

Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: publieksamenvatting en integrale beoordeling van de monitoringresultaten over 2016

Nederlandse Aardolie maatschappij

Assen, april 2017

Samenvatting

Gaswinning in het Waddengebied mag geen nadelige effecten hebben op beschermde natuurwaarden. Hiertoe voert de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) een monitoringprogramma uit waarover jaarlijks wordt gerapporteerd aan het bevoegd gezag. Het betreft een uitgebreid programma dat kijkt naar bodemdaling, het droogvallende wad in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag, de kwelder Peazemerlannen en het Lauwersmeergebied. Beschouwing en analyse van de resultaten levert jaarlijks een tiental rapporten op van de bij de monitoring betrokken instanties. Daarnaast zijn er vaak nog enkele rapporten die volgen uit methodiekontwikkeling of aanvullende analyses. Voor u ligt de samenvatting en integrale beoordeling van het werk dat gedurende het tiende monitoringjaar, 2016, is gedaan.

Het bovengenoemde monitoringprogramma is ingericht om te toetsen aan een aantal relevante beleidsdoelstellingen, veelal instandhoudingsdoelstellingen in het kader van de Wet Natuurbescherming en aan eisen die volgen uit het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee. Deze doelen en eisen zijn gedefinieerd in tabel 1 van dit rapport en komen terug in deze samenvatting.

Bodemdaling Waddengebied - In 2016 zijn er nieuwe bodemdalingmetingen in de Waddenzee uitgevoerd. Ook zijn er 3 nieuwe klusters peilmerken geïnstalleerd ten zuidoosten van Ameland. Dit maakt een betere modellering van de bodemdalingsschotel van Ameland mogelijk en biedt op termijn een beter inzicht in de bodemdaling boven de watervoerende pakketten ten zuidoosten van het gasveld Ameland.

Rijksprojectbesluit: *Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschrijden of dreigen te overschrijden*

De Waddenzee kan meegroeien met de zeespiegel en met bodemdaling door gaswinning. Dit meegroeivermogen is gedefiniëerd op 5 en 6 millimeter bodemhoogte per jaar voor respectievelijk de Zoutkamperlaag en het Pinkegat. De ruimte voor bodemdaling (in millimeters per jaar) wordt in sterke mate bepaald door de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt (in millimeters gemiddeld zeeniveau per jaar). In 2016 heeft een herziening van het Rijksscenario voor zeespiegelstijging plaatsgevonden. Dit heeft tot een grotere gebruiksruimte voor bodemdaling door gaswinning geleid. De bodemdalingssnelheid in 2016 is echter niet toegenomen en daarmee ruim binnen de gestelde grenzen gebleven (fig. 7 en 8).

De wadplaten Pinkegat en Zoutkamperlaag - Er worden verschillende monitoringprogramma's uitgevoerd om de ontwikkeling van de wadplaten te volgen. Dit zijn de vlakdekkende hoogtemetingen vanuit een vliegtuig (LiDAR), de zogenaamde spijkermetingen die sedimentatie en erosie op wadplaten meten en waterpassingen bij de peilmerken verspreid over Pinkegat en Zoutkamperlaag. Er wordt veel waarde gehecht aan de LiDAR-metingen vanwege het vlakdekkende karakter. De nauwkeurigheid van deze metingen is echter een punt van discussie. In 2016 is de meetfout bestudeert binnen een survey door overlap tussen vliegbanen te vergelijken. Hieruit blijkt dat verschillen sterk afnemen met een toenemende wadplaathoogte. Beneden NAP is de meetfout relatief groot. Ook zijn er in 2016 multispectrale opnames gemaakt tijdens de LiDAR-opnames. Met name infraroodopnames blijken geschikt om water op droogvallende platen te identificeren. De maatschappelijke discussie die in 2016 ontstond naar aanleiding van de door LiDAR gemeten fluctuaties in wadplaathoogte hebben tot een aanvullende analyse geleid waarbij de resultaten van de LiDAR-opnames zijn vergeleken met diverse referentiepunten op het wad en langs de kust. Deze analyse bevestigde de eerdere conclusies van Deltares dat de oorzaak van deze fluctuaties meeton nauwkeurigheid betrof.

Aanwijzingsbesluit Waddenzee: *Behoud oppervlakte slik- en zandplaten.*

Bodemdaling door gaswinning mag niet leiden tot een afname van het areaal droogvallende wadplaten. Op basis van de vlakdekkende LiDAR-metingen wordt de ontwikkeling van dit areaal in de tijd gevolgd. In 2016 is er over 3 nieuwe LiDAR opnames gerapporteerd. Het betreft het najaar van 2015 en het voor- en najaar van 2016. De eerstgenoemde opname is door Deltares echter afgekeurd. De meting demonstreert een veel te groot areaal droogvallend wad en uit de resultaten blijkt duidelijk dat een groot deel van het wad onder water staat. Dit jaar is er voor het eerst naar trends in de ontwikkeling van het areaal gekeken (fig. 11 en 12). Uit de LiDAR metingen blijkt tot dusver geen nadelige ontwikkeling van het areaal droogvallende wadplaten. Ook ruimtelijk zijn er geen tekenen dat bodemdalingsschotels zich in het wad aftekenen.

Structuurvisie Waddenzee: *Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaardgaande geomorfologische en bodemkundige processen*

Op een aantal wadplaten wordt zeer nauwkeurig naar erosie en sedimentatie gekeken. Dit gebeurt a.d.h.v. zogenaamde Spijkermetingen en Waterpassingen. Deze metingen laten zien dat de sedimentdynamiek hoog is; dat het wad lokaal ophoogt en erodeert. Deze natuurlijke processen domineren het veel kleinere effect van bodemdaling door gaswinning en dragen bij aan de verwachting dat bodemdaling over een groot gebied kan worden uitgemiddeld.

Aanwijzingsbesluit Waddenzee: *Behoud van omvang en kwaliteit fourageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels*

De kwaliteit van het droogvallende wad als fourageergebied voor vogels wordt a.d.h.v. een ecologisch model berekend. Dit model berekent per vogelsoort verschillende afgeleides (proxies) zoals het areaal geschikt fourageergebied of de oogstbare hoeveelheid voedsel per getij, etc. In 2016 is een aantal verbeteringen doorgevoerd, het model is ingericht voor een aantal nieuwe vogelsoorten en er is een Waddenzeebrede validatie uitgevoerd. Uit de validatie bleek dat voor twee van de drie geteste vogelsoorten bepaalde proxy-waarden in sterke mate correleerden met de verspreiging. Voor de Scholekster was de correlatie minder goed. De validatie laat zien dat de berekende proxies goede indicatoren kunnen zijn. Voor de Scholekster kan nu onderzocht worden waarom de correlatie beperkt was.

De ontwikkeling in proxy-waarden kan worden berekend vanaf 2008. De proxies die gebaseerd zijn op de biomassa aanwezig voedsel laten sterke veranderingen in de tijd zien. Hierbij gaat het om verandering met een factor 2 tot 4 binnen enkele jaren. Dit geldt in iets mindere mate voor de proxy die het oppervlak geschikt fourageergebied beschrijft. Proxies die op de functionele respons gebaseerd zijn kennen een veel stabielere verloop.

Voor geen van de onderzochte soorten treffen we momenteel proxy-waarden die al meerdere jaren op een opvallend laag niveau liggen ten opzichte van eerdere jaren (sinds 2008). Wel neemt de oogstbare hoeveelheid voedsel voor enkele soorten sinds 2012-2013 gestaag af. Duidelijke voorbeelden zijn de Steenloper, Kanoet, Bonte Strandloper en Bontbekplevier. We zullen de komende jaren monitoren of de waarden verder dalen, wellicht tot onder het lage niveau in 2008.

Kwelder - De bodemdaling onder de kwelder "Peazemerlannen" bedraagt enkele millimeters per jaar. Op de kwelder wordt de opslibbing gemonitord en de ontwikkeling van de vegetatie. Daarnaast is er in 2016 gestart met het meten van de overstromingsfrequentie op verschillende punten.

Uit de metingen blijkt dat de sedimentatie op de meeste plekken hoger is dan de optelsom van bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging. Over de overstromingsfrequentie is nog niet gerapporteerd.

Aanwijzingsbesluit Waddenzee: *Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras*

De vegetatieopnames tonen aan dat de kwelder aan successie onderhevig is. Deze successie leidt tot een homogener kwelderlandschap. Wellicht dat bodemdaling op termijn deze successie kan remmen, maar zo ver is het nog lang niet. In het licht van het bovengenoemde beleidsdoel is de zeewaardse ontwikkeling van de kwelder met een jonge pioniervegetatie positief. Bodemdaling door gaswinning heeft tot dusver geen nadelig effect op de ontwikkeling van de kwelder.

Het Lauwersmeergebied- Het Lauwersmeergebied is een zoetwater natuurgebied dat lokaal nog onder invloed staat van zout grondwater. De beheerder heeft als doel het gebied open te houden en probeert dit te bereiken door vee in te scharen en te maaien. Het lijkt erop dat het vee succesvol de verruiging in het gebied tegen gaat. Helaas heeft de begrazing en vertrapping wel een negatief effect op de rietvegetaties. Het Lauwersmeer is een vogelrichtlijngebied. Voor een groot aantal vogelsoorten zijn instandhoudingsdoelstellingen gedefiniëerd. Bodemdaling door gaswinning mag geen nadelig effect hebben op deze instandhoudingsdoelen.

De bodemdaling onder het Lauwersmeergebied is het grootst langs de westelijke oever van het gebied. Sinds 2006 is dit zo'n 5 centimeter die voornamelijk veroorzaakt wordt door de winning uit het gasveld Anjum.

Aanwijzingsbesluit Lauwersmeer: *Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels*

De monitoring in het Lauwersmeergebied richt zich op de ontwikkeling van de vegetatie en op de abundantie en verspreiding van vogelsoorten. Hiertoe worden er vogeltellingen verricht voor broed- en watervogels. De vegetatiestructuur wordt gekarteerd en de ontwikkeling van de vegetatie wordt op soortniveau bepaald op 102 meetpunten (PQ's) die verspreid over het gebied liggen. Nabij de PQ's wordt het grondwaterpeil gemeten en o.a. het zoutgehalte van het grondwater bepaald.

In 2016 is gewerkt aan een betere integratie van de monitoringdata. Dit is gedaan door vast te stellen welke gebiedsfuncties voor beschermde vogelsoorten van belang zijn en deze functies te vertalen naar structuurtypen (vegetatie en open water); (fig. 22). Ook is er gekeken naar muizen als voedsel voor roofvogels (fig. 23). Uit de waarnemingen blijkt dat de invloed van begrazing op die functies groot is. Het meest zorgelijk is de verdere achteruitgang van de rietvegetaties, waardoor de doelen voor soorten zoals de Roerdomp, Porseleinhoen en Bruine Kiekendief niet gehaald worden. De muizenpopulatie in het gebied is kleiner dan in 2015. Dit kon niet direct aan fluctuaties in het meerpeil worden gekoppeld.

Ontwikkelingen in de permanente quadranten zijn indicatief voor toekomstige veranderingen in de vegetatiestructuur. Opvallend is dat in een klein deel van het gebied de zilte vegetatie toeneemt, waarschijnlijk als gevolg van zoute kwel. Geen van de bovengenoemde ontwikkelingen wordt door de onderzoekers gerelateerd aan bodemdaling door gaswinning.

Op basis van het 10^{ste} monitoringjaar kan geconcludeerd worden dat de bodemdaling als gevolg van de waddenwinningen in zowel de Waddenzee als het Lauwersmeer vooralsnog geen nadelige effecten heeft gehad op de natuurwaarden en instandhoudingsdoelen.

Inhoudopgave

Samenvatting	2
Inhoudopgave	5
1 Inleiding	6
1.1 Bodemdaling door gaswinning	6
1.2 De WetNatuurbescherming als toetsingkader	8
1.3 Het sedimentdelend systeem	9
1.4 Ecologische monitoring	11
1.5 Integraal beoordelen en data-integratie	13
1.6 Organisatiestructuur rond monitoring en rapportage	14
2 Rapportages	15
3 Gasproductie 2016.....	17
4 De Waddenzee	18
4.1 Bodemdaling in het waddengebied.....	18
4.2 Bodemhoogte meten aan het wadoppervlak.....	22
4.3 Integratie van monitoring data in een ecologisch model	27
5 De kwelder Peazemerlannen	36
6 Lauwersmeergebied	39
6.1 Beleid- / Beheerdoelen voor het Lauwersmeergebied	39
6.3 Ontwikkeling gebiedsfuncties voor beschermde vogelsoorten	42
6.4 Ontwikkeling plantensoorten in Permanente Quadraten (PQ's)	45
7 Conclusies.....	46
8 Literatuur	48
Bijlage 1: Adviespunten Auditcommissie (okt. 2016) en reactie van NAM en/of de betrokken onderzoekers.....	49

1 Inleiding

GASWINNING VANAF EEN AANTAL LOCATIES ONDER DE WADDENZEE MET DE HAND AAN DE KRAAN.

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) wint gas onder het waddengebied. Dit is toegestaan onder voorwaarde dat jaarlijks wordt beoordeeld of dit niet tot schade leidt aan beschermde natuurwaarden van het gebied. Dreigt er wel schade te ontstaan, dan draait NAM de gaskraan dicht. Hiertoe voert NAM een uitgebreid monitoringprogramma uit, waarin de bodemdaling door gaswinning en de ecologische ontwikkeling in de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag worden beschouwd. Voor u ligt de publieksamenvatting van de resultaten uit de monitoring en onderzoek dat in 2016 is uitgevoerd. Hierin ligt de nadruk op de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Mogelijke effecten worden beschouwd in cumulatie met de bodemdaling die door de gaswinning Ameland en Anjum wordt veroorzaakt.

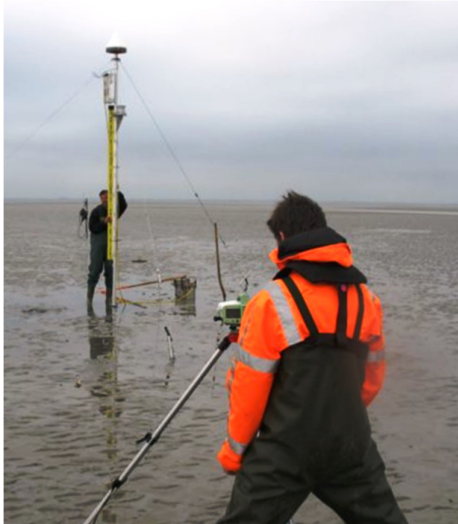
Dit rapport is een NAM-rapport dat tot stand komt op basis van verschillende onderzoeksrapporten die in bovengenoemd kader door onderzoeksinstituten worden geproduceerd (tab. 3). In hoofdstuk 1 van dit rapport wordt achtergrondinformatie gegeven over gaswinning en bodemdaling onder de Waddenzee en het Lauwersmeergebied in relatie tot het daarvoor ingerichte monitoringprogramma. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van 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 2016.

1.1 Bodemdaling door gaswinning

GASWINNING VEROOORZAAKT BODEMDALING. MEN WIL NIET DAT DIT TOT EEN AFNAME VAN HET AREAAL WADPLATEN LEIDT. BODEMDALING AAN HET WADOPPERVLAK IS ECHTER MOEILIJKER TE METEN DAN OP LAND.

Op een aantal plaatsen onder het waddengebied zit aardgas in de bodem. Dit gas bevindt zich op een diepte van ruim 3000 meter in de poriën van een miljoenen jaren oude zandsteenlaag. Ingesloten door ondoordringbaar gesteente, zout of water, varieert de gasdruk op die diepte tussen de 300 en 600 bar. Wanneer door gaswinning de druk in de poriën van zo'n zandsteenpakket afneemt, wordt het zandsteen samengedrukt. Het 'compacteert'. Deze compactie op drie kilometer diepte leidt tot bodemdaling aan het aardoppervlak. We spreken dan van bodemdaling door gaswinning.

Het is in Nederland gebruikelijk om bodemdaling (o.a. als gevolg van gaswinning) te meten. Hiertoe worden landmeetcampagnes uitgevoerd. Daarnaast wordt er op basis van kennis over de diepe ondergrond (geofysica) en het productieproces bodemdalingschotels berekend en ingetekend op kaarten (zie bijvoorbeeld figuur 6). Op zee is dat lastiger. Dat komt enerzijds omdat er op de zeebodem weinig vaste punten zijn die boven water uit steken en anderzijds omdat de hoogtekaarten van de zeebodem niet nauwkeurig genoeg zijn om veranderingen op het niveau van centimeters tot decimeters in beeld te brengen. Daarbij komt dat de zeebodem van nature behoorlijk in beweging is. Omdat in de Waddenzee de wadplaten tijdens laagwater droogvallen is een beperkt aantal hoogtemetingen mogelijk. Om daarbij geen last te hebben van hoogteverschillen die door sedimentbeweging ontstaan, zijn er stalen palen in de wadbodem gezet. Door bovenop deze palen de hoogteverandering te meten wordt een beeld verkregen van de bodemdaling die de gaswinning veroorzaakt.



Figuur 1: Het meten van bodemdaling onder het wad door een GPS ontvanger boven op een mast te zetten die op een 6 meter lange paal in de bodem is gezet. De mast dient ervoor dat de ontvanger ook bij hoog water boven water uit steekt en contact houdt met satellieten.

HET MODELLEREN VAN DE BODEMDALING AAN HET AARDOPPERVLAK EN HET DOEN VAN VOORSPELLINGEN OVER TOEKOMSTIGE BODEMDALING IS EEN COMPLEXE ZAAK.

Het begrip van de ondergrond wordt gevormd door beoordelingen van experts uit diverse disciplines. Deze kennis komt uiteindelijk terecht in verschillende modellen die gegevens met elkaar uitwisselen. Het geologische of statische model beschrijft de structuur van de verschillende aardlagen. Veel van deze aardlagen zijn onderbroken door breuken die gedurende de lange geologische geschiedenis zijn ontstaan. D.m.v. geluidsgolven (seismiek) zijn deze lagen en breuken zichtbaar gemaakt waarbij boringen aanvullende gegevens verschaffen over kenmerken van het gesteente zoals bv de porositeit. Het geologische model van de ondergrond bestaat uit zogenaamde 3D structuurkaarten met daartussen cellen die informatie bevatten over de kenmerken die worden verkregen uit de boringen. Dit model wordt vervolgens doorgegeven aan de reservoir engineer ("reservoir" betekent "gasveld") die de informatie uit het geologische model combineert met de plannen voor de ontwikkeling en de productie van het gasveld in een reservoirsimulatiemodel. Productie uit toekomstige boringen kan worden gesimuleerd met dit model waarmee kennis wordt verkregen over de mogelijke drukdaling van het gas en mogelijke aangrenzende watervoerende pakketten. In het geval van een bestaande winning worden productiegegevens en drukmetingen gebruikt om het model te kalibreren en daarmee de onzekerheid over de drukdaling in het gehele veld te reduceren. Deze drukgegevens worden vervolgens door de geomechanicus gebruikt om de compactie te berekenen van het gasvoerend gesteente en de daarmee gepaard gaande bodemdaling. Geodetische metingen of bodemdalingsmetingen worden gebruikt om geomechanische modellen te valideren en te kalibreren. Sinds 2011 is de integratie van modellen duidelijk verbeterd binnen NAM waarbij alle disciplines bijdragen in het mogelijk verklaren van afwijkingen tussen resultaten en modellen.

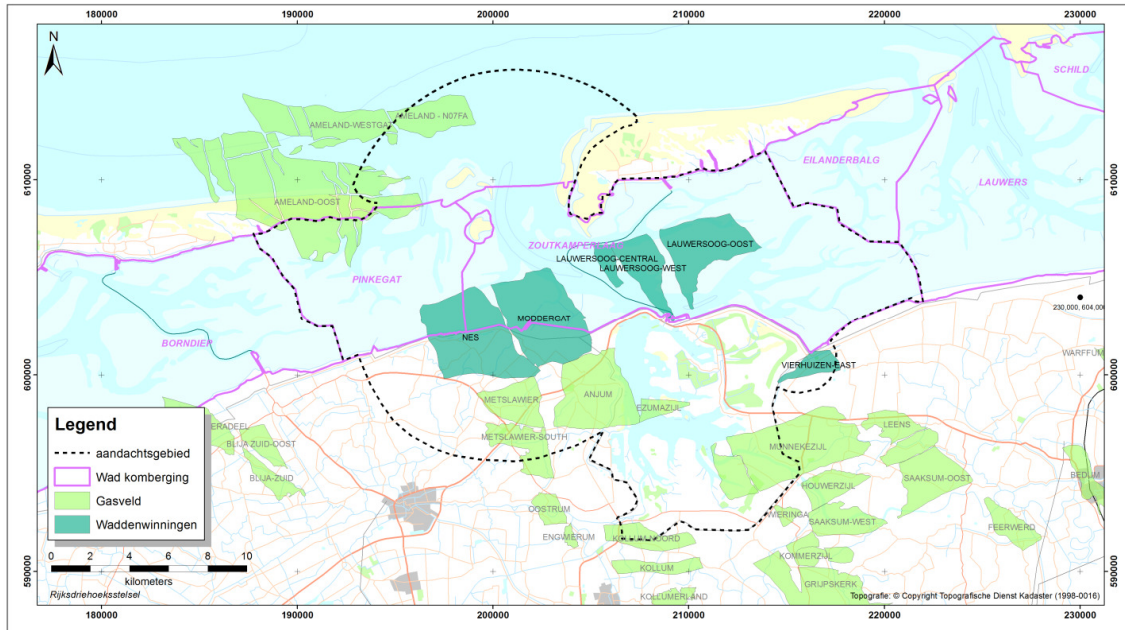
1.2 De Wet Natuurbescherming als toetsingkader

DE WADDENZEE IS ALS NATUURGEBIED VAN INTERNATIONALE BETEKENIS. OP HET GEBIED ZIJN DE EUROPESE VOGEL- EN HABITATRICHTLIJN VAN TOEPASSING. HET TOETSINGSKADER VOOR DE EFFECTBEOORDELING VAN GASWINNING ONDER DE WADDENZEE IS DAN OOK DE NEDERLANDSE WET NATUURBESCHERMING.

Bodemdaling onder de Waddenzee mag niet leiden tot schade aan de instandhoudingsdoelen zoals die voor het gebied zijn geformuleerd in het Aanwijzingsbesluit Waddenzee. Daarin wordt gesproken over habitattypen en doelsoorten. Deze bodemdaling bedraagt enkele millimeters per jaar. Onder geulen en andere permanent onderwaterstaande delen van het gebied zijn ecologische effecten van die bodemdaling op voorhand uitgesloten. Het onderzoek en de monitoring beperkt zich daarom tot de droogvallende wadplaten. Het meest relevante habitatype is dan ook 'Droogvallende zand- en slikplaten'. Beschermd zijn het areaal en de kwaliteit van de wadplaten, waarbij kwaliteit wordt uitgelegd als "structuur en functie" van de wadplaten. Één van de belangrijkste functies van de wadplaten 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.

Als gevolg van de gaswinning uit de velden "Nes" en "Moddergat" vindt er ook bodemdaling plaats onder de vastelandkwelder "Peazemerlannen". Vandaar dat ook de invloed van bodemdaling op de natuurlijke ontwikkeling van deze kwelder wordt gemonitord. Hierbij is specifiek aandacht voor de beschermde habitattypen "Zilte schorren" en "Zilte graslanden buitendijks". Ter voorbereiding op het bepalen van het effect van bodemdaling op broedvogels op de kwelder is in 2016 gestart met het meten van de overstromingsfrequentie. Daarover wordt nog niet gerapporteerd. De kwelder van Ameland wordt sinds de start van de gaswinning Ameland (1986) gemonitord. De resultaten van die monitoring worden eens per 5 jaar gerapporteerd maar zijn geen onderdeel van deze rapportage.

Ook onder het Natura 2000-gebied Lauwersmeer vindt bodemdaling plaats. Deze wordt niet gecompenseerd door sedimentaanvoer, waardoor de bodemdaling aan het maaiveld meetbaar zal worden. Het gebied lijdt echter aan verzuuring 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 klein zijn en mogelijk ook positief kunnen uitvallen (tabel 8 in Kleefstra et al. 2017). Het Lauwersmeergebied is een vogelrichtlijngebied 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.



Figuur 2: Overzicht van het beïnvloedinggebied van de gaswinning in het waddengebied. De contour van dat gebied is aangegeven met de stippellijn. Uit donkergroene gasvelden “Nes”, “Moddergat”, “Lauwersoog” en “Vierhuizen” wordt gas gewonnen vanaf binnendijkse locaties gelegen bij de dorpen Moddergat en Vierhuizen en vanaf een locatie gelegen in de haven van Lauwersoog. Deze gaswinning is gestart in 2006. De lichtgroene velden zijn al langere tijd in productie: Ameland sinds 1986, Anjum sinds 1991, etc. Opvallend is dat de contour ook een deel van de Noordzeekustzone omvat. Dat gebied noemen we de Voordelta. Waddenzee wisselt namelijk sediment uit met die Voordelta. Hierover kunt u meer lezen in de onderstaande paragraaf.

1.3 Het sedimentdelend systeem

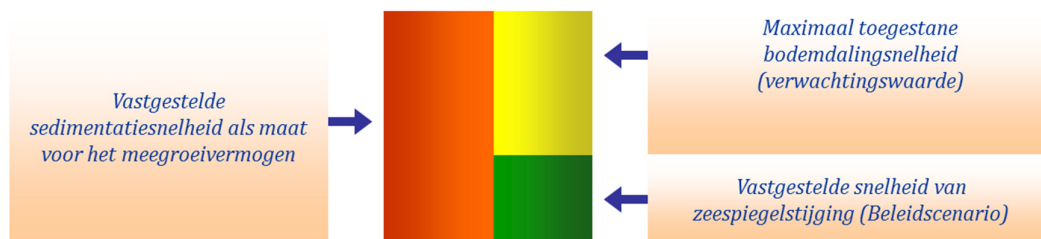
DE WADDENZEE EN DE NOORDZEEKUSTZONE VORMEN SAMEN EEN SEDIMENTDELEND SYSTEEM. DE WADDENZEE ONTTREKT HET ZAND DAT NODIG IS OM MEE TE GROEIEN MET DE ZEESPIEGELSTIJGING EN MET BODEMDALING DOOR GASWINNING, UIT DE KUSTZONE. RIJKSWATERSTAAT VOERT ZANDSUPPLETIES UIT OM DE ZANDVOORRAAD IN DE KUSTZONE OP PEIL TE HOUDEN.

Onder invloed van de getijdenstroming treedt er constant uitwisseling van sediment op tussen de Waddenzee en de Noordzeekustzone. Enerzijds ontstaan en groeien wadplaten doordat zand en slib tot rust komen in de Waddenzee en accumuleren. Anderzijds eroderen ze door afkalving en verdwijnt er weer zand naar de geulen. De vorm van het gebied (geomorfologie) past zich zo continu aan de waterbeweging aan. Deze waterbeweging (golven en getij) varieert dagelijks als gevolg van maanstanden en weersinvloeden. We spreken dan ook van een dynamisch evenwicht. Op korte termijn overheerst die dynamiek kleine invloeden, zoals zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning. Echter, als deze kleine invloeden niet door extra sedimentimport in de Waddenzee gecompenseerd worden, leiden ze op lange termijn tot het korter droogvallen van de wadplaten. De vergunningen die de NAM heeft om gas te mogen winnen onder de Waddenzee gaan er vanuit dat dit niet optreedt. Dit werkt als volgt:

De zeespiegelstijging en bodemdaling door de gaswinning bedragen samen enkele millimeters per jaar. Dat lijkt weinig, maar vermenigvuldigd met de oppervlakte van een kombergingsgebied is dat toch een relevant volume per jaar. Deze volumeverandering treedt gestaag op en beïnvloed het hydrodynamisch evenwicht. Er ontstaat een situatie waarin er gemiddeld meer water het gebied in en uit stroomt, waardoor er gemiddeld

meer sediment vanuit de kustzone wordt aangevoerd. Dat noemen we “Zandhonger”. Door de toename van het netto sedimenttransport kunnen de wadplaten meegroeien met de zeespiegelstijging en met bodemdaling door gaswinning. Dit noemen we het “Meegroeivermogen” van de Waddenzee.

De vraag is natuurlijk hoe groot dat meegroeivermogen eigenlijk is. Hoeveel zandhonger kan er optreden voordat de aanvoersnelheid / -capaciteit beperkend wordt en de droogvalduur van de wadplaten beïnvloed wordt? De afgelopen 20 jaar zijn er verschillende studies uitgevoerd naar het meegroeivermogen van de Waddenzee. Dit werk bestond uit analyses van historische sedimentatiesnelheden en modelstudies (tab. 2). In het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee is vastgelegd dat het meegroeivermogen voor kleine kombergingen, zoals het Pinkegat, 6 millimeter sediment per jaar bedraagt. Voor grotere kombergingen zoals de Zoutkamperlaag is dat 5 millimeter sediment per jaar. Deze sedimentatiesnelheden worden ook wel de “Natuurgrenzen” genoemd. Ze worden als veilige grenzen beschouwd. De som van de snelheid van zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning mag niet meer bedragen dan de Natuurgrens (fig. 3). Als die som deze Natuurgrens overschreidt of dreigt te overschrijden binnen de periode waarvoor het zeespiegelstijgingsscenario is vastgesteld, dient NAM haar gasproductie zodanig aan te passen dat dit hersteld wordt. Hoe NAM jaarlijks vaststelt of de gasproductie aan deze eis voldoet is vastgelegd in het Meet- en Regelprotocol (NAM, 2012). Het resultaat voor 2016 wordt gepresenteerd in paragraaf 4.1 van dit rapport.



Figuur 3: De som van bodemdalingsnelheid en zeespiegelstijgingsnelheid mogen de vastgestelde sedimentatiesnelheid niet overschrijden (conceptuele weergave).

Om te beschouwen of een tijdelijke overschrijding van deze ‘natuurgrenzen’ ernstige en onomkeerbare effecten zou hebben voor het hydrodynamische evenwicht van de kombergingsgebied en daarmee bijvoorbeeld voor de droogvalduur van wadplaten, is in 2016 door Deltares nader onderzoek uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar de wijze waarop de natuurgrenzen voor de kombergingsgebieden zijn bepaald en zijn simulaties met een model voor de ontwikkelingen van het waddensysteem uitgevoerd om de gevolgen van een tijdelijke overschrijding te bepalen. De conclusies van dit nadere onderzoek zijn dat de waarden van de natuurgrenzen van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag conservatief zijn gekozen en dat het daadwerkelijke vermogen om mee te groeien met de versneld stijgende zeespiegel groter is. Een tijdelijke overschrijding van de conservatieve natuurgrenzen zal dan ook geen ernstige effecten hebben op het waddengebied (Wang et al. 2017).

De resultaten van 10 jaar monitoring laten zien dat de wadplaten inderdaad meegroeien met de zeespiegelstijging en met bodemdaling door gaswinning. Maar hoe zit dat met het gebied waaraan het sediment wordt onttrokken? In principe houdt Rijkswaterstaat de zandvoorraad in de Nederlandse kustzone op peil. Hiertoe wordt de oppervlaktes van de Waddenzee, Noordzeekustzone en de zuidelijke Delta bij elkaar opgeteld en vermenigvuldigd met de zeespiegelstijging. Dat is een volume van ca. 12 miljoen kuub sediment per jaar. Vervolgens kijkt Rijkswaterstaat waar er langs de kust behoefte is aan sediment omdat daar bijvoorbeeld erosie optreedt. Voornamelijk op basis van die

behoefte wordt het zand verdeeld middels strand- en vooroeversuppleties. Bovenop die 12 miljoen kuub per jaar wordt er op kosten van NAM extra zand gesuppleerd om het bodemdalingvolume in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag te compenseren.

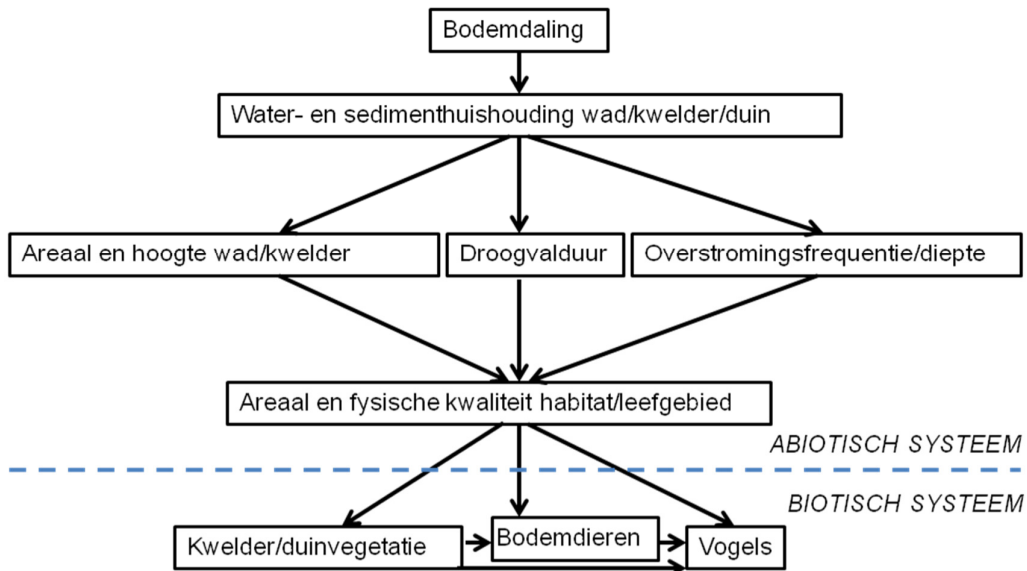
1.4 Ecologische monitoring

DE ECOLOGISCHE MONITORING VOLGT EEN EFFECTKETENBENADERING VOOR DE KWELDER EN HET LAUWERSMEERGEBIED EN VOOR DE WADPLATEN OMDAT DE NATUUR ZICH NIET ALTIJD LAAT VOORSPELLEN

De bovenstaande paragrafen beschrijven dat bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee moeilijker te meten is dan onder het land, gemodelleerd moet worden, onder een beredeneerde natuurgrens moet blijven, in cumulatie met zeespiegelstijging moet worden beschouwd, gecompenseerd wordt middels zandsuppleties in de kustzone, etc. Ondanks dat er wordt uitgegaan van veilige natuurgrenzen en mitigerende maatregelen, is niet bewezen dat alle onderliggende theorie correct is. Daarom voert NAM naast het eerder genoemde Meet- en Regelprotocol ook een monitoringprogramma uit (NAM, 2014a). In dit monitoringprogramma wordt voor de wadplaten gekeken naar de ontwikkeling van het areaal wadplaten, erosie en sedimentatie processen en naar de draagkracht van het gebied voor, op de wadplaten foeragerende vogels. Daarnaast zijn ook voor de kwelder, de "Peazemerlannen" en het Lauwersmeergebied monitoringprogramma's opgesteld. Het doel van de monitoring is 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 kan jaarlijks, mede op basis van adviezen van de Auditcommissie (paragraaf 1.6), worden aangepast. Iedere 6 jaar wordt het programma grootschalig geëvalueerd. In 2013 heeft de eerste evaluatie plaatsgevonden en in 2018 staat de volgende evaluatie gepland.

Voor het vaststellen van het monitoringprogramma is 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 4. Analyse van de gegevens conform de effectketenbenadering vindt plaats in de rapporten van Van Duin (2017), Bijkerk et al. (2017) en Kleefstra et al. (2017). Voor de wadplaten zijn de resultaten verdeeld over meerdere rapporten en komen samen in deze integrale beoordeling. Het monitoringprogramma is te vinden op <http://www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden.html>



Figuur 4: 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.

De beleidsdoelen voor de Waddenzee waar dit rapport aan toetst zijn opgenomen in tabel 1. Omdat de betreffende doelstellingen vaak niet direct meetbaar zijn, volgt er in de tweede kolom van de tabel een technische, meet- of berekenbare definitie van het beleidsdoel. Tabel 1 geeft tevens een overzicht van de onderdelen van het monitoringprogramma en waar die bijdragen aan de verschillende beleidsdoelen. De meeste doelen zijn instandhoudingsdoelen in het kader van de Wet Natuurbescherming. Daarnaast zijn doelen opgenomen uit de Structuurvisie voor de Waddenzee en wordt er gerefereerd aan de voorwaarde die het Rijksprojectbesluit stelt aan gaswinning onder de Waddenzee.

Tabel 1: Overzicht van de monitoringprogramma's die uitgevoerd worden, het doel waarvoor ze worden ingezet en de uitvoerende instantie. De beleidsdoelen zijn afkomstig uit het Aanwijzingsbesluit Waddenzee¹, Aanwijzingsbesluit Lauwersmeergebied², Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee³ of de Structuurvisie Waddenzee⁴.

Beleidsdoel	Technische omschrijving	Monitoringprogramma
Meegroeivermogen Waddenzee: <i>Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschreiden of dreigen te overschreiden</i> ³	Belasting van de gebruiksruimte: 6-jarig voortschrijdend gemiddelde van de bodemdalingssnelheid voor het gehele Pinkegat of Zoutkamperlaag.	-Meetcampagnes voor bodemdaling op land -Meetcampagnes voor bodemdaling op het wad
Waddenzee (wadplaten): <i>Behoud oppervlakte (en verbetering kwaliteit) slik- en zandplaten</i> ¹ . <i>Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen</i> ⁴	Areaal wadplaten boven -0,5 NAP Bepalen van de invloed van bodemdaling op de sedimentatie	-LiDAR surveys en analyse van de data -Bodemdaling op peilmerken -Waterpassingen rond peilmerken -Spijkermetingen
Waddenzee (wadplaten): <i>Behoud van omvang en kwaliteit fourageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels</i> ¹	Oogstbare hoeveelheid voedsel per tij Areaal geschikt foerageer habitat	-SIBES (bodemdieren in en op de wadplaten) -LiDAR survey en analyse van de data -Waterstanden Waddenzee -Litorale mosselbanken survey -Vogeltellingen op HVP's (hoogwater vluchtplaatsen) -Vogeltellingen vliegroutes
Kwelders Waddenzee: <i>Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras</i> ¹	Areaal en ontwikkeling kweldervegetatietypen volgens SALT97 typologie Hoogteontwikkeling kwelder	-Vegetatieopnames -SEB metingen -Overstromingfrequentie
Lauwersmeergebied: <i>Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels</i> ²	Areaal geschikt broedhabitat voor doelsoorten. Areaal geschikt rustgebied voor doelsoorten (slaapplaatsen). Areaal geschikt foerageergebied voor doelsoorten.	-Bodemdaling op peilmerken -Vegetatieopnames -Grondwaterstanden en grondwaterchemie -Vegetatiestructuuropnames -Broedvogeltellingen -Watervogeltellingen -Vegetatiebeheer -Waterstanden

1.5 Integraal beoordelen en data-integratie

BEHEERDOELEN ZIJN IN VEEL GEVALLEN NIET DIRECT MEETBAAR. MONITORINGDATA EN ECOLOGISCHE KENNIS DIENEN TE WORDEN GEINTEGREERD TOT EEN NUMMERIEKE BESCHRIJVING VAN DEZE DOELEN.

De in paragraaf 1.4 beschreven effectketen wordt gebruikt om 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 iets anders 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. (2017), van Duin (2017) en Kleefstra et al. (2017).

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 waarop je een mogelijk effect van bodemdaling wilt beoordelen. In veel gevallen is het doel zelf niet direct meetbaar en moet je eerst tot een meer technische omschrijving komen die wel meetbaar is. Voor sommige beleidsdoelen is dat zeer complex en moet er een model worden opgesteld waar naast monitoringdata veel ecologische kennis voor nodig is. Het meest in het oog springend zijn het draagkracht model voor op de wadplaten foeragerende vogels en de modellering van de belasting van de gebruikruimte voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag. Ook voor het Lauwersmeer streven we naar een betere integratie van de verschillende monitoringonderdelen. Daartoe is dit jaar meer gefocust op doelsoorten en op de ecologische functies die het gebied aan deze soorten biedt.

1.6 Organisatiestructuur rond monitoring en rapportage

ORGANISATIE ROND MONITORING EN RAPPORTAGE TEN BEHOEVE VAN DE KWALITEIT, ONAFHANKELIJKHEID EN TRANSPARANTIE.

Dit jaar wordt er weer een aantal monitoring- en onderzoeksrapportages, inclusief deze integrale samenvatting, aangeboden aan de Minister van Economische Zaken. Het doel is jaarlijks te kunnen controleren of bodemdaling door gaswinning binnen de gebruikruimte blijft en of er geen sprake is van nadelige effecten op de instandhoudingsdoelstellingen. De Minister dient de tweede kamer hierover te informeren. 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 ze 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 2016 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 NAM de monitoringrapportages aanbiedt aan de Minister van Economische Zaken wordt de conceptrapporten met de leden van de Commissie Waddengas 2006 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 eveneens aan de Minister van Economische Zaken.

2 Rapportages

VOORAFGAAND AAN DE GASWINNING ONDER DE WADDENZEE IN 2006 IS UITGEBREID ONDERZOEK VERRICHT; DE ZGN. INTEGRALE BODEMDALING STUDIES.

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de rapporten die van belang zijn voor het tot stand komen van ons begrip over het meegroeivermogen van de Waddenzee, het Hand Aan de Kraan-principe en de ecologische monitoring (Tab. 2). In Tabel 3 staan de rapporten die in 2015/16 rond de monitoring beschikbaar zijn gekomen. Deze rapporten hebben betrekking op de monitoring en het onderzoek dat in 2016 is uitgevoerd.

Tabel 2: 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 Waddenzeegebied 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
Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruiksruimte, 2017	Deltares	Wang, Z.B., J. Cleveringa & A. Oost.

Tabel 3: Overzicht rapportages over de monitoringresultaten en modellering die in 2017 beschikbaar zijn gekomen. De LTS rapportages zijn beschikbaar op de NAM website (<http://www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden.html>). Een publieksvriendelijke samenvatting is als bijlage aan de Meet- & Regelrapportage toegevoegd.

MONITORINGONDERDEEL	INSTANTIE	RAPPORTAGE
Waddenzee		
Bodemdaling	NAM	NAM (2017) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2016. NAM rapport EP201702245479 Dynamic Reservoir Modelling of Wadden Fields for subsidence. Meet&Regel 2016. NAM rapport EP201703201178
Hoogteligging/arealen en sedimentatie-erosie van wadplaten	Earodata	Sparla (2016) Quality report Waddenzee. QN16-0156/JLE
	Deltares	Schrijvershof, Nederhoff, Haag en Piening (2017) Analyse LiDAR data voor het Friesche Zeegat (2010-2016) Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltaresrapport 11200469
	NAM	Piening (2017) MEMO Analyse van de a.d.h.v. LiDAR gemeten verandering in wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag (versie 2).
	NCA	Krol (2017) Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Peasens en Schiermonnikoog 2007- 2016
Bodemdaling en meegroeivermogen	Deltares	Wang, Cleveringa en Oost (2017), Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruiksruimte. Deltaresrapport 1230937
Voedselbeschikbaarheid en – bereikbaarheid voor wadvogels	Sovon	Ens, Kersten, Krol, van der Meer, Piening, Wijsman, Schekkerman, Rappoldt (2017) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Rapportage t/m monitoringjaar 2016, Sovon-rapport 2017.15
Kwelder		
Sedimentatie en vegetatie-ontwikkeling	Artemisia	van Duin (2017) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Jaarrapport 2016. Artemisierapport 2016-3
Lauwersmeer		
Grondwater- en vegetatiedynamiek	A&W Buijs	Bijkerk, Bakker & Buijs (2016) Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer. Tiende voortgangsrapportage (2016). A&W-rapport 2319
Vogels	Sovon	Kleefstra, de Boer & Kampichler (2017) Broed- en watervogelmonitoring in het Lauwersmeer in 2016. Sovon-rapport 2016/44
Muizen en roofvogels	A&W	Beemster (2017) Monitoring van effecten op muizen en muizenetende roofvogels in het Lauwersmeer. Voortgangsrapportage 2016. A&W-rapport 2288

3 Gasproductie 2016

GASPRODUCTIE ONDER DE WADDENZEE IS TOEGESTAAN BINNEN GRENZEN DIE ZIJN VASTGESTELD IN EEN WINNINGSPLAN. OOK ALS BLIJKT DAT DEZE VERGUNDE PRODUCTIE TE VEEL BODEMDALING VEROORZAAKT MOET DE PRODUCTIE WORDEN AANGEPAST.

De gasproductie uit de velden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen opgeteld lag in 2015 zo'n 19% beneden het geplande volume (Tabel 4). Dit verschil wordt veroorzaakt door een relatief lage productie uit het gasveld Nes. Uit de andere Waddenzeevelden, met name 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 en 2015.

Tabel 4: Productie per voorkomen tot en met 31/12/2016. De gepresenteerde getallen dienen te worden vermenigvuldigd met een miljoen kuub gas bij een druk van 1 atmosfeer (10^6 Nm³). Deze tabel is overgenomen uit de Meet-&Regelrapportage 2016; Tabel 2-2.

Velden	Cumulatieve productie t/m 2016 (10^6 Nm ³)	Productie volgens 2011 winningsplan in 2016 (10^6 Nm ³)	Actuele productie in 2016 (10^6 Nm ³)
Nes	8646	1180	902
Moddergat	3842	174	265
Lauwersoog-C	113	3	6
Lauwersoog-West	1302	79	96
Lauwersoog-Oost	1866	114	137
Vierhuizen-Oost	1506	15	72
Totaal	17275	1824	1478



Figuur 5: Luchtfoto van de gaswinlocatie moddergat tijdens een boring.

De gasproductie is vergund in het instemmingsbesluit op het Winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (2013). Conform de regelgeving mag de gasproductie 20% afwijken van wat er in een Winningsplan wordt voorgesteld. Deze 20% geldt niet per veld of put, maar voor het Winningsplan als geheel.

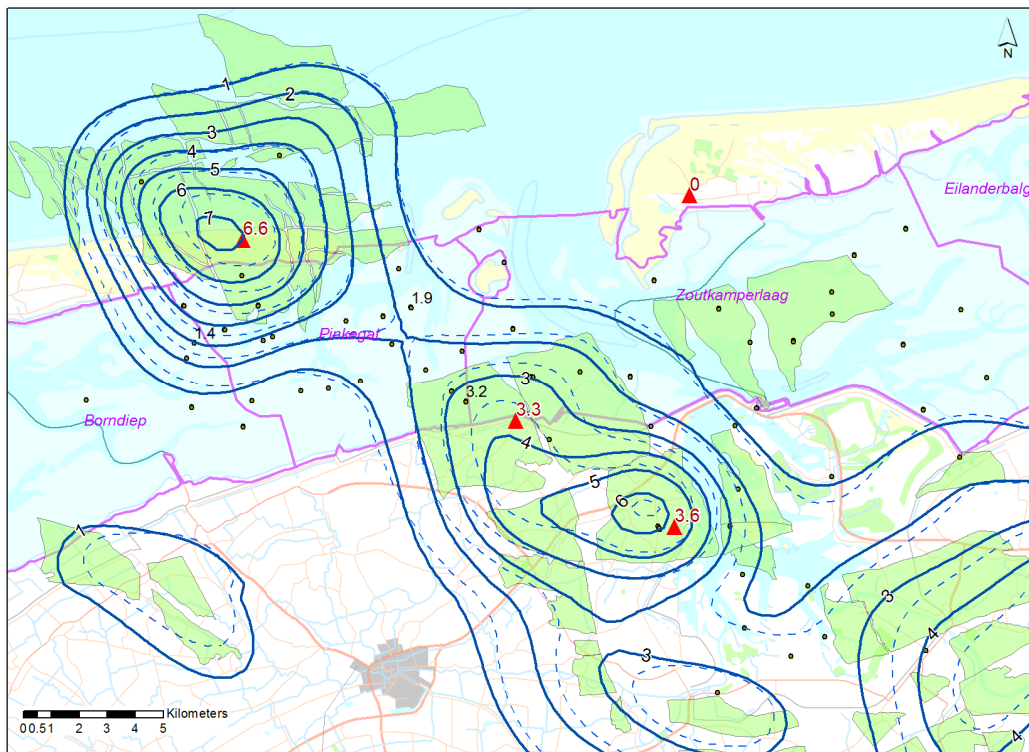
In relatie tot bodemdaling onder de Waddenzee betekent een wat lagere productie uit het gasveld Nes een wat lagere bodemdalingsnelheid onder het Pinkegat en betekent een wat hogere productie vanuit het gasveld Moddergat een wat hogere bodemdalingsnelheid onder de Zoutkamperlaag. Dit wordt veroorzaakt door de meer oostelijke ligging van het gasveld Moddergat (zie figuur 2). De berekende bodemdalingsnelheid onder beide kombergingen en de bijdrage van de verschillende gasvelden daarin in 2016 wordt besproken in paragraaf 4.1.

4 De Waddenzee

4.1 Bodemdaling in het waddengebied

ALS GEVOLG VAN BODEMDALING DOOR GASWINNING ONTSTAAT ER ONDER LAND EEN BODEMDALINGSCHOTEL. ONDER DE WADDENZEE GAAN WE ERVAN UIT DAT DE BODEMDALING ZICH DOOR SEDIMENTTRANSPORT VERDEELD OVER DE GEHELE KOMBERGINGEN.

Een groot deel van de bodemdaling die veroorzaakt wordt door de gasproductie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen ontstaat onder zee. De berekende verdeling tussen land en zee is zichtbaar gemaakt in figuur 6. Hierin is ook de invloed van de gaswinning Ameland, Anjum en Blija meegenomen. Figuur 6 presenteert de totale bodemdaling in het gebied sinds 2006 omdat toen met de productie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is gestart. De totaal opgetreden bodemdaling boven het gasveld Ameland sinds 1986 bedraagt op het diepste punt nu 34 centimeter. Voor Anjum is dat 10 centimeter. Het gasveld Blija veroorzaakt nauwelijks bodemdaling.



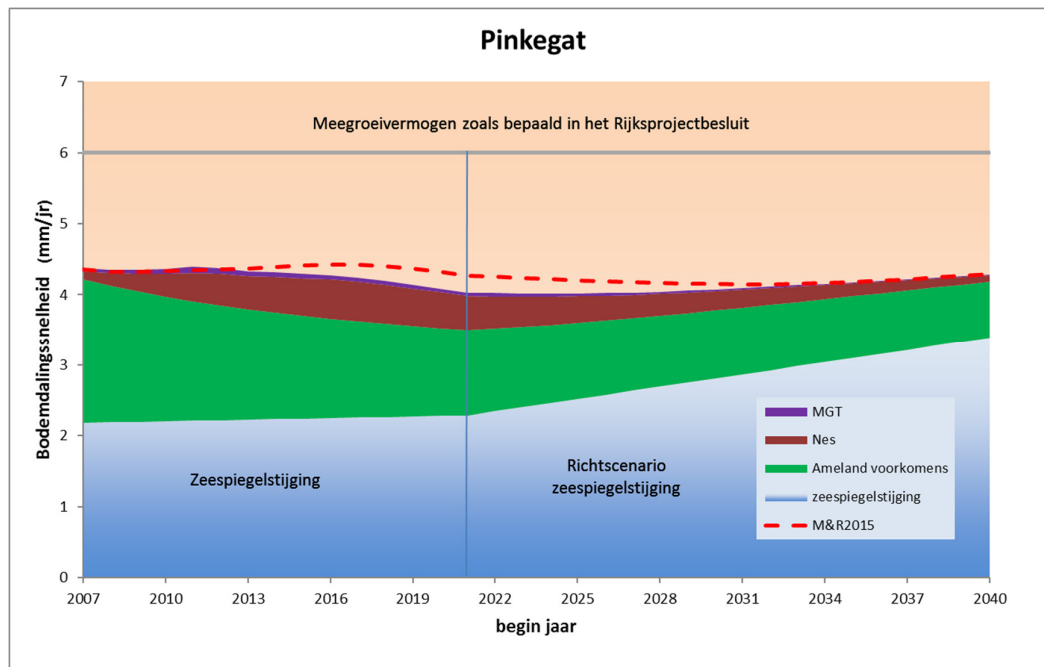
Figuur 6 Totale bodemdaling (status contour 1-1-2017) door gaswinning sinds 2006. In blauw de contouren van de gemodelleerde bodemdaling (gestreepte contouren geven de bodemdaling op 1-1-2016 zoals beschreven in de M&R rapportage over 2015). Boven de gasvelden Ameland-Oost, Nes/Moddergat en Anjum zijn op 3 posities continue GPS metingen uitgevoerd sinds 2007 (rode driehoek) Ook op Schiermonnikoog is zo'n logger geïnstalleerd. De stippen zijn meetpunten (peilmerken) voor diepe bodemdaling. In 2016 is op 12 peilmerken de hoogte bepaald. Verder zijn er 3 nieuwe peilmerkclusters geplaatst in het Pinkegat. Als er waarden bij meetpunten zijn gepresenteerd, is dat de bodemdaling in centimeters sinds 2006. Dit is figuur 4 uit de Meet- & Regelrapportage over 2016.

De rode driehoeken in figuur 6 zijn posities waar continue met GPS de hoogte wordt gelogd. Deze instrumenten zijn aan bebouwing bevestigd en staan ongeveer in het centrum van de bodemdaling schotels van de gasvelden Ameland, Anjum en de combinatie van Nes en Moddergat. In het centrum van de bodemdalingsschotel is de bodemdalingssnelheid het hoogst. Omdat bodemdaling een traag proces is, kun je de bodemdaling het best van de meetfout van de GPS onderscheiden daar waar de snelheid van daling het hoogst is. In Tabel 5 wordt de gemiddelde dalingsnelheid, gemeten op het diepste punt van de bodemdalingsschotels, in 2016 weergegeven. In figuur 6 is te zien dat er ook een GPS logger op Schiermonnikoog staat. Dit is een referentiepunt op een plek waar geen gas wordt gewonnen. Hier is sinds 2006 dan ook geen bodemdaling opgetreden.

Tabel 5: Dalingsnelheid op de locaties gelegen in het centrum van de bodemdalingsschotels, gemeten m.b.v. continue GPS metingen. Deze informatie is overgenomen uit de tabel 2-3 van de Meet- & Regelrapportage over 2016

Locatie	Dalingsnelheid in 2016 [mm/jaar]
Ameland	6,1 (1,3 mm/jaar standaarddeviatie)
Anjum	3,5 (0,7 mm/jaar standaarddeviatie)
Moddergat	5,2 (0,8 mm/jaar standaarddeviatie)

Door sedimenttransport binnen kombergingen gaat men er vanuit dat er geen bodemdalingsschotels aan het wadoppervlak ontstaan. Om dat te controleren wordt het wadoppervlak gemonitord. Dit wordt besproken in paragraaf 4.2. In de M&R rapportage gaan we uit van een gemiddelde bodemdalingssnelheid per kombergingsgebied die lager is dan de snelheid gemeten in het centrum van de kom. Daarom is de gemiddelde dalingsnelheid, zoals bijvoorbeeld getoond in figuur 7, daar veel lager dan op de meetstations gepresenteerd in tabel 5. De gemiddelde dalingsnelheid voor het Pinkegat is weergegeven in figuur 7 en voor de Zoutkamperlaag in figuur 8.

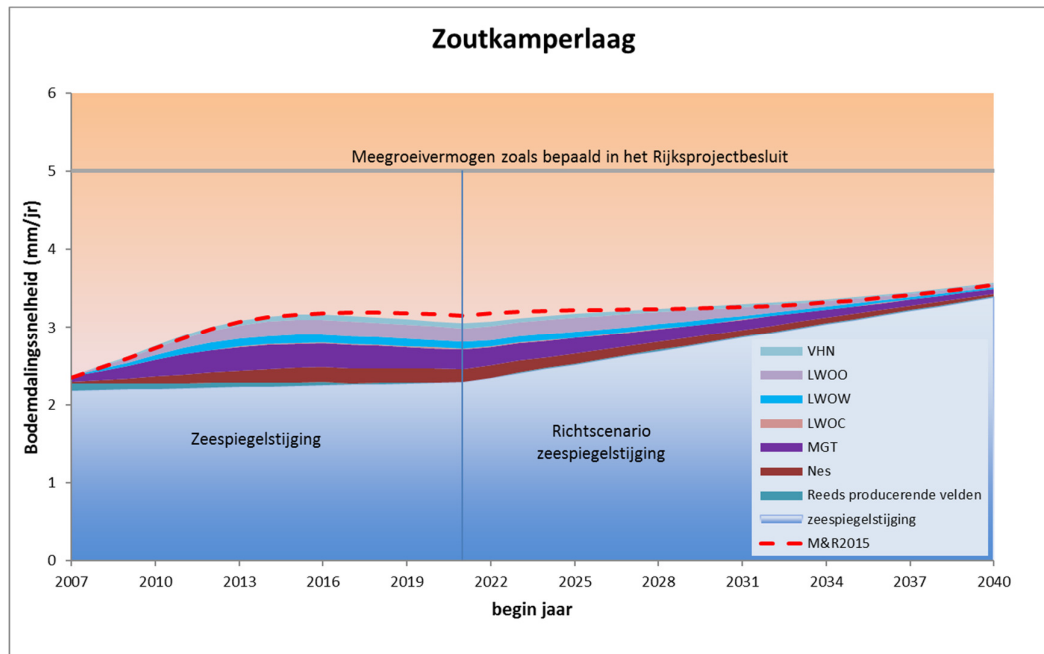


Figuur 7: Voorspelde belasting inclusief zeespiegelstijging voor het kombergingsgebied Pinkegat. Voor de modellering van de bodemdaling tengevolge van de gaswinning van Ameland is het meest recente geomechanische model toegepast. De roodgestreepte lijn geeft de berekende belasting weer zoals weergegeven in de Meet- & Regelrapportage over 2015. Dit is afbeelding 13 uit de Meet-

& Regelrapportage over 2016. De verschillend gekleurde lagen in de grafiek zijn de bijdragen van de verschillende gasvelden. MGT is een afkorting voor Moddergat.

De gemiddelde bodemdalingsnelheid onder het Pinkegat is 2 tot 3 millimeter per jaar. Daarmee wordt ruim binnen de natuurgrens van 6 millimeter per jaar gebleven. De grootste bijdrage aan deze bodemdaling komt van het gasveld Ameland. De bijdrage van het gasveld Nes is met een halve millimeter per jaar zeer beperkt. De gaswinning uit het veld Moddergat heeft bijna geen invloed op het Pinkegat. Sinds 2006 is de som van de gemiddelde bodemdaling onder het Pinkegat ongeveer 2 centimeter.

Voor de Zoutkamperlaag levert het gasveld Moddergat de grootste bijdrage aan de bodemdaling. De gemiddelde bodemdaling is hier ongeveer 1 millimeter per jaar en de som sinds 2006 bedraagt minder dan 1 centimeter.



Figuur 8: Voorspelde belasting inclusief Zeespiegelstijging + autonome daling voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag. De roodgestreepte lijn geeft berekende belasting aan zoals gerapporteerd in de Meet- en Regelrapportage over 2015. Dit is figuur 14 uit de Meet- & Regelrapportage over 2016. De verschillend gekleurde lagen in de grafiek zijn de bijdragen van de verschillende gasvelden. MGT = Moddergat, LWOC = Lauwersoog Centraal, LWOW = Lauwersoog West, LWO = Lauwersoog Oost en VHN = Vierhuizen (zie figuur 2).

DE VERWACHTE SNELHEID VAN ZEESPIEGELSTIJGING BEPAALT IN STERKE MATE HOEVEEL RUIMTE ER IS VOOR BODEMDALING DOOR GASWINNING.

In 2016 is het beleidscenario voor de zeespiegelstijging herzien. Zo'n herziening dient iedere 5 jaar plaats te vinden. Het huidige scenario dient herzien te worden in 2021. Dit scenario wordt in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken ontwikkeld door de organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO). In de figuur 7 en 8 staat de snelheid van de waarmee TNO verwacht dat de zeespiegel stijgt. Het bestaat uit twee delen die in figuur 7 en 8 zijn gescheiden door een verticale lijn in het jaar 2021. Deze delen heten respectievelijk "Zeespiegelstijging" en "Richtscenario zeespiegelstijging". Wat opvalt is dat de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt voor 2021 minder snel toeneemt dan na 2021. Dit komt omdat de snelheid in de periode voor 2021 voornamelijk gebaseerd is op de gemeten stijging van de zeespiegel langs de Nederlandse

kust, terwijl het “Richtscenario zeespiegelstijging” meer rekening houdt met wereldwijde voorspellingen die een sterkere acceleratie van de zeespiegelstijging verwachten. In 2021 zal door TNO gekeken worden of die versnelling lijkt op te treden, of dat deze weer een aantal jaren naar achteren dient te worden verschoven.

Het nieuwe beleidscenario gaat uit van minder zeespiegelstijging dan het voorgaande. Hierdoor is de som van zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning een stuk lager dan in de Meet- & Regelrapportage over 2015. Ook voor de periode na 2021 geldt dat de natuurgrens van 6 millimeter per jaar voor het Pinkegat en van 5 millimeter per jaar voor de Zoutkamperlaag niet worden overschreden voor de totale looptijd van de vergunningen voor gaswinning onder de Waddenzee.

ALS DE GASPRODUCTIE AFNEEMT VERWACHT JE IN VERHOUDING OOK EEN LAGERE BODEMDALINGSNELHEID. TOCH KAN DE BODEM DOOR-DALEN, OOK ALS DE GASWINNING HELEMAAL WORDT GESTOPT. DIT NOEMEN WE EEN NA-IJLEFFECT.

Na enkele jaren gaswinning, neemt de druk in een gasveld af. Omdat de snelheid van drukkudaling vermindert, verwacht je ook een afname in de snelheid van bodemdaling. Toch kan de bodem nog blijven dalen, zelfs als de gasproductie helemaal gestopt wordt. Misschien omdat er nog doorgaande compactie is. Het kan ook zijn dat er water uit een aangrenzende steenlaag het gasveld in stroomt, waardoor de druk in het waterhoudende gesteente daalt en dit compacteert. Ook kan er sprake zijn van beweging in de honderden meters zout dat zich tussen het zandsteenpakket en het aardoppervlak bevindt. Bij doorgaande bodemdaling spreken we van een na-ijleffect.

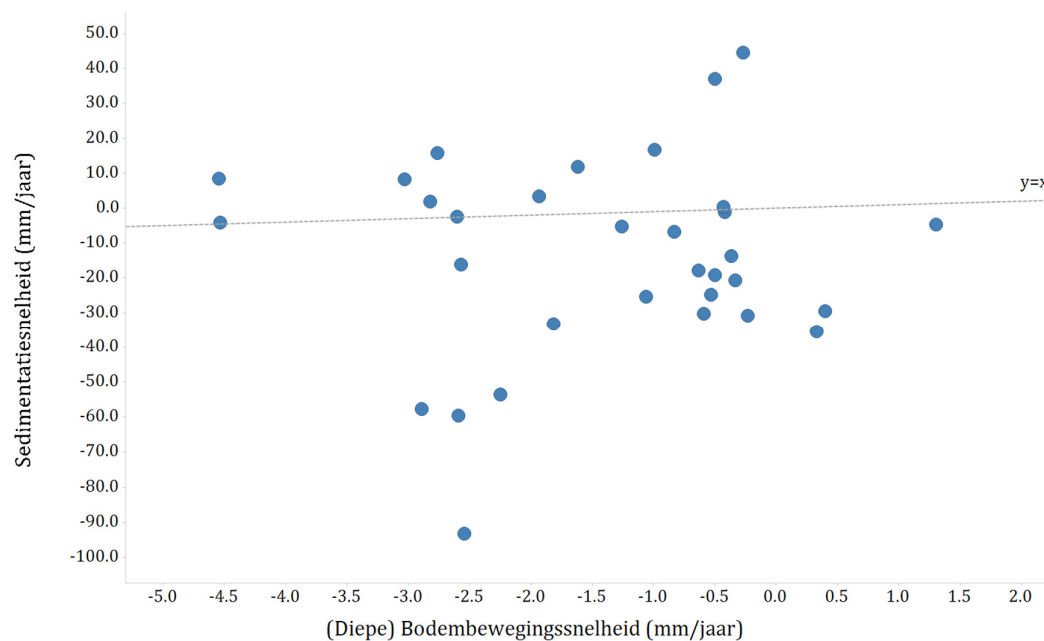
Uit landmetingen bleek dat er voor het gasveld Ameland duidelijk sprake is van een na-ijleffect van bodemdaling. De gasproductie op Ameland is gestart in 1986. De druk in het veld is van 580 bar teruggelopen naar 40 bar en ook bodemdalingsnelheid is de afgelopen 15 jaar sterk afgenomen. Toch is de resterende bodemdalingsnelheid groter dan verwacht. Daarom is in 2011 een uitgebreid onderzoek gestart om het mechanisme achter dit na-ijleffect in beeld te brengen. Uit de studie bleek dat voor het gasveld Ameland een combinatie van een aantal mechanismen zout- en gesteentekruip en aquifer depletie voor de hand ligt. In 2016 is een techniek ontwikkeld waarmee combinaties van processen in verschillende bodemdalingmodellen doorgerekend konden worden. Voor 1000den model-variaties werd de bodemdaling aan het aardoppervlak berekend en vergeleken met de gemeten bodemdaling. De computer berekende hoe goed ieder model de gemeten bodemdaling beschreef en een betere passing van een model variatie leverde een hoger gewicht op voor die variatie. Het gewogen gemiddelde van alle variaties noemen we de verwachtingswaarde. De verwachtingswaarde is dus niet één bepaald model. Deze abstracte uitkomst heeft als nadeel dat deze lastig te communiceren is en na te rekenen en/of te controleren door andere partijen. NAM is op dit moment van schrijven in afwachting van het oordeel van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) over de studieresultaten. SodM heeft de studieresultaten extern laten reviewen. Deze kunnen niet gebruikt worden in de Meet- en Regelcyclus zolang ze niet door SodM zijn goedgekeurd.

4.2 Bodemhoogte meten aan het wadoppervlak

BODEMDALING DOOR GASWINNING MAG DE NATUURLIJKE SEDIMENTATIEPROCESSEN OP EN ROND DE WADPLATEN NIET NADELIG BEINVLOEDEN, BIJVOORBEELD DOOR DE VORMING VAN BODEMDALINGSCHOTELS IN HET WAD.

Parallel aan de hoogtemetingen die op de peilmerken op het wad worden uitgevoerd om de bodemdaling onder de Waddenzee te volgen, worden om die peilmerken heen ook 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 2016.

Zoals in paragraaf 1.3 is aangegeven wordt verwacht dat sedimenttransporten binnen de Waddenzee zodanig groot zijn dat kleine effecten zoals bodemdaling door gaswinning niet aan het oppervlak tot uiting komen. De resultaten van de t/m 2016 verzamelde metingen zijn weergegeven in figuur 9. De resultaten tonen aan dat er op dit moment geen afname in de sedimenthoogte kan worden gecorreleerd aan de mate van bodemdaling op de peilmerken. Daarnaast is ook duidelijk te zien dat erosie en sedimentatieprocessen een veel grotere variatie kennen dan de bodemdaling die de gaswinning veroorzaakt.



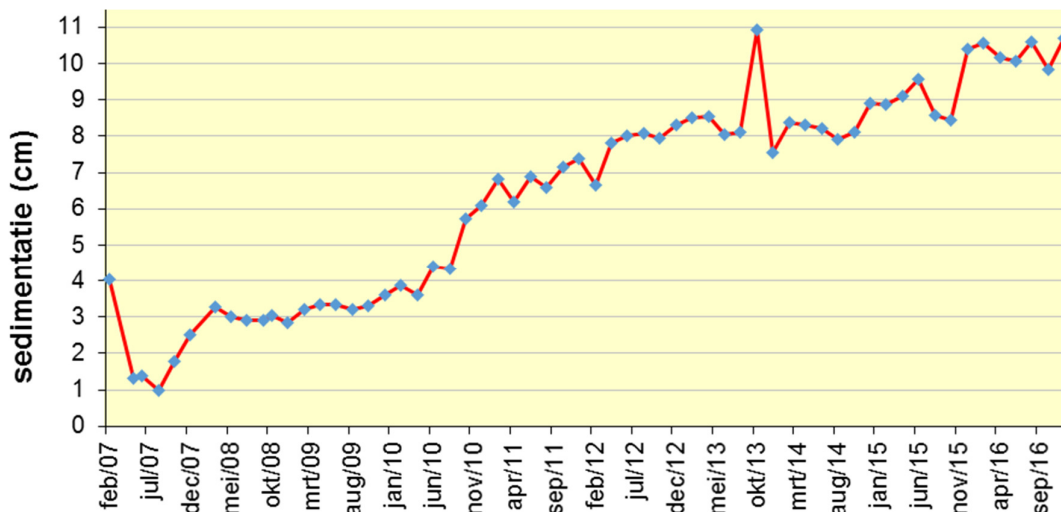
Figuur 9: De gemiddelde sedimentatiesnelheid (Y-as in millimeters per jaar) gemeten op 35 punten op de wadplaat naast de peilmerken, uitgezet tegen de bodemdaling (X-as in millimeters per jaar) gemeten op de peilmerken voor dezelfde periode. Negatieve Y-waarden wijzen op erosie en positieve waarden op sedimentatie. Negatieve X-waarden geven de mate van bodemdaling (snelheid) 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 bodemdalingsschotel 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 ($y=x$) 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 op enkele peilmerken lichte bodemstijging (X-as) is gemeten. 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.

SPIJKERMETINGEN ZIJN ZEER NAUWKEURIGE METINGEN OP BASIS WAARVAN DE SEDIMENTATIE OP EEN WADPLAAT DOOR HET JAAR HEEN GEVOLGD KAN WORDEN. PLOTSELINGE VERANDERINGEN IN WADPLAATHOOGTE DUIDEN NIET OP EEN EFFECT VAN BODEMDALING DOOR GASWINNING.

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, 2017). De gevonden resultaten voor 2016 passen in de trends van de voorgaande jaren.

Het Peasumerwad is het waddegebied dat direct onder invloed staat van bodemdaling door de gaswinning uit de gasvelden Nes en Moddergat. Op het Peasumerwad zijn 18 spijkermeeptpunten geplaatst. In figuur 10 hebben we voor deze 18 punten de gemiddelde ontwikkeling van de relatieve wadhoogte voor het Peasumerwad geplot. Een gestage positieve ontwikkeling van deze wadplaathoogte is duidelijk waarneembaar. Deze bedraagt ongeveer 1 centimeter per jaar (trend). Onder de opslibbende wadplaat vindt dus bodemdaling plaats. Sinds 2006 is dat ongeveer 3 centimeter geweest (fig. 6). Als je er vanuit gaat dat de metingen samen een representatief gemiddeld beeld schetsen van dit stukje wad, dan laten de metingen zien dat het meegroeivermogen van een individuele wadplaat in ieder geval toereikend is om bodemdaling door gaswinning te compenseren. Natuurlijk leidt dit tot de vraag of dat ook geldt voor een kombergingsgebied als geheel.



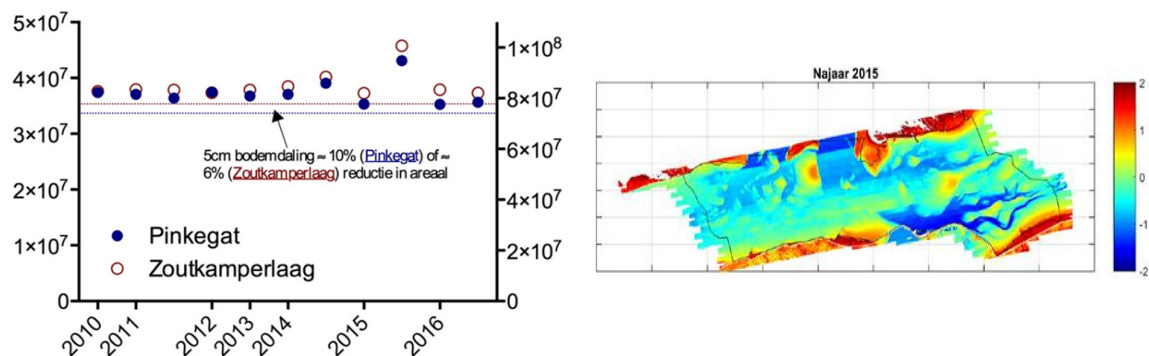
Figuur 10: Sedimentatie op het Peasumerwad gemeten aan de hand van de spijkermetingen. Dit betreft de gemiddelde ontwikkeling op basis van 18 meetpunten die ieder bestaan uit 4 spijkermetingen sinds december 2006. Data voor de periode 2003-2006 is op basis van 6 locaties. Deze ontwikkeling is niet ten opzichte van NAP, maar ten opzichte van de 'nul-situatie' in 2003.

Op het Peasemerwad is in 10 jaar zo'n 10 centimeter sedimentatie, min 3 centimeter bodemdaling is opgetreden. Daarmee is de wadplaat gemiddeld zo'n 7 centimeter hoger is komen te liggen. De opslibbing is niet voor alle locaties waar spijkermetingen plaatsvinden gelijk. Er zijn punten op het Peasemerwad 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, 2017). Ook is het onwaarschijnlijk dat de sedimentatie gewoon door zal gaan. Na een periode van sedimentatie is een periode waarin de erosie overheerst te verwachten.

BODEMDALING DOOR GASWINNING MAG NIET LEIDEN TOT EEN AFNAME VAN HET AREAAL DROOGVALLENDE WADPLATEN. DAAROM WORDEN DE KOMBERGINGEN VLAKDEKKEND INGEMETEN. DE NAUWKEURIGHEID VAN DE METINGEN IS ECHTER BEPERKT.

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. Dit is een techniek waarmee met een laser vanuit een vliegtuig vlakdekkend de hoogte van het land/wad wordt bepaald. Aan de hand van deze techniek worden de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag ingemeten. In het rapport van Deltares (Schrijvershof *et al.* 2017) wordt de data van drie nieuwe LiDAR surveys geanalyseerd: het najaar van 2015 en het voor- en najaar van 2016. Dit brengt het totaal aantal surveys op 11 sinds de start in 2010.

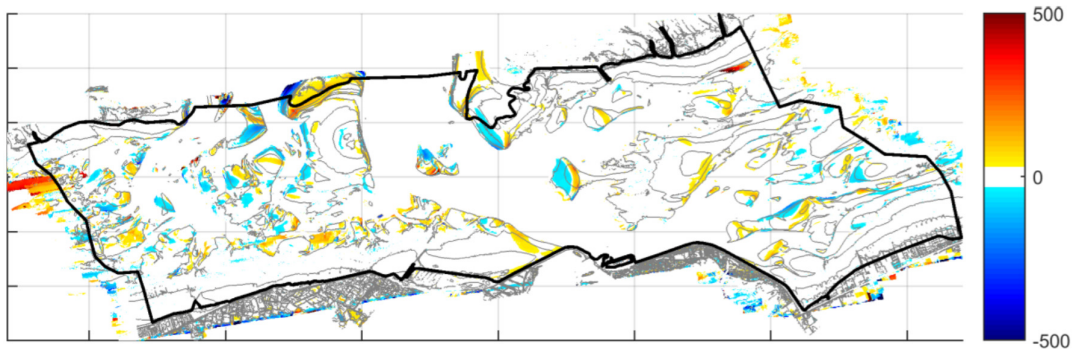
Figuur 11 geeft de ontwikkeling weer van het oppervlak droogvallend wad, gelegen tussen -60 centimeter en +160 centimeter t.o.v. NAP. Aan de hand van de hypsometrische curves voor Pinkegat en Zoutkamperlaag (figuur 6.2 en 6.4 in Schrijvershof et al. 2017) kan een grove schatting worden gemaakt van het effect dat bodemdaling kan hebben op het wadplatenareaal. Wanneer we uitgaan van een daling van ongeveer 5 centimeter zal het oppervlak wadplaten in het Pinkegat afnemen met ongeveer 10%. Voor de Zoutkamperlaag is dat minder. Ongeveer 6%. Figuur 11 toont dat er voor beide komberging geen afname kan worden aangetoond. Deze was wel verwacht als gevolg van de verbeteringen in de LiDAR-opnames. Dit komt omdat er in eerdere jaren relatief veel gridcellen op de kaart niet met datapunten gevuld waren. Deze werden gevuld door voor deze cellen het gemiddelde te berekenen a.d.h.v. de omliggende cellen. Omdat dit vooral de lager gelegen gebieden betrof, heeft dit in de oudere kaarten in een iets hoger gelegen Pinkegat en Zoutkamperlaag geresulteerd. Dit blijkt dus niet direct uit de resultaten.



Figuur 11: (Links) Ontwikkeling van het areaal droogvallende wadplaten op basis van LiDAR-metingen (range: -60 cm tot +160 cm t.o.v. NAP). Voor Pinkegat (rood) en Zoutkamperlaag (blauw). (Rechts) Resultaat van de LiDAR-opname uit het najaar van 2015. De hoogte range in kleur is aangegeven in meters t.o.v. NAP.

Het najaar van 2015 laat een zeer groot areaal droogvallend wad zien voor zowel het Pinkegat als de Zoutkamperlaag (fig. 11, rechts). Op de kaart is zichtbaar dat een groot deel van het wad onder water staat. Deze meting wordt door Deltares als onbruikbaar beoordeeld.

In Schrijvershof et al. (2017) wordt een groot aantal hoogtekarten onderling vergeleken. Veranderingen tussen jaren zijn vaak moeilijk te verklaren en worden in sterke mate beïnvloed door de meeton nauwkeurigheid. De LiDAR surveys zijn in dit monitoringprogramma bedoeld om trends in de ontwikkeling van de wadplaten te bestuderen. Met 11 surveys in 6 jaar wordt hier dit jaar voor het eerst invulling aan gegeven.



Figuur 12: Kaart van de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag (afgebakend door de zwarte contour) met daarop ingetekend de wadplaten en geulen. Niet zichtbaar is dat het gebied is opgedeeld in gridcellen van 10x10 meter. Op basis van de verschillende hoogtekarten die sinds 2010 a.d.h.v. LiDAR-opnames voor dit gebied zijn geproduceerd, is per gridcel een lineaire trend berekend. De richtingscoëfficiënt van die trends is per gridcel in kleur op deze kaart geplot. De schaalverdeling is rechts naast de kaart in millimeters per jaar weergegeven. Waar geen kleur geplot is, valt de richtingscoëfficiënt binnen de foutmarge van de LiDAR-meting en -berekening.

In figuur 12 worden trends ruimtelijk beschouwd zodat er ook naar deelgebieden kan worden gekeken. In figuur 12 betreft het het areaal wadplaten gelegen tussen -50cm en +150cm t.o.v. NAP. Door de trends op het niveau van gridcellen te berekenen en op een kaart te plotten, kunnen deelgebieden worden beschouwd en besproken.

In 2016 is er veel discussie geweest over de ontwikkeling van de wadplathoogte langs de Friese kust. In figuur 12 is te zien dat dit gebied voornamelijk geel en wit kleurt. Dit betekent dat in delen van dit gebied alleen sedimentatie groter is dan de in acht genomen meeton nauwkeurigheid. Ook het Peasemerwad kleurt wit. Hieruit concluderen we dat de sedimentatie in dit deelgebied sinds de start van de LiDAR-metingen in 2010 binnen de meeton nauwkeurigheid van LiDAR valt. De spijkermetingen bevestigen dat in die periode de gemiddelde ophoging van dit gebied, minus de bodemdaling, minder dan 5 centimeter bedroeg (fig. 10).

Het centrale deel van het Pinkegat, ten westen van Engelsmanplaat laat een afwisselend beeld zien van erosie en sedimentatie. Blauwe en gele vlekken op de kaart wisselen elkaar af. Dit geldt ook voor het zuidoostelijke deel van de Zoutkamperlaag. In het centrale en noordelijke deel van de Zoutkamperlaag komen alleen enkele sedimentatiegebieden boven de meeton nauwkeurigheid uit. Het meest dynamische gebied is het Rif boven Engelsmanplaat. De resultaten wijzen uit dat het Rif zich sinds 2010 in zuidoostelijke richting heeft verplaatst.

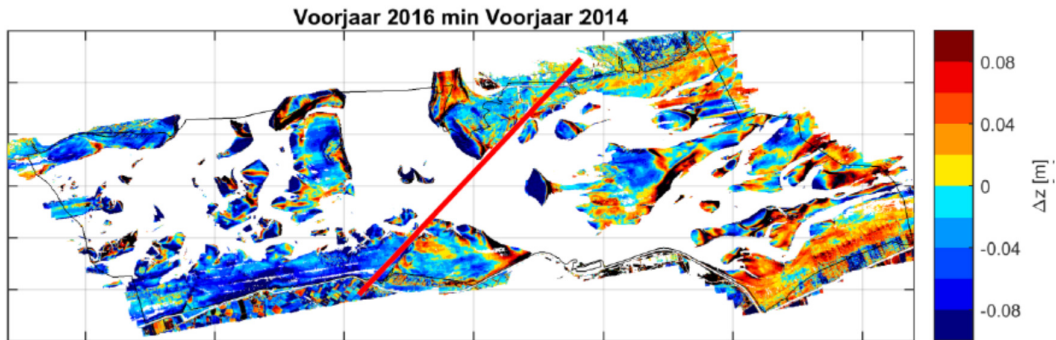
Deltares concludeert dat de hierboven beschreven veranderingen het gevolg zijn van geulmigraties en dat de eventuele hoogteveranderingen op de platen zelf nog niet groot

genoeg zijn om van de meeton nauwkeurigheid onderscheiden te worden. Schrijvershof et al. (2017) publiceert ook een aantal tests waarin de overlap tussen opvolgende vliegbanen is geanalyseerd met als doel de meetfout te bepalen. Hieruit blijkt dat de meeton nauwkeurigheid sterk afneemt met de wadplaathoogte. Volgend jaar zal bekeken worden of hier rekening mee kan worden gehouden zodat er meer hoogteveranderingen op de wadplaten zichtbaar worden.

De afgelopen jaren is er veel aandacht besteed aan de kwaliteit van de LiDAR-surveys en van de verwerking van de gemeten data. De discussie betreft hier de meetnauwkeurigheid die met LiDAR bereikt kan worden. Uit de rapportages van de afgelopen jaren blijkt dat vergelijkingen tussen individuele hoogtekarten van het wad soms opvallende verschillen laten zien. Deelgebieden lijken soms in een paar maanden tijd op te hogen of te eroderen. Tot dusver bleken deze verschillen te vallen binnen de meetfout van de LiDAR-metingen. Afgelopen jaar is er veel discussie ontstaan over de a.d.h.v. LiDAR gemeten verlaging van het wad langs de Friese kust. Een nadere analyse van de LiDAR-data toont op verschillende manieren aan dat het hier niet om erosie van het wad gaat, maar om meeton nauwkeurigheid. Deze “verschillende manieren” betrof vergelijkingen met controlemetingen op het wad en analyses van vaste structuren zoals de dijk en een strekdam. Deze vaste structuren volgden een vergelijkbare variatie in hoogte als het er achter liggende wad.

Mede op aandringen van de Auditcommissie (paragraaf 1.6) is er de laatste jaren veel energie gestoken in het verbeteren van de LiDAR-data. Ten eerste is de bedekking van de meetpunten verbeterd (zie tabel 3.1 in Schrijvershof et al. 2017). Ten tweede komen we steeds verder in het begrijpen van de bronnen die de meetfout veroorzaken. In 2016 is specifiek aandacht besteed aan de meetfout die optreedt op het niveau van vliegbanen. Dit is gedaan door de overlap tussen vliegbanen die na elkaar zijn gevlogen, te analyseren. Uit deze analyses blijkt dat dit aspect van de meetfout sterk afneemt wanneer we alleen kijken naar de metingen boven NAP. Hoogstwaarschijnlijk heeft dit te maken met het feit dat laag gelegen, te natte wadplaten veel meetruis veroorzaken. Bovendien kunnen verschillen die binnen een half uur optreden ook het gevolg zijn van het verder opdrogen van deze wadplaten. Om beter om te gaan met water op de wadplaten kunnen we er dus voor kiezen te focussen op de platen die boven NAP liggen. Dit jaar zijn er experimenten uitgevoerd met het filmen (multispectrale opnames) van de wadplaten parallel aan de LiDAR-opname. Uit deze test blijkt dat aan de hand van “near infrared” opnames er een vrij goed beeld kan worden verkregen van waar er water op de wadplaten ligt. Deze opnames zouden in de toekomst kunnen helpen om bijvoorbeeld onverwachte hoogteverschillen te kunnen verklaren.

Uit de resultaten van 2016 blijkt dat er ook verbetering nodig is op het niveau van de totale kaart. Nadat de kaart vanuit de metingen is opgebouwd wordt hij gecorrigeerd a.d.h.v. referentiepunten op het land. In figuur 13 is te zien dat het wad in het voorjaar van 2015 in het Pinkegat zo'n 15% hoger lag dan verwacht. Voor de Zoutkamperlaag is het zelfde effect zichtbaar. Dit is niet verklaarbaar op basis van sedimenttransporten en kan dus aan de onnauwkeurigheid van de LiDAR-opname worden toegeschreven. Ook de LiDAR opname in het voorjaar van 2016 ziet er niet goed uit. In vergelijking met een eerder jaar lijkt de totale kaart van voorjaar 2016 gekanteld te zijn. In figuur x wordt als voorbeeld met het voorjaar van 2014 vergeleken. NAM zal in overleg met met de data-aquisitiepartij bekijken of de meetresultaten opnieuw verwerkt kunnen worden.



Figuur 13: Resultaten van de LiDAR-opname van het voorjaar van 2016 en het voorjaar van 2014. De gridcelwaarden van beide opnames zijn van elkaar af getrokken. Het betreft hier dus een verschil kaart. De kaart suggereert dat het wad in 2014 een stuk hoger ligt dan in 2016 in de Zoutkamperlaag en een stuk lager in het Pinkegat. In werkelijkheid is deze oost-west gradient afkomstig uit de LiDAR opname uit 2016, die precies het tegenovergestelde beeld laat zien. Gezien het grote en vooral graduele verloop (oost-west) lijkt de kaart gekanteld rond de rode lijn. Dit is figuur 5.2 uit Schrijvershof (2017). (In het rapport staat een verkeerde kaartdatum in het onderschrift vermeld. De titel van deze figuur is correct.)

Om het oppervlak droogvallend wad als signaleringsmeting te gebruiken dient een toetsingskader te worden vastgesteld. NAM stelt voor dat hier de ontwikkeling van het droogvallend wad zoals gepresenteerd in figuur 11 voor te gebruiken. Mocht een nieuwe LiDAR-survey als resultaat hebben dat het gemeten oppervlak op of onder de stippellijnen terecht komt en dus een afname van 10% indiceren, dan zou een nadere analyse moeten worden uitgevoerd. Deze analyse dient dan na te gaan of er sprake is van een opvallende meetfout. In hoeverre deze afname door andere sedimentatiemetingen wordt bevestigd en wat de betekenis van het resultaat is voor de op het wad foeragerende vogel (paragraaf 4.3).

4.3 Integratie van monitoring data in een ecologisch model

INTEGRATIE VAN MONITORINGDATA IN EEN ECOLOGISCH MODEL HELPT INZICHTELIJK TE MAKEN WELKE FACTOREN DE DRAAGKRACHT VAN HET DROOGVALLENDE WAD VOOR FOURAGERENDE VOGELS BEPALEN.

In het Aanwijzingsbesluit Waddenzee wordt per vogelsoort gesproken over de draagkracht van de Waddenzee voor als fourageergebied. Zoals is toegelicht in de introductie van dit rapport focust de onderhavige monitoring op soorten die op de wadplaten fourageren. Dat is habitatype “Slik en Zandplaten”. Het Aanwijzingsbesluit schrijft met betrekking tot dit habitatype over behoud van het oppervlak en verbetering van de kwaliteit. Kwaliteit is nader gedefiniëerd als “structuur en functie”. Wat deels geïnterpreteerd kan worden als functie voor op het wad fouragerende vogels. Tevens is aangegeven dat het habitatype verbeterd kan worden door de verdere ontwikkeling van zogenaamde biogene structuren. Dit zijn ondermeer de litorale mosselbanken. In het kader van het onderhavige monitoringprogramma is een ecologisch model ontwikkeld dat draagkracht van de wadplaten voor fouragerende vogels berekent. Het gaat hierbij niet om draagkracht in de breedste zin, maar om een berekenbare afgeleide daarvan, zoals aangegeven in tabel 1. Deze afgeleides noemen we “proxies” (Ens et al. 2017). In het model is tevens de monitoring van mossel- en oesterbanken geïntegreerd.

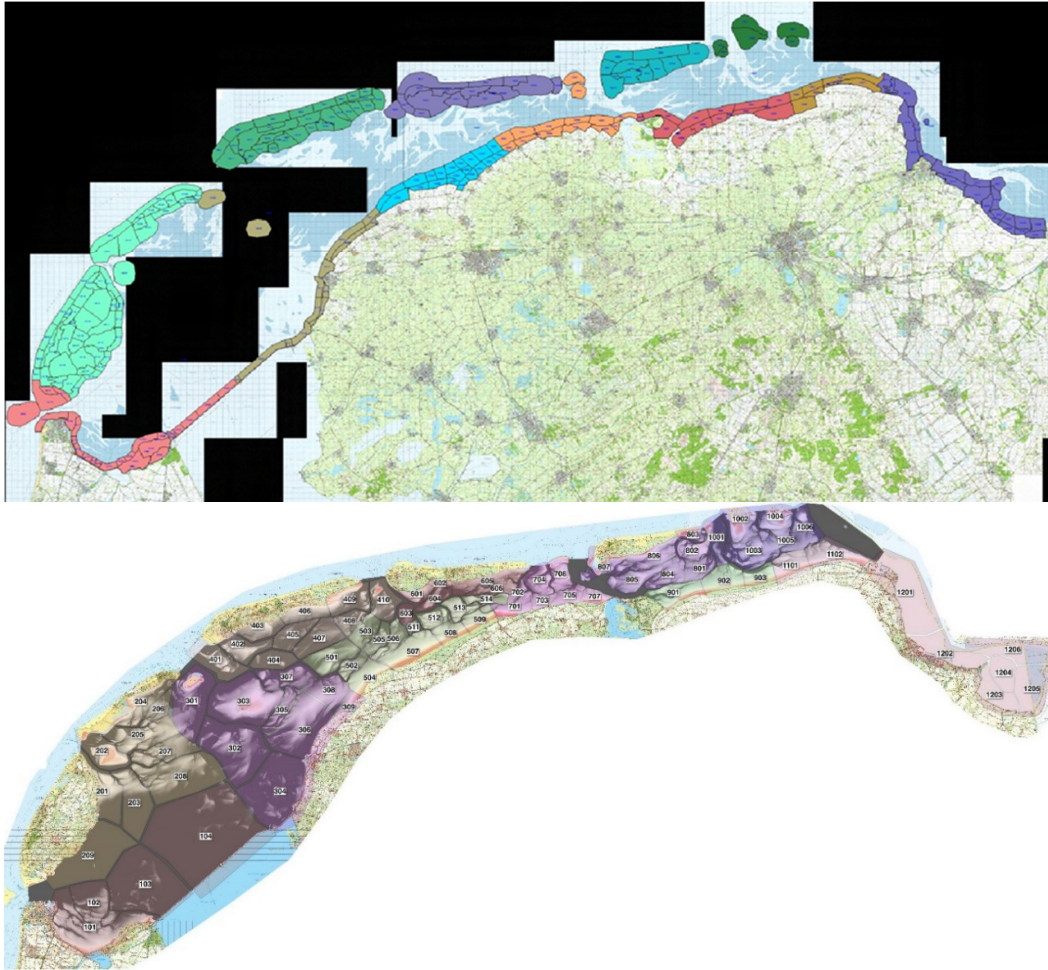
In totaal is de Waddenzee als speciale beschermingszone aangewezen voor 38 soorten niet-broedvogels (tab. 6). Voor 16 soorten wordt op voorhand geen effect van bodemdaling verwacht omdat ze (1) op vis jagen in het sublitoraal, (2) naar bodemdieren duiken in het sublitoraal of (3) op de kwelder grazen. Onder de 22 soorten die wel in meer of minder mate op de droogvallende wadplaten naar voedsel zoeken, en dus in theorie negatief beïnvloed kunnen worden door een verminderde droogvalduur van die platen, zijn 9 soorten (Eidereend, Lepelaar, Groenpootruiter, Zwarte Ruit, Slechtvalk, Goudplevier, Kievit, Krombekstrandloper en Grutto) waarvoor zo'n negatief effect om verschillende redenen als onwaarschijnlijk dan wel onmeetbaar klein kan worden ingeschat. Voor de resterende 13 soorten (Bergeend, Pijlstaart, Scholekster, Kluit, Zilverplevier, Bontbekplevier, Kanoet, Drieteenstrandloper, Bonte Strandloper, Rosse Grutto, Wulp, Tureluur en Steenloper) zijn proxies voor draagkracht ontwikkeld.

Tabel 6: Instandhoudingsdoelen voor 38 soorten niet-broedvogels waarvoor de Waddenzee is aangemeld als Natura2000-gebied. Voor de doelstelling voor de Waddenzee is aangegeven of de kwaliteit van het leefgebied in stand moet worden gehouden (=), of moet verbeteren (>), en het instandhoudingsdoel in termen van het aantal vogels en welk percentage dat is van het instandhoudingsdoel voor Nederland. Voor dat instandhoudingsdoel is aangegeven of het om een seizoensgemiddelde, januari-aantallen of een seizoensmaximum gaat. In de volgende kolommen is aangegeven wat het dieet is (vis, benthos, vogels of planten), het fourageerhabitat (sub = sublitoraal, lit = litoraal, ter = terrestrisch), of bodemdaling een effect zou kunnen hebben, of een proxy voor draagkracht zinvol is en of er al proxies voor draagkracht zijn gemaakt.

Soort nr.	Soort	Doelstelling Waddenzee		Doelstelling Nederland			dieet	habitat	mogelijk effect bodemdaling	model zinvol	model gemaakt
		Kwaliteit leefgebied	Aantal vogels	% van landelijke doel	Aantal vogels	Gemiddelde of maximum waarde					
A005	Fuut	=	310	3%	10900	seizoensgemiddelde	vis	sub	nee		
A017	Aalscholver	=	4200	17%	24500	seizoensgemiddelde	vis	sub	nee		
A034	Lepelaar	=	520	42%	1225	seizoensgemiddelde	vis & benthos	lit	?	nee	
A037	Kleine zwaan	=	1600	33%	4820	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A043	Grauwe gans	=	7000	8%	86300	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A045	Brandgans	=	36800	26%	140900	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A046	Rotgans	=	26400	72%	36500	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A048	Bergeend	=	38400	79%	48900	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A050	Smient	=	33100	13%	258200	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A051	Krakeend	=	320	3%	10200	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A052	Wintertaling	=	5000	24%	21000	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A053	Wilde eend	=	25400	20%	128000	seizoensgemiddelde	planten	ter/lit	nee		
A054	Pijlstaart	=	5900	75%	7850	seizoensgemiddelde	planten & benthos	ter/lit	ja	ja	ja
A056	Slobeend	=	750	13%	5750	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A062	Toppereend	>	3100	16%	19200	seizoensgemiddelde	benthos	sub	nee		
A063	Eidereend	>	90000-115000	78%-82%	115000-140000	januari-aantallen	benthos	sub/lit	?	nee	
A067	Eridukker	=	100	2%	4380	seizoensgemiddelde	benthos	sub	nee		
A069	Middelste zaagbek	=	150	5%	3310	seizoensgemiddelde	vis	sub	nee		
A070	Grote zaagbek	=	70	4%	1800	seizoensgemiddelde	vis	sub	nee		
A103	Slechtvalk	=	40	22%	180	seizoensmaximum	vogels	ter	?	nee	
A130	Scholekster	>	140000-160000	78%-80%	180000-200000	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A132	Kluit	=	6700	70%	9510	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A137	Bontbekplevier	=	1800	80%	2260	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A140	Goudplevier	=	19200	59%	32300	seizoensgemiddelde	benthos	ter/lit	ja	?	nee
A141	Zilverplevier	=	22300	81%	27600	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A142	Kievit	=	10800	14%	75500	seizoensgemiddelde	benthos	ter/lit	ja	?	nee
A143	Kanoetstrandloper	>	44400	82%	54400	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A144	Drieteenstrandloper	=	3700	86%	4310	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A147	Krombekstrandloper	=	2000	588%	340	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	?	nee
A149	Bonte strandloper	=	206000	110%	187300	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A156	Grutto	=	1100	18%	6000	seizoensgemiddelde	benthos	ter/lit	ja	?	nee
A157	Rosse grutto	=	54400	138%	39500	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A160	Wulp	=	96200	95%	101100	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A161	Zwarte ruit	=	1200	59%	2040	seizoensgemiddelde	vis & benthos	lit	?	nee	
A162	Tureluur	=	16500	89%	18480	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A164	Groenpootruiter	=	1900	86%	2210	seizoensgemiddelde	vis & benthos	lit	?	nee	
A169	Steenloper	>	2300-3000	66%-71%	3500-4200	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A197	Zwarte stem	=	23000	46%	49700	seizoensmaximum	vis	sub	nee		

Het model is de afgelopen jaren ontwikkeld (Zie Ens et al. 2016 en 2017). In het monitoringjaar 2016 is een aantal belangrijke verbeteringen doorgevoerd in de

modelberekeningen: (1) vervanging van de algemene functionele respons met daadwerkelijk gemeten functionele responsen voor Rosse Grutto en Scholekster; (2) voor een aantal abundante prooidieren de diepteverspreiding in rekening brengen voor zover die diepteverspreiding varieert met de grootte en het seizoen. Tevens is voorwerk verricht om tot een validatie van de proxies te komen. Uitgangspunt voor die validatie is de aanname dat de proxy die het sterkst correleert met de gemiddelde verspreiding van een vogelsoort in de Waddenzee, de draagkracht voor die soort het dichtst benadert. Daarvoor was het nodig hoogwatertelgebieden samen te nemen tot grotere eenheden, die te koppelen aan laagwaterfourageergebieden en voor een aantal soorten te bepalen of alle laagwaterfourageergebieden ook daadwerkelijk benut worden (fig. 14).



Figuur 14: Boven: Kaart van de hoogwatertelgebieden in de Waddenzee. Alle telgebieden die aan eenzelfde hoofdgebied zijn toegekend hebben dezelfde kleur gekregen. Beneden: Kaart met de grenzen en bijbehorende nummering van de fourageergebieden (behorende bij de verschillende hoofdgebieden zoals weergegeven in de bovenste kaart) waarvan de potentiële benutting door de verschillende wadvogels in de berekening van de verschillende proxies voor draagkracht al of niet kan worden meegenomen.

EEN PROXIE IS EEN AFGELEIDE EN IN DIT GEVAL EEN TECHNISCHE VERTALINGEN VAN HET BEGRIP DRAAGKRACHT NAAR IETS WAT JE KUNT BEREKENEN. HET ECOLOGISCH MODEL HEEFT 7 PROXIES ALS OUTPUT. DEZE SLUITEN AAN BIJ DE BELANGRIJKSTE WETENSCHAPPELIJKE LITERATUUR OP DIT GEBIED.

Op basis van de hoeveelheid beschikbaar voedsel op de platen en de droogvalduur en een grote hoeveelheid ecologische informatie berekent het model de volgende zeven proxies.

1. **Oppervlak**: het areaal geschikt fourageerhabitat op basis van de berekende opnamesnelheid van voedsel en een energetisch bepaalde ondergrens aan de opnamesnelheid.
2. **BM aanw**: de **aanwezige** biomassa aan prooidieren op basis van dieet.
3. **BM oogst**: de **oogstbare** prooibiomassa. Dit is de biomassa prooidieren in gebieden waar de drempelwaarde in opnamesnelheid gehaald wordt en komt overeen met de proxy voor draagkracht.
4. **BM oogst droog**: de beschikbare **oogstbare** prooibiomassa. Dit is de oogstbare prooibiomassa gewogen naar **droogvalduur**
5. **FR aanw**: de opnamesnelheden (**feeding rate**) berekend voor het **aanwezige** voedsel, gesommeerd over de totale oppervlakte
6. **FR oogst**: de berekende opnamesnelheden (**feeding rate**), gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, d.w.z. waar het voedsel **oogstbaar** is
7. **FR oogst droog**: de berekende opnamesnelheden (**feeding rate**), gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt (**oogstbaar**), en gewogen naar de **droogvalduur**

Het uitgangspunt is dat de proxy die het beste de gemiddelde verspreiding van de wadvogels over de Waddenzee voorspelt vermoedelijk als de beste proxy voor de draagkracht kan worden gezien. Er is dus op zoek gegaan naar de hoogste correlaties tussen het gemiddelde aantal tijdens hoogwater en de proxy waarde berekend over het bijbehorende laagwaterfourageergebied. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de twee kritieke perioden voor Scholekster, Bonte Strandloper en Wulp (tab. 7). Dit zijn drie talrijke soorten met een heel verschillende voedsleecologie. De correlaties zijn in alle gevallen positief, maar voor de Scholekster niet erg hoog. De verschillen tussen de drie soorten lijken groter dan de verschillen tussen proxies binnen een soort. Wel is het mogelijk om in alle gevallen een beste correlatie aan te wijzen. Bij deze eerste berekeningen moeten wel een aantal vraagtekens gezet worden:

- Er wordt geen rekening gehouden met de grootte van het gebied. Als een laagwatergebied in vergelijking met een ander gebied twee keer zo groot is, maar verder in niets verschilt, dan zullen er twee keer zoveel vogels zitten, onafhankelijk van de eigenschappen van het gebied; alle proxy waarden zullen ook twee keer zo groot zijn.
- In alle proxies voor de Wulp is het schelpdier het Nonnetje een belangrijke component in het dieet, terwijl bekend is dat het Nonnetje nooit stapelvoedsel is voor deze soort.

Tabel 7: Correlatie tussen het gemiddelde aantal wadvogels tijdens hoogwater en de proxy waarde berekend over het bijbehorende laagwaterfourageergebied, berekend voor twee kritieke maanden en drie wadvogelsoorten voor elk van de zeven proxies. De proxy die het beste correleert is vet gedrukt.

Vogelsoort	maand	Oppervlak	BMaanw	BMoogst	BMoogstDroog	FRaanw	FRoogst	FRoogstDroog
Scholekster	jan	0.263	0.396	0.291	0.209	0.242	0.371	0.223
Scholekster	sep	0.284	0.464	0.467	0.424	0.281	0.319	0.324
Bonte Strandloper	mei	0.457	0.395	0.299	0.264	0.450	0.449	0.467
Bonte Strandloper	sep	0.630	0.564	0.525	0.540	0.630	0.630	0.634
Wulp	jan	0.626	0.710	0.708	0.519	0.617	0.618	0.493
Wulp	sep	0.698	0.766	0.827	0.785	0.688	0.694	0.642

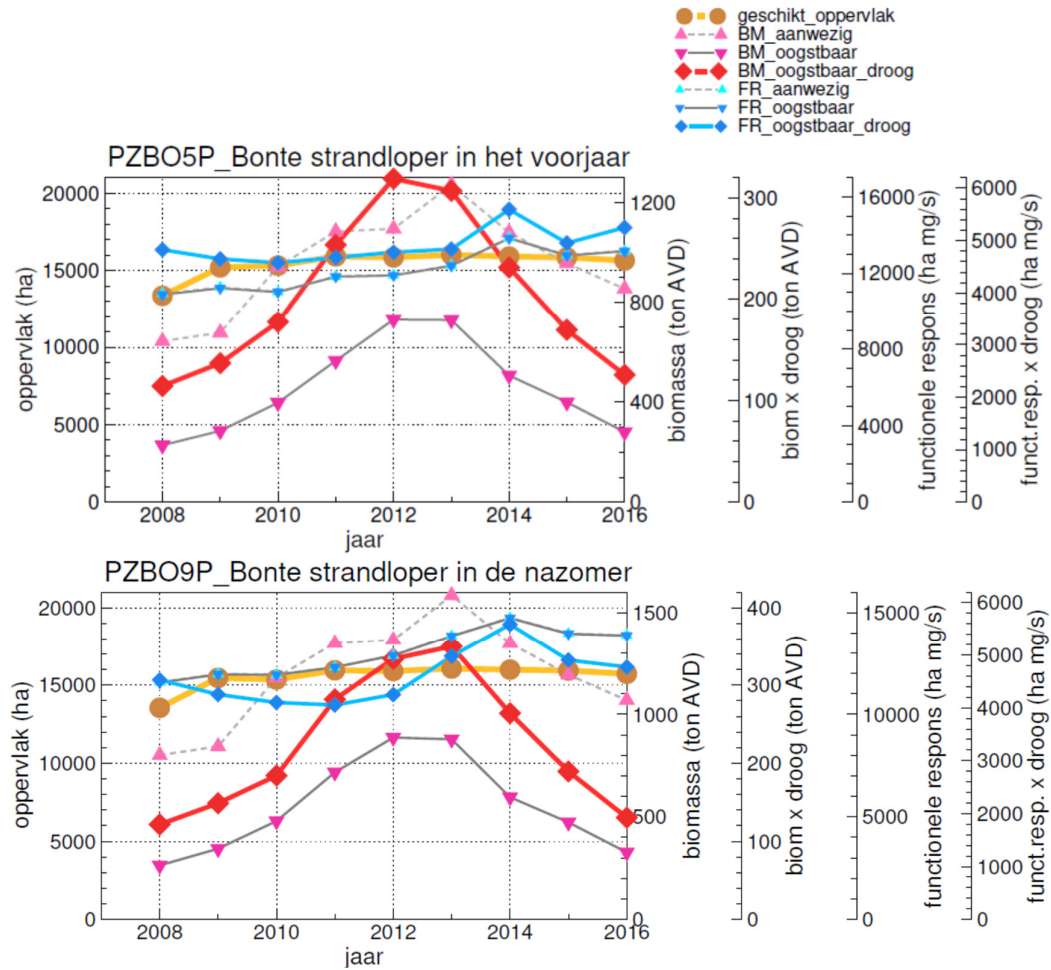
HET VOORBEELD VAN DE BONTE STRANDLOPER

Het ontwikkelde monitoring- en beslisinstrumentarium moet nog verder onderbouwd worden en is nog niet volledig operationeel, maar kan aan de hand van de Bonte Strandloper wel worden geïllustreerd.

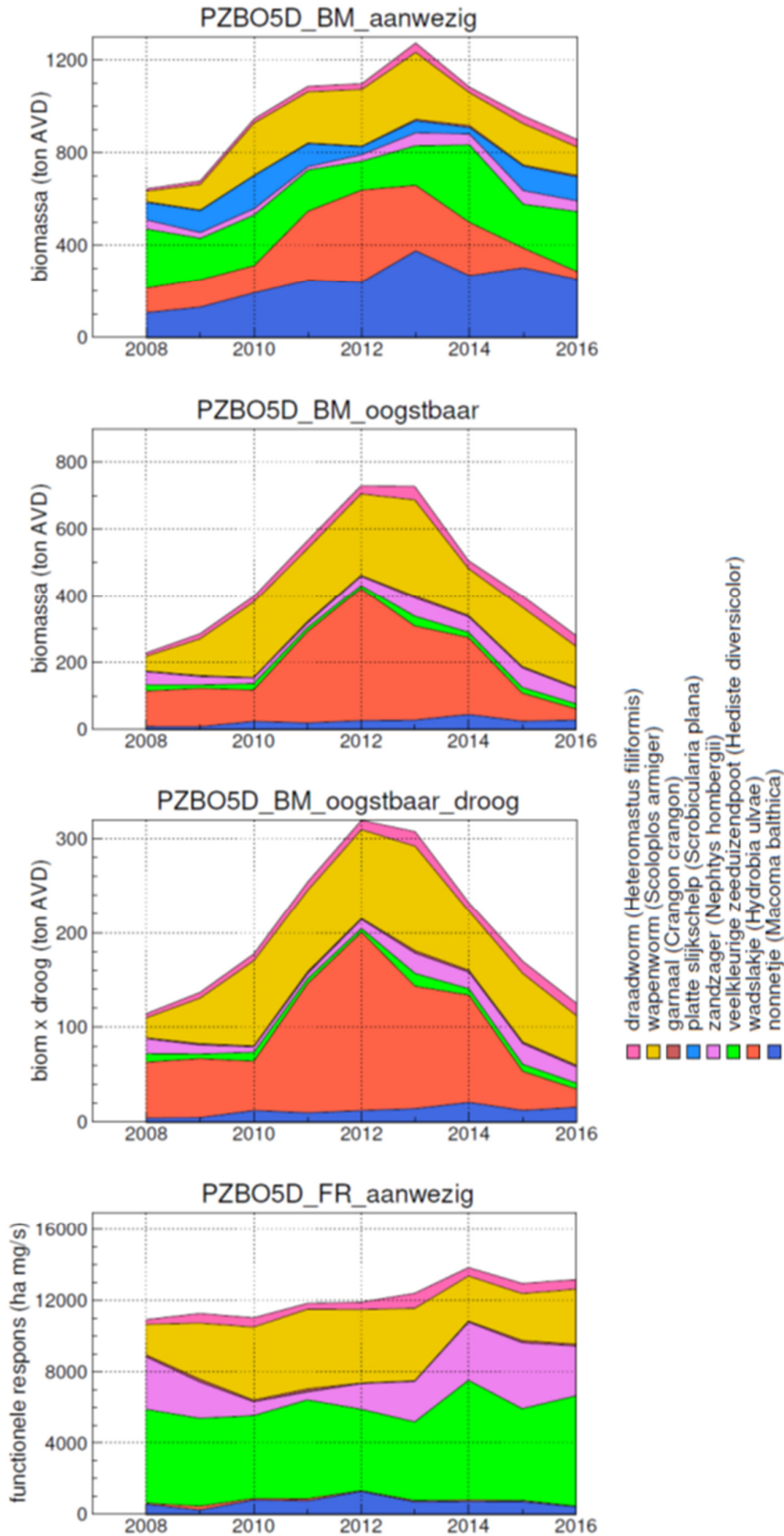
Voor de Bonte Strandloper is er weinig verschil tussen de voorjaar en nazomer proxies, maar binnen elk seizoen is er een duidelijk verschil tussen de proxies gebaseerd op biomassa en de proxies gebaseerd op de functionele respons (fig. 15). De biomassa proxies nemen sterk toe tot 2012/2013 en daarna sterk af. De op de functionele respons gebaseerde proxies en ook de oppervlakte proxy zijn juist heel erg stabiel, al lijkt er wel sprake van een lichte toename. De onderliggende diëten zijn ook erg verschillend. In de oogstbare biomassa domineren het Wadslakje en de Wapenworm, terwijl in de proxies gebaseerd op de functionele respons naast de Wapenworm vooral de Zandzager en de Zeeduizendpoot een hoofdrol spelen en het Wadslakje ontbreekt (fig. 16).

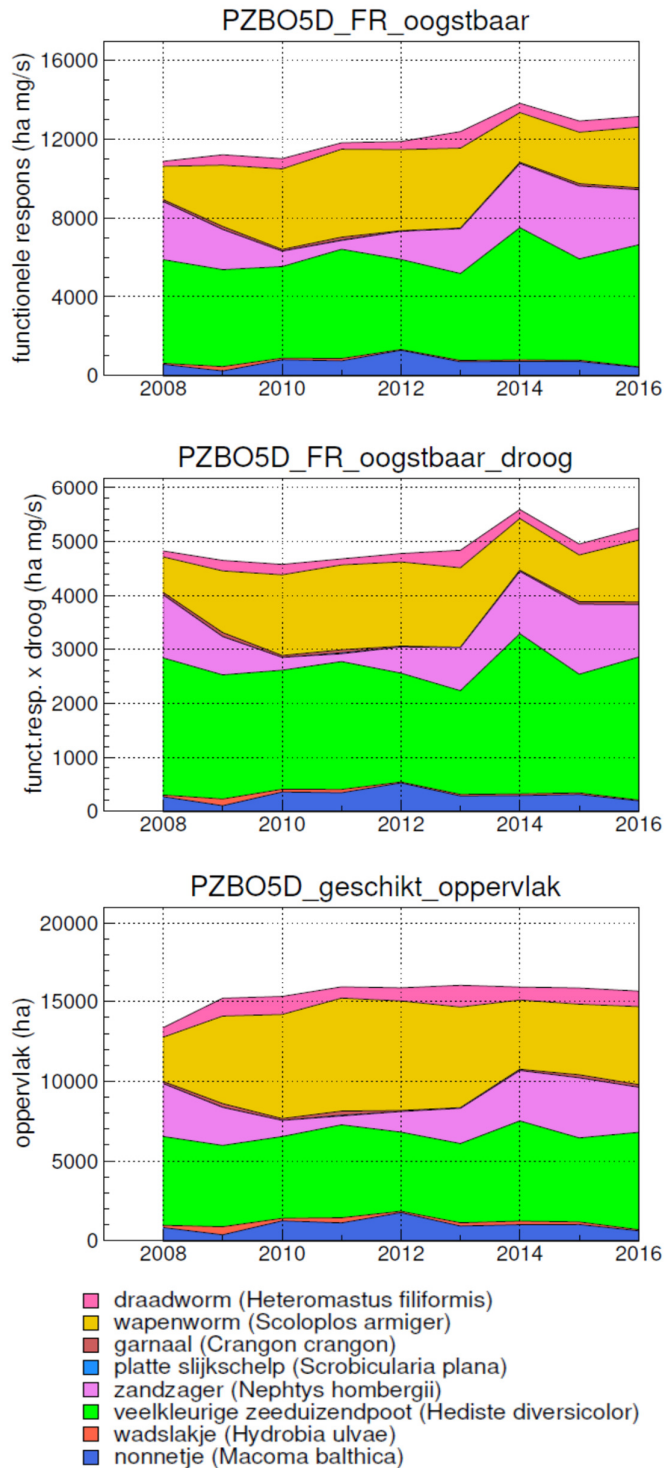
Volgens de voorlopige validatie benadert de proxy FRoogstDroog berekend over mei het beste de draagkracht. Deze proxy laat een lichte toename zien over de onderzoeksperiode, zeker geen afname. Niet alleen de proxy neemt toe, maar in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag is ook sprake van een toename in de getelde aantallen Bonte Strandlopers, al is deze toename vooral zichtbaar vanaf 1994 en minder duidelijk vanaf 2008 (fig 17). Dit aantalsverloop komt overeen met dat voor de Nederlandse Waddenzee als geheel (Van der Jeugd, 2014), maar in de Duitse en Deense Waddenzee nemen de aantallen al jaren af (Blew, 2016). Op de schaal van de flyway lijken de aantallen van de ondersoort *alpina* (die in Europa overwintert) en de aantallen van de ondersoort *schinzii* (die in Afrika overwintert) sinds 2000 af te nemen (van Roomen, 2015). Het lijkt er niet op dat de aantallen in het bodemdalingsgebied zich negatiever ontwikkelen in vergelijking tot andere gebieden of de populatie(s) als geheel.

De bovenstaande gegevens leveren vooralsnog geen aanwijzingen dat bodemdaling door gaswinning een negatief effect heeft op de Bonte Strandlopers die gebruik maken van de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag.

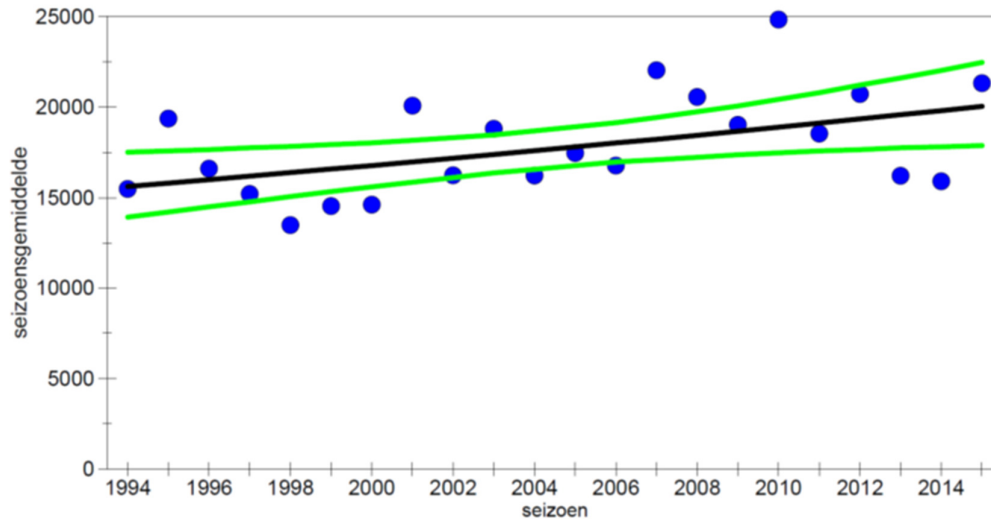


Figuur 15: Verloop van de proxy plots voor de Bonte Strandloper over de jaren 2008 t/m 2016 voor Pinkegat en Zoutkamperlaag voor het voorjaar (boven) en de nazomer (onder). De proxy geschikt oppervlak moet op de linker Y-as oppervlak (ha) afgelezen worden; de proxies BM_aanwezig en BM_oogstbaar op de 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 16: Het onderliggende dieet voor de verschillende proxies voor draagkracht voor de Bonte Strandloper in het voorjaar. Van boven naar beneden: aanwezige biomassa, oogstbare biomassa, oogstbare biomassa gecorrigeerd voor droogligtijd, functionele respons aanwezig, functionele respons oogstbaar, functionele respons oogstbaar gecorrigeerd voor droogligtijd, geschikt oppervlak.



Figuur 17: Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Bonte Strandloper in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag. Het seizoen 2015 loopt van juli 2015 t/m juni 2016.

Naast het bovenstaande voorbeeld voor de Bonte Strandloper presenteren Ens et al. (2017) ook de ontwikkelingen van de verschillende proxies voor de andere vogelsoorten. Voor iedere vogelsoort geldt dat de proxies die gebaseerd zijn op de biomassa aanwezig voedsel sterke veranderingen in de tijd laten zien. Hierbij gaat het om verandering in proxy-waarden met een factor 2 tot 4 binnen enkele jaren. Dit geldt in iets mindere mate voor de proxy die het oppervlak geschikt fourageergebied beschrijft, terwijl de proxies die op de functionele respons gebaseerd zijn een veel stabiel verloop kennen. Voor de Scholekster en de Wulp lijken de op biomassa gebaseerde proxies het meest indicatief als maat voor de draagkracht van het fourageergebied.

De soorten Scholekster, Kluut, Rosse Grutto, Wulp en Tureluur laten een sterke, tot lichte afname in populatieomvang zien voor het gebied Pinkegat/Zoutkamperlaag. Voor de meeste van deze soorten geldt echter een vrij stabiel verloop van de proxies wordt gevonden. Een uitzondering daarop zijn de sterk fluctuerende waarde van de op biomassa gebaseerde proxies tijdens de winterperiodes voor de Scholekster. Voor de Scholekster speelt toch het vermoeden dat ondermeer de komst van de Japanse Oester in de mosselbanken de voedselbeschikbaarheid vermindert. De ontwikkeling van de bovengenoemde soorten in Pinkegat/Zoutkamperlaag komt veelal overeen met die in de bredere Waddenzee of zelfs de landelijke trend. Voor geen van de onderzochte soorten treffen we momenteel proxy-waarden die al meerdere jaren op een opvallend laag niveau liggen ten opzicht van eerdere jaren (sinds 2008). Wel neemt de oogstbare hoeveelheid voedsel voor enkele soorten sinds 2012-2013 gestaag af. Duidelijke voorbeelden zijn de Steenloper, Kanoet, Bonte Strandloper en Bontbekplevier. We zullen de komende jaren monitoren of de waarden verder dalen, wellicht tot onder het lage niveau in 2008.

5 De kwelder Peazemerlannen

ALS KWELDERS TIJDENS HOGE TIJEN OVERSTROMEN BLIJFT ER SEDIMENT ACHTER. HIERDOOR KUNNEN ZE MEEGROEIEN MET EEN STIJGENDE ZEESPIEGEL OF MET BODEMDALING DOOR GASWINNING. DIT MEEGROEIVERMOGEN IS ECHTER LAGER DAN DAT VAN DE WADPLATEN.

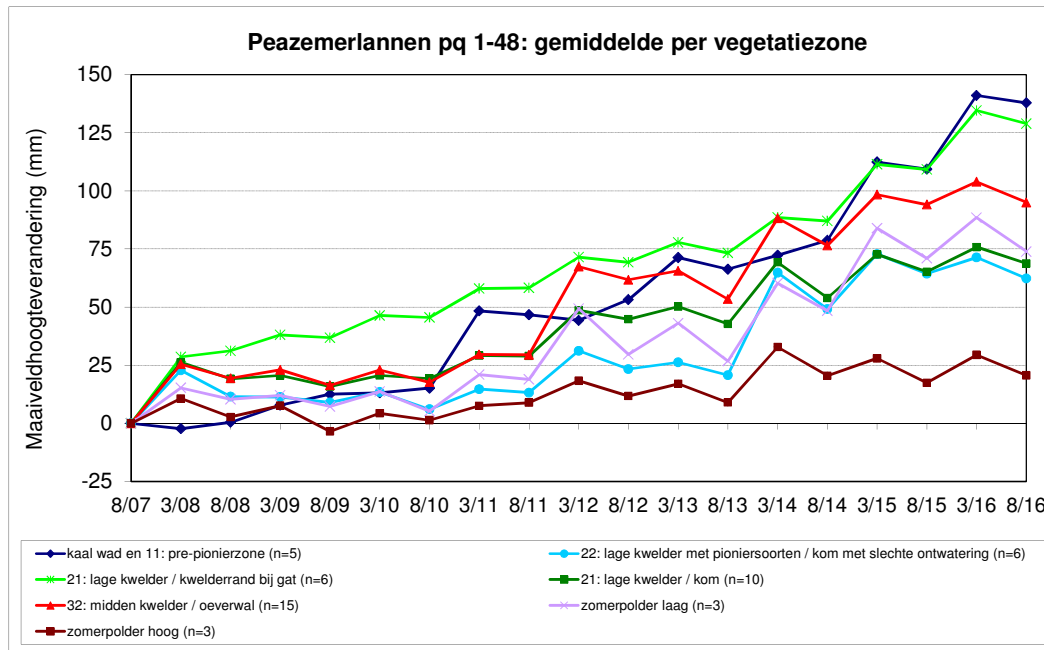
De kwelder en zomerpolder van de Peazemerlannen staan onder invloed van diepe bodemdaling door productie uit de gasvelden Moddergat en Nes. De bodemdalingsnelheid onder de kwelder is 3,3 millimeter per jaar. De uiteindelijke diepe bodemdaling in 2035 zal zo'n 8 tot 10 centimeter bedragen. Aan het maaiveld 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 die laaggelegen zijn en daardoor het meest overspoeld worden en oeverwallen. In jonge kwelders worden soms hoge opslibbingsnelheden gemeten (Pethick, 1981; Dijkema *et al.* 2007). Naar mate de kwelders ouder en hoger worden 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 tijen overspoeld worden, is de opslibbing nog lager en kan de maaiveldhoogte zelfs afnemen door inklink.

Van Duin (2017) schrijft dat een opslibbing van ca. 5,3 millimeter per jaar voldoende is om het effect van zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning te compenseren. Op de Peazemerlannen voert hij 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. De sterke toename van de maaiveldhoogte die vaak tussen augustus en maart wordt waargenomen is een voorbeeld van dit fenomeen (Fig. 18).

Ook op het aan de kwelder grenzende wad worden sedimentatiemetingen uitgevoerd. Dit doet het Natuurcentrum Ameland (NCA) op basis van spijkermetingen (Krol, 2017). Parallele metingen laten zien dat de verschillende methodes vergelijkbare resultaten opleveren (Tab. 8).

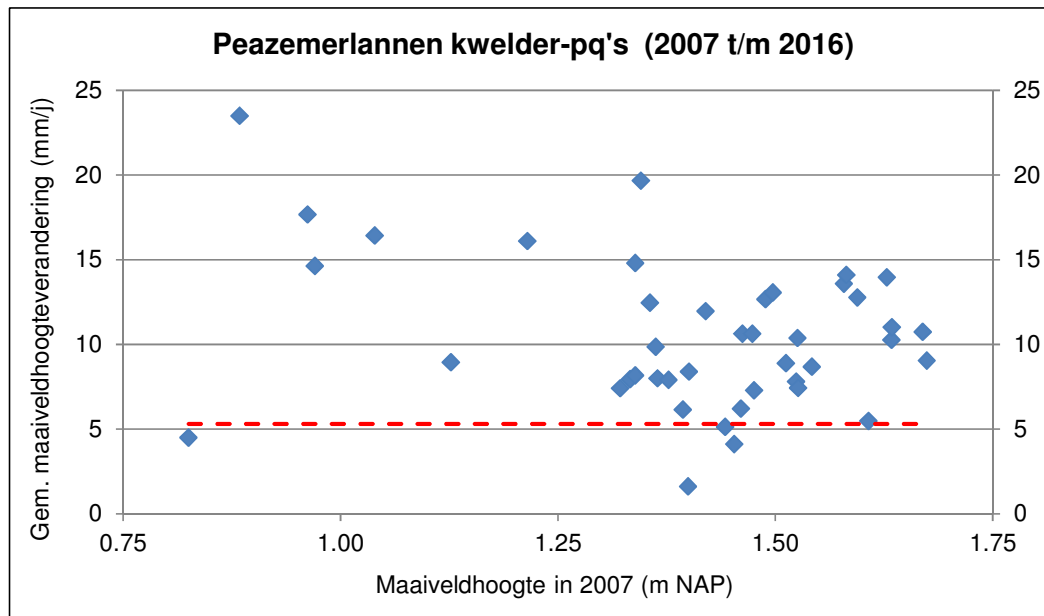
Meetpunt/Station	Opslibbing (millimeter / jaar)
P10 (NCA)	10
P20 (NCA)	12
P32 (Artemisia)	5
P140 (NCA)	11
P37 (Artemisia)	16
P38 (Artemisia)	15
P120 (NCA)	14
P44 (Artemisia)	18
P45 (Artemisia)	24
Gemiddeld	14

Tabel 8: Vergelijking van de sedimentatiemetingen van NCA en Artemisia op de overgang van kwelder naar wad. Er zijn drie groepjes onderscheiden van drie redelijk dicht bij elkaar liggende punten (Tabel 3.1 uit Van Duin, 2017). Het betreft de meetperiode augustus 2007 t/m augustus 2016.



Figuur 18: Gemiddelde cumulatieve maaiveldhoogteverandering in millimeter per vegetatiezone (met SALT97 code) en zomerpolder op basis van SEB-metingen in de Peazemerlannen van augustus 2007-augustus 2016. (Dit is figuur 3.1 uit Van Duin, 2017).

Op 7 van de 48 meetpunten is over de afgelopen 9 jaar een gemiddeld lagere opslibbing gemeten dan 5,3 millimeter per jaar gemeten (zie figuur 19 voor de kweldermeetpunten). Het zijn dezelfde punten als in eerdere jaarrapportages. 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 pool (afwisselend verweking en uitdroging) en één ver weg van het wad en sediment-aanvoerende geulen.

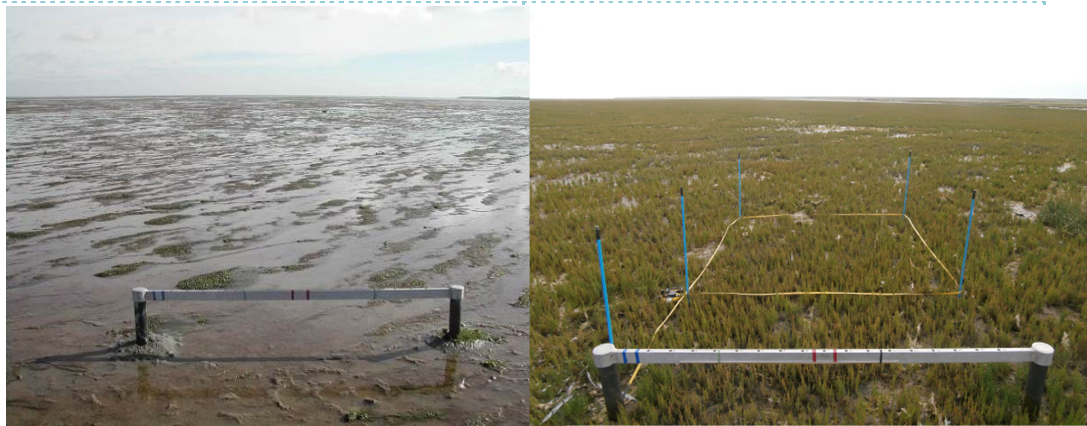


Figuur 19: Gemiddelde maaiveldhoogteverandering per kwelder-PQ over de periode 2007-2016 in de Peazemerlannen. De rode stippellijn geeft de gemiddelde jaarlijkse bodemdaling over de periode 2007 t/m 2016 van 3,3 mm/j (NAM, 2017) + de trend in GHW-stijging van 2 mm berekend voor de Waddenzee over de periode 1960 t/m 2016 (Dit is figuur 3.2 uit Van Duin, 2017).

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.

DE VEGETATIE VAN DE PEAZEMERLANNEN HEEFT ZICH SINDE DE START VAN DE GASWINNING IN STERKE MATE ZEEWAARDS UITGEBREID. HET ONTSTAAN VAN EEN PRE-PIONIERZONE IS GEEN GEVOLG VAN BODEMDALING.

De ontwikkeling van de vegetatie op de kwelder wordt gemeten in vierkante meetvakken. Zogenaamde permanente kwadraten (PQ's); (fig.20).



Figuur 20: Ontwikkeling (pre-)pionierzone met voornamelijk Zeekraal en (sporadisch) Engels slijkgras bij PQ 38. Foto richting spuisluisen Lauwersoog van Sedimentatie-ErosieBalk en vegetatie-PQ in 2007 (links) en in 2016 (rechts). (Dit is figuur 3.4 uit Van Duin, 2017).

Los van de recente uitbreiding van de pionierzone (fig. 20) is de vegetatie van de Peazemerlannen hoofdzakelijk stabiel of aan successie/veroudering onderhevig. Dit blijkt ook uit de vegetatieopnames die in 2016 zijn uitgevoerd. In zeventien PQ's heeft (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, net als in eerdere jaren, 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.

De Peazemerlannen is door opslibbing aan veroudering door successie 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 Lauwersmeergebied

HET LAUWERSMEERGEBIED IS SINDS DE AFSLUITING VAN DE WADDENZEE HAAR ESTUARIENE KARAKTER KWIJT GERAAKT.

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 zout 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 duinvalleien 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 aangeplant. Het huidige beheer is erop gericht het landschap open te houden en de instandhoudingsdoelen na te streven. Dit beheer bestaat voornamelijk uit begrazing door vee en uit 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 agrariers in de directe omgeving van het meer.

6.1 **Beleid- / Beheerdoelen voor het Lauwersmeergebied**

DE MONITORING IN HET LAUWERSMEERGEBIED FOCUST OP DE VEGETATIE- EN BROEDVOGELONTWIKKELING. NA 2012 ZIJN DEZE ONDERDELEN IN TOENEMENDE MATE MET ELKAAR GEINTEGREERD. DIT JAAR ZIJN OOK DE NIET-BROEDVOGELS IN DE ANALYSES BETROKKEN.

In het Aanwijzingsbesluit voor het Lauwersmeergebied wordt uitgelegd dat dit gebied enkel is aangewezen in het kader van de Vogelrichtlijn. Dit betekent dat instandhoudingsdoelen in het kader van de Wet Natuurbescherming zich beperken tot het behoud van of verbetering van de draagkracht van het gebied voor populaties vogels van een bepaalde omvang. De afgelopen jaren is de monitoring en bijhorende data-analyse meer toegespitst op deze instandhoudingsdoelen. Omdat het een groot aantal beschermde vogelsoorten betreft, wordt er voorafgaand aan verdere analyse een selectieprocedure uitgevoerd waarin per soort wordt gekeken of de soort een Natura 2000-doelsoort is en of effecten van bodemdaling door gaswinning op de populatieomvang in het Lauwersmeergebied op voorhand kunnen worden uitgesloten. Deze selectie resulteert in 8 broedvogels en 11 niet-broedvogels waarvoor effecten nader bestudeerd zullen worden. (zie tabel 7 en 10 in Kleefstra et al. 2017).

Per vogelsoort is vastgesteld welke functie van het Lauwersmeergebied het meest belangrijk is. De gedachte daarachter is dat als die gebiedfunctie achteruit zou gaan als gevolg van bodemdaling door gaswinning, dat een effect zou kunnen hebben op de populatieomvang van de soort in het gebied. Deze functies kunnen worden samengevat als fourageren, broeden en slapen/rusten. Per geselecteerde vogelsoort is aangegeven wat voor type habitat daarvoor nodig is. Voorbeelden zijn “grazige vegetatie” of “zeer ondiep water”, etc. Deze habitats vormen daarmee de voornaamste afgeleides (proxies) voor draagkracht voor deze soorten in dit gebied. De habitats worden vervolgens vertaald naar zogenaamde structuurtypes (tab 9). Op basis van de vlakdekkende (vegetatie)structuurkaart (die eens per drie jaar voor het gebied zal worden gemaakt) kan de ontwikkeling van het oppervlakt van deze types worden gevolgd in de tijd. De

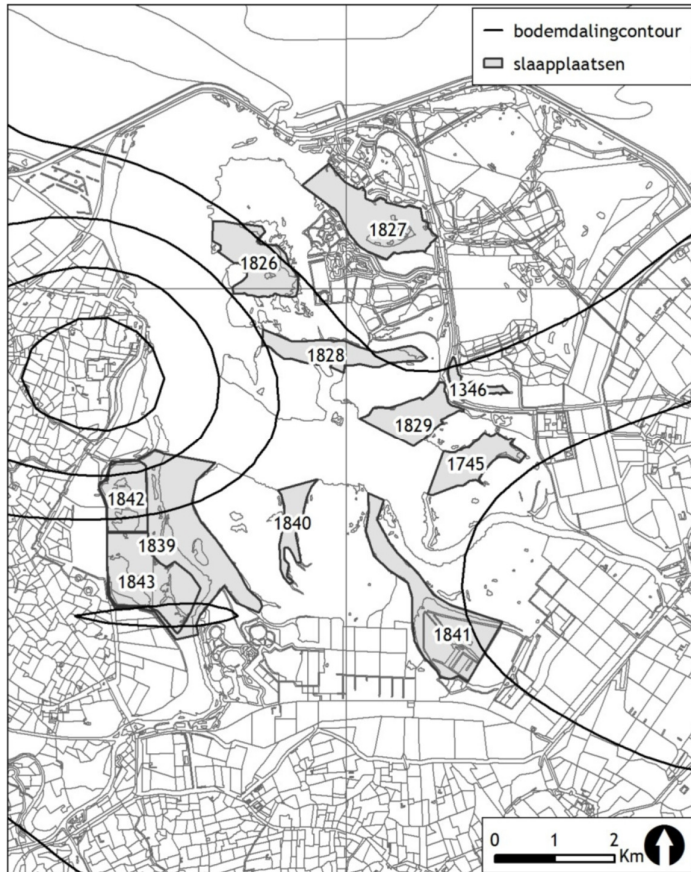
gedetailleerde vegetatieopnames op soortniveau (paragraaf 6.4) bieden inzicht in de ontwikkelingen binnen de vegetatiestructuurtypes.

Tabel 9: De koppeling tussen gebiedsfunctie en structuurtype voor vogels in het Lauwersmeergebied. Dit is tabel 12 uit Kleefstra et al. 2017

Gebiedsfunctie	Structuurtype	Opmerkingen
Ondiep open water	Open water	Waterdiepte onbekend, maar betreft vooral Achter de Zwartten, Jaap Deensgat en Ezumakeeg als rust en soms fourageergebied steltlopers, eenden en ganzen.
Open (slikkige) grond	Kale grond, evt pioniervegetatie	
Waterriet 25-40 cm water	Open waterriet	Waterdiepte onbekend; Roerdomp heeft voorkeur voor wat opener riet
Waterriet 10-25 cm water	Open waterriet	Waterdiepte onbekend; Porseleinhoen heeft voorkeur voor open riet
Waterriet 1-25 cm water	Waterriet (open – dicht?)	Waterdiepte onbekend; betreft Snor
Waterriet	Waterriet (open – dicht)	
Landriet	Landriet (diverse vormen)	
Open rietland	Landriet, open	
Zeer open rietland	Landriet, open	
Landriet met verspreide wilgen	Landriet, evt Zeer open struweel met > 25% Riet	
Zeer open moerasvegetatie	Landriet, open, structuurrijk	
Zeer open lage vegetatie	Pioniervegetaties	
Ruig grasland	Grasland, hoog	
Grazige vegetatie	Grasland, laag	Betreft fourageergebied ganzen
Kortgrazige vegetatie	Grasland, laag of evt Pioniervegetaties	

In Kleefstra et al. (2017) worden de gebiedsfuncties voor de broedvogels gevalideerd. Hierbij is gekeken naar de associatie tussen een soort en een structuurtype. De mate van associatie is sterk wat inhoudt dat het structuurtype voor de meeste soorten een goede voorspeller is van hun verspreiding binnen het Lauwersmeergebied. Dit geldt met name voor de broedvogels. Voor de niet-broedvogels is dat wat lastiger. Waar de gebiedsfunctie “rusten” of “slapen” betreft, heeft een aantal soorten behoefte aan “zeer ondiep water”. Dit zeer ondiepe water is niet gekarteerd. Wel zijn de slaappleatsen in 2011 onderzocht in het kader van het onderhavige monitoringprogramma (fig. 21); (Roodbergen et al. 2012).

De belangrijkste slaappleatsen voor steltlopers en sters bevinden zich in de Ezumakeeg. In dit deelgebied wordt aan moerasontwikkeling gedaan. In principe heeft het gebied een eigen waterpeil. Ook is het rijk aan onbegroeid oppervlak en pioniervegetatie. Mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning worden in dit deelgebied overheerst door het intensieve natuurbeheer dat hier plaatsvindt.



Figuur 21: Gebieden waar slaapplaatsen voor ganzen, zwanen, steltlopers en sterns zijn gemonitord. Gebiednummers: 1839 (Ezumakeeg), 1827 (Nieuwe Robbengat), 1828 (Oude Robbengat), 1829 en 1326 (Vlinderbalg) en 1841 (Kollumerwaard) betreffen de slaapplaatsen van ganzen en zwanen. Gebiednummers 1842 (Ezumakeeg-noord) en 1843 (Ezumakeeg-zuid) betreffen slaapplaatsen van alleen steltlopers en sterns. Dit is een product uit de monitoring die in 2011 in het gebied is uitgevoerd. Gepubliceerd in Roodbergen et al. (2012).

6.2 Bodemdaling in het Lauwersmeergebied

DE BODEMDALING IN HET LAUWERSMEERGEDIED SINDE 2006 BEPERKT ZICH TOT ENKELE CENTIMETERS.

De bodemdaling door gaswinning in het Lauwersmeergebied wordt veroorzaakt door compactie van een groot aantal kleinere gasvelden. Naast de velden Moddergat, Nes en Anjum zijn ook de velden Munnekezijl, Houwerzijl, Kollumnoord, Ezumazijl, Vierhuizen en de Lauwersoogvelden van invloed (fig. 2). Toch bedraagt de bodemdaling in het gebied sinds 2006 slechts enkele centimeters (zie figuur 6). De bodemdaling als gevolg van de gaswinning uit het Anjum-veld heeft sinds 2006 geleid tot een daling van ca. 5 cm onder de Ezumakeeg en een deel van de Bantswal. In de rest van het gebied bedraagt de bodemdaling over die periode 0-3 centimeter.

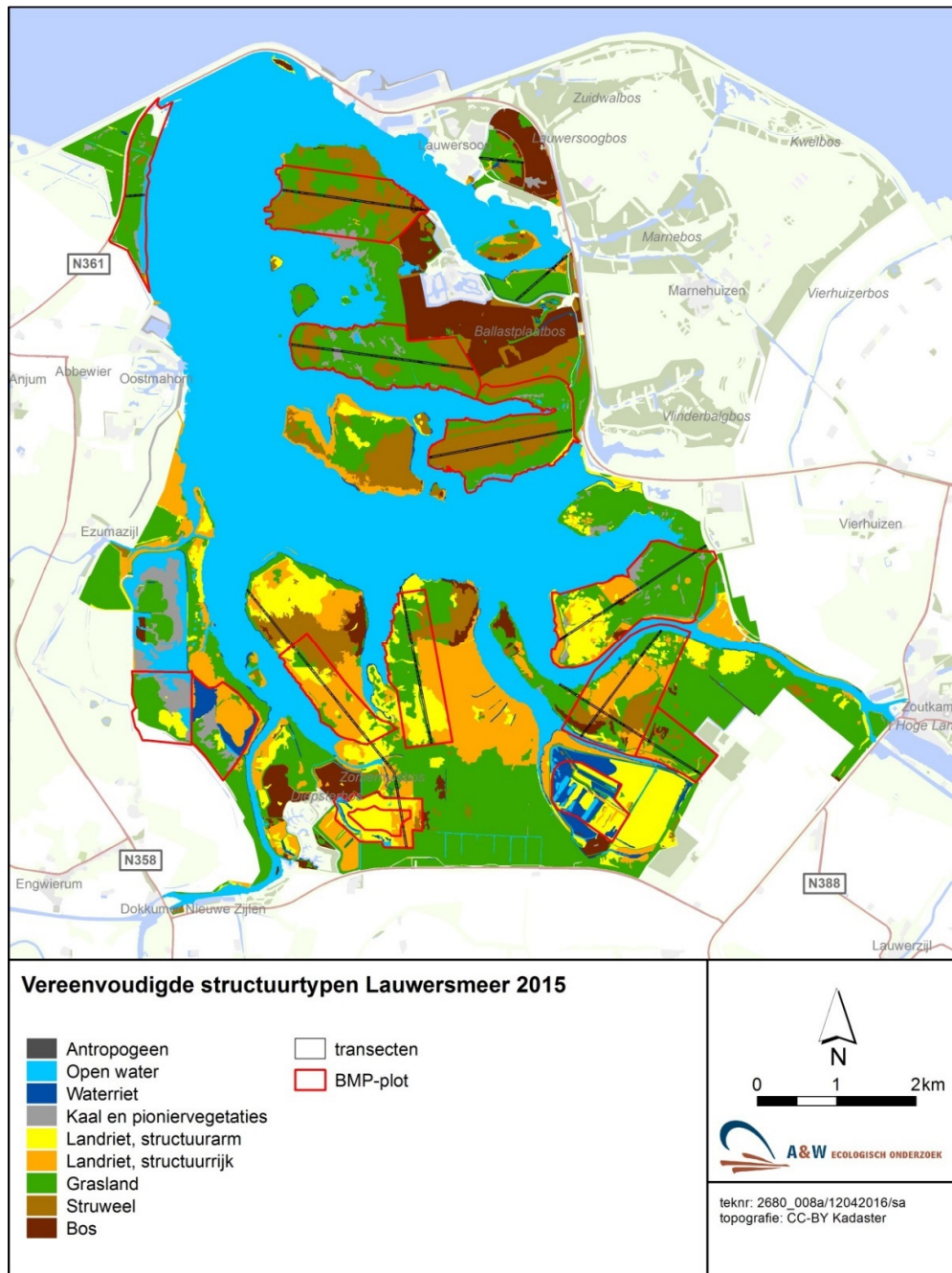
6.3 Ontwikkeling gebiedsfuncties voor beschermde vogelsoorten

VERANDERINGEN IN DE VEGETATIESTRUCTUUR BEÏNVLOEDEN DE GEBIEDFUNCTIES EN HEBBEN DAARMEE EEN EFFECT OP DE DRAAGKRACHT VAN HET GEBIED VOOR BESCHERMDE VOGELSOORTEN. DAARNAAST KIJKEN WE NAAR MUIZEN ALS VOEDSELBRON ROOFVOGELS.

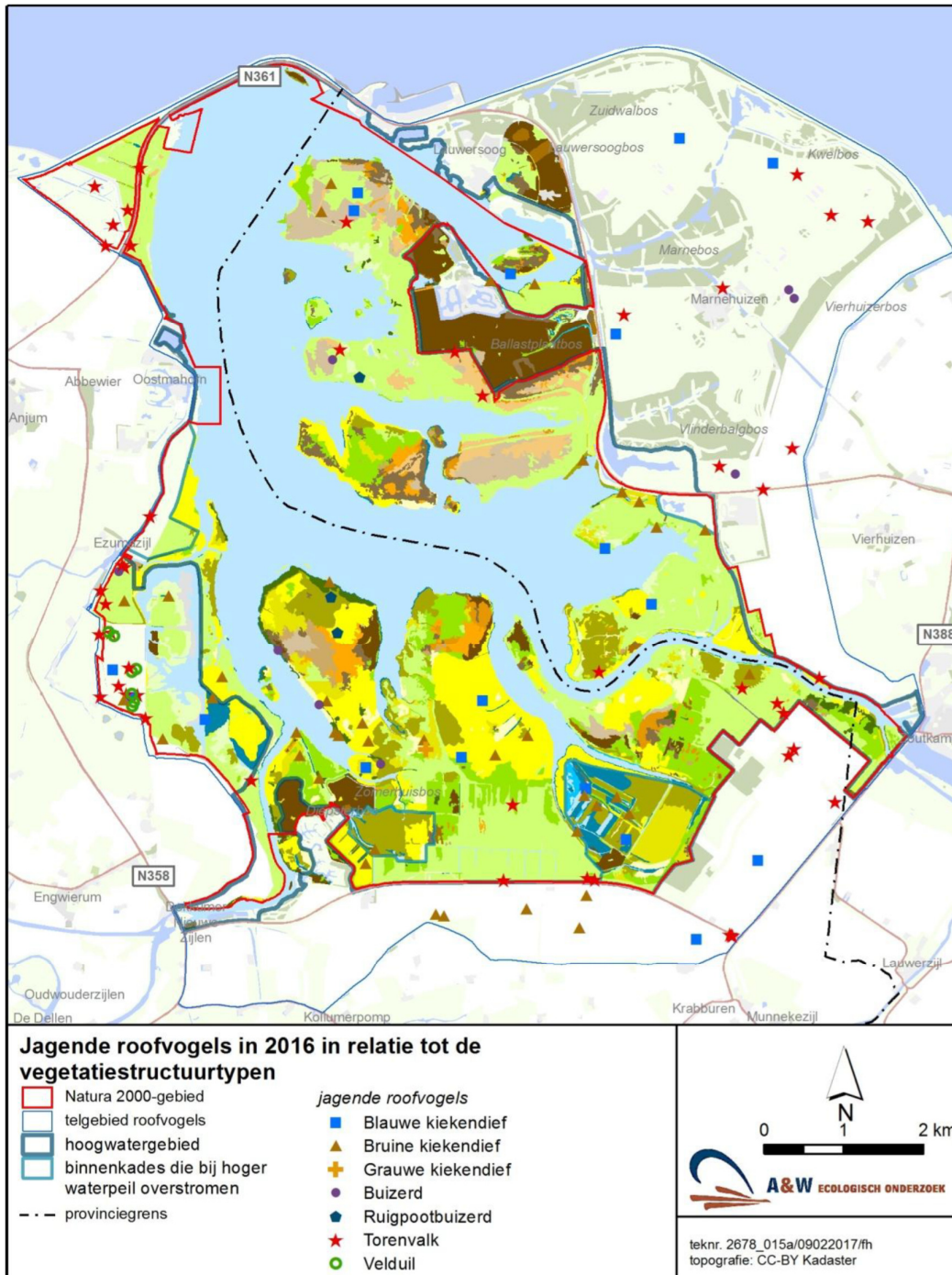
De ontwikkeling in de vegetatiestructuur wordt sinds 2005 gevolgd. In verschillende jaren zijn hiervoor verschillende methoden toegepast. Sinds 2015 hebben we een vlakdekkende vegetatiestructuurtypenkaart, gebaseerd op de stereoscopische luchtfoto-interpretatie en veldwerk (fig. 22/23). Het is de bedoeling deze kaart iedere 3 jaar te produceren en de trendmatige verandering in de oppervlakte van de structuurtypen te koppelen aan de vogelpopulaties en aan de ruimtelijke ontwikkeling van de bodemdaling.

Uit de ontwikkeling van de vegetatie in het Lauwersmeergebied wordt geconcludeerd dat de kernen van struweel gebieden dichtgroeien. Aan de randen van die struweelgebieden is dat anders. Daar wordt het openener of gaat lokaal open struweel zelfs over in grasland met struiken. Ook de rietvegetaties nemen verder af en maken plaats voor grasland op de Zoutkemperplaat, Blikplaat en het zuidelijke deel van de Sennerplaat. Aan de randen van een aantal platen, waaronder de Bantswal, De Rug, Zuidelijke Lob en Zuidelijke Ballastplaat is sprake van (een geringe) afslag waardoor open water iets toeneemt. Kale grond en pioniervegetatie nemen af op de Bantswal en toe op de lage delen van de Rug en de Zuidelijke Lob. Deze vegetatiestructuurveranderingen worden door Kleefstra et al. (2017) en Bijkerk et al. (2017) niet toegerekend aan bodemdaling door gaswinning. De oorzaak lijkt de intensieve beweiding te zijn die wordt ingezet om het gebied open te houden.

Een deel van de bovengenoemde ontwikkelingen in vegetatiestructuur heeft een zichtbaar effect op de vogelpopulaties. Een belangrijk voorbeeld is de afname van enkele aan riet geassocieerde broedvogels zoals de Roerdomp, Porseleinhoen en Snor. Deze soorten zijn broedend nu vrijwel alleen nog te vinden in gebiedsdelen zonder begrazing. De Roerdomp en Porseleinhoen broeden in gebieden die speciaal worden ingericht voor moerasontwikkeling (Kleefstra et al. 2017). Naast de invloed van veranderingen in vegetatiestructuur door beweiding en verruiging, heeft de vos waarschijnlijk een effect op de Bruine Kiekendief en de Kluut. De Bruine Kiekendief heeft een groot areaal, hoge kwaliteit, landriet nodig om zijn nest effectief te verstoppen. Voor de Kluut zouden specifieke maatregelen moeten worden genomen om het Lauwersmeer weer aantrekkelijk te maken als broedgebied.

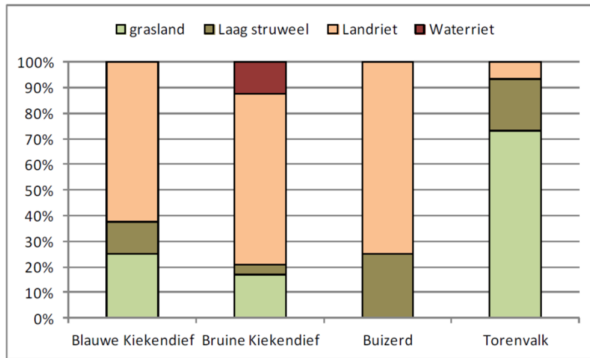


Figuur 22; kaart van het Lauwersmeergebied met daarop in kleur een vereenvoudigde weergave van de vegetatiestructuurtypen (2015). Deze kaart is gebaseerd op stereoscopische luchtfoto-interpretatie en veldwerk. Ook is de begrenzing van de BMP-plots weergegeven evenals de locaties van de transecten. Dit is figuur 8 uit Kleefstra et al. 2017.



Figuur 23: De verspreiding van jagende, muizenetende roofvogels in het Lauwersmeer in 2016 (maanden januari - november) in relatie tot vegetatiestructuurtype. Dit is figuur 5.7 uit Beemster (2017).

Voor de Grauwe en Bruine Kiekendief wordt verwacht dat een hoog voedselaanbod ook in belangrijke mate van invloed is op de draagkracht voor de soort als broedvogel. In dat kader wordt de variatie in de muizenpopulatie (voedselbron) onderzocht en gerelateerd aan de verspreiding van de roofvogelsoorten. Figuur 23 toont de verspreiding van fouragerende roofvogels in het Lauwersmeergebied. Ofschoon de roofvogels op een groot aantal plekken in het gebied voorkomen, is er een duidelijke voorkeur voor een bepaalde vegetatiestructuur. De Balauwe en Bruine Kiekendief en de Buizerd jagen vooral in rietvegetaties, terwijl de Torenvalk grasland prefereert (fig. 24).



Figuur 24 De verdeling van jagende, muizenetende roofvogels in relatie tot vegetatiestructuurtype in het Lauwersmeergebied in 2016. Verschillende vegetatiestructuurtypen zijn daartoe samengevoegd. Voor een overzicht van de aanwezige vegetatiestructuurtypen, zie figuren 22 en 23. Het aantal waargenomen jagende vogels per soort binnen dit gebied in 2016 bedraagt: Blauwe kiekendief (n=8), Bruine kiekendief (n=24), Buizerd (n=4) en Torenvalk (n=15). Dit is figuur 5.8 uit Beemster (2017).

In verhouding met 2015 zijn er in 2016 veel minder muizen gevangen in het onderzochte deel van het Lauwersmeergebied. Beemster (2017) bediscussieert dit in relatie tot fluctuaties in het meerpeil. Hij concludeert dat de oorzaak nog onduidelijk is. Er kon namelijk geen relatie tussen de abundantie van muizen en de bodemhoogte worden vastgesteld.

6.4 Ontwikkeling plantensoorten in Permanente Quadraten (PQ's)

VERSPREID OVER HET LAUWERSMEERGEBIED WORDEN VEGETATIEOPNAMES GEDAAN IN PQ'S. VERANDERINGEN OP SOORTNIVEAU ZIJN INDICATIEF VOOR TOEKOMSTIGE VERANDERINGEN IN DE VEGETATIESTRUCTUUR EN ZIJN BOVENDIEN TE ONDERZOEKEN A.D.H.V. ABIOTISCHE INVLOEDEN ZOALS BODEMDALING DOOR GASWINNING.

Verspreid over het Lauwersmeergebied liggen 102 PQ's. Deze liggen op raaien (fig. 22) over de lobben en platen van het gebied. Langs de raaien zijn bij een aantal PQ's ook peilbuizen geplaatst waarin de grondwaterhoogte en -chemie wordt bepaald. Op die wijze is een koppeling tussen PQ-gegevens en veranderende standplaatsfactoren mogelijk. Het doel van de metingen is enerzijds veranderingen in de vegetatie te bestuderen die indicatief zijn voor toekomstige veranderingen in de vegetatiestructuur. Anderzijds willen we deze veranderingen in de vegetatie verklaren a.d.h.v. o.a. standplaatsfactoren en

bodemdaling door gaswinning. Mede naar aanleiding van de beperkte ontwikkeling van de bodemdaling in het gebied zijn hoogtemetingen bij de PQ's niet uitgevoerd. Ze staan nu voor 2018 op het programma zodat de resultaten daarvan kunnen worden meegenomen in de evaluatie van de monitoring.

De verwachting is dat grote veranderingen binnen de PQ's zullen correleren met veranderingen in vegetatiestructuurtypen. Kleine veranderingen kunnen, indien trendmatig, wijzen op toekomstige verschuivingen tussen structuurtypen. In 2016 zijn gegevens van de PQ-reeksen specifiek geanalyseerd op veranderingen in soorten en soortgroepen die indicatief zijn voor veranderingen in vegetatiestructuur:

- Aandeel rietvegetaties. indicator in de PQ is:
 - Verandering in bedekking van Riet
- Verticale structuur binnen de (land)rietvegetaties. Indicator in de PQ is:
 - Verandering in de bedekking van (natte) ruigtkruiden
- Struweel- en bos. Indicatoren in de PQ zijn:
 - Veranderingen in de bedekking van houtige soorten
 - Veranderingen in de bedekking van de struiklaag (boomlaag is hier niet relevant)
- Pionierkarakter. Indicatoren in de PQ zijn:
 - Veranderingen in het aandeel kale grond
 - Veranderingen in de bedekking van pionier- en tredplanten (Bijkerk et al. 2017)

Op basis van de hierboven genoemde indicatoren zijn tevens veranderingen in drie abiotische eigenschappen bepaald. Dit zijn de ontzilting, verzuring en vernatting. Iedere PQ-locatie is beoordeeld op trendmatige veranderingen. In 2016 zijn er geen trends gevonden voor vernatting en verzuring. Wel opvallend is de vegetatieontwikkeling in twee laaggelegen PQ's op de Zuidelijke Lob. Hierin is een vegetatieontwikkeling zichtbaar die een sterke toename van zoute omstandigheden indiceert. Bijkerk et al. (2017) leggen, op basis van de peilbuismetingen, uit dat in dit gebied sprake is van (geringe) kwel. Ook geven ze aan hoe bodemdaling invloed kan hebben op dit proces. Tot dusver is er nog geen effect van bodemdaling op het grondwater of de vegetatie vastgesteld. Naar mate er voor meerdere jaren monitoringdata wordt verzameld zal de zeggingskracht van de analyses toenemen, aldus Bijkerk et al. (2017).

7 Conclusies

UIT DE MONITORING BLIJKT DAT IN 2016 BODEMDALING DOOR GASWINNING ONDER DE WADDENZEE BINNEN TOEGESTANE GRENZEN IS GEBLEVEN. TEVENS KAN OP BASIS VAN DE ECOLOGISCHE MONITORING GECONCLUDEERD WORDEN DAT ER GEEN NADELIGE ONTWIKKELING IN BESCHERMDE NATUURWAARDEN IS VASTGESTELD.

In tabel 10 worden de beleidsdoelen uit tabel 1 van de introductie van dit rapport herhaald. Per doel wordt aangegeven in hoeverre uit de monitoring over 2016 blijkt dat er sprake is van een nadelige ontwikkeling en, indien dat zo is, een mogelijke koppeling met bodemdaling door gaswinning. Ook wordt beschouwd in hoeverre aan de eis in het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee wordt voldaan.

Tabel 10: Conclusies ten aanzien van de invloed van bodemdaling door gaswinning op de beleidsdoelen waar middels het monitoringprogramma aan getoetst wordt. Dit zijn de hoofdconclusies voor 2017.

Beleidsdoel	Conclusie
-------------	-----------

<p>Meegroeivermogen Waddenzee: <i>Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschreiden of dreigen te overschreiden</i></p>	<p>Conform het Meet- & Regelprotocol is aangetoond dat de berekende gemiddelde bodemdalingsnelheid, in cumulatie met de vastgestelde snelheid van zeespiegelstijging, het vastgestelde meegroeivermogen voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag niet overschrijdt of dreigen te overschrijden (fig. 7 en 8). Hiermee is voldaan aan de voorwaarde voor gaswinning onder de Waddenzee zoals die geformuleerd is in het Rijksprojectbesluit.</p>
<p>Waddenzee (wadplaten): <i>Behoud oppervlakte (en verbetering kwaliteit) slik- en zandplaten.</i></p> <p><i>Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen</i></p>	<p>Het totale, op basis van LiDAR gemeten, wadoppervlak tussen -60 cm en +160 cm t.o.v. NAP is sinds de start van de metingen in 2010 niet afgenomen (fig. 11). Een ruimtelijke analyse van de ontwikkeling van het wadoppervlak toont aan dat er geen bodemdalingsschotels in het wad ontstaan (fig. 12). Dit laatste wordt bevestigd door lokaal de snelheid van bodemdaling onder het wad met de ontwikkeling van wadplaathoogte te vergelijken (fig. 9 en 10). Tot dusver heeft bodemdaling door gaswinning geen aantoonbaar nadelig effect op de morfologie van de wadplaten.</p>
<p>Waddenzee (wadplaten): <i>Behoud van omvang en kwaliteit fourageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels</i></p>	<p>Het model dat draagkracht voor op het wad fouragerende vogels berekent, is voor alle relevante Natura 2000 doelsoorten behorende vogels werkend gemaakt en eerste validatie zijn uitgevoerd (tab.7). Berekende variaties in proxies voor draagkracht worden vooral veroorzaakt door groei, sterfte en broedval van bodemdieren. Hiertoe is in 2016 een aantal voorbeelden uitgewerkt. De eerste resultaten geven vooralsnog geen indicaties dat bodemdaling door gaswinning tot een nadelig effect op de fourageermogelijkheden van de onderzochte vogelsoorten leidt.</p>
<p>Kwelders Waddenzee: <i>Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras</i></p>	<p>De Peazemerlannen ontvangt voldoende slib om de snelheid van bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging te compenseren (fig 19). De verwachting is dat alleen de hoge kwelder op termijn achter blijft. De vegetatie is dan ook aan successie onderhevig en er ontstaat een brede pionierzone op het wad voor de kwelder (fig. 20). Tot dusver zijn er geen effecten van bodemdaling door gaswinning geconstateerd.</p>
<p>Lauwersmeergebied: <i>Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels</i></p>	<p>-Voor het Lauwersmeergebied is vastgesteld welke gebiedsfuncties voor beschermde vogelsoorten van belang zijn. Deze functies zijn vertaald naar structuurtypen (vegetatie en open water); (fig. 22), waarvan de ontwikkeling in de tijd wordt gevolgd. Ook is er gekeken naar muizen als voedsel voor roofvogels (fig. 23). Uit de waarnemingen blijkt dat het de invloed van begrazing groot is. Het meest zorgelijk is de verdere achteruitgang van de rietvegetaties, waardoor de doelen voor soorten zoals de Roerdomp, Porseleinhoen en Bruine Kiekendief niet geaald worden. De ontwikkelingen in de PQ's zijn indicatief voor toekomstige veranderingen in de vegetatiestructuur. Opvallend is dat in een klein deel van het gebied zilte vegetatie toeneemt, waarschijnlijk als gevolg van zoute kwel. Geen van de bovengenoemde ontwikkelingen wordt door de onderzoekers gerelateerd aan bodemdaling door gaswinning.</p>

8 Literatuur

Niet alle rapporten uit tabel 2 en 3 zijn in deze literatuurlijst opgenomen.

- 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
- 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
- Ens, Kersten, Krol, van der Meer, Piening, Wijsman, Schekkerman, Rappoldt (2017) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Rapportage t/m monitoringjaar 2016. 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., P. de Boer & C. Kampichler (2017) Broed- en watervogelmonitoring in het Lauwersmeer in 2015. Sovon-rapport 2017/44
- Krol, J. (2017) Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Peasens en Schiermonnikoog 2007-2016
- 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 (2017) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2016.
- Pethick (1981) Long-term accretion rates on tidal salt marshes. *Journal of sedimentary petrology* 251 (2) 571-577
- Roobergen, M., R. Kleefstra, P. de Boer, L. Marx en E. van der Winden (2012) Effecten van de gaswinning bij Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen op broed- en watervogels in het Lauwersmeer.
- van Duin W. E. (2017) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west-Groningen: Jaarrapport 2016. Artemisia rapport 2016-3
- 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
- Wang, Cleveringa en Oost (2017), Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruikruimte. Deltaresrapport 1230937

Bijlage 1: Adviespunten Auditcommissie (okt. 2016) en reactie van NAM en/of de betrokken onderzoekers.

Advies	Reactie
<p>De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 een publieksvriendelijker samenvatting op te stellen, zodat de monitoringsresultaten voor niet experts beter begrijpelijk worden</p>	<p>In 2016 is aandacht besteed aan het publieksvriendelijker maken van de Integrale beoordeling (deze rapportage). De samenvatting is tevens enigszins uitgebreid.</p> <p>Daarnaast is voor het complexe Long-term Subsidence onderzoek een publieksvriendelijke samenvatting geschreven. Deze is als bijlage aan de Meet- & Regelrapportage over 2016 toegevoegd.</p> <p>Ten geleide van het rapport over reservoirmodellering is een publieksvriendelijke samenvatting geschreven.</p>
<p>De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 alle meetonderdelen in de integrale rapportage te laten terugkomen.</p>	<p>De integrale beoordeling vormt een publieksvriendelijke samenvatting van de resultaten uit het monitoringprogramma en het meet- en regelprotocol. Daarnaast worden nieuwe inzichten op basis van begeleidend onderzoek kort aangestipt. Dit jaar is er bijvoorbeeld additioneel onderzoek gedaan naar het meegroeivermogen in relatie tot tijdelijke overschrijding van de gebruiksruimte. Dit werk wordt kort aangehaald in paragraaf 1.3.</p> <p>Naar de achtergrond en resultaten van de studie naar het n-ijleffect van diepe bodemdaling wordt gerefereerd onderaan paragraaf 4.1.</p> <p>Over de seismisch risico-analyse wordt in dit rapport nog geen aandacht besteed. Dit wordt twee adviezen hieronder nader toegelicht.</p>
<p>De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 meer aandacht te besteden aan formuleringen en referenties om misverstanden te vermijden.</p>	<p>De introductie van de Integrale beoordeling is publieksvriendelijker gemaakt. De meeste referenties naar wetenschappelijke literatuur zijn hierdoor komen te vervallen. Ook is er meer nuance aangebracht en worden onzekerheden beter geadresseerd.</p>
<p>De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 de aardbevingenanalyse uit te breiden met de hierboven genoemde onderwerpen. Hiermee wordt ook duidelijk hoe groot de kans is op schade aan infrastructuur die indirecte gevolgen op natuurwaarden kan hebben.</p>	<p>Sinds februari heeft SodM een nieuwe leidraad voor het bepalen van het seismisch risico opgesteld. Vanaf deze datum wordt het seismisch risico voor alle nieuwe en gewijzigde winningsplannen bepaald door NAM volgens deze leidraad. Bij de volgende wijziging van de winningsplannen voor de Waddenvoorkomens zal ook voor deze voorkomens het seismisch risico bepaald worden. In deze nieuwe methodiek komt ook de beoordeling van de mogelijke schade op infrastructuur aan de orde.</p> <p>Aan de suggestie van de auditcommissie wordt dus zeker invulling gegeven, maar laat nog even op zich wachten i.v.m. het grote aantal winningsplannen dat momenteel op een dergelijke beoordeling wacht.</p> <p>Zoals in 2016 reeds is aangegeven worden bevingen met voldoende kracht om schade aan infrastructuur te veroorzaken, in het Waddengebied niet verwacht. Dit wordt bevestigd door het feit dat de afgelopen drie jaar geen enkele beving is waargenomen en sinds 1986 geen enkele gevoelde beving.</p> <p>Voor zover al sprake zou kunnen zijn van zo'n gebeurtenis, geldt dat de Wet Natuurbescherming van toepassing op reguliere operaties en niet op incidenten. Met incidenten hoeft bij de beoordeling van effecten op instandhoudingsdoelen geen rekening te worden gehouden.</p>

<p>De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 een publieksvriendelijker overzicht te maken van het proces waarmee diepe bodemdaling bepaald wordt, zodat de modelsystematiek en eventuele aanpassingen daarin ook voor niet-geologen begrijpelijk wordt. Daarnaast adviseert zij de naamgeving van afkortingen en scenario's eenduidig te maken en deze kort toe te lichten in een begrippenlijst.</p>	<p>In de integrale beoordeling is hier aandacht aan besteed. Een publieksvriendelijke toelichting is te vinden in de laatste alinea van paragraaf 1.1. Deze tekst staat ook in de Meet- & Regelrapportage over 2016. Daarnaast is er uitleg te vinden in de publieksvriendelijke uitleg van de Long-Term Subsidence studie (bijlage Meet- & Regelrapportage).</p>
<p>De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 expliciet te vermelden welke rol de nieuwe inzichten uit de LTS-studie hebben gespeeld en welke voortgang er is in de praktijktoepassing.</p>	<p>De implementatie van de studieresultaten uit LTS is door NAM eind januari opgeleverd aan SodM. NAM is van mening dat de verwachtingswaarde voor de bodemdalingsnelheid als gevolg van de Amelandwinning redelijk goed overeen komt met het model dat de laatste drie jaar voor Ameland door NAM is gebruikt. Wel ligt deze verwachtingswaarde iets hoger, maar vormt geen bedreiging voor de gebruiksruimte. De technische kwaliteit van de studie werd gedurende de studie bewaakt door onafhankelijke specialisten en SodM heeft tevens een internationaal gerenommeerde onderzoeker om een oordeel te geven over de kwaliteit en volledigheid van het gedane werk. NAM is van mening dat het van groot belang is de methode eerst zorgvuldig te evalueren voordat deze breder kan worden toegepast. Vooralsnog zijn de resultaten uit LTS-2 niet meegenomen in de Meet- & Regelcyclus. Eerst moeten we het oordeel van SodM afwachten.</p>
<p>De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 in te gaan op de oorzaak van de in het monitoringsjaar 2015 geconstateerde bodemverlaging in het Pinkegat met een ordegrrootte van ongeveer 5 cm, die bleek uit de lidar-metingen, met een vervolganalyse te komen van de nauwkeurigheid van de lidardata en de resultaten van de mogelijke verbeterpunten van de lidarmetingen en dataverwerking te presenteren</p>	<p>In het rapport "MEMO Analyse van de a.d.h.v. LiDAR gemeten verandering in wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag (versie 2)" wordt inzichtelijk gemaakt dat het gaat om meeton nauwkeurigheid en niet om erosie van de wadplaten. Tevens wordt in Schrijvershof et al. (2017) een aantal analyses uitgevoerd a.d.h. waarvan de meetnauwkeurigheid binnen een vlucht wordt bestudeerd. Hieruit blijkt een duidelijke relatie tussen meetnauwkeurigheid en wadplaathoogte, veroorzaakt door water op de plaat en/of de vochtigheid van het wad. Ook rapporteren Schrijvershof et al. (2017) over tests met multispectrale opnames die kunnen worden ingezet om water op de wadplaten te detecteren. De resultaten zijn veelbelovend. Het lijkt daarom mogelijk om tot een betere beoordeling van de meetnauwkeurigheid/ kwaliteit van de LiDAR-opname te komen.</p> <p>Daarnaast zal dit jaar aandacht worden besteed aan de kalibratie van de LiDAR-opname middels referentiepunten op het land. De resultaten suggereren dat soms tot foutieve correctie van de LiDAR-opname leidt.</p>
<p>Kwelder - De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 goed te onderbouwen waarom deze referentie op de Groninger kwelders moet worden gehandhaafd. Ga ook in op welke oplossingen er zijn om deze nieuwe ruisfactor in de meetnetopzet en in de analysemethoden uit te filteren dan wel te verkleinen.</p>	<p>De referentiegebieden (kwelders) langs de waddenkust van Groningen vormen een lange tijdreeks van vegetatie- en hoogteontwikkeling door opslibbing. Daarnaast vindt op een deel van de kwelders beweiding plaats en op een ander deel niet. Deze dataset vormt een goede referentie om veranderingen in de Peazemerlannen of het initiele referentiegebied te kunnen begrijpen/ verklaren.</p> <p>Het effect van beweiding in de initiele referentiekwelder (ruisfactor) kan op deze wijze beter worden geïnterpreteerd. Echter, de factor "beweiding" zal in de analyse voor extra ruis zorgen daarom is het zinvol met meerdere referentiegebieden te werken.</p>
<p>Draagkrachtmodel - De Auditcommissie adviseert in de rapportage over het monitoringsjaar 2016 een overzicht te geven van de</p>	<p>In Ens et al. (2017) hoofdstuk 11 worden nog twee verbeteringen voorgesteld die ertoe moeten leiden dat het model voldoende bruikbaar is. Uiteraard zal er ieder jaar gekeken worden of verdere verfijning mogelijk is.</p>

<p>stappen die nog nodig zijn om het draagkrachtmodel voor wadvogels zo snel mogelijk voor de eerste vogelsoorten operationeel te maken. Zij adviseert daarbij een beslisschema op te nemen waarmee duidelijk wordt hoe met de modelresultaten van het draagkrachtmodel voor wadvogels wordt omgegaan in het kader van het 'Hand aan de kraan'-principe.</p>	<p>Voor het beslisschema wordt een voorstel gedaan in hoofdstuk 5 van het rapport van Ens et al. (2017)</p>
<p>Lauwersmeer- De Auditcommissie herhaalt haar advies om ook voor de Lauwersmeer te komen tot een integrale meetaanpak. De losse onderdelen hiervan zijn namelijk nog steeds niet voldoende op elkaar afgestemd. Ook hier is een beslisschema nodig waarmee duidelijk wordt hoe met de modelresultaten wordt omgegaan in het kader van het 'Hand aan de kraan'-principe. Deze aanpak moet naar mening van de Auditcommissie terugkomen in de rapportage over het monitoringsjaar 2016.</p>	<p>Dit jaar is er een grote stap gemaakt richting een integrale meetaanpak en analyse. Dit is gedaan door te focussen op de functies die het Lauwersmeergebied heeft voor de betreffende vogelsoorten. Deze functies zijn vertaald naar zogenaamde structuurtypen (veelal vegetatiestructuur) die in kaart worden gebracht en in de tijd worden gevolgd. Dit jaar heeft reeds een validatie van het grootste deel van de structuurtype plaatsgevonden (Kleefstra et al. 2017). Voor het voedsel voor beschermde roofvogels (muizen) zijn we nog niet zover (Beemster, 2017). Ook moet er dit jaar gekeken worden of en hoe slaappleatsen gekarteerd dienen te worden. De suggestie van de Auditcie om een analyse a.d.h.v. een gedetailleerde hoogtekaart uit te voeren is nog niet opgevolgd. In 2011 zijn de slaappleatsen voor ganzen, zwanen, steltlopers en sterns gekarteerd. Dit jaar zal worden gekeken hoe dit systematies kan worden gedaan, zodanig dat het areaal in de tijd kan worden gevolgd.</p> <p>Ook voor de structuurtypen in het Lauwersmeergebied kan het beslisschema uit Ens et al. 2017 worden toegepast.</p>