meest kritische scenario voor bodemdaling

Kritische abiotische parameters

Van belang is op welke wijze bodemdaling via de waterhuishouding leidt tot effecten op de levende natuur. In principe speelt bodemdaling in op een aantal relevante abiotische variabelen:

- Overstromingskans: uitgaande van een gelijkblijvend streefpeil en gelijkblijvende variatie in het te bergen watervolume, zal bodemdaling de kans op inundatie van het maaiveld vergroten in deelgebieden die niet met (voldoende hoge) kaden zijn afgeschermd;
- Afslag/golfenergie: bij het huidige waterpeilbeheer en het huidige peilverloop vindt op onbeschermde oevers lokaal afslag plaats. De ervaring leert dat afslag vooral plaatsvindt bij een licht verhoogd peil. De golfwerking treft dan de plaatselijk ontstane steilranden maximaal;
- (Toename) waterdiepte: door bodemdaling zal de waterdiepte, bij gelijkblijvend streefpeil, in de permanent geïnundeerde delen toenemen;
- Zoute kwel (zoet-zout overgangen/gradiënten): door bodemdaling kan de zoute kwel in het poldergebied en in het noordelijk deel van het Lauwersmeergebied enigszins toenemen. Daarnaast kan bodemdaling een gering effect hebben op lokale grondwaterstromingen op de platen. Door maaiveldzakking neemt het drukverschil, bij gelijkblijvend streefpeil, in geringe mate af tussen het ondiepe grondwater in de hogere delen en dat van de lagere delen. Dit effect is naar verwachting gering. Een ander effect is dat de zoetwaterbel onder de platen iets dunner wordt. Lokale grondwaterstromen kunnen zo het onderliggende zoutere grondwater aan de randen van de plaat iets omhoog duwen. De gevolgen hiervan zijn dat de zone waarin kalkrijk grondwater uittreedt iets minder breed wordt en dat aan de lagergelegen randen het zoute grondwater, via capillaire opstijging in de zomerperiode, een grotere invloed krijgt.

Meest kritische beheers- of beleidsscenario

Duidelijk is dat de autonome ontwikkeling ten aanzien van de waterhuishouding moeilijk is in te vullen omdat daarover nog geen definitieve besluitvorming heeft plaatsgevonden. Daarom moet in ieder geval rekening worden gehouden met een scenario dat voortborduurt op het huidig waterbeheer c.q. beleid. In dit geval is dat het scenario Peilconsolidatie waarin geen grote wijzigingen in het beheer zijn voorzien. Daarnaast is het zinvol om vast te stellen in welk scenario bodemdaling door gaswinning het meeste effect heeft, ofwel te achterhalen 'wat het ergste is dat kan gebeuren'.

De effecten van bodemdaling ten gevolge van aardgaswinning zijn veel kleiner dan de effecten ten gevolge van de scenario's die voorzien in peilfluctuaties en vooral ook peilverhoging. In diezelfde scenario's levert bodemdaling eerder een positieve bijdrage dan dat dit belemmerend werkt. Kortom, in het geval van de scenario's NatZoet, NatZout en Estuarien is bodemdaling niet kritisch.

Bodemdaling bij Peilconsolidatie daarentegen versterkt de voorziene problematiek in de waterhuishouding (verkleinen spuiwens). Daarmee is Peilconsolidatie tevens het meest kritische scenario. Overigens is de 'vernatting' die het gevolg is van bodemdaling bij peilconsolidatie positief voor de beoogde natuurdoelen vanuit de notie dat hiermee de autonome verruiging wordt afgeremd.

2.2.5 Resumé

Het Lauwersmeer vervult een transport- en bergingsfunctie en is van grote betekenis voor de waterafvoer uit westelijk Groningen en noordwestelijk Drenthe, via de Elektraboezem en de waterafvoer uit Fryslân, via de Friese boezem. Het systeem is sterk gereguleerd met behulp van gemalen stuwen en sluizen en is daarmee binnen bepaalde grenzen goed te controleren en af te stemmen op verschillende functies/behoefes (sterk regelbaar).

Bodemdaling en zeespiegelstijging veroorzaken via een effect op de dijk- en grondwaterkwel een geleidelijk toename van de verzilting van het oppervlaktewater.

Ongeveer 70 dagen per jaar kan er door hoge waterstanden op de Waddenzee niet of onvoldoende worden gespuid met de Lauwerssluizen bij Lauwersoog. Het Lauwersmeer fungeert dan als een bergboezem. De maximaal toelaatbare waterstand op het Lauwersmeer is NAP 0,00 m. Hierbij inunderen vooral de lage en onbekade gebieden. De inundatiekans is het grootst in het westelijk deel van het Lauwersmeer. Bodemdaling kan hierop van invloed zijn.

Zowel voor de waterhuishouding als voor de natuur zijn in de (nabije) toekomst veranderingen in het waterbeheer voorzien. Hierover heeft echter nog geen definitieve besluitvorming plaatsgevonden. Alle beoogde beleidsscenario's voor de toekomst vergen aanpassingen van de waterhuishoudkundige infrastructuur. Die aanpassingen hoeven alleen voor wat betreft het scenario Peilconsolidatie - voortzetting van het huidige beheer - niet direct te worden gerealiseerd. De te nemen maatregelen zijn afhankelijk van de zeespiegelstijging en bodemdaling en kunnen gefaseerd in de tijd worden ingevoerd. Door zeespiegelstijging kunnen in de toekomst vaker en grotere overschrijdingen van het streefpeil optreden (verkleining spuivenster). Bodemdaling kan een effect hebben op de grootte van het overstromingsgebied en de overstromingsfrequentie (afhankelijk van de morfologie van de overstromingsgronden).

De belangrijkste abiotische variabelen mede in relatie tot gevolgeffecten op natuur, die samenhangen met het waterbeheer zijn: peildynamiek (in relatie tot inundatie- of overstromingsfrequentie/duur/areaal), waterdiepte, zoute kwel (in relatie tot verzilting), afslag (als gevolg van peildynamiek en golfenergie) en drooglegging.

Omdat de andere beleidsscenario's uitgaan van een relatief grote peilfluctuatie (40 cm) en het inlaten van zeewater, zijn de effecten daarvan groter dan die van bodemdaling door aardgaswinning. Peilconsolidatie is dan ook het meest kritische scenario.

Kortom, bodemdaling is van invloed op de waterhuishouding, maar de toekomstige waterhuishouding ligt niet vast. De waterhuishouding is op zichzelf goed regelbaar, maar die veranderingen leiden wel tot veranderingen in met name (zoute) kwel en inundatie.

2.3 Levende natuur

2.3.1 Waterhuishouding en de levende natuur

Waterbeheer

Sinds het ontstaan van het Lauwersmeer is er een strak peilbeheer gevoerd. Dit heeft een aantal in de voorgaande paragraaf beschreven abiotische veranderingen tot gevolg gehad. Deze veranderingen beïnvloeden ook de levende natuur in het gebied. Immers, de waterhuishouding en het beheer zijn sturend in de ontwikkeling daarvan. In **paragraaf 1.2.5** zijn in dat licht de meest kritische abiotische parameters in relatie tot de waterhuishouding al geïdentificeerd. Het gaat om veranderingen in de overstromingsduur, afslag van plaatranden waterdiepte en verzilting.

Deze veranderingen in abiotische processen krijgen betekenis door de hieronder opgesomde relaties met (effecten) op de levende natuur:

- De overstromingsduur (kans op inundatie): verandering in (planten- en vogel-)soorten van natte omstandigheden in laaggelegen plaatranden (zoals Vlinderbalg, Schildhoek, Sennerplaat/Blikplaatgat) en veranderingen in aantallen Veldmuizen (**zie kader**);

- Afslag: verandering in overstromingsgraslanden (met name Schildhoek en Pampusplaat);
- Waterdiepte: verplaatsing van waterplantvegetaties (mogelijk geremd op plekken waar riet en biezen groeien);
- Verzilting: enerzijds door dijkskwel, anderzijds door het omhoog/omlaag brengen van zouter grondwater aan de randen van de platen. Als genoemde effecten al doorwerken in de vegetatie, dan zal dat voornamelijk op de zandige platen van De Rug, De Lasten en Ballastplaat een rol kunnen spelen. Ook in de bemalen terreintjes met duinvalleivegetaties kan dit optreden. De mate waarin verzilting een effect heeft op de levende natuur is sterk gekoppeld aan de mate waarin verzilting optreedt;
- Kalkrijke kwel: lokale veranderingen in grondwaterstromen op platen kan in de lager gelegen of bemalen duinvalleivegetaties enige verandering in kalkrijke kwel veroorzaken wat van invloed kan zijn op de vegetaties.

Natuurbeheer

Aangezien het gebied is aangewezen als Speciale Beschermingszone in het kader van de Vogelrichtlijn zijn vooral de gevolgen van veranderingen op vogels van belang. De betekenis van het gebied voor vogels is weer volgend op de vegetatiestructuur in het gebied. Essentieel hierin is het terugdringen en voorkomen van struweel- en bosvorming. Dat geldt in ieder geval voor de lager gelegen platen. Er zijn drie mechanismen die hierop van invloed zijn:

- *Peilbeheer*: doordat natuurlijke dynamiek ontbreekt (lage peilen in zomer en hoge peilen in winter) ontstaat er een natuurlijke successie via ruigtes, naar struweel en bos;
- *Begrazing*: (begrazingsbeheer of vegetatiebeheer): runderen paarden herten en andere grote planteneters kunnen opslag van struiken en bomen voor een deel voorkomen;
- *Chloridegehalte*: veel planten van ruigtes, struwelen en bossen zijn niet bestand tegen hoge chloridegehalten, zodat meer invloed van zoutwater successie kan stoppen.

Sinds de afsluiting van de Lauwerszee is de dynamiek in het peilbeheer zeer beperkt geweest. Op de platen kwam daarmee een natuurlijke successie van de vegetatie tot stand. Deze successie kan zonder beheersmaatregelen leiden tot bosvorming. Door gericht beheer (seizoensbeweiding en jaarrondbeweiding) is dit plaatselijk vertraagd. Dit leidde tot een grote diversiteit aan vogels. Ook de invloed van ontzilting is in de vegetatie zichtbaar. Als de huidige situatie zich voortzet, krijgt echter op termijn de successie richting bos (en zoetwater) overal de overhand, waarmee de variatie in vegetaties en vogels afneemt. De verarming en verzoeting, maar ook het verlies aan openheid past niet binnen het beleid voor het gebied. Om de beleidsdoelen ten aanzien van de natuur voor het Lauwermeer wel te bereiken moet het waterbeheer dynamischer worden dan nu het geval is.

De scenario's voor het toekomstig water zoals in **paragraaf 1.2.4** beschreven – die ook afgestemd zijn op het realiseren van de natuurdoelen – zijn erop gericht de beschreven trend om te buigen. Immers, drie van de beleidsscenario's gaan uit van meer peilfluctuatie en twee van meer invloed van zoutwater. Indirect heeft het peilbeheer ook invloed op de mogelijkheden voor beheer.

Conclusie

Kortom, aan de ene kant is duidelijk dat verandering van de waterhuishoudkundige condities in de verschillende beheersscenario's kan leiden tot (grote) veranderingen in de levende natuur. Aan de andere kant: behoud van de huidige condities betekent niet dat de toestand van de natuur hetzelfde blijft, maar dat er verarming (bosvorming) en verzoeting optreedt.

2.3.2 Natuurbeschermingswetgeving

Het Lauwersmeergebied is vanuit verschillende regelingen aangewezen als een te beschermen gebied. Het meest strikt en duidelijk voor wat betreft de te beschermen waarden is de aanwijzing als Speciale Beschermingszone (SBZ) in het kader van de Europese Vogelrichtlijn (**zie figuur 4.1**), die per oktober 2005 is opgenomen in de Natuurbeschermingswet 1998.

Daarnaast is het gebied een kerngebied van de Ecologische hoofdstructuur (EHS) en ook de meest noordelijke verbinding in de Robuuste Natte As. Verder is het gebied zowel Staatsnatuurmonument als Beschermd natuurmonument volgens de Natuurbeschermingswet 1998. Ten slotte heeft het gebied sinds 2003 de status van Nationaal Park (**zie figuur 4.1/4.3**).

Europese Vogelrichtlijn / Natuurbeschermingswet 1998

Bij de Waddenzee is al ingegaan op de juridische werking van het beschermingsregime. Relevant is dat het Lauwersmeergebied ook in internationaal verband van belang is. Op 24 maart 2000 is het gebied aangewezen als Wetland volgens de Conventie van Ramsar en als Vogelrichtlijngebied (5790 ha). In de Vogelrichtlijn is het Lauwersmeer gekarakteriseerd als een gebied dat uit open water, moerassen en graslanden bestaat. De kwalificerende waarden van het Vogelrichtlijngebied Lauwersmeer zijn vastgelegd door de kwalificerende soorten en overige relevante soorten aan te geven (**zie tabel 4.2**).

Tabel 4.2 Kwalificerende soorten en overige relevante vogelsoorten (SBZ Lauwersmeer).

Vogelsoort	Type soort
Kwalificerende soorten:	
Bruine kiekendief (broedend)	Annex 1
Grauwe kiekendief (broedend)	Annex 1
Kemphaan (broedend)	Annex 1
Lepelaar	Annex 1 & 1%
Kleine zwaan	Annex 1 & 1%
Wilde zwaan	Annex 1 & 1%
Grauwe gans	Annex 1
Brandgans	Annex 1 & 1%
Krakeend	1%
Wintertaling	1%
Pijlstaart	1%
Slobeend	1%
Reuzenstern	Annex 1 & 1%
Overige relevante soorten:	
Porseleinhoen (broedend)	Annex 1
Kluut (broedend)	Annex 1 & 1%
Noordse stern (broedend)	Annex 1
Oeverzwaluw (broedend)	Begr.
Paapje (broedend)	Begr.
Blauwborst (broedend)	Annex 1
Rietzanger (broedend)	Begr.
Fuut	1%
Aalscholver	1%
Kleine zilverreiger	Annex 1
Grote zilverreiger	Annex 1
Kolgans	1%
Rotgans	1%
Bergeend	1%
Smient	1%
Wilde eend	Begr.
Tafeleend	1%
Kuifeend	1%
Brilduiker	1%
Nonnetje	Annex 1 & 1%
Visarend	Annex 1
Slechtvalk	Annex 1
Meerkoet	1%
Kluut	Annex 1 & 1%
Bontbekplevier	1%
Goudplevier	Annex 1 & 1%
Zilverplevier	1%
Grutto (incl. slaapplaats)	1%
Wulp (incl. Slaapplaats)	1%
Steenloper	1%
Dwergmeeuw	1%

Ecologisch relevante gebieden zijn:

- voedselgebieden voor herbivore watervogels (brandgans, grauwe gans, rotgans en smient);
- slaapplaatsen in slenken (ganzen en zwanen);
- rust- en foerageergebieden in slenken (zwemeenden en zilverreigers);
- foerageergebied in slenken en ondiepe wateren met fonteinkruiden (kleine en wilde zwaan, krakeend, tafeleend en meerkoet);
- foerageergebieden in diepere wateren (viseters, benthoseters, fuut, aalscholver, nonnetje, dwergmeeuw, kuifeend, brilduiker);
- foerageergebieden op akkers en graslanden in de omgeving (kleine zwaan en ganzen).

Ecologische hoofdstructuur (EHS)

Het Lauwersmeergebied vormt als kerngebied een belangrijke schakel in het ecologische netwerk van Noord-Nederland. Aan de noordzijde grenst het gebied aan de SBZ Waddenzee, aan de zuidoostzijde is het onder andere verbonden met het Reitdiep in Groningen en aan de zuidwestzijde met het Dokkumerdiep in Friesland. De wezenlijke kenmerken en waarden van een EHS-gebied worden gezien als de actuele en potentiële waarden gebaseerd op de natuurdoelen voor een gebied.

Wezenlijke kenmerken

De wezenlijke kenmerken en waarden van een EHS-gebied worden gezien als de actuele en potentiële waarden gebaseerd op de natuurdoelen voor een gebied. Het gaat hierbij om de bij het gebied behorende natuurdoelen geomorfologische en aardkundige waarden en processen de waterhuishouding, de kwaliteit van bodem, water en lucht, rust, stilte, duisternis en openheid, de landschapsstructuur en de belevingswaarde (Nota Ruimte 2004). Om te kunnen nagaan of ruimtelijke plannen van invloed zijn op de EHS, is het nodig te bepalen wat de wezenlijke kenmerken van het Lauwersmeer zijn. Daartoe zijn de natuurdoelen geraadpleegd, zoals die zijn neergelegd in de Nota Natuurbeheer van de Provincie Fryslân (Provincie Friesland 1998).

Volgens de Nota Natuurbeheer is het Lauwersmeer ingedeeld in de fysisch-geografische regio 'afgesloten zee-armen'. Deze regio bestaat vooral uit het milieutype zoet water. Het meest voorkomende begroeiingstype binnen deze regio is ruigte en riet. Belangrijke vogelgebieden binnen deze regio zijn genoemd als 'halfnatuurlijk vogelrijk grasland'. Het probleem met de afweging van ingrepen in dergelijke gebieden is dat veelal, ook voor het Lauwersmeergebied, de specifieke doelsoorten niet zijn gedefinieerd.

Natuurbeschermingswet 1998

Grote delen van het Lauwersmeergebied zijn in het kader van de derde Nota Ruimtelijke Ordening aangewezen als Grote Eenheid Natuurgebied (GEN). Deze status is in juli 1994 overgegaan in de wettelijke status van Staatsnatuurmonument en Beschermd Natuurmonument (5.696 ha), vallend onder de Natuurbeschermingswet 1998. Belangrijke wezenlijke kenmerken zijn:

- afwisselende grote wateroppervlakten graslanden en uitgestrekte ondieptes met oevervegetaties en grazige, deels zoutminnende vegetaties langs en op de platen met zeldzame plantensoorten en riet- en struweelvegetaties;
- belang voor zoogdieren en vogels: ganzen eenden roofvogels en weidevogels, watervogels (internationaal belang) en broedgebied voor 90 soorten vogels;
- geomorfologische betekenis: gaaf voorbeeld van onder invloed van zee ontstaan landschap met kwelders, geulen plaatgronden en voormalige landaanwinningswerken;
- grote eenheid natuur: grote mate van natuurlijkheid en ongestoordheid, met spontaan ontwikkelende waarden en relatief grote mate van rust.

De Natuurbeschermingswet 1998 is in oktober 2005 gewijzigd. Door deze herziening is de bescherming van Staats- en Beschermd Natuurmonumenten Vogelrichtlijngebieden en Habitatrictlijngebieden beter op elkaar afgestemd.

Nationaal Park het Lauwersmeer

Een Nationaal Park is volgens internationaal aanvaarde definities "een aaneengesloten gebied van minstens 1.000 ha, bestaande uit natuurterreinen wateren en/of bossen met een bijzonder landschappelijke gesteldheid en planten- en dierleven waar tevens goede mogelijkheden zijn voor recreatief medegebruik". In 2003 heeft minister Veerman van LNV officieel de status van Nationaal Park toegekend aan het Lauwersmeer.

In het Beheer- en inrichtingplan (BIP) van het Lauwersmeer zijn voor verschillende thema's doelstellingen geformuleerd. Voor het thema Natuur en Landschap zijn de doelstellingen:

- behoud en versterking van het open waterrijke landschap en de daarbij horende kenmerken en natuurwaarden;
- streven naar een dynamischer en natuurlijker peilbeheer (beheerste peilfluctuaties);
- streven naar zilte invloeden (gedempt getijdesysteem);
- ontwikkeling van natuurlijker bos ter plaatse van de huidige aangeplante bosgebieden;
- ecologische verbindingen leggen met de omgeving;
- geen hinder voor de natuur, recreanten en omwonenden.

Bij de bovengenoemde natuurwaarden moet daarbij worden gedacht aan de grote aantallen winter- en trekvogels, broedvogels van het open moerasgebied en duinvallei-achtige vegetaties en plantensoorten.

Het Nationaal Park Lauwersmeer wordt deels beheerd door Staatsbosbeheer (het grootste deel) en deels door Natuurmonumenten (de Bantpolder). Van de tussenliggende terreinen in de omgeving van Lauwersoog wordt een deel als natuurgebied beheerd door Staatsbosbeheer.

Resumé ecologische betekenis

De doelstellingen vanuit de verschillende geschetste kaders komen in redelijke mate overeen. De ecologische betekenis van het Lauwersmeer is daarmee vooral verbonden met:

- een open landschap van (grootschalig) open water, slikken graslanden en moerassen; bos en struwelen komen alleen op de allerhoogste platen en in de periferie voor;
- broedvogels van drassige graslanden en moerassen;
- rust- en foerageergebied voor overwinterende trek- en watervogels (eenden ganzen zwanen steltlopers, watergebonden roofvogels).

Omdat de bescherming op grond van de Natuurbeschermingswet 1998, zoals laatstelijk gewijzigd in oktober 2005, het meest strikt is vormt dit kader verder de belangrijkste leidraad. In de tekst wordt waar nodig ingegaan op de te beschermen waarden vanuit de verschillende regelingen.

2.3.3 Habitats en soorten

Het Lauwersmeer is wel Vogelrichtlijngebied, maar geen Habitatrichtlijngebied. Vanwege de beschermingsregimes is het wel van belang de huidige waarden in het gebied wat betreft habitats (vegetaties) en soorten (fauna), waaronder met name de vogels, nauwkeurig in beeld te brengen. Voor het Lauwersmeer is het ook van belang in meer kwalitatieve zin te bezien hoe het gebied zich in ecologisch opzicht vanaf de afsluiting in 1969 heeft ontwikkeld. Dit is nodig om op grond van deze trend een voorspelling te kunnen doen van de toekomstige ontwikkeling. Een ontwikkeling die overigens – zoals in **paragraaf 1.2** beschreven - weer sterk beïnvloed wordt door de keuzen ten aanzien van het waterbeheer.

Vegetaties

In het Lauwersmeergebied komen verschillende bijzondere en kwetsbare vegetatietypen voor. Het oppervlakte-aandeel van deze vegetaties is echter relatief gering (**zie tabel 4.3**). Het betreft hierbij plantengemeenschappen die behoren tot de volgende groepen:

- Vochtige tot natte duinvalleivegetaties met Parnassia, Moeraswespenorchis en Knopbies. Binnen het Nationaal Park nemen dergelijke vegetaties 2% van het oppervlak in, in de Marnewaard is dat 1%;
- Vegetaties met Kortarige zeekraal en/of Schorrenkruid. Binnen het gekarteerde deel van het Nationaal Park bedraagt het oppervlakteaandeel 2%, in de Marnewaard 0,04%;
- Overstromingsgraslanden met Fioringras en Aardbeiklaver en zilte overstromingsgraslanden met Zilte rus. In de Marnewaard wordt dit vegetatietype niet aangetroffen en binnen de gekarteerde delen van het Nationaal Park neemt het 13% van het oppervlak in.

Binnen het gekarteerde gebied in het Nationaal Park worden grote oppervlakteaandelen ingenomen door Rietvegetaties (17%) en natte (riet)ruigten (24%), voornamelijk op de zuidelijke platen en in de moerasontwikkelingsgebieden. De verbreiding van Riet is weergegeven in 'Natuurwaarden in het Lauwersmeergebied'. Overstromingsgraslanden nemen 20% van het oppervlak in beslag en worden vooral aangetroffen op De Rug, bij Achter de Zwarten De Zuidelijke Lob en de Zuidelijke Ballastplaat. Kruiwilgstruweel, dat binnen het Nationaal Park 8% van het oppervlak inneemt, is vooral aan te treffen op De Rug, de Zuidelijke Lob en de Zuidelijke Ballastplaat.

De niet gemaaide vochtige/natte duinvalleivegetaties zullen naar verwachting op termijn verdwijnen vooral door de oprukkende Kruiwilg. Daar waar dergelijke vegetaties gemaaid worden kunnen ze veel langer standhouden. Uiteindelijk zal ook hier, door strooiselophoping en ontkalking, verzuuring ertoe leiden dat deze gemeenschappen verdwijnen.

Overstromingsgraslanden met Fioringras en Aardbeiklaver komen vooral op de lutumarmere, veelal seizoensbeweide, platen voor. Deze kunnen bij het huidige beweidingsbeheer lang standhouden.

Vooraf de vegetaties van vochtige/natte duinvalleien herbergen verschillende plantensoorten die beschermd zijn (Flora- en faunawet) of vermeld staan op de Rode Lijst 2004 ('Natuurwaarden in het Lauwersmeergebied' in het A&W-rapport).

De zoute pioniervegetaties zijn sinds de eerste jaren na afsluiting sterk achteruitgegaan (**zie boven**) en dit is een trend die zich in grote delen van het Lauwersmeergebied zal voortzetten.

Tabel 4.3 Oppervlakte (ha) vegetatiegroepen binnen verschillende delen Lauwersmeer.

Oppervlakte (in hectare) van vegetatiegroepen binnen verschillende delen van het Lauwersmeer. Voor nadere toelichting zie verder de tekst.

Vegetatiegroep	Structuur	Memerwaard	Juffrouw Arie	De Rug	De Lasten	Zuidelijke IJb en Ballastmaat	Zoutkamperpeet	Blakmaat	Semmermaat	Pemppemaat	Earmkeeg	Barts wal	Totaal
Drooggevallei kale bodem	-			1,5	0,0	0,6			0,2		6,6	0,6	9,5
Onbegroeid open water	-	8,3				0,3				0,9	5,4	4,5	20,3
Wielplantenvegetaties	W			0,0	0,0	0,5				2,5	48,8	0,1	51,9
Rietvegetaties	R	38,5		5,2	1,8	2,6	41,3	146,2	86,5	15,4	47,1	0,0	384,8
Brakke verandingsvegetaties met Ruwe bies of Heen	R	0,4		0,8	0,1	4,5	0,7	0,3		0,4	0,2		7,5
Pioniervegetaties met Greppelrus, Yarkensgras, Goudkroete, Goudzuring en Rode watererepits	P			3,1		2,7					58,6	0,9	65,3
Pioniervegetaties met Zille schijpspuitje	P			0,0		1,2					0,9	0,8	2,9
Vegetaties met Kortantje zeekraal en/of Scholmenknuid	P	0,6		10,6	0,1	16,4	0,1					8,2	36,0
Vegetaties met Gewoon kweldergras	ZG	1,4		2,1	0,2	3,8							8,6
Vegetaties met Zille rus	ZG	0,9		4,5	0,9	8,3	2,2	0,1	0,1				15,5
Overstromingsgraslanden met Fionigras en Aardbeekklaver	OG	1,8		19,4	11,3	68,2	13,0	24,9	5,2	2,9	0,1	11,4	156,2
Overstromingsgraslanden met Fionigras en Geknikte vossenstaart en vegetaties met Straatgras	OG	0,8		37,4	0,4	73,1	13,6	0,4	3,1	2,5	15,7	0,5	147,4
Zille overschrotingsgraslanden met Zille rus	OG		0,6	19,2	6,4	20,4	15,6	25,3	21,1	1,5	4,4	0,3	114,7
Zeer voedselhijke graslanden met Engels raaigras en Ruw beerntgras	OG			0,6	0,5	2,6	24,4	0,5	0,1	85,2	8,7	0,7	123,6
Voedselhijke graslanden met dominante van Rietzwentgras	OG			0,0	1,7	7,5	3,3				15,5	0,2	28,2
(Mäßig) voedselhijke graslanden met Rood zuwenkras of Glanshaver	OG	633,9	0,4	4,5		6,1	24,1			14,5	2,8	3,3	689,6
(Mäßig) voedselhijke graslanden met Kanngras	OG			1,0	0,1	5,3	0,8			0,0	1,3	2,1	10,6
Vochthijke-ratte duinvallei-vegetaties met Panassia, Mieraswespenorchis, Knopbies en Strandzuizendguldengkuid	DV	12,9	14,9	13,2	6,8	8,7						0,9	57,4
Droge graslanden met Schapegras en Rood zuwenkras	OG	256,7	0,5	0,1		1,0						0,2	258,4
Natte ruigten	RU	45,2		1,4	0,4	0,0	81,9	109,2	113,5	8,9	11,8	1,3	373,6
Vochthijke tot droge Ruigten en stromsvegetaties	RU	58,5	0,2	7,6	0,0	13,7	77,6	13,1	1,5	75,4	1,2	2,2	251,0
Duinboomstuwel	S	58,2		9,2		10,6	3,5	1,3	0,1	2,0			85,0
Knipwilgstuweel	S	6,5		64,6		73,6	8,4	6,2	15,9	0,3			176,7
Grauwe wilgstuweel en Elzenbroek	S	329,0		2,1		0,4	3,8	12,8	6,9	9,5	0,2		364,7
Sonabladige wilgstuweel (B4) en Schietwilgenbos	S			0,7		16,0	11,5	13,8	5,7		2,6		50,3
Dunberkenbos	S					4,7		0,2					4,9
Palen en parkeerplaatsen en bebouwing	-	113,6											113,7
Totaal		1555,4	18,4	210,6	25,0	334,8	330,1	352,9	268,1	227,7	231,9	56,2	3625,1

1) Structuurtypen: W= watervegetaties; R= rietland; P= pioniervegetaties; ZG= zilte graslanden; DV= duinvallei-vegetaties; OG= ontzichte (nole) graslanden; RU= ruigen; S= stuweel en bos

Fauna

Zoogdieren

Het Lauwersmeer is geen Habitatrichtlijngebied. Zoogdiersoorten die ook buiten Habitatrichtlijngebieden bescherming genieten en in het Lauwersmeergebied voorkomen zijn diverse soorten vleermuizen (o.a de relatief bijzondere Meervleermuis) en de Waterspitsmuis.

Broed- en Winter/trekvogels

In het Vogelrichtlijngebied Lauwersmeer komen drie soorten kwalificerende broedvogels voor en zeven soorten overige relevante soorten. Deze soorten foerageren vooral in het natuurgebied. Een deel van deze soorten komt ook plaatselijk voor in de Marnewaard als broedvogel (zie tabel 4.4 en 4.5).

Tabel 4.4 Kwalificerende en overige relevante broedvogels in de SBZ Lauwersmeer⁷.

Soort	Gem.	Gem.	Verandering	Rode lijst 2004
	1993-1997	2002-2004		
Kwalificerende soorten				
Bruine kiekendief	29	21	0	
Grauwe kiekendief	5	4	0	EB
Kemphaan	18	7	-	EB
Overige relevante soorten				
Porseleinhoen	3	11	+	KW
Kluut	141	86	-	
Noordse stern	27	2	-	
Oeverzwaluw	943	168	-	
Paapje	9	9	0	BE
Blauwborst	87	124	+	
Rietzanger	1733	(Ca. 2000)	0	

Tabel 4.5 Belangrijke en minder belangrijke foerageergebieden van kwalificerende en overige relevante broedvogels in SBZ Lauwersmeer⁸.

Soort	Lagere delen natuurgebied (platen)				Hogere delen natuurgebied	Open water / droogvallend slik		Moeras-ontwikkeling	Omgeving			
	Onbeweid Eiled	Seizoensbeweid	Seiz/ jaarrondbew.	jaarrondbeweid		Ondiep (0-1 meter)	Diep (> 1 meter)		Marnewaard	Bouland	cultuurgrasland	Waddensee
Kwalificerende soorten												
Bruine kiekendief	•	•	•	•	○			•	○	•	○	
Grauwe kiekendief		•	•	○					•			
Kemphaan		○	○					•				
Overige relevante soorten												
Porseleinhoen	○	○	○	○				•				
Kluut (Noordse stern)						○		•				○
Oeverzwaluw	○	○	○	○		•	○	○	○			
Paapje					•							
Blauwborst	•	○	○	•	○			•				
Rietzanger	•	•	•	•	○			○				
Totaal •	3	3	3	3	1	1	0	5	1	1	0	0
Totaal ○	2	4	4	3	3	1	1	2	2	0	1	1

In het Vogelrichtlijngebied Lauwersmeer komen tien soorten kwalificerende winter- en trekvogels voor en 27 soorten overige relevante soorten. Deze foerageren vooral in het

⁷ Met het gemiddeld aantal broedparen ten tijde van de aanwijzing (periode 1993-97) en recent (periode 2002-2004). De verandering geeft weer in hoeverre het aantal broedparen van 1993-97 naar 2002-2004 is veranderd (+: toename van meer dan 30%, -: afname van meer dan 30%, 0: toename/afname van minder dan 30%). De keuze voor 30% is arbitrair. Verder wordt de status op de Rode lijst 2004 vermeld (EB= ernstig bedreigd, BE=bedreigd, KW=kwetsbaar).

⁸ Belangrijke(•) en minder belangrijke(○) foerageergebieden voor kwalificerende en overige relevante broedvogels in de Speciale beschermingszone Lauwersmeer. De Noordse stern is tussen haakjes geplaatst, omdat de soort als regelmatige broedvogel is verdwenen.

ondiepe water tussen de platen in de moerasontwikkelingsprojecten en in de omgeving (cultuurgrasland, akkerbouwgebied) (zie tabel 4.6 en 4.7).

Tabel 4.6 Kwalificerende en overige relevante winter- en trekvogels SBZ Lauwersmeer⁹.

Soort	Gem. 1993-97	Gem. 2000/01-2004/05	Verandering
Kwalificerende soorten			
Lepelaar	312	460	+
Kleine zwaan	1459	969	-
Wilde zwaan	54	89	+
Grauwe gans	3524	13186	+
Brandgans	14646	25178	+
Krakeend	1387	3512	+
Wintertaling	5525	7057	+
Pijlstaart	3389	3583	0
Slobeend	443	1128	+
Reuzenstern	7	10	+
Overige relevante soorten			
Fuut	192	128	-
Aalscholver	234	397	+
Kleine zilverreiger	2	3	+
Grote zilverreiger	3	13	+
Kolgans	1798	5648	+
Rotgans	855	412	-
Bergeend	885	1146	0
Smient	7002	6606	0
Wilde eend	7116	5327	0
Tafeleend	1123	709	-
Kuifeend	1593	2086	+
Briduiker	366	132	-
Nonnetje	42	60	+
Visarend	2	1	-
Slechtvalk	4	6	+
Meerkoet	4054	5482	+
Kluut	183	351	+
Bontbekplevier	66	263	+
Goudplevier	2709	2019	0
Zilverplevier	159	4	-
Grutto	837	1380	+
Wulp	2096	688	-
Steenloper	60	9	-
Dwergmeeuw	255	26	-
Totaal			+ : 19
			0 : 5
			- : 10

⁹ Kwalificerende en overige relevante winter- en trekvogels in de Speciale beschermingszone Lauwersmeer, met het gemiddeld jaarmaximum ten tijde van de aanwijzing (periode 1993-97) en recent (periode 2000/01-2004/2005). De verandering geeft weer in hoeverre het gemiddeld jaarmaximum van 1993-97 naar 2000/01-2004/2005 is veranderd (+: toename van meer dan 30%, -: afname van meer dan 30%, 0: toename/afname van minder dan 30%). De keuze voor 30% is arbitrair.

Tabel 4.7 Belangrijke (●) en minder belangrijke (○) foerageergebieden voor kwalificerende en overige relevante winter- en trekvogels SBZ Lauwersmeer¹⁰.

Soort	Lagere delen natuurgebied (platen)				Hogere delen natuurgebied (landaanw., voormalig landbouwgeb.)	Open water / droogvallend slik		Moerasontwikkeling	Omgeving			
	Onbeweid eided	Seizoensbeweiding	Seiz/ jaarrondbew.	Jaarrondbeweiding		Ondiep (0- 1 meter)	Diep (> 1 meter)		Marnewaard	Boumland	cultuurgrasland	Waddenze
Kwalificerende soorten												
Lepelaar						●		●			○	●
Kleine zwaan						●				●	○	
Wilde zwaan						●				●		
Grauwe gans		●	●		○				○	●	○	
Brandgans		●	●		○					○	●	
Krakeend						●		●				
Wintertaling						●		●				
Pijlstaart						●		●		●		
Slobeend						●		●				
Reuzenstern						●	○	○				
Overige relevante soorten												
Fuut						●	●					
Aalscholver						○	●					●
Kleine zilverreiger						●		●				
Grote zilverreiger						●		●				
Kolgans									○	●		
Rotgans												●
Bergeend		○	○			●		●				○
Smient						●					●	○
Wilde eend						●		○		●		
Tafeleend						●		○				
Kuifeend						●		○				
Brilduiker							●					
Nonnetje						●	●	●				
(Visarend)						○						
Slechtvalk		○	○			○		○		●	●	●
Meerkoet						●		●				
Kluut						●		○				
Bontbekplevier		○	○			○		●				
Goudplevier										●	●	
(Zilverplevier)						○						
Grutto						●		●			●	
Wulp											●	●
Steenloper						●		○				
Dwergmeeuw						●	●	○				
Totaal ●	0	2	2	0	0	24	5	12	0	7	7	5
Totaal ○	0	3	3	0	2	4	1	8	1	2	3	2

Ontwikkelingen in vegetatie en fauna

De ontwikkelingen in de vegetatie en fauna sinds de afsluiting van het Lauwersmeer in 1969 zijn van belang om een beeld te krijgen van de wijze waarop het gebied zich kan ontwikkelen indien er geen veranderingen zouden optreden in de toekomst. Dit is vooral van belang omdat er in het beheer juist veranderingen zijn voorzien (zie paragraaf 4.3.4), die tot doel hebben de autonome ontwikkeling in vegetatie en fauna tegen te gaan. In het A&W-rapport zijn de ontwikkelingen in de vegetatie en fauna sinds de afsluiting uitgebreid

¹⁰ Belangrijke (●) en minder belangrijke (○) foerageergebieden voor kwalificerende en overige relevante winter- en trekvogels in de Speciale beschermingszone Lauwersmeer. Visarend en Zilverplevier zijn tussen haakjes geplaatst omdat de soorten weliswaar op de lijst staan, maar geen regelmatig voorkomende soorten zijn.

uiteengezet. Kort samengevat kunnen de volgende relevante trends in de ontwikkelingen van de vegetatie en de fauna worden waargenomen.

Vegetatie

- Na afsluiting ontstonden over grote oppervlakten zoutminnende vegetaties. Deze zijn door ontzilting sterk teruggedrongen. Door de ontzilting nam de productiviteit toe. Dit leidde tot verruiging met rietvegetaties (landriet) op de lagere en kleiiger delen en vegetaties met Duinriet op de hogere delen. De rietvegetaties verruigden verder met natte ruigtekruiden en struweelvorming. Dit treedt vooral op de nooit beheerde delen op, maar ook in de jaarrondbeweide kleiiger delen;
- Plaatselijk ontstonden duinvalleivegetaties, vooral op de zandige, kalkhoudende platen. Bij maaibeheer houden deze nog goed stand, maar bij beweiding verruigen deze met Kruipwilg en Duinriet, afhankelijk van het grondwaterregime;
- Begrazingsbeheer lijkt de verruiging af te remmen maar niet geheel te stoppen. Alleen in intensief beweide delen treedt afname van de rietvegetaties op;
- Door moerasontwikkelingsprojecten hebben zich beter ontwikkelde rietvegetaties ontwikkeld. Ook ontwikkelen zich daar plaatselijk zoete pioniervegetaties.

Broedvogels

Op de platen met een natuurlijke successie van de vegetatie kwamen in de eerste jaren na de inpoldering vogelsoorten van pioniervegetaties voor, in de tweede helft van de jaren '70 en het begin van de jaren '80 vooral weidevogels en vanaf het midden van de jaren '80 vooral rietvogels. In de natuurlijke wilgenbossen kwamen tot voor kort enkel soorten voor van jong bos. Langzaam maar zeker worden de bossen gekoloniseerd door soorten van ouder bos.

Seizoensbeweiding leidde in de eerste jaren tot een sterke toename van de openheid van het landschap. Hierdoor namen pionierbroedvogels en weidevogels toe en riet- en bosvogels af. In de jaren daarna nam de verruiging plaatselijk weer toe, met negatieve effecten op soorten van vroegere successiestadia.

Jaarrondbeweiding heeft tot nu toe vooral geleid tot een afname van broedvogels van nat rietland langs de oevers van de platen. De open delen van de jaarrondbeweide platen zijn nog steeds te kleinschalig voor broedende weidevogels, maar worden langzaam maar zeker geschikter als jaaggebied voor Bruine en Grauwe kiekendief.

Met de vestiging van de Vos is de predatie van broedvogels, hun eieren en jongen sterk toegenomen. Moerasontwikkelingsprojecten fungeren voor sommige soorten echter als een veilige broedplaats tegen predatie.

Winter- en trekvogels

In het Lauwersmeergebied kunnen veel soorten winter- en trekvogels, voor korte of langere tijd in groten getale aanwezig zijn. Het betreft vooral water- en moerasvogels, maar ook steltlopers, roofvogels, uilen en zangvogels. De verschillende vogelsoorten gebruiken het gebied ieder op hun eigen wijze, waarbij het aanbod en de beschikbaarheid van voedsel de sturende factor is.

Op de onbeweide platen is de winter- en trekvogelbevolking onder invloed van de vegetatiesuccessie veranderd van soorten van pioniervegetaties, naar soorten van grazige vegetaties en tegenwoordig vooral soorten van rietland en bos.

Onder invloed van seizoensbeweiding zijn watervogels na verloop van tijd van de platen verdwenen. Tegenwoordig foerageren nog vooral ganzen op de platen. Andere soorten verdwenen omdat hun voedselbronnen opdroogden.

Jaarrondbeweiding heeft relatief weinig effect gehad op de winter- en trekvogelbevolking. Met name de soorten van natte oevers zijn onder invloed van de beweiding verdwenen. Hiervoor zijn weinige nieuwe soorten in de plaats gekomen.

De meeste winter- en trekvogels foerageren tegenwoordig in het ondiepe water van het Lauwersmeer, in de moerasontwikkelingsprojecten (met name Ezumakeeg) of in omgeving (cultuurgrasland, akkerbouwgebied). Hier is veel voedsel te vinden.

Zoogdieren

Na de inpoldering van het Lauwersmeer heeft het soms lang geduurd voordat zoogdiersoorten (delen van) het gebied hebben gekoloniseerd. De Veldmuis koloniseerde het Lauwersmeer in het eerste jaar na de inpoldering, de Vos pas in 1984, de Aardmuis in 1986 en de Waterspitsmuis wellicht pas in 2001.

De Veldmuis vertoont op de platen grote jaarlijkse variaties in aantallen en in tegenstelling tot de droge randzone van het Lauwersmeergebied, geen driejaarlijkse ritmiek. Jaarlijkse aantalsvariaties van veldmuizen op de platen worden behalve door veranderingen in de vegetatie, waarschijnlijk vooral gestuurd door variaties in neerslag en boezemwaterstand. In de meeste jaren komen veldmuizen vooral voor op plaatdelen boven NAP -0,25 m. Na een droge winter, met nauwelijks inundaties, kunnen ze ook algemeen voorkomen op de lagere plaatdelen. Op de onbeweide platen zijn Veldmuizen onder invloed van de vegetatiesuccessie bijna verdwenen.

Op de seizoensbeweide platen kwamen veldmuizen talrijker voor in een reeks van jaren nadat de veedichtheid in het midden van de jaren 80 werd verlaagd en grazige vegetaties op de hogere plaatdelen verruigden naar rietvegetaties. Toen de rietvegetaties tamelijk gesloten werden nam de veldmuisdichtheid sterk af ten gunste van de Aardmuis.

Na vestiging in 1984 is het aantal vossen in de daarop volgende jaren snel toegenomen. Vanaf het midden van de jaren '90 is het aantal gestabiliseerd. In het centrale natuurgebied bevinden de meeste burchten zich in door de mens gemaakte verhogingen. Bij hoge boezemwaterstanden in het Lauwersmeer verlaat een deel van de vossen de centrale platen van het Nationaal Park. Ze verspreiden zich dan naar drogere delen in de omgeving.

2.3.4 Beheersscenario's beleid: autonome ontwikkeling

Voor de autonome ontwikkeling zouden de trends zoals hiervoor gesignaleerd doorgetrokken kunnen worden naar de toekomst. Echter, zoals in **paragraaf 1.2.4** is aangegeven is de autonome ontwikkeling wat betreft het waterbeheer erg onzeker. Vooral de mate waarin zeewater mag worden ingelaten en peilschommelingen mogen optreden zijn van invloed op de ontwikkeling van vegetatie en fauna. Hoe de interactie verloopt tussen abiotische standplaatsfactoren en de levende natuur en wat veranderingen in die standplaatsfactoren betekenen voor vegetatie en fauna is aangegeven in **paragraaf 1.3.1**.

Autonome ontwikkeling: peilconsolidatie

In de autonome ontwikkeling wordt ervan uitgegaan dat het huidige streefpeil in het Lauwersmeer alsmede het begrazingsbeheer gelijk blijft. In dat geval zal door zeespiegelstijging de verzilting in vooral de kustzone geleidelijk (weer) toenemen en de zullen de mogelijkheid om het waterbezwaar te lozen geleidelijk afnemen. Door autonome bodemdaling kan bij een gelijkblijvend streefpeil de verzilting langs de randen van het meer juist iets afnemen door frequentere inundaties en een relatief iets hogere waterstand, daarentegen kan lokaal, langs de randen van hogere platen de verzilting ook iets toenemen doordat de zoetwaterbel onder de platen dunner wordt waarbij ook het uitreden van kalkrijk water iets kan afnemen.

Vegetatie en flora

De niet gemaaide vochtige/natte duinvalleivegetaties zullen naar verwachting op termijn verdwijnen vooral door de oprukkende Kruiwilg. Daar waar dergelijke vegetaties gemaaid worden kunnen ze veel langer standhouden. Uiteindelijk zal ook hier, door strooiselophoping en ontkalking, verruiging leiden tot het verdwijnen van deze gemeenschappen. Overstromingsgraslanden met Fioringras en Aardbeiklaver komen vooral op de lutum-armere, veelal seizoensbeweide, platen voor. Deze kunnen bij het huidige beweidingbeheer lang standhouden. Zoals in **paragraaf 1.3.2** al aangegeven lijkt begrazingsbeheer de verruiging wel af te remmen maar niet geheel te stoppen.

Alleen in intensief beweide delen treedt afname van de rietvegetaties op. Dankzij moerasontwikkelingsprojecten hebben zich beter ontwikkelde rietvegetaties kunnen vormen terwijl plaatselijk, door de verdergaande ontzilting, ook zoete pioniervegetaties tot ontwikkeling zijn gekomen. Er is kortom een verdere afname van zilte pioniervegetaties te verwachten en een lichte afname van duinvalleivegetaties.

Broedvogels

Onder invloed van autonome ontwikkeling zullen de meeste kwalificerende en overige relevante broedvogels in aantal afnemen. Voor Bruine en Grauwe kiekendief hangt dat samen met een verwachte afname in de gemiddelde veldmuisdichtheid op de platen (**zie onder**).

Kemphaan, Kluut en Noordse stern nemen naar verwachting af door een afnemende openheid van de vegetatie en een blijvend hoge predatiedruk door vossen. De Noordse stern is nu al als regelmatige broedvogel verdwenen de Kemphaan staat op het punt om dat voorbeeld te volgen. Het voorkomen van de Kluut is en blijft afhankelijk van open eilandachtige structuren in het moerasontwikkelingsobject Ezumakeeg. Voor het Porseleinhoen wordt verwacht dat de soort in de toekomst op de onbeweide en eventueel seizoensbeweide platen zal kunnen profiteren van uitbreidende oevervegetaties, maar op de jaarrond-beweide platen schade zal ondervinden van een toenemende graasdruk, waardoor oevervegetaties kort worden afgegraasd en ongeschikt broedhabitat worden. De autonome ontwikkeling voor het porseleinhoen wordt daarom ingeschat als neutraal.

Voor Oeverzwaluw en de Blauwborst wordt een neutrale autonome ontwikkeling ingeschat. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat voor de Oeverzwaluw blijvend broedgelegenheid wordt aangeboden. Het Paapje is nu vooral een broedvogel van de landwinning en voormalige landbouwgronden vooral in delen die braak liggen of sinds kort worden beweide. In langer beweide percelen neemt de soort weer in aantal af. De autonome ontwikkeling wordt ingeschat als licht negatief. De Rietzanger is een kenmerkende broedvogel van landrietvegetaties. Het landriet zal plaatselijk verruigen of onder invloed van beweiding overgaan in grasland. Ook voor deze soort wordt de autonome ontwikkeling daarom ingeschat als licht negatief.

Winter- en trekvogels

Voor de meeste kwalificerende en overige relevante winter- en trekvogels worden geen veranderingen in aanwezigheid verwacht onder invloed van autonome ontwikkeling.

Veranderingen in de aanwezigheid worden vooral verwacht voor soorten die foerageren in het lagere deel van de SBZ (de platen) of in de hogere delen (landaanwinning en voormalige landbouwgebied) foerageren. Het betreft hier met name Grauwe gans en Brandgans. De meeste soorten winter- en trekvogels foerageren echter in ondiep water, in moerasontwikkelingsprojecten en in de omgeving van de SBZ. Hier worden weinig veranderingen verwacht.

Door veranderingen buiten Lauwersmeergebied kunnen soorten overigens ook toe- of afnemen. Grauwe gans en Brandgans benutten met name in het voorjaar grasblad op de seizoensbeweide en jaarrondbeweide platen. Vooral door uitbreiding van Kruiplwilg wordt een afname van open grasland en daarmee habitat voor bovengenoemde soorten verwacht.

Zoogdieren

De bijzondere waarden met betrekking tot zoogdieren bestaan uit het voorkomen van vijf soorten vleermuizen en de Waterspitsmuis. De verschillende soorten vleermuizen foerageren boven open water (al dan niet kleinschalig) en boven land. Er zijn geen aanwijzingen dat bodemdaling het voorkomen van de soorten zal beïnvloeden zodat deze buiten beschouwing kunnen blijven. De Waterspitsmuis is slechts éénmaal (2001) in het gebied aangetroffen. Met de aanleg van moerasontwikkelingsprojecten in het Lauwersmeer die niet vrij voor de boezem liggen (Ezumakeeg I en II, en Kollumeroord) wordt het gebied naar verwachting aantrekkelijker voor de soort. De autonome ontwikkeling wordt daarom als positief ingeschat. Daarnaast is het voorkomen van kleine zoogdieren (met name de Veldmuis) van belang als voedselbron voor kwalificerende roofvogels (Bruine en Grauwe kiekendief, beide als broedvogel).

De Veldmuis en naar verwachting ook de Waterspitsmuis komen vooral voor op het hogere delen van de platen (boven NAP -0,25 m), die niet regelmatig overstromen. Na droge winters, met nauwelijks inundaties, komt de Veldmuis echter ook algemeen voor op de lagere plaatdelen. Jaarlijkse aantalsvariaties van de Veldmuis op de platen worden daarom, behalve door veranderingen in de vegetatie, waarschijnlijk vooral gestuurd door

variaties in neerslag en boezemwaterstand. Door vegetatiesuccessie is de soort op de onbeweide platen bijna verdwenen.

Bij een autonome ontwikkeling zal de Veldmuis op de platen gemiddeld genomen licht in aantal afnemen. Op de noordelijke beweide platen zal de dichtheid van de Veldmuis door struweel vorming van de hogere delen (Kruipwilg, later ook andere soorten) naar verwachting geleidelijk afnemen ongeacht het beweidingsbeheer. De uitbreiding van Kruipwilg (en later andere soorten) is namelijk met beweiding niet te stoppen. Kruipwilgvegetaties met een open karakter kunnen echter nog lang een geschikt habitat voor Veldmuizen blijven. In de Bantswal is struweel vorming met Kruipwilg tot nu toe zeer beperkt gebleven en heeft recent een uitbreiding van zilte pioniervegetaties plaatsgevonden. Dit gebied zal daarom naar verwachting nog lang een geschikt habitat voor Veldmuizen blijven.

De toename van struweel op de zuidelijke platen is tot nu toe relatief beperkt gebleven en zal bij handhaving van het huidige beheer ook in de toekomst minder snel verlopen dan op de noordelijke platen. Wel is de het areaal met riet sterk toegenomen waardoor de dichtheid van Veldmuizen is afgenomen. Staatsbosbeheer heeft echter het voornemen om het begrazingsbeheer op veel zuidelijke beweide platen te intensiveren. Bij uitvoering van dit voornemen zal het habitat geschikter worden voor Veldmuizen.

Autonome ontwikkeling: peilfluctuatie en brak systeem

Behalve met een autonome ontwikkeling die uitgaat van peilconsolidatie, moet tevens nadrukkelijk rekening worden gehouden met een scenario waarbij er sprake is van:

- Dynamisch peilbeheer en jaarrond begrazing: de laag gelegen terreindelen worden opslagvrij gehouden door winterinundaties. In de winter worden de grazers gedwongen over te gaan op een dieet van houtachtige planten op de hoger gelegen terreindelen waardoor ook hier struweelvorming tegengegaan wordt. In de zomerperiode eten de dieren gras in de lagere terreindelen waarbij ze ook een reserve voor het kariger winterseizoen kunnen aanleggen. In dit scenario duren inundaties relatief lang en strekken ze zich over een relatief groot gebied uit;
- Dynamisch peilbeheer, brak water en jaarrond begrazing: de laag gelegen terreindelen worden opslagvrij gehouden door winterinundaties en brak water. Het mechanisme achter begrazing is gelijk. Het hoge chloridegehalte versterkt het effect van inundaties (afsterven en niet tot ontwikkeling komen). De inundaties kunnen relatief kort duren maar moeten zich wel over een groot gebied uitstrekken. Door de kortere duur, zal de begrazingsdruk op de hoger gelegen gebieden lager zijn, zodat daar een hogere begrazingsintensiteit toegepast kan worden.

Gevolgen peilfluctuatie

Afhankelijk van het gekozen winterpeil is de toename van geïnundeerd gebied bij dynamisch peilbeheer maximaal circa 1227 ha (= 47% van het landgedeelte binnen de kades van het Lauwersmeer) bij een verhoging van het winterpeil met 0,5 m (netto: NAP -0,4 m). De overige circa 1400 ha (53%) van het landareaal van het Lauwersmeer wordt niet overstroomd (behoudens in kortdurende perioden van hoge afvoer, waarbij het wateroverschot niet direct op de Waddenzee uitgeslagen kan worden). Een dergelijk beheer heeft de volgende gevolgen:

- Het al dan niet brakke water kan bij een winterpeil van circa NAP -0,4 m in een relatief groot deel van het gebied (circa 50%) een bijdrage leveren aan het open houden van het landschap en de instandhouding van moeras- en graslandvegetaties. Bij een geringe winterpeilverhoging treedt bij de eerste 10 cm nauwelijks een toename van het geïnundeerde oppervlak op. Bij een verhoging van 30 cm is de toename circa 600 ha;
- Aangenomen mag worden dat de oppervlakte die gedurende de periode waarin het winterpeil gehandhaafd wordt overstroomd is, na droogvallen een pioniervegetatie ontwikkelt. Bij een geleidelijke peilverlaging in het voorjaar kunnen in het onderste traject ook (riet)moerassen ontstaan. Door de lange en aaneengesloten inundatieperiode zullen goed ontwikkelde graslanden niet tot ontwikkeling komen. Uiteraard wordt ook ruigtevorming en bosopslag (vrijwel) geheel tegengegaan;
- De pioniersvegetaties vormen een geschikt broedgebied voor onder andere steltlopers, sterns en verschillende soorten kleine zangvogels. Vooral in het vroege voorjaar, bij het geleidelijk droogvallen van de gronden kunnen veel soorten vogels

hier ook voedsel vinden. Door de sterke toename van het areaal overstromd gebied is het gebied van weinig betekenis voor foeragerende herbivore ganzen en eenden;

- Het verhoogde winterpeil leidt tot een substantiële toename van het areaal rietmoeras. Het broedareaal voor moerasvogels (kiekendieven reigerachtigen rallen zangvogels) neemt hierdoor toe;
- Bij een winterpeilverhoging (van 50 cm) is in de winter circa 1400 ha beschikbaar voor grote grazers. De begrazingsintensiteit neemt in de winter relatief toe in het gebied. Dit zal verder bijdragen aan de terugdringing van bosopslag, zeker wanneer de grazers gedwongen worden over te stappen op een dieet van houtige gewassen die in de zomerperiode een kans krijgen wanneer de grazers naar de lager gelegen terreindelen trekken. Op de begraasde terreinen ontwikkelen zich wel (vochtige) graslanden die als foerageergebied voor ganzen kunnen dienen.

Dynamisch peilbeheer met een winterpeilverhoging van 50 cm levert hiermee een relatief grote bijdrage aan de totstandkoming van natuurdoelstellingen in het Lauwersmeer. Zowel de vegetatiekundige als de avifaunistische variatie in het gebied neemt sterk toe. De populaties van moerasvogels, steltlopers en sterns kunnen aanmerkelijk toenemen. Ook bij een geringere winterpeilverhoging treedt een toename van de natuurwaarde van het gebied op, zij het minder groot. Mogelijk vindt hierbij echter een minder grote terugdringing van struweel plaats op de hoger gelegen delen vanwege de minder grote begrazingsdruk in de winter. Bij de winterpeilverhoging van minder dan 30 cm is relatief weinig natuurwinst te boeken bij een winterpeilverhoging van minder dan 10 cm is de natuurwinst nihil.

Gevolgen brak systeem

Brak water versteekt het effect van langdurige inundatie. Op de 's winters langdurig overstromde terreindelen ontwikkelt zich in de zomer een brakke pioniersvegetatie, met waarschijnlijk een vrij lage primaire productie, vergelijkbaar met de vegetaties van lage kwelders. Mogelijk ontstaan op de permanent overstromde platen zeegrasvegetaties. Rietmoerassen zullen niet ontstaan, mogelijk wel kleinere arealen met biezen (afhankelijk van chloridegehalte van het water). Bij een (stagnant) brak systeem met een seizoensfluctuatie treedt waarschijnlijk een relatieve verarming op van de broedvogelbevolking. Vogels van (riet)moerassen verliezen hun biotopen. De vogels die op de droogvallende platen broeden en foerageren kunnen meestal ook in een zoet systeem een geschikte plek vinden. Bovendien verliest het gebied zijn foerageerfunctie voor de Kleine zwaan, omdat de watervegetaties met Schedefonteinkruid snel zullen verdwijnen. Een brak systeem levert voor de Lepelaar mogelijk betere foerageercondities op.

Het is niet ondenkbaar dat een brak stagnant systeem positieve gevolgen heeft voor vogelsoorten die nu niet kwalificerend zijn voor het Lauwersmeer. Het gebied kan daarmee op een andere wijze dan momenteel bijdragen aan Natura 2000.

De natuurlijke variatie van een brak meer met een seizoensfluctuatie verschilt sterk met die van een estuarium met (ook) een getijdefluctuatie. In het laatste geval ontstaan veel genuanceerde verschillen in terreindelen qua overstromingsfrequentie, overstromingsduur en chloridegehalte. De vegetatiekundige variatie is daardoor groter, wat op haar beurt een grotere biotoopafwisseling, en daarmee een rijkere fauna oplevert.

Gevolgen voor vogels

In **tabel 4.8** is aangegeven hoe dynamisch peilbeheer en een brak systeem van invloed zijn op kwalificerende en overige relevante vogelsoorten.

Tabel 4.8 Gevolgen voor vogels (ten opzichte van peilconsolidatie).

Soorten	Mogelijke gevolgen
Kleine zwaan	Bij zoet systeem: geen veranderingen. Beschikbaarheid Schedefonteinkruid blijft gelijk. Bij zout systeem: belangrijkste voedselbron (Schedefonteinkruid) verdwijnt. Gedwongen overschakeling op oogstresten in omgeving, en daardoor mogelijk afname populatie.
Wilde zwaan, Grauwe gans, Brandgans	Foerageermogelijkheden binnen Lauwersmeer nemen mogelijk toe, door grotere begrazingsdruk op hoger gelegen terreinen.
Herbivore eenden (Krakeend, Wintertaling, Pijlstaart, Slobeend)	Foerageermogelijkheden nemen toe door grotere arealen grasland (hogere delen) en ondiep water.
Lepelaar	Door toename van geleidelijke oevers en ondiep water nemen foerageermogelijkheden en voedselaanbod toe, zowel in een zoet, maar vooral in een brak watersysteem.
Weidevogels (o.a. kempiaan) en sterns	Relatief sterke toename van potentieel geschikt broedareaal (slikken drassige graslanden en pioniervegetaties).
Kiekendieven en moerasvogels	Zoet systeem toename van potentieel geschikt broedareaal (rietlanden). Brak systeem: verdwijnen van geschikte broedbiotopen.

Uit **tabel 4.8** blijkt dat een dynamisch peilbeheer vooral positieve tot neutrale gevolgen heeft. Een brak systeem heeft daarnaast een aantal negatieve effecten (met name op Kiekendieven en moerasvogels, alsmede Kleine zwaan).

Autonome ontwikkeling: zeespiegelstijging

Door zeespiegelstijging zal op de langere termijn het spuivenster kleiner worden waardoor de overschrijdingsfrequentie verandert en het aantal overschrijdingen toeneemt.

Hoewel een lange meetreeks van inundatiefrequenties ontbreekt, is wel duidelijk dat bij extreme waterstanden de overschrijdingsfrequentie slechts zeer gering toeneemt ten opzichte van lage waterstanden. Op basis van de tweejaarlijkse reeks blijkt bijvoorbeeld dat het verschil in overschrijdingskans tussen 3 cm -NAP en 18 cm -NAP slechts 0,25% is. Daarmee zal het effect – een toename van de overschrijdingsfrequentie ten opzichte van de huidige situatie – gezien de zeer geringe omvang van de gebiedsdelen die vaker overstromen klein zijn.

Overige functies

Anders dan de functies – landbouw, militair oefenterrein en recreatie - die toegerekend kunnen worden aan het waterbeheer zijn er geen relevante autonome ontwikkelingen die van invloed zijn op de levende natuur. Zoals in deze paragraaf is aangegeven zijn de keuzes ten aanzien van het waterbeheer van grote invloed op de ontwikkeling en het beheer van de levende natuur.

2.3.5

Conclusies levende natuur

De ecologische betekenis van het Lauwersmeer is (vanuit beleid) vooral verbonden met:

- een open landschap van (grootschalig) open water, slikken graslanden en moerassen. Bos en struwelen komen alleen op de allerhoogste platen en in de periferie voor;
- broedvogels van drassige graslanden en moerassen;
- rust- en fourageergebied voor overwinterende trek- en watervogels (eenden ganzen zwanen steltlopers, watergebonden roofvogels).

Sinds afsluiting in 1969 zijn vegetatie en fauna sterk veranderd. Er is een trend waarneembaar richting minder bijzondere natuur (verarming), verzoeting en minder variatie (verruiging). Begrazingsbeheer is maar beperkt van invloed op deze trend (remt af).

De waterhuishouding en het vegetatiebeheer zijn bepalend voor het biotisch functioneren van het Lauwersmeer. Indien er geen veranderingen optreden in beide zal de levende natuur toch langzaam veranderen in een op zich ongewenste richting zoals hierboven beschreven. Als er wel veranderingen in de waterhuishouding (en het beheer) optreden

zijn de veranderingen veel groter, maar tevens veel meer passend bij de doelstellingen vanuit de verschillende (beleids)kaders.

De eventuele toekomstige keuzes voor een natuurlijker dynamisch peilbeheer, al dan niet in combinatie met het beperkt toestaan van zoutwater invloed, zijn van veel grotere invloed op het waterhuishoudkundig systeem en het ecosysteem dan de optredende maaiveldverlaging als gevolg van bodemdaling door gasproductie. Een brakwater systeem kan zelf tot significante negatieve effecten op (kwalificerende) vogels leiden naast de voorziene positieve effecten op vogelsoorten die nu niet kwalificerend zijn voor het Lauwersmeer (maar wel gewaardeerd) en de vegetatieontwikkeling.

Het effect van zeespiegelstijging op de levende natuur lijkt vooralsnog zeer gering.

2.4 Conclusies

Onderstaand is een samenvatting gegeven van de belangrijkste conclusies ten aanzien van het (oppervlakte)waterbeheer en de levende natuur in de huidige situatie en in de autonome ontwikkeling (referentiesituatie effectbeschrijving).

Waterhuishouding

Alle toekomstscenario's ten aanzien van het waterbeheer vergen aanpassingen in de waterhuishoudkundige infrastructuur en het vigerende beheer. Die aanpassingen hoeven wat betreft het scenario Peilconsolidatie niet altijd direct te worden gerealiseerd en kunnen gefaseerd in de tijd worden ingevoerd. Afhankelijk van de aanpassingen die worden doorgevoerd kunnen de verschillende doelen die voor het Lauwersmeer zijn geformuleerd, worden gehaald.

Bodemdaling en zeespiegelstijging zorgen samen ook voor het geleidelijk steeds meer verzilten van het oppervlaktewater. Zeespiegelstijging heeft met name een toename van (zilte) kwelstromen tot gevolg. Dit effect is het grootst in de kustzone en meer landinwaarts gelegen lage poldergebieden waar peilaanpassingen worden doorgevoerd om de drooglegging gelijk te houden die door bodemdaling is veranderd (i.e. verlaagd).

Binnen het Lauwersmeer zijn door de bodemdaling ook geringe effecten mogelijk op lokale grondwaterstromingen in de voormalige wadplaten. Door maaiveldzakking neemt het drukverschil, bij gelijkblijvend streefpeil, in geringe mate af tussen het ondiepe grondwater in de hogere delen en dat van de lagere delen. Een ander effect is dat de zoetwaterbel onder de platen iets dunner wordt. Lokale grondwaterstromen kunnen zo het onderliggende zoutere grondwater aan de randen van de plaat iets omhoog duwen. De gevolgen hiervan zijn:

- dat de zone waarin kalkrijk grondwater uittreedt iets minder breed wordt;
- dat aan de lagergelegen randen het zoute grondwater, via capillaire opstijging in de zomerperiode, een grotere invloed krijgt.

De mate waarin beide effecten optreden zijn zonder nadere kwantificering niet goed aan te geven maar zijn naar verwachting van geringe omvang.

Levende natuur

De waterhuishouding en het natuurbeheer zijn bepalend voor het biotisch functioneren van het Lauwersmeer. Indien er geen veranderingen optreden in beide zal de levende natuur toch langzaam veranderen in een ongewenste richting (beleidsmatig gezien): minder bijzondere natuur (verarming), verzoeting en minder variatie (verruiging/verlies openheid):

- sterke afname van zilte pioniersvegetaties en lichte afname van duinvalleivegetaties;
- afname Veldmuis en toename Waterspitsmuis;
- afname van kwalificerende vogelsoorten: Bruine en Grauwe kiekendief en vooral Kemphaan;
- afname van overige relevante vogelsoorten: Kluut, Paapje, Rietzanger en vooral Noordse stern;
- afname van enkele winter- en trekvogels: Grauwe gans en Brandgans.

Als er wel veranderingen in de waterhuishouding en het beheer optreden conform de waterbeheersscenario's, zijn de veranderingen veel groter, maar passen ze beter bij de doelstellingen vanuit de verschillende (beleids)kaders.

Het doel van de gewenste ontwikkeling is de waardevolle pioniervegetaties en bijbehorende fauna in stand te houden. Bij het huidige beheer treedt namelijk een sterke verbossing op, die tot minder waardevolle natuur in het gebied leidt. Hogere waterstanden in de winter gaan deze verbossing tegen maar dienen gecombineerd te worden met beheersmaatregelen op de hogere delen van de zandplaten. Inundatie met brak of zout water is effectiever dan inundatie met zoet water voor het terugdringen van verbossing. Bodemdaling levert bij een gelijk oppervlaktewaterpeil hogere waterstanden en daarmee een bijdrage aan het tegengaan van verbossing.

Eindconclusie

In het binnendijkse gebied wordt de ecologische ontwikkeling van de deelgebieden bepaald door de waterhuishouding. Grootschalige processen als zeespiegelstijging en bodemdaling hebben een effect op de waterhuishouding waarbij het effect van zeespiegelstijging groter is dan dat van bodemdaling, zeker op de lange termijn.

Zeespiegelstijging heeft een effect op de verzilting van het binnendijkse gebied, met name de kustzone en laaggelegen polders, en op termijn op de spui mogelijkheden van de spuisluizen Lauweroog. Bodemdaling heeft in natuurgebieden een effect op de inundatiefrequentie en -duur, de waterdiepte en op de zoute en kalkrijke kwel langs de randen van voormalige wadplaten.

Ten aanzien van de ecologische ontwikkeling van het Lauwersmeergebied en met name het Nationaal Park Lauwersmeer, is de keuze van het beheerscenario voor de toekomstige ontwikkeling van het gebied van belang vanwege het feit dat bij een keuze voor een ander beheer dan het huidige, de ecologische ontwikkeling van het gebied geheel anders verloopt.

G.J.M. Wintermans
Afdeling EPE-S-HD

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Assen, december 2006.

Referenties:

De tekst uit dit rapport is afkomstig uit het MER 'Aardgaswinning Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen' dat is gebaseerd op de rapporten die speciaal voor het MER en de nulsituatie in de betreffende gebieden zijn opgesteld.

Beemster N. & W. Bijkerk 2006. Natuurwaarden in het Lauwersmeergebied en de mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning, A&W-rapport 703. Altenburg&Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden

Meesters et al, 2005. Natuurwaarden in de Kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning. Alterra-rapport 1310, ISSN 1566-7197, Alterra, Wageningen.

NAM 2006. MER Aardgaswinning Waddenzegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. NAM, Assen.

Wang Z.B. & W.D. Eysink, 2005. Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning; Vloedkommen van het Friesche Zeegat. Report Z3995. Waterloopkundig Laboratorium/Delft Hydraulics, Delft.

Zoetendal J.R., Y. de Leeuw & N. Zwaansdijk. 2005 Effectenstudie aardgaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Grontmij, Drachten.