

Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: Integrale beoordeling en samenvatting van de monitoringresultaten over 2015

Nederlandse Aardolie Maatschappij

Assen, mei 2016

Samenvatting

In het kader van de gaswinningen vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, is gedurende 9 opeenvolgende jaren een monitoringprogramma uitgevoerd. Dit monitoringprogramma is ingericht voor de wadplaten van de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag, de kwelder de Peazumerlannen en het Lauwersmeergebied. Net als in voorgaande jaren volgt de ecologische monitoring een effectketen van de diepe bodemdaling door gaswinning tot aan instandhoudingsdoelen. Dit wordt nader toegelicht in de introductie van dit rapport. Over deze effectketens en de verschillende monitoringonderdelen is te lezen in het nieuwe monitoringprogramma 2014-2019 (NAM, 2014a). In het nieuwe monitoringprogramma 2014-2019 worden dezelfde ecologische variabelen gemonitord als in de jaren daarvoor. Hierdoor worden de reeds opgebouwde meetreeksen gecontinueerd.

De bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee door de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is in 2014 binnen de toegestane gebruiksruimte gebleven. Door het vaststellen en modelleren van de aanwezigheid van gasballetjes in de watervoerende pakketten vallen de belasting van Pinkegat en Zoutkamperlaag weer wat lager uit dan vorig jaar. Dit leidt ook tot minder bodemdaling onder het wad op langere termijn.

De bodemdaling veroorzaakt door gaswinning kan in de Waddenzee niet aan het wadoppervlak worden waargenomen of gemeten. Aan de hand van de wadhoogtemetingen en sedimentatiemetingen wordt dan ook geen afname van de wadhoogte of het plaatareaal/ droogvalduur vastgesteld.

De gemiddelde bodemdalingsnelheid plus de zeespiegelstijging ter hoogte van de kwelder de Peazumerlannen is opgehoogd van 4 naar 5,1 millimeter per jaar. Nog steeds houdt de opslibbing op de kwelder dit op de meeste meetlocaties bij. De vegetatie op de kwelder is dan ook aan veroudering en successie onderhevig.

Het ecologisch model dat afgeleides (de zogenaamde proxies) van draagkracht voor wadvogels berekend is vorig jaar gepresenteerd. Dit jaar rapporteren de onderzoekers hoe het is doorontwikkeld en uitgebreid. Belangrijk is dat de bodemdierendata van de zomer van 2015 op tijd kon worden uitgewerkt waardoor deze databron geen jaar meer achter loopt op de rest van de monitoring. Tevens is er een analyse uitgevoerd om vast te stellen hoe gevoelig de modeluitkomsten zijn voor veranderingen in wadplaathoogte als gevolg van bodemdaling. Uit de resultaten blijkt dat de biomassa bodemdieren en de waterstanden de proxiewaarden bepalen en dat bodemdaling daar slechts een zeer kleine invloed op heeft.

In het Lauwersmeergebied wordt sinds de start van de waddenwinningen in 2006 nog nauwelijks bodemdaling waargenomen. Variaties in de grondwaterstand, -chemie, bodemchemie correleren wel met de aanwezige vegetatie, maar niet met de mate van bodemdaling door gaswinning. Dit jaar is de vegetatiestructuur gebieddekkend vastgesteld. Deze bleek duidelijk geassocieerd te zijn met de broedvogelverspreiding. Deze structuurmetingen zullen eens per 3 jaar worden uitgevoerd en gerelateerd aan de vogeltellingen.

Op basis van het 9^{ste} monitoringjaar kan geconcludeerd worden dat de bodemdaling als gevolg van de waddenwinningen in zowel de Waddenzee als het Lauwersmeer vooralsnog geen effecten heeft gehad op de natuurwaarden en instandhoudingsdoelen. Dit is in lijn met de waarnemingen en de daaruit getrokken conclusies van de monitoring sinds 2007.

Inhoudopgave

Samenvatting	2
Inhoudopgave	3
1 Inleiding	4
1.1 Organisatie rond monitoring en rapportage.....	4
1.2 Sedimentdynamiek in de Waddenzee.....	4
1.3 Gaswinning en bodemdaling	5
1.4 Gebruiksruimte en winning met de Hand Aan de Kraan	6
1.5 Natura 2000-gebieden Waddenzee en Lauwersmeer	6
1.6 Monitoringprogramma.....	7
1.7 Een effectketenbenadering	7
1.8 Integraal beoordelen en data-integratie	8
2 Rapportages.....	10
3 Gasproductie 2015	12
4 De Waddenzee	13
4.1 Diepe bodemdaling onder de het wad	13
4.2 Wisselende modeluitkomsten.....	16
4.3 De invloed van diepe bodemdaling op de sedimentatie	17
4.4 Ontwikkeling van het areaal wadplaten	18
4.5 Sedimentatie en erosie van wadplaten	23
4.6 Integratie van monitoringdata in een ecologisch model	26
5 De kwelder 'Peazemerlannen'	29
6 Het Lauwersmeergebied	32
6.1 Bodemdaling in het Lauwersmeergebied.....	32
6.2 Ontwikkeling broedvogelaantallen Lauwersmeergebied	34
6.3 Vegetatiestructuur en vogelaantallen.....	35
6.4 Analyse permanente quadraten (PQ's).....	36
6.5 Grond- en oppervlaktewater, en erosie van de platen	38
6.5 Muizen en roofvogels	38
6.5 Watervogeltellingen	39
7 Eindconclusies	39
8 Literatuur.....	41
Bijlage 1: Adviespunten Auditcommissie (okt. 2015)	43
Bijlage 2: Aardbevingen en waddenecologie	46
Bijlage 3: Hoe de NAM omgaat met het Hand Aan de Kraan principe.....	48

1 Inleiding

Voor u ligt de samenvatting en integrale beoordeling van de resultaten uit de monitoring die de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) jaarlijks laat uitvoeren in het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Dit rapport is een NAM-rapport dat tot stand komt op basis van verschillende onderzoeksrapporten die in bovengenoemd kader door onderzoeksinstituten worden geproduceerd. In hoofdstuk 1 van dit rapport wordt achtergrondinformatie gegeven over de Waddenzee en het Lauwersmeergebied in relatie tot bodemdaling en het daarvoor ingerichte monitoringprogramma. Hoofdstuk 2 geeft inzicht in de relevante achtergronddocumentatie. Nieuwe resultaten zijn te vinden in de hoofdstukken 3 t/m 6. Hierbij gaat het respectievelijk om productiegegevens (3), de wadplaten (4), de kwelder (5) en het Lauwersmeergebied (6). Hoofdstuk 7 bevat de eindconclusies over het monitoringjaar 2015.

1.1 Organisatie rond monitoring en rapportage

De NAM heeft vergunningen om gas te produceren onder de Natura 2000-gebieden Waddenzee en Lauwersmeer. Deze vergunningen zijn verleend onder de premisse dat bodemdaling door gaswinning geen nadelige effecten heeft op de natuurwaarden van deze gebieden. Het doel van de in dit rapport gepresenteerde monitoring is jaarlijks te kunnen controleren of deze premisse klopt en hierover te rapporteren aan de Minister van Economische Zaken. Uit het oogpunt van zorgvuldigheid en transparantie vraagt de Minister jaarlijks een advies over de monitoringresultaten aan een onafhankelijke commissie wetenschappers die is voortgekomen uit de commissie voor de m.e.r.. Deze Auditcommissie trekt jaarlijks haar eigen conclusies m.b.t. de monitoringresultaten, rapporteert deze aan de Minister en publiceert deze op het internet. Gebruikelijkerwijs kondigt de Auditcommissie haar advies aan in een persbericht.

Het oordeel van de Auditcommissie bevat doorgaans een aantal adviezen ten aanzien van de monitoring en data-analyse. De NAM beoogt deze adviezen zo accuraat mogelijk op te volgen. Een overzicht van de adviezen van oktober 2015 is als bijlage 1 aan dit rapport toegevoegd. In deze bijlage geeft de NAM per advies aan hoe zij daar invulling aan gegeven heeft en waar in de rapporten die informatie te vinden is.

Voordat de NAM de monitoringrapportages aanbiedt aan de Minister van Economische Zaken wordt de concept rapporten met de leden van de Commissie Waddengas 2006 al in eerdere fase gedeeld. Deze commissie bestaat uit belanghebbenden zoals overheden, gebiedbeheerders en NGO's. De resultaten worden binnen deze commissie besproken, waarbij met name gelet wordt op de procesmatige kant van de monitoring. De Commissie Waddengas 2006 rapporteert haar bevindingen aan NAM waarna de NAM dit rapport aanbiedt met de eerder genoemde monitoringrapportages aan het bevoegd gezag.

1.2 Sedimentdynamiek in de Waddenzee

Het water in de Noordzeekustzone bevat fijn sediment in suspensie dat met de vloedstroom door een zeegat het kombergingsgebied in de Waddenzee binnenstroomt. Hier nemen de stroomsnelheid en turbulentie af waardoor het fijne sediment op de ondergelopen wadplaten afgezet wordt. Zo groeien de wadplaten. Deze accumulatie neemt toe richting het land (Andersen & Pejrub, 2001). Een komberging is een zogenaamd getijdenbassin, een complex van geulen, prielen en wadplaten dat via hetzelfde zeegat gevuld en geleidigd wordt. Kombergingen worden van elkaar gescheiden door wantijen (McLaren et al. 1998).

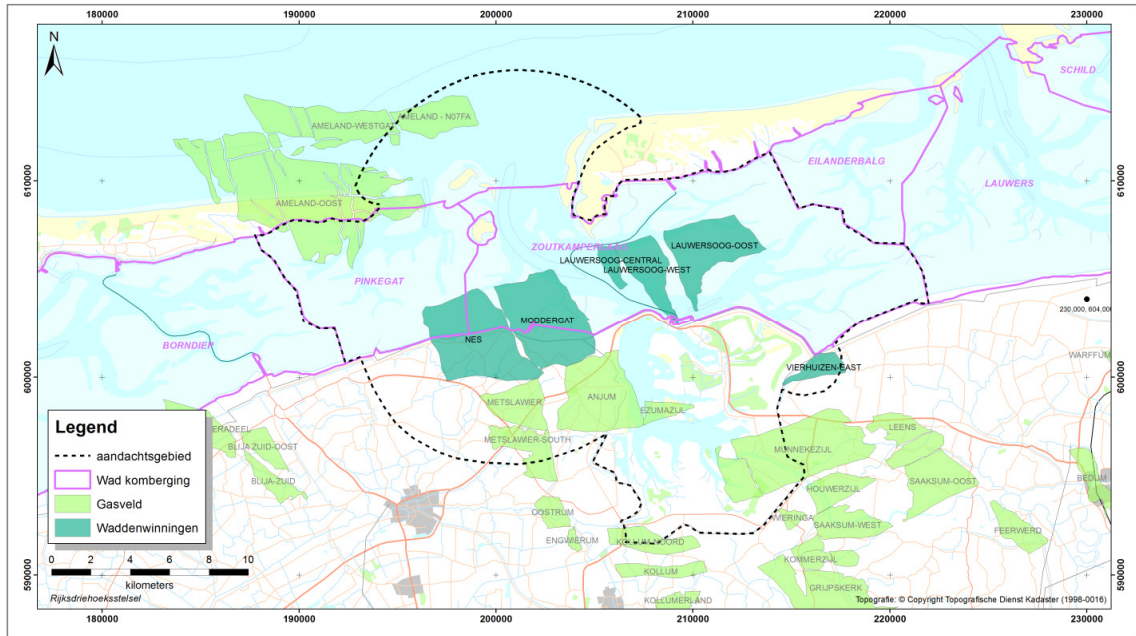
Ophoging van wadplaten door sedimentatie vindt vooral plaats in het voorjaar en de zomermaanden (Chang et al. 2006; Widdows et al. 2000; Postma, 1981). Dit wordt deels veroorzaakt door de afwezigheid van harde stroming en golfslag binnen de Waddenzee in die periode, maar ook door de groei van eencellige kiezelwieren en cyanobacteriën die in deze periode in het sedimentoppervlak groeien. Van de algen is bekend dat ze eiwitten uitscheiden die het sedimentoppervlak erosiebestendig maken (Widdows et al. 2004; Austen et al. 1999; Noffke et al. 2001). De sedimentdynamiek in de Waddenzee als gevolg van de getijdenstroming beïnvloedt de wadplaathoogte met ca. 1 millimeter per getijdencyclus. Onder invloed van wind kan deze invloed oplopen tot 10 – 20 millimeter wadplaathoogte binnen enkele uren (Christiansen et al. 2006). Gedurende de wintermaanden kunnen onder invloed van harde stroming en golfslag wadplaten eroderen waarbij relatief grote hoeveelheden sediment met de ebstroom naar de Noordzee verdwijnen (Bartholdy & Anthony, 1998).

De uitwisseling van sediment tussen de Waddenzee en de Noordzeekustzone wordt het sedimentdelend systeem genoemd (Wang en Eysink, 2005). Als er in de Waddenzee een sedimenttekort optreedt, bijvoorbeeld als gevolg van bodemdaling, dan kun je in de Noordzeekustzone spreken van een relatief sedimentoverschot. Het zanddelend systeem zal streven naar een evenwichtsituatie waardoor er netto meer sediment in de Waddenzee zal achterblijven. De snelheid waarmee dit proces optreedt wordt de sedimentatie- of meegroeicapaciteit genoemd. Hoe groot deze capaciteit is kan slechts bij benadering worden vastgesteld. In de eerste bodemdaling studie (Oost *et al.* 1998) werd geconcludeerd dat de sedimentatiecapaciteit van de Waddenzee minimaal 10 mm per jaar zou bedragen. Later is er voor een conservatieve 6 mm per jaar voor het Pinkegat en 5 mm per jaar voor de Zoutkamperlaag gekozen (Hoeksema et al. 1998). De gemeten wadplaatophoging in analoge waddegebieden wereldwijd varieert van 0 tot 125 mm per jaar (Yang *et al.* 2001). Ook wordt op sommige plekken of perioden natuurlijk erosie gemeten (Frostic & McCave, 1979). In veel gevallen beperkt dit soort onderzoek zich tot enkele locaties, waardoor geen ‘gemiddeld’ beeld van een vloedkom of riviermonding wordt verkregen waarmee de onzekerheid rond de sedimentatiecapaciteit in de Waddenzee niet verder gereduceerd wordt.

Uit langjarig monitoring blijkt dat over een termijn van enkele decennia is er sprake van een netto sedimenttransport van de Noordzeekustzone naar de Waddenzee (Elias *et al.* 2012). Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de afsluiting van respectievelijk de Zuiderzee (1932) en de Lauwerszee (1969); (Deltaprogramma 2013). Dit sedimenttransport illustreert de capaciteit van het wadplatensysteem om met de zeespiegelstijging mee te groeien.

1.3 Gaswinning en bodemdaling

De NAM wint gas uit velden die zich op een diepte van ca. 3 km onder de Waddenzee bevinden. Door drukdaling in deze gasreservoirs wordt het reservoirgesteente langzaam met enkele millimeters per jaar samengedrukt, een proces dat ook wel compactie wordt genoemd. Deze compactie vertaalt zich naar bodemdaling aan het aardoppervlak. Op het land ontstaan zo brede bodemdalingkommen die op het diepste punt enkele centimeters tot decimeters kunnen bedragen. Aan het bodemoppervlak van het intergetijdegebied van de Waddenzee worden deze bodemdalingkommen niet aangetroffen. Dit heeft te maken met het hierboven beschreven erosie- en sedimentatieproces. Onder invloed van wind en stroming wordt het sediment binnen de Waddenzee continue herverdeeld en is er uitwisseling van zand tussen platen en geulen. Op deze wijze ontstaan er geen bodemdalingkommen opgevuld. De kombergingen die onder invloed staan van diepe bodemdaling door gaswinning zijn het Pinkegat en de Zoutkamperlaag (Fig. 1).



Figuur 1: Overzicht van het beïnvloedinggebied van de waddenwinningen. De contour van dat gebied is aangegeven met de stippellijn. De donkergroene gasvelden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen behoren tot de zgn. waddenwinningen, in dit document ook wel de MLV-winning genoemd. De lichtgroene velden zijn, veelal oudere, gasvelden die geen deel uitmaken van de MLV-winning.

Onder invloed van de hierboven genoemde herverdeling van sediment wordt lokaal optredende bodemdaling dus verdeeld binnen een komberging. De begrenzing op kombergingniveau is een arbitraire keuze. In de Waddenzee is er natuurlijk ook sprake van sedimentuitwisseling over de wantijen heen. De wantijen zelf zijn in beweging omdat er altijd een verschil is tussen het morfologisch wantij (fysieke ligging) en hydrodynamisch wantij (daar waar het wantij op basis van de op dat moment heersende stroming zou moeten liggen).

1.4 Gebruiksruimte en winning met de Hand Aan de Kraan

Bodemdaling door gaswinning op kombergingniveau bedraagt enkele millimeters per jaar. Verwacht wordt dat deze daling door de aanvoer van sediment uit de Noordzee kustzone zal worden gecompenseerd volgens hetzelfde proces als het meegroeivermogen van de wadplaten met de zeespiegelstijging. Voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag is het minimale meegroeivermogen geschat op resp. 6 en 5 millimeter per jaar. De zeespiegelstijging is geschat op ongeveer 2-3 millimeter per jaar, waardoor er zo'n 3 tot 4 millimeter per jaar over is. Deze ruimte wordt de gebruiksruimte genoemd. Aangenomen is dat zolang de diepe bodemdaling door gaswinning binnen de gebruiksruimte blijft, er geen plaaterosie als gevolg van gaswinning zal optreden. Daarom wordt de diepe bodemdalingsnelheid gemonitord en jaarlijks gerapporteerd aan het bevoegd gezag. Mocht bodemdaling door gaswinning de gebruiksruimte dreigen te overschrijden dan kan de gaswinning worden gereduceerd totdat de bodemdalingsnelheid weer beneden de afgesproken grens is. Dit proces van monitoring en productieaanpassing noemen we het 'Hand Aan de Kraan - principe'. Deze maatregel is vastgelegd in het Instemmingsbesluit op het Winningsplan voor gasproductie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Lees meer hierover in bijlage 3

1.5 Natura 2000-gebieden Waddenzee en Lauwersmeer

De Waddenzee is een Natura 2000-gebied. Dit houdt in dat op de Waddenzee de Natuurbeschermingswet ook van toepassing is. De Natuurbeschermingswet '98 schrijft

voor dat activiteiten niet mogen leiden tot een nadelige ontwikkeling van de zgn. instandhoudingsdoelen. Deze doelen staan beschreven in het Aanwijzingsbesluit Waddenzee. Daarin wordt gesproken over habitattypen en doelsoorten. Het meest relevante habitatype in relatie tot bodemdaling is het type 'Droogvallende zand- en slikplaten' (H11.40). Beschermd zijn het areaal en de kwaliteit van de wadplaten, waarbij kwaliteit wordt uitgelegd als diversiteit in 'structuur en functie' van de wadplaten. Een van de belangrijkste functies van de wadplaten in de Waddenzee is die van foerageergebied voor wadvogels. Deze vogelsoorten vormen samen met enkele zoogdieren en vissen de Natura 2000-doelsoorten. Voor doelsoorten wordt in het Aanwijzingsbesluit uitgelegd dat de 'draagkracht' van het gebied niet mag afnemen voor populaties van een bepaalde omvang. Hierbij gaat het om het functioneren van de Waddenzee als foerageergebied en als broed- of rustgebied.

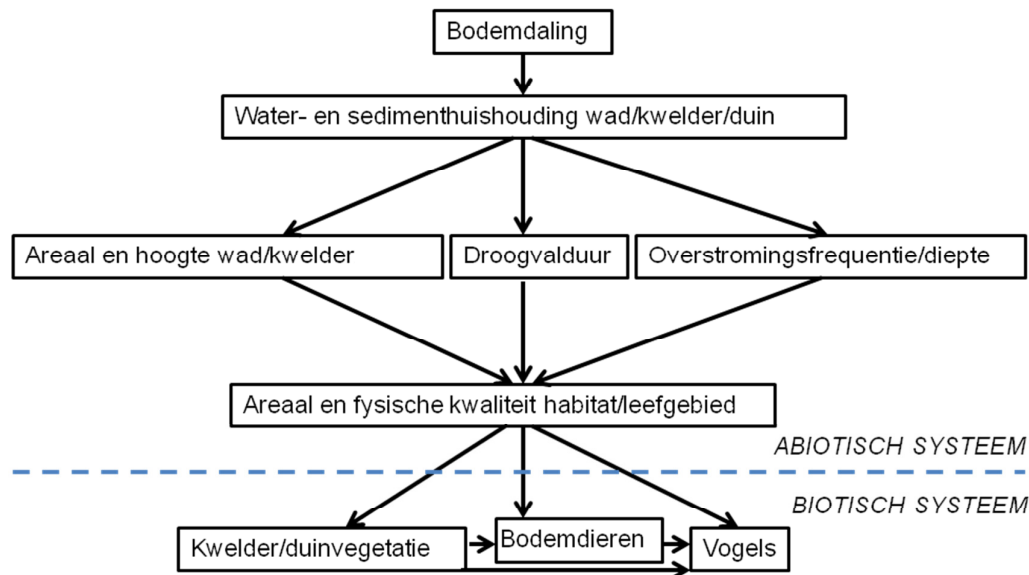
Ook onder het Natura 2000-gebied Lauwersmeer vindt bodemdaling plaats. Deze wordt niet gecompenseerd door sedimentaanvoer, waardoor de diepe bodemdaling aan het maaiveld meetbaar zal worden. Het gebied lijdt echter aan verruiging en verdroging. Het natuurbeheer is er in deelgebieden op gericht de vegetatie kort te houden en de situatie voor moerasvogels te verbeteren. Mochten er effecten van bodemdaling door gaswinning in het gebied optreden dan wordt verwacht dat deze effecten aan het natuurbeheer bijdragen en daardoor niet nadelig zijn. Het Lauwersmeergebied is een vogelrichtlijn gebied en kent geen beschermde habitats. De instandhoudingsdoelen voor dit gebied richten zich daarom uitsluitend op de draagkracht van dit gebied voor bepaalde vogelsoorten. Uit het oogpunt van zorgvuldigheid neemt NAM in haar monitoring echter ook de ontwikkeling van de vegetatie mee.

1.6 Monitoringprogramma

Naast het hierboven beschreven Hand Aan de Kraan – principe schrijven de vergunningen een monitoringprogramma voor dat als doel heeft te controleren of er, zoals verwacht, geen nadelige ontwikkeling van instandhoudingsdoelen optreedt. Indien er wel een nadelige ontwikkeling wordt vastgesteld dient aannemelijk gemaakt te worden dat dit niet het resultaat is van bodemdaling door gaswinning. Het monitoringprogramma is vastgesteld voor een periode van 6 jaar waarna een evaluatie plaatsvindt en het programma eventueel wordt aangepast. In 2013 heeft de eerste evaluatie plaatsgevonden. Voor de periode 2014-2019 wordt er een aangepast monitoringprogramma gehanteerd naar aanleiding van de evaluatieresultaten van het monitoringprogramma 2007-2012. In het nieuwe monitoringprogramma 2014-2019 (NAM, 2014a) worden grotendeels dezelfde ecologische variabelen gemonitord als in de jaren daarvoor. Naar aanleiding van de evaluatie is tevens besloten de monitoring jaarlijks op advies van de Auditcommissie te kunnen bijstellen. Hierbij is het continueren van bestaande meetreeksen een belangrijke overweging.

1.7 Een effectketenbenadering

Ter beoordeling van de monitoringresultaten wordt een zgn. effectketenbenadering gevolgd. Deze benadering gaat er vanuit dat bodemdaling een effect kan hebben op de water- en sedimenthuishouding, wat kan leiden tot veranderingen in het areaal en kwaliteit van het leefgebied van doelsoorten. De effectketens zijn voor de onderdelen wadplaten, kwelder en Lauwersmeergebied schematisch weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Effectketens voor bodemdaling onder de wadplaten, kwelder en het Lauwersmeergebied. Dit conceptueel model beschrijft hoe wordt verondersteld dat bodemdaling door gaswinning kan doorwerken op de natuur.

1.8 Integraal beoordelen en data-integratie

De hierboven beschreven effectketen is opgezet met als doel parallele trends tussen de schakels in de keten te identificeren. Dat is een manier van integraal beoordelen. De lastige vraag is echter welke trends je precies wilt vergelijken en waarom. Schakels in de effectketen als de “fysische kwaliteit van het leefgebied”, “kwelder en duinvegetatie”, “bodemdieren” of “vogels” bestaan uit vele afzonderlijke aspecten. Hierbij kun je denken aan de vele tientallen gemonitorde plant- en diersoorten, sedimentkarakteristieken, opgeloste stoffen in het grondwater, etc.. Voor al deze aspecten zijn ontwikkelingen in de tijd (trends) te beschrijven en te vergelijken. Geobserveerde trends kunnen in positieve of negatieve zin met elkaar en met gemeten of gemodelleerde bodemdaling correleren, maar wat is de betekenis van deze correlaties? Om integraal te kunnen beoordelen is er dus meer nodig dan het vergelijken van de tientallen trends. De belangrijkste integratie van monitoringdata vindt plaats in de rapporten van de onderzoekers. Voor respectievelijk de wadplaten, kwelder en Lauwersmeer zijn dat de rapporten van Ens et al. (2016), van Duin en Sonneveld (2016) en Bijkerk et al. (2016).

Voor het beoordelen van monitoringdata moet voor iedere betrokken monitoringparameter worden vastgesteld wat zijn functie in de analyse is. Zo’n analyse begint bij het vaststellen van het doel. De te beoordelen doelen zijn de in paragraaf 1.4 beschreven Instandhoudingsdoelen zoals die in de Aanwijzingsbesluiten Waddenzee en Lauwersmeer zijn genoemd. Deze doelen beschrijven beschermde habitats en draagkracht voor beschermde vogelsoorten.

Voor de Waddenzee bestuderen we de ontwikkeling van het instandhoudingsdoel “droogvallende zand en slikplaten” H11.40. Hiervoor monitoren we de ontwikkeling van het areaal en van de kwaliteit van het habitat voor wadvogels (doelsoorten). Die kwaliteit dient maatgevend te zijn voor de draagkracht van het habitat voor de doelsoorten. In deze monitoring concentreren wij daarbij op de functie van de wadplaten

als foerageergebied. Hiertoe integreren we de monitoringinformatie in een ecologisch model tot de "oogstbare hoeveelheid voedsel per tij", per vogelsoort (zie paragraaf 4.6).

De beheerdoelen van de kwelders bestaan uit een aantal beschermde kwelderhabitats die verschillende ontwikkelingsstadia van de kwelder representeren. Daarnaast zijn kwelders belangrijk broedgebieden voor beschermde vogelsoorten. De ontwikkeling van de beschermde habitats wordt gevolgd aan de hand van vegetatieopnames. Dit soort opnames zijn vrij universeel en worden middels een omrekening vertaald naar een typologie (vegetatiestructuurindeling) op basis waarvan de instandhoudingsdoelen kunnen worden geevalueerd.

Kwelders zijn buitendijkse gebieden die als gevolg van stormvloed regelmatig overstromen. Tijdens zo'n overstroming wordt er slib op de kwelder afgezet. Voor de kwelder, de Paesumerlannen, wordt geëvalueerd in hoeverre die opslibbing de bodemdaling door gaswinning en de autonome zeespiegelstijging bijhoudt. We koppelen de ontwikkeling van de vegetatie en kwelderrand aan de sedimentatie op de kwelder. De ontwikkeling van de vegetatie in het gebied wordt vergeleken met veranderingen in referentiegebieden.

De lobben en platen van het Lauwersmeergebied zijn niet onderhevig aan opslibbing tijdens overstromingen die ontstaan door fluctuaties in het meerpeil. Delen van platen en lobben eroderen en zullen meedalen met diepe bodemdaling door de gaswinning. Zoals eerder vermeld bestaan de instandhoudingsdoelen van het Lauwersmeer uit het op peil houden van de draagkracht van het gebied voor een groot aantal vogelsoorten. In onze monitoring focussen we daarbij op de functie van het gebied als broedgebied. Om de geschiktheid van het gebied voor verschillende soorten broedvogels te volgen in de tijd, monitoren we de vegetatiestructuur en koppelen we die aan de in het gebied aangetroffen broedvogels. Hierbij wordt de aanwezige vegetatie vertaald naar een aantal structuurtypen die geassocieerd zijn met bepaalde soorten broedvogels.

2 Rapportages

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de rapporten die van belang zijn voor het tot stand komen van ons begrip over de sedimentatiecapaciteit van de Waddenzee, het Hand Aan de Kraan-principe en de ecologische monitoring (Tab. 1). In Tabel 2 staan de rapporten die in 2015/16 rond de monitoring beschikbaar zijn gekomen. Deze rapporten hebben betrekking op de monitoring die in 2015 is uitgevoerd.

Tabel 1: Overzicht bodemdalingstudies rond de gaswinningen op Ameland en onder de Waddenzee (vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen). BMBA staat voor Begeleidingcommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Meer rapportages zijn te vinden op www.nam.nl en www.waddenzee.nl.

RAPPORTAGE	INSTANTIE	AUTEURS
Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee 1998	NAM	A.P. Oost, B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh
Bodemdalingstudie Waddenzee 2004	RIKZ	H.J. Hoeksema, H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde, J. de Vlas
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 13 jaar gaswinning, 2000	BMBA	Dijkema K.S., H.F. van Dobben, W.D. Eysink, M.E. Sanders, E.P.A.G. Schouwenberg, P.A. Slim, C.J. Smit, J. de Vlas & J. Wiertz
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning, 2005	BMBA	Dijkema K.S., D. Doornhof, H.F. van Dobben, W.D. Eysink, M. Kersten, J. Krol, W. Molenaar, M.E. Sanders, S. Schoustra, P.A. Slim, W. Veldwisch & Z.B. Wang
Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning Vloedkommen van het Friesche Zeegat, 2005. Rapport Z3995	Deltares	Wang, ZB & W.D. Eysink
MER aardgaswinning Waddenzegebied vanaf locatie Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, 2006	NAM	Wittenveen & Bos, Berkenbod & Koetsenruiter, Alterra, WL/Delft Hydraulics, Grontmij, Oranjewoud, Altenburg & Wymenga, Tebodin, NAA akoestisch adviesbureau, Vectra Group, NAM.
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 23 jaar gaswinning, 2011	BMBA	Dijkema K.S., H.F. van Dobben, B. Dullo, B. Ens, M. Kersten, G. Ketelaar E. Koppenaar, J. Krol. K. Rappoldt, P. Slim & Z.B. Wang

Tabel 2: Overzicht rapportages over de monitoringresultaten en modellering die in 2016 beschikbaar zijn gekomen.

MONITORINGONDERDEEL	INSTANTIE	RAPPORTAGE
Waddenzee		
Bodemdaling	NAM	NAM (2016) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2015. EP201602210605 Dynamic Reservoir Modelling of Wadden Fields for subsidence. Meet&Regel 2015
Hoogteligging/arealen en sedimentatie-erosie van wadplaten	FUGRO	Fugro Geospatial B.V. (2015) Waddenzee LiDAR survey July 2015, Report ASM11515.150
	DELTARES	Schrijvershof en Vroom (2016) Analyse LiDAR data voor het Friesche Zeegat (2010-2015) Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltaresrapport 1221249-000
	NCA	Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007- 2015
Voedselbeschikbaarheid en – bereikbaarheid voor wadvogels	Sovon Ecocurves IMARES NIOZ Ecosense NCA Deltares	Ens, Kersten, Krol, van der Meer, Piening, Wijsman, Schekkerman, Rappoldt (2016) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Rapportage t/m monitoringjaar 2015, Sovon-rapport 2016.15
Kwelder		
Sedimentatie en vegetatie-ontwikkeling	IMARES	van Duin & Sonneveld (2016) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west-Groningen: Jaarrapport 2015. Rapport C034/16
Lauwersmeer		
Grondwater- en vegetatiedynamiek	A&W Buijs	Bijkerk, Bakker & Buijs (2016) Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer. Negende voortgangsrapportage (2015). A&W-rapport 2187
Broedvogels	Sovon	Kleefstra & de Boer (2015) Broedvogelmonitoring in het Lauwersmeer in 2015. Sovon-rapport 2016/58
Muizen en roofvogels	A&W	Beemster (2016) Monitoring van effecten op muizen en muizenetende roofvogels in het Lauwersmeer. Voortgangsrapportage 2015. A&W-rapport 2189
Watervogels	Sovon	Romke Kleefstra, Nico Beemster, Jaap Kloosterhuis & Erik van Winden. Watervogels in het Lauwersmeer in 2012/2013-2014/15. Sovon-rapport 2016/14

3 Gasproductie 2015

De gasproductie uit de velden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen opgeteld lag in 2015 beneden het geplande volume (Tabel 3). Dit verschil wordt veroorzaakt door een relatief lage productie uit het gasveld Nes. Uit het veld Moddergat en Vierhuizen-Oost is juist meer geproduceerd dan was gepland. Voor de Lauwersoog velden zijn de absolute verschillen tussen de geplande en gerealiseerde productie klein. Dit beeld is vergelijkbaar met het resultaat van de productie over 2014.

Tabel 3: Productie per voorkomen tot en met 31/12/2015 (Deze tabel is overgenomen uit de Meet-&Regelrapportage 2015; Tabel 2-2)

Velden	Cumulatieve productie t/m 2015 (10 ⁶ Nm ³)	Productie volgens het 2011 winningsplan in 2015 (10 ⁶ Nm ³)	Actuele productie in 2015 (10 ⁶ Nm ³)
Nes	7744	1351	930
Moddergat	3577	209	280
Lauwersoog-C	107	3	10
Lauwersoog-West	1206	89	82
Lauwersoog-Oost	1729	137	146
Vierhuizen-Oost	1434	35	75
Totaal	15797	1824	1523

Gedurende de afgelopen maanden zijn er vanaf de locatie Moddergat twee nieuwe gaswinputten bijgeboord in het gasveld Nes. De bedoeling van deze putten was het diepere deel van het gasveld te ontsluiten. De hoeveelheid aangetroffen gas was echter minder dan verwacht. Waardoor ook de komende jaren de productie uit het gasveld Nes zal achter blijven bij de volumes uit het winningsplan (2011).

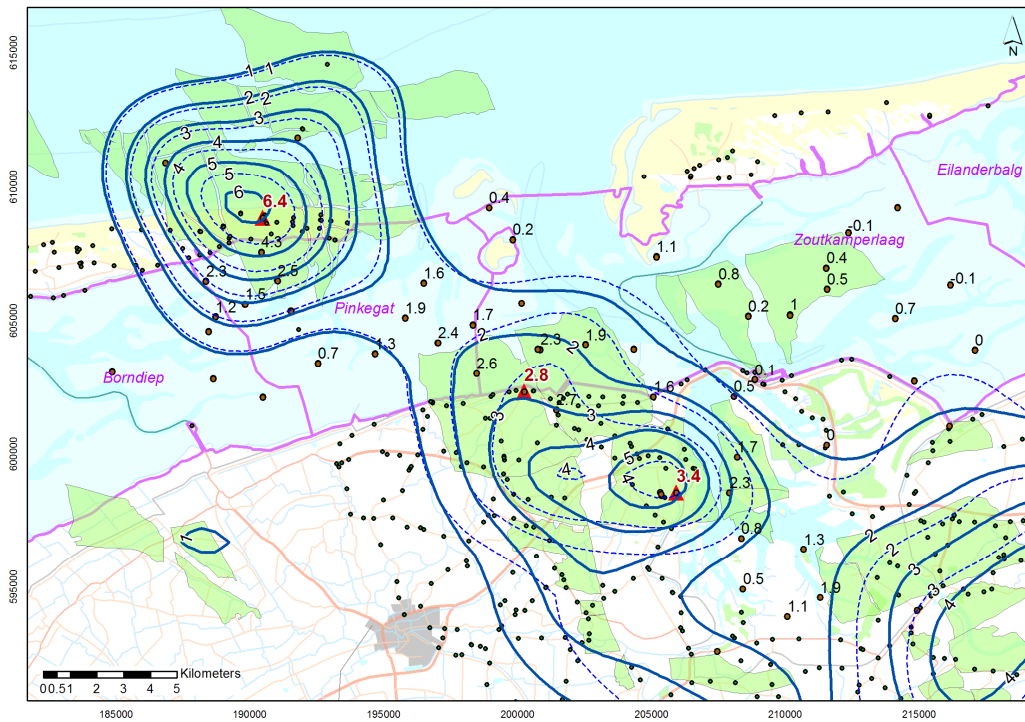
In relatie tot bodemdaling onder de Waddenzee betekent een wat lagere productie uit het gasveld Nes en een wat hogere productie vanuit het gasveld Moddergat een andere verdeling van de diepe bodemdaling over de komberingen Pinkegat en Zoutkamperlaag. In de onderstaande paragrafen wordt deze diepe bodemdaling nader besproken.

4 De Waddenzee

4.1 Diepe bodemdaling onder de het wad

Bodemdaling is in de Waddenzee niet aan het aardoppervlak meetbaar (§ 1.2). Daarom heeft de NAM stalen palen 6 meter diep in de wadbodem geplaatst. Deze palen oftewel peilmerken dalen mee met de diepe bodemdaling waardoor ze geschikt zijn voor GPS metingen van de diepe bodemdaling. Ze zijn in het wad niet zichtbaar aanwezig omdat ze net onder het maaiveld zijn weggewerkt. Om de bodemdaling met GPS nauwkeurig te kunnen bepalen wordt er gedurende een aantal dagen een antenne op een peilmerk geplaatst die ook met hoog water boven water uit steekt. De details over deze manier van meten zijn te vinden in het Meet- en Regelprotocol (NAM, 2012). In totaal staan er 34 peilmerkclusters van elk 3 peilmerken over het gebied verspreid die tezamen een beeld geven van diepe bodemdaling onder Pinkegat en Zoutkamperlaag (Fig. 3). Dit jaar zijn er op drie locaties peilmerken bijgeplaatst. Ook in het Lauwersmeergebied staat een aantal van deze peilmerken.

In figuur 3 zijn de peilmerkclusters op de kaart ingetekend naast een groot aantal meetpunten op het land. Voor de meeste peilmerkclusters is de in 2015 gemeten bodemdaling sinds 2006 naast de meetpunten weergegeven. De hoogte van de peilmerken wordt minimaal 1x per 3 jaar gemeten. Peilmerken die dicht bij het centrum van een bodemdaling komen liggen komen vaker aan bod. Deze hoogtemetingen worden aan de bestaande meetreeksen toegevoegd, waarmee de geomechanische modellen worden gekalibreerd. Met deze modellen worden de bodemdalingen ruimtelijk gemodelleerd en worden voorspellingen gedaan over het toekomstige verloop van de bodemdalingssnelheid (fig. 3, 4 en 5). In het model is informatie betrokken over de geologie in en boven het reservoir (gasveld), de samendrukbaarheid van het gesteente in het reservoir en het drukverloop in het reservoir (NAM, 2012).

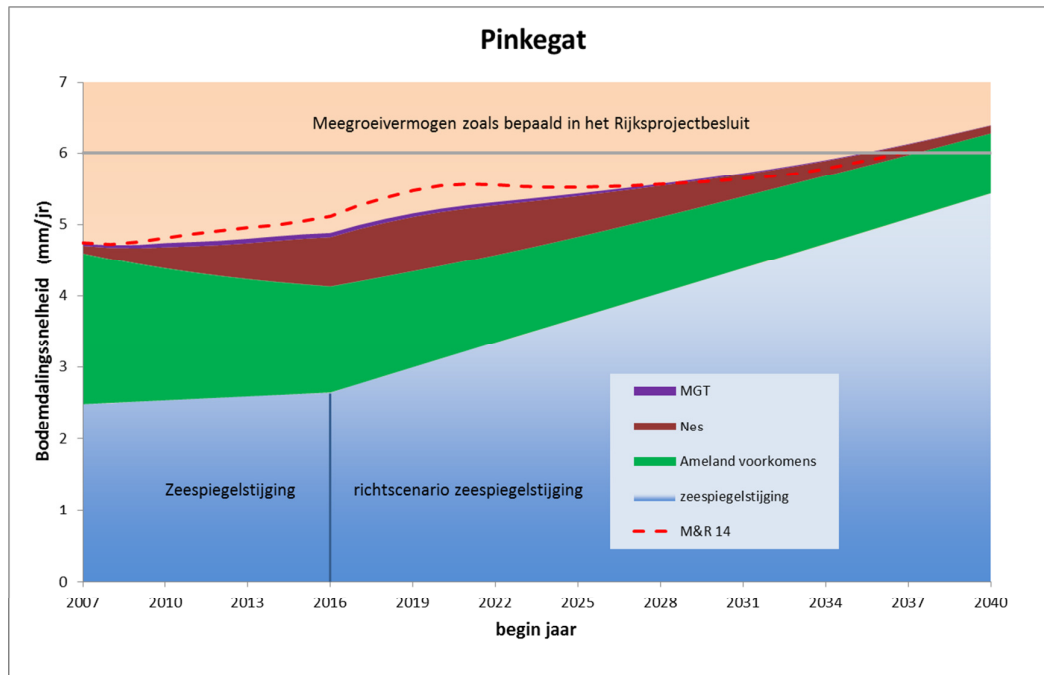


Figuur 3 Diepe bodemdaling door gaswinning sinds de start van de MLV-productie in 2006 in centimeters. De blauwe lijnen (doorgetrokken: M&R over 2015, gestippeld: M&R over 2014) zijn de contouren van de gemodelleerde diepe bodemdaling volgens de aangepaste/gekalibreerde geomechanische modellen. De punten met label representeren de peilmerken met de gemeten hoogteverschillen in de periode 2006-2015. Dit is figuur 4 uit de Meet- & Regelrapportage over 2015.

Vorig jaar werd aan de hand van nieuwe meetresultaten duidelijk dat er boven de watervoerende laag ten zuidoosten van het gasveld Ameland enige bodemdaling onder de wadplaten optreedt, hetgeen op beperkte druksdaling in dit watervoerende pakket duidt. Dit betekent dat de belasting (gemiddelde bodemdalingsnelheid) in Pinkegat groter was dan was voorzien in de jaren ervoor. Monitoring van de bodemdaling boven het watervoerende pakket was voorzien omdat NAM er initieel, in 2005, vanuit ging dat deze watervoerende laag in druk zou gaan dalen. Dit was dan ook onderdeel van de eerste modelberekeningen (zoals gepresenteerd in het MER Aardgaswinning Waddenzee). Omdat er in de jaren geen bodemdaling werd gemeten in het betreffende gebied, zijn de modellen in de loop der jaren daarop aangepast.

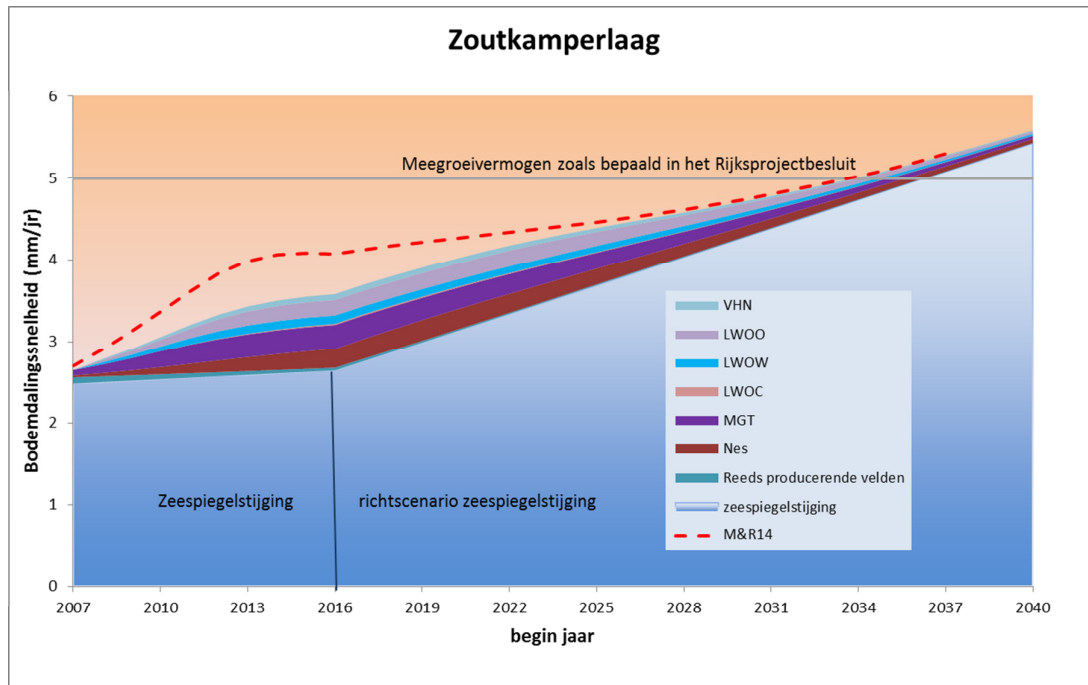
Dit jaar heeft de NAM vanaf de locatie Moddergat twee nieuwe putten geboord in het gasveld Nes. Deze putten toonden aan dat in het watervoerende gedeelte van het reservoir, dat aansluit aan het gasveld Nes, er sprake is van een gasbelletjes in het water (residueel gas). deze belletjes leiden tot een verminderde doorlaatbaarheid van het gesteente waardoor de druksdaling beperkt zal blijven. Omdat de NAM geen aanwijzingen heeft dat de situatie voor de andere watervoerende pakketten in de Waddenregio anders zou zijn, heeft ze deze nieuwe kennis in de volledige modellering verwerkt. Dit heeft een gering effect op de ruimtelijke voorspellingen van de bodemdalingschotel (Fig. 3), maar is één van de redenen de gemodelleerde belasting van de gebruikruimte in Pinkegat lager is dan vorig jaar (Fig. 4). Voor de Zoutkamperlaag valt deze belasting een stuk lager uit (Fig. 5) omdat de verwachting is dat het watervoerende pakket dat verbonden is met

het gasveld Vierhuizen minder in druk zal dalen dan eerder werd aangenomen vanwege dit residueel gas.



Figuur 4: Voorspelde belasting inclusief zeespiegelstijging voor het kombergingsgebied Pinkegat. Voor de modellering van de bodemdaling tengevolge van de gaswinning van Ameland is het meest recente geomechanische model toegepast. De roodgestreepte lijn geeft de berekende belasting weer zoals weergegeven in de Meet- & Regelrapportage van 2015 (over 2014). Dit is afbeelding 16 uit de Meet- & Regelrapportage van 2016 (over het jaar 2015).

Op kombergingsniveau bedroeg de verwachte bodemdalingsnelheid onder de Zoutkamperlaag in 2015 0,96 millimeter per jaar. Voor het Pinkegat is de bodemdalingsnelheid berekend op 2,21 millimeter per jaar in 2015. Hoe zich dat verhoudt tot de gebruikruimte is weergegeven in de figuren 4 en 5, waarin de zgn. belasting en gebruikruimte voor beide kombergingen zijn weergegeven.



Figuur 5: Voorspelde belasting inclusief Zeespiegelstijging + autonome daling voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag. De roodgestreepte lijn geeft berekende belasting aan zoals gerapporteerd in de Meet- en Regelrapportage van 2015. Dit is figuur 17 uit de Meet- & Regelrapportage van 2016.

In figuur 4 en 5 is te zien dat een groot deel van de gebruiksruimte wordt ingevuld door de jaarlijkse zeespiegelstijging. De stijging in deze figuren is niet gemeten, maar vloeit voort uit een richtlijn die in een beleidsbesluit is vastgelegd. In de figuren 4 en 5 bedraagt de zeespiegelstijgingsnelheid tot 2016 zo'n 2,4 mm per jaar en gaat vervolgens na 2016 versnellen. Deze toename is vrij snel en heeft als doel de gemeten zeespiegelstijging aan te laten sluiten bij het scenario dat de IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) voor het jaar 2100 heeft vastgesteld. Iedere 5 jaar maakt KNMI en Deltares in opdracht van de overheid een nieuwe schatting voor de Noordzeekustzone en Waddenzee op basis van de laatste serie meetgegevens, waarna TNO een advies uitbrengt aan het Ministerie. Die nieuwe schatting had inmiddels beschikbaar moeten zijn, maar is nog niet aangeboden. Vandaar dat er in dit rapport nog met het oudere en conservatief scenario gewerkt wordt. Uit figuur 4 en 5 blijkt dat bodemdaling door gaswinning, in cumulatie met zeespiegelstijging voorlopig ruim binnen de gebruiksruimte voor Pinkegat en Zoutkamperlaag past en een lagere belasting van de gebruiksruimte laat zien dan oorspronkelijk in het MER Aardgaswinning Waddenzee werd aangenomen.

4.2 Wisselende modeluitkomsten

Meet- & Regelcyclus staat voor het jaarlijks kalibreren van de bodemdalingmodellering aan de hand van gemeten hoogteverschillen in het veld. Idealiter is er in dit proces sprake van één model waarvan de parameterwaarden in de loop der jaren worden bijgesteld waardoor er een steeds betere beschrijving van de bodemdalingschotel ontstaat en met steeds meer zekerheid tot een voorspelling van de toekomstige bodemdaling en bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee kan worden gekomen. In werkelijkheid is de modellering en daarmee de schatting van de bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee aan veranderingen onderhevig. In haar advies van oktober 2015 schrijft de Auditcommissie dat het langdurig kunnen hanteren van eenzelfde model en prognose zal leiden tot meer vertrouwen in de voorspellende waarde van de Meet- & Regelcyclus. Belangrijk hierbij is de opmerking dat er niet één model kan bestaan gezien

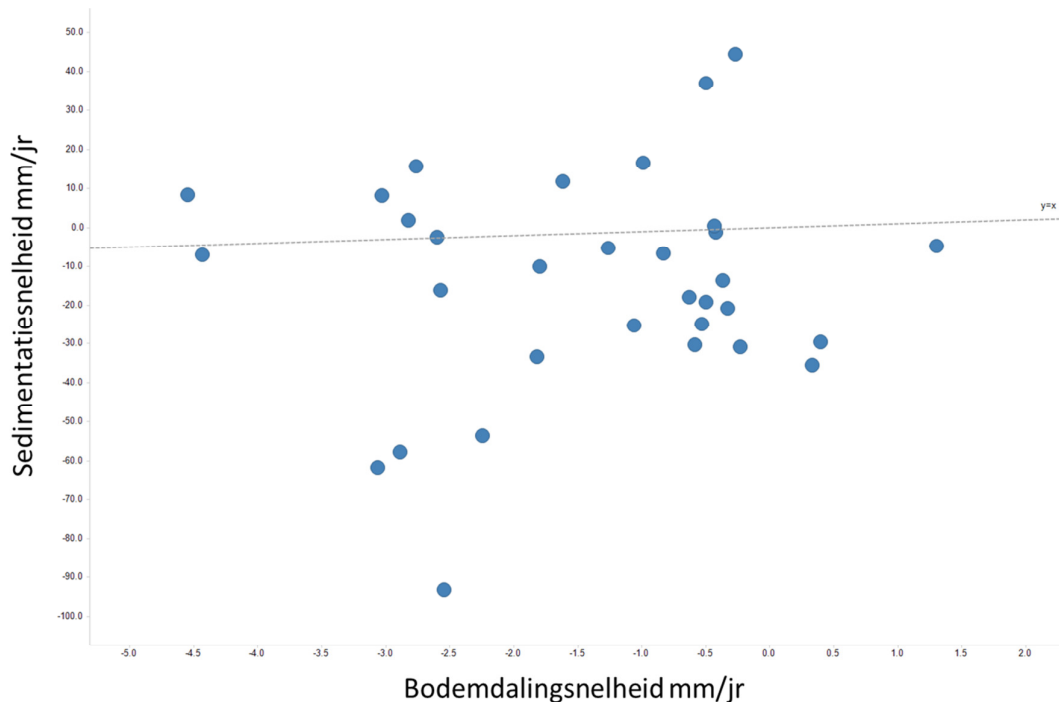
de onzekerheid van vele getallen die in het model worden gebruikt. Het streven van NAM is om de onzekerheid die bestaat in de modellering op een zo objectief en transparant mogelijke manier te beschrijven en te verwerken in de modeluitkomsten. In de volgende paragraaf gaan we kort in op de achtergrond van de wisselingen in modeluitkomsten en op de wijze waarop NAM probeert tot een meer objectieve Meet- & Regelcyclus te komen.

De diepe ondergrond is heterogeen. Het gesteente kent een sterke verticale gelaagdheid, wisselende porositeit en doorlaatbaarheid. Deelgebieden zijn van elkaar gescheiden door breuken en zijn afwisselend gevuld met gas, water of meestal een mengsel daarvan. Op basis van seismologisch onderzoek en informatie uit boringen en druktesten wordt er een inschatting gemaakt van de omvang en doorlaatbaarheid van het gasreservoir. Deze informatie dient als input voor de modellering van het reservoir, de compactie van het gesteente en de bodemdaling aan het aardoppervlak. Naast een breed scala aan interpretaties van de hierboven beschreven diepe ondergrond is ook voor het rekenwerk is een breed scala aan concurrerende modellen beschikbaar waaruit gekozen moet worden.

Naar aanleiding van een studie naar het tijdafhankelijke effect van diepe bodemdaling voert NAM gedurende 2016 een project uit waarin zij bodemdalingvoorspellingen gaat maken op basis van een zeer breed scala aan modelvarianten en realisaties. Dit levert een bandbreedte aan bodemdalingvoorspellingen op die, naar aanleiding van o.a. geodetische metingen aan de bodemdalingkom versmald kan worden. Wat overblijft is een relatief beperkt aantal modeluitkomsten. Voor deze modeluitkomsten kan dan bijvoorbeeld de remweg van de bodemdaling na insluiting van het veld worden bepaald. Het werkplan voor deze studie is als bijlage toegevoegd aan de Meet- & Regelrapportage over 2015.

4.3 De invloed van diepe bodemdaling op de sedimentatie

Parallel aan de hoogtemetingen die op de peilmerken op het wad worden uitgevoerd, worden waterpassingen verricht om de sedimenthoogte lokaal in beeld te brengen. Deze hoogtemetingen vinden plaats op een grid van 7x5 punten die op een afstand van 5 meter van elkaar liggen. Per punt wordt de wadplaathoogte bepaald t.o.v. de hoogte van het peilmerk dat met grote nauwkeurigheid t.o.v. NAP wordt vastgesteld. Op deze wijze ontstaat een dataset van diepe bodemdaling en wadhoogtemetingen op dezelfde locatie. Door deze metingen in de tijd te herhalen kan gekeken worden of de ontwikkeling in de hoogte van het sedimentoppervlak beïnvloed wordt door de mate van diepe bodemdaling op locaties. Tot dusver zijn op deze wijze gegevens verzameld tussen 2010 en 2015. De resultaten van deze eerste metingen zijn weergegeven in figuur 6. Naast metingen uit Pinkegat en Zoutkamperlaag worden in figuur 6 ook metingen van het Groningerwad gepresenteerd. Het eerste wat in figuur 6 opvalt is dat er op dit moment geen afname in de sedimenthoogte kan worden gecorreleerd aan de mate van diepe bodemdaling. Daarnaast is duidelijk te zien dat erosie en sedimentatieprocessen een veel grotere variatie kennen dan de diepe bodemdaling die de gaswinning veroorzaakt.



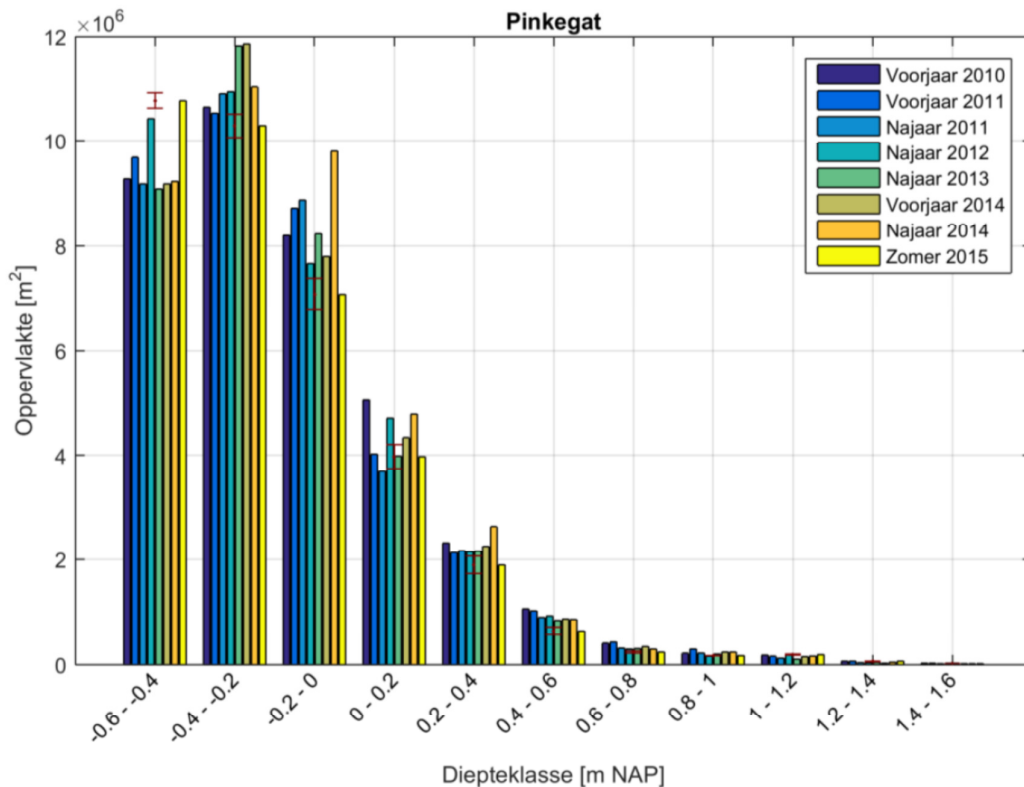
Figuur 6: De gemiddelde sedimentatiesnelheid (mm/jr) (Y) gemeten naast de peilmerken als functie van de diepe bodemdaling gemeten op de peilmerken voor dezelfde periode. Negatieve Y-waarden wijzen op erosie en positieve waarden op sedimentatie. Negatieve X-waarden geven de mate van bodemdaling weer. Alle metingen zijn verricht in de jaren 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 en 2015. De gestreepte lijn is de lijn $y=x$ (zouden de punten precies op deze lijn liggen dan is er geen sprake van netto sedimentatie of erosie en zou de bodemdalingschotel aan het wadoppervlak meetbaar moeten zijn).

Zoals verwacht is de sedimentatiedynamiek veel groter dan de dynamiek van de diepe bodemdaling. Dit verschil is ongeveer een factor 10. Ofschoon de meeste Y-waarden in Figuur 6 kleiner zijn dan 50 millimeter per jaar, zijn er enkele uitschieters bij. Datapunten die ver boven of onder de gestreepte lijn liggen zijn het resultaat van sedimentatie en erosie en niet van bodemdaling door gaswinning. Op basis van deze resultaten kan de hypothese dat bodemdaling op kombergingsniveau wordt uitgespreid niet worden verworpen. Tevens valt op dat enkele punten lichte (diepe) bodemstijging (X-as) laten zien. Dit valt binnen de meetruis van de meting op de peilmerken. Een toenemend aantal metingen in de toekomst zal de zeggingskracht van deze vergelijking vergroten.

4.4 Ontwikkeling van het areaal wadplaten

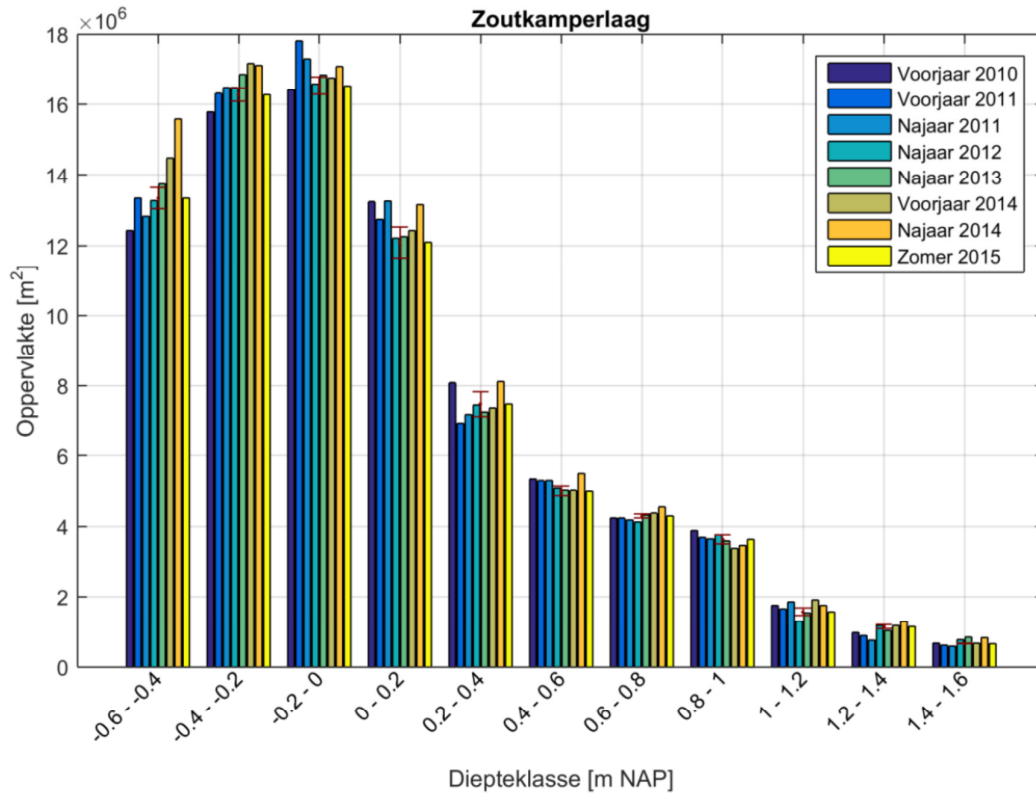
De droogvallende wadplaten vormen een beschermd habitat, zowel de oppervlakte van dit habitattype als de kwaliteit ervan is beschermd (H11.40; Aanwijzingsbesluit Waddenzee). De kwaliteit van H11.40 wordt behandeld in paragraaf 4.5. Het areaal wadplaten is synoniem voor een bepaald deel van het wad met een zekere droogvalduur. De temporele variatie in het wadplaatareaal van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag wordt bestudeerd aan de hand van LIDAR-opnames. In 2015 zijn er LIDAR-surveys uitgevoerd aan het begin van de zomer en in het najaar. De data die hierbij verzameld is, wordt eerst door FUGRO verwerkt en gerapporteerd. Vervolgens wordt de data door Deltares geanalyseerd. Met als doel deze data-analyses voortaan optijd beschikbaar te hebben, is besloten de data uit de najaarsurvey niet in deze Deltaresrapportage mee te nemen, maar in het volgende. In Schrijvershof en Vroom (2015) wordt dus alleen de survey van juni 2015 aan de datareeks toegevoegd.

In de figuren 7 t/m 11 is de ontwikkeling van het wadoppervlak weergegeven voor verschillende hoogteklassen.



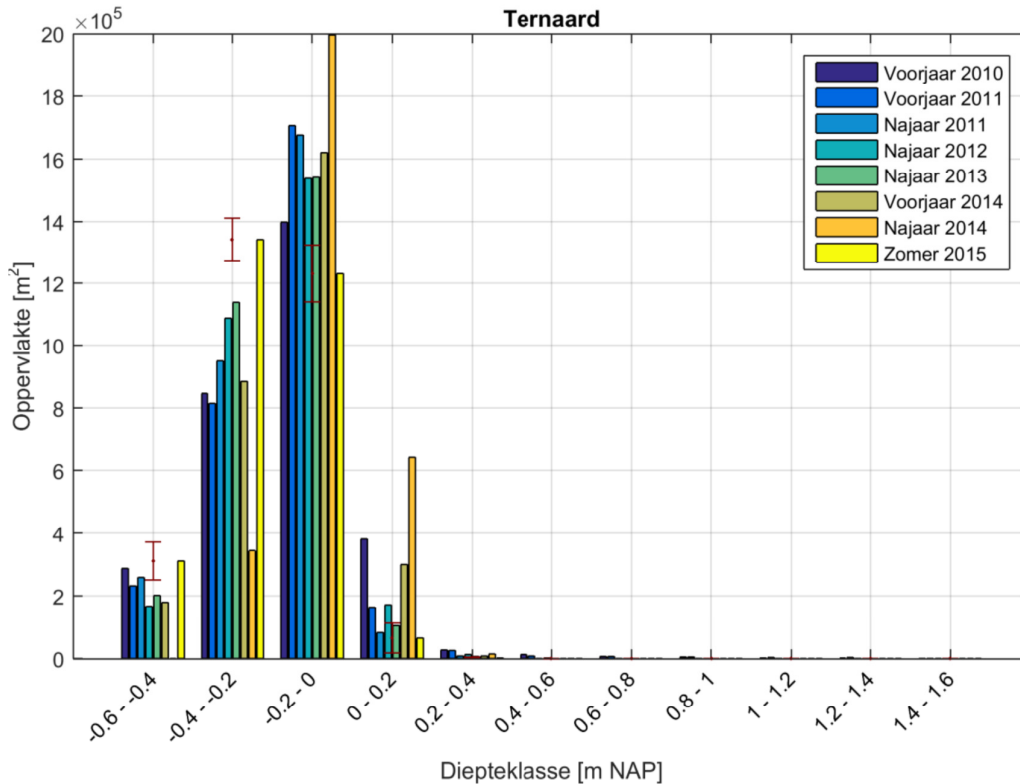
Figuur 7 Histogram van de oppervlaktes van de wadplaten per hoogteklasse voor het kombergingsgebied Pinkegat. De errorbar geeft de fout voor de zomer van 2015 aan. (Deze figuur komt uit Schrijvershof en Vroom, 2015)

Na de opvallende toename in wadplatenareaal voor de meeste hoogteklasses in 2014, lijkt 2015 weer een redelijk gemiddeld beeld te geven. Voor het Pinkegat misschien zelfs wel wat beneden gemiddeld. De sterke correlatie tussen de twee kombergingen suggereert dat dit effect veroorzaakt wordt door een grootschalig proces of misschien toch aan de kalibratie van de LIDAR-opname ligt.



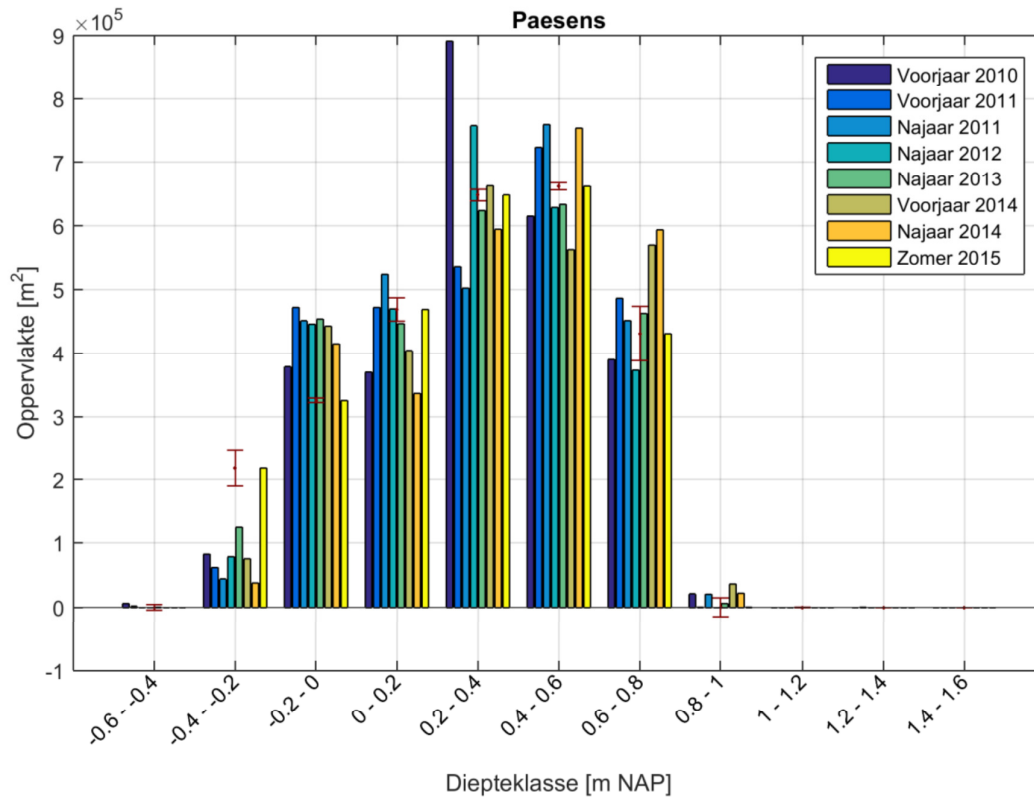
Figuur 8: Histogram van de oppervlaktes van de wadplaten per diepteklasse voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag. De errorbar geeft de fout voor de zomer van 2015 aan (Deze figuur komt uit Schrijvershof en Vroom, 2015).

Vorig jaar rapporteerden we een hoge mate van sedimentatie op het wad ter hoogte van Ternaard. Deze toename werd vooral geregistreerd in de hoogteklaas -0,2 tot 0,2 meter t.o.v. NAP. In figuur 9 is te zien dat deze toename in de zomer van 2015 zich verplaatst heeft naar de lagere hoogteklaas -0,6 tot -0,2 meter t.o.v. NAP.



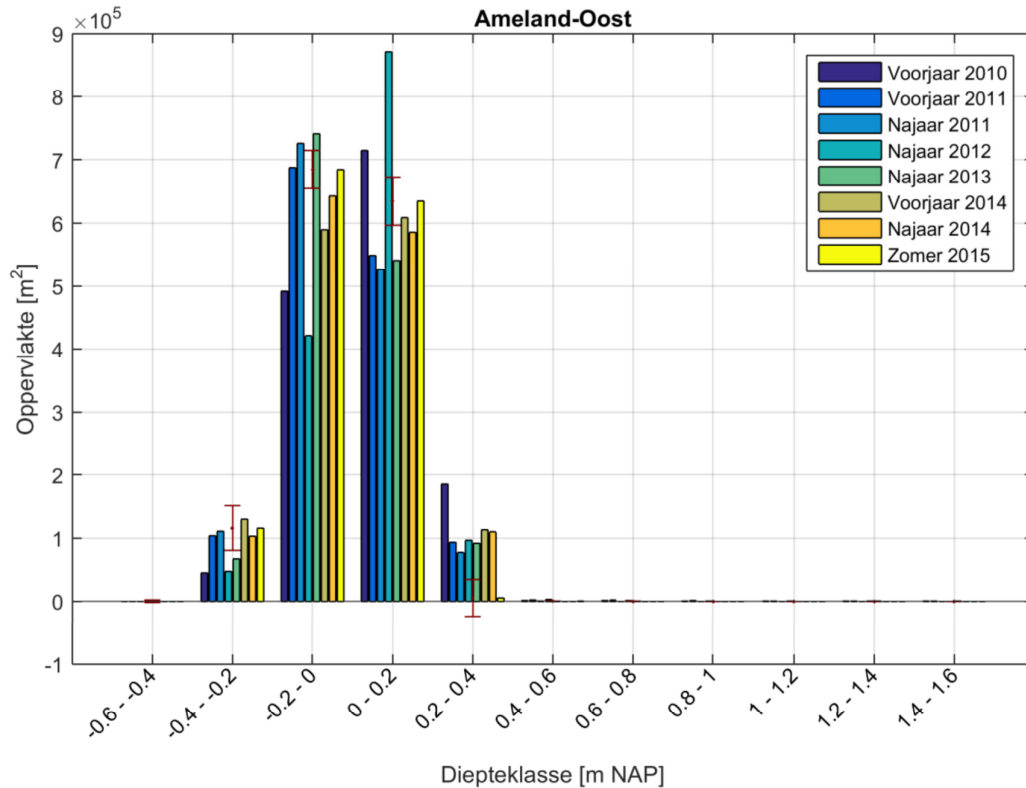
Figuur 9: Histogram van de oppervlaktes van de wadplaten per diepteklasse voor het deelgebied “Ternaard”. De errorbar geeft de fout voor de zomer van 2015 aan (Deze figuur komt uit Schrijvershof en Vroom, 2015).

Het wad boven de locatie Moddergat ligt binnen de invloedssfeer van de bodemdaling die veroorzaakt wordt door productie uit de gasvelden Nes en Moddergat. Zou bodemdaling door gaswinning niet, of in onvoldoende mate over de komberging Pinkegat worden verdeeld en door sedimentatie worden gecompenseerd, dan zou het hier waarschijnlijk meetbaar zijn. In dit deelgebied toont het wadoppervlak voor verschillende hoogteklassen in 2015 een gemiddeld beeld.



Figuur 10 Histogram van de oppervlaktes van de wadplaten per diepteklasse voor het deelgebied “Paesens” De errorbar geeft de fout voor de zomer van 2015 aan (Deze figuur komt uit Schrijvershof en Vroom, 2015).

De wadplaat onder Oost-Ameland ligt in de directe invloedssfeer van de bodemdalingkom door de winning uit het gasveld Ameland. Volgens de LIDAR-analyse blijkt dat het areaal wadplaten voor de verschillende hoogteklassen in dit deelgebied de afgelopen twee jaar licht zijn toegenomen (Fig. 11).

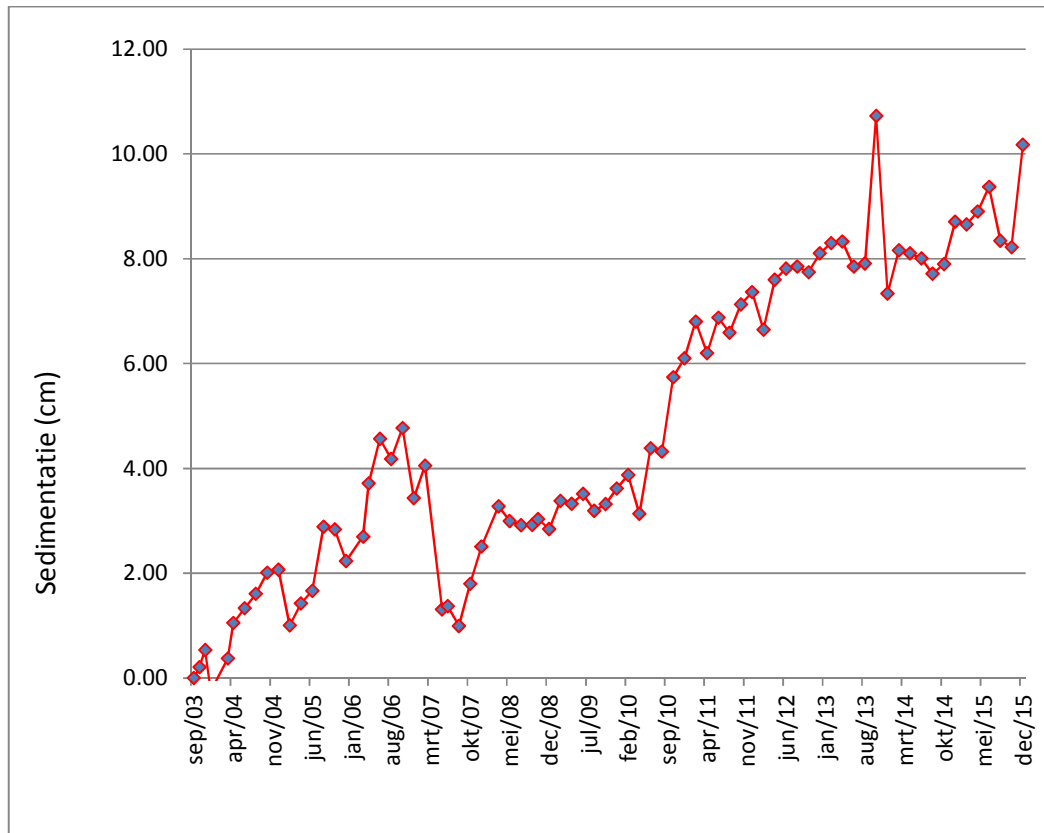


Figuur 11 Histogram van de oppervlaktes van de wadplaten per diepteklasse voor het deelgebied “Ameland-Oost”. De errorbar geeft de fout voor de zomer van 2015 aan (Deze figuur komt uit Schrijvershof en Vroom, 2015).

4.5 Sedimentatie en erosie van wadplaten

Het Natuurcentrum Ameland heeft het afgelopen jaar iedere twee maanden op vaste punten de lokale erosie en sedimentatie op een aantal grote wadplaten in Pinkegat en Zoutkamperlaag uitgevoerd; de zogenaamde spijkermetingen (Krol, 2016). De gevonden resultaten voor 2015 passen in de trends van de voorgaande jaren.

Op het Peasumerwad zijn 18 spijkermetingen geplaatst. In figuur 10 hebben we de gemiddelde ontwikkeling van de relatieve wadhoogte voor het Peasumerwad geploteerd. Een gestage positieve ontwikkeling van deze wadplaathoogte is duidelijk waarneembaar. Ook laat de data voor 2015 een grillig patroon van erosie en sedimentatie zien voor het gebied.

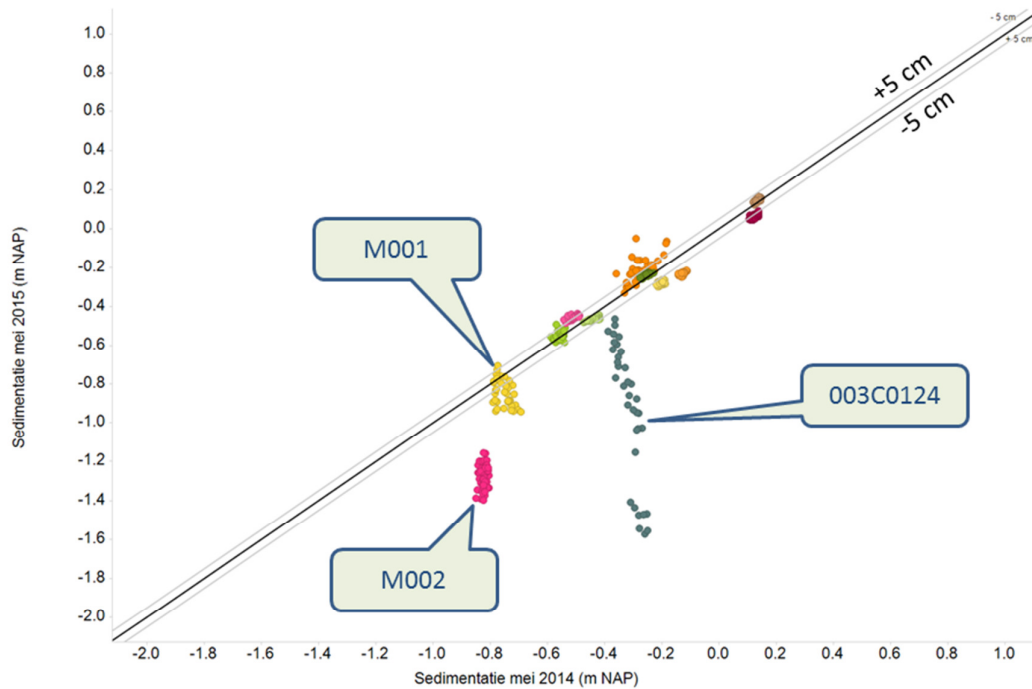


Figuur 12: Sedimentatie op het Paesumerwad gemeten aan de hand van de spijkermetingen. Dit betreft de gemiddelde ontwikkeling op basis van 18 locaties die ieder bestaan uit 4 spijkermetingen sinds december 2006. Data voor de periode 2003-2006 is op basis van 6 locaties.. Deze ontwikkeling is niet ten opzichte van NAP, maar ten opzichte van de 'nul-situatie' in 2003.

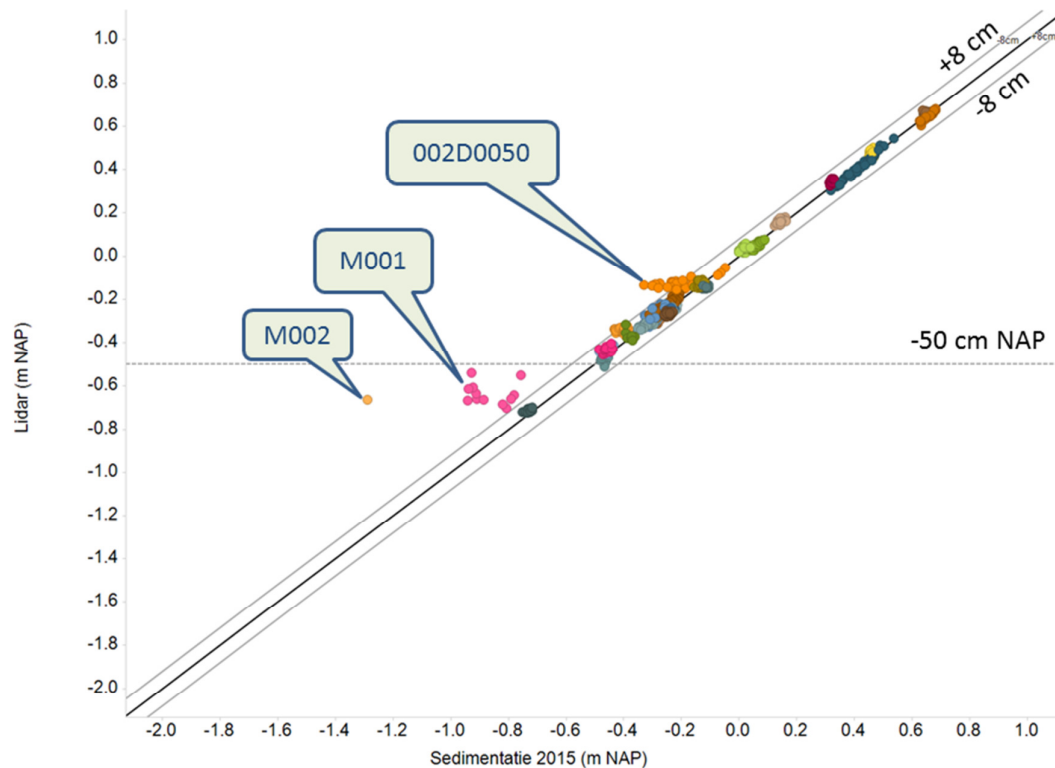
Onder de opslibbende wadplaat vindt dus bodemdaling plaats. De opslibbing is niet voor alle locaties waar spijkermetingen plaatsvinden gelijk. Er zijn punten op het Peazumerwad waar de opslibbing zeer sterk is, maar ook punten waar deze afwezig is of zelfs een beetje erosie optreedt. Deze lokale variatie is deels toe te schrijven aan de door de mens aangepaste kustlijn (Krol, 2016). Andersen & Pejrub, (2001) schrijven dat sedimentatie toe neemt naarmate je dichter bij het land komt. Voor het Peazumerwad is dat verband echter niet aangetroffen.

In de grillige erosie- en sedimentatiepatronen is zichtbaar hoe sedimentatie vooral in het voorjaar en de zomer optreedt en erosie in het najaar en de winter. Zie bijvoorbeeld Krol (2015; figuur 21. Deze seizoensdynamiek is een bekend fenomeen (Bartholdy & Anthony, 1998; Chang et al. 2006) die deels wordt toegeschreven aan meteorologische processen (Christiansen et al. 2006) en deels aan de invloed van biota (Borsje et al. 2008; Widdows et al. 2004).

Tijdens de GPS clustermetingen (paragraaf 4.1) wordt per peilmerk-cluster tevens de NAP hoogte van 35 gridpunten op de wadplaat gemeten. Het doel van deze metingen is te controleren in hoeverre erosie/sedimentatie in deze relatief kleine deelgebieden overeen komt met de resultaten uit de LIDAR-survey. Hieronder wordt een vergelijk gemaakt tussen de gridmetingen in 2014 en 2015 en tussen de gridmetingen en Lidar van mei/juni 2015.



Figuur 13: Correlatie tussen sedimentatiegrids 2015 en 2014. X-as geeft plaat hoogte in NAP (m) van 2014 en y-as geeft plaat hoogte in NAP (m) van 2015. De middelste diagonale (zwarte) lijn geeft aan, waar de hoogte geen verschil geeft tussen 2014 en 2015 ($y=x$), met aan beide kanten lijnen van +5/-5cm. Voor alle punten onder de diagonale zwarte lijn geldt dat er erosie heeft plaatsgevonden in de periode 2014-2015 en boven de diagonale lijn sedimentatie.



Figuur 14: Correlatie tussen sedimentatiegrids 2015 en Lidar meting 2015. De middelste diagonale (zwarte) lijn geeft aan, waar de hoogte geen verschil geeft tussen sedimentatiegrid en Lidar ($y=x$) met aan beide kanten lijnen van +8/-8cm. De horizontaal gestreepte lijn geeft voor de

Y-as -50cm NAP aan. Punten beneden deze lijn zijn voor wat betreft de Lidar meting niet meer betrouwbaar, aangezien hier mogelijk de waterhoogte gemeten is. Voor alle punten onder de diagonale zwarte lijn geldt dat Lidar een lagere NAP waarde geeft dan het sedimentgridpunt. Voor de punten boven de diagonale lijn geeft Lidar een hogere NAP waarde.

Geconcludeerd kan worden, dat er voor een drietal GPS clusters relatief veel erosie heeft plaatsgevonden tussen 2014 en 2015. LIDAR data komt over het algemeen goed overeen met de door waterpassing uitgevoerde wadhoogte metingen (binnen +/- 8cm). De NAM stelt voor de LIDAR-surveys voortaan 1 keer per jaar in de zomer te gaan uitvoeren. Dit valt qua timing gelijk met de bodemdiereninventarisatie.

4.6 Integratie van monitoringdata in een ecologisch model

In het monitoring programma voor de jaren 2014-2019 is gekozen voor een analysestrategie waarbij de op de wadplaten gemonitorde variabelen bodemdieren, bodemhoogte, sedimentatie en waterstanden worden geïntegreerd tot één variabele die zo goed mogelijk de instandhoudingsdoelen representeert. Het is niet mogelijk de draagkracht voor de verschillende wadvogelsoorten direct te bepalen op basis van deze metingen, maar het is wel mogelijk om de metingen te combineren tot afgeleides voor draagkracht voor naar schatting 17 soorten wadvogels. Deze afgeleides noemen we proxies.

Vorig jaar zijn het ontwikkelde model en de resultaten van de ontwikkelde proxies voor draagkracht voor zes goed onderzochte wadvogelsoorten gepresenteerd. Deze vogelsoorten zijn de Scholekster, Kluut, Zilverplevier, Kanoet, Rosse Grutto en Wulp. Dit jaar zijn er ook proxies ontwikkeld voor Bergeend, Pijlstaart, Bontbekplevier, Drieteenstrandloper, Bonte Strandloper, Tureluur en Steenloper.

De vorig jaar gepresenteerde proxies hadden betrekking op de biomassa beschikbaar en bereikbaar voedsel. Daarnaast was er een proxie die de oppervlakte geschikt foerageergebied berekende op basis van de voedseldichtheid en een drempelwaarde. Dit jaar zijn daar proxies aan toegevoegd die de voedselbestanden wegen naar de haalbare voedselopsnamesnelheden. Dit alles wordt in Ens et al. uitgebreid beschreven en bediscussieerd.

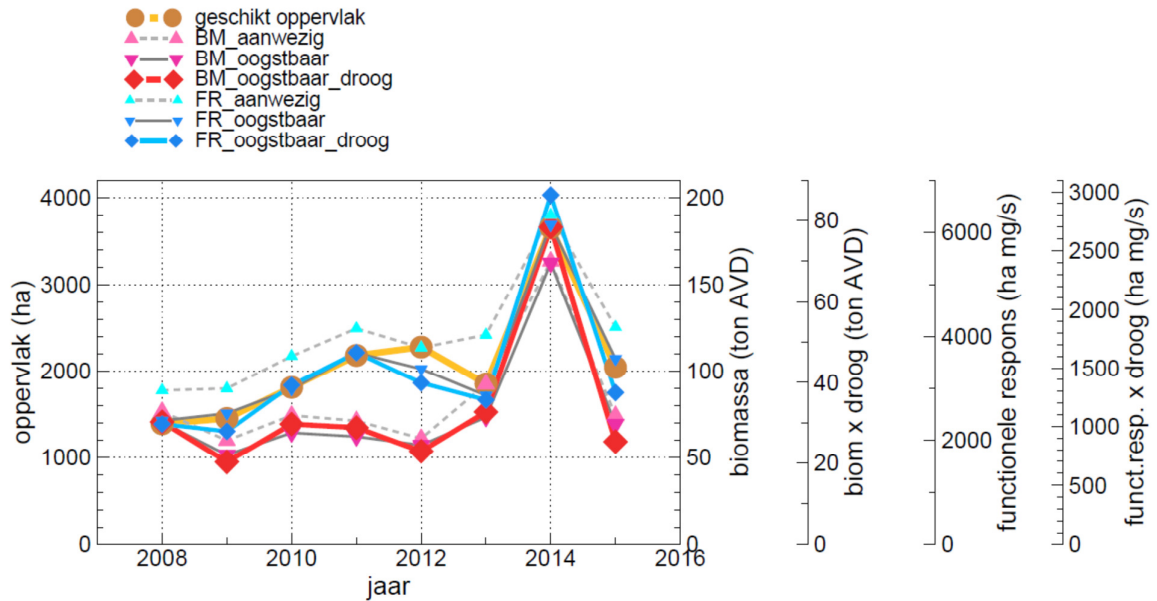
Verbeterde inputdata

Dit jaar is het NIOZ gelukt de gegevens uit de bodemdierensurvey (SIBES) van 2015 in december 2015 beschikbaar te krijgen. Hierdoor lopen de modelberekeningen niet langer een jaar achter, maar kunnen ook de resultaten voor 2015 worden berekend. Daarnaast heeft Deltares de tot dusver beschikbare LIDAR-kaarten van Pinkegat en Zoutkamperlaag opnieuw geanalyseerd zodat alle kaarten op basis van dezelfde methode tot stand zijn gekomen, hetgeen de vergelijkbaarheid ten goede komt. Wel is geconstateerd dat de LIDAR-kaarten nog steeds enkele kleine foutjes vertonen waar komend jaar aandacht aan zal worden besteed.

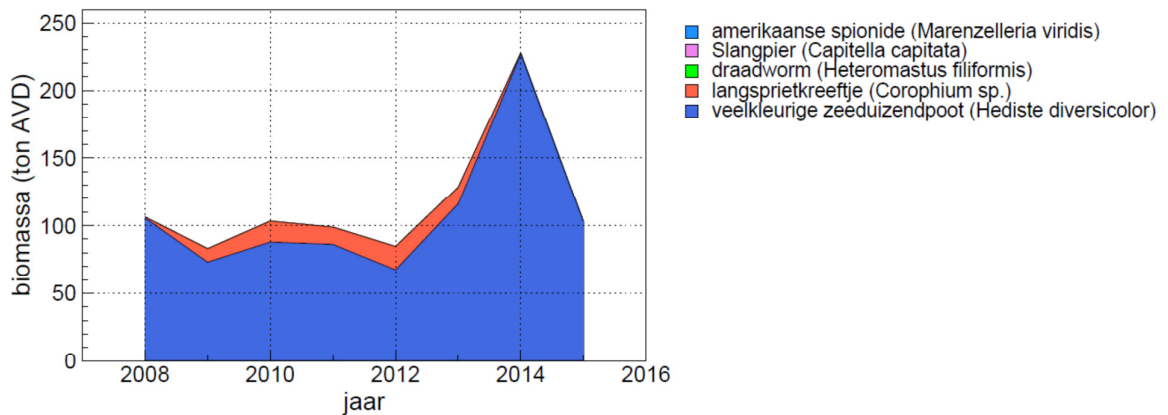
Ecologische interpretatie

Een andere belangrijke ontwikkeling dit jaar is dat in het model routines zijn ingebouwd die de gebruiker automatisch van informatie voorzien over de ecologische achtergrond van de waargenomen temporele variatie in de proxies. Als voorbeeld is in figuur 15 het verloop van de proxies voor de Kluut in het najaar weergegeven. Wat opvalt is de sterke correlatie tussen de proxies. Waarbij de proxies op basis van biomassa bijna over elkaar heen liggen en de oppervlakte geschikt foerageeroppervlak de functionele response proxies volgt. Verder laten alle proxies in figuur 15 een duidelijke piek zien in 2014. Figuur 16 toont het verloop van het dieet van de Kluut voor zijn verschillende prooidieren. De grafiek laat duidelijk zien dat een piek in de biomassa van de

Veelkleurige Zeeduizendpoot aan de piek in de proxies ten grondslag ligt. Dit zelfde effect is voor de Zilverplevier waargenomen.



Figuur 15. Verloop van de proxy plots voor de Kluut over de jaren 2008 t/m 2015 voor Pinkegat en Zoutkamperlaag op basis van de korte prooijlijst voor het najaar. De proxy geschikt oppervlak moet op de linker Y-as oppervlak (ha) afgelezen worden; de proxies BM_aanwezig en BM_oogstbaar op de rechter Y-as biomassa (ton AVD); de proxy BM_oogstbaar_droog op de rechter Y-as biom x droog (ton AVD); de proxy FR_aanwezig en FR_oogstbaar op de rechter Y-as functionele respons (ha mg/s); de proxy FR_oogstbaar_droog op de rechter Y-as funct.resp x droog (ha mg/s). Figuur 6-7 uit Ens et al. (2016).



Figuur 16 Verloop in het dieet van de Kluut in het najaar, berekend op basis van aanwezige biomassa prooidieren (proxy BM_aanw). Figuur 6-8 uit Ens et al. (2016).

Validatie van proxies en gevoeligheidsanalyse

Een belangrijke doelstelling voor 2015/2016 was om een validatie voor de proxies uit te voeren. Deze validatie zou bestaan uit een vergelijking van de variatie van de proxies in tijd en ruimte, gekoppeld aan de variatie in de vogelaantallen waarvoor ze berekend zijn

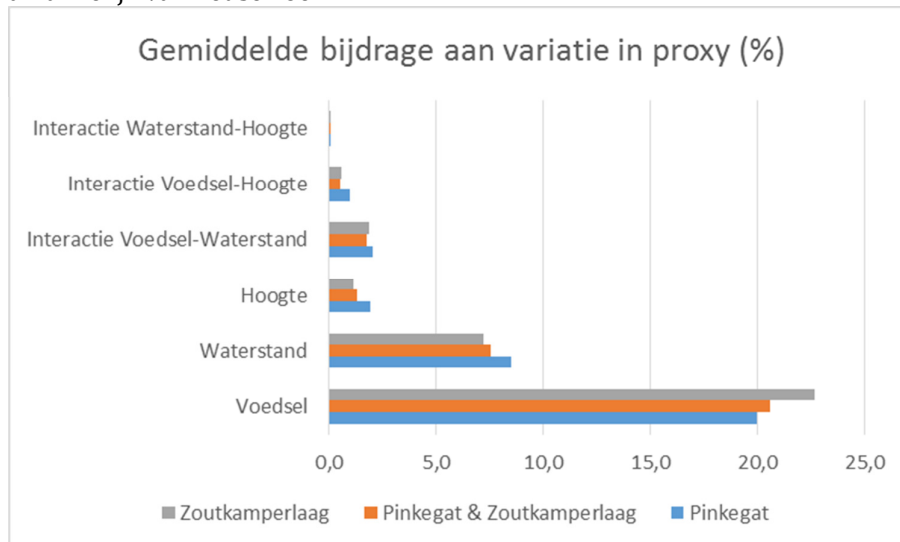
op de Hoogwatervluchtplaatsen. Deze analyse is doorgeschoven naar 2016/2017 omdat voorrang is gegeven aan het advies van de Auditcommissie om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren en inzichtelijk te maken hoe gevoelig de proxies zijn voor bodemdaling.

In deze analyses zijn twee scenario's gehanteerd. In het eerste scenario is bodemdaling gesimuleerd in de vorm van een bodemdalingsschotel die zich ontwikkelt aan het wadoppervlak. In het tweede scenario wordt de bodemdaling over de oppervlakte van het kombergingsgebied uitgemiddeld. Daarnaast is er ook onderscheid gemaakt tussen situaties waarin de bodemdieren wel en niet meedalen met de bodemdaling. De gevoeligheid kan worden uitgedrukt als % verandering per cm gemiddelde bodemdaling. De gevoeligheid van de twee proxies die altijd reageren op bodemdaling verschilt weinig als per scenario wordt gemiddeld over alle combinaties van vogel en seizoen (Tab. 4)

Tabel 4: Gevoeligheid van de proxies BM_oogstbaar_droog en FR_oogstbaar_droog voor bodemdaling, uitgedrukt als % afname per cm gemiddelde bodemdaling. De waarden in de tabel zijn de gemiddeldes over alle combinaties van vogelsoort en seizoen. Tabel 6.1 uit Ens et al. (2016).

Proxy	Komberging / voedsel	Daling volgens kaart		Daling uniform	
		Meedalend	Opschuivend	Meedalend	Opschuivend
BM_oogstbaar_droog	Pinkegat	-1,83	-4,26	-0,90	-1,56
	Zoutkamperlaag	-1,25	-1,49	-0,78	-0,97
FR_oogstbaar_droog	Pinkegat	-1,67	-3,70	-0,92	-1,40
	Zoutkamperlaag	-1,21	-1,13	-0,79	-0,87

Om te onderzoeken hoe de berekende proxy waarden afhangen van de waargenomen variatie in voedsel, getijde en hoogte van de wadplaten zijn variantie analyses uitgevoerd voor de proxy FR_oogst_Droog. Daarbij zijn alle mogelijke combinaties gemaakt van 8 voedseljaren (2008 t/m 2015), 18 getijdejaren (1998 t/m 2015) en 5 of 6 hoogtekaarten, afhankelijk van het seizoen.



Figuur 17. Effectgrootte van de verschillende variatiebronnen op een proxy, gemiddeld voor Zoutkamperlaag, Pinkegat en het gehele gebied. Dit is figuur 6-37 uit Ens et al. (2016).

Uit deze analyse blijkt dat verreweg de grootste bron van variatie in proxy voor draagkracht het voedsel is (Fig. 17). Op ruime afstand daarachter komt waterstand. De verschillen in hoogteligging hebben maar een heel kleine invloed. Ook de interacties zijn bijna steeds verwaarloosbaar. Het effect van variatie in waterstand is vooral hoog in de

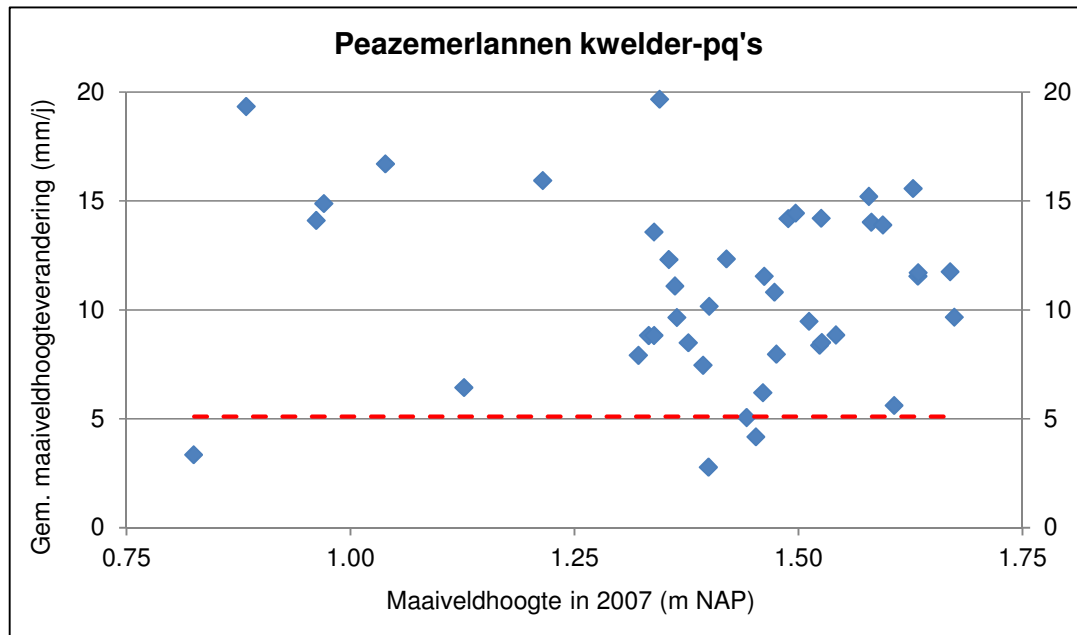
winter (door stormen waarbij het wad niet droogvalt), met als gevolg dat de totale variatie in “winter” proxies hoger is dan de totale variatie in “zomer” proxies.

5 De kwelder ‘Peazemerlannen’

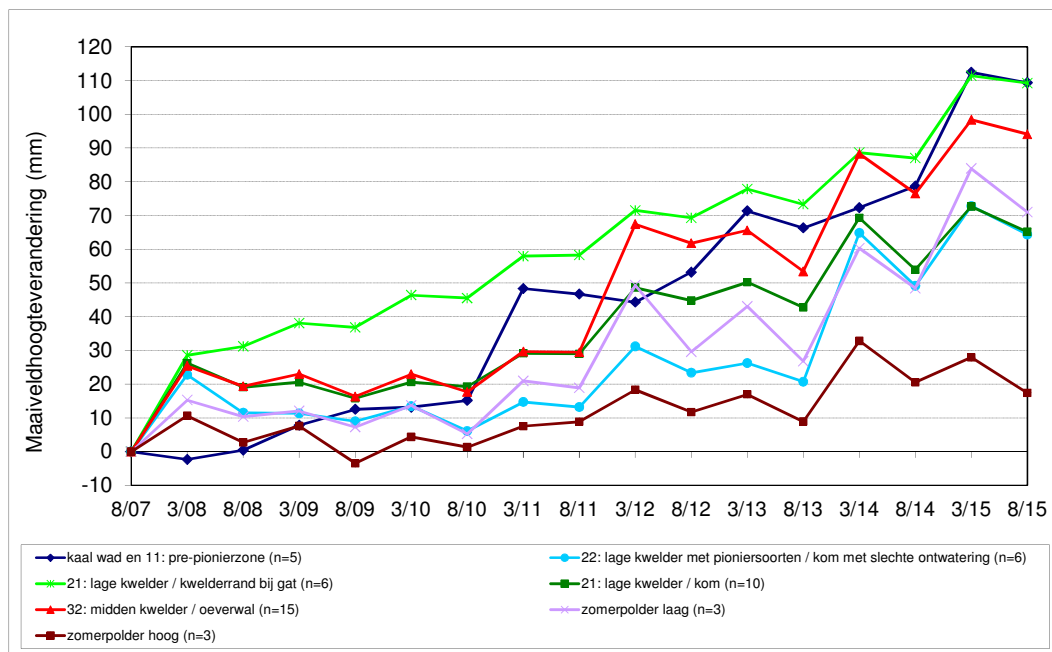
De kwelder en zomerpolder van de Peazemerlannen staan onder invloed van diepe bodemdaling door productie uit de gasvelden Moddergat en Nes. De bodemdalingsnelheid onder de kwelder is 3,1 millimeter per jaar. De uiteindelijke diepe bodemdaling in 2035 zal zo’n 8 tot 10 centimeter bedragen. Aan het maaiveld wordt minder invloed van diepe bodemdaling verwacht omdat de kwelder opslibt. Opslibbing vindt plaats wanneer een kwelder overstroomt. Opslibbing is het hoogst op delen van kwelders die dichtbij de sedimentbron (wad of kreek) liggen. Dit betreft daarom vaak delen dielaaggelegen zijn en daardoor het meest overspoeld worden en oeverwallen. In de ‘jonge kwelder’ worden opslibbingsnelheden tot 15-25 millimeter per jaar gerapporteerd (Pethick, 1981; Dijkema et al. 2007). Naar mate de kwelder ouder en hoger wordt neemt de opslibbing af. De gerapporteerde sedimentatiesnelheden in oudere delen van kwelders variëren van 2 tot 7 millimeter per jaar (Frostick & McCave, 1979; Esselink et al., 1998). In zomerpolders, omgeven door een zomerkade waardoor ze slechts tijdens zeer hoge tijden overspoeld worden, is de opslibbing nog lager of neemt de maaiveldhoogte zelfs af door inklink.

Van Duin en Sonneveld (2016) schrijven dat een opslibbing van ca. 5,1 mm/jr voldoende is om het effect van zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning te compenseren. Op de Peazemerlannen voeren zij sinds 2007 sedimentatiemetingen uit. Dit gebeurt aan de hand van de zgn. SEB-metingen (Sedimentatie-Erosie Balk) die op 48 meetpunten verspreid over wad (pre-pionierzone), kwelder en zomerpolder worden uitgevoerd. Tijdens stormen kan het voorkomen dat een grote hoeveelheid slib die zich op het wad heeft verzameld naar de kwelder wordt verplaatst door de grote dynamiek en hoge waterstanden die dan meestal optreden. De sterke toename van de maaiveldhoogte tussen augustus 2013 en maart 2014 is een voorbeeld van dit fenomeen (Fig. 19).

Op zeven van de 48 meetpunten is over de afgelopen 9 jaar een gemiddeld lagere opslibbing gemeten dan 5,1 mm/j (zie rapport van Duin en Sonneveld (2016) voor kweldermeetpunten). Drie van deze punten liggen in de zomerpolder, één op het wad (tot 2010 erosie, maar vervolgens enkele jaren een sterke opslibbing), twee in of vlakbij een poel (afwisselend verweking en uitdroging) en één ver weg van het wad en sediment-aanvoerende geulen.



Figuur 18: Gemiddelde maaiveldhoogteverandering per kwelder-pq over de periode 2007-2015 in de Peazemerlannen. De rode stippellijn geeft de gemiddelde jaarlijkse bodemdaling over de periode jan. 2007-2016 van 3,1 mm/j (NAM, 2016) + de trend in GHW-stijging van 2 mm berekend voor de Waddenzee over de periode 1960-2015.

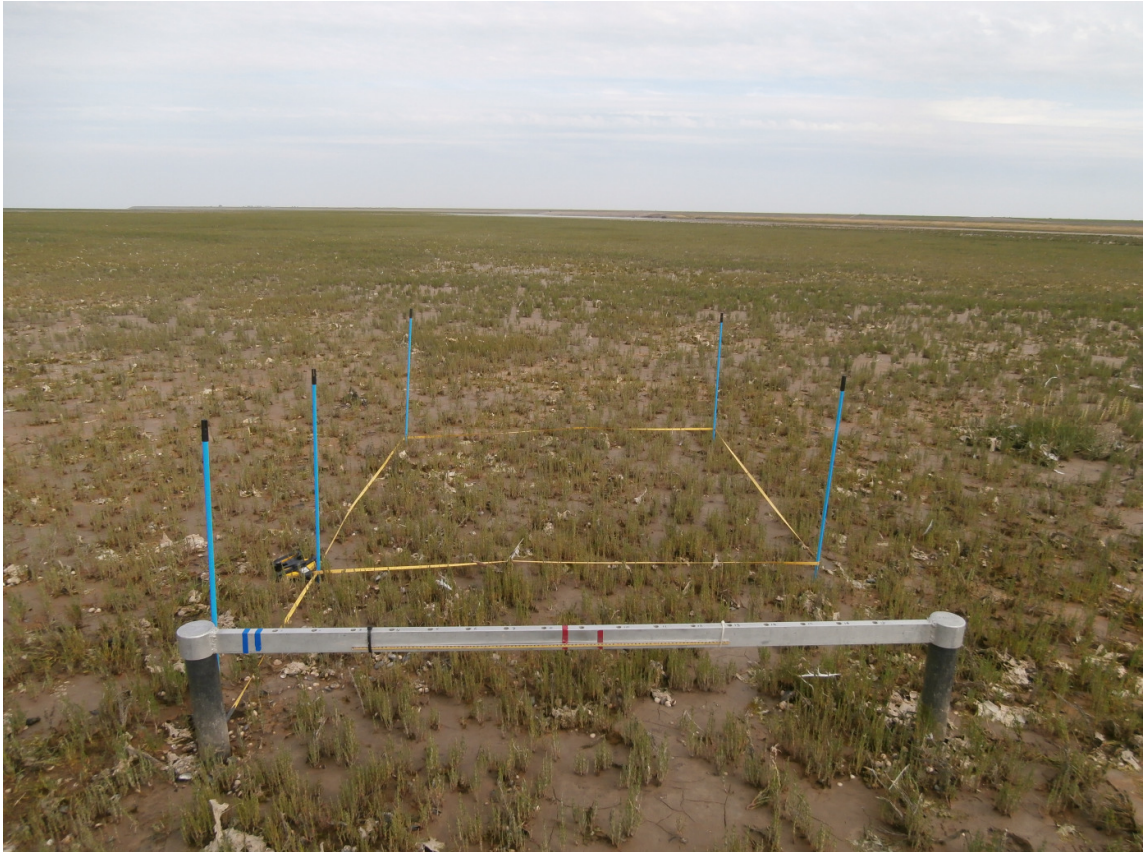


Figuur 19: Gemiddelde cumulatieve maaiveldhoogteontwikkeling (mm) bij de 48 meetpunten in de pionierzone, lage en midden kwelder en zomerpolder van 2007-2015. Deze figuur is overgenomen uit van Duin en Sonneveld (2016); fig.3.1.

In deze kweldermonitoring worden ook referentiegebieden meegenomen. Dit zijn delen van de Groningerkwelder die niet onder invloed staan van bodemdaling. De op deze referentiekwelders gemeten sedimentatiesnelheid was lager dan in de Peazemerlannen.

Los van de recente uitbreiding van de pionierzone (Fig. 19/20) is de vegetatie van de Peazemerlannen hoofdzakelijk stabiel of aan successie/veroudering onderhevig. Dit

blijkt ook uit de vegetatieopnames die in 2015 zijn uitgevoerd. Er heeft in vijftien pq's (lichte) successie plaatsgevonden en in twee pq's een lichte regressie. Dit zijn beide pq's die op de grens van lage kwelder en pionierzone liggen. De oorzaak van deze lichte regressie ligt vooral in het feit dat er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras heeft plaatsgevonden, die voor een klein deel ten koste is gegaan van Gewoon kweldergras, maar vooral ten koste van onbegroeide delen. In dat opzicht is dus eigenlijk sprake van successie, maar voor het vegetatietype betekend het regressie. Deze uitbreiding van Engels slijkgras is niet het gevolg van bodemdaling.



Figuur 20: De uitgebreide (pre-)pionierzone met voornamelijk Zeekraal die ook in 2015 weer aanwezig was (foto met SEB en permanent kwadraat voor de vegetatie vanaf pq 38 richting Lauwersoog). Deze foto is overgenomen uit van Duin en Sonneveld (2016); foto 3.1.

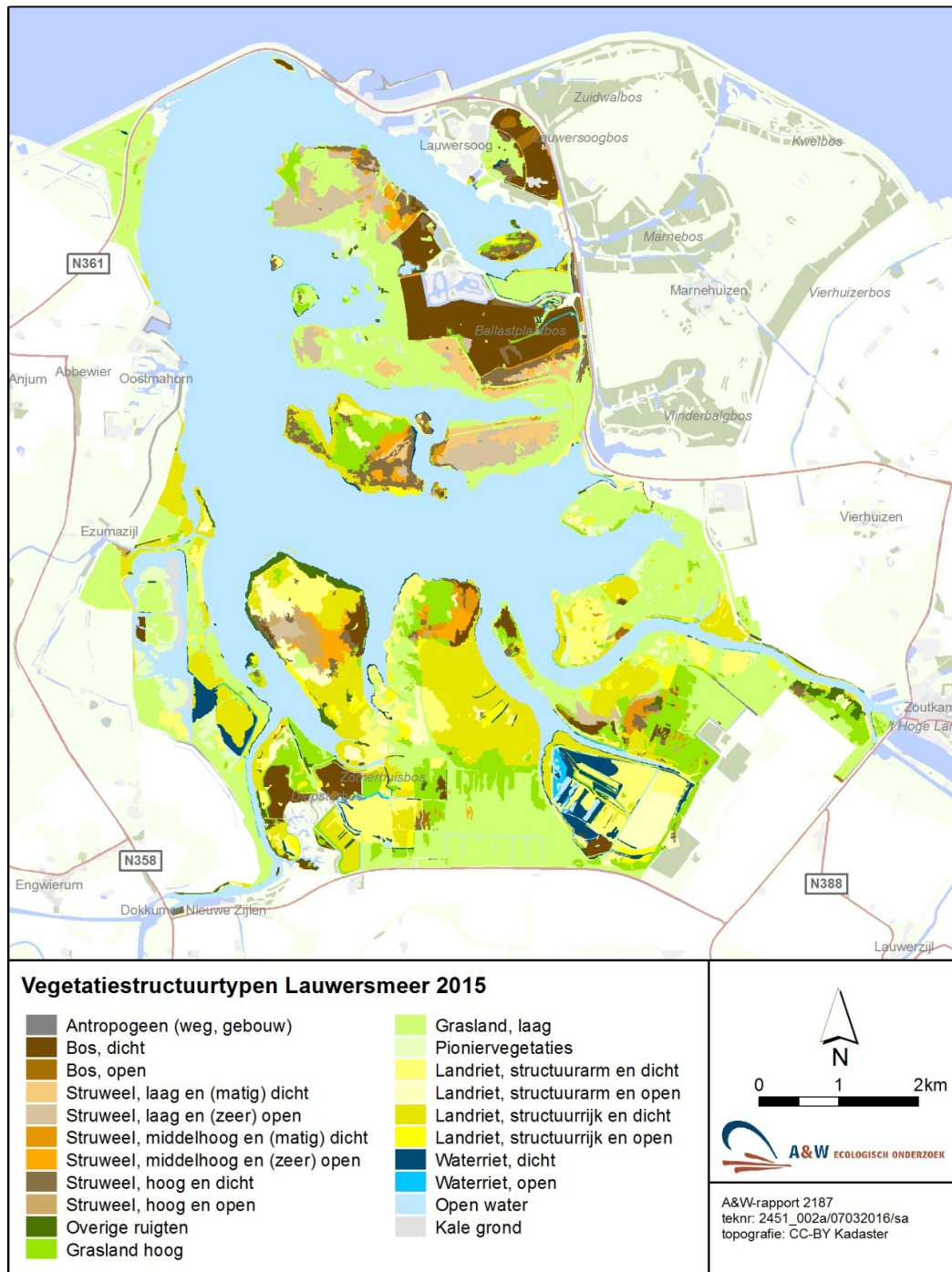
De Peazemerlanden is door opslibbing aan veroudering onderhevig. In principe vertraagt bodemdaling dit verouderingsproces. Er wordt echter verwacht dat deze vertraagde netto ophoging van het maaiveld tijdens de bodemdalingsperiode te beperkt is om de veroudering grootschalig en langdurig tegen te gaan.

6 Het Lauwersmeergebied

Het Lauwersmeergebied is een waterrijk natuurgebied dat in 1969 is ontstaan door afsluiting van de Lauwerszee. Met de afsluiting van de Waddenzee verdween de getijdenstroming in het gebied en nam de invloed van zeewater snel af. Omdat er minder water door de geulen stroomde, waren de wadplaten en schorren onderhevig aan erosie en werden de geulen ondieper. Om te voorkomen dat de platen zouden verdwijnen zijn de plaatranden op verschillende plekken verstevigd door er stenen te storten. In de loop der jaren is de vegetatie die karakteristiek is voor kwelders en duinvaleien verdwenen, met uitzondering van een paar plekken waar nog steeds invloed is van zout grondwater. Ook is op een aantal plekken in het gebied bos aangepland. Het huidige beheer is erop gericht het landschap open te houden en de instandhoudingsdoelen na te streven. Dit bestaat voornamelijk uit begrazing en maaien. Een meer natuurlijk fluctuerend waterpeil zou goed zijn voor de rietontwikkeling in het gebied. Plannen hiervoor stuiten echter op veel weerstand bij huizenbezitters en agrariërs in de directe omgeving van het meer.

6.1 Bodemdaling in het Lauwersmeergebied

Op de platen en lobben van het Lauwersmeergebied (Fig. 21) treedt geen sedimentatie op die het effect van bodemdaling teniet doet. Bodemdaling door gaswinning in het Lauwersmeergebied is hierdoor waarschijnlijk meetbaar aan het maaiveld. Dit kan er lokaal toe leiden dat de grondwaterstand dicht bij het maaiveld komt te liggen waardoor het drassiger wordt. Vernatting kan veranderingen in de biochemische condities tot gevolg hebben, bijvoorbeeld door een geringere beschikbaarheid van zuurstof in de bodem. Hierdoor zal de mineralisatie van plantenresten verminderen en kan de bodem verzuren. Zo kan bodemdaling invloed hebben op de ontwikkeling van de vegetatie in het gebied. Omdat in een deel van het gebied brak grondwater tot dicht onder het maaiveld voorkomt, leidt op deze locaties vernatting door bodemdaling in theorie tot meer zoute invloed op de vegetatie. Naast effecten op de vegetatie heeft vernatting ook invloed op sommige diersoorten. Bijvoorbeeld voor muizen die in de bodem leven kan vernatting leiden tot een verschuiving van hun leefgebied.



Figuur 21: Kaart van de platen en lobben van het Lauwersmeer met daarop de vegetatiestructuurtypen, gebaseerd op stereoscopische luchtfoto-interpretatie en veldwerk. Deze figuur is afkomstig uit Bijkerk et al. (2016).

Het Lauwersmeergebied is aangewezen als vogelrichtlijngebied. De instandhoudingsdoelen betreffen de draagkracht van het gebied voor vogelpopulaties van een bepaalde omvang. Hierbij is het gebied voor bepaalde soorten aangewezen als broedgebied, rustgebied of foerageergebied. Voor het Lauwersmeergebied zijn geen beschermde habitattypen geformuleerd.

6.2 Ontwikkeling broedvogelaantallen Lauwersmeergebied

Al sinds de inpoldering in 1969 worden de vogelpopulaties van het Lauwersmeergebied gevolgd. Daarnaast evalueren Beemster & Bijkerk (2005) de factoren die de ontwikkeling van deze populaties de afgelopen 40 jaar hebben beïnvloed. De belangrijkste sturende factoren zijn de natuurlijke successie, het vegetatiebeheer, moerasontwikkeling, predatie, beweiding en maaien.

De belangrijkste ontwikkeling die in 2015 werden vastgesteld, was de afname van enkele aan riet geassocieerde broedvogels. Van de integraal gekarteerde soorten als Roerdomp, Bruine Kiekendief en Snor zijn er in 2015 weer minder aangetroffen dan in de jaren daarvoor. Deze soorten zijn nu vrijwel alleen nog te vinden in gebiedsdelen zonder begrazing. Daarbij is de natte Kollumerwaard voor Roerdomp en Snor van groot belang. In de Kollumerwaard lijkt het areaal waterriet te krimpen in de diepe delen van het terrein, waardoor het minder geschikt wordt als broedgebied.

Ook in de BMP-proefvlakken laten algemene rietvogels als Rietzanger en Kleine Karekiet eveneens een afname zien, zowel in het begraasde als onbegraasde terrein (Sennerplaat), hoewel die in begraasd gebied sterker lijkt te zijn. Voor de Rietzanger lijkt vooral de afname aan dicht landriet een nadelig effect op de omvang van de broedpopulatie te hebben.

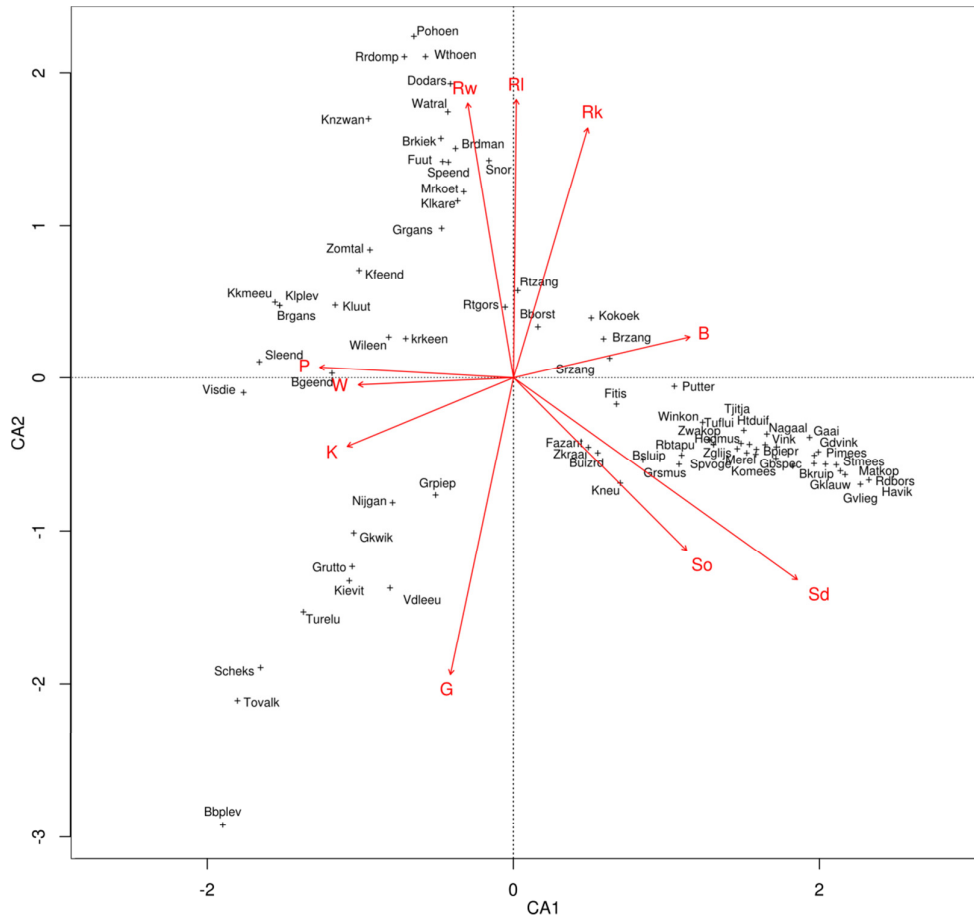
Voor de gemiddelde aantallen territoria van Natura 2000-soorten in de periode 2002-2007 en 2008-2015, inclusief de aantallen in het Natuurmonumenten-reservaat Bantpolder, betekent dit dat van de 13 soorten broedvogels waarvoor instandhoudingsdoelen geformuleerd zijn tien soorten dat doel niet halen op basis van het gemiddelde aantal territoria in 2008-2015 (Tab. 5). De aantallen van Roerdomp en Bruine Kiekendief benaderen de doelstelling, maar indien de omstandigheden voor deze soorten niet verbeteren, valt een verdere afname te verwachten.

Tabel 5: (overgenomen uit Kleefstra 2016, tabel 8) Natura 2000-soorten in het Lauwersmeergebied met vermelding van de instandhoudingsdoelen (doel; het aantal territoria), het gemiddelde aantal territoria in de periode 2002-2007 (toen de eilanden niet integraal voor alle soorten werden meegenomen) en het gemiddelde aantal voor de periode 2008-2015 (Lauwersmeer integraal). In verband met de begrenzing van het Natura 2000-gebied en de gestelde doelen zijn de aantallen van Natuurmonumenten-reservaat Bantpolder inbegrepen. Volledigheidshalve zijn voor het Staatsbosbeheer-gebied (L'meer 2015) en Bantpolder (Bant 2015) de aantallen uit 2015 apart weergegeven.

	Doel	2002-2007	2008-2015	L'meer 2015	Bant 2015
Roerdomp	10	10	6	6	0
Bruine Kiekendief	20	20	18	13	0
Grauwe Kiekendief	4	3	0	0	0
Porseleinhoen	15	10	5	2	0
Kluut	110	84	72	42	4
Bontbekplevier	4	3	1	2	0
Kemphaan	20	4	1	0	0
Noordse Stern	5	2	4	0	3
Velduil	1	0	0	0	0
Blauwborst	120	141	232	243	0
Paapje	10	8	2	1	0
Snor	20	21	29	23	0
Rietzanger	1900	1450-1550	1550-1650	1530-1850	8

6.3 Vegetatiestructuur en vogelaantallen

Met als doel de veranderingen in draagkracht voor broedvogels vast te stellen zijn de afgelopen jaren de vogelsoorten ingedeeld in groepen die corresponderen met bepaalde habitats of vegetatiestructuurtypen zoals “grasland”, “struweel”, “riet”, etc.. Deze associaties tussen vogelsoorten en hun broedgebied zijn uit de literatuur afkomstig. Dit jaar is op basis van een gedetailleerde vegetatiestructuurkaart van het gebied (Fig. 21) in combinatie met de resultaten uit de broedvogelkartering, de associatie tussen de vogelsoorten en de vegetatiestructuur geanalyseerd. In Bijkerk et al. (2016) wordt deze analyse nader toegelicht. Het resultaat ervan staat in figuur 22. Hierin zie je dat een aantal groepen vogels kan worden onderscheiden. Dit wordt toegelicht in het onderschrift van de figuur. Op basis van deze vogelgroepen concluderen we dat veranderingen in de geassocieerde vegetatiestructuurtypen (pijlen in de grafiek) invloed hebben op de draagkracht van het gebied voor de betreffende groep vogelsoorten. Dit betekent dat we in de toekomst de ontwikkeling in de vegetatiestructuur kunnen monitoren als functie van de tijd, wat tot uitspraken leidt over veranderingen in draagkracht die we met de ontwikkeling van de vogelpopulaties zullen vergelijken. De laatste stap in zo'n analyse is vaststellen of waargenomen veranderingen een effect kunnen zijn van bodemdaling door gaswinning.



Figuur 22: Ordinatiediagram van de vogelsoorten binnen de 500 m gridcellen. De zwarte kruisjes geven de positie van de afzonderlijke soorten weer. De pijlen geven de correlatie weer met het oppervlaktaandeel van de structuurtypen (RI=structuurarm landriet, Rk=structuurrijk landriet, Rw=waterriet, B=bos, Sd=dicht struweel, So=open struweel, G=grasland, K=kaal, W=open water, P=pioniervegetatie). Deze figuur is overgenomen uit Bijkerk et al. (2016), figuur 6.1.

Het bepalen van de vegetatiestructuur in het gebied vindt plaats op basis van luchtfoto's. Omdat de vegetatiestructuur een redelijk stabiele parameter is, zijn we van plan deze eens per drie jaar te bepalen voor de deelgebieden waar ook de broedvogels gekarteerd worden. Ook is er een historische vegetatiestructuurkaart beschikbaar uit 2005. Deze zal aan de te ontwikkelen trendlijn worden toegevoegd. Met het opnemen van een gebieddekkende vegetatiestructuurmeting komen de transectmetingen te vervallen. Wel is het nodig de luchtfoto-analyses in het veld te verifiëren (ground truth).

In figuur 22 zijn 4 vakken onderscheiden. De broedvogelsoorten die geassocieerd zijn met grasland en kale bodems zijn te vinden in vak 1 (linksonder) en die geassocieerd met struweel en bos in vak 2 (rechtsonder). Vogelsoorten geassocieerd met pioniervegetatie en riet bevinden zich grotendeels in vak 3 (linksboven). Het hypothetische effect van bodemdaling door gaswinning leidt ertoe dat de structuurtypen (pijlen) in vak 3 van grotere betekenis worden, ten koste van de andere habitats. Successie van de vegetatie daartegen leidt tot meer grasland, landriet, struweel en uiteindelijk bos.

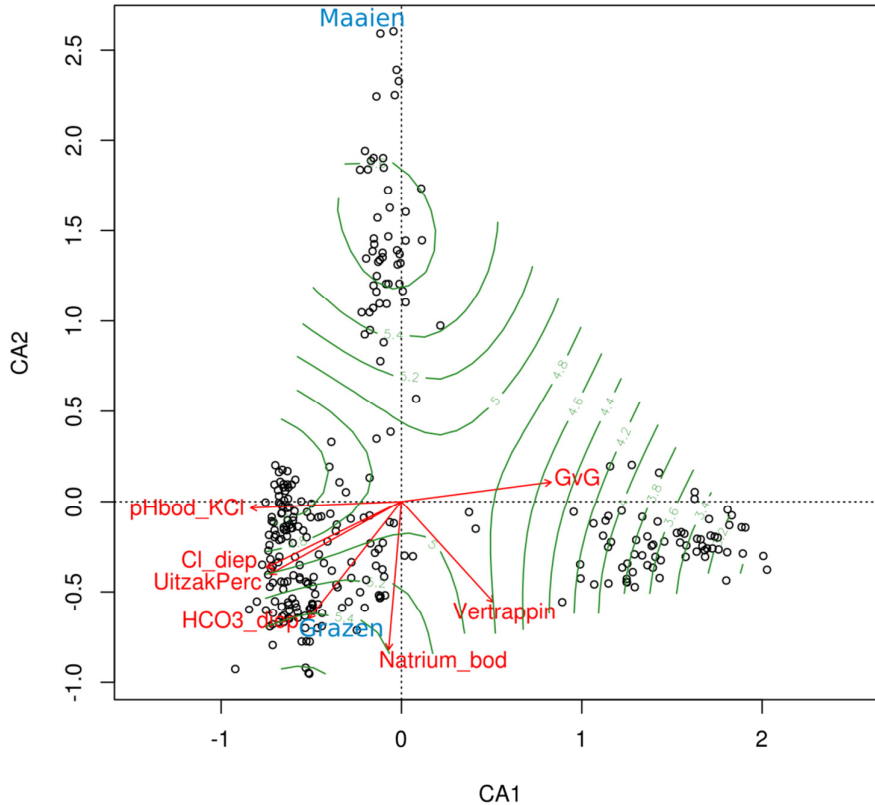
In een nadere analyse van de vogelaantallen zou gekeken kunnen worden in hoeverre de temporele variatie in vogelaantallen verklaard kan worden door de interactie tussen de vegetatiestructuur en de tijd. Op het niveau van de vegetatiestructuurkaart kan aan de hand van het verschil tussen jaren worden vastgesteld waar veranderingen in het gebied optreden, of dat in het gebied is waar ook bodemdaling optreedt en of de vogelaantallen daar op lijken te reageren.

De duidelijke relatie tussen vegetatiestructuren en broedvogelgemeenschappen en -soorten die met de ordinarie werd gevonden biedt een goede basis om in een verdere analyse met een regressiemodel een kwantitatief verband tussen aantallen waarnemingen of territoria van karakteristieke soorten en de verklarende variabelen te onderzoeken. Naast vegetatiestructuur zijn begrazingsintensiteit, grondwaterpeil en bodemsamenstelling voor de hand liggende verklarende variabelen. Met een dergelijk regressiemodel kunnen ook toekomstige scenario's worden doorgerekend en gevisualiseerd; voor een bepaald te verwachten beeld van de vegetatie over vijf of tien jaren is het mogelijk de te verwachten verspreiding van de vogelsoorten als kaart te laten zien. Zo'n regressiemodel zal onderdeel worden van de rapportage over de broedvogelmonitoring in 2016.

6.4 Analyse permanente quadraten (PQ's)

In voorgaande jaren werden de ontwikkelingen in de PQ's voor een aantal plantensoorten nader uitgewerkt, waaronder kruipwilg, duinriet, etc.. Dit jaar is voor het eerst een analyse gemaakt voor alle soorten in de PQ's op basis van een zogenaamde correspondence analysis. Deze multivariate ordinatietechniek vergelijkt de vegetatieopnames aan de hand van de bedekkingsgraad van de verschillende soorten planten in de PQ's.

De punten in figuur 23 zijn series metingen die deels afkomstig zijn van verschillende locaties en deels van dezelfde locaties gemeten gedurende meerdere meetjaren. In deze gebonden analyse zitten milieufactoren en beheermaatregelen opgenomen. Tevens wordt de milieufactor organische stof in de bodem weergegeven als een soort hoogtelijnen. De reden voor deze vorm van weergave is dat organische stof meerdere gradienten laat zien binnen deze grafiek.



Figuur 23: Ordinatie diagram van alle opnamen (2007 – 2015) van pq's die bij aanvang van de meetreeks als duinvalleivegetatie zijn getypeerd. De zwarte cirkeltjes geven de positie van de afzonderlijke opnamen weer. Op de ordinatieassen zijn milieufactoren gefit, waarvan een selectie is weergegeven. Rode pijlen = continue variabelen, blauwe labels = nominale variabele beheer, groene lijnen = organische stof (SOM). Deze figuur is overgenomen uit Bijkerk et al. (2016), figuur 3.7.

In figuur 23 is de ontwikkeling van de PQ's voor de duinvalleivegetaties weergegeven. Deze vegetaties worden apart onderzocht omdat bij aanvang van de monitoring in 2007 verwacht werd dat bodemdaling door gaswinning hierop een effect zou kunnen hebben. In figuur 23 zijn de punten in 3 clusters onder te verdelen. Deze clusters metingen corresponderen met het deelgebied waarin de vegetatieopnames zijn uitgevoerd. Cluster 1 (boven) zijn de metingen op het terrein van Juffrouw Alie. In cluster 2 (rechtsonder) van De Rug en cluster 3 (linksonder) is een combinatie van de Bantswal, de Lasten en de Zuidelijke Ballastplaat. De afwijkende ligging van de PQ's van Juffrouw Alie in de grafiek wordt veroorzaakt door kruipwilg. Bijkerk et al. (2016) beschrijft ook hoe deze PQ's zich in de tijd in de grafiek verplaatsen en relateren dit aan de ontwikkeling van kruipwilg. Het relatief hoge gehalte organische stof in de bodem op deze locatie wordt gerelateerd aan de ontwikkeling van het wortelstelsel van deze soort, mede onder invloed van het maairegiem.

Het verschil tussen cluster 2 en 3 wordt bepaald door de invloed van brak grondwater. In theorie zullen onder invloed van bodemdaling de PQ's op de Rug (cluster 2) richting cluster 3 gaan verplaatsen, waarbij een verschuiving van grassen naar bijvoorbeeld aardbijklaver voor de hand ligt. Omdat de PQ's in transecten zijn geplaatst en omdat het verloop van zoet naar brak grondwater aan de hand van peilbuismetingen langs de transecten beredeneerd kan worden, is vast te stellen in welke PQ's eventuele veranderingen als eerste worden verwacht.

De conclusie voor de duinvalleivegetaties luidt dat de ruimtelijke variatie als gevolg van beheer en milieufactoren verantwoordelijk is voor de geobserveerde verschillen. De beperkte temporele trends correleren niet met bodemdaling door gaswinning. Ook voor overstromingsgraslanden is een multivariate (=meerdere soorten tezamen) analyse uitgevoerd. Hierin bleek dat ook voor deze vegetatietypen verschillen in soortsaanstelling bepaald wordt door milieuvariabelen en beheer, waarbij met name vertrapping door vee in het voorjaar een sturende factor bleek te zijn. Ook in deze PQ's wordt vooralsnog geen effect van bodemdaling door gaswinning gemeten. In de rapportage volgend jaar zal ook een dergelijke analyse worden uitgevoerd voor de Zilte pioniervegetatie, Rietvegetatie en overige Graslanden worden uitgevoerd.

6.5 Grond- en oppervlaktewater, en erosie van de platen

Bodemdaling door gaswinning zorgt voor een relatieve toename van de grondwaterstand. De vraag is of dit meetbaar is en in hoeverre dit van enige betekenis is in relatie tot de natuurlijke fluctuaties in het meerpeil en de invloed van neerslag en verdamping. Aan de hand van tijdserie-analyses laat Bijkerk et al. (2016) zien dat het proces van neerslag en verdamping gemiddeld voor zo'n 70% van de fluctuaties in de grondwaterstand bepalend is. De modellen waarin het grondwaterpeil niet lineair afhankelijk was van de mate van neerslag en verdamping presteerden gemiddeld zo'n 10% beter. Dit zijn dan ook statistisch gezien de beste modellen. In de tot dusver verzamelde metingen is geen effect van bodemdaling op de grondwaterstand gevonden.

In de periode 2014-2015 is in het Lauwersmeergebied voor het eerst naar sedimentatie en erosie op een aantal platen gekeken. De achterliggende gedachte was om erosie van de platen door afstromend water te meten. Dit werk zal de komende jaren worden doorgezet en in 2019 worden geëvalueerd. De tussen 2014 en 2015 geobserveerde verschillen zijn nog erg klein. Alleen op de Sennerplaat lijkt het maaiveld 1,5 cm omhoog te zijn gekomen. Dit is mogelijk het gevolg van de accumulatie van strooisel.

6.5 Muizen en roofvogels

Veranderingen in het grondwaterpeil als gevolg van bodemdaling kunnen ook van invloed zijn op de muizenpopulaties in het gebied. Deze muizen dienen ondermeer als voedsel voor een aantal soorten roofvogels, waaronder enkele Natura 2000-doelsoorten. Om die reden is vorig jaar gestart met het monitoren van de muizenpopulatie langs een aantal transecten. Naast muizen worden langs de transecten ook andere ecologisch-relevante parameters gemonitord, zoals het bedekkingpercentage van de vegetatie, de riethoogte, etc.. Daarnaast worden de in het gebied foeragerende roofvogels geregistreerd.

Omdat afgelopen jaar met deze monitoring is gestart, is er nog geen meetreeks opgebouwd. Beemster (2016) vergelijkt de resultaten echter met die uit de periode 1983-2001 en schrijft dat er tegenwoordig meer Woelmuizen in het gebied lijken te zitten, vooral daar waar de vegetatie ruiger is. Het aantal jagende roofvogels in het gebied is echter afgenomen. Beemster (2016) suggereert dat de draagkracht van het gebied voor roofvogels mogelijk is afgenomen, veroorzaakt door de toenemende ruigte en veroudering van de vegetatie. Ook de vestiging van de vos in het gebied eind jaren '90 is nadelig geweest voor de op de grond broedende roofvogels.

De eerste resultaten suggereren dat er een voldoende groot muizenaanbod in het gebied aanwezig is, maar dat de vegetatiestructuur een mogelijke belemmering vormt voor de bereikbaarheid van dit voedsel. De muizenmonitoring zal nog enige jaren worden voortgezet en in 2019 worden geëvalueerd.

6.5 Watervogeltellingen

De tellingen van de watervogels worden gepresenteerd in Kleefstra *et al.* (2016). In vergelijking met de voorgaande seizoenen waren vooral de nazomeraantallen van watervogels aan de lage kant, met name in augustus. Dat heeft vooral te maken met kleinere aantallen eenden die het gebied in de zomer benutten als ruigebied. In de winter werden juist grotere aantallen geteld, met name tijdens de laatste twee decembertellingen toen Goudplevieren (2013) en Kol- en Brandganzen (2014) talrijk waren.

De Natura 2000-doelsoorten Tafeleend, Grote Zaagbek, Smient, Wilde Eend, Scholekster en Grutto laten een negatieve trend zien. Dit komt overeen met landelijke trends en grotendeels ook met trends die internationaal worden waargenomen. Kleefstra *et al.* (2016) spreken hun zorg uit over de Tafeleenden, Wilde Eenden en Smienten omdat hun populaties om nog onduidelijke redenen lijken te krimpen. Datzelfde geldt ook voor Scholekster en Grutto, waarvan broedpopulaties onder grote druk staan om velerlei redenen. Bij de Grote Zaagbek wordt de afname gewijd aan zachtere winters die de soort in staat stellen in het Oostzeegebied te overwinteren.

Bij de soorten die een toename laten zien, gaat het om soorten die het ook op landelijk (en internationaal niveau) goed doen. Dit zijn de Grote Zilverreiger, Zeearend en Reuzenstern. Op de lange termijn namen ook o.a. Brandgans, Bergeend, Kuifeend, Krakeend, Aalscholver en Bontbekplevier toe, conform landelijke en deels conform internationale trends.

7 Eindconclusies

De bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee door de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen blijft binnen de toegestane gebruiksruimte. Door het vaststellen en modelleren van residueel gas in de watervoerende pakketten vallen de belasting van Pinkegat en Zoutkamperlaag weer wat lager uit dan vorig jaar werd ingeschat.

Aan de hand van de wadhoogtemetingen en sedimentatiemetingen wordt dan ook geen structurele afname van de wadhoogte of het plaatareaal/ droogvalduur gemeten. Wel is de sterke sedimentatie die vorig jaar langs een deel van de Friesche kust plaatsvond weer verdwenen.

De gemiddelde bodemdalingsnelheid onder de kwelder is herberekend en valt wat hoger uit dan vorig jaar werd gepresenteerd (5,1 i.p.v. 4,0 mm per jaar). Ook bij deze snelheid houden laten de meeste meetpunten een voldoende hoge sedimentatiesnelheid zien en kan geconcludeerd worden dat de kwelder in voldoende mate meegroeit met de bodemdaling en zeespiegelstijging. Uit de vegetatieopnames blijkt dat op bijna de hele kwelder sprake is van stabiliteit en successie.

Voor het model dat voor de wadplaten de surveydata integreert tot proxies voor draagkracht voor vogelsoorten, is een aantal ontwikkelingen doorgevoerd. Zo is het model uitgebreid met een aantal vogelsoorten en geeft het model inzicht in de veranderingen in bijvoorbeeld prooidiersoorten zodat fluctuaties in de proxies geïnterpreteerd kunnen worden. Tevens is de input-data verbeterd en is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Uit deze analyse blijkt dat de ontwikkelde proxies voor draagkracht niet erg gevoelig zijn voor veranderingen in wadplaathoogte. Fluctuaties in de biomassa prooidieren en de waterstanden domineren en zijn dus belangrijker voor de draagkracht van de betreffende vogelsoorten.

In het Lauwersmeergebied wordt sinds de start van de waddenwinningen in 2006 nog nauwelijks bodemdaling waargenomen. Variaties in de grondwaterstand, -chemie, bodemchemie correleren wel met de aanwezige vegetatie, maar niet met de mate van bodemdaling door gaswinning. De gebieddekkende kartering van de vegetatiestructuur heeft goed gewerkt en laat een duidelijke associatie met de broedvogelsoorten zien. Het monitoren van de langjarige ontwikkeling van deze structuur lijkt een geschikte maat als proxie voor draagkracht voor de broedvogels in het Lauwersmeergebied.

Op basis van het 9^{ste} monitoringjaar kan geconcludeerd worden dat de bodemdaling als gevolg van de waddenwinningen in zowel de Waddenzee als het Lauwersmeer vooralsnog geen effecten heeft gehad op de natuurwaarden en instandhoudingsdoelen. Dit is in lijn met de waarnemingen en de daaruit getrokken conclusies van de monitoring sinds 2007.

8 Literatuur

- Andersen T. J., M. Pejrup (2001) Suspended sediment transport on a temperate, microtidal mudflat, the Danish Wadden Sea. *Marine Geology* 173 (1-4), 69-85
- Austen I, T.J. Andersen, K. Edelvang (1999) The Influence of Benthic Diatoms and Invertebrates on the Erodibility of an Intertidal Mudflat, the Danish Wadden Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49, 99-111
- Bartholdy J., D. Anthony (1998) Tidal dynamics and seasonal dependent import and export of fine sediment through a back barrier tidal channel of the danish Wadden Sea. Society for Sedimentary Geology (SEPM) Special Publication No 61 ISBN 1 56576 059 X
- Borsje B. W., M. B. de Vries, S. J.M.H. Hulscher and Gerben J. de Boer (2008) Modeling large-scale cohesive sediment transport affected by small-scale biological activity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78 468-480
- Chang T. S., O. Joerdel, B. W. Flemming, A. Bartholom (2006) The role of particle aggregation/disaggregation in muddy sediment dynamics and seasonal sediment turnover in a back-barrier tidal basin, East Frisian Wadden Sea, southern North Sea. *Marine Geology* 235 (1-4) 49-61
- Christiansen C., G. Vølund, L. C. Lund-Hansen, J. Bartholdy (2006) Wind influence on tidal flat sediment dynamics: Field investigations in the Ho Bugt, Danish Wadden Sea. *Marine Geology* 235, 1-4, 20 75-86
- Deltaprogramma 2013 Waterstaatkundige samenhang kust RWS Waterdienst. Eindredactie Deltaprogramma – Kust, www.deltaprogramma.nl
- Dijkema K. S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, P.W. van Leeuwen (2007) Monitoring van kwelders in de Waddenzee. Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening. Natuur i.o. (WOT IN). Alterra-rapport 1574 / IMARES-rapport C104/07 WOT IN serie nr. 5 Alterra, Wageningen
- E.P.L. Elias, A.J.F. van der Spek, Z.B. Wang and J. de Ronde (2012) Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. *Netherlands Journal of Geosciences* 91 (03) 293-310
- Ens, Krol, van der Meer, Piening, Wijsman, Schekkerman, Rappoldt (2016) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Sovon-rapport 2016.15
- Esselink P., KS Dijkema, S Reents and Geert Hageman (1998) Vertical accretion and profile changes in abandoned man-made tidal marshes in the Dollard estuary, the Netherlands. *Journal of Coastal Research* 14 (2) 570-582
- Frostick L. E., I.N. McCavea (1979) Seasonal shifts of sediment within an estuary mediated by algal growth. *Estuarine and Coastal Marine Science* 9 (5) 569-576
- H.J. Hoeksema, H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde, J. de Vlas (1998) Bodemdalingstudie Waddenzee 20 04. RIKZ
- Kleefstra, R. & P. de Boer (2016) Broedvogelmonitoring in het Lauwersmeer in 2015. Sovon-rapport 2016/40
- Kleefstra, R., N. Beemster, J. Kloosterhuis en E. van Winden (2016) Watervogels in het Lauwersmeer in 2012/2013 - 2014/2015. Sovon rapport 2016/14
- Krol, J. (2016) Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2015
- McLaren P., F. Steyaert and R. Powys (1998) Sediment transport studies in tidal basins f the Dutch Wadden Sea. *Senckenbergiana Maritima* 29 (1-6) 53-61
- NAM (2006) MER Aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV
- NAM (2012) Gaswinning Moddergat/Lauwersoog/Vierhuizen: Technische bijlage (bijlage 3) behorend bij het geactualiseerde Meet- en Regelprotocol d.d. 1 april 2012. EP201201210893

- NAM (2014a) Monitoringprogramma 2014 t/m 2019 in het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. EP: 201407210103
- NAM (2014b) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2013.
- NAM (2016) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2015.
- Noffke N., G. Gerdes, T. Klenke, W. E. Krumbein (2001) Microbially Induced Sedimentary Structures--A New Category within the Classification of Primary sedimentary Structures. *Journal of Sedimentary Research, Section A: Sedimentary Petrology and Processes* 71 (5) 649-656
- Pethick (1981) Long-term accretion rates on tidal salt marshes. *Journal of sedimentary petrology* 251 (2) 571-577
- Postma H (1981) Exchange of materials between the North Sea and the van Duin W. E. & C. Sonneveld (2016) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west-Groningen: Jaarrapport 2015.
- Wang, Z. B. and W.D. Eysink (2005) Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning. *Vloedkommen van het Friesche Zeegat*. WL | Delft Hydraulics Z3995
- Widdows J., M. D. Brinsley, P. N. Salkeld, C. H. Lucas (2000) Influence of biota on spatial and temporal variation in sediment erodability and material flux on a tidal flat (Westerschelde, The Netherlands) *MEPS* 194, 23-37
- Widdows J., A. Blauw, C. H. R. Heip, P. M. J. Herman, C. H. Lucas, J. J. Middelburg, S. Schmidt, M. D. Brinsley, F. Twisk, H. Verbeek (2004) Role of physical and biological processes in sediment dynamics of a tidal flat in Westerschelde Estuary, SW Netherlands *MEPS* 274: 41-56
- Yang, S-L, P.-X. Ding, S.-L. Chen (2001) Changes in progradation rate of the tidal flats at the mouth of the Changjiang (Yangtze) River, China. *Geomorphology* 38 (1-2) 167-180

Bijlage 1: Adviespunten Auditcommissie (okt. 2015)

Pagina	Commentaar	Reactie NAM
8	<p>Het vertrouwen in een model neemt toe als het over een langere periode in staat blijkt voorspellingen te doen die passen bij de meetresultaten. De noodzaak om in het afgelopen jaar een aantal wezenlijke veranderingen in het model door te voeren heeft het vertrouwen in het model verminderd. In de komende jaren zal moeten blijken of het aangepaste model stand houdt. De Auditcommissie adviseert gezien de omvang van de benodigde modelaanpassingen van dit jaar te bekijken hoe weer toegewerkt kan worden naar een situatie waarbij de benodigde modelaanpassingen <u>jaar op jaar</u> kleiner zijn.</p> <p>Op grond van de beschikbare gegevens over 2014 vindt de Auditcommissie het overigens aannemelijk dat de gemiddelde dalingsnelheden van de diepe bodem in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag binnen de gebruiksruimten zijn gebleven. Alhoewel de berekende bodemdalingsnelheden dit jaar fors zijn toegenomen laten de uitgevoerde modelsimulaties zien dat ook in de nabije toekomst de resultaten waarschijnlijk nog binnen de gebruiksruimten blijven. Het is echter mogelijk dat de bodemdaling in het Pinkegat al binnen enkele jaren de toegestane grens bereikt.</p> <p>De Auditcommissie adviseert de NAM in de komende monitoringsrapportage in te gaan op de deelonderzoeken van deze LTS-studie én de eventuele consequenties daarvan voor de gaswinning.</p>	Dit punt wordt behandeld in bijlage 3 van dit rapport.
8	De Auditcommissie adviseert het komende jaar om enkele illustraties van de geologische opbouw van de ondergrond van de Waddenvelden op te nemen in de rapportage. Op deze manier kan de tekst worden verduidelijkt en meer begrijpelijk worden gemaakt (ook voor niet-geologen).	In de Meet- en Regelrapportage is aandacht besteed aan dit advies (figuren 1 en 2 van dat rapport).
9	De Auditcommissie adviseert het komende jaar in de rapportage uit te leggen waarom de kans op aardbevingen in dit type velden klein is. Beschrijf daarnaast het scenario dat aardbevingen plaatsvinden in de waddenvelden en de consequenties hiervan.	Aan dit advies wordt aandacht besteed in bijlage 2 van dit rapport.
9	Motiveer de recente (of voorgenomen) aanpassingen van het meetnet in relatie tot alle mogelijk meedepletende aquifers.	In 2015 zijn 5 nieuwe peilmerkclusters van 3 palen geplaatst. In 2016 zullen nog 3 nieuwe peilmerkclusters geplaatst worden. Reden hiervoor is om peilmerken, welke in de geul verdwijnen of dreigen te verdwijnen te kunnen vervangen en daarmee voldoende ruimtelijke dekking te houden en om mogelijke veranderingen in het gedrag van onderliggende aquifers te kunnen detecteren.
10	De Auditcommissie adviseert dat alle betrokken onderzoekers belangrijke begrippen zoals plaathoogte, bodemdaling, erosie, meetfout e.d. op eenduidige wijze definiëren en gebruiken en waar nodig referentieniveaus vermelden, opdat misverstanden voorkomen worden.	<p>Wat het citaat suggereert is dat eenzelfde begrip door verschillende onderzoekers op verschillende manieren gedefinieerd of gebruikt wordt. Dat is inderdaad niet wenselijk. Met de onderzoekers is over dit advies gesproken. Het is een lastig punt. Het hanteren van mathematisch correct taalgebruik kan een tekst behoorlijk onleesbaar maken. Het vermelden van een eenheid helpt. In de inleiding, discussie, voetnoten, figuuronderschriften e.d. kan men dan herhaalde malen aangeven wat er exact bedoeld wordt.</p> <p>In de Meet- en Regelrapportage over 2015 wordt in grijze tekstvakken de gebruikte terminologie nader toegelicht.</p>
11	De Auditcommissie adviseert het komende jaar verder te werken aan het verbeteren van de kwaliteit van de lidarmetingen (zowel inzet op het verkleinen van de meetfout als inzet op nieuwe meettechnieken).	<p>Hier betreft het de volgende punten:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Betere bepaling van meetfout door correlatie met sedimentatiegrid metingen te rapporteren (paragraaf 4.5) -Statistische analyse op verschilkaarten

		<p>laten uitvoeren door Deltares</p> <ul style="list-style-type: none"> -Er zijn cross lines toegevoegd en ground truth m.b.v. GPS-RTK uitgevoerd <p><u>Wat onderzocht is maar niet geïmplementeerd:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Gebruik groene laser door Lidar survey contractor (onnauwkeurigheid neemt toe bij groene laser) -Gebruik onbemande vliegtuigjes (indien wettelijk mogelijk; mogelijk vervolg m.b.t. hotspot benadering) -Gebruik van Radar (hier komt nog een vervolg op; Literatuurstudie mogelijk gebruik radar) -Sinds oktober 2013 worden crosslines (elke survey dag) gevlogen om de relatieve nauwkeurigheid te vergroten. -Lidar survey wordt in mei gelijktijdig met GPS survey (incl. sedimentgrids meting) uitgevoerd en vergeleken. -Scheiding water/land. Wad-water scheiding: Mogelijk gebruik infrarood: bespreken met Lidar survey contractor. -2013 data is opnieuw vergrid door Fugro (conform andere surveys) -Aanbeveling Deltares om op celniveau data van verschillende jaren te vergelijken. Vergelijk van de deelgebieden lijkt NAM zinvoller -Waterstanden van 4 stations worden al gebruikt (survey voorjaar 2014)
13/14	<p>De Auditcommissie adviseert het komende jaar een gevoeligheidsanalyse uit te voeren, waarbij het model onderworpen wordt aan een aantal theoretische scenario's van toekomstige meetresultaten. Neem hierbij een vergelijking met aanwezige vogelaantallen op de hoogwatervluchtplaatsen mee en bepaal welke benadering het beste en dus nauwkeurigste resultaat geeft.</p> <p>Op basis hiervan wordt duidelijk hoe gevoelig en nauwkeurig het draagkrachtmodel is voor wijzigingen in de biotiek (voedselaanbod bodemdieren) en abiotiek (hoogteligging platen). Deze informatie is belangrijk om het model operationeel te maken in het kader van het 'Hand aan de kraan-principe'.</p>	<p>Dit is gedaan en gerapporteerd in Ens et al. 2016. Tevens samengevat in het onderhavige rapport.</p>
14	<p>De Auditcommissie adviseert het komende jaar in het rapport een ecologische verklaring bij de modeluitkomsten op te nemen.</p>	<p>Het ecologische model is zodanig aangepast dat het automatisch grafieken genereert waarin voor een bepaalde vogelsoort de ontwikkeling van zijn dieet per prooi-soort wordt weergegeven. Hierdoor kunnen veranderingen in proxies worden geduid.</p>
16	<p>De Auditcommissie adviseert het komende jaar de metingen van het meerpeil (areaal opper-vlaktewater) in de rapportage op te nemen.</p>	<p>Dit is gerapporteerd in Bijkerk et al. 2016</p>
17	<p>De Auditcommissie beveelt aan om komend jaar per perceel en pq de begrazingsdruk in voldoende detail in te schatten, zodat een samenhangend beeld ontstaat.</p>	<p>Voor de PQ's is in ieder geval de begrazingsdruk en vertrappingintensiteit geschat en meegenomen in de analyses. Dit is gerapporteerd in Bijkerk et al. 2016</p>
17	<p>De Auditcommissie adviseert het komende jaar een korte evaluatie uit te voeren van de nieuwe meetonderdelen in de Lauwersmeer om te bekijken of het nuttig is met deze onderdelen door te gaan.</p>	<p>Voor wat betreft de SEB-metingen en de monitoring van muizen en foeragerende roofvogels geldt dat de meetonderdelen tot informatie leiden. Het is echter nog te vroeg om ze goed te kunnen evalueren. Dit willen we uitstellen tot de brede evaluatie van het monitoringprogramma in 2016</p>
17	<p>De Auditcommissie adviseert het komende jaar de meetgegevens van watervogels in de Lauwersmeer (weer) mee te nemen in de monitoringsrapportage.</p>	<p>In overleg met Staatsbosbeheer wordt er weer een watervogelrapportage geproduceerd. Deze zal aan EZ worden aangeboden. De belangrijkste bevindingen hebben een rol de onderhavige integrale beoordeling.</p>
18	<p>De Auditcommissie adviseert daarom het komende jaar de</p>	<p>1) De gebieddekkende</p>

	<p>Lauwersmeerrapportage meer in-tegraal op te zetten en in te gaan op de relatie tussen de meetaanpak en de achterliggende onderzoeksvragen. Een voorbeeldindeling en –aanpak zou kunnen zijn:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kaart Lauwersmeer met hoofdtypen van de vegetatiestructuur, indeling op basis van de transecten, oppervlak oppervlaktewater en het belang van de habitattypen voor vogelsoorten met Natura 2000-doelen => jaarlijkse aanpassing/herziening; 2. Verspreidingskaart vogelsoorten met Natura 2000-doelen (broed- én watervogels) => jaarlijkse aanpassing/herziening; 3. Een ‘verwachtingsscenario’ voor de natuurontwikkeling in de Lauwersmeer en de mogelijk gevolgen bodemdaling door gaswinning => jaarlijkse aanpassing/herziening. Houd hierbij ook rekening met (toekomstig) peilbeheer; 4. Bespreking en analyse van trends (inclusief grond- en oppervlaktewaterontwikkelingen en pq-meetnet); 5. Jaarlijkse evaluatie, behoeft het programma aanpassing? 6. Conclusies voor de vervolgmonitoring. 	<p>tructuurtypenkaart is gerealiseerd.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2) De mate van associatie tussen de vegetatiestructuur en de verspreiding van de broedvogelsoorten is geanalyseerd en inzichtelijk gemaakt. 3) In de onderhavige integrale beoordeling geeft aan hoe de ordinatiediagrammen zullen veranderen onder invloed van bodemdaling. De vegetatie-onderzoekers hebben voor deelgebieden weergegeven welke veranderingen er onder invloed van bodemdaling in specifieke PQ's kunnen worden verwacht en in welke volgorde. Dit wordt volgend jaar in de rapportage meegenomen. 4) Hier wordt invulling aan gegeven in Bijkerk et al. 2016. 5/6) het lijkt erop dat het meetprogramma voor het Lauwersmeergebied een goede vorm gekregen heeft. Wel vraagt NAM zich af of de broed- en watervogeltellingen niet kunnen worden teruggebracht naar eens per drie jaar, parallel aan de vegetatiestructuurmetingen.
--	--	---

Bijlage 2: Aardbevingen en waddenecologie

Sinds 1986 zijn er slechts een drietal aardbevingen geregistreerd, waarbij de twee bevingen bij Ameland een magnitude kennen van 1,8 en de beving bij Metslawier een magnitude van 1,4 op de schaal van Richter (Fig. 1.). Deze bevingen zijn door niemand gevoeld en hebben een trillingssnelheid die ver onder schadenormen liggen. Voor geïnduceerde bevingen in Nederland valt bovendien op te merken dat er geen waarnemingen bekend zijn waarbij er ecologische schade is opgetreden na een beving, ook niet voor de zwaardere bevingen boven Groningen en Roswinkel. Het is dus onwaarschijnlijk dat een mogelijke zwaardere beving in het Waddengebied een direct gevolg kan hebben op het ecologisch evenwicht.

In de wetenschappelijke literatuur is een aantal studies te vinden waarbij effecten op de ecologie zijn waargenomen. In al deze gevallen betrof het zeer zware aardbevingen van 7-9 op de schaal van Richter.



Figuur 1 Geregistreerde aardbevingen in het Waddengebied en omgeving voor de periode 1986-april 2016

Nu kan de vraag geformuleerd worden of de bevingen een gevolg kunnen hebben op drukveranderingen of drukcommunicatie binnen en tussen de gasvelden met als gevolg dat verandering in druk door een beving kan leiden tot onvoorziene compactie en daarmee gepaard gaande bodemdaling. Dit is alleen mogelijk wanneer de doorlaatbaarheid van breuken tussen reservoirdelen veranderd wordt door de beving. Er zijn geen gevallen bekend in de literatuur waar dit fenomeen is beschreven en de kans dat dit kan gebeuren is bijzonder klein door de volgende condities.

- Lichte aardbevingen volgen uit een zeer kleine verschuiving van slechts een klein oppervlak. Hierbij moet men bij een magnitude 2 a 3 beving denken aan een verschuiving rond de 1 cm over een breuklengte van ongeveer 100m. De kans dat door deze geringe verschuiving meer doorlaatbare gesteentepakketten tegen elkaar aan komen te liggen is nagenoeg verwaarloosbaar.
- Het is niet vast te stellen wat er met de doorlaatbaarheid van een breuk gebeurt tijdens de beving. De kansen zijn gelijkwaardig voor het meer of minder worden van de doorlaatbaarheid van de breuk, echter de verandering zal slechts plaats kunnen vinden over een beperkt oppervlakte van de breuk.

- De doorlaatbaarheid van het naastliggend gesteente verandert niet tijdens een lichte beving. Of met andere woorden, een gesteente met slechte doorlaatbaarheid zal ook na een kleine beving slecht doorlatend zijn.
- De honderden bevingen die zijn opgetreden in het Groningen veld hebben geen waargenomen effect gehad op de gemeten drukken in het veld.

Samenvattend zijn we er vrij zeker van dat ecologische effecten van door gaswinning geïnduceerde bevingen uitgesloten kunnen worden. Ook leiden bevingen van deze zwaarte niet tot schade aan infrastructuur waardoor ook indirecte gevolgen worden uitgesloten.

Bijlage 3: Hoe de NAM omgaat met het Hand Aan de Kraan principe

De auditcommissie geeft aan dat de prognoses voor toekomstige bodemdalingsnelheden te veel wisselen van jaar tot jaar. Ze vraagt zich af in hoe de NAM handelt wanneer een nieuwe prognose de gebruiksruimte dreigt te overschrijden en wat de rol van de studie Long-term subsidence daar precies in is. In de onderstaande tekst gaan we in op deze vraag. Hierbij leggen we uit hoe er precies getoetst wordt en door de productie gestuurd dient te worden en waarom daarvoor gekozen is. Vervolgens belichten we waarom wisselende prognoses inherrent zijn aan de gekozen systematiek en uitgangspunten van de Meet- & Regelcyclus en beschrijven we de rol van de Long-term subsidence studie in dit proces. Tenslotte gaan we in op hoe het proces van ingrijpen in de productie verloopt en in hoeverre dat adequaat is.

Het toetsingskader

Gaswinning met de hand aan de kraan houdt in dat op basis van een 6-jarig voortschrijdend bodemdalinggemiddelde 3 jaar vooruit gekeken moet worden aan de hand van het meest aannemelijke model (verwachtingswaarde). Als blijkt dat op basis van dit model de geprognostiseerde bodemdalingsnelheid binnen de geldigheidstermijn van het zeespiegelstijgingsscenario door de gebruiksruimte heen gaat, moet er worden ingegrepen in de productie. Meer uitleg hierover is te vinden in de technische bijlage van het Meet- & Regelprotocol (2012). Hieronder volgen 2 citaten uit deze bijlage:

A1.4

“Op basis van de (bijgestelde) prognose wordt de reeds opgetreden en bij voortzetting van het geldende productieprofiel in de toekomst te verwachten toename van het dalingsvolume (m^3/jr) in het betreffende kombergings gebied (opnieuw) bepaald. Door de volumetoename te delen door het kombergings-oppervlak wordt de gemiddelde bodemdalingsnelheid (mm/jr) per kombergingsgebied S en de bijbehorende onzekerheid berekend. Hieruit wordt de verwachtingswaarde voor de belasting B (mm/jr) bepaald en de bijbehorende onzekerheidsbandbreedte. De onzekerheden worden bepaald op basis van de meetresultaten en de geomechanische modellen.”

A1.5

“Indien uit de (bijgestelde) prognose blijkt dat bij voortzetting van de productie volgens het geldende productieprofiel het 6-jarig voortschrijdend gemiddelde van de verwachtingswaarde van de dalingsnelheid (de belasting B) de voor gaswinning toegekende gebruiksruimte (G) zou overschrijden, dan wordt de productie aangepast naar een gewijzigd profiel waarbij deze overschrijding niet optreedt.”

Uit de bovenstaande alinea's blijkt dat er gestuurd dient te worden op basis van de verwachtingswaarde (= het meest aannemelijke model) en dat de extremen, de hoge en lage scenario's enkel gepresenteerd worden. In discussies met belanghebbenden komt vaak naar voren dat er wellicht gestuurd zou moeten worden op het hoge bodemdalingsscenario. De vraag is waarom er in het toetsingskader voor de *verwachtingswaarde*, gekozen is. De reden hiervoor is dat het toetsingskader reeds conservatief wordt geacht. Hieruit kan geconcludeerd worden dat men verwacht dat een tijdelijke en beperkte overschrijding van de gebruiksruimte niet tot effecten op de wadplaten leidt. Voor de beeldvorming zou het misschien beter zijn wanneer er een ruime, minder conservatieve gebruiksruimte zou worden gecombineerd met een sturing op een hoog bodemdalingsscenario. Dit zou onderzocht kunnen worden.

Het toetsingskader kent drie sturende parameters. Ten eerste is dat de sedimentatiecapaciteit die gedefinieerd is als de minimale snelheid waarmee een

komberging gemiddeld kan opslibben. Ten tweede is dat het zeespiegelstijgingsscenario dat eens per zes jaar op advies van TNO en in samenspraak met het KNMI door de Minister van Economische Zaken wordt vastgesteld. Het verschil tussen de sedimentatiecapaciteit en het zeespiegelstijging scenario is de gebruiksruimte. Deze ruimte betreft een aantal millimeters per jaar die aan de NAM is vergund voor de gemiddelde bodemdalingssnelheid onder een kombergingsgebied. Voor deze drie parameters geldt dat ze tezamen voldoende conservatief gekozen moeten worden om effecten op de wadplaten ten aller tijden te voorkomen.

De sedimentatiecapaciteit is zeer uitgebreid bediscussieerd in de Integrale bodemdalingstudies (Hoofdstuk 2; Tab. 1). Verschillende instituten hebben toentertijd een schatting gemaakt voor de waarde van de natuurgrens voor de verschillende kombergingen en uiteindelijk is er gekozen voor de ondergrens oftewel het meest veilige scenario van deze natuurgrens. In relatie tot deze conservatieve natuurgrens is besloten dat voor de parameter bodemdaling op basis van de verwachtingswaarde gestuurd mocht worden.

De derde sturende parameter is het beleidscenario voor zeespiegelstijging. In tegenstelling tot de sedimentatiecapaciteit wordt dit scenario iedere 6 jaar ge-update. De termijn voor deze update is gekoppeld aan de ladingcyclus van Rijkswaterstaat voor de Waddenzee (1 x / 6 jr) en Noordzeekustzone (1 x / 3 jr.). De update houdt in dat TNO een nieuwe analyse maakt van de ontwikkelingen in de waterstanden op de Noordzee en deze koppelt aan het internationale zeespiegelstijgingsscenario dat de IPCC voor het jaar 2100 heeft vastgesteld.

Wisselende prognoses voor bodemdaling

In deze tekst wordt verondersteld dat de Meet- & Regelcyclus, het proces van metingen verrichten en jaarlijkse kalibratie van de modellen, bekend is. Bij de start van de productie worden op basis van ondergrondgegevens aannames gemaakt over de structuur van het gasveld, het productieprofiel, de compactie en de bodemdaling. Gaandeweg de productie worden deze aannames bijgesteld, vooral op grond van de nieuwe drukgegevens en metingen van de bodemdaling aan het aardoppervlak. Een factor die in dit proces een belangrijke rol speelt is de kennis die wordt verkregen van nabijgelegen gasvelden. Op basis van een veronderstelde analogie wordt aangenomen dat bepaalde processen gelden zijn voor alle velden in de regio tenzij er duidelijke aanwijzingen zijn om daar van af te wijken. Nieuwe gegevens kunnen dus grote gevolgen hebben vanwege deze analogie. Als voorbeeld kunnen we noemen dat we tot 2013 nauwelijks bodemdaling zagen boven de aquifers rondom het Ameland veld. Op basis van de analogie concludeerden we toen voor alle voorkomens dat de aquifers immobiel waren en niet zorgden voor bodemdaling. In 2014 zagen we beperkte bodemdaling boven de aquifers rondom Ameland waarbij we concludeerde dat het meer waarschijnlijk is dat de aquifers beperkt mobiel waren en hebben dit gegeven doorgevoerd voor de overige voorkomens in de Waddenzee. Overige aanpassingen die we hebben doorgevoerd op basis van nieuwe gegevens en observaties in de M&R rapportages over 2015 zijn:

De nieuwe putten die in 2015-2016 in het gasveld Nes zijn geboord vanaf de locatie Moddergat hebben inzicht gegeven in de aanwezigheid van gasbelletjes (residueel gas) in het aangrenzende watervoerende pakket (aquifer). Als gevolg hiervan is de doorlaatbaarheid van de aquifer laag maar niet nihil en verloopt de drukdaling in de aquifer veel langzamer dan zonder residueel gas. Dit leidt tot een beperkte bijdrage aan de bodemdalingssnelheid aan het aardoppervlak. Gegeven de eerder genoemde gelijke behandeling van gasvelden en aquifers in het gebied op basis van analogie nemen we nu in het verwachte scenario aan dat de aangetroffen hoeveelheid residueel gas voor alle

aquifers in het gebied gelijk is. Dit leidt tot een opvallende verandering in de voorspellingen. Het punt hier is dat ieder jaar nieuwe informatie beschikbaar komt over één of meerdere velden die op basis van analogie wordt toegepast op de overige velden. Deze manier van werken leidt tot een relatief grote dynamiek in de voorspellingen.

Een andere bron van dynamiek in de modelvoorspellingen is de beschikbaarheid van alternatieve modellen in combinatie met de gekozen methode om tot het juiste model te komen. Het proces van modelleren, meten en bijstellen is universeel en zeer geschikt om parameterwaarden binnen een gekozen model beter te schatten. De vraag is echter of dit de juiste aanpak is om tot het beste model te komen. De methode om op basis van data-fitting het best passende model te selecteren veronderstelt dat de processen die het model beschrijft correct zijn en een voldoende volledig beeld geven van de fysieke situatie. Het gekozen model hoeft echter niet het beste model te zijn en wanneer meer meetgegevens beschikbaar komen kan men concluderen dat een ander model meer waarschijnlijk is. Idealiter zou men daarom moeten uitgaan van meerdere modellen om ook deze onzekerheid te adresseren.

De rol van de Long-term subsidence studie (LTS)

Deze studie had als doel om een aantal fysische processen die het tijdafhankelijke gedrag van bodemdaling zouden kunnen verklaren nader te bestuderen en te bekijken wat voor een effect ze zouden kunnen hebben op de bodemdaling op de langere termijn. Deze studie is in 2015 afgerond. In februari dit jaar is in opdracht van SodM een vervolg gestart wat gericht is op de implementatie van de resultaten op de modellering van het gasveld Ameland (LTS-II). Het werkplan voor dit vervolg is als bijlage aan het rapport Meet- & Regelrapportage over 2015 toegevoegd.

LTS-II beoogt een oplossing te zoeken voor de veelheid aan mogelijke modellen en hun verschillende prognoses. Dit noemen we de “modelruimte”. Concreet betekent dit dat de studie begint met het beschrijven van deze modelruimte en het doorrekenen ervan. Daarnaast kent iedere modelvariant per parameter een range aan mogelijke waarden, die in meer of mindere mate de uitkomst/ prognose beïnvloeden. Als op basis van al deze modellen voorspellingen voor de belasting van de gebruiksruimte worden gemaakt leidt dit tot een brede range aan uitkomsten die vervolgens tegen de geodetische (landmeet-) gegevens worden getoetst. Normaliter vallen modellen af als deze niet “passen” op basis van geodetische data. Echter, het kan zijn dat ze bijvoorbeeld wel goede voorspellingen geven voor het verloop van de eindfase van de productie. Daarom willen we geen modellen laten afvallen maar ze behouden en hun waarschijnlijkheid regelmatig blijven controleren. Samengevat beoogt LTS-II een overzicht te geven van mogelijke variatie in model output en de waarschijnlijkheid daarvan.

Hoe wordt er ingegrepen?

Indien, in lijn met het toetsingskader, de natuurgrens door de verwachtingswaarde dreigt te worden overschreden wat moet er dan gebeuren? Het antwoord op deze vraag is duidelijk. In de eerste plaats moet de NAM haar productie in het gebied zodanig aanpassen dat dit niet gebeurt. Dit is geregeld in het Instemmingsbesluit op het winningsplan voor gasproductie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog, en Vierhuizen. Hoe de NAM wil ingrijpen zal moeten worden opgenomen in de Meet- & Regelrapportage en komt uiteraard aan bod in de Integrale Beoordeling. Hierdoor worden belanghebbenden op de hoogte gesteld, het Staatstoezicht op de Mijnen ingelicht en aan het Ministerie van Economische Zaken gerapporteerd. De auditcommissie zal hier in haar advies aan de Minister van Economische Zaken op in gaan en haar advies op internet openbaar maken. Aangezien dit gepaard gaat met een persbericht, zal deze situatie aan niemand's aandacht ontsnappen.

Mocht het zo zijn dat de NAM het bovenstaande verzaakt, dan handelt ze in strijd met het winningsplan en zal de Minister van Economische Zaken op basis van de rapportage en het advies van de Auditcommissie ingrijpen door handhavend op te treden. Hierbij zal hij ongetwijfeld advies vragen aan de Inspecteur Generaal op de Mijnen en/of onderzoekers van TNO-AGE.

Het bovenstaande beschrijft een zorgvuldig proces van meten, analyseren, rapporteren, advies vragen, etc. Het roept echter de vraag op of dit proces snel genoeg verloopt om nadelige effecten op de Waddenzee te voorkomen. Het antwoord op deze vraag is afhankelijk van het conservatisme waarmee het toetsingskader is vormgegeven. Dit voert terug naar de hierboven gevoerde discussie over de sturende parameters (sedimentatiecapaciteit, zeespiegelstijgingsscenario en bodemdalingsnelheid). Uit die discussie concluderen we dat de sedimentatiecapaciteit conservatief is vastgesteld. Daarom mag voor de bodemdalingberekeningen met de verwachtingswaarde (het best passende model) mogen gewerkt. Het scenario voor de zeespiegelstijging gaat uit van de verwachting waarbij opgemerkt moet worden dat dit niet geldt voor het richtscenario dat een conservatief scenario is. Daarnaast is het dynamische karakter van de Waddenzee belangrijk om mee te nemen in de ecologische evaluaties. Fluctuaties in waterstanden en maancycli overschaduwden de zeer geleidelijke toename in de waterstand als gevolg van zeespiegelstijging. Hierdoor zijn er jaren op rij met relatief hoge of lage waterstanden. Dit zijn verschillen van centimeters tot decimeters per jaar. Variaties in waterstanden, locale erosie en sedimentatieprocessen en broedval en sterfte van bodemdieren bepalen de natuurlijke ontwikkeling van het gebied op een ecologisch relevante tijdschaal (0-10 jaar).

Mocht het zo zijn dat een bodemdalingsscenario werkelijkheid wordt dat binnen enkele jaren de natuurgrens overschrijdt, of dat in een zeer extreem geval blijkt dat de belasting van het Pinkegat een aantal jaar op 8 in plaats van 6 mm/jr. zit, is er dan voldoende tijd om in te grijpen? Gezien het conservatieve karakter van de natuurgrens wordt verwacht dat dit niet tot daling van de wadplaten zal leiden. Onder de premisse dat dit wel het geval is, valt een tijdelijk verschil van 1-2 mm/jr. weg in de hierboven beschreven dynamiek van waterstanden, bodemdieren en sedimenttransport. Daarom veronderstelt de NAM dat de huidige systematiek aan de behoefte van het voorzorgsprincipe voldoet. Om hier een sluitender antwoord op te kunnen geven vragen we dit jaar Deltares te kwantificeren in hoeverre er een effect optreedt op de morfologie als een dergelijk scenario werkelijkheid wordt. Het oordeel zal volgend jaar tezamen met overige rapporten aan de auditcommissie worden meegeleverd en eventueel tussentijds verspreid worden als daar behoefte aan is.