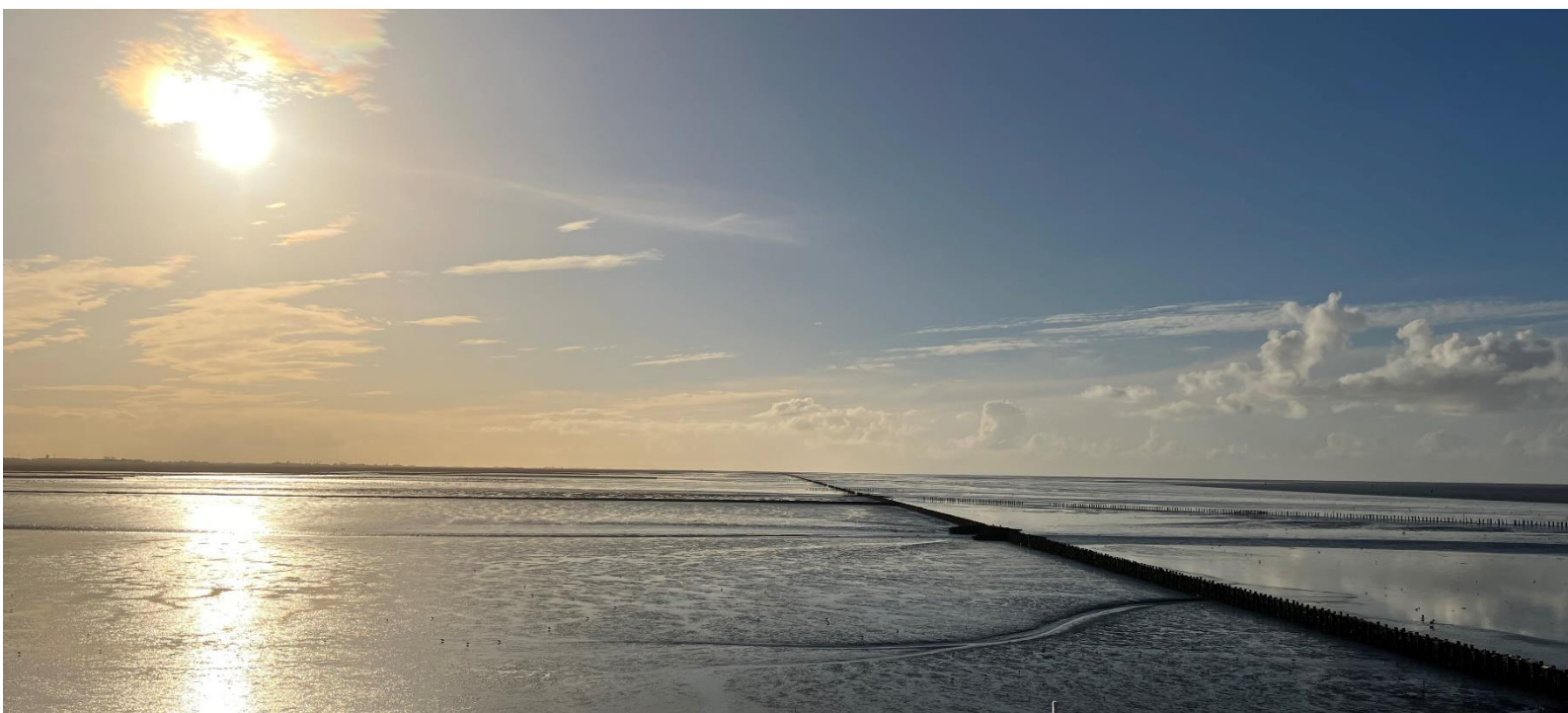

Gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen

Publiekssamenvatting en Integrale Beoordeling Monitoringresultaten – Rapportagejaar 2022



NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Documentnummer: EP202303200114

ASSEN, mei 2023

Voorwoord

Sinds januari 2007 wint NAM aardgas uit de zogenaamde MLV-velden onder de Waddenzee. Het gaat om de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Die winning voeren we uit onder zeer strikte vergunningsvoorwaarden, onder meer volgens het ‘hand aan de kraan’-principe. Er is in de vergunning een gelimiteerde ruimte gegeven waarbinnen gas gewonnen mag worden. Die ruimte heeft betrekking op het dalen van de bodem. Om het wad te beschermen mag de bodem niet meer dalen dan de natuur kan compenseren door de aanvoer van zand vanuit de Noordzee. Daarnaast mag de bodemdaling als gevolg van de gaswinning geen schade veroorzaken aan de natuurwaarden in de Waddenzee.

De resultaten en conclusies over het rapportagejaar 2022 leggen we evenals voorgaande jaren weer voor aan de ministeries van Economische Zaken en Klimaat en van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit. Zij vragen voor de beoordeling het advies van de externe Auditcommissie (onderdeel van Commissie voor de m.e.r.).

Dit rapport bevat de publiekssamenvatting en de integrale beoordeling van deze resultaten en conclusies.

Evenals het voorgaande jaar is ook in 2022 de waddengaswinning in de publieke aandacht geweest, en dan met name de plannen voor nieuwe ontwikkelingen. Het is te verwachten dat deze aandacht nog langere tijd zal voortgaan. Voor het Wad en voor de NAM, is en blijft dan ook van groot belang dat onderzoekers en instanties jaarlijks ons werk blijven controleren en daar een onafhankelijk oordeel over geven.

De conclusies steunen ons in onze werkwijze, wat betreft het ontwerp en de uitvoering van zowel de gaswinning als het ontwikkelde monitoringsprogramma. Wij blijven ons hiermee inzetten voor een veilige en verantwoorde gaswinning in het Waddengebied.

Erwin Bruinewoud

Onderzoeks- en Omgevingscoördinator Waddengaswinning

Nederlandse Aardolie Maatschappij

Publiekssamenvatting

De Waddenzee loopt van Den Helder tot aan het Deense Esbjerg. Onder deze binnenzee liggen meerdere kleine gasvelden. De gaswinning door de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) onder het Nederlandse Waddengebied is onderdeel van het kleine veldenbeleid van de overheid. Dit beleid benadrukt de belangrijke rol van aardgaswinning voor de Nederlandse energievoorziening.

Sinds januari 2007 produceert de NAM vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (de zgn. 'MLV-velden') aardgas vanuit het Waddengebied. Vanwege het unieke karakter van dit gebied plaatst de NAM geen productielocaties in de Waddenzee. In plaats daarvan is schuin geboord vanaf de locaties op land. Die locaties bevinden zich achter de dijk op het vasteland.

De Waddenzee is sinds 2009 UNESCO Werelderfgoed en werd in dat jaar ook aangewezen als Natura2000-gebied. De gaswinning in het Waddengebied mag daarmee geen nadelige effecten hebben op de beschermde natuurwaarden. In het nominatiedossier voor het verlenen van de status van UNESCO Werelderfgoed is ook nadrukkelijk aandacht besteed aan het 'hand aan de kraan'-principe voor de gaswinning en dat winning vanaf locaties vanaf de vaste wal plaatsvindt en niet in de Waddenzee.

Speciaal voor de gaswinning onder het Waddengebied is het 'hand aan de kraan'-principe in het leven geroepen. Het principe kent twee belangrijke pijlers:

1. De bodemdaling mag, als gevolg van de gaswinning, niet groter zijn dan vergund en deze mag niet leiden tot een afname van de wadplaten.
2. De bodemdaling mag niet tot schade leiden aan de natuur in relatie tot de vastgestelde instandhoudingsdoelstellingen van de Natura 2000-gebieden Waddenzee, de duinen van Ameland, Schiermonnikoog en het Lauwersmeer.

Als aan één van deze twee voorwaarden niet wordt voldaan, kan de gaswinning door de overheid worden aangepast. Om dit te controleren, is door de NAM een *Monitoringsprogramma* opgesteld, dat een groot aantal metingen en onderzoeken omvat en veelal door externe onderzoeksbureaus wordt uitgevoerd.

In hoofdlijnen kijkt men naar de diepe bodemdaling door gaswinning en het mogelijk effect op het droogvallende wad in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag, de kwelder van de Peazemerlannen en het Lauwersmeergebied. Hierbij worden bijvoorbeeld de hoogtes van de wadplaten bepaald met een LiDAR opname door een vliegtuig, vogeltellingen uitgevoerd, het type begroeiing op de kwelders gevolgd en de bodemdiertjes op de wadplaten onderzocht.

De resultaten en conclusies over het rapportagejaar 2022 zijn vastgelegd in een zevental deelrapporten. In deze Integrale Beoordeling komen de belangrijkste uitkomsten samen. Jaarlijks worden deze rapporten voorgelegd aan de Ministers van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). De ministers vragen ieder jaar advies over de rapportages van NAM aan de onafhankelijke wetenschappelijke Auditcommissie Gaswinning Waddenzee (onderdeel van de Commissie voor de milieueffectrapportage). Het advies van de Auditcommissie is openbaar en wordt gepubliceerd op de website van de Commissie voor de m.e.r.

De monitoringsrapportages worden ook met de leden van de *Commissie Waddengas 2006* gedeeld. Deze commissie bestaat uit belanghebbenden zoals de regionale overheden, gebiedsbeheerders en NGO's. De jaarrapportages worden in deze commissie besproken, waarbij wordt geoordeeld over de

kwaliteit van de rapportages. De Commissie Waddengas 2006 rapporteert haar bevindingen aan de Minister van LNV.

Bodemdaling en gebruiksruimte kombergingen



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

Door de aanvoer van sediment vanuit de Noordzeekustzone kan de Waddenzee meegroeien met de zeespiegelstijging en met de bodemdaling als gevolg van de gaswinning. Voor de beide kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag geldt een wettelijk vastgesteld, conservatief meegroeivermogen van respectievelijk 6 en 5 millimeter per jaar.

In 2022 is evenals in alle voorgaande jaren het meegroeivermogen niet overschreden. Voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag bedroeg de gemiddelde bodemdalingssnelheid (belasting) in 2022 respectievelijk 1,43 en 0,73 millimeter. De relatieve zeespiegelstijging als onderdeel van de gebruiksruimte is vastgelegd op 2,4 millimeter per jaar. Tot 2026 met het huidige geldende zeespiegelstijgingsscenario wordt geen overschrijding van het meegroeivermogen voorzien. Dit geldt ook voor de periode daarna, waarbij voor de zeespiegelstijging het zogenaamde richtscenario wordt gevolgd.

Areaal wadplaten – kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag



Aanwijzingsbesluit Waddenzee: *Behoud van oppervlakte slik- en zandplaten.*
Structuurvisie Waddenzee: *Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen.*

Om de ontwikkeling van de wadplaten in de Waddenzee te kunnen volgen worden verschillende typen metingen uitgevoerd. Dit zijn vlakdekkende hoogtemetingen vanuit een monitoringsvliegtuig (LiDAR metingen), 'spijkermetingen' die sedimentatie en erosie op de wadplaten meten en waterpassingen op sediment grids nabij vaste peilmerken, verspreid over de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag.

Het gerapporteerde plaatareaal van de Zoutkamperlaag is constanter gebleven dan voor het Pinkegat. Het areaal in het Pinkegat suggereert een lichte afname, maar deze afname is klein ten opzichte van de onzekerheidsmarge.

Voor deelgebieden binnen de kombergingsgebieden zijn evenals in voorgaande jaren veranderingen in morfologie waar te nemen. Deze veranderingen in plaathoogte zijn eerder het gevolg van de natuurlijke dynamiek van geulen en platen en de daarbij behorende sedimenttransporten, dan dat ze op een sterke relatie met de diepe bodemdaling duiden.

Er zijn significante relaties gevonden tussen veranderingen in plaatareaal en sterke westelijke wind. Westelijke wind drijft de waterstand op, waardoor golven een groter plaatareaal kunnen bereiken en eroderen. De wadplaten van het Pinkegat liggen iets lager dan in de Zoutkamperlaag, waardoor het effect relatief sterker is. Dit komt ook duidelijk naar voren in de waargenomen forse erosie op de Engelsmanplaat, veroorzaakt door de opeenvolgende stevige stormen in 5 dagen tijd in februari 2022.

Beschermde vogelsoorten Waddenzee



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

De Waddenzee is van groot ecologisch belang voor vogels. Het wad vormt een belangrijke schakel in de Oost-Atlantische trekroute van veel vogelsoorten. Het gebied is daarom aangewezen als vogelrichtlijngebied. De belangrijkste functie van de wadplaten is die van foerageergebied voor grote aantallen vogels die van de Waddenzee afhankelijk zijn. Deze vogels vormen de Natura 2000-doelsoorten.

Voor de beoordeling van mogelijke effecten van diepe bodemdaling door gaswinning op beschermde vogelsoorten werden – in de afgelopen jaren onderstaande stappen doorlopen:

- I. Er wordt vastgesteld hoe de soort zich in het gebied ontwikkelt en of dat in lijn is met de bredere ontwikkeling van de soort in de Waddenzee.
- II. Voor soorten met een afwijkende, negatieve ontwikkeling in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag wordt geanalyseerd of de draagkracht van dit gebied voor die betreffende soorten is afgenomen in de periode waarin er bodemdaling is opgetreden.
- III. Wanneer dat laatste het geval is, wordt gekeken in hoeverre er een relatie is tussen de afgenomen draagkracht en bodemdaling door gaswinning onder het gebied.

Meer dan in voorgaande jaren wordt in 2022 voor meer soorten een positieve trend waargenomen in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. Voor slechts twee van de dertien onderzochte vogelsoorten is er sprake van een negatieve trend in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. De twee vogelsoorten zijn de Scholekster en de Wulp. Voor de Scholekster geldt dat hun aantalsontwikkeling in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag niet verschilt met die in de rest van de Waddenzee.

Voor de Wulp zijn er geen indicaties dat het voedselaanbod in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag verslechtert. Wat een rol kan spelen is dat naast het wad ook de weilanden een belangrijk voedselgebied vormen voor de Wulp. Een ander aspect dat kan spelen is het element verstoring. De Wulp is van nature zeer gevoelig voor verstoring en is veruit de schuwste wadvogel, met de grootste vliegafstand voor mensen. Uit andere onderzoeken is bekend dat bij werkzaamheden met betrekking tot dijkversterkingen, effecten zijn opgetreden in het aantal Wulpen. Recent is gestart met de dijkversterking Lauwersoog-Koehoorn langs het wad, welke nog jaren in uitvoering zal zijn.

Kwelder Peazemerlannen



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

De Peazemerlannen bevindt zich in het noordoostelijk deel van Fryslân, buitendijks bij het tweelingdorp Paesens-Moddergat. Het is een natuurgebied bestaande uit een grotendeels beweide zomerpolder en een niet-beweide kwelder, met veel variatie waar hoogtezones inclusief een pionierszone aanwezig zijn.

Om eventuele veranderingen in opslibbing en vegetatieontwikkeling in de Peazemerlannen te kunnen waarnemen, worden tijdens de gaswinningperiode jaarlijks op vaste strategische punten metingen gedaan. Die vinden plaats in het gebied zelf en in een nabijgelegen referentiegebied, waar geen sprake is van bodemdaling als gevolg van gaswinning.

Bij alle meetpunten in de kwelder wordt over de periode 2007-2022 een toename van de maaiveldhoogte gemeten. Hoewel bij een klein deel van de meetpunten de opslibbing te laag is om de bodemdaling en zeespiegelstijging te compenseren, heeft dit geen regressie van de vegetatie tot gevolg gehad. Bepalend voor een lagere opslibbing is de ligging van de locatie (een hooggelegen zomerpolder, naast of in een poel, een grote afstand tot wad of kreek), al dan niet in combinatie met vertrapping door beweiding of de afwisselend natte en droge bodem van een poel, waardoor verweking, erosie en inklink optreedt. De jaren 2018, 2019 en 2020 waren erg droge jaren, die inklink door verdroging kan hebben veroorzaakt. Daarnaast zijn er in 2018 en 2019 weinig sediment aanvoerende hoge tijen geweest. Voor 2022, zien we in deze monitoring ook het sterke effect van de drie opeenvolgende februari-stormen in 2022, welke op diverse plekken in de kwelder voor een forse sedimentaanvoer heeft gezorgd.

Uit de vlakdekkende vegetatiekaarten en de waarneming van de zich uitbreidende en de dichter begroeid rakende pionierzone en het opslibben van het voorliggende wad van de Peazemerlannen komt een beeld naar voren van successie. Er zijn geen aanwijzingen dat de diepe bodemdaling tot nu toe nadelige effecten op de vegetatie heeft gehad.

Lauwersmeergebied



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

Het Lauwersmeergebied is op nationaal en internationaal niveau een belangrijk vogelgebied. Het gebied is in 1969 ontstaan, toen de Lauwerszee door een dijk werd gescheiden van de Waddenzee. Met de afsluiting trad een verandering op van een getijdenwerking naar een beheer met een vast (streef-)peil, dat bovendien gemiddeld lager ligt dan voorheen. Hierdoor is het oppervlak dat met regelmaat overstroomde sterk afgenomen en kwamen grote oppervlakten zand- en slikplaten droog te liggen. Als gevolg daarvan kwam ontzilting van het water en de platen op gang.

Om de mogelijke effecten van diepe bodemdaling op beschermde broedvogelsoorten van het Lauwersmeergebied te bepalen, wordt een aantal stappen doorlopen:

- I. Eerst wordt vastgesteld hoe de soort zich in het Lauwersmeergebied ontwikkelt.
- II. Daarna wordt deze ontwikkeling vergeleken met de ontwikkeling van de betreffende soort in heel Nederland.
- III. Vervolgens wordt vastgesteld wat de belangrijkste functie van het Lauwersmeergebied is voor die soort (broeden, foerageren, etc.). Er wordt nagegaan of de bodemdaling door gaswinning een verstrend effect kan hebben op die functie en zodoende ten grondslag kan liggen aan een (eventueel) waargenomen afname in de aantallen van een soort.

In het monitoringjaar 2022 zijn de ecologische verbanden tussen de hoogteligging, de inundatie, de vegetatieontwikkeling en de ontwikkeling van de geselecteerde Natura 2000-broedvogelsoorten in het licht van begrazingsbeheer en effecten van bodemdaling nader geanalyseerd.

- Een relatie tussen diepe bodemdaling en grondwaterstandverloop, ten opzichte van maaiveld, is net als in voorgaande jaren niet aanwezig. Het grondwaterstandsverloop wordt voornamelijk bepaald door neerslag en verdamping.
- Vegetatieveranderingen zijn niet te relateren aan diepe bodemdaling. Successie, begrazingsbeheer en veranderingen in het terreingebruik door grazers bepalen de structuurveranderingen.
- De analyses laten verder zien dat de trends voor rietbroedvogels aansluiten bij de ontwikkelingen die de vegetatie-transectkarteringen laten zien.
- Voor de rietbroedvogels is met name de invloed van het begrazingsbeheer een bepalende factor. Daarnaast zijn ook droogval en inundatie van platen bepalend voor de habitatkwaliteit van rietvelden voor rietbroedvogels en voor op muizen foeragerende roofvogels.

Conclusie

Op basis van de onderzoeken over het rapportagejaar 2022 kan worden geconcludeerd dat:

- de bodemdaling door gaswinning de toegestane gebruiksruimte niet heeft overschreden of dreigt te overschrijden in cumulatie met de zeespiegelstijging;
- de bodemdaling niet heeft geleid tot nadelige effecten op de natuurwaarden en de instandhoudingsdoelstellingen in de Waddenzee, op de kwelder van de Peazemerlannen en in het Lauwersmeergebied.

Verklarende woordenlijst bij de publiekssamenvatting

Term	Beschrijving
Belasting	6-jaarlijks gemiddelde bodemdalingssnelheid ten gevolge van de gaswinning, gemiddeld over de oppervlakte van het kombergingsgebied.
Gebruiksruimte	Ruimte die beschikbaar is voor belasting ten gevolge van de gasproductie, getalsmatig bepaald door het meegroeivermogen verminderd met de (autonome) relatieve zeespiegelstijging.
Inundatie	Het onder water stromen van een lager gelegen gebied, waardoor vernatting van het gebied op kan treden.
Komberging	Dit is een getijdegebied achter een zeegat tussen twee Waddeneilanden dat onder invloed van eb en vloed afwisselend leeg- en volstroomt. Het wordt gescheiden van aangrenzende kombergingen door zogenaamde waterscheidingen (het wantij).
Kwelder	Begroeide, buitendijks gelegen, dynamische, zoute of brakke gebieden die bij laagwater droog liggen en bij hoogwater, afhankelijk van de hoogteligging, soms of dagelijks, kunnen overstromen met zeewater.
LiDAR	Laser imaging Detection And Ranging. Techniek waarbij met een laserscanner hoogtemetingen worden uitgevoerd (voor de Waddenzee met een vliegtuig).
Meegroeivermogen	Onder het meegroeivermogen wordt het natuurlijke vermogen verstaan van het betreffende kombergingsgebied om de relatieve zeespiegelstijging op lange termijn (gemiddeld over 19 jaar) bij te houden, terwijl het geomorfologisch evenwicht en de sedimentbalans in stand blijven.
Pionierszone	Overgang tussen het kale wad en de begroeide kwelder die door de ligging onder gemiddeld hoogwater meestal 1-2 maal per dag overstromt met zeewater. De begroeiing varieert van ijl tot dichtbegroeid en bestaat met name uit Zeekraal en Engels slijkgras.
Pq	Bij herhaalde vegetatieopname op bepaalde vaste plaatsen (met het doel veranderingen in de loop van de tijd te kunnen onderzoeken) spreekt men van permanente kwadraten of pq's.
Proxy	Een samenvattende benadering, van meerdere factoren.
Regressie	Ecologisch proces waarbij terugkeer optreedt naar soorten uit een eerder ontwikkelingsstadium, vaak als gevolg van een opgetreden verstoring. Op een kwelder kunnen o.a. toename in overstromingsfrequentie, bijvoorbeeld door zeespiegelstijging en slechte drainage regressie veroorzaken. Beweiding kan een versnellend effect hebben op regressie, vooral via vertrapping, waardoor verdichting van de bodem en een slechtere drainage kan optreden.
Sediment	Zand en slibdeeltjes dat met de getijden in en uit de Waddenzee stroomt en bij hoog tij kan bezinken op wadplaten en in de geulen.
Successie	Natuurlijk ecologisch proces van opeenvolging van soorten op dezelfde plek, door veranderingen in omstandigheden in de tijd. Op een kwelder spelen o.a. opslibbing, hoogteligging, zoutconcentratie in de bodem en goede drainage een belangrijke rol bij successie. Beheer, zoals beweiding, kan een vertragend effect hebben op successie, omdat daardoor de duur van een bepaald stadium verlengd wordt.
Wantij	Dit zijn de ondiepe delen van het wad- gelegen tussen twee kombergingen - waarover een beperkte uitwisseling van water (en sediment) plaatsvindt.

UITLEG:

Wat is het verschil tussen diepe bodemdaling en oppervlaktedaling en hoe wordt dit gemeten?

Diepe bodemdaling is het gevolg van compactie (samendrukking) van het gesteente waaruit het gas wordt gewonnen. Dit gebeurt op ongeveer 3 km diepte: de bodemdaling die hierdoor optreedt aan het maaiveld wordt diepe bodemdaling genoemd. Bodemdaling wordt echter ook veroorzaakt door ondiepe processen, zoals oxidatie van veen en inklinking van kleilagen.

Om onderscheid te maken tussen de diepe en ondiepe processen worden er bodemdalingsmetingen verricht aan objecten die goed gefundeerd zijn. De metingen die de NAM uitvoert in de Waddenzee worden verricht aan peilmerken die via een stalen paal op circa 6 meter diepte gefundeerd zijn in de bodem van de Waddenzee.

Integrale Beoordeling monitoringresultaten – Rapportagejaar 2022

Introductie

Deze Integrale Beoordeling is gebaseerd op een zevental onderzoeksrapportages die in het kader van het Monitoringsprogramma 2020-2026 voor het rapportagejaar 2022 zijn opgesteld.

Het doel van de Integrale Beoordeling is om inzichtelijk te maken hoe de resultaten en conclusies uit de verschillende deelonderzoeken en rapportages worden toegepast om de werking van het ‘hand aan de kraan’-principe te toetsen. Het principe kent twee belangrijke pijlers:

1. Enerzijds mag de bodemdaling, als gevolg van de gaswinning, niet groter zijn dan vergund of leiden tot een afname van de wadplaten.
2. Anderzijds mag de bodemdaling niet tot schade leiden aan de instandhoudingsdoelstellingen van de Natura 2000-gebieden Waddenzee, de duinen van Ameland, Schiermonnikoog en het Lauwersmeer.

Als aan één van deze twee voorwaarden niet wordt voldaan, kan de gaswinning door de overheid worden aangepast. De onderzoeken bieden die informatie; in dit document worden de bevinden geïntegreerd.

In de *Inleiding* wordt achtergrondinformatie gegeven over gaswinning en bodemdaling onder de Waddenzee en het Lauwersmeergebied, het ecologische monitoringsprogramma en de verschillende facetten van het ‘hand aan de kraan’-principe.

Het hoofdstuk *Rapportages* geeft overzichten van de relevante achtergronddocumentatie en uitgevoerde onderzoeken in het rapportagejaar 2022.

De resultaten en conclusies uit de laatste onderzoeken worden besproken in de hoofdstukken *Productiegegevens 2022*, *Monitoring Waddenzee*, *Kweldermonitoring Peazemerlannen* en *Monitoring Lauwersmeergebied*.

In het laatste hoofdstuk worden de eindconclusies gepresenteerd.

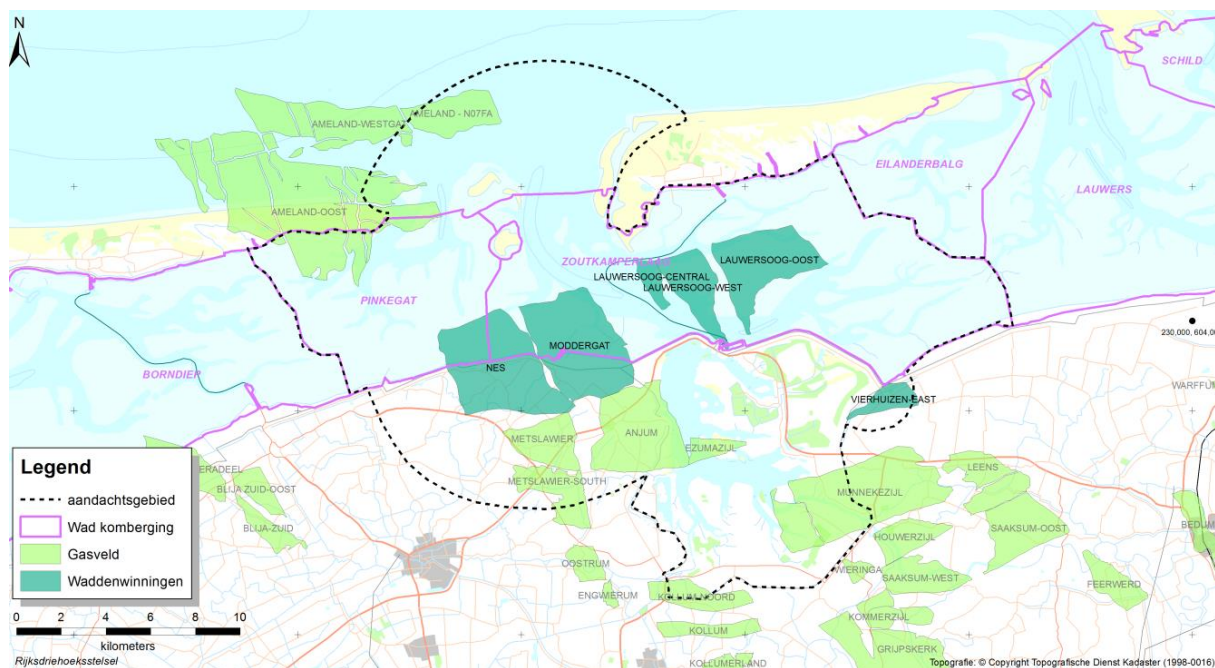
Inhoudsopgave

Gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	1
Publiekssamenvatting en Integrale Beoordeling.....	1
Monitoringresultaten – Rapportagejaar 2022	1
Voorwoord	2
Publiekssamenvatting	3
Verklarende woordenlijst bij de publiekssamenvatting.....	10
Integrale Beoordeling monitoringresultaten – Rapportagejaar 2021.....	12
Inhoudsopgave	13
Inleiding.....	14
Rapportages	31
Gasproductie in 2022	33
Monitoring Waddenzee	34
Bodemdaling Wadden- en Lauwersmeergebied.....	34
Monitoring Wadplaten areaal.....	38
Vogelsoorten en kwaliteit droogvallende wadplaten	46
Kweldermonitoring Peazemerlannen	54
Monitoring Lauwersmeergebied.....	62
Eindconclusies	68
Literatuur.....	69
BIJLAGE 1	71
Evaluatie drones als mogelijke aanvulling op LiDAR metingen.....	71
Colofon	77

Inleiding

Gaswinning locaties Moddergat, Vierhuizen en Lauwersoog

De NAM wint sinds januari 2007 vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen aardgas onder het Waddengebied. Dit is toegestaan onder de voorwaarde dat jaarlijks wordt beoordeeld of dit niet tot schade leidt aan de beschermde natuurwaarden van het gebied. Figuur 1 toont hiervoor het aandachtsgebied voor de gaswinning in het Waddengebied.



Figuur 1. Overzicht van het aandachtsgebied - aangegeven met de zwarte stippellijn - voor de gaswinning in het Waddengebied. Uit de donkergroene gasvelden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen wordt het aardgas gewonnen vanaf binnendijkse locaties bij de dorpen Moddergat en Vierhuizen, en vanaf een locatie in de haven van Lauwersoog. Deze gaswinning is gestart in januari 2007. De lichtgroene velden zijn al langer in productie: bijvoorbeeld Ameland (1986) en Anjum (1992). De contour omvat ook een deel van de Noordzeekustzone. Dat gebied noemen we de buitendelta. De Waddenzee wisselt sediment uit met deze buitendelta, zie de paragraaf 'Sedimentdelend systeem'.

Bodemdaling door gaswinning

Onder het Waddengebied bevinden zich een aantal aardgasvelden. Deze 'velden' (ook wel reservoirs genoemd) bevinden zich op een diepte van ruim 3.000 meter. Het gas zit opgesloten in de poriën van een miljoenen jaren oude zandsteenlaag, welke wordt afgesloten door een ondoordringbare laag van zout en ander gesteente. De initiële gasdruk op die diepte varieert tussen de 300 en 600 bar. Door gaswinning neemt de druk in de poriën van het zandsteen af en wordt de zandsteen samengedrukt door het bovenliggende gesteente. Deze samendrukking wordt compactie genoemd.

Compactie op drie kilometer diepte resulteert in bodemdaling aan het aardoppervlak. De bodemdaling die wordt veroorzaakt door gaswinning manifesteert zich in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige 'schotel'. Deze is met het 'blote oog' niet waarneembaar.

Het is in Nederland gebruikelijk om bodemdaling (o.a. als gevolg van gaswinning) te meten. Hiertoe worden landmeetcampagnes en geodetische satellietmetingen uitgevoerd. Daarnaast worden er op

basis van kennis over de diepe ondergrond (geofysica, geologie en geomechanica) en het verwachte gasproductieverloop, bodemdalingsschotels berekend en ingetekend op kaarten (zie hoofdstuk Monitoring Waddenzee, Figuur 7 en Figuur 8).

Op zee en het wad is dat meten lastig. Dat komt omdat er op de zeebodem weinig vaste punten zijn die boven water uitsteken en omdat de hoogtekaarten van de zeebodem niet nauwkeurig genoeg zijn om veranderingen op het niveau van centimeters in beeld te brengen. Daarbij komt dat de zeebodem van de Nederlandse kustzone ondiep is en van nature ook sterk in beweging is.

Omdat in de Waddenzee de wadplaten tijdens laag water droogvallen, is in dat deel wel een beperkt aantal hoogtemetingen mogelijk. Om daarbij geen hinder te hebben van de hoogteverschillen die door sedimentbeweging ontstaan, zijn er stalen palen in de wadbodem gezet. Door boven op deze palen de hoogteverandering met GNSS (Global Navigation Satellite Systems) te meten, wordt de bodemdaling als gevolg van gaswinning inzichtelijk gemaakt.

Op basis van kennis van de diepe ondergrond worden modellen opgesteld. Met behulp van seismisch onderzoek zijn daarvoor de aard- en gesteentelagen inclusief de breuklijnen in kaart gebracht. Data verkregen met boringen en metingen in putten geven aanvullende informatie. Op basis hiervan zijn geologische modellen van de diepe ondergrond vormgegeven.

Drukmetingen in de putten, samen met de snelheid van de gasproductie, worden gebruikt om meerdere driedimensionale dynamische reservoirmodellen te kalibreren. De metingen worden ook gebruikt om een nauwkeurig inzicht te krijgen in de grootte van de ondergrondse gasvolumes en de connectiviteit met aangrenzende watervoerende lagen.

Op basis hiervan wordt voor verschillende realisaties de toekomstige drukdaling in die velden berekend. Middels geomechanische modellen wordt de compactie in de gas- en watervoerende lagen doorvertaald naar bodemdaling aan het aardoppervlak. Kalibratie van modelparameters en validatie van de onderliggende aannames vindt plaats door de berekende bodemdaling te vergelijken met gemeten bodemdaling aan het aardoppervlak.

Sinds 2018 wordt in de Meet- en Regelrapportage een nieuw ontwikkelde rekenmethode toegepast die voortkomt uit de 'Long-term subsidence' (LTS) studie. Met deze methode wordt voor tientallen reservoirmodellen en duizenden bodemdalingsmodellen de bodemdaling berekend. Dit wordt getoetst aan de gemeten bodemdaling in tijd en ruimte. Op basis van deze toetsing geeft de rekenmethode aan welke modellen in meer of minder waarschijnlijke mate de metingen beschrijven. Elk jaar wordt de methode verder verfijnd, o.a. op basis van de terugkoppeling op vorige rapportages.

Toetsingskader 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.

De bodemdaling door gaswinning 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'. Het areaal en de kwaliteit van de wadplaten zijn beschermd, waarbij de kwaliteit wordt uitgelegd als de 'structuur en functie' van de wadplaten.

Eén van de belangrijkste functies van de wadplaten is die van foerageergebied voor wadvogels. Bepaalde vogelsoorten, vissen en zoogdieren vormen 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' (buitendijks). De invloed van die bodemdaling op de natuurlijke ontwikkeling van deze kwelder wordt daarom gemonitord. Hierbij is er specifiek aandacht voor de beschermde habitattypen 'Zilte schorren' en 'Zilte graslanden buitendijks'. Op basis van de evaluatie van het monitoringprogramma is een jaarlijkse meting van de oppervlakte pioniervegetatie, die zeewaarts van de kwelder op het wad is ontstaan, standaard in het programma opgenomen.

De Ameland-kwelders 'Het Neerlands Reid' en 'De Hon' worden sinds de start van de gaswinning bij Ameland (1986) gemonitord. De resultaten van deze monitoring worden eens per zes jaar gerapporteerd, maar zijn geen onderdeel van deze rapportage. De eerstvolgende 6-jaarsrapportage Monitoring Bodemdaling Ameland wordt naar verwachting eind 2023 gepubliceerd.

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. Dit gebied is echter onderhevig aan verzuivering en verdroging. Het natuurbeheer is erop gericht de vegetatie in bepaalde deelgebieden kort te houden en op het verbeteren van de situatie voor moerasvogels. Mochten er effecten van bodemdaling door gaswinning in het Lauwersmeergebied optreden, dan wordt verwacht dat deze effecten klein zijn en mogelijk ook passen binnen de beheerdoelstellingen voor het gebied.

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. De huidige monitoring in het gebied richt zich op de broedvogels, op mogelijke veranderingen in de vegetatie die daaraan ten grondslag kunnen liggen en de daarvoor verantwoordelijke oorzaken, zoals bodemdaling door gaswinning.

Het 'hand aan de kraan'-principe

Een vergunning onder het 'hand aan de kraan'-principe houdt in dat, op basis van monitoring, jaarlijks wordt beschouwd of aan vergunningseisen wordt voldaan. Voor bodemdaling door gaswinning is een specifiek toetsingskader ontwikkeld. Hierin mag de gemiddelde bodemdaling, in cumulatie met de zeespiegelstijging, niet meer bedragen dan een vastgestelde grens.

Wanneer metingen en berekeningen uitwijzen dat deze grens dreigt te worden overschreden, legt de NAM de hand aan de gaskraan zodat toekomstige bodemdalingssnelheden weer binnen de toegestane marge passen. Ook de Minister van Economische Zaken en Klimaat kan daartoe besluiten.

In de ecologische monitoring wordt een aantal natuurlijke kenmerken van het gebied gevolgd in de tijd. Deze kenmerken zijn zodanig gekozen dat deze zo goed als mogelijk de beschermde natuurdoelen beschrijven, waarvoor geldt dat effecten van bodemdaling door gaswinning niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Het zijn kenmerken die afhankelijk zijn van de hoogteligging van de wadplaten en de kwelder op het wad en van de grondwaterstanden en het meerpeil in het Lauwersmeergebied.

Deze beschermde natuurdoelen zijn classificierend in het kader van de Wet Natuurbescherming. Wanneer uit de monitoring blijkt dat een classificierend natuurdoel een negatieve ontwikkeling doormaakt, dienen twee vragen te worden beantwoord:

1. Kan aannemelijk worden gemaakt dat er geen relatie is met bodemdaling door gaswinning?
2. Is er sprake van significante schade aan dit natuurdoel?

De eerste vraag is de verantwoordelijkheid van de NAM. De tweede vraag is ter beoordeling van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Op basis van die beoordeling kan dat ministerie, of het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, de NAM opdragen de gasproductie zodanig te reduceren dat er zo spoedig mogelijk herstel optreedt. Dit zal mogelijk gepaard gaan met een aanvullende monitorings- en/of onderzoeksinspanning.

Het sedimentdelend systeem Waddenzee - Noordzeekustzone

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 zand naar de geulen. De vorm van het gebied (geomorfologie) past zich daarmee voortdurend aan, onder invloed van die getijdenstroming. Die stroming varieert dagelijks als gevolg van maanstanden (getij) en weersinvloeden (golven en richting).

We spreken dan ook van een dynamisch evenwicht. Op de korte termijn overheerst die dynamiek de kleine invloeden, zoals de zeespiegelstijging en de bodemdaling door gaswinning. Echter, als dit niet door een aanvullende sedimentimport in de Waddenzee gecompenseerd wordt, leidt dit op de lange termijn tot het steeds korter droogvallen van de wadplaten.

De vergunningen die aan NAM zijn verleend om het aardgas onder de Waddenzee te mogen winnen, gaan ervan uit dat bovenstaande niet optreedt. Dit werkt als volgt.

De zeespiegelstijging en de bodemdaling door de gaswinning bedragen samen enkele millimeters per jaar. Dat lijkt weinig, maar rekening houdend met de oppervlakte van een kombergingsgebied gaat het ieder jaar om een relevant volume. Deze afname treedt gestaag op en beïnvloedt het hydrodynamisch evenwicht: er ontstaat een situatie waarin er gemiddeld meer zeewater het gebied in- en uitstroomt, waardoor er gemiddeld ook meer sediment vanuit de Noordzeekustzone wordt aangevoerd. Dit wordt ook wel 'zandhonger' genoemd. Door die toename van sedimentaanvoer naar het wad kunnen de wadplaten meegroeien met de zeespiegelstijging en de bodemdaling door gaswinning. Dit wordt aangeduid met het 'meegroeivermogen' van de Waddenzee.

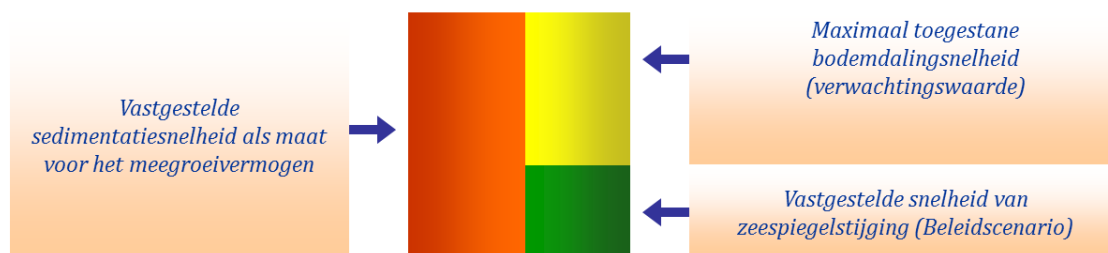
De vraag is hoe groot dat meegroeivermogen feitelijk is. Hoeveel zandhonger kan er optreden voordat de aanvoersnelheid en -capaciteit niet meer toereikend is en daardoor de droogvalduur van de wadplaten beïnvloed wordt?

De afgelopen twintig jaar zijn er verschillende studies uitgevoerd naar het meegroeivermogen van de Waddenzee. Dit werk bestond uit analyses van historische sedimentatiesnelheden en modelstudies. Recente analyses schatten het maximale meegroeivermogen van de beide kombergingen in het oostelijke deel van de Waddenzee hoog in. Voor de Zoutkamperlaag komen de onderzoekers tot een meegroeivermogen van 17,1 mm per jaar en voor het relatief kleine Pinkegat is dat zelfs 32,7 mm per jaar (Van der Spek, 2018).

In het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee is vastgelegd dat er van een relatief laag meegroeivermogen dient te worden uitgegaan. Voor kleine kombergingen, zoals het Pinkegat, is dat 6 millimeter sediment per jaar en voor grotere kombergingen, zoals de Zoutkamperlaag, is dat 5 millimeter sediment per jaar.

Deze sedimentatiesnelheden worden naast meegroeivermogen, ook wel de ‘natuurgrenzen’ genoemd. Ze worden als veilige grenzen beschouwd door de conservatieve vaststelling. De som van de verwachte snelheid van zeespiegelstijging en de verwachte bodemdaling door gaswinning mag niet meer bedragen dan het meegroeivermogen (Figuur 2). Als die som deze natuurgrens overschrijdt of dreigt te overschrijden binnen de periode waarvoor het zeespiegelstijgingsscenario is vastgesteld, dan dient NAM haar gasproductie zodanig aan te passen dat dit hersteld wordt. In het Meet- en Regelprotocol (NAM, 2021) is vastgelegd hoe NAM jaarlijks vaststelt of de gasproductie aan deze eis voldoet.

In december 2021 publiceerde TNO (Geologische Dienst Nederland) een uitvoerig artikel: “Verdrinkt het Nederlandse wad? - Hand aan de Kraan en Meegroeivermogen”. Hierin wordt op basis van o.a. de bovenstaande onderzoeken en het rapport van het Adviescollege ‘Hand aan de Kraan’ (2021) gereflecteerd op het conservatief gestelde meegroeivermogen en de waargenomen sedimentaanvoer. TNO stelt dat er de afgelopen decennia zoveel sediment werd afgezet, dat er op het wad eerder sprake is van een verondieping en verlanding dan van een ‘verdrinking’ van het wad. De onderzoekers zijn van mening dat de gehanteerde waarden voor het meegroeivermogen in het Hand aan de Kraan-principe aangepast moeten kunnen worden.



Figuur 2. De som van bodemdalingssnelheid en zeespiegelstijgingsnelheid mogen de vastgestelde sedimentatiesnelheid (meegroeivermogen) niet overschrijden (conceptuele weergave).

Ecologische monitoring

De NAM voert naast het Meet- en Regelprotocol ook een Monitoringprogramma uit (NAM, 2022). In dit monitoringprogramma wordt voor de wadplaten gekeken naar de ontwikkeling van het areaal wadplaten, erosie- en sedimentatieprocessen en naar de draagkracht van het gebied voor vogels die op de wadplaten foerageren.

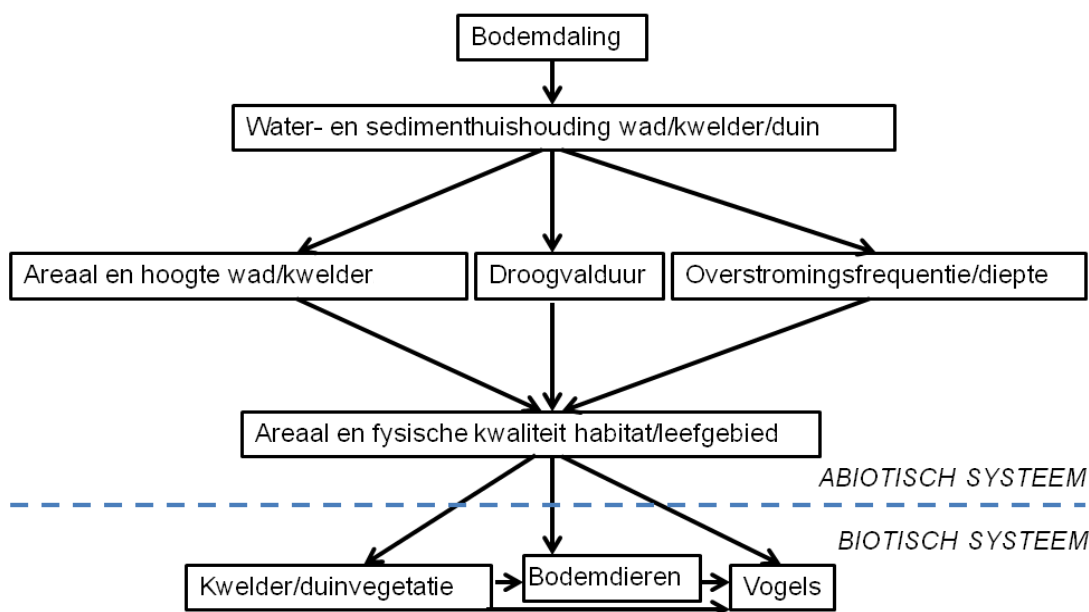
Daarnaast zijn ook voor de buitendijkse kwelder de Peazemerlannen en het Lauwersmeergebied monitoringsprogramma's opgesteld. Het doel van die monitoring is te controleren of er, zoals verwacht, geen nadelige ontwikkeling van instandhoudingsdoelen optreedt. Indien dit wel wordt vastgesteld, dient aangetoond te worden of dit wel of niet het resultaat is van bodemdaling door gaswinning. Het huidige Monitoringprogramma 2020-2026 is te vinden op [Onderzoeksrapportages Wadden | NAM](#).

Het Monitoringprogramma kan jaarlijks, mede op basis van adviezen van de Auditcommissie worden aangepast. Iedere zes jaar wordt het programma geëvalueerd: in 2013 heeft de eerste evaluatie plaatsgevonden en in 2019 de tweede (NAM, 2019). In 2021 heeft de Auditcommissie het

Monitoringsprogramma 2020-2026 beoordeeld; merCie-advies 3551 (2021). In 2025 zal de derde evaluatie op Monitoringsprogramma worden uitgevoerd.

Voor het vaststellen van het Monitoringprogramma is een zogenaamde effectketenbenadering gevolgd. Deze 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 doelsorten.

De effectketens zijn voor de onderdelen wadplaten, kwelder en Lauwersmeergebied schematisch weergegeven in Figuur 3. Analyse van de gegevens conform de effectketenbenadering vindt plaats in de rapporten van Duijns *et al.* (2023), Van Duin (2023) en Kleefstra *et al.* (2023). Voor de wadplaten zijn de resultaten verdeeld over meerdere rapporten en komen samen in deze integrale rapportage.



Figuur 3. 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 beleidsdoelen vaak niet direct meetbaar zijn, volgt er in de tweede kolom van de tabel een technische, meet- of berekenbare definitie van het beleidsdoel. De tabel geeft ook een overzicht van de onderdelen van het Monitoringprogramma en waar die bijdragen aan het kunnen meten van het betreffende beleidsdoel. De meeste van die doelen zijn instandhoudingsdoelen uit de Wet Natuurbescherming, Aanwijzingsbesluit Waddenzee en Aanwijzingsbesluit Lauwersmeergebied. Ook zijn er doelen opgenomen uit de Structuurvisie voor de Waddenzee en wordt er gerefereerd aan de voorwaarden die het Rijksprojectbesluit stelt aan gaswinning onder de Waddenzee.

Tabel 2 toont de specifieke monitoringsonderdelen in het Monitoringsprogramma 2020-2026, waarbij het meetbereik en de frequentie staan weergegeven. Voor meer detaillering met betrekking tot de meetgebieden en meetpunten wordt verwezen naar Monitoringsprogramma 2000-2026 (NAM, 2021); te raadplegen via: <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/wadden/nl/308dca8d-053c-4863-b9c9-d66ee28da370>

Tabel 1. Overzicht van de monitoringsonderdelen in relatie tot de beleidsdoelen.

BELEIDSDOEL	TECHNISCHE OMSCHRIJVING	MONITORINGSONDERDEEL
1) Meegroeivermogen Waddenzee Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschrijden of dreigen te overschrijden	Belasting van de gebruiksruimte: 6-jarig voortschrijdend gemiddelde van de gemiddelde (ruimtelijk) bodemdalingssnelheid voor het gehele Pinkegat of Zoutkamperlaag.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meetcampagnes voor diepe bodemdaling op land. ▪ Meetcampagnes voor diepe bodemdaling op het wad.
2) Waddenzee (wadplaten) Behoud oppervlakte slik- en zandplaten Zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van waterbewegingen en de hiermee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen	Areaal wadplaten tussen -50 cm en 160 cm NAP. Sedimentatie en erosie van wadplaten in en buiten bodemdalingsgebieden.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LiDAR surveys wadplaten. ▪ Hoogtemetingen sediment grids op het Wad (waterpassen en GNSS). ▪ Spijkermetingen.
3) Waddenzee (wadplaten) Behoud van omvang en kwaliteit wadplaten als foerageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels	Oogstbare hoeveelheid voedsel per tij voor Natura 2000-doelsoorten. Areaal geschikt foerageer habitat voor Natura 2000-doelsoorten.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SIBES (bodemdieren in en op de wadplaten). ▪ MOSKOK schelpdiermonitoring. ▪ LiDAR survey wadplaten. ▪ Waterstanden Waddenzee. ▪ Litorale mosselbanken survey. ▪ Vogeltellingen op HVP's (hoogwatervluchtplaatsen). ▪ Vogeltellingen vliegroutes.
4) Kwelders Waddenzee Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras	Areaal en ontwikkeling kweldervegetatietypen volgens de SALT97 typologie (Peazemerlannen). Areaal pioniervegetatie (Peazemer wad). Hoogteontwikkeling kwelder. Overstromingsfrequentie/-duur kwelder (Peazemerlannen).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vegetatieopnames. ▪ SEB / opslibingsmetingen. ▪ Diepteloggers t.b.v. het meten van overstromingsfrequentie.
5) Lauwersmeergebied Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels	Areaal geschikt broedhabitat voor Natura 2000-doelsoorten. Vegetatieontwikkeling.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hoogtemetingen maaiveld. ▪ Vegetatieopnames. ▪ Grondwaterstanden en grondwaterchemie. ▪ Vegetatiestructuuroopnames. ▪ Broedvogeltellingen. ▪ Vegetatiebeheer. ▪ Waterstanden.

Tabel 2. Overzicht monitoringsonderdelen als beschreven in het Monitoringsprogramma 2020 – 2026.

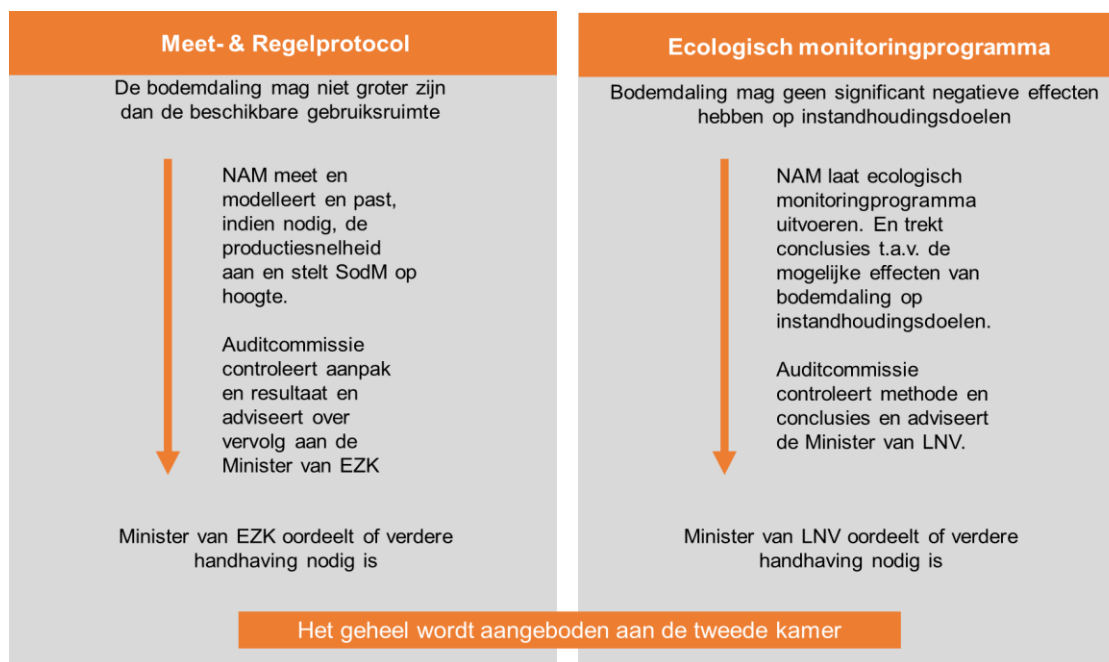
MONITORINGONDERDEEL	RUIMTELIJKE KENMERKEN /RESOLUTIE	MEETFREQUENTIE
Waterpassingen en/of InSAR op land.	Noordoost Friesland en de eilanden.	1x per 3 jaar.
GNSS-metingen.	Peilmerkclusters verspreid over het Friese Zeegat en Lauwersmeergebied.	1x per 3 jaar.
Continue GNSS-metingen.	Op land, nabij de centra van de Bodemdalingskommen.	Continu.
Waterpassingen op het wad.	Bij de GNSS-peilmerkclusters	Identiek aan de GNSS-metingen.
LIDAR wadplaten.	Vlakdekkende meting van het Friese Zeegat.	1x per jaar.
Spijkermetingen.	Op relatief hooggelegen stabiele delen van het wad.	5x per jaar.
Bodemdiereninventarisatie (SIBES).	500x500 meter grid.	1x per jaar.
Bodemdiereninventarisatie (MOSKOK).	Vaste raaien.	1x per jaar.
Bodemdiereninventarisatie (Litorale mosselbanken).	Gebiedsdekkend.	1x per jaar.
Waterstanden.	Meetpalen Nes en Lauwersoog.	Continu.
Vogeltelling (hoogwatervluchtplaatsen in telvakken).	Kust Friese Zeegat.	6x per jaar.
Kwelder vegetatietypen (VIBEG).	Vlakdekkend.	1x per 6 jaar.
Kwelder vegetatieopname (PQ-metingen).	40 PQ's verspreid over de Peazemerlannen.	1x per jaar.
Opslibbing kwelder (SEB-metingen).	Bij de 40 PQ's verspreid over de Peazemerlannen.	2x per jaar.
Kartering oppervlakte pionierszone kwelders.	Contour.	1x per jaar.
Vegetatiestructuuropname Lauwersmeergebied (luchtfoto-analyse).	Vlakdekkend voor het Lauwersmeergebied.	1x per 3 jaar.
Vegetatiestructuuropname Lauwersmeergebied (transectmetingen in het veld).	10 transecten, verspreid over het Lauwersmeergebied.	1x per jaar.
Vegetatieopname Lauwersmeergebied (PQ-metingen).	100 PQ's verspreid over het Lauwersmeergebied	1x per jaar.
Grondwaterstanden Lauwersmeergebied (loggers in peilbuizen bij PQ's).	Peilbuizen bij de PQ's, verspreid over het Lauwersmeergebied.	Continu.
Grondwaterchemie Lauwersmeergebied.	Uit peilbuizen bij de PQ's verspreid over het Lauwersmeergebied.	1x per jaar.
Meerpeil Lauwersmeergebied.	Loggers op enkele plekken in het meer.	Continu
Muizeninventarisatie.	Enkele raaien Lauwersmeergebied.	1x per jaar.
Broedvogelmonitoring.	Vlakdekkend in B.P.M. proefvlakken in het Lauwersmeergebied.	8x per broedseizoen.

Organisatiestructuur monitoring, rapportage, beoordeling

Jaarlijks worden monitoring- en onderzoeksrapportages, inclusief deze integrale samenvatting, aangeboden aan de Ministers van Economische Zaken en Klimaat en van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (zie ook Figuur 4). De ministers vragen ieder jaar advies over de rapportages van NAM aan de onafhankelijke wetenschappelijke Auditcommissie Gaswinning Waddenzee (onderdeel van de Commissie voor de milieueffectrapportage). Het advies van de Auditcommissie is openbaar en wordt gepubliceerd op de website van de Commissie voor de m.e.r.

Het oordeel van de Auditcommissie bevat doorgaans een aantal adviezen ten aanzien van de monitoring en data-analyse. De NAM volgt deze adviezen zo accuraat mogelijk op. In de volgende paragraaf staat een overzicht van de adviezen uit 2022 over het rapportagejaar 2021. Daarbij wordt ook aangegeven hoe de NAM - in afstemming met de onderzoekers - invulling aan deze adviezen heeft gegeven in het rapportagejaar 2022.

De monitoringsrapportages worden ook met de leden van de *Commissie Waddengas 2006* gedeeld. Deze commissie bestaat uit belanghebbenden zoals de regionale overheden, gebiedsbeheerders en NGO's. De jaarrapportages worden in deze commissie besproken, waarbij wordt geoordeeld over de kwaliteit van de rapportages. De Commissie Waddengas 2006 rapporteert haar bevindingen aan de Minister van LNV.



Figuur 4. Organisatie- en handhavingstructuur rond monitoring en rapportage in het kader van de gaswinning onder de Waddenzee.

Opvolging Advies Auditcommissie voor rapportagejaar 2022

Tabel 3 bevat de opsomming van de adviezen van de Auditcommissie en hoe deze zijn opgevolgd in de onderzoeken en rapportages over het rapportagejaar 2022. Het gehele advies van de Auditcommissie over rapportagejaar 2021 is te vinden op de website van de Commissie voor de m.e.r.: <https://www.commissiemer.nl/adviezen/3655>.

Tabel 3. Overzicht adviezen Auditcommissie en reactie c.q. opvolging daarvan door de NAM en onderzoekers.

NO.	ADVIES VOOR 2022 RAPPORTAGES	REACTIE / OPVOLGING
ALGEMEEN		
1	Aangeven dat de dynamiek van het wadoppervlak wordt bepaald door de som van diepe bodemdaling, ondiepe bodemdaling en erosie-en sedimentatieprocessen aan het wadoppervlak. Dit maakt naar verwachting de link met de LiDAR-metingen, waterpassingen en spijkermetingen duidelijker.	Dit wordt weergegeven in het rapport van Deltares.
2	De woorden 'diepe bodemdaling' en 'oppervlaktedaling' consequenter gebruiken, zodat helder is wat waar bedoeld wordt.	Wordt consistent doorgevoerd in de Integrale Beoordeling over 2022.
3	In tabel 2, waarin een overzicht wordt gegeven van de verschillende monitoringsonderdelen, een extra kolom toe te voegen en daarin aan te geven wanneer en waar wordt gemeten. Daarvoor kunnen de gegevens uit het meetregister voor het SodM gebruikt worden'.	Voor meer detaillering met betrekking tot de meetgebieden en meetpunten wordt verwezen naar Monitoringprogramma 2000-2026 (NAM, 2021); te raadplegen via: https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/wadden/nl/308dca8d-053c-4863-b9c9-d66ee28da370
MORFOLOGIE		
4	Ga voor de analyse van de LiDAR-data, vanwege haar grotere representativiteit, uit van de referentiedataset uit 2019.	Dit advies is opgevolgd in het Deltares rapport tm rapportagejaar 2022.
5	Ga na in hoeverre drones bruikbaar zijn en boven de Waddenzee ingezet kunnen worden als aanvulling op de LiDAR-metingen.	De opvolging van dit advies is nader uitgewerkt in Bijlage 1. Op basis van de huidige kennis en ervaringen wordt de toegevoegde waarde van drone-metingen als aanvulling op de huidige LiDAR metingen nog niet gezien. Het detailniveau van morfologische effecten is tevens onderzocht in de LiDAR analyse door Deltares, gebruikmakend van de LiDAR data zelf en de kartering van mossel- en oesterbanken van Wageningen Marine Research (WUR). Ook is onderzocht of de resolutie van de LiDAR grids effect heeft op de bepaling van het droogvallend plaatareaal.

ECOLOGIE		
6	De Auditcommissie adviseert nog een stap in het beslisschema in te bouwen waarbij er, naast het ontbreken van duidelijke trends in vogelaantallen en draagkracht, wordt geconcludeerd dat er 'geen aanwijzingen zijn dat er een oorzaak ligt in de diepe bodemdaling'.	Het inbouwen van een aanvullende stap bleek (nog) niet mogelijk zonder de toepasbaarheid voor het Lauwersmeergebied te beïnvloeden. Specifiek voor de beoordeling van de Wadvogels zullen – zoals vorig jaar al 'gepiloted' – twee beslisschema's doorlopen worden.
7	De SEM-methodiek zal, vanwege de complexiteit ervan, over een periode van drie jaar stapsgewijs geïmplementeerd worden, zo is aangegeven. De Auditcommissie ondersteunt dit voornemen. Zij adviseert in de komende rapportage globaal aan te geven hoe de vervolgstappen er uit gaan zien.	In de analyse van volgend jaar zal onderzocht worden of naast voedsel ook de sedimentsamenstelling een rol speelt bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee. Ook zal de SEM-aanpak benut worden om na te gaan of er geschiktere referentiegebieden kunnen worden aangewezen dan de huidige 'overige Waddenzee' en zullen meer soorten aan de analyse toegevoegd worden. Ook zal geëvalueerd worden voor welke soorten deze aanpak geschikt of minder geschikt is.
8	Door prioritering van gebieden binnen de SIBES-dataset kan de analyse-inspanning mogelijk worden verkleind. De Auditcommissie acht een scherpere afbakening van de referentiegebieden voor benthos zinvol.	De NAM zal dit gezamenlijk met Sovon nader gaan bespreken met het NIOZ. De referentiegebieden vallen niet onder het huidige monitoringscontract. Mogelijk dient dit dan ook met de opdrachtverleners voor het overige deel van het Waddengebied besproken te worden.
9	Geef aan hoe bij de interpretatie van de monitoringsresultaten rekening wordt gehouden met de aanpassing van het beheer en de inrichting van de kwelder Paezemerlannen die het Fryske Gea nu doorvoert.	De meeste monitoringspunten bevinden zich buiten de delen van de kwelder waar de 'ingrepen' in het gebied en de aanpassing van beheer plaatsvinden. Ook zullen, na het voltooiën van de herinrichting, drie eerder beschadigde SEB-palen in de zomerpolder vervangen worden.
10	Geef een nadere onderbouwing waarom de vastgestelde maaiveldaling in het Lauwersmeergebied maar ten dele het gevolg is van diepe bodemdaling.	In voorgaande jaren is vastgesteld dat er meerdere factoren van invloed zijn op de maaiveldhoogte. In de 2022 Lauwersmeer-rapportage, hoofdstuk 3 en 4, komt het effect van de verschillende factoren nader aan bod.
ONZEKERHEID ZEESPIEGELSTIJGING		
11	De Auditcommissie adviseert de minister aan te geven welke gevolgen de onzekerheid in de nieuwste voorspelling van de zeespiegelstijging heeft voor de gebruiksruimte die is vastgelegd in het instemmingsbesluit. Indien de resultaten daarvan op tijd beschikbaar zijn, adviseert zij deze te betrekken in de rapportage van de NAM over het meetjaar 2022.	Begin 2023 heeft de NAM een wijziging van het Instemmingsbesluit van het ministerie van EZK ontvangen, met daarbij de Vaststelling van de Gebruiksruimte voor de komende 5 jaar. Hierin wordt het zeespiegelstijging scenario gehandhaafd dat door de adviescommissie in 2021 is geadviseerd.

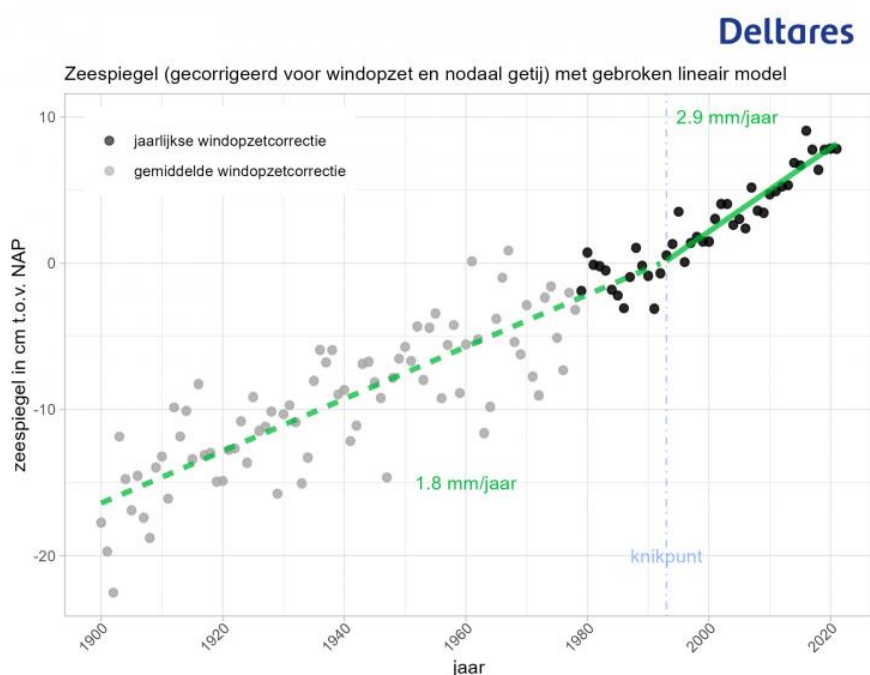
Ontwikkelingen 2022 – relevant voor het Waddengebied en de monitoring

Zeespiegelstijging en toekomstige scenario's

In opvolging van het advies van het Tijdelijk Adviescollege 'hand aan de kraan' (2021), heeft het ministerie van EZK de NAM verzocht om in de jaarlijkse MLV-rapportage ook aandacht te besteden aan de laatste inzichten m.b.t. de zeespiegelstijging en toekomstige scenario's. Daarbij werd verwezen naar de updates van de Zeespiegelmonitor, welke wordt gepubliceerd door Deltares.

In 2022 zijn meerdere studies verschenen waarin werd aangegeven dat in de Nederlandse kustwateren waaronder de Waddenzee een versnelling van de zeespiegel werd waargenomen ten opzichte van eerdere observaties. In februari 2023 ontving de NAM van het ministerie van EZK het gewijzigde Instemmingsbesluit met de vaststelling van de Gebruiksruimte in relatie tot de MLV-gaswinning. In de Gebruiksruimte is het eerder door het Adviescollege vastgestelde zeespiegelstijging als wel het richtscenario gehandhaafd. In het Instemmingsbesluit – dat wordt afgegeven voor een periode van vijf jaar - is de conditie opgenomen dat bij separaat besluit tussentijds de gebruiksruimte opnieuw vastgesteld kan worden, indien nieuwe wetenschappelijke inzichten aanleiding geven tot een bijstelling van het dan vigerende zeespiegelstijgingsscenario. Daarnaast heeft de staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat in het Commissiedebat van 23 maart 2023 toegezegd, dat in het tweede kwartaal van 2023 de Kamer nader wordt geïnformeerd over de actualisatie van het gebruiksruimtebesluit Waddenzee.

Recent, op 27 maart 2023 is de nieuwste uitgave van de vierjaarlijkse Zeespiegelmonitoring van Deltares gepubliceerd. In de vorige twee rapportages werd nog geconcludeerd dat een constante trend, sinds 1900, de beste beschrijving geeft van de trend. In de nieuwste rapportage wordt een andere conclusie getrokken en onderbouwd. De stijging van de zeespiegel langs de Nederlandse kust - zie Figuur 5 - kan volgens de onderzoekers nu het best beschreven worden door een trend tot circa 1990 van 1.8 ± 0.1 mm/jaar, met een toename van de gemiddelde jaarlijkse stijging over de laatste 30 jaar van 2.9 ± 0.4 mm/jaar.



Figuur 5. De verandering van de zeespiegeltrend in de tijd.

Deze toename past volgens de onderzoekers bij de verwachting, op basis van de kennis over de wereldwijde stand van de zeespiegel, van een langzaam opbouwende versnelling van de zeespiegelstijging. Gesteld wordt dat voor de komende circa 15 jaar een trend van 2.9 mm/jaar een verantwoorde benadering is. De methodiek toegepast in de zeespiegelmonitor, is niet geschikt voor een berekening van de trend over de periode daarna.

Ontwikkeling gasveld Ternaard – NAM project

De NAM wil in de komende jaren een productieboring naar het gasveld Ternaard uitvoeren. Dit gasveld ligt op drie kilometer diepte ten noorden van de dorpen Ternaard en Wierum in de gemeenten Noardeast Fryslân en Ameland. Het gasveld is eerder in 1991 aangeboord. Dit heeft toen niet tot productie van het veld geleid, omdat de aangetroffen volumes economisch onrendabel werden geacht. Met de nieuwe boring zal een ander deel van het Ternaard gasveld worden aangeboord. Een klein deel van dit gasveld ligt onder land. Het grootste deel ligt onder de Waddenzee onder het kombergingsgebied 'Pinkegat'.

Als de boring succesvol is, wordt een pijpleiding aangelegd vanaf de nieuw aan te leggen productielocatie nabij Ternaard naar de bestaande NAM-locatie Moddergat. Voor meer projectinformatie, zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/gaswinning/gaswinning-ternaard>

Op de besluitvorming over gaswinning Ternaard is de Rijkscoördinatieregeling (RCR) van toepassing. Dit betekent dat de ligging en realisatie van de winningslocatie en de benodigde pijpleiding worden vastgelegd in een Inpassingsplan dat wordt vastgesteld door de Ministers van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK). In 2021 is het Ontwerpbesluit - inclusief de Passende Beoordeling en het onderliggende Milieu Effect Rapport - gepubliceerd en ter inzage gelegd. De Commissie voor de m.e.r. heeft op 6 december 2021 haar advies uitgebracht. Hierin constateert zij dat op een aantal essentiële aspecten de informatie nog aanvullingen behoeft. Haar adviezen en aanvullende aanbevelingen zijn door NAM opgevolgd in een aanvulling op het MER, welke onderdeel gaat uitmaken van het definitieve besluit. In 2022 zijn aanvullende vragen gesteld vanuit UNESCO over de onderliggende onderbouwingen over de effecten op natuur en milieu. Hiertoe zijn vertalingen aangeleverd van de MER documenten, de Passende Beoordeling behorende bij de natuurbeschermingswetgeving, alsook een vertaling de Publiekssamenvatting en Integrale beoordeling over 2021 en het advies hierover van de Auditcommissie.

In november 2022 verviel als gevolg van de 'Porthos'-uitspraak door de Raad van State de "bouwvrijstelling" met betrekking tot stikstofdepositie tijdens de aanlegfase van het project. Daarop is de NAM door het Ministerie van LNV in de gelegenheid gesteld om haar onderbouwingen aan te vullen. Hierna is door NAM een plan ingediend waarin de stikstofemissie zodanig is beperkt dat de stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden onder de drempelwaarde blijft.

Het Besluit van de Staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat wordt voorzien medio 2023.

Ontwikkeling -Programma Aansluiting Wind op Zee - Eemshaven (PAWOZ)

Het Tennet-project *Net op zee - Ten noorden van de Waddeneilanden* gaat sinds 2022 verder onder de naam: *Programma Aansluiting Wind op Zee - Eemshaven (PAWOZ)*. Dit project gaat over de netverbinding vanaf meerdere beoogde windparken op de Noordzee, ten noorden van de Waddeneilanden, naar een bestaand hoogspanningsstation in de Eemshaven (Groningen). Momenteel wordt de MER rapportage opgesteld, waarin meerdere varianten voor mogelijke tracés van de kabels worden verkend.

De NAM blijft in gesprek met het Ministerie van EZK en Tennet om de eventuele consequenties voor de monitoringspunten in en rond de kombergingen van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag, vroegtijdig in beeld te krijgen en hierop te acteren.

Beoordelingssystematiek 'hand aan de kraan'-principe

De signaleringsmetingen worden gebruikt voor het modelleren van de voedselbeschikbaarheid voor vogels op de wadplaten, de kwelders en in het Lauwersmeer. De modellen gaan uit van samenhang tussen de verschillende onderdelen van de effectketens waaruit het meetprogramma is opgebouwd.

Model Effectketen Waddenzee (wadplaten en kwelders)

I - diepe-bodemdaling → plaatoppervlak / -hoogte (sedimentatie) → habitats / voedsel → vogels

Model Effectketen Lauwersmeer

II – diepe-bodemdaling → grondwater / peilbeheer → vegetatie / voedsel → vogels

De modellen moeten helpen bij het beantwoorden van de vraag: is bij een eventuele trendmatige verandering in de omvang van populaties van beschermde soorten en/of habitats redelijkerwijs een oorzakelijk verband met bodemdaling door gaswinning uit te sluiten? Om deze vraag te beantwoorden zijn binnen het meetprogramma beslisschema's ontwikkeld voor zowel de wadplaten en de kwelders als het Lauwersmeer.

TE HANTEREN BESLISSCHEMA BESCHERMDE SOORTEN

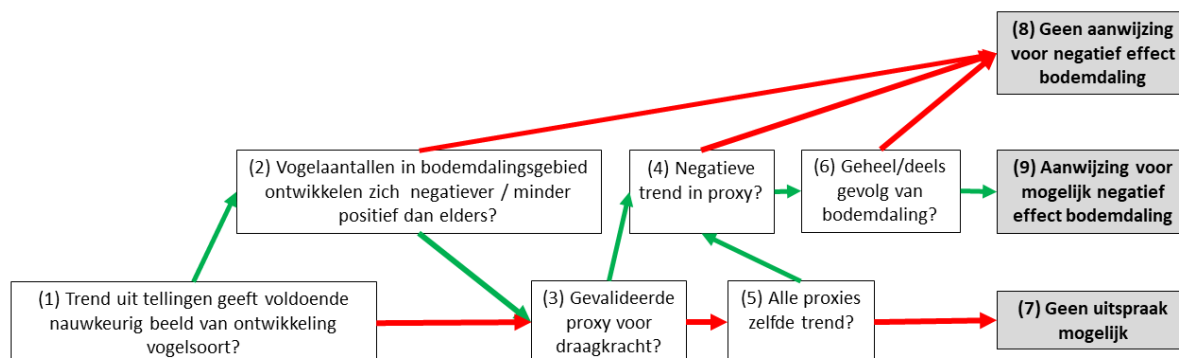
Voor de beoordeling van beschermde soorten worden in 2022 voor het eerst twee beslisschema's toegepast. Het origineel, zoals onderstaand –Tabel 4 – wordt toegepast voor de beoordeling van de ontwikkelingen in het Waddengebied en het Lauwersmeer.

Tabel 4. Beslisschema beschermde soorten – toegepast voor Waddengebied en Lauwersmeergebied.

A	Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel vogels (N2000-soorten) <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i>		
1	Negatieve trend populatieomvang beïnvloedingsgebied?	Y → 2	N → 8
2	Is de geobserveerde trend (in 1) anders dan in referentiegebieden? (indien beschikbaar/ relevant)	Y → 3	N → 8
3	Trend een bekende oorzaak? (anders dan diepe/maaiveld bodemdaling en anders dan bij 4)	N → 4	Y → 8
4	Verhoudt de trend zich tot de ontwikkeling van de draagkracht van het gebied m.b.t. specifieke functies van het gebied voor de betreffende soort? (effectketen) <i>Dit (4) is de vergelijking met berekende proxies, vegetatiestructuur, oppervlakte, ondiep water, etc. Hierbij gaat het ook om de eigenschappen van de trends: wellicht is de afname van de vogelaantallen eerder begonnen dan van de draagkracht.</i>	Y → 5	N → 8
5	Heeft de trend in de draagkracht/gebiedsfunctie een bekende of voor de hand liggende oorzaak? (anders dan bodemdaling/maaiveldaling) <i>Denk hierbij (5) aan beheer zoals begrazing, waterpeil, predatie, methodische veranderingen, etc.</i>	N → 6	Y → 8
6	Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel, is er een mogelijke relatie?) Kijk voor 6 binnen de proxies/vegetatietypen naar de bepalende parameters/ ariabelen, <ul style="list-style-type: none"> ▪ Met "richting" gaat het om het mechanisme (kan een afname worden verwacht als gevolg van bodemdaling?). ▪ Bij ruimtelijk gaat het om de ruimtelijke correlatie met bodemdaling maar ook met variatie in bodemchemie (vegetatie). ▪ Bij temporeel gaat het om het verloop van de variabele in de tijd en of dat logisch zou zijn onder invloed van bodemdaling. 	Y → 7	N → 8
7	Oordeel: een effect van bodemdaling door gaswinning niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen ('hand aan de kraan'). 		
8	Oordeel: er is geen effect van diepe bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar.		

Voor het Waddengebied wordt ook een tweede model doorlopen; de onderzoekers van Sovon hebben - in het licht van de steeds verder verbeterende signaleringsmonitoring en in parallel met het bovenstaande beslismodel - een aangepast beslisschema ontwikkeld (Figuur 6 en Tabel 5). De jaarlijkse adviezen van de Auditcommissie hebben mede geleid tot de huidige vorm zoals onderstaand weergegeven. Zo werd de wens uitgesproken dat zowel de vogeltellingen als de informatie over draagkracht beide benut en geïnterpreteerd worden in het licht van de gaswinning.

Voor het Waddengebied zullen dus twee beslismodellen doorlopen worden.



Figuur 6. Beslisschema hoe de monitoring en resultaten vertaald worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels. In de open boxen staan vragen over de monitoringresultaten en in de grijze boxen de besluitvorming. Pijlen zijn groen als het antwoord ja is en rood als het antwoord nee is.

Tabel 5. Weergave in tabelvorm van beslisschema in Figuur 6..

BESLISSCHEMA (SOVON, 2021)		
<i>Y = JA, OF BIJ TWIJFEL / N = NEE, REDELIJKERWIJS NIET</i>		
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y à 2 N à 3
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y à 3 N → 8
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	Y à 4 N à 5
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	Y à 6 N à 8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y à 4 N à 7
6	Is de negatieve trend in de proxy geheel of deels het gevolg van bodemdaling?	Y à 9 N à 8
7	Geen uitspraak mogelijk	
8	Geen aanwijzing voor negatief effect diepe bodemdaling	
9	Aanwijzing voor mogelijk negatief effect diepe bodemdaling	

TE HANTEREN BESLISSCHEMA BESCHERMDE HABITATS

Tabel 6 toont het beslisschema voor de beoordeling van de ontwikkelingen in de habitats: wadplaten en kwelders.

Tabel 6. Beslisschema beschermde habitats.

B	Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel habitattypes Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet		
1	Negatieve en duidelijke trend in oppervlakte?	Y → 2	N → 5
2	Trend anders dan in referentiegebieden? (indien van toepassing)	Y → 3	N → 5
3	Trend een bekende oorzaak? (anders dan bodemdaling door gaswinning)?	Y → 5	N → 4
4	Verhoudt de trend zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel)	Y → 9	N → 5
5	Negatieve en duidelijke trend in kwaliteit van het habitatype?	Y → 6	N → 10
6	Trend anders dan in referentiegebieden? (indien van toepassing)	Y → 7	N → 10
7	Trend een bekende oorzaak? (anders dan bodemdaling door gaswinning)? <i>Denk aan de autonome ontwikkeling, beheermaatregelen, etc.</i>	Y → 10	N → 8
8	Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel)	Y → 9	N → 10
9	Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand aan de Kraan). 		
10	Oordeel: Er is geen effect van diepe bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar.		

Rapportages

Tabel 7 geeft een overzicht van de rapporten die van belang zijn geweest voor het tot stand komen van het begrip over het meegroeivermogen van de Waddenzee, het ‘hand aan de kraan’-principe en de ecologische monitoring. In Tabel 8 staan de rapporten die in 2022 met betrekking tot het monitoringsjaar 2020 beschikbaar zijn gekomen.

Tabel 7. Overzicht relevante onderzoeken; meer rapportages zijn te vinden op www.nam.nl en www.waddenzee.nl.

RAPPORTAGE	JAAR	AUTEURS
Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee.	1998	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 en J.J. Verburgh
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 13 jaar gaswinning.	2000	K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, W.D. Eysink, M.E. Sanders, E.P.A.G. Schouwenberg, P.A. Slim, C.J. Smit, J. de Vlas en J. Wiertz
Bodemdalingstudie Waddenzee.	2004	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 18 jaar gaswinning.	2005	K.S. Dijkema, 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 en Z.B. Wang
Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning Vloedkommen van het Friesche Zeegat. Rapport Z3995.	2005	Z.B. Wang en W.D. Eysink
MER aardgaswinning Waddenzegebied vanaf locatie Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.	2006	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	K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, B. Dullo, B. Ens, M. Kersten, G. Ketelaar E. Koppenaar, J. Krol, K. Rappoldt, P. Slim en Z.B. Wang
Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruiksruimte.	2017	Z.B. Wang, J. Cleveringa en A. Oost.
Monitoring effecten bodemdaling op Oost-Ameland, Evaluatie na 30 jaar monitoring.	2017	Begeleidingscommissie Bodemdaling Ameland
Ontwikkelingen van de Nederlandse Waddenzee bekkens tot 2100: De invloed van versnelde zeespiegelstijging en van bodemdaling op de sedimentbalans - een synthese.	2018	A. Van der Spek
De toekomst van Hand aan de Kraan - omgaan met onzekerheden.	2021	Adviescollege Hand aan de Kraan Waddenzee
Verdrinkt het Nederlandse wad? Hand-aan-de-kraan en meegroeivermogen.	2021	C. Fruijtjer, M. Wilpshaar en J. Breunese (TNO)
Zeespiegelmonitor 2022, Versie 1.0, 27-03-2023, definitief	2023	W. Stolte, F. Baart, S. Muis, M. Hijma, M. Taal (Deltares), D. Le Bars, S. Drijfhout (KNMI)

Tabel 8. Rapportages monitoringsjaar 2021 De LTS rapportages zijn beschikbaar op de NAM website www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden.html

MONITORINGONDERDEEL	ORGANISATIE	RAPPORTAGE
Waddenzee		
Diepe bodemdaling	NAM	Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2022. NAM rapport EP202303212588 (2023)
Hoogteligging/arealen en sedimentatie-erosie van wadplaten	Terratec	Waddenzee - LiDAR acquisition for 2022 (2023) Terratec-report 41700
	Deltares	Gawehn M (2023) Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2022)
	Natuur Centrum Ameland	Krol J (2023) Sedimentatiemetingen op het wad van Ameland, Peasens. Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog - Rapport 2022
Voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid voor wadvogels	Sovon NIOZ Wageningen Marine Research Ecocurves	S. Duijns, K. Troost, E. Van Winden, H. Schekkerman, K. Rappoldt, Nienhuis, E.O. Folmer (2023) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - Rapportage t/m monitoringjaar 2022. Sovon-rapport 2023/35
Kwelder		
Sedimentatie en vegetatie-ontwikkeling	Artemisia	W. Van Duin (2023) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en referentiegebieden - Jaarrapport 2022. Artemisierapport 2023-01
Lauwersmeer		
Vogelaantallen, vegetatie-ontwikkeling en draagkracht voor doelsoorten	Sovon Altenburg& Wymenga Buijs	R. Kleefstra, N. Beemster, W. Bijkerk, M. Terpstra, R. Buijs, P. de Boer, M. Bekkema, W. van Manen, J. Stahl (2023) Analyse van de effecten van bodemdaling op hydrologie, vegetatie, muizen en vogels in het Lauwersmeer in 2022. Sovon-rapport 2023/26 // A&W rapport 22-198

Gasproductie in 2022



Een overzicht van de cumulatieve gasproductie per veld tot en met 31 december 2022, alsmede de geplande en actuele productie in het jaar 2022, wordt in Tabel 9 weergegeven.

De totale gasproductie uit de velden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen in 2022 bedroeg 660 miljoen Nm³. Dat is lager dan de voorspelling in het winningsplan voor het productiejaar 2022, als ook in vergelijking met het geproduceerde volume in 2021 (827 miljoen Nm³). Het veld Vierhuizen-Oost heeft evenals in 2021 niet geproduceerd. Hetzelfde geldt voor de put in het veld Lauwersoog-Oost. Er wordt onderzocht hoe productie uit deze velden hervat kan worden.

Tabel 9. Productie per gasveld tot en met 31/12/2022. Aantallen in 10⁶ Nm³.

Veldnaam	Cumulatieve productie Waddengasvelden t/m 2022	Geplande productie in 2022 (volgens winningsplan*)	Actuele productie in 2022
Nes	12.214	577	418
Moddergat	5.070	121	172
Lauwersoog-C	142	8	3
Lauwersoog-West	1.791	49	67
Lauwersoog-Oost	2.415	60	0
Vierhuizen-Oost	1.628	0	0
Totaal	23.260	815	660

*Afwijking van de actuele productie t.o.v. de winningsplanvoorspelling valt binnen de toegestane bandbreedte.

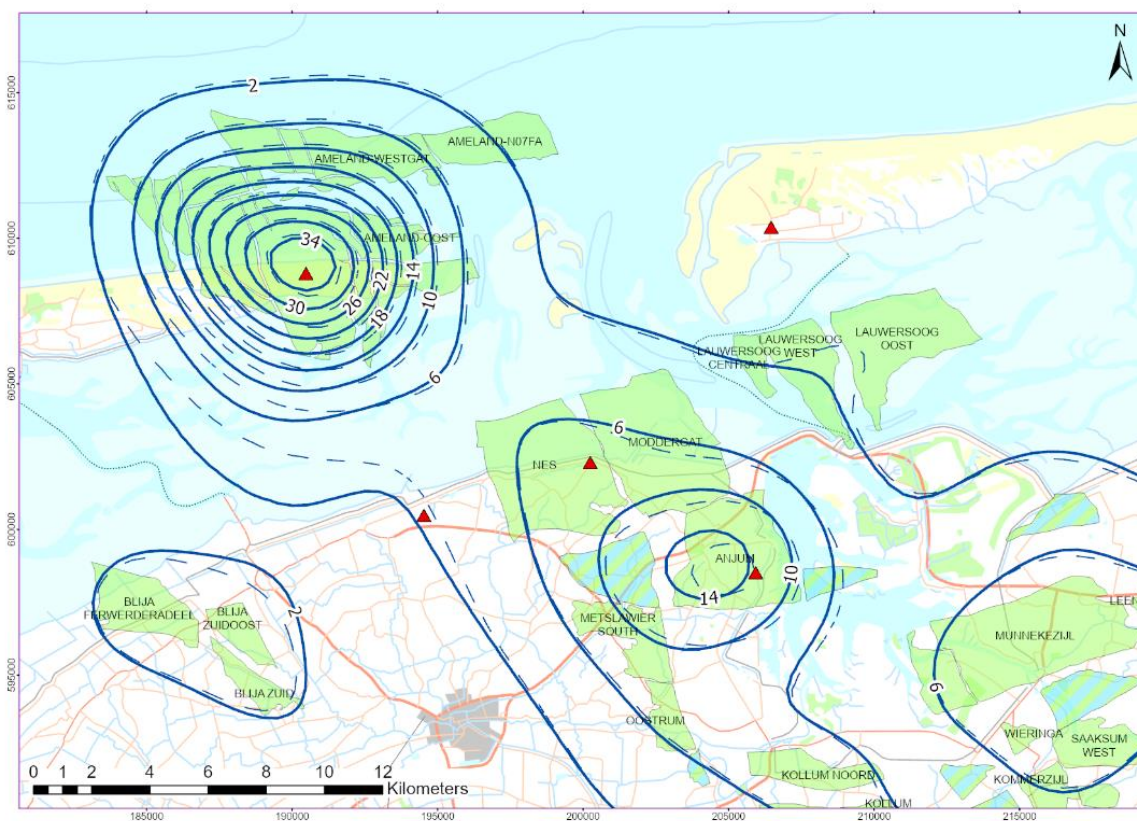
Monitoring Waddenzee

Bodemdaling Wadden- en Lauwersmeergebied

In het NAM-rapport (2023) 'Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2022' worden de resultaten en conclusies besproken van de 2022 Meet- en regelcyclus volgens het geldende Meet- en regelprotocol.

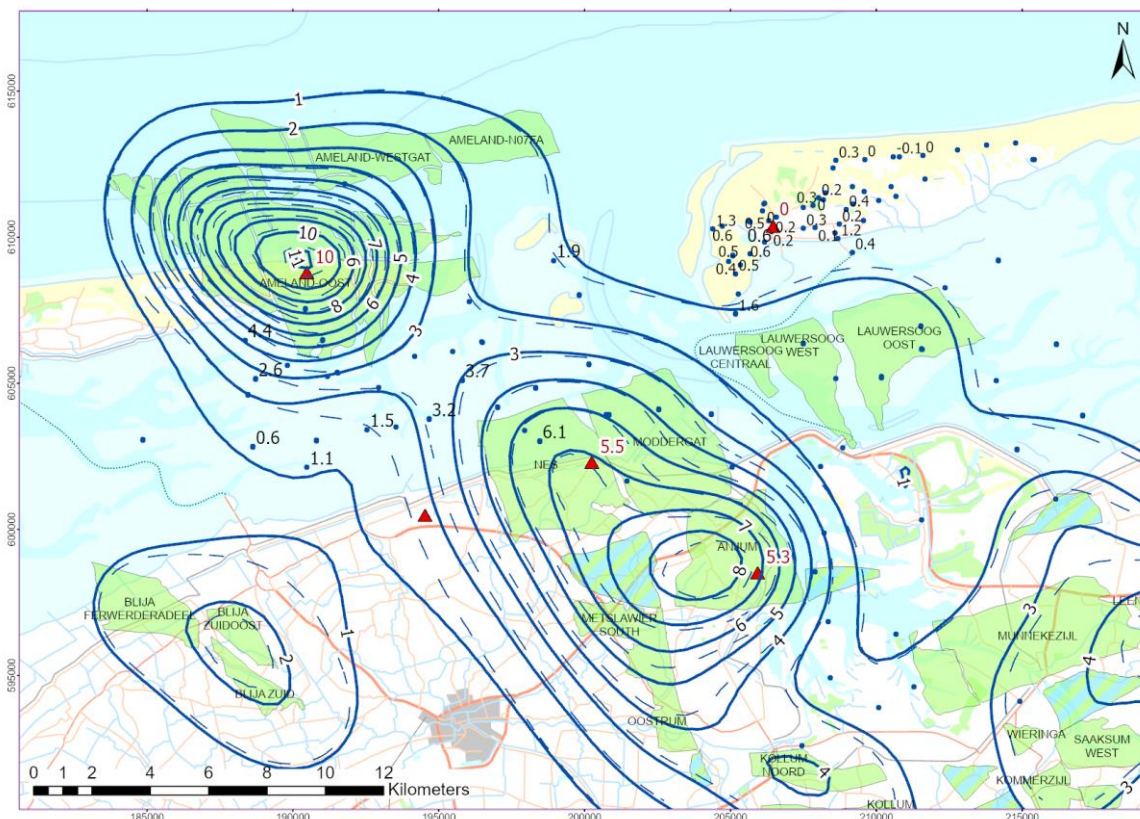
De belangrijkste opgave in deze rapportage is het berekenen van de belasting op de kombergingen als gevolg van de bodemdaling door gaswinning, om daarmee te beoordelen of deze belasting binnen de vastgestelde gebruiksruimte blijft. Om die belasting te berekenen wordt jaarlijks de bodemdaling gemodelleerd en geverifieerd met geodetische metingen (waterpas-, GNSS- (Global Navigation Satellite System, GPS) en InSAR-metingen). In 2022 zijn GNSS campagne- en continue metingen uitgevoerd. De meest recente analyse en rapportage van vlakdekkende InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) metingen is van 2021.

In Figuur 7 is de bodemdaling sinds de start van de gasproductie in het gebied - in de confrontatie workflow tussen geodetische metingen en geomechanische modellen - zichtbaar gemaakt in de vorm van contourlijnen. Hierin is ook de invloed van de gaswinningen uit de omliggende velden zoals Ameland, Anjum en Blija meegenomen.



Figuur 7. Totale bodemdaling in cm (status modelcontour in blauw: 1-1-2023) sinds de start van de gaswinning in het gebied (1986). De gestreepte contouren geven de bodemdaling op 1-1-2022 volgens de M&R-rapportage over 2021. De rode driehoeken geven de posities van de GNSS stations aan.

Figuur 8 presenteert de bodemdaling in het gebied sinds 2006, omdat toen met de productie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is gestart.



Figuur 8. Bodemdaling in cm (status modelcontour: 1-1-2023) door gaswinning sinds de nulmeting in de Waddenzee in 2006. In blauw de contouren van de gemodelleerde bodemdaling volgens de het verwachte scenario. De gestreepte contouren geven de bodemdaling van 2021 (1-1-2022) weer zoals getoond in de M&R-rapportage over 2021. De blauwe punten met label in de Waddenzee representeren de peilmerken met de gemeten hoogteverschillen vanaf 2006 (nulmeting Waddenzee) tot de laatst uitgevoerde meting in juni 2022. De blauwe punten met label op Schiermonnikoog representeren de peilmerken met gemeten hoogteverschillen tussen 2006 en 2021. De rode waarden geven de daling aan van de permanente GNSS-stations in de periode feb. 2007- dec. 2022.

De continue GNSS-metingen worden gerepresenteerd door de rode driehoeken in Figuur 8. Deze bevinden zich op de locaties Ameland, Moddergat, Ameland-Nes, Ternaard en Anjum. Deze metingen hebben een signaalfunctie om veranderingen in het verloop van de bodembeweging tijdig te kunnen signaleren binnen het interval (3 jaar) van de vlakdekkende metingen.

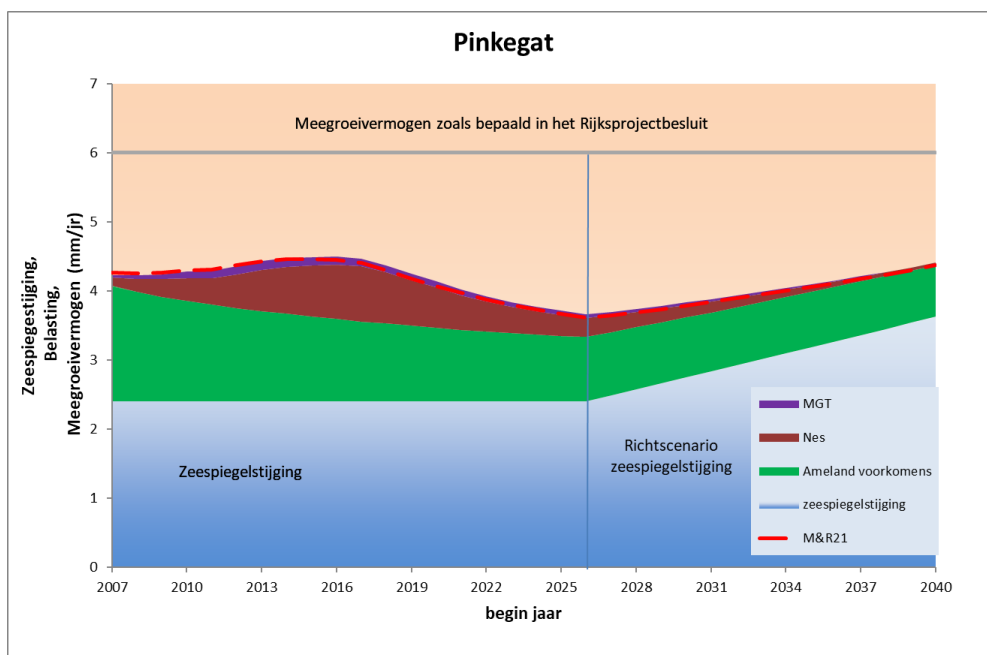
Belasting kombergingsgebieden

De belasting is het zesjaarlijkse voortschrijdend gemiddelde van de bodemdalingssnelheid. Deze snelheid wordt berekend door het jaarlijkse bodemdalingsvolume binnen een komberging te delen door de oppervlakte van de komberging. Deze belasting is voor het Pinkegat weergegeven in Figuur 9 en voor de Zoutkamperlaag in Figuur 10. De figuren presenteren de bijdrage van de gasproductie uit verschillende gasvelden aan de belasting in de komgebieden. In de figuren is de belasting boven op de snelheid van de verwachte zeespiegelstijging geplott.

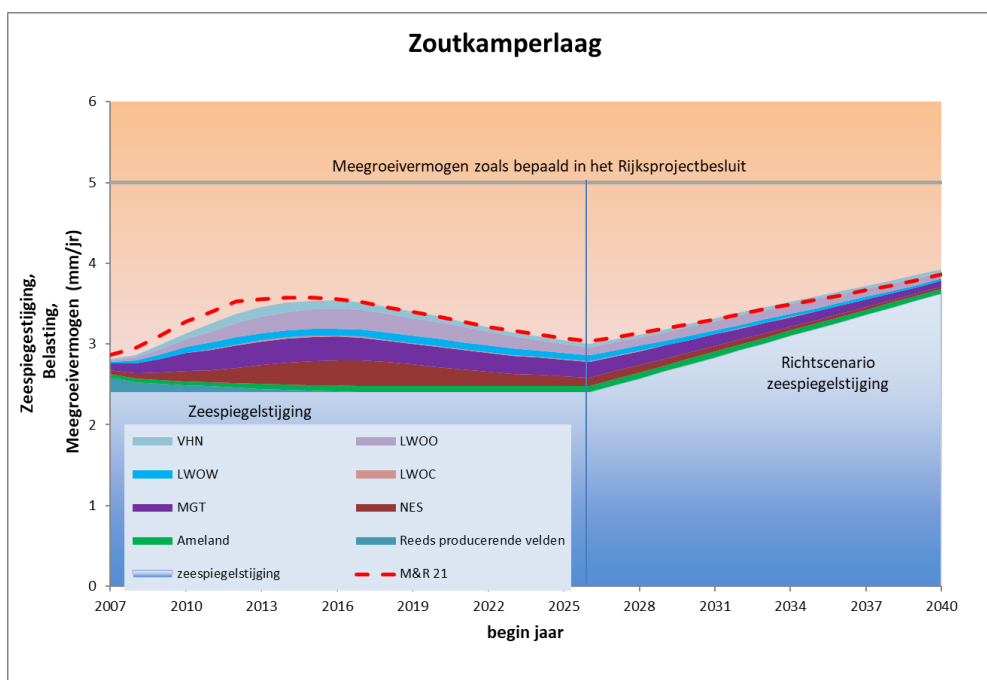
- De belasting in het Pinkegat is 1,43 millimeter per jaar in 2022. Boven op een zeespiegelstijging van 2,4 millimeter per jaar wordt ruim beneden het vergunde meegroeivermogen van 6

millimeter per jaar gebleven. De grootste bijdrage aan de belasting in deze komberging komt van de Ameland-gaswinning, al neemt deze wel af. De bijdrage van de gasproductie uit het gasveld Nes loopt ook terug. Gaswining uit het veld Moddergat heeft bijna geen invloed op het Pinkegat.

- De belasting in de komberging Zoutkamperlaag is ongeveer 0,73 millimeter per jaar voor het rapportagejaar 2022. Ook voor deze komberging wordt inclusief een zeespiegelstijging van 2,4 mm ruim binnen het meegroeivermogen van 5 millimeter per jaar gebleven. Voor de Zoutkamperlaag leveren de gasvelden Moddergat en Lauwersoog-Oost de grootste bijdrage aan de bodemdaling.



Figuur 9. Voorspelde belasting inclusief zeespiegelstijging voor het kombergingsgebied Pinkegat. De rood gestreepte lijn geeft de berekende belasting aan zoals gerapporteerd in de M&R-rapportage over 2021.



Figuur 10. Voorspelde belasting inclusief zeespiegelstijging voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag. De rood gestreepte lijn geeft berekende belasting aan zoals gerapporteerd in de M&R-rapportage over 2021.

De berekende belasting in de kombergingen in het rapportgaejaar 2022 is vergelijkbaar met die berekend in de M&R-cyclus van 2021.

Remwegscenario

Om het effect van de ‘hand aan de kraan’-systematiek inzichtelijker te maken, is in eerdere rapportages een remwegscenario opgenomen. De nieuwe berekeningen in de 2022 rapportage tonen een vergelijkbaar bodemdalingsmodel en daarmee zullen de conclusies voor het remwegscenario onveranderd blijven.

Deelconclusie

In het monitoringjaar 2022 is evenals in alle voorgaande jaren de bodemdaling door gaswinning binnen de gestelde gebruiksruimten van kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag gebleven. Zowel voor de komende periode tot 2026 met het geldende zeespiegelstijgingsscenario als voor de periode daarna met het richtscenario van de zeespiegelstijging, wordt geen overschrijding van het meegroeivermogen voorzien.

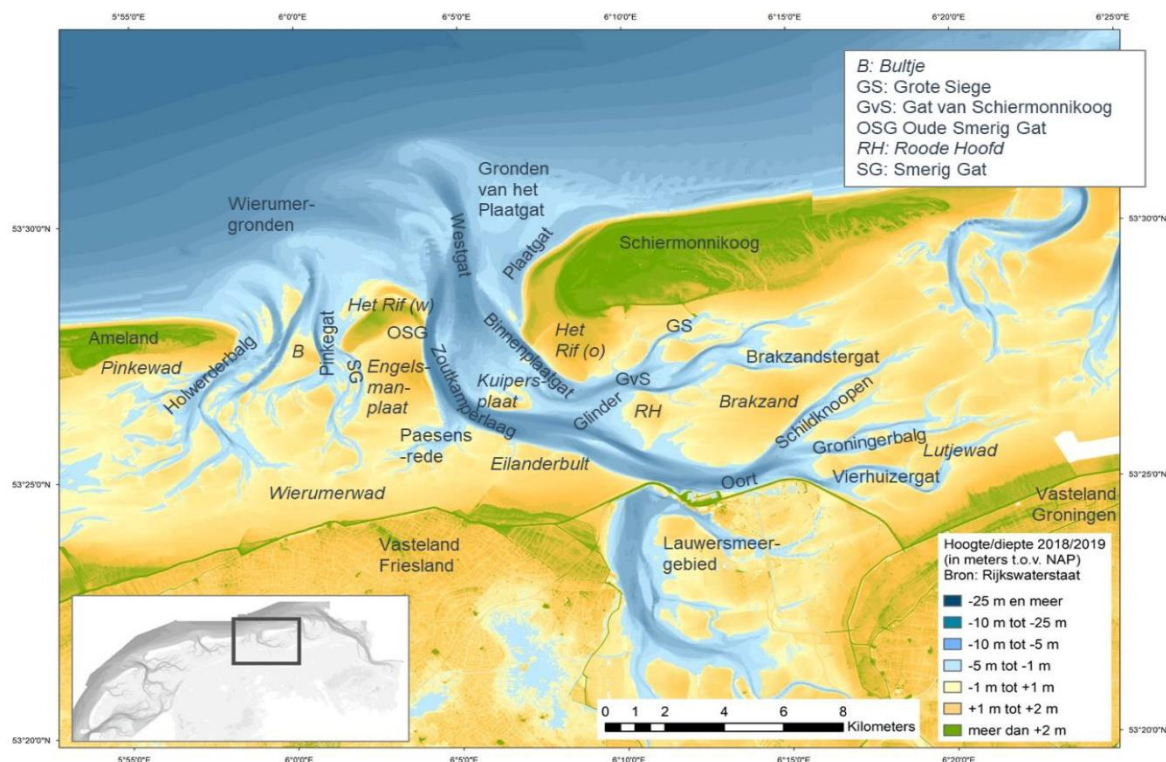
Monitoring Wadplaten areaal

De overkoepelende vraag achter de monitoring van het areaal aan wadplaten is: 'Is het areaal droogvallend wad in het Friesche Zeegat (kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag) sinds de start van de LiDAR metingen veranderd als gevolg van bodemdaling door gaswinning?'

De onderliggende vragen zijn:

- Zijn plaatareaal en -hoogte veranderd sinds begin van de LiDAR metingen?
- Beïnvloeden mossel- en oesterbanken veranderingen in plaatareaal?
- In welke mate kan bodemdaling worden aangetoond als oorzaak van de waargenomen veranderingen in morfologie?
- In welke mate is de mate van dynamiek van het plaatgedrag in het Friesche Zeegat te correleren aan andere factoren die met bodemdaling samenhangen?

De morfologische analyse is gebaseerd op de hoogteligging van het droogvallend wad in het Friesche Zeegat. Deze ontwikkeling wordt afgeleid uit een reeks LiDAR opnamen van het gebied die sinds 2010 één tot tweemaal per jaar worden genomen. In 2022 is een nieuwe opname - in september 2022 - toegevoegd aan de dataset. Figuur 11 toont een detailkaart van het onderzoeksgebied voor de monitoring van het areaal aan wadplaten.



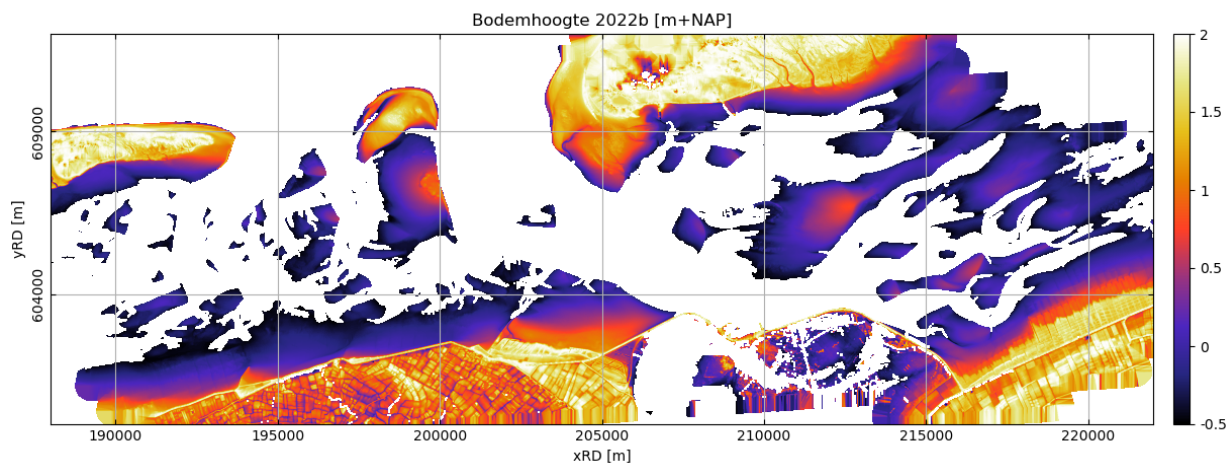
Figuur 11. Kaart van het Friesche Zeegat met belangrijkste namen van de geulen en platen (Oost et al. 2020).

Oppervlaktemetingen wadplaten in kombergingen en deelgebieden

LiDAR (Laser Imaging Detection And Ranging) is een techniek waarbij met een laserscanner vanuit een vliegtuig de hoogtes van de wadplaten worden ingemeten tijdens laagwater. Hierbij worden meerdere hoogtemetingen per vierkante meter verricht. Dit leidt tot een vlakdekkende hoogtekaart voor het gebied. In 2010 is met deze methode gestart. Sinds die tijd zijn er twintig hoogtekaarten gemaakt. Twee daarvan zijn afgekeurd omdat duidelijk te zien was dat een deel van de wadplaten nog onder water stond. Dat brengt het totaal op achttien bruikbare metingen. Jaarlijks analyseert

Deltares deze metingen. Vanaf 2021 is de LiDAR meetfrequentie terug gebracht naar één keer per jaar conform het geactualiseerde Monitoringsprogramma 2020-2026 (NAM, 2021).

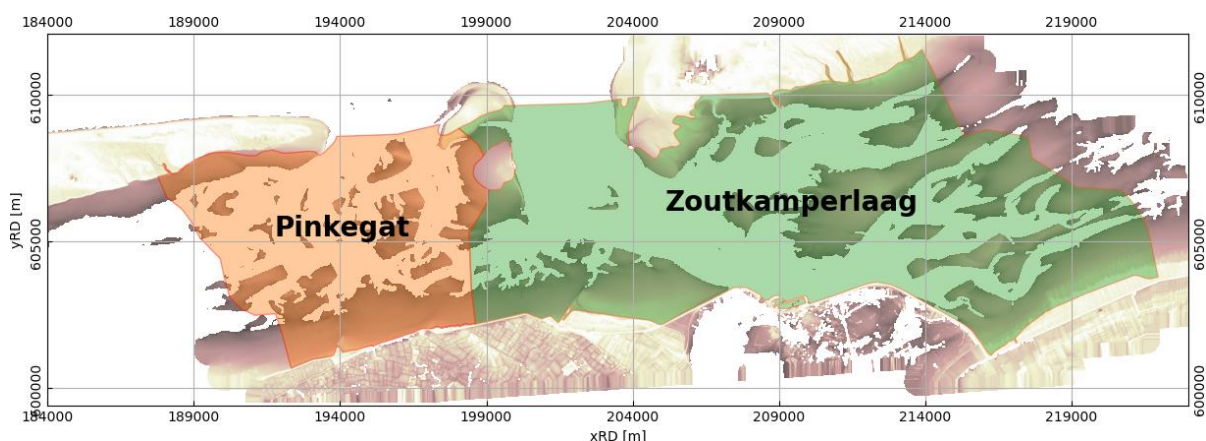
Figuur 12 toont de opname (september 2022, Terratec) waarbij een relatieve correctie is doorgevoerd om systematische afwijkingen te corrigeren. Dit betreft een relatieve correctie ten opzichte van één referentie opname, die voor alle opnamen is berekend en doorgevoerd. Dit is voor het eerst gedaan in de analyse van 2020. In de analyse voor dit jaar is deze correctie iets bijgesteld, wat wordt beschreven in Bijlage B van Gawehn (2023).



Figuur 12. Hoogtekaart van de ingewonnen data in najaar 2021, na toepassing van correctievlak.

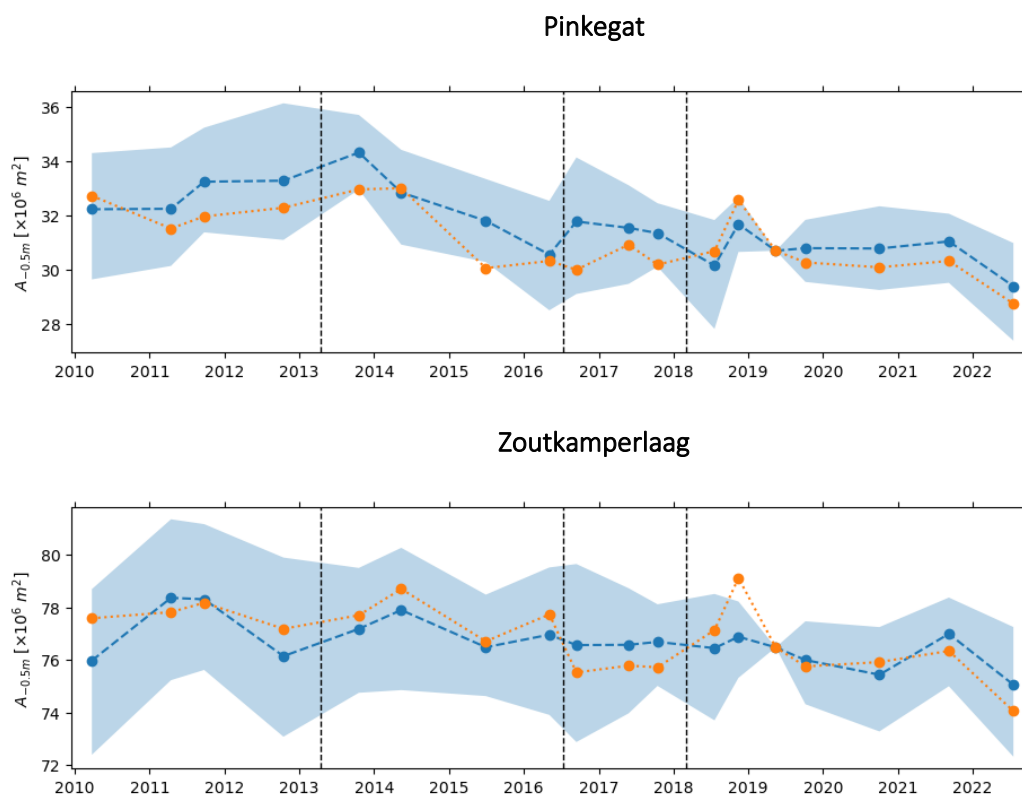
Ontwikkeling van areaal en hoogteligging wadplaten

Het Friesche Zeegat bestaat uit twee kombergingsgebieden: Pinkegat en Zoutkamperlaag, zoals aangegeven in Figuur 13. Goed zichtbaar is het schaalverschil tussen beide kombergingsgebieden. Dit verschil komt ook terug in de verschillende dynamiek in beide systemen.



Figuur 13. Analysepolygonen voor areaalontwikkeling op kombergingschaal. Deze polygonen zijn hetzelfde als in voorgaande jaren.

De veranderingen in plaatareaal worden zowel voor de kombergingen als voor de individuele platen geanalyseerd vanuit de LiDAR opnamen. Figuur 14 toont voor de twee kombergingen de integrale tijdsreeksen van plaatareaal boven NAP -0,5 m, geplot zowel voor de originele als de gecorrigeerde dataset.



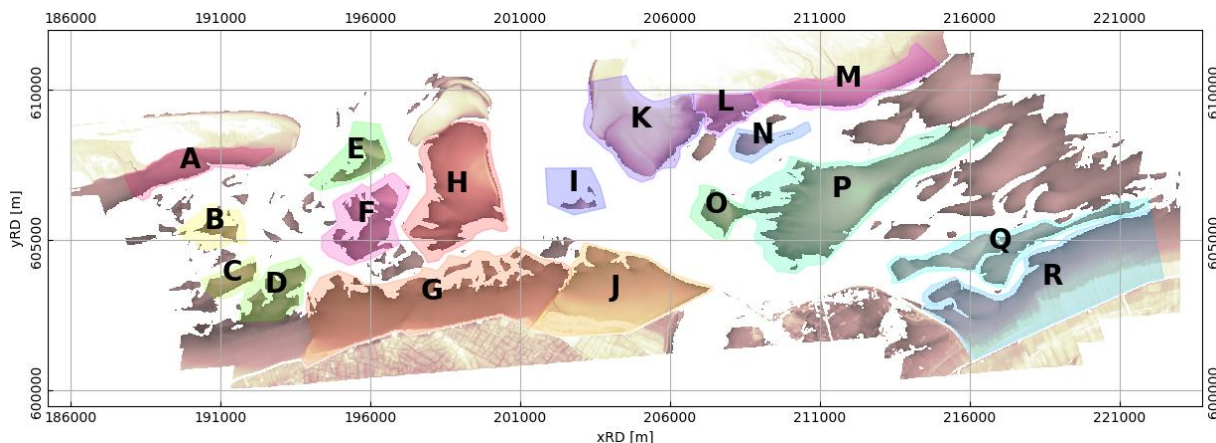
Figuur 14. Tijdsreeksen van plaatareaal boven NAP -0.5m voor de kombergingsgebieden Pinkegat (boven) en Zoutkamperlaag (onder). De oranje reeks (---●---) toont de originele data en de blauwe reeks (---●---) de gecorrigeerde dataset. De blauwe onzekerheidsbanden tonen het effect van een onzekerheidsmarge van de correctie. De verticale streepjeslijnen geven de wisseling van type laserscanner weer.

Het gerapporteerde plaatareaal van de Zoutkamperlaag is constanter gebleven dan voor het Pinkegat. Het areaal in het Pinkegat suggereert een licht afname, maar deze afname is klein ten opzichte van de onzekerheidsmarge.

Dit jaar is in de rapportage van Gawehn (2023) specifiek aandacht besteed aan de relatie tussen mossel- en oesterbanken en veranderingen in plaatareaal. Analyse duidt er op dat de schelpdierbanken geen directe invloed hebben op het plaatareaal. Omgekeerd zijn er wel aanwijzingen dat veranderingen in plaatareaal kunnen leiden tot veranderingen in schelpdierareaal.

Tevens is gekeken naar het benodigde detailniveau voor het berekenen van de plaatarealen. Een LiDAR grid resolutie van 10x10 m biedt voldoende detail niveau voor berekeningen op de schaal van wadplaten.

Het gedrag in de deelgebieden en platen – zie Figuur 15 – varieert sterk, plaathoogtes nemen zowel toe als af. Op de schaal van een kombergingsgebied heffen de variaties in oppervlak en hoogte elkaar op en wordt geconcludeerd dat de ontwikkeling van het totale plaatareaal en de plaathoogte binnen de onzekerheidsmarge vallen van de LiDAR metingen.



Figuur 15. Overzicht van (delen van) platen die individueel zijn bestudeerd.

Bij de interpretatie van hoogteveranderingen dient niet alleen rekening gehouden te worden met bodemdaling maar ook met het dynamische geulgedrag in het Friesche Zeegat. Een migrerende geul erodeert de aangrenzende wadplaat, terwijl aan de tegenoverliggende zijde zand afgezet wordt. Deze nieuw gevormde plaat is lager dan de geërodeerde plaat. De natuurlijke dynamiek van geulen en platen leidt dus tot veranderingen in plaathoogte die veel groter zijn dan de effecten van bodemdaling. De morfologische dynamiek, en daardoor plaatareaal en -hoogte, wordt in belangrijke mate gestuurd door een combinatie van hydrodynamische condities, zoals bijvoorbeeld getij, en meteorologische condities.

Voor deelgebieden en individuele platen binnen het Pinkegat kan wel een afname van met name het lagere plaatareaal vastgesteld worden. Verondersteld wordt dat deze veranderingen eerder een gevolg zijn van geul-plaat dynamiek dan dat ze op een sterke band met de diepe bodemdaling duiden. Een eenduidig bodemdalingssignaal komt hierdoor niet naar voren uit de LiDAR dataset.

Er zijn in Gawehn (2023) significante relaties gevonden tussen veranderingen in plaatareaal en sterke westelijke wind. Westelijke wind drijft de waterstand op, waardoor golven een groter plaatareaal kunnen bereiken en eroderen. De wadplaten van het Pinkegat liggen iets lager dan in de Zoutkamperlaag, waardoor het effect relatief sterker is.

Naast de LiDAR-opnames vinden er ook andere metingen plaats die informatie verschaffen over de hoogteontwikkeling van de wadplaten. Zo vinden er bij de GNSS-clusters in het gebied waterpassingen plaats (sediment grids) en worden bovenop enkele grote wadplaten sedimentatiemetingen uitgevoerd door middel van 'spijkermetingen' (Krol, 2023). Bij deze metingen wordt de sedimentatie gemeten ten opzichte van grondankers die 60-90 cm onder het wadoppervlak zijn geplaatst. Figuur 16 toont de meetpunten voor de spijkermetingen in het gehele onderzoeksgebied.



Figuur 16. Een overzicht van alle onderzoeksgebieden met de spijkermeetpunten op een luchtfoto (2018) ingetekend.

Bij Paesens worden naast de spijkermetingen op de wadplaat ook sedimentatiemetingen gedaan op de kwelder door Artemisa. Dit betreft de 'SEB-metingen' (Sedimentatie Erosie Balk, SEB), waarbij de bodem gemeten wordt met een liniaal ten opzichte van een waterpas balk op een gefixeerde hoogte. De spijkermetingen en de SEB-metingen laten bij Paesens dezelfde opslibbingstrend zien met zeer vergelijkbare waarden (Krol, 2023).

De spijkermetingen zijn relatief eenvoudige en kosten-efficiënte metingen om op een nauwkeurige schaal (mm niveau) en met een vrij hoge frequentie (zesmaal per jaar) sedimentatie op wadplaten te kunnen volgen. Samen geven ze een geïntegreerd beeld van de ontwikkeling van de hogere delen van de wadplaten. Omdat de metingen iedere twee maanden plaatsvinden, ontstaat er een gedetailleerd beeld van de ontwikkeling gedurende het jaar. Naarmate de meetreeksen zich uitstrekken over een langere periode winnen ze aan kracht. Pas na meer meetjaren is het mogelijk om langzame processen als diepe bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging door klimaatverandering te kunnen onderscheiden van natuurlijke variatie op kortere tijdschalen. Daarmee wordt het mogelijk om deze metingen te gebruiken om het effect van *events* (zoals stormen) te onderscheiden van gestage effecten als gevolg van bodemdaling.

Het optreden van zo'n event is goed te zien in de meetreeksen van 2022. In 2022 is een forse erosie gemeten op de Engelsmansplaat van 4,6 cm. Deze erosie is vooral veroorzaakt in de periode van 16-20 februari 2022. In 5 dagen tijd kwamen 3 stormen over het gebied (bron: website KNMI). Een dergelijke 'drieling'-storm in een vrijwel aaneengesloten periode komt eens in de honderd jaar voor. Bovendien was storm 'Eunice' op vrijdag 18 januari langdurig en hoort deze bij de drie sterkste stormen van de afgelopen 50 jaar.

Over de gehele meetreeksen - die varieert van 8 tot 21 jaar - wordt voor alle deelgebieden een sediment toename gemeten, zie Figuur 17.



Figuur 17. Gemiddelde van alle sedimentatie metingen per onderzoeksgebied in het jaar 2022. Hiervoor is de gemiddelde hoogteligging in december 2022 met december 2021 vergeleken. Getallen in cm.

Voor de deelgebieden onder invloed van diepe bodemdaling, wordt bij het oostelijk deel van Ameland gezien dat er sprake is van een netto-bodemdaling (verdieping) in een beperkt gebied ten zuiden van het Oerd en De Hon. De diepe daling door gaswinning is hier, ten oosten van het wantij, groter dan de sedimentatie aan het oppervlak.

De achterblijvende sedimentatie maakt waarschijnlijk deel uit van morfologische en hydrodynamische veranderingen in een veel groter gebied rond Oost-Ameland. Denk hierbij vooral aan de cyclische dynamiek van het Pinkegat en de veranderende lengte van de oostpunt, maar ook kustsuppleties en zeespiegelstijging kunnen hierbij een rol spelen (van der Lugt *et al.* 2020).

Ook is er sprake van afslag van de kwelderrand langs de zuidrand van het Oerd en De Hon en is het debiet van de Oerdsloot toegenomen na verwijdering van betonnen drempels (Kuiters *et al.* 2020). Dit heeft mogelijk invloed op de waterstroom vanuit de Oerdsloot naar het oosten door het gebied waar de netto daling plaats vindt.

Bij Paesens is sprake van een gemiddelde netto bodemdaling bij een aantal stations die rondom de kop van de strekdam zijn gelegen. Dit is een situatie die in februari 2022 is ontstaan na – de eerder aangehaalde korte periode waarint drie zware stormen plaatsvonden.

Ook de lokale achterblijvende sedimentatie staat niet alleen in causaal verband met gaswinning maar maakt ook deel uit van de veel grootschaliger morfologische en hydrodynamische veranderingen in het hele gebied tussen Moddergat en Lauwersoog door menselijke ingrepen. Te denken valt aan de aanleg van de strekdammen op het wad bij Paesens, de dijk aanleg langs de kust en de afdamming van het Lauwersmeer (Wang, 2007).

De spijkermetingen zijn ook vergeleken met zowel de LiDAR dataset (Gawehn, 2023) voor de wadplaten als met de SEB metingen op de kwelder van de Peazemerlannen (Van Duin, 2023). Vergelijkingen laten dezelfde opslibbingstrend zien met vergelijkbare waarden (hoofdstuk 4.2, Krol (2023) en hoofdstuk 4.1, Van Duin (2023)).

Interpretatie trends en deelconclusie

- De 2022 opname past wederom goed in de meetreeks. Het gerapporteerde plaatareaal van de Zoutkamperlaag is constanter gebleven door de tijd heen dan het plaatareaal van het Pinkegat. Voor het Pinkegat suggereert de meetreeks een geringe afname van het plaatareaal over de tijd, maar deze afname is klein ten opzichte van de onzekerheidsmarge. Daarmee laten de LiDAR data geen effecten van bodemdaling zien.
- De morfologische dynamiek, en daardoor plaatareaal en -hoogte, wordt in belangrijke mate gestuurd door een combinatie van hydrodynamische condities, zoals bijvoorbeeld getij, en meteorologische condities. Westelijke wind drijft de waterstand op, waardoor golven een groter plaatareaal kunnen bereiken en eroderen. De wadplaten van het Pinkegat liggen iets lager dan in de Zoutkamperlaag, waardoor het effect relatief sterker is. In alle relevante deelonderzoeken komen de sterke effecten van de drie opeenvolgende stevige stormen in februari 2022 naar voren.

TE HANTEREN BESLISSCHEMA

B Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel habitattypes <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i>			
1	Negatieve en duidelijke trend in oppervlakte?	Y → 2	N → 5
2	Trend anders dan in referentiegebieden? (indien van toepassing)	Y → 3	N → 5
3	Trend een bekende oorzaak? (anders dan bodemdaling door gaswinning)	Y → 5	N → 4
4	Verhoudt de trend zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel)	Y → 9	N → 5
5	Negatieve en duidelijke trend in kwaliteit van het habitatype?	Y → 6	N → 10
6	Trend anders dan in referentiegebieden (indien van toepassing)?	Y → 7	N → 10
7	Trend een bekende oorzaak? (anders dan bodemdaling door gaswinning)? <i>Denk aan de autonome ontwikkeling, beheermaatregelen, etc.</i>	Y → 10	N → 8
8	Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel)	Y → 9	N → 10
9	Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand aan de Kraan). 		
10	Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar.		

TOEPASSING VAN HET BESLISSHEMA

Vraag 1: *Is er sprake is van een negatieve en duidelijke trend in de oppervlakte van het habitat? (hierbij dient ook bij twijfel "Ja" geantwoord te worden)*

Antwoord: Zowel voor het Pinkegat als voor de Zoutkamperlaag is dit niet het geval → 5



Vraag 5: *Is er een negatieve en duidelijke trend in de kwaliteit van dit habitattype?*

Antwoord: (het antwoord komt uit het onderzoek: "Vogelsoorten en kwaliteit droogvallende wadplaten")

- Wanneer naar het schelpenbestand wordt gekeken, dan lijkt de totale beschikbaarheid af te nemen, door met name de kokkel.
- Het bestand kreeftachtigen fluctueert sterk, er is geen duidelijke trend. Daarom kan niet worden uitgesloten dat dit het gevolg is van *sampling variance* (Taal et al 2020).
- Het bestand aan wormen ontwikkelt zich positief, waarbij de Rode Draadworm de grootste toename laat zien.

Op basis van de ontwikkeling van het kokkelbestand wordt verwezen naar: → 8



Vraag 8: *Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel)*

Antwoord: De afname van het kokkelbestand is zichtbaar in het gehele Waddenzeegebied en wordt mede gerelateerd aan het uiblijven van nieuwe broedval en overmatige sterfte van Kokkels door hittegolven (Troost et a. 2022): → 10



→ **10 OORDEEL:**

ER IS GEEN EFFECT VAN BODEMDALING OP DE INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN VASTGESTELD VOOR HET BETREFFENDE MONITORINGJAAR.

Vogelsoorten en kwaliteit droogvallende wadplaten

De kwaliteit van het habitatype 'bij eb droogvallende slik- en zandplaten' wordt bepaald door de habitatdiversiteit en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit. De kwaliteitseisen die gesteld worden aan het habitat bestaan uit abiotische randvoorwaarden, typische soorten, vegetatie en kenmerken van een goede structuur en functie (profieldocument H1140).

De belangrijkste natuurlijke functie van de wadplaten is die van foerageergebied voor de grote aantallen vogels die voorkomen langs de Oost-Atlantische trekroute (*Flyway*), en van de Waddenzee afhankelijk zijn.

Naast trekvogels zijn er ook soorten, zoals de Kluut, die in het Waddengebied overwinteren en soorten die in het gebied broeden. De vogels vormen de Natura 2000-doelsoorten die van een goede kwaliteit wadplaten afhankelijk zijn. Tabel 10 geeft een overzicht van de doelsoorten die gedurende laagwater op de wadplaten foerageren en waarvoor een mogelijk effect van bodemdaling door gaswinning binnen deze monitoring wordt onderzocht (Duijns *et al*, 2023).

Tabel 10. Overzicht van aantalsontwikkelingen in relatie tot de ontwikkeling van de gemodelleerde draagkracht van het foerageergebied per vogelsoort.

SOORT	TRENDS	DRAAGKRACHT GEBIED
 <p>Bergeend</p>	<p>In de periode 1994-2022 was het aantal Bergeenden in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag stabiel, al lijken de laatste jaren de aantallen licht toe te nemen.</p>	<p>Het totale voedselaanbod voor de Bergeend laat voor sommige soorten een toenemende trend zien.</p>
 <p>Pijlstaart</p>	<p>Het aantal Pijlstaarten in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag neemt toe. Voor de kortere termijn is de trend als onzeker beoordeeld, omdat de toename zich lijkt te stabiliseren. De trend voor de langere termijn lijkt positief en is positiever dan in andere delen van de Nederlandse Waddenzee.</p>	<p>In het algemeen laat de voedselbeschikbaarheid sinds 2008 geen significante trend zien. Wel lijkt er een afname te zijn in schepdieren en kreeftachtigen.</p> <p>Daarnaast zijn Pijlstaarten ook aangewezen op voedsel buiten de wadplaten, zoals bladdelen en zaden van kwelderplanten.</p>
 <p>Scholekster</p>	<p>Het aantal Scholeksters dat in de Waddenzee overwintert neemt al sinds 1990 af. Deze trend is ook te zien in het Pinkegat en in de Zoutkamperlaag.</p>	<p>Kokkels zijn de belangrijkste voedselbron voor Scholeksters.</p> <p>Sinds 2011 is er geen grote broedval meer geweest. Daarnaast is er verhoogde sterfte aan Kokkels door de warme zomers; hierdoor blijft het aanbod Kokkels laag.</p>

SOORT	TRENDS	DRAAGKRACHT GEBIED
 <p data-bbox="204 488 264 517">Kluut</p>	<p data-bbox="549 277 978 439">Het aantal Kluten in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag neemt de laatste twee jaar toe. Dit komt overeen met de ontwikkelingen langs de gehele Oost-Atlantische vliegroute.</p>	<p data-bbox="1003 277 1417 340">De voedselbeschikbaarheid is na 2017 duidelijk toegenomen.</p>
 <p data-bbox="204 790 339 819">Zilverplevier</p>	<p data-bbox="549 551 965 775">Het aantal Zilverplevieren in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag is de laatste twintig jaar langzaam toegenomen en lijkt nu min of meer stabiel. Dit is vergelijkbaar met de rest van de Waddenzee, en positiever dan de trend in Duitsland en Denemarken.</p>	<p data-bbox="1003 551 1430 741">Gewezen wordt op 'lokale' oorzaken voor de ontwikkeling. De Zilverplevier is een uitgesproken wormeneter; de Zeeduizendpoot is prominent aanwezig en laat sinds 2014 een sterke toename zien.</p>
 <p data-bbox="204 1088 371 1117">Bontbekplevier</p>	<p data-bbox="549 848 951 976">Het aantal Bontbekplevieren in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag neemt toe. Dit geldt ook voor het gehele Waddengebied.</p>	<p data-bbox="1003 848 1430 976">Net als voor de Zilverplevieren, geldt dat de oogstbare hoeveelheid voedsel - met name wormen - voor Bontbekplevieren is toegenomen.</p>
 <p data-bbox="204 1462 408 1491">Kanoetstrandloper</p>	<p data-bbox="549 1146 951 1346">Kanoeten laten voor de lange termijn in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag een lichte stijgende trend zien. In de Nederlandse Waddenzee wordt deze als stabiel beoordeeld.</p>	<p data-bbox="1003 1146 1430 1346">Schelpdieren als Kokkels en Nonnetjes vormen het belangrijkste voedselaanbod. Het aanbod aan Nonnetjes is sinds 2014 redelijk stabiel; het aanbod Kokkels laat sterke schommelingen zien.</p>
 <p data-bbox="204 1749 424 1778">Drieteenstrandloper</p>	<p data-bbox="549 1520 965 1783">Het aantal Drieteenstrandlopers in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag laten nog steeds een opvallende stijgende trend zien, in vergelijking tot de Duitse en Deense Waddenzee. De toename komt overeen met de spectaculaire toename langs de Oost-Atlantische trekweg.</p>	<p data-bbox="1003 1520 1430 1715">Er bestaan diverse hypothesen voor de opvallende toename. Het effect op het Arctisch gebied door de opwarming van de aarde zou er toe kunnen leiden dat de Drieteenstrandloper vaker 'double breeding' toepast.</p>

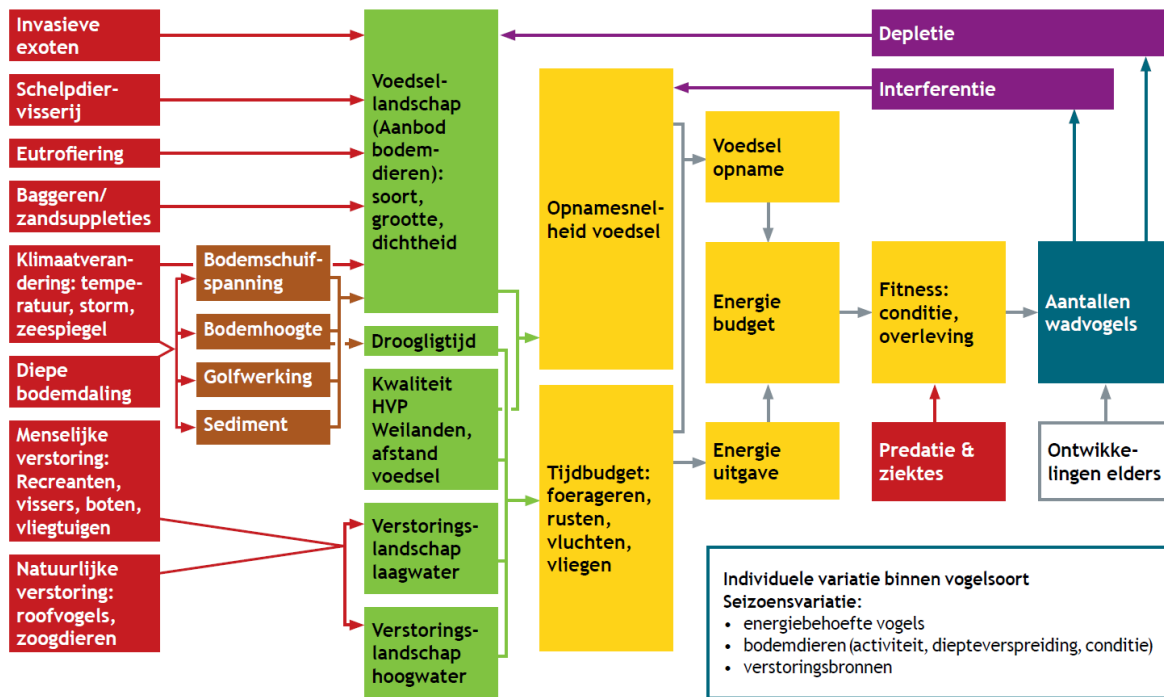
SOORT	TRENDS	DRAAGKRACHT GEBIED
 <p>Bonte Strandloper</p>	<p>In de kombergingen van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag is sprake van stabiele aantallen Bonte Strandlopers, zowel op de korte als de lange termijn. Dit wijkt af van de andere delen van de Nederlandse Waddenzee, waar sprake is van toename. In de Duits-Deense Waddenzee is een duidelijke afname.</p>	<p>De verklaring kan liggen in het feit dat het beschikbare voedsel over de langere termijn ook stabiel is gebleven, terwijl de soort op populatie achteruit gaat.</p> <p>Een andere verklaring voor de sterke toename in het Nederlandse Wad is een verschuiving van het Duits-Deense deel richting het westen.</p>
 <p>Rosse Grutto</p>	<p>In de periode 1995-2008 is het aantal Rosse Grutto's in zowel het Pinkegat als de Zoutkamperlaag sterk afgenomen, maar op de korte termijn is de trend stabiel.</p> <p>In de rest van de Nederlandse Waddenzee is deze ook stabiel.</p>	<p>Het voedselaanbod voor de Rosse Grutto's vertoont een stabiele trend.</p> <p>De afnemende trend in de Waddenzee wordt wellicht verklaard door klimaatverandering in de arctische broedgebieden.</p>
 <p>Wulp</p>	<p>Het aantal Wulpen in het gebied Pinkegat-Zoutkamperlaag neemt licht af, terwijl dit in de rest van de Nederlandse Waddenzee stabiel is.</p>	<p>Voor de Wulp zijn er geen signalen dat het voedselaanbod in dit gebied verslechtert. Wat wel kan spelen is dat, naast het wad tijdens het laag water, weilanden een belangrijk voedselgebied vormen voor de Wulp.</p> <p>Daarnaast is de Wulp de schuwste wadvogel en kunnen lokale activiteiten verstorend werken.</p>
 <p>Tureluur</p>	<p>In de periode 2008-2021 is het aantal Tureluurs in het gebied Pinkegat-Zoutkamperlaag licht afgenomen. Vanaf 2014 lijkt de trend zich te stabiliseren.</p> <p>Voor de rest van de Nederlandse Waddenzee is het beeld stabiel.</p>	<p>Het oogstbare voedselaanbod voor de Tureluur vertoont een licht toenemende trend.</p> <p>De afname van de Noord-Europese populatie kan een rol spelen in de aantallen voor het gehele Waddengebied.</p>
 <p>Steenloper</p>	<p>Sinds 2015 vertoont de Steenloper een stijgende trend.</p> <p>Dit is gelijk aan de trend in de gehele Nederlandse Waddenzee.</p>	<p>Het blijft opvallend dat het voedselaanbod daalt en de aantallen Steenlopers stijgen. Mossel- en Oesterbanken lijken een belangrijk foerageerhabitat voor Steenlopers.</p> <p>Daarbij moet opgemerkt worden dat het specifieke dieet van de Steenloper ook niet heel goed bekend is.</p>

Meer dan in voorgaande jaren wordt in 2022 voor meer soorten een positieve trend waargenomen in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. In 2022 geldt voor slechts twee van de dertien onderzochte vogelsoorten. De twee vogelsoorten zijn de Scholekster en de Wulp

- Voor de Scholekster geldt dat hun (negatieve) aantalsontwikkeling in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag niet verschilt met die in de rest van de Waddenzee. Er lijken meerdere factoren te zijn die van invloed zijn op de algemene achteruitgang van de Scholekster. Overbevissing van de mosselbanken in de jaren '80 van de vorige eeuw; het overwoekeren van mosselbanken door de intrede van de Japanse oester. Kokkels zijn ook een belangrijke voedselbron voor de Scholekster. Sinds 2011 is er geen grote broedval van de schelpdier soort en in Waddenzee geweest en daarbij is er verhoogde sterfte geweest door de hitte van de afgelopen zomers. Het aanbod kokkels blijft hierdoor laag.
- Voor de Wulp zijn er geen indicaties dat het voedselaanbod in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag verslechtert. Wat een rol kan spelen is dat naast het wad ook de weilanden een belangrijk voedselgebied vormen voor de Wulp (Ens & Zwarts 1980, Navedo *et al.* 2019). In deze monitoring wordt het voedselaanbod op de weilanden echter niet meegenomen. Een ander aspect dat kan spelen is het element verstoring. De Wulp is van nature zeer gevoelig voor verstoring en is veruit de schuwste wadvogel, met de grootste vliegafstand voor mensen. Zo is in de periode 2015-2017 op Ameland de dijk versterkt, die werkzaamheden bleken veel grotere gevolgen te hebben voor overtuigende vogels dan eerder voorspeld. Daarbij reageerden de Wulpen het sterkst op de werkzaamheden (Kersten *et al.* 2014): naar schatting ontbrak er 74% ten opzichte van de nulmonitoring van 2014 (Kersten *et al.* 2016). In 2021 is ook gestart met de dijkversterking Lauwersoog-Koehoorn welke nog enkele jaren in uitvoering blijft.

In de afgelopen jaren is door de onderzoekers van Sovon gewerkt aan een signaleringsmonitoring van eventuele negatieve gevolgen van bodemdaling door gaswinning op beschermde vogelsoorten. Hiervoor zijn proxies voor draagkracht ontwikkeld. Dankzij de hoge onderlinge correlatie voldeden zij als instrument voor de signaleringsmonitoring, maar het beperkte succes bij de validatie betekent dat begrip over de factoren die verspreiding van de onderzochte wadvogels in de Waddenzee bepalen en veranderingen in die verspreiding sturen vooralsnog beperkt is.

In Ens *et al.* (2021) werd een voorstel gedaan om de effectketen op dit vlak sterk uit te breiden en te verdiepen, waarmee de onderzoekers verwachten dat de voorgestelde aanpak ook tot een groter aantal gevalideerde proxies voor draagkracht zal leiden. Figuur 18 toont de schematische weergave van de uitgebreide effectketen.



Figuur 18. Schematische weergave effectenketen; update 2023, voor toelichting zie Ens et al. (2021).

In het kort samengevat: de effectketen beschrijft in meer detail hoe drukfactoren (rood), zoals diepe bodemdaling door gaswinning, via abiotiek (bruin), voedsellandschap en verstoringlandschap (groen), doorwerken op tijd- en energiebudget en fitness van de vogels (geel) en daarmee uiteindelijk op de aantallen vogels (blauw). Die vogelaantallen worden natuurlijk ook bepaald door de ontwikkelingen elders (wit) en er is een terugkoppeling van vogelaantallen via voedselconcurrentie (paars) naar het voedsel(landschap).

Met de introductie van de toepassing van *Structural Equation Modelling* (SEM) in de 2021 rapportage (Duijns *et al.* 2022) is hiermee voor een aantal vogelsoorten een eerste verdiepende stap gezet om tot een andere benadering voor draagkracht te komen. Het doel van de SEM analyse is om de aantallen vogels op de hoogwatervluchtplaatsen statistisch te relateren aan het beschikbare voedsel op de nabijgelegen wadplaten. De SEM modellering is dit jaar verder uitgebreid met betrekking tot verschillende temporele biomassa-parameters. Daarnaast zijn er ook drie vogelsoorten aan de analyse toegevoegd, te weten Wulp, Tureluur en Kluit.

Voor volgend jaar zal het bestaande model weer verder uitgebreid worden met meer data over voedselbeschikbaarheid, sedimentsamenstellingen en de keuze van referentiegebieden. Ook zullen wederom meer vogelsoorten aan de analyse toegevoegd worden.

TE HANTEREN BESLISSCHEMA

Zoals in de Inleiding van dit rapport aangegeven worden voor de wadvogels twee beslisschema's doorlopen.

- I. Beslisschema A – voor integrale rapportage, onderdeel vogels (N2000-soorten) – (NAM, 2020)
- II. Sovon Beslisschema (Ens *et al.* 2019)

I. Beslisschema – ontwikkeld voor de integrale rapportage (NAM)

A	Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel vogels (N2000-soorten) <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i>		
1	Negatieve trend populatieomvang beïnvloedingsgebied?	Y → 2	N → 8
2	Is de geobserveerde trend (in 1) anders dan in referentiegebieden? (indien beschikbaar/ relevant)	Y → 3	N → 8
3	Trend een bekende oorzaak? (anders dan diepe/maaiveld bodemdaling en anders dan bij 4)	N → 4	Y → 8
4	Verhoudt de trend zich tot de ontwikkeling van de draagkracht van het gebied m.b.t. specifieke functies van het gebied voor de betreffende soort? (effectketen) <i>Dit (4) is de vergelijking met berekende proxies, vegetatiestructuur, oppervlakte ondiep water, etc. Hierbij gaat het ook om de eigenschappen van de trends: misschien is de afname van de vogelaantallen eerder begonnen dan van de draagkracht... etc.</i>	Y → 5	N → 8
5	Heeft de trend in de draagkracht/gebiedsfunctie een bekende of voor de hand liggende oorzaak? (anders dan bodemdaling/maaiveldaling) <i>Denk hierbij (5) aan beheer zoals begrazing, waterpeil, predatie, methodische veranderingen, etc.</i>	N → 6	Y → 8
6	Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel) (is er een mogelijke relatie)	Y → 7	N → 8
7	Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand aan de Kraan). 		
8	Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar.		

TOEPASSING VAN HET BESLISSHEMA

Vraag 1: Is er sprake is van een negatieve trend in de populatieomvang in het beïnvloedingsgebied?)

Antwoord: dat is het geval voor de soorten Scholekster en Wulp → 2



Vraag 2: Is de geobserveerde trend anders dan in het andere deel van de Waddenzee?

Antwoord: dat is het geval voor de Wulp → 3



Vraag 3: Heeft deze trend een andere oorzaak dan bodemdaling?

Antwoord: de Wulp kan erg gevoelig zijn voor gebiedsverstoringen. Dit is slechts een deel van het antwoord → 4



Vraag 4: Hoe verhoudt de trend zich tot de ontwikkeling van de draagkracht van het gebied m.b.t. specifieke functies van het gebied voor de betreffende soort? (effectketen)

Antwoord: Voor de Wulp is de draagkracht-voedselbeschikbaarheid van Pinkegat en Zoutkamperlaag om te kunnen foerageren niet afgenomen, maar juist toegenomen → 8



→ 8 OORDEEL:

ER IS GEEN EFFECT VAN BODEMDALING OP DE INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN VASTGESTELD IN HET BETREFFENDE MONITORINGJAAR.

II. Sovon Beslisschema

BESLISSCHEMA SOVON (2021)			
Y = JA, OF BIJ TWIJFEL / N = NEE, REDELIJKERWIJS NIET			
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y → 2	N → 3
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y → 3	N → 8
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	Y → 4	N → 5
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	Y → 6	N → 8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y → 4	N → 7
6	Is de negatieve trend in de proxy geheel of deels het gevolg van bodemdaling?	Y → 9	N → 8
7	Geen uitspraak mogelijk		
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling		
9	Aanwijzing voor mogelijk negatief effect bodemdaling		

Het beslisschema is separaat voor elke vogelsoort doorlopen; hoofdstuk 8.5 (Duijns *et al.* 2023). De voornaamste uitspraken en conclusies zijn:

- Voor 12 van de 13 beoordeelde vogelsoorten - 24 soort-seizoen combinaties - luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling.
- Hoewel de Pijlstaart nog steeds een stijgende trend laat zien in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag en deze trend positiever is dan in vergelijking met het overige Nederlandse Waddengebied, luidt de conclusie uit het Sovon-beslismodel dat er geen uitspraak mogelijk is. Dit heeft voornamelijk te maken met de grote variatie in de aantallen in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. Zo liet de Pijlstaart vorig jaar een stabiele trend zien over de korte termijn, en dit jaar wordt deze trend als onzeker beoordeeld. Deze huidige situatie in de beoordeling deed zich ook twee jaar geleden voor (Duijns *et al.* 2021).

Gezien de toenemende lange termijntrend in Pinkegat en de Zoutkamperlaag, is deze conclusie op dit moment niet zorgelijk. Gezien de grote variatie in aantallen zal de conclusie 'geen uitspraak mogelijk' vaker voorkomen en zullen de onderzoekers de komende jaren extra aandacht besteden aan de trendontwikkelingen en conclusies van de eerdere rapportages ten aanzien van de Pijlstaart.

Deelconclusie

Op basis van Duijns *et al.* (2023) en beide beslismodellen concluderen we dat er geen aanwijzingen zijn voor een effect van bodemdaling door gaswinning op de beschermde vogelsoorten of op de voedselbeschikbaarheid van de wadplaten als foerageergebied voor de Natura-2000 doelsoorten. Hoewel voor de Pijlstaart volgens de Sovon-beoordelingsmethodiek geen 'formele' uitspraak gedaan kan worden, vooral gezien de variatie in de tellingen, laat de aantalsontwikkeling van de Pijlstaart in het Pinkegat en Zoutkamperlaag vooralsnog een stijgende trend zien, welke in vergelijking met het overige Nederlandse Waddengebied ook positiever toont.

Kweldermonitoring Peazemerlannen



In het noordoostelijk deel van Fryslân, direct ten westen van het Lauwersmeer, ligt buitendijks het gebied van de Peazemerlannen. De Peazemerlannen is een oude polder waar in 1973 en 1979 delen van de dijk doorgebroken zijn, waarna de polder verkwelderd is. Het is nu een natuurgebied bestaande uit een beweide zomerpolder en een niet-beweide kwelder met een pionierzone op het voorliggende wad.

In totaal is het begroeide gebied ca. 200 hectare groot. Deze ‘vastelandskwelder’ staat onder invloed van diepe bodemdaling door de gasproductie uit de gasvelden Moddergat en Nes. De gemiddelde diepe bodemdaling in dit gebied over de periode 2007-2022 bedraagt ca. 3,4 mm/jaar.

Kwelders zijn wadplaten die begroeid zijn geraakt met vegetatie die bij hogere waterstanden overstromen. Tijdens een overstroming van de kwelder bezinkt er slib tussen de vegetatie, waardoor in de loop van de tijd de maaiveldhoogte toeneemt. In de tijd kunnen zich naast pioniersvegetatie – zoals Zeekraal (*Salicornia spp.*) - ook meerjarige planten gaan vestigen (successie) en uiteindelijk zal de vegetatie op de hoge kwelder een climaxstadium bereiken. Op de Peazemerlannen heeft een groot deel van de kweldervegetatie dit climaxstadium bereikt en domineert Zeekweek (*Elytrigia atherica*).

De kwelder van de Peazemerlannen is onderdeel van het Natura 2000-gebied Waddenzee. De beleidsdoelstelling voor dit gebied is: ‘Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras’.

De kweldermonitoring in de Peazemerlannen, in het licht van de bodemdaling als gevolg van de gaswinning onder het gebied, richt zich op de volgende hoofdvragen:

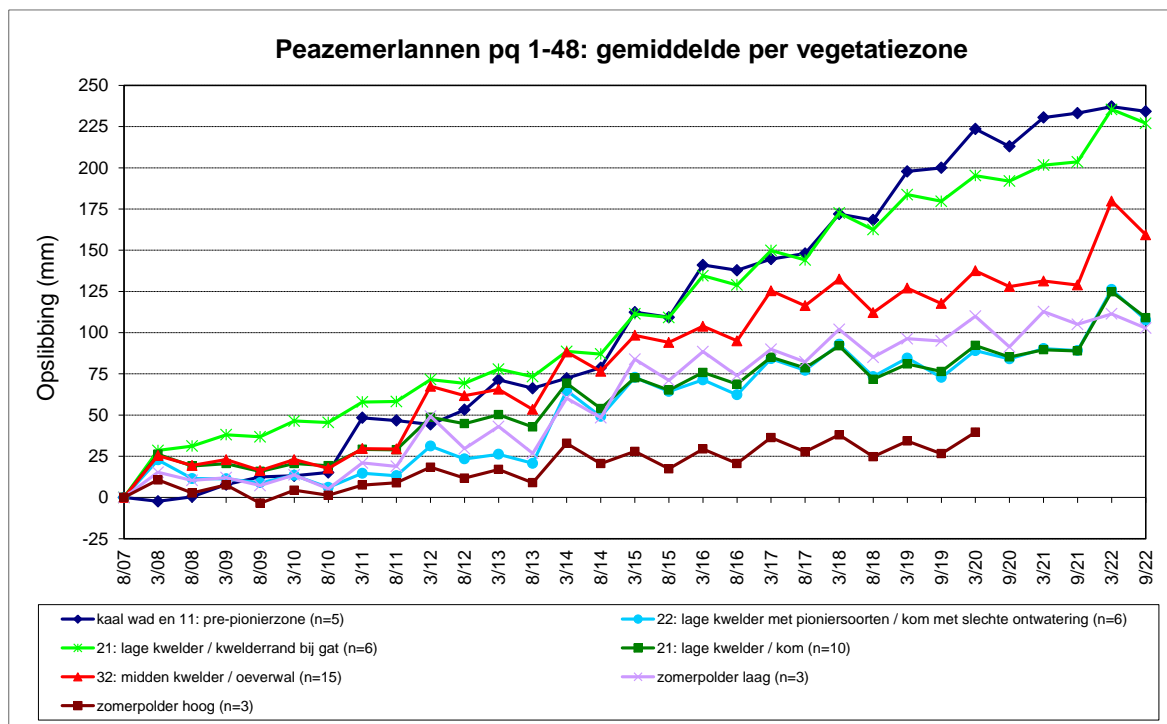
1. Wat is de verandering van maaiveldhoogte (bodemdaling + opslibbing) en hoe verhoudt deze zich tot de streefwaarde (bodemdaling + zeespiegelstijging) en grenswaarde (10-15 cm onder de ondergrens van een vegetatiezone) voor maaiveld daling voor de vegetatiesamenstelling?
2. Wat zijn de veranderingen in vegetatie (successierichting) en areaal van de vegetatiezones, en welke factoren, incl. opslibbingbalans, ontwatering, beweiding, veranderingen in GHW, kunnen de verandering verklaren? Hierbij moet ook aandacht zijn voor eventuele cumulatie van effecten veroorzaakt door deze factoren.

De onderzoeksresultaten zijn beschreven in: Van Duin (2023) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en referentiegebieden: Jaarrapport 2022 [Artemisia-rapport 2023-01].

Voor het onderzoek worden ook metingen uitgevoerd in een referentiegebied in West-Groningen waar geen bodemdaling als gevolg van gaswinning optreedt en nog een aantal referentiepunten in Noord-Friesland Buitendijks, Holwerd en Julianapolder.

Opslibbing

In de periode 2007 – 2022 is bij alle vaste meetpunten (pq's) gemiddeld een toename van de maaiveldhoogte opgetreden (Figuur 19). De gemiddelde jaarlijkse netto opslibbing in de pionierszone en de verschillende vegetatiezones van de kwelder lag tussen 6-15 mm/jaar. In de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van 7 mm/jaar in de lage delen aan de oostkant. Op het kale wad en in de pre-pionierszone is een gemiddelde toename in maaiveldhoogte gemeten van 17 mm/jaar.



Figuur 19. Gemiddelde cumulatieve netto-opslibbing (mm) per vegetatiezone (met SALT97 code) in de kwelder en deelgebied in de zomerpolder op basis van SEB-metingen in de Peazemerlannen van 2007-2022. Data betreffende de zomerpolder-hoog vanaf 9/20 ontbreken wegens het afmaaien van de SEB-palen.

In dezelfde periode bedroeg de gemiddelde bodemdaling 3,4 mm/jaar en was de gemiddelde hoogwaterstijging 3 mm/jaar (trend Lauwersoog 2007-2021). Er zijn 11 van de 48 meetpunten die gemiddeld een lagere opslibbing hebben dan 6,4 mm/jaar. Daarnaast zijn er nog vier meetpunten met een gemiddelde opslibbing daar net boven.

De locatie (een hooggelegen zomerpolder, ligging naast of in een poel, een grote afstand tot het wad of een kreek) al dan niet in combinatie met een vertrapping door beweiding of een afwisselend natte en droge bodem van een poel (waardoor verweking, erosie en inklinking optreedt) zijn bepalend voor de lage opslibbing. Zodra een poel weer gedraineerd wordt, door aansluiting op een kreek via van nature voorkomende terugschrijdende erosie, zal ook de sedimentaanvoer en vegetatieontwikkeling op gang komen.

Wat bij een aantal pq's met een beperkte opslibbing ook nog een rol gespeeld kan hebben, is dat in 2018, 2019, 2021 op vrij grote schaal en in 2022 specifiek schapenbeweiding heeft plaatsgevonden in een deel van of de gehele westelijke kwelder. Dit heeft bij enkele pq's tot vertrapping en daarmee inklink geleid. Verder waren 2018, 2019 en 2020 erg droge jaren, wat inklink door uitdroging veroorzaakt kan hebben. Daarnaast zijn er weinig sediment aanvoerende hoge tijen geweest in 2018 en 2019. Wanneer er in een jaar wel stormtijden voorkomen met hoge waterstanden, zoals bij de drie

opeenvolgende februari-stormen in 2022, kan dat de gemiddelde opslibbing ineens sterk laten toenemen.

In het referentiegebied West-Groningen (zonder bodemdaling) is de gemiddelde netto-opslibbing lager dan in de Peazemerlanden. Bij de meeste meetpunten liggen de belangrijkste oorzaken hiervan niet aan het wegspoelen van sediment (erosie) of afgenomen opslibbing. Oorzaak is een verlaging van het maaiveld door vertrapping en compactie veroorzaakt door beweiding die na 2013 op verschillende locaties is gestart of is toegenomen.

Geconcludeerd kan worden dat het gebied van de Peazemerlanden gemiddeld in voldoende mate opslibt om de bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging te compenseren. Alleen voor de hooggelegen delen van de zomerpolder geldt dit niet. De beperkte aanvoer van sediment speelt daar een rol in. Dit is mede een gevolg van bijvoorbeeld 'blokkades' door zomerkades, (gedeeltelijk) door sediment/vegetatie geblokkeerde duikers en door de vrij hoge ligging van de pq's. Dit zorgt voor een lagere opslibbing in verhouding tot de kwelder. Verder heeft ook compactie, veroorzaakt door de beweiding en vertrapping, invloed op de maaiveldhoogte en drainage in de zomerpolder. In droge jaren kan daar nog inklinking door uitdroging aan worden toegevoegd.

Ontwikkeling kweldervegetatie en pionierszone

De ontwikkeling van vegetatie bij de meeste monitoringsvakken is stabiel of vertoont successie ten opzichte van de situatie in 2007. Er zijn geen meetvlakken die regressie van de vegetatie vertonen.

Dit laat zien dat er tot nu toe, zelfs bij een negatieve opslibbingsbalans - al dan niet als gevolg van bodemdaling - geen kritische grens is overschreden met gevolgen voor de vegetatie. Gezien de huidige snelheid van bodemdaling past dat ook bij de verwachting. Daarnaast liggen alle monitoringsvlakken ver boven de theoretische ondergrens van hun vegetatiezone, waardoor ook niet te verwachten is dat er snel regressie van de vegetatie optreedt door bodemdaling. Bij de monitoring van de bodemdaling op Ameland is gebleken, dat zelfs een opslibbingsachterstand van ruim 15 cm vaak nog geen regressie van de vegetatie tot gevolg had.

Het effect van de beweiding met schapen in het meest westelijke deel van de kwelder in 2018, 2019, 2021 als ook in 2022 – waarbij ca. 150 schapen niet volgens de afspraken geweid zijn - op de vegetatie is duidelijk zichtbaar. Mogelijk hebben de drie droge groeiseizoenen van 2018-2020 mede gezorgd voor de veranderingen. Figuur 20 toont het effect van wel of geen schapenbeweiding op een kwelderdeel.



Figuur 20. De kale grond en kale Zeeasterstengels na schapenbeweiding bij pq 8 in 2019 (links) en Zeeaster in 2021 zonder schapenbeweiding (rechts).

Op de drie meest recente opeenvolgende vegetatiekaarten van de Peazemerlanden is de voortgaande successie/veroudering naar de middenkwelder met *zeekweek* duidelijk zichtbaar. Dit is

een natuurlijke ontwikkeling als gevolg van opslibbing in combinatie met afwezige (of zeer extensieve) beweiding.

Daarnaast is de uitbreiding van de (pre-)pionierzone op het aangrenzende wad opvallend, deze is rond 1992 gestart en de opslibbing die de laatste jaren op het wad heeft plaatsgevonden kan deze uitbreiding helpen verklaren.

In de zomerpolder heeft zich in de loop der jaren een verschuiving voorgedaan op de hoge kwelderzone naar een meer gevarieerde mix van vegetatiezones. De toegenomen invloed van zout water door het geleidelijk aan verdwijnen/weghalen van de klepduikers tussen kwelder en zomerpolder heeft hieraan bijgedragen.

De trend die op basis van de vegetatiekaarten kan worden waargenomen is er een van natuurlijke successie/veroudering en uitbreiding van het areaal, met name (pre-) pionierzone, die ook na de start van de gaswinning is doorgegaan. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat de kaart uit 2014 als laatste is gebruikt, omdat de nieuwste kaart van 2020 nog niet is meebesproken in de analyse (Par. 3.4.1. Van Duin (2023)) en dat de bodemdaling in 2014 nog zeer beperkt was. In de volgende rapportage over 2023 zal de analyse over de geactualiseerde vegetatiekaart van RWS meegenomen worden.

Daarnaast laten de waarnemingen tijdens de veldbezoeken zien, dat de uitbreiding van de (pre-) pionierzone ook na 2014 is doorgegaan en dat naast Zeekraal ook vaker Engels Slijkgras wordt aangetroffen, zie Figuur 21.



Figuur 21. Ontwikkeling (pre-)pionierzone met voornamelijk Zeekraal en (sporadisch) Engels slijkgras bij PQ 38 boven en PQ 45 onder. Links situatie in 2007 en rechts die in 2021.

Beweiding en beheer Peazemerlannen

Vanaf 2018 komt bij enkele meetvlakken in de westelijke kwelder van de Peazemerlannen soms schapenbeweiding voor. In het referentiegebied vormt de sinds 2013 toegenomen beweiding een knelpunt voor de bruikbaarheid van met name de meetvlakken als referentiewaarden, zowel voor de opslibbing als voor de vegetatieontwikkeling. Het gevoerde beweidingsbeheer heeft een effect op de ontwikkeling van de hoogteligging (door vertrapping en compactie) en de vegetatie (door verjonging danwel regressie en vertrapping) en lokaal ook op de drainage. De extra meetpunten, die gebruikt worden ter aanvulling van de oorspronkelijke referentiemeetpunten, blijken een goed alternatief.

Beheerder It Fryske Gea (IFG) heeft in 2020 een nieuw beheer- en inrichtingsplan voor de Peazemerlannen uitgewerkt. De herinrichting is in 2022 van start gegaan en loopt door tot 2023. Enkele voor de monitoring belangrijke aandachtspunten de komende jaren betreffen de kweldebeweiding, drainage, wandelroute en verkweldering van het oostelijke deel van de zomerpolder. Er is bij de plannen door IFG geprobeerd rekening te houden met de monitoring, maar effecten geheel uitsluiten is niet mogelijk. Figuur 22 toont de globale herinrichting van de Peazemerlannen; waarbij de hoofdindeling is: westelijk recreatief, midden beweiding en oostelijk natuurontwikkeling.



Figuur 22. Globale locatie wandelroute door de kwelder (rood), kweldebeweiding (geel) en verkweldering (groen) als voornaamste herinrichtingsonderdelen in de Peazemerlannen.

Wat de beweiding betreft is het van groot belang dat er goede blokkades op de zomerkade worden gerealiseerd, zodat er niet toch ook ongewenste beweiding op andere plekken in de kwelder kan plaatsvinden, zoals de afgelopen jaren met de schapenbeweiding is gebeurd. Daarnaast is het essentieel dat er duidelijke afspraken met de pachter worden gemaakt en dat daar op gehandhaafd wordt.

De ingrepen in het drainagepatroon (o.a. graven en/of verbreden en verdiepen van geulen en gebruik maken van stuwen) en ophogen van enkele oeverwallen in verband met vee(veiligheid) en wandelroute hebben mogelijk (lokaal) een effect op de water aan- en afvoer en daarmee op sediment aan- en afvoer en ontwatering. Dit zou voor een aantal meetpunten gevolgen kunnen hebben, maar hoe groot die gevolgen zullen zijn, is moeilijk te voorspellen.

Als de werkzaamheden voltooid zijn, zullen alle eerdere beschadigde SEB-palen in de zomerpolder vervangen worden. Onderstaand (Figuur 23) een aantal foto's ter illustratie van de gepleegde ingrepen in het na-seizoen van 2022.



Figuur 23. Foto's ter illustratie van de gepleegde ingrepen in het najaar van 2022. Boven, twee beelden van het westelijk deel van de kwelder wat onder andere wordt ingericht met een wandelpad. Onder, twee beelden van geulverbreding in het middelste deel van de kwelder, welke verder wordt ingericht voor beweiding.

Wat betreft de geplande verkweldering van het oostelijke deel van de zomerpolder wordt verwacht dat de opslibbing daar na verkwelderen zal toenemen, omdat er vaker en meer water met sediment in het gebied zal komen. Met het oog op de verkweldering zijn in 2019 al drie extra SEB-meetpunten toegevoegd in het hogere deel van de zomerpolder.

TE HANTEREN BESLISSCHEMA

B	Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel habitatypes <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i>		
1	Negatieve en duidelijke trend in oppervlakte?	Y → 2	N → 5
2	Trend anders dan in referentiegebieden? (indien van toepassing)	Y → 3	N → 5
3	Trend een bekende oorzaak? (anders dan bodemdaling door gaswinning)	Y → 5	N → 4
4	Verhoudt de trend zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel)	Y → 9	N → 5
5	Negatieve en duidelijke trend in kwaliteit van het habitatype?	Y → 6	N → 10
6	Trend anders dan in referentiegebieden? (indien van toepassing)	Y → 7	N → 10
7	Trend een bekende oorzaak? (anders dan bodemdaling door gaswinning)? <i>Denk aan de autonome ontwikkeling, beheermaatregelen, etc.</i>	Y → 10	N → 8
8	Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel)	Y → 9	N → 10
9	Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand aan de Kraan). 		
10	Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld voor het betreffende monitoringjaar.		

TOEPASSING VAN HET BESLISSCHEMA

Vraag 1: Is er sprake is van een negatieve en duidelijke trend in het oppervlakte van het habitat? (hierbij dient ook bij twijfel "Ja" geantwoord te worden)

Antwoord: Voor de verschillende onderzochte kwelderhabitats is dit niet het geval → 5



Vraag 5: Is er een negatieve en duidelijke trend in de kwaliteit van dit habitatype?

Antwoord: Er zijn geen meetpunten die regressie van vegetatie vertoonden. De vegetatie bij de meetpunten is stabiel of vertoont successie ten opzichte van de situatie in 2007 → 10



→ 10 OORDEEL:

OORDEEL: ER IS GEEN EFFECT VAN BODEMDALING DOOR GASWINNING OP DE INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN VASTGESTELD VOOR HET BETREFFENDE MONITORINGJAAR.

Deelconclusie

Hoewel de bodemdaling door gaswinning niet overal op de kwelder gecompenseerd wordt door sedimentatie, blijft de vegetatie stabiel of vertoont successie. Een vertraagde netto-ophoging van het maaiveld tijdens de bodemdalingsperiode zou de veroudering van de kweldervegetatie op den duur mogelijk lokaal iets kunnen vertragen. Aangezien veroudering/successie de trend is, zou dit gezien kunnen worden als een tijdelijk positief neveneffect van gaswinning, maar de verwachte bodemdaling is te beperkt om het 'verouderingsprobleem' grootschalig en langdurig tegen te gaan.

Er zijn tot nu toe geen aanwijzingen dat de bodemdaling negatieve effecten op de vegetatie- (ontwikkelingen) heeft gehad.

Monitoring Lauwersmeergebied

Het Lauwersmeergebied is op nationaal en internationaal niveau een belangrijk vogelgebied. Het is een waterrijk natuurgebied dat in 1969 is ontstaan door de afsluiting van de toenmalige Lauwerszee. Met die afsluiting trad een verandering op van een systeem met getijdenwerking naar een systeem met een vast (streef-)peil, dat bovendien gemiddeld lager ligt dan voorheen. Hierdoor is het oppervlak dat met regelmaat overstromde sterk afgenomen en kwamen grote oppervlakten zand- en slikplaten droog te liggen.

Als gevolg van de afsluiting en het droogvallen kwam ontzilting van het water en de platen op gang. 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 het zoute grondwater. Ook is op een aantal plekken in het gebied bos aangeplant. Het huidige beheer - ingezet in de zomer van 1989 - is erop gericht het landschap open te houden. Dit beheer bestaat vooral uit begrazing door vee en uit maaien. Voor de rietontwikkeling zou een meer natuurlijk fluctuerend waterpeil goed zijn.

De monitoring in het Lauwersmeergebied is – in het licht van de bodemdaling als gevolg van de gaswinning – gericht op het vaststellen van de invloed op trends en verspreiding van broedvogels. Hierbij wordt in kaart gebracht wat de ontwikkelingen zijn op de soortensamenstelling van de vegetatie, vegetatiestructuur, grondwaterstanden, bodemchemische toestand, chemische indicatoren in grondwater en erosie langs plaatranden.

In het Aanwijzingsbesluit voor het Lauwersmeergebied wordt uitgelegd dat dit gebied enkel is aangewezen in het kader van de Europese 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.

Trendmatige ontwikkeling Natura 2000 broedvogelsoorten

Kleefstra *et al.* (2022) hebben vastgesteld dat van de dertien Natura 2000-broedvogelsoorten in het Lauwersmeer komen er zes niet meer tot broeden in het Lauwersmeer. Van de overige zeven soorten liggen alleen bij Snor en Blauwborst de gemiddelde aantallen over de afgelopen vijf jaar boven de instandhoudingsdoelstelling.

Kijkend naar de aantallen van 2022 dan is het beeld iets rooskleuriger, omdat de aantallen Roerdompen en Bruine Kiekendieven boven de instandhoudingsdoelen uitkomen.

De gebiedstrend van de Blauwborst is over de periode 2002-2022 stabiel, maar laat na een jarenlange toename sinds 2019 een afname zien. In vrijwel alle gevallen hebben deze afwijkingen direct (verdwijnen riet, ontstaan padennetwerk in rietland) of indirect (uitbreiding wilgenstruweel) te maken met (begrazings)beheer. Mogelijk dat de recente afname van de Blauwborst een relatie heeft met de zeer natte omstandigheden gedurende de broedseizoenen van de afgelopen twee jaar.

Tabel 11 toont de detailanalyse van de geselecteerde vogelsoorten.

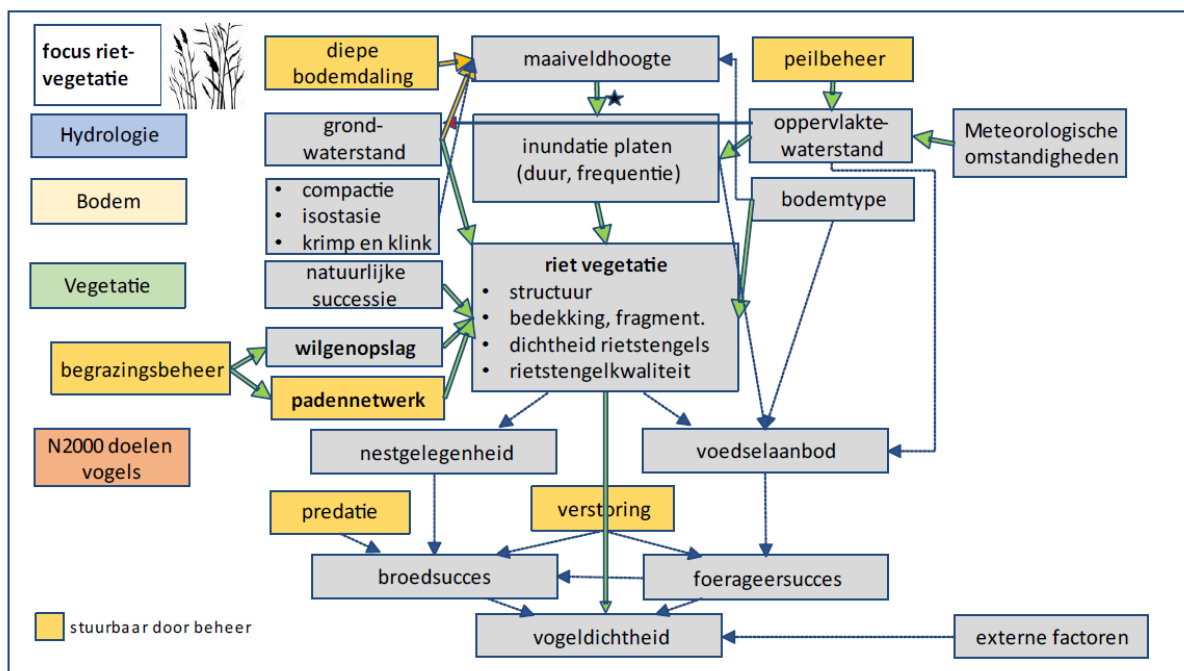
Tabel 11. Vogelsoorten na selectie voor nadere detailanalyse

SOORT	TRENDS	DRAAGKRACHT GEBIED
 <p>Bruine Kiekendief</p>	<p>Er broedden in 2022 ca. 23 Bruine Kiekendieven.</p> <p>De trend is geleidelijk afnemend; hoewel 2022 daar een uitzondering op is. Ook de nationale ontwikkeling van het aantal Bruine Kiekendieven is negatief.</p>	<p>Om ongestoord te broeden heeft de Bruine Kiekendief uitgestrekt dicht en structuurrijk landriet nodig.</p> <p>De kwaliteit van het landriet is de laatste jaren sterk afgenomen. Kansen liggen er voor de grotere platen, mits zich daar weer aaneengesloten rietlanden ontwikkelen.</p>
 <p>Blauwborst</p>	<p>De Blauwborst liet in 2022 wederom een terugval zien tot 153 broedparen. Desondanks blijft de ontwikkeling in het Lauwersmeergebied positief. Dit komt overeen met de landelijke trend.</p>	<p>De deelpopulatie Blauwborsten in het Lauwersmeergebied is afhankelijk van opkomend struweel, grenzend aan een meer open, gefragmenteerd rietlandschap.</p> <p>Mogelijk dat de zeer natte omstandigheden in het broedseizoen van 2022 – evenals in 2021 – van invloed zijn geweest.</p>
 <p>Snor</p>	<p>In 2022 is het aantal broedparen Snor afgenomen tot 109.</p> <p>Toch is de trend in het Lauwersmeergebied nog steeds positiever dan op landelijk niveau.</p>	<p>Broedende Snorren zijn in het Lauwersmeer afhankelijk van vochtig rietland.</p> <p>Het uitrasteren van nieuwe exclusies, zoals op de Zoutkamperplaat, waarmee de rietdichtheid weer iets lijkt toe te nemen, zou in het voordeel kunnen zijn van de soort.</p>
 <p>Rietzanger</p>	<p>De Rietzanger vertoont een stabiele trend in het Lauwersmeergebied.</p> <p>Het aantal broedparen wordt geschat op 1.800 (bandbreedte: 1409-2476). Er is landelijk sprake van een licht stijgende trend.</p>	<p>Om te broeden zijn Rietzangers afhankelijk van droog tot vochtige rietvegetaties. Indien meer vochtige omstandigheden met beperking van grote grazers gecreëerd worden, kunnen de omstandigheden voor Rietzangers verbeterd worden.</p>

Integrale analyse Lauwersmeergebied

In antwoord op het advies van de Auditcommissie, zijn in Kleefstra *et al.* (2021) de ecologische verbanden tussen hoogteligging, inundatie, vegetatieontwikkeling en ontwikkeling van de aantallen van geselecteerde Natura 2000-vogelsoorten in het licht van het begrazingsbeheer en de effecten van bodemdaling verder verdiept. Dit heeft in de 2021 rapportage geleid tot een verdere uitbreiding en concretisering van de effectketen-analyse en het synthese overzicht voor de broedvogels.

In de 2022 rapportage Kleefstra *et al.* (2023) is de optimalisatie van de effecten-ketenanalyse op basis van de focusgebieden voor de monitoring, als op basis van de meetresultaten voortgezet, zoals in Figuur 24 afgebeeld.



Figuur 24. Schematische beschrijving van een detail van de effectketen broedvogels uitgewerkt voor rietbroedvogels en hun voedsel, waarin wordt weergegeven of relaties zijn onderzocht en zo ja of daarbij geen verband, een zwak verband of een sterk verband is aangetoond. Zwarte pijl - niet onderzocht; Rode pijl - geen verband aangetoond; Oranje pijl - zwak verband aangetoond; Groene pijl - sterk verband aangetoond; Zwarte ster – de relatie maaiveldhoogte – inundatie platen is een eenvoudige. Niet is vastgesteld dat een verlaging van de maaiveldhoogte door gaswinning leidt tot meer inundatie.

Bodemdaling versus maaivelddaling

Uitgangspunt in de effectketen is de aanname dat diepe bodemdaling door gaswinning ook een daling van het maaiveld tot gevolg heeft. Bij verder gelijkblijvende omstandigheden (peilbeheer, neerslag en verdamping) leidt een maaivelddaling tot hogere grondwaterstanden ten opzichte van het maaiveld en tot een grotere inundatiekans en inundatieduur.

Op het merendeel van de meetpunten is sprake van maaivelddaling, maar op enkele wordt een stijging van het maaiveld gemeten. Over het algemeen is de maaivelddaling beduidend groter dan de gemodelleerde diepe bodemdaling. Naast klink – bijvoorbeeld als gevolg van de droge zomers – kunnen ook andere factoren bijdragen aan de maaiveldverandering. De maaiveldhoogte-metingen zullen worden voortgezet en naar verwachting zal daardoor de ruis als gevolg van de beperkte nauwkeurigheid van de hoogtemeter langzamerhand minder impact hebben.

Bodemdaling versus grondwaterstand, vegetatieontwikkelingen en vogelaantallen

Verwacht werd dat bodemdaling zou leiden tot hogere grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld en dat dit nog versterkt zou worden door een verhoogd streefpeil. Uit de analyses komt echter naar voren dat het grondwaterstandsverloop voornamelijk wordt bepaald door neerslag en verdamping. Een relatie tussen bodemdaling en grondwaterstandsverloop ten opzichte van maaiveld is, net als in voorgaande jaren, niet aantoonbaar aanwezig.

De verwachting is dat gaswinning via diepe bodemdaling leidt tot daling van het maaiveld en daarmee - bij gelijkblijvend peilbeheer en vergelijkbare weersituatie - tot nattere omstandigheden voor de vegetatie (zie hoofdstukken 3 en 4). Uit de pq-analyse en de hiervan afgeleide indicatie voor de voorjaarsgrondwaterstand blijkt geen trend die wijst op vernatting. In tegendeel, de vegetatieontwikkelingen in de pq' s wijzen regelmatig op een lichte mate van verdroging vooral op de zandige platen in het noorden.

Vegetatieveranderingen die wijzen op grondwaterstandsveranderingen duiden daarom niet op bodemdaling, omdat daardoor juist vernatting verwacht wordt en dan vooral nabij het centrum van de dalingschotel.

De vegetatiestructuurveranderingen zijn evenmin gerelateerd aan de mate van diepe bodemdaling. Successie, begrazingsbeheer en mogelijke veranderingen in het terreingebruik door de grazers bepalen de structuurveranderingen. Waarschijnlijk hebben lagere zomergrondwaterstanden als gevolg van de droge en warme zomers ook een effect op rietgroei. De rietgroei in 2022 was tamelijk normaal, waarschijnlijk omdat de extreme droogte in 2022 pas intrad na de groeipek van het riet (vanaf juli).

Een eerste eenvoudige vingeroefening laat zien dat trends van algemene soorten als Rietzanger en Fitis aansluiten bij de ontwikkelingen die vegetatie-transectkarteringen laten zien. Daarmee is de relatie tussen vegetatieontwikkeling en broedvogeltrends met behulp van de vegetatie-transectkarteringen te leggen. Dat zal in het vervolg nauwkeuriger en uitgebreider geanalyseerd worden.

Bodemdaling versus ontwikkeling muizen

In vergelijking met voorgaande jaren is in 2022 een relatief hoog aantal muizen geteld. Het aanbod van woelmuizen was relatief gemiddeld ten opzichte van voorgaande jaren. De verhouding Veldmuis/Aardmuis verschuift steeds meer in het voordeel van de Aardmuis.

Er is geen duidelijk verband te leggen inundatie van platen en het muizenaanbod. Uit ander onderzoek blijkt dat het muizenaanbod sterk bepaald wordt door de vegetatiestructuur, welke een grote invloed heeft op foerageersucces en daarmee op de aantallen (foeragerende) roofvogels.

TE HANTEREN BESLISSCHEMA

De resultaten van Kleefstra et al, als ook de doorvertaling ervan in het synthese-overzicht worden conform de methodiek van deze integrale beoordeling ook het in beslisschema A (onderdeel vogels – N2000 soorten) toegepast.

A	Beslisschema voor integrale rapportage, onderdeel vogels (N2000-soorten) <i>Y = ja, of bij twijfel / N = nee, redelijkerwijs niet</i>		
1	Negatieve trend populatieomvang beïnvloedingsgebied?	Y → 2	N → 8
2	Is de geobserveerde trend anders dan in referentiegebieden? (indien beschikbaar/ relevant)	Y → 3	N → 8
3	Trend een bekende oorzaak? (anders dan diepe/maaiveld bodemdaling en anders dan bij 4)	N → 4	Y → 8
4	Verhoudt de trend zich tot de ontwikkeling van de draagkracht van het gebied m.b.t. specifieke functies van het gebied voor de betreffende soort? (effectketen) <i>Dit (4) is de vergelijking met berekende proxies, vegetatiestructuur, oppervlakte ondiep water, etc. Hierbij gaat het ook om de eigenschappen van de trends: misschien is de afname van de vogelaantallen eerder begonnen dan van de draagkracht... etc.</i>	Y → 5	N → 8
5	Heeft de trend in de draagkracht/gebiedsfunctie een bekende of voor de hand liggende oorzaak? (anders dan bodemdaling/maaiveld daling) <i>Denk hierbij (5) aan beheer zoals begrazing, waterpeil, predatie, methodische veranderingen, etc.</i>	N → 6	Y → 8
6	Wat (welke parameter(s)) veroorzaakt de trend in 5 en verhoudt de trend in die parameter(s) zich tot de opgetreden bodemdaling? (richting, ruimtelijk en temporeel) (is er een mogelijke relatie)	Y → 7	N → 8
7	Oordeel: Een effect van bodemdaling door gaswinning kan niet worden uitgesloten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwantificeer het effect, prognosticeer de verdere ontwikkeling en beschrijf mitigerende maatregelen. ▪ Geef aan in hoeverre dit effect aanleiding geeft om de gasproductie aan te passen (Hand Aan de Kraan). 		
8	Oordeel: Er is geen effect van bodemdaling door gaswinning op de instandhoudingsdoelstellingen vastgesteld in het betreffende monitoringjaar.		

TOEPASSING VAN HET BESLISSHEMA

Vraag 1: Is er een negatieve trend in populatieomvang beïnvloedingsgebied?

Antwoord: Voor de lange termijn is dat het geval voor de de Bruine Kiekendief → 2



Vraag 2: Is de geobserveerde trend anders dan de landelijke trend?

Antwoord: De landelijke trend voor de Bruine Kiekendief is negatief → 8



→ **8 OORDEEL:**

OORDEEL: ER IS GEEN EFFECT VAN BODEMDALING DOOR GASWINNING OP DE INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN VASTGESTELD VOOR HET BETREFFENDE MONITORINGJAAR.

Deelconclusie

Voor de rietbroedvogels is met name de invloed van het begrazingsbeheer een bepalende factor. Daarnaast zijn ook droogval en inundatie van platen bepalend voor de habitatkwaliteit van rietvelden voor rietbroedvogels en voor op muizen foeragerende roofvogels. Dit wordt waarschijnlijk in grote mate bepaald door de sterke fluctuaties in het waterpeil, veroorzaakt door de meteorologische omstandigheden. Daarbij vertonen de waargenomen vegetatie-ontwikkelingen geen relatie met bodemdaling door gaswinning. Er zijn dan ook geen directe effecten van bodemdaling door gaswinning op de beschermde natuurwaarden vastgesteld.

Eindconclusies

Beleidsdoel	Conclusie
<p>Meegroeivermogen Waddenzee:</p> <p><i>'Bodemdaling door gaswinning mag, in cumulatie met zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de Waddenzee niet overschrijden of dreigen te overschrijden.'</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conform het Meet- & Regelprotocol is aangetoond dat de berekende gemiddelde bodemdalingssnelheid in cumulatie met de vastgestelde relatieve zeespiegelstijging het vastgestelde meegroeivermogen voor de beide kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag niet overschrijdt of dreigt te overschrijden.
<p>Waddenzee (wadplaten):</p> <p><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>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Het plaatgedrag in de deelgebieden binnen de beide kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag laten grote variaties zien. De geconstateerde veranderingen zijn eerder een gevolg van geul-plaat-dynamiek dan dat ze op een verband met de diepe bodemdaling duiden. ▪ Op de schaal van het kombergingsgebied heffen deze variaties in oppervlak en hoogte elkaar op en is de conclusie dat zowel de ontwikkeling van het totale plaatareaal als de plaathoogte binnen de onzekerheidsmarge van de LiDAR-metingen vallen. Daarmee laten de LiDAR-data geen effecten van bodemdaling zien. ▪ Alle onderzoeksgebieden laten, op basis van de spijkermetingen, over langere meetperiode sedimentatie zien aan het oppervlak. Bij Oost-Ameland is sprake van netto-bodemdaling (verdieping). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de morfologische en hydrodynamische veranderingen in een veel groter gebied rond Oost-Ameland. Aanwijzingen hiervoor zijn vooral de cyclische dynamiek van het Pinkegat en de veranderende lengte van de oostpunt.
<p>Waddenzee (wadplaten):</p> <p><i>'Behoud van omvang en kwaliteit foerageergebied voor broed-, trek- en overwinterende vogels.'</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Er geen aanwijzingen zijn voor een effect van bodemdaling door gaswinning op de beschermde vogelsoorten of op de voedselbeschikbaarheid van de wadplaten als foerageergebied voor de Natura-2000 doelsoorten. Hoewel voor de Pijlstaart volgens de Sovon-beoordelingsmethodiek geen 'formele' uitspraak gedaan kan worden, vooral gezien de variatie in de tellingen, laat de aantalsontwikkeling van de Pijlstaart in het Pinkegat en Zoutkamperlaag voorsnog een stijgende trend zien, welke in vergelijking met het overige Nederlandse Waddengebied ook positiever toont.
<p>Kwelders Waddenzee:</p> <p><i>'Behoud van oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, buitendijks, inclusief zilte pioniervegetatie en de aanwezigheid van slijkgras.'</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ In de Peazemerlannen vindt - met uitzondering van de zomerpolder – voldoende opslibbing plaats om de bodemdaling en zeespiegelstijging te compenseren. ▪ Door de uitbreidende en dichterbegroeid rakende pionierzone en het opslibbende voorliggende wad van de Peazemerlannen komt een beeld naar voren van successie. ▪ Er zijn geen aanwijzingen dat de bodemdaling tot nu toe nadelige effecten op de kweldervegetatie heeft gehad.
<p>Lauwersmeergebied:</p> <p><i>'Behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor broed- of trekvogels.'</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De aantallen aan beschermde broedvogelsoorten lijken sterk gerelateerd aan ontwikkelingen binnen het Lauwersmeergebied. Deze ontwikkelingen zijn onder andere sterk fluctuerende waterstanden, vormen van beheer, begrazing en predatie. Geen van de bovengenoemde ontwikkelingen kan worden gerelateerd aan bodemdaling door gaswinning.

Literatuur

Beukema, J.J., Dekker, R. & Drent, J. (2017) Dynamics of a Limecola (*Macoma balthica*) population in a tidal flat area in the western Wadden Sea: effects of declining survival and recruitment. *Helgoland Marine Research*, 71, 12.

Buiter R., Govers L. & Piersma T. (2016). *Knooppunt Waddenzee*. Bornmeer, Gorredijk.

Duijns S., Troost K., Van Winden E., Schekkerman H., Rappoldt K., Nienhuis J., Folmer E.O. (2022) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - Rapportage t/m monitoringjaar 2021. *Sovon-rapport 2022/30*

Ens B.J. & Zwarts L. (1980). Wulpen op het wad van Moddergat. *Watervogels* 5:108-120.

Ens B.J., Kleefstra R., van Winden E.A.J., Polwijk F., Vroom M., van der Zee E., Rippen A. & Sikkema M. (2017). Monitoring van verstoring en potentiële verstoringbronnen van vogels en zeehonden in de Waddenzee - seizoen 2016. *Sovon Vogelonderzoek Nederland / Altenburg & Wymenga, Sovon-rapport 2017/30; A&W-rapport 2349 Nijmegen / Veenwouden, 1-83.*

Ens B.J., Troost K., Van Winden E., Schekkerman H., Rappoldt K., van Kessel J., Nienhuis J. (2021) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - Rapportage t/m monitoringjaar 2020. *Sovon-rapport 2021/35*

Gawehn, M. (2023) Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2022)

Hoeksema H.J., Mulder H.P.J., Rommel M.C., de Ronde J.G., de Vlas J. (1998) *Bodemdalingstudie Waddenzee 20 04*. RIKZ

Kersten M., Brenninkmeijer A. & de Jong J. (2014). De hvp op de Feugelpôle. Effect van verstoring op het aantal vogels. *A&W, A&W-rapport 2033, Feanwâlden, 69.*

Kersten M., Brenninkmeijer A., Krol J., Kijk in de Vegte A. & de Jong J.T. (2016). De HVP op de Feugelpolle in 2016. Effect van werkzaamheden aan de waddijk op het aantal vogels tijdens hoogwater. *Ecosense, Ecosense rapport 3, Groningen, 79.*

Kleefstra R., Beemster N., Bijkerk W., Terpstra R., Buijs R., de Boer P., Bekkema M., Van Manen W., Stahl J. (2023) Analyse van de effecten van bodemdaling op hydrologie, vegetatie en vogels in het Lauwersmeer in 2021. *Sovon-rapport 2023/26 – A&W-rapport 22-198*

Krol J. (2023) Sedimentatiemetingen op het wad van Ameland, Peasens. Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog - Rapport 2022

Kuiters, A.T. & Wegman R.M.A. (2020) Veranderingen in morfologie kwelderrand en kwelderdrainage op Oost-Ameland in relatie tot bodemdaling. (2020). *Wageningen Environmental Research*.

Lugt M. van der, Cleveringa, J., Wang, Z.B (2020) Integrale analyse morfologische effecten van bodemdaling door gaswinning Ameland-Oost. *Deltares [Arcadis – partner]*

NAM (2006) MER Aardgaswinning Waddenzegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. *Nederlandse Aardolie Maatschappij BV*

NAM (2019) Monitoring van de effecten van bodemdaling door gaswinning in het Wadden- en Lauwersmeergebied, evaluatie monitoring 2013-2019. EP201907205142

NAM (2020) Evaluatie van de doorlatendheid van breuken van de Waddenzee velden en implicaties voor bodemdaling. EP202007201552.

NAM (2021) Monitoringprogramma 2020 t/m 2026 in het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. EP202006202313

NAM (2021) Gaswinning Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen: Actualisering Meet- en Regelprotocol 2021. EP202110200380

NAM (2021) Gaswinning Moddergat/Lauwersoog/Vierhuizen: Technische bijlage (bijlage 2) behorend bij het geactualiseerde Meet- en Regelprotocol 2021. EP202110200383

NAM (2023) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 202. EP202303212588.

Navedo J.G., Gutiérrez J.S., Salmón P., Arranz D., Novo M., Díaz-Cosín D.J., Herrera A.G. & Masero J.A. (2019). Food supply, prey selection and estimated consumption of wintering Eurasian curlews feeding on earthworms at coastal pastures. *Ardea* 107:263-274.

Van Duin W. (2023) Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en het referentiegebied en referentiegebieden: Jaarrapport 2022. *Artemisia-rapport 2023-01*

Van den Hout P.J. (2009). Mortaliteit is het topje van een ijsberg van angst. Over slechtvalken en steltlopers in de Waddenzee. *Limosa* 82:122-133.

Wang, Z. B. en Eysink W.D. (2005) Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning. *Vloedkommen van het Friesche Zeegat. WL | Delft Hydraulics Z3995*

Wang Z.B. , Cleveringa J. en Oost A. (2017) Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruiksruimte. *Deltares-rapport 1230937*

BIJLAGE 1

Evaluatie drones als mogelijke aanvulling op LiDAR metingen

Introductie

In het advies van de Auditcommissie over de resultaten van het monitoringsjaar 2021 (Commissie MER, 2022) is geadviseerd om na te gaan in hoeverre drones bruikbaar zijn en boven de Waddenzee kunnen worden ingezet als aanvulling op de LiDAR-metingen. Met digitale terreinmodellen die zijn ingewonnen middels drones zouden morfologische effecten mogelijk in meer detail (microreliëf) kunnen worden onderzocht en mogelijk meer inzicht geven in de nauwkeurigheid van LiDAR-metingen.

Vergelijking UAV (drone) en LiDAR data op locatie Moddergat

De NAM heeft in het verleden op een groot aantal productie locaties middels een UAV (Unmanned Aerial Vehicle; drone) data laten inwinnen. Zowel orthofoto's, panorama foto's, puntenwolken, als digitale terrein en hoogtemodellen (DEM's) zijn opgeleverd. De resultaten zijn ingepast op een aantal ground control points, welke zijn ingemeten met GNSS-RTK. Naast de inpassing op ground control points (met relatieve verschillen op sub-cm niveau) zijn een aantal extra punten gemeten met GNSS-RTK ter controle. De nauwkeurigheid van GNSS-RTK is ca. 2 cm horizontaal en 3 cm verticaal.

De evaluatie van drone data als aanvulling op de LiDAR data heeft plaatsgevonden op de volgende punten:

- Het gebruik van drone data als ground control points.
- Het detailniveau van puntenwolken en digitale hoogtemodellen ingewonnen door drones.

Eén van de NAM locaties waarvan UAV data is ingewonnen die overlapt met de Waddenzee LiDAR surveys (Gawehn, 2023) is locatie Moddergat (in augustus 2019). De volgende hoogteverschillen zijn berekend:

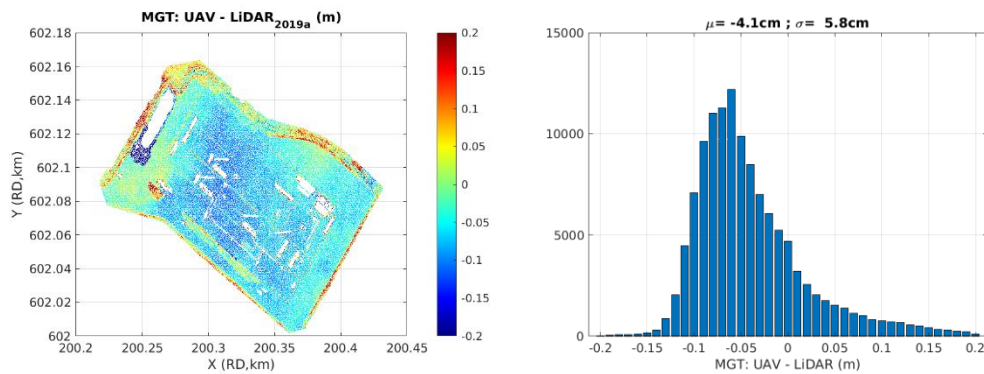
1. UAV – LiDAR_2019a (LiDAR referentie survey)
2. UAV – LiDAR_2019b (referentievlakcorrectie toegepast)
3. LiDAR_2019b (referentievlakcorrectie toegepast) – LiDAR_2019a
4. LiDAR_2019b – LiDAR_2019a
5. UAV – LiDAR_2019a (LiDAR referentie survey) na toepassing van één verticale offset.

Bij de berekening van de hoogteverschillen zijn zo veel mogelijk punten op maaiveldhoogte vergeleken en zijn punten op minder dan 10 cm afstand van elkaar beschouwd als op dezelfde locatie.

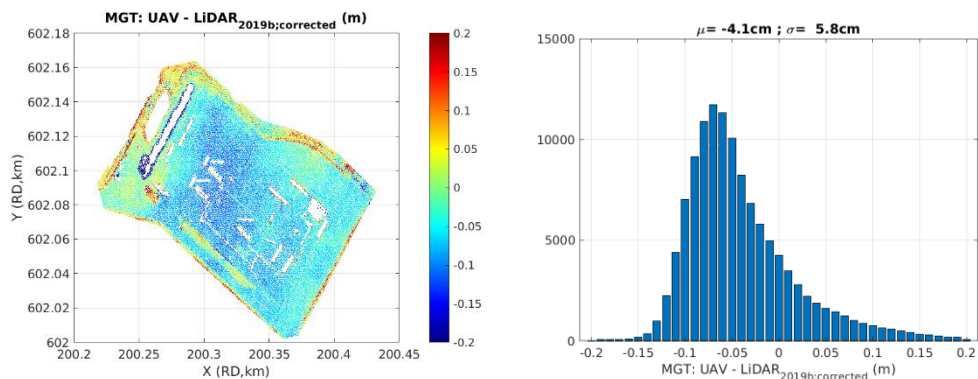
Uit Figuur 25 tot en met Figuur 28 blijkt dat de verschillen tussen beide LiDAR surveys uit 2019 klein zijn (zowel gecorrigeerd als ongecorrigeerd) in vergelijking met de verschillen tussen de UAV survey en de LiDAR surveys. Aangezien de ground control points van de UAV survey met GNSS-RTK zijn ingemeten, is het mogelijk de relatieve verschillen binnen de survey klein zijn, maar dat er tussen twee surveys op verschillende tijdstippen nog een offset zit. Figuur 29 toont de hoogteverschillen tussen de UAV survey en de LiDAR survey van mei 2019 (2019a) na correctie voor één verticale offset. Deze offset corrigeert eveneens voor bodemdaling door gaswinning ter plekke van de Moddergat locatie tussen mei en augustus 2019; echter deze bedraagt slechts enkele millimeters (daling nabij GNSS station is 3 mm/jaar). De spreiding van de hoogteverschillen in Figuur 29 is groter

dan die tussen LiDAR surveys, en vertoont systematische verschillen variërend tussen ± 5 cm. Mogelijke verklaringen zijn de volgende:

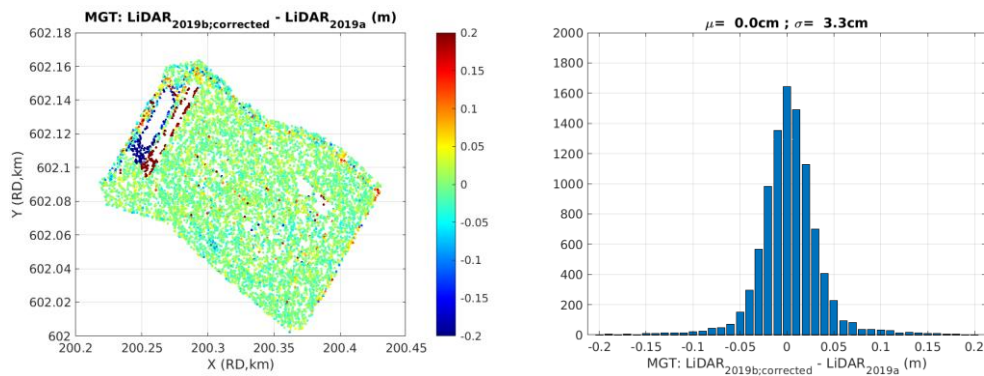
- De resultaten zijn afhankelijk van de nauwkeurigheid van de sensoren voor positionering en stand van de UAV. Dit is bij airborne LiDAR ook het geval, maar wellicht werkt dit bij een drone anders door dan bij een vliegtuig.
- De puntenwolken zijn middels fotogrammetrie gegenereerd. Omdat deze techniek afhankelijk is van het matchen van patronen, zou de nauwkeurigheid lager kunnen zijn op egale oppervlakken.



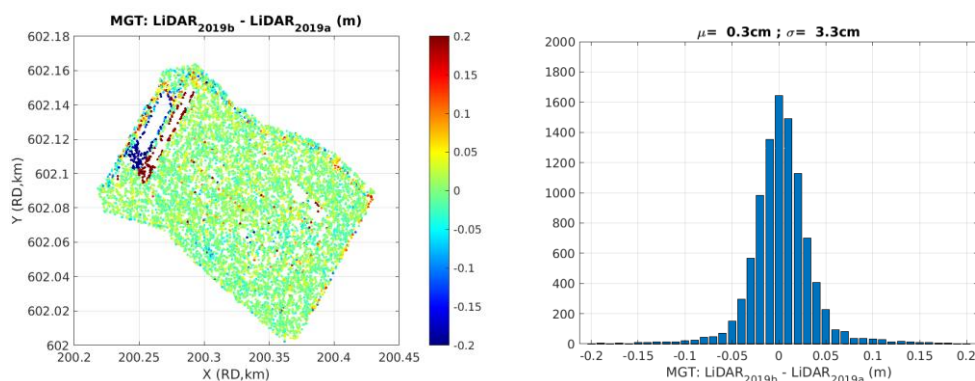
Figuur 25. Verschil in hoogtes tussen Moddergat UAV survey (aug 2019) en de LiDAR survey in mei 2019 (referentie survey).



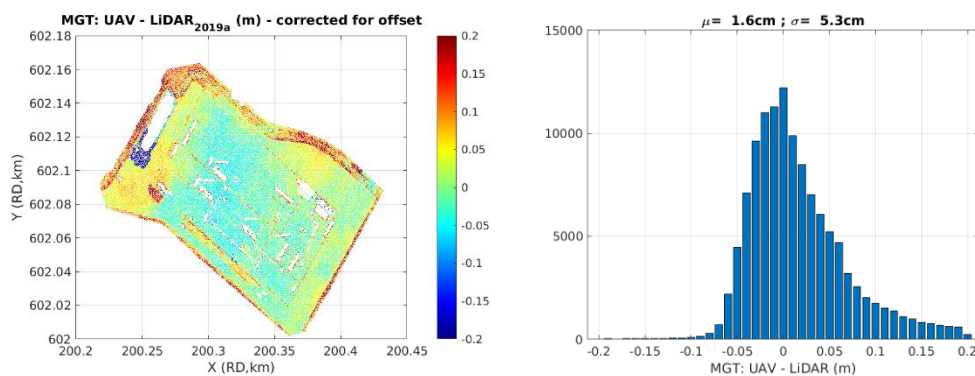
Figuur 26. Verschil in hoogtes tussen Moddergat UAV survey (aug 2019) en de LiDAR survey in oktober 2019 (referentievlakcorrectie toegepast).



Figuur 27. Verschil in hoogtes tussen de LiDAR surveys in oktober (referentievlakcorrectie toegepast) en mei 2019 (referentie survey).



Figuur 28: Verschil in hoogtes tussen de LiDAR surveys in oktober en mei 2019 (geen referentievlakcorrectie toegepast).



Figuur 29: Verschil in hoogtes tussen Moddergat UAV survey (aug 2019) en de LiDAR survey in mei 2019 (referentie survey) na toepassing van één verticale offset.

Precisie van geodetische meettechnieken

Wat betreft geodetische meettechnieken, zijn er verschillende precisieniveaus te onderscheiden:

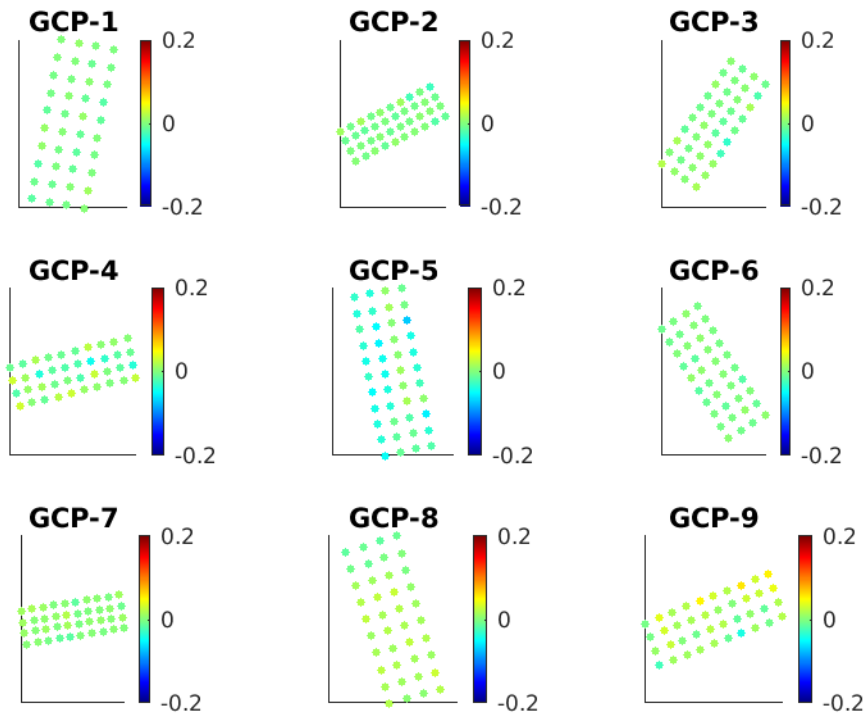
- Waterpasmetingen: sub-cm.
- InSAR: sub-cm.
- GNSS, post-processing van campagne en continue metingen: sub-cm.
- GNSS-RTK, horizontaal ~2 cm, vertikaal ~3 cm.

Een nadere uitleg van de elementen die de nauwkeurigheid van geodetische meettechnieken (meetprecisie en idealisatie precisie) bepalen voor het monitoren van bodembeweging is te vinden in de Referenties NAM (2017) en NAM (2017a).

De ground control point grids en sediment grids die worden gebruikt om de LiDAR metingen in te passen, worden ingemeten met geodetische meettechnieken van het hoogste precisie niveau:

- Ground control point grids: waterpas en InSAR metingen.
- Sediment grids: GNSS campagne metingen (post-processing) en waterpas metingen.

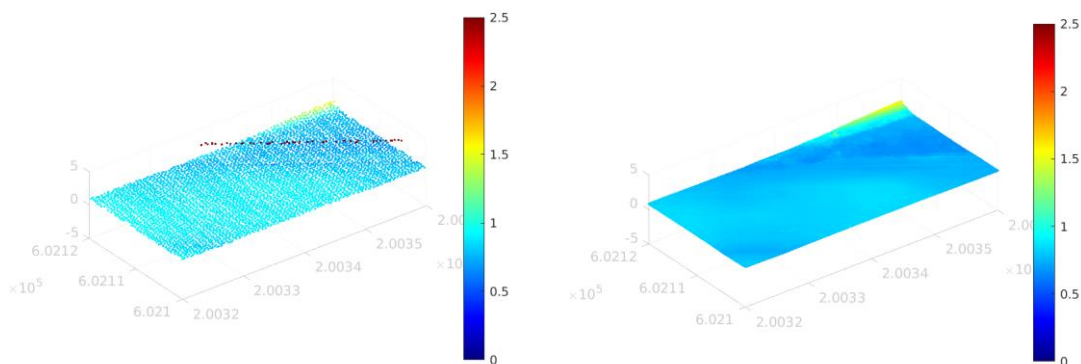
De ground control point grids tonen, ook voor de referentievlakcorrectie, al een zeer goede passing met de LiDAR survey, zie Figuur 30. Gezien de standaardafwijking van de verschillen met de UAV (drone) surveys zou het gebruik van deze data als ijkpunten voor de LiDAR surveys naar verwachting de nauwkeurigheid van de hoogtemetingen niet verhogen.



Figuur 30: Verschil in hoogtes tussen de ongecorrigeerde LiDAR Deltares survey van 2022 (1 meter resolutie) en de GCP grids hoogtes. De afstand tussen de punten is 1 m.

Resolutie en detailniveau

Wat betreft het detailniveau, zijn er door de grotere resolutie meer lokale details zichtbaar in de UAV data. De punt dichtheid van LiDAR is in de orde van 5-25 punten per m², tegenover enkele honderden of meer punten per m² in de puntenwolk berekend uit de UAV survey. Echter, een hogere resolutie betekent niet dat de nauwkeurigheid van de hoogtes daardoor ook hoger is.



Figuur 31: Puntbedekking van de LiDAR (links) en de UAV (rechts) survey van een deel van de Moddergat NAM locatie. NB: bij de lijn boven het grondoppervlak (links) loopt een hekwerk.

De aanvulling van UAV (drone) data voorkomend uit hogere resolutie en daarmee een hoger detailniveau moet worden bekeken ten opzichte van de doelstellingen van het monitoringsprogramma.

De hoofdonderzoeksvraag van het monitoringsonderdeel waarbij de LiDAR surveys worden gebruikt, is als volgt:

“Is het areaal droogvallend wad in het Friesche Zeegat sinds de start van de LiDAR metingen veranderd als gevolg van bodemdaling door gaswinning?”

In (Gawehn, 2023) worden de analyses beschreven die Deltares heeft uitgevoerd met de LiDAR data van 2010 t/m 2022. De mogelijke effecten van de resolutie van de LiDAR grids en de ligging van mossel- en oesterbanken op de areaal berekeningen worden hier in behandeld. In de conclusies wordt aangegeven dat er geen aanwijzingen zijn dat mossel- en oesterbanken het plaatareaal beïnvloeden. Ook de resolutie van de LiDAR grids beïnvloeden plaatareaalberekeningen niet.

In aanvulling op bovenstaande analyses heeft NAM contact opgenomen met Rijkswaterstaat, die in recente jaren hoogtemodellen en orthofoto's door middel van drones heeft laten inwinnen elders in Nederland, in gebieden met droogvallende platen. Voor NAM lijkt er op het moment geen meerwaarde te zijn voor de inzet van drones als aanvulling op de LiDAR metingen. NAM zal wel de activiteiten van Rijkswaterstaat blijven volgen op het gebied van data-inwinning door middel van drones.

Referenties

Gawehn, M. (2023). “Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2022)”. Deltares rapport 11206685-005-ZKS-0002. Delft, Nederland.

Terratec (2022) Project report ‘Waddenzee – LiDAR acquisition for 2022’.

Commissie MER (2022) Monitoring aardgaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen; Advies Auditcommissie over de resultaten van het monitoringsjaar 2021

NAM (2017) Ensemble Based Subsidence application to the Ameland gas field – long term subsidence study part two (LTS-II) continued study. ([link](#))

NAM (2017a) Long Term Subsidence vervolgstudie. ([link](#))

Colofon

Auteur: NAM B.V.
Datum: mei 2023
Documentnummer: EP202303200114
Fotografie: Sovon / NAM

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Schepersmaat 2, 9405 TA Assen

www.nam.nl