



**Monitoring van het
voor vogels oogstbare
voedselaanbod in de
kombergingen van het
Pinkegat en Zoutkamperlaag**

**Rapportage t/m
monitoringjaar 2022**

Sjoerd Duijns
Karin Troost
Erik van Winden
Kees Rappoldt
Jeroen Nienhuis
Hans Schekkerman
Eelke Folmer

Sovon-rapport 2023/35



Colofon

© Sovon Vogelonderzoek Nederland 2023

Dit rapport is samengesteld in opdracht van de NAM

Wijze van citeren: Duijns, S., Troost K., van Winden E., Rappoldt K., Nienhuis J., Schekkerman H. & Folmer, E.O. 2023. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2022. Sovon-rapport 2022/35. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Foto's: Harvey van Diek

Opmaak: Laura Hondshorst, Sovon Vogelonderzoek Nederland

ISSN-nummer: 2212 5027

Sovon Vogelonderzoek Nederland

Toernooiveld 1

6525 ED Nijmegen

e-mail: info@sovon.nl

website: www.sovon.nl

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm, of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Sovon en/of opdrachtgever.

Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag

Rapportage t/m monitoringjaar 2022

Sjoerd Duijns - Sovon Vogelonderzoek Nederland

Karin Troost - Wageningen Marine Research

Erik van Winden - Sovon Vogelonderzoek Nederland

Kees Rappoldt - EcoCurves

Jeroen Nienhuis - Sovon Vogelonderzoek Nederland

Hans Schekkerman - Sovon Vogelonderzoek Nederland

Eelke Folmer - Ecospace

Sovon-rapport 2023/35

Dit rapport is samengesteld in opdracht van de NAM
(Sovon project S2021.169)



Inhoud

1. Samenvatting	6
1.1. Conclusies rapportagejaar 2022	6
1.2. Adviezen Auditcommissie 2022	7
1.3. Aanbevelingen rapportagejaar 2022:	8
2. Inleiding	10
3. Selectie vogelsoorten	11
4. Beslisschema	13
5. Monitoring data	14
5.1. Onderzoeksgebied	14
5.2. Hoogtekaart	14
5.3. Lodingen Rijkswaterstaat	15
5.4. LiDAR	15
5.5. Waterstanden	15
5.6. Bodemdieren	16
5.6.1. SIBES	16
5.6.2. WOT litorale surveys waddenzee	16
5.7. Vogeltellingen	17
6. Wadmap: van benthos naar proxy	18
6.1. Algemeen	18
6.2. Berekeningswijze Wadmap	18
6.3. Voedsel­ecologie vogels	19
6.3.1. Functionele respons	19
6.3.2. Prooikeuze	19
6.3.3. Voedsel­behoefte en beschikbare foerageertijd	19
6.4. Berekende proxies	21
7. Structural Equation Modelling - SEM Methodiek	22
7.1. Constructie dataset - linken van aantallen met droogvalduur en benthos	22
7.2. Beschrijving SEM methodiek	23
7.3. Voedselaanbod door het jaar heen	23
7.3.1. Beschikbaarheid en bereikbaarheid	24
7.3.2. Voorbereiding data per soort	24
8. Resultaten monitoring	26
8.1. Ontwikkelingen Waddenzee	26
8.2. Droogvallende mosselbanken	26
8.3. Ontwikkelingen bodemdieren Waddenzee	26
8.4. Voedselaanbod Pinkegat-Zoutkamperlaag	27
8.4.1. Schelpdieren	27
8.4.2. Kreeftachtigen	28
8.4.3. Wormen	28
8.5. Vogels	29
8.5.1. Bergeend	29
8.5.2. Pijlstaart	32
8.5.3. Scholekster	34
8.5.4. Kluut	37
8.5.5. Zilverplevier	39
8.5.6. Bontbekplevier	42

8.5.7. Kanoet	45
8.5.8. Drieteenstrandloper	48
8.5.9. Bonte Strandloper	50
8.5.10. Rosse Grutto	53
8.5.11. Wulp	56
8.5.12. Tureluur	59
8.5.13. Steenloper	62
9. Resultaten en discussie SEM Methodiek	65
9.1. Scholekster	65
9.1.1. Interpretatie SEM Scholekster	67
9.2. Kanoet	70
9.2.1. Interpretatie SEM Kanoet	71
9.3. Rosse Grutto	74
9.3.1. Interpretatie SEM Rosse Grutto	76
9.4. Bonte Strandloper	79
9.4.1. Interpretatie SEM Bonte Strandloper	81
9.5. Wulp	84
9.5.1. Interpretatie SEM Wulp	87
9.6. Tureluur	89
9.6.1. Interpretatie SEM Tureluur	92
9.7. Kluut	94
9.7.1. Interpretatie SEM Kluut	97
9.8. Verschil in aanwezige en geschatte vogels	99
9.9. Analyse van de latente variabele in het MLV gebied	99
10. Algemene discussie en conclusies	101
10.1. Signaleringsmonitoring & signalering	101
10.2. Aanbevelingen Auditcommissie	104
10.3. Ecologische verklaringen van waargenomen veranderingen	104
10.3.1. Drukfactoren en hun effect(en)	105
10.3.2. Voedsellandschap	106
10.3.3. Kwaliteit van de HVP	107
10.3.4. Verstoringslandschap	107
11. Aanbevelingen	108
Bijlage – trends in de proxies	109
Literatuur	113

1. Samenvatting

De gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (samen: MLV) kan effecten hebben op het Natura 2000 gebied Waddenzee. Uit voorzorg vindt de winning plaats volgens het 'Hand aan de kraan' principe. In dat kader vindt een uitgebreide monitoring plaats van biotische en abiotische parameters, om te controleren of gaswinning vanaf de bovengenoemde locaties geen meetbaar nadelig effect heeft op de instandhoudingsdoelstellingen van de speciale beschermingszone Waddenzee, waaronder een groot aantal vogelsoorten waarvoor het gebied is aangewezen.

Onder invloed van het jaarlijkse commentaar en adviezen van de Auditcommissie is het monitoring programma in de loop der jaren steeds verder ontwikkeld. De op de wadplaten gemonitorde variabelen bodemdieren, bodemhoogte, sedimentatie en waterstanden worden geïntegreerd tot één variabele die zo goed mogelijk de instandhoudingsdoelen representeert. Het is niet mogelijk de draagkracht voor de verschillende wadvogelsoorten direct te bepalen op basis van deze metingen, maar het is wel mogelijk om de metingen te combineren tot proxies (benaderingen) voor draagkracht voor een groot aantal soorten wadvogels. Uiteindelijk konden proxies voor draagkracht worden ontwikkeld voor dertien goed onderzochte wadvogelsoorten: Bergeend, Pijlstaart, Scholekster, Kluut, Zilverplevier, Bontbekplevier, Kanoet, Drieteenstrandloper, Bonte Strandloper, Rosse Grutto, Wulp, Tureluur en Steenloper. Behalve de ontwikkelingen in de proxies voor draagkracht worden ook de ontwikkelingen in vogelaantallen gevolgd en vergeleken met de ontwikkelingen elders. Aan de hand van een beslisschema worden de monitoringgegevens gewogen en wordt besloten of er aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling door gaswinning uit de MLV-velden op de instandhoudingsdoelen.

Net als in voorgaande jaren zijn berekeningen uitgevoerd voor 7 verschillende proxies op basis van de korte prooijijst:

- **Opp**: het areaal geschikt foerageerhabitat op basis van de berekende opnamesnelheid van voedsel en een energetisch bepaalde minimaal benodigde opnamesnelheid van de betrokken vogelsoort.
 - **BMaanw**: de aanwezige biomassa aan prooidier-soorten die deel uitmaken van het dieet.
1. **BMoogst**: de oogstbare prooibiomassa. Dit is de biomassa prooidieren in gebieden waar de drempelwaarde in opnamesnelheid gehaald wordt.
 2. **BMoogstDr**: de beschikbare oogstbare prooibiomassa. Dit is de oogstbare prooibiomassa vermenigvuldigd met de lokale droogvalduur

3. **FRaanw**: de opnamesnelheden berekend voor het aanwezige voedsel, gesommeerd over de totale oppervlakte
4. **FROogst**: de berekende opnamesnelheden, gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, d.w.z. waar het voedsel oogstbaar is
5. **FROogstDr**: de berekende opnamesnelheden, gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, en vermenigvuldigd met de lokale droogvalduur

Voor alle 13 soorten is het verloop van deze 7 proxies berekend voor twee seizoenen (maanden) in het jaar. In totaal dus 26 soort-seizoen combinaties.

Voor elk van de 13 onderzoeksoorten wordt het aantalsverloop in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag over de periode 1994/1995 – 2021/2022 gerapporteerd en vergeleken met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee, alsook met het aantalsverloop in de Duitse en Deense Waddenzee en met dat van de totale flyway-populaties van de betreffende soorten. Er zijn trends berekend voor de lange termijn (vanaf 1994) en voor de korte termijn (vanaf 2010).

1.1. Conclusies rapportagejaar 2022

Toepassing van het beslisschema op de resultaten t/m monitoringjaar 2022 leidt tot de volgende conclusies:

1. Voor 24 onderzochte soort-seizoen combinaties luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling.
2. Voor 2 onderzochte soort-seizoen combinaties (Pijlstaart) luidt de conclusie dat er geen uitspraak mogelijk is.
3. Voor 4 soort-seizoen combinaties (Zilverplevier en Wulp), wijkt de ontwikkeling van de aantallen in Pinkegat en Zoutkamperlaag in positieve/negatieve zin af van de aantalsontwikkeling elders (overige delen Nederlandse Waddenzee, Duitse en Deense Waddenzee).
4. Voor 3 soort-seizoen combinaties (Bonte Strandloper in september, Rosse Grutto in augustus en Wulp in september) was er een gevalideerde proxy voor draagkracht die geen negatieve trend vertoonde.
5. Voor 2 soort-seizoen combinaties (Scholekster in september en januari) vertoonde een gevalideerde proxy voor draagkracht (*BMaanw*) een negatieve trend. Omdat de negatieve trend van aantallen in het Pinkegat en Zoutkamperlaag niet verschilde met de trend elders, is in het beslisschema

geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor negatieve effecten van bodemdaling.

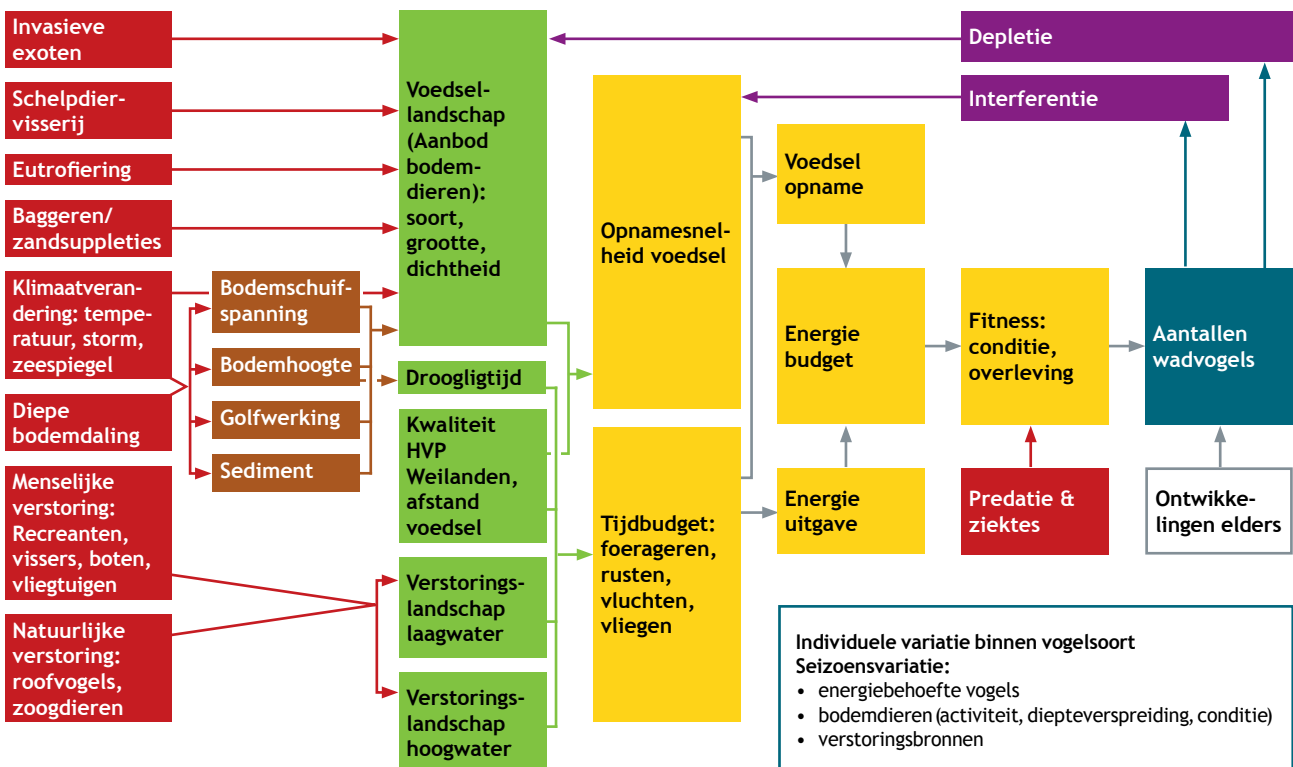
6. Voor 16 soort-seizoen combinaties is er geen gevalideerde proxy voor draagkracht voorhanden, maar waren de proxies onderling sterk gecorreleerd en was er geen sprake van een negatieve ontwikkeling van de gezamenlijke trend in de proxies.

In vergelijking met de voorgaande rapportage (Duijns *et al.* 2022), waarin voor geen enkele soort een aanwijzing voor bodemdalingseffecten werd gevonden, is dit jaar de Pijlstaart weer terug (net als in 2020), aangezien er geen betrouwbare conclusie getrokken kan worden (zie ook Ens *et al.* 2021b). Dit heeft voornamelijk te maken met de grote variatie in aantallen in het bodemdalingsgebied. Zo liet de Pijlstaart vorig jaar een stabiele trend zien over de korte termijn, en dit jaar wordt deze trend als onzeker beoordeeld. Gezien de populatie-ontwikkeling in het Pinkegat en Zoutkamperlaag, die op de lange termijn nog steeds toenemend is, is deze conclusie niet meteen zorgelijk, maar de ontwikkeling zal in komende rapportages nauwlettend gevolgd worden.

De SEM analyse is uitgebreid en laat voor alle soorten een verbeterde modelfit zien in vergelijking met vorige rapportage. Het laat ook zien dat de voedselbeschikbaarheid niet bij alle soorten de aantallen op de Hoogwater Vlucht Plaatsen (HVP's) kan verklaren. Dit laatste geldt met name bij soorten met een breed prooienspectrum, en soorten die in grote groepen foerageren.

1.2. Adviezen Auditcommissie 2022

De adviezen van de Auditcommissie worden hieronder besproken, evenals de discussie over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen welke is opgehangen aan een uitwerking van de effectketen tussen drukfactoren, zoals diepe bodemdaling, en de vogelaantallen. In eerdere rapportages is de effectketen die beschrijft hoe diepe bodemdaling doorwerkt op bodemdieren en aantallen vogels, verder uitgewerkt. Daarbij moet ook het effect van andere drukfactoren, zoals schelpdiervisserij en verstoring, op het voedsellandschap en verstoringslandschap en daarmee de vogels, in kaart worden gebracht (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Schematische weergave van de uitgewerkte effectketen die beschrijft hoe verschillende drukfactoren (rood), waaronder bodemdaling door gaswinning, doorwerken op de vogelaantallen (blauw) in het leefgebied van een getijdepopulatie (LGP), via abiotiek (bruin), voedsellandschap en verstoringslandschap (groen), en fitness van de vogels (geel). De vogelaantallen worden ook bepaald door ontwikkelingen elders (wit) en er is een terugkoppeling van vogelaantallen via voedselconcurrentie (paars) naar het voedsel(landschap). Sommige variatiebronnen, zoals veranderingen in de loop van het seizoen, zijn niet expliciet in het schema opgenomen, maar alleen benoemd in een los kader (lichtgroen) Bron: (Ens *et al.* 2021b).

De Auditcommissie - onderdeel van de Commissie voor de milieu effect rapportage - komt in haar evaluatie van het meest recente monitoringrapport (Duijns *et al.* 2022) tot een tweetal adviezen (Auditcommissie 2022):

1. **Auditcommissie adviseert nog een stap in het schema 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 beslisschema dat wordt gehanteerd door de NAM vertoont op enkele cruciale onderdelen verschillen met het beslisschema dat is opgesteld en wordt gehanteerd in de rapportages door Sovon Vogelonderzoek Nederland (zoals dit rapport). Een beperking van het NAM-beslisschema is dat er maar twee antwoorden mogelijk zijn, ‘ja’ of ‘nee’. Bij het Sovon beslisschema is er nog een derde mogelijkheid, namelijk ‘geen uitspraak mogelijk’. Deze toevoeging is cruciaal in het principe ‘hand aan de kraan’, omdat dit een signaleringsfunctie is. Vanwege het hand aan de kraan principe, is het van belang jaarlijkse rapportages uit te brengen en het is daarom zinvol om de zaken van de vorige rapportages te vergelijken met de huidige situatie, juist wanneer er geen uitspraak mogelijk was. Dan is het van belang na te gaan wat er is veranderd. Deze stap in het beslisschema is reeds door Sovon in de rapportages geïmplementeerd.

2. **Naar aanleiding van het advies van vorig jaar is als aanvulling op de bestaande aanpak van het berekenen van proxies in Wadmap, de methodiek van Structural Equation Modelling (SEM) toegepast. De SEM-methodiek zal, vanwege de complexiteit ervan, over een periode van drie jaar stapsgewijs geïmplementeerd worden. De Auditcommissie ondersteunt dit voornemen en adviseert in de komende rapportage globaal aan te geven hoe de vervolgstappen er uit gaan zien.**

De SEM modellering is dit jaar uitgebreid door ook expliciet rekening te houden met veranderingen in de aanwezige biomassa gedurende het seizoen, en de bereikbaarheid van ingegraven levende bodemdieren, iets dat in de vorige rapportage nog niet gebeurde. In de vorige rapportage was gerekend voor de maand september, (omdat deze maand het dichtst na de jaarlijkse zomerse SIBES-bemonstering valt en dan een serie volledige HVP-tellingen beschikbaar is). Met de aanpassingen hierboven is nu een maandelijkse berekening mogelijk. Ook zijn er drie vogelsoorten aan de analyse toegevoegd, te weten Wulp, Tureluur en Kluut.

In deze rapportage zijn de resultaten uit de SEM op een andere manier geëvalueerd dan in voorgaande rapportage. In (Duijns *et al.* 2022), is gekeken naar de correlatie tussen de geschatte latente variabele ‘foerageerpotentieel’ (*FPhat*) en het op basis daarvan voorspelde aantal vogels (*Nhat*) enerzijds en de proxies uit het Wadmap model anderzijds. In de huidige rapportage is gekozen om de factor score (F_1), het getelde aantal individuen (*reken*), de residuen (*res*) en het voorspelde aantal individuen (*yhat*) in één figuur met elkaar te vergelijken. Uiteindelijk zouden deze trends geanalyseerd kunnen worden door gebruik te maken van regressies, maar door het ontbreken van de Waddenzeebrede benthosdata van 2015-2019 (SIBES) is deze evaluatie nog niet zinvol. Wanneer deze data beschikbaar is, is het eenvoudig te evalueren of deze trends (positief of negatief) verschillen binnen het bodemdalingsgebied en daarbuiten. In de analyse van volgend jaar zal onderzocht worden of naast voedsel ook de sediment-samenstelling 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 aangegeven 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.

1.3. Aanbevelingen rapportagejaar 2022:

1. Probeer een inschatting te maken van de omvang van de handkokkelvisserij in de afgelopen jaren in de verschillende Virtuele HVP deelgebieden en verdisconteer dit in de draagkracht proxies en de SEM voor de Scholekster. *Er zijn grote lokale verschillen in de omvang van de handkokkelvisserij (Troost & van Asch 2018) en de omvang van de vangsten wordt weliswaar goed geregistreerd, maar dat geldt niet voor de locatie van de vangsten. Om de kokkelvangsten te verwerken in de proxy berekeningen, of de SEM aanpak, moet de locatie van die vangsten nauwkeuriger worden vastgelegd.*
2. In volgende rapportages kan onderzocht worden of sedimentsamenstelling, naast voedsel, een rol speelt bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee en kunnen vergelijkbare referentiegebieden gekozen worden. *Zoals ook eerder aangegeven staat dit op de planning voor de volgende rapportage.*
3. Onderzoek of binnendijkse foerageermogelijkheden, naast voedsel op het wad zelf, van belang zijn bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.

- Van verschillende vogelsoorten is bekend dat ze niet alleen op het wad naar voedsel zoeken, maar ook in meer of mindere mate gebruik van weilanden in de omgeving. Overwinterende Scholeksters kunnen massaal in de weilanden naar voedsel zoeken als het wad bij langdurige stormperiodes niet droogvalt (Goss-Custard & Durell 1988b), maar van andere soorten is ook bekend dat ze dit in meer of mindere mate doen. Rosse Grutto's die opvetten in het voorjaar om naar het hoge noorden te trekken verlengen hun foerageertijd door met hoogwater in de weilanden naar voedsel te zoeken (Duijns et al. 2009), maar ook Wulpen, Tureluurs en Kluten zijn soorten die regelmatig elders foerageren (van de Kam et al. 2004). Wanneer meer data beschikbaar komt van gezenderde individuen (b.v. Watlas of GPS) is het zinvol om de tijdsbesteding per habitat te kwantificeren en mee te nemen in de SEM analyse.*
4. Onderzoek of predatierisico en (menselijke) verstoring van belang zijn, naast voedsel op het wad, bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee. Zo zou het aantal Slechtvalken in de Waddenzee (Figuur 10.6), in de SEM analyse meegenomen kunnen worden als een onderdeel van het verstoringslandschap. *Wanneer de SEM modelering-aanpak tot tevredenheid van de commissie is uitgerold, kunnen dit soort parameters geïmplementeerd worden in de monitoring, maar gezien de complexiteit van de huidige uitbreiding is dit iets voor de komende jaren.*
 5. Onderzoek de variatie van de hoogwatertellingen binnen en tussen jaren, gezien het belang van de aantallen in de beoordeling voor effecten van bodemdaling. *Hier zijn al diverse studies aan gedaan (e.g., Rappoldt et al. 1985, Rogers et al. 2006, Conklin et al. 2008), en het zou de moeite zijn om dit in de huidige monitoring verder uit te werken, maar deze werkzaamheden zijn behoorlijk specialistisch en niet begroot in de jaarlijkse monitoring.*
 6. De SIBES data bestaat nu uit de totale biomassa per monsterpunt. Dit betekent dat voor sommige soorten een overschatting is van het beschikbare deel (vnl. de vogels met korte snavels zoals Kanoet, Drieteenstrandloper, Bonte Strandloper en Bontbekplevier). In de monstername wordt onderscheid gemaakt in de bovenste 4 cm van het monster en de onderste 16 cm. In de volgende rapportage zou dit onderscheid ook meegenomen dienen te worden. *De bereikbaarheid van bodemdieren hangt af van de soort, de grootte van het individu en het seizoen. De ingraafdiepte is in Wadmap en met deze rapportage ook in de SEM voor de meest relevante bodemfaunasoorten gemodelleerd op basis van literatuurgegevens en geconfronteerd met de snavellengtes van de vogelsoorten om de bereikbare fractie van de totale biomassa te berekenen. Deze aanpak houdt ook rekening met seizoensvariatie in de ingraafdieptes, terwijl het diepte-onderscheid in de SIBES data specifiek is voor het moment van de monstername.*

2. Inleiding

De gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (samen: MLV) kan effecten hebben op het Natura 2000 gebied Waddenzee. De voorspelde daling van wadplaten als gevolg van bodemdaling door gaswinning is uitermate gering en er worden geen effecten op vogels voorspeld (Meesters *et al.* 2006). Desondanks vindt uit voorzorg de winning plaats volgens het ‘Hand aan de kraan’ principe, waarbij de jaarlijkse zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning samen niet de komberging specifieke sedimentatie capaciteiten van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag mogen overschrijden. Naast de meet- en regelcyclus rondom de bodemdalingssnelheid vindt er een uitgebreide monitoring plaats van biotische en abiotische parameters, om te controleren of gaswinning vanaf de bovengenoemde locaties geen meetbaar nadelig effect heeft op de instandhoudingsdoelstellingen van de speciale beschermingszone Waddenzee, waaronder een groot aantal vogelsoorten waarvoor het gebied is aangewezen.

In het monitoring programma voor de jaren 2014-2019 (NAM 2014), is gekozen voor een analysestrategie waarbij de op de wadplaten gemonitorde variabelen bodemdieren, bodemhoogte, sedimentatie en waterstanden worden geïntegreerd tot één variabele die zo goed mogelijk de ecologische instandhoudingsdoelen met betrekking tot wadvogels representeert (Auditcommissie 2014). Het is niet mogelijk de draagkracht voor de verschillende wadvogelsoorten direct te bepalen op basis van deze metingen, maar het is wel mogelijk om de metingen te combineren tot proxies voor draagkracht voor een groot aantal soorten wadvogels. Uiteindelijk konden proxies voor draagkracht worden ontwikkeld voor dertien goed onderzochte wadvogelsoorten: Bergeend, Pijlstaart, Scholekster, Kluut, Zilverplevier, Bontbekplevier, Kanoet, Drieteenstrandloper, Bonte Strandloper, Rosse Grutto, Wulp, Tureluur en Steenloper (e.g. Ens *et al.* 2015a, Ens *et al.* 2016, Ens *et al.* 2017a).

In de rapportage over de monitoring t/m het jaar 2018 is uitgebreid aandacht besteed aan het valideren van de proxies (Ens *et al.* 2019). Uitgangspunt voor die validatie was de aanname dat de proxy die het sterkst correleert met de verspreiding van een vogelsoort in de Waddenzee (bepaald op basis van hoogwatertellingen) de draagkracht voor die soort het dichtste benadert. Uiteindelijk is gekozen voor een hybride aanpak, waarbij zowel is gekeken naar variatie in de ruimte, tussen 12 deelgebieden in de Nederlandse Waddenzee, als in de tijd, tussen de zes jaren waaruit voor de hele Waddenzee SIBES-gegevens over bodemfauna beschikbaar waren (2008-2013). Het bleek dat bij alle soort/maand combinaties de hypothese van

een recht evenredig verband tussen de proportionele vogelaantallen en proportionele proxywaarden moest worden verworpen. Echter, in bijna alle gevallen bleek er sprake van een groot gebiedseffect. Dat wil zeggen dat er systematische verschillen waren tussen gebieden in de relatie tussen de draagkrachtproxy en de proportionele vogelaantallen. Daarnaast bleken de proxies onderling vaak sterk gecorreleerd, zodat het mogelijk was de algemene trend voor de verschillende proxies te interpreteren als de beste schatting voor de trend in het beschikbare voedselaanbod.

Een belangrijke aanname is dat voedsel de allesbepalende factor is in het bepalen van de draagkracht van de Waddenzee voor wadvogels. Naast deze aanpak is vanaf 2021 de evaluatie uitgebreid met een nieuwe analysetechniek, namelijk structurele vergelijkmingsmodellering, oftewel *Structural Equation Modelling* (SEM). Deze aanpak is een combinatie van multivariate factoranalyse en regressie waarmee een reeks relaties tussen een of meer onafhankelijke variabelen en een of meer afhankelijke variabelen kan worden onderzocht. Het doel van SEM is om ‘ruwe’ correlaties tussen direct waargenomen variabelen te verklaren. Een SEM omvat de constructie van een theoretisch model, waarbij de (veronderstelde) causale verbanden worden geformuleerd. Deze modellen kunnen grafisch en met behulp van systemen van vergelijkingen worden beschreven. In een tweede stap wordt aan de hand van data het model statistisch geschat en worden de causale verbanden getoetst.

Het zwaartepunt van dit rapport over de monitoring t/m het monitoringjaar 2022 betreft de rapportage per vogelsoort over de ontwikkeling van de proxies voor draagkracht in het bodemdalingsgebied Pinkegat-Zoutkamperlaag. Net als in de vorige rapportage zijn er berekeningen uitgevoerd voor 7 verschillende proxies op basis van de korte prooilijs, welke jaarlijks geëvalueerd wordt.

Daarnaast wordt voor elk van de 13 onderzoeksoorten het aantalsverloop in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag over de periode 1994/1995 – 2021/2022 gerapporteerd en vergeleken met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee, alsook met het aantalsverloop in de Duitse en Deense Waddenzee. Er zijn trends berekend voor de lange termijn (vanaf 1994) en voor de korte termijn (vanaf 2010).

Op basis van de resultaten wordt voor alle soorten het beslisschema (Hoofdstuk4) doorlopen om tot een conclusie te komen over mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning uit de MLV-velden.

3. Selectie vogelsoorten

De selectie van vogelsoorten is eerder beschreven (e.g. Ens *et al.* 2020, Ens *et al.* 2021b, Duijns *et al.* 2022), maar omdat het voor de monitoring een belangrijke keuze betreft, is er voor gekozen het keuzeproces en de belangrijkste argumenten kort te herhalen in dit rapport.

Voorafgaand aan de start van de winning uit de velden Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is onderzoek uitgevoerd naar mogelijke effecten op beschermde natuurwaarden door bodemdaling in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag (Meesters *et al.* 2006). In die studie werd aangenomen dat de kans op significante effecten klein was, maar is toch besloten een monitoringprogramma op te zetten. In dit hoofdstuk wordt de selectie van vogelsoorten voor deze signaleringsmonitoring kort besproken en voor een uitgebreide onderbouwing van deze selectie wordt verwezen naar eerdere rapporten (Ens *et al.* 2017a, Ens *et al.* 2021b).

De Waddenzee is aangewezen voor 38 soorten niet-broedvogels. In Tabel 3.1 is het instandhoudingsdoel voor de Waddenzee weergegeven voor al deze soorten, als ook de doelstelling voor Nederland. Voor een groot aantal soorten moet de Nederlandse doelstelling gehaald worden in de Waddenzee.

Daling van de diepe ondergrond zal in theorie leiden tot daling van het wad-oppervlak. De feitelijke bodemdaling is het resultaat van de daling van de diepe ondergrond ten gevolge van de gaswinning en de compenserende opslibbing. Omdat de gaswinning tijdelijk is, leidt dat in theorie tot een verlaging van de wadplaten, die volgens de modelberekeningen de compenserende opslibbing zal verhogen (Wang & Eysink 2005). Na afloop van de gaswinning nadert de plaathoogte weer naar het niveau dat er ook zonder gaswinning zou zijn geweest (Wang & Eysink 2005). Dit zal naar verwachting geen ecologische effecten hebben op de delen van de Waddenzee die altijd onder water staan (het sublitoraal), maar het kan betekenen dat wadplaten minder lang droog liggen en daar zouden vogels die op de wadplaten naar voedsel zoeken last van kunnen hebben. Kwelders kunnen vaker overstromen, maar dit zal vooral effect hebben op de vogels die op de kwelder broeden. Overstromingen tijdens het broedseizoen kunnen negatieve gevolgen hebben voor het broedsucces (van de Pol *et al.* 2010a, Bailey *et al.* 2017, 2019). Deze voorliggende signaleringsmonitoring richt zich echter op de niet-broedvogels, en voor de ganzen en eenden die buiten de broedtijd op de kwelder grazen (en goed kunnen zwemmen) zal het effect van een iets verhoogde overstromingskans weinig effect hebben.

In Tabel 3.1 is voor alle beschermde niet-broedvogels het voedsel en het foerageerhabitat aangegeven en op basis daarvan of er een mogelijk effect van bodemdaling is, met de volgende uitzonderingen:

1. vogels die op vis jagen in het sublitoraal, zoals Fuut en Aalscholver;
2. vogels die naar bodemdieren duiken in het sublitoraal, zoals Toppereend en Brilduiker;
3. vogels die op de kwelder grazen, zoals Brandgans en Rotgans.

Op in totaal 16 vogelsoorten verwachten wij geen negatief effect van bodemdaling (Tabel 3.1). Voor 17 soorten die naar bodemdieren op de drooggevallen wadplaten zoeken is een effect via droogligtijd niet uit te sluiten en er zijn vijf vogelsoorten die iets lastiger zijn te classificeren:

- Overwinterende Eidereenden vinden hun voedsel (schelpdieren) vooral in het sublitoraal (Ens & Kats 2004, Cervenci *et al.* 2015), waar geen effect van bodemdaling verwacht wordt.
- Lepelaars, Groenpootruiters en Zwarte Ruiters jagen vooral op visjes en garnalen, maar ook wel wormen en krabben, in plasjes en slenkjes, waarbij de Lepelaar in dieper water foerageert en grotere prooien zal vangen (Jouta *et al.* 2018, Enners *et al.* 2020). Hierdoor is de verwachting dat Lepelaars minder last hebben van bodemdaling, dan de vogels die afhankelijk zijn van droogvallend wad.
- Slechtvalken jagen vooral op middelgrote steltlopers (van den Hout 2009). Als steltlopers in aantal achteruitgaan door bodemdaling, dan kan dit in theorie een effect hebben op de overwinterende Slechtvalken, maar het aantonen van een dergelijk indirect verband zal heel erg moeilijk, zo niet onmogelijk zijn.

Op basis van het bovenstaande, plaatsen we de betreffende soorten in de groep waar we geen effect verwachten. Bovendien leveren de bentische bemonsteringen door Wageningen Marine Research (WMR) en het Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (NIOZ; SIBES) van de bodemdieren geen goed beeld van de epibenthische bodemdieren en vissen waar Lepelaar, Groenpootruiter en Zwarte Ruiter op jagen. In totaal blijven er 17 beschermde vogelsoorten waar het op het eerste gezicht zinvol lijkt om de monitoring data te integreren en een proxy voor draagkracht te ontwikkelen. Voor 13 soorten zijn hiertoe de eerste stappen gezet (Ens *et al.* 2015b, Ens *et al.* 2016). Bij nadere inspectie bleek het niet zinvol om voor de resterende vier soorten (Goudplevier, Grutto, Kievit en Krombekstrandloper) een proxy voor draagkracht te ontwikkelen (Ens *et al.* 2017a). Goudplevieren, Grutto's

en Kieviten foerageren voornamelijk op binnendijkse graslanden en soms akkers (van de Kam *et al.* 2004), en Krombekstrandlopers komen vrijwel alleen voor

in waddengebied rond Westhoek langs de Friese kust, buiten het bodemdalingsgebied (Kleefstra & Schekkerman 2019).

Tabel 3.1. Instandhoudingsdoelen voor 38 soorten niet-broedvogels waarvoor de Waddenzee is aangemeld als Natura2000 gebied. Voor de doelstelling voor de Waddenzee is aangegeven of de kwaliteit van het leefgebied in stand moet worden gehouden (=), of moet verbeteren (>), en het instandhoudingsdoel in termen van het aantal vogels en welk percentage dat is van het instandhoudingsdoel voor Nederland. Voor dat instandhoudingsdoel is aangegeven of het om een seizoensgemiddelde, januari-aantallen of een seizoensmaximum gaat. In de volgende kolommen is aangegeven wat het dieet is (vis, benthos, vogels of planten), het foerageerhabitat (sub = sublitoraal, lit = litoraal, ter = terrestrisch), of bodemdaling een effect zou kunnen hebben, of een proxy voor draagkracht zinvol is en of er al proxies voor draagkracht zijn gemaakt.

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

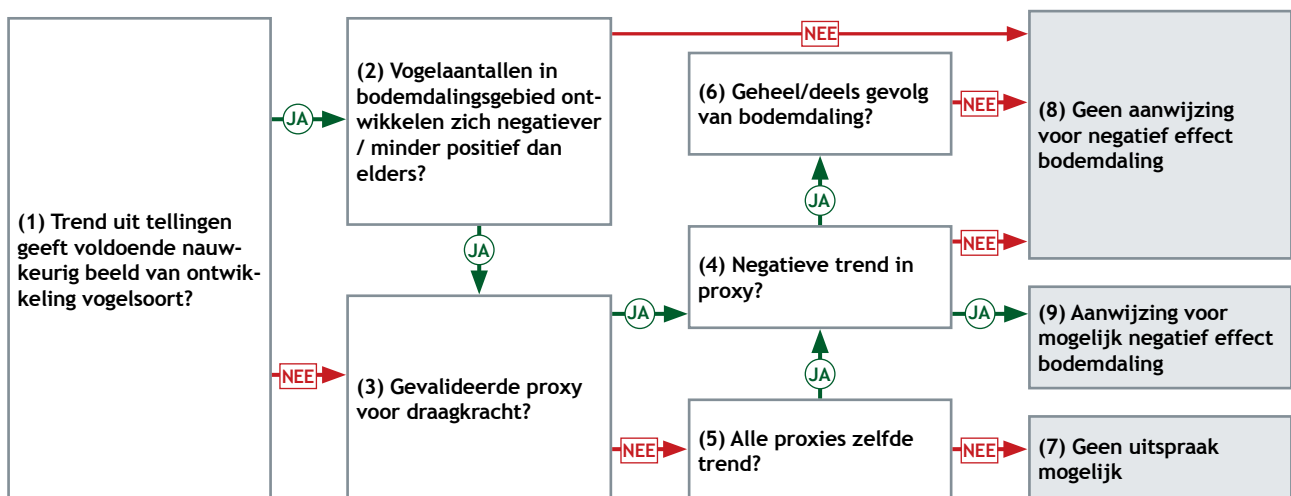
4. Beslisschema

De jaarlijkse rapportages van de Auditcommissie hebben ertoe geleid dat het huidige beslisschema stapsgewijs is aangepast, naar de huidige vorm. Zo werd de wens uitgesproken om zowel de vogeltellingen als de informatie over draagkracht beide benut en geïnterpreteerd worden in het licht van de gaswinning (Auditcommissie 2016). Een verschil met het door de NAM gehanteerd beslisschema is dat bij het Sovon beslisschema, er nog een 3e mogelijkheid is, namelijk geen uitspraak mogelijk. Deze toevoeging is cruciaal

volgens het principe ‘hand aan de kraan’, omdat dit een signaleringsfunctie is. Vanwege het hand aan de kraan principe, is het van belang jaarlijkse rapportages uit te brengen en het is daarom zinvol om de zaken van de vorige rapportages te vergelijken met de huidige situatie, juist wanneer er geen uitspraak mogelijk was. In de afgelopen rapportages is het beslisschema steeds verder ontwikkeld tot het beslisschema zoals weergegeven in Tabel 4.1 en als schema in Figuur 4.1.

Tabel 4.1. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe de monitoringsresultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, welke nodig is om het “Hand aan de kraan”-principe mogelijk te maken.

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	



Figuur 4.1. Het huidige beslisschema hoe de monitoring en resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels. Dit schema is nodig om het “Hand aan de kraan”-principe mogelijk te maken. In open boxen staan vragen over de monitoringresultaten en in de grijze boxen de voorgestelde besluitvorming. Pijlen zijn groen als het antwoord ja is en rood als het antwoord nee is.

5. Monitoring data

Voor de beschrijving van het onderzoeksgebied en de monitoring data verwijzen we voornamelijk naar de vorige rapportages (Ens *et al.* 2015b, Ens *et al.* 2016, Ens *et al.* 2017a, Ens *et al.* 2017b, Ens *et al.* 2018, Ens *et al.* 2019, Ens *et al.* 2020, Ens *et al.* 2021b). Waar nodig wordt hier kort aanvullende informatie bij gegeven.

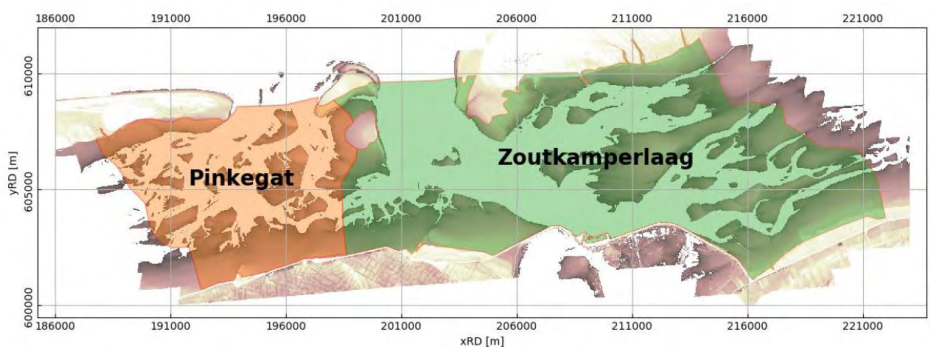
5.1. Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied betreft de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag. In Figuur 5.1 is de

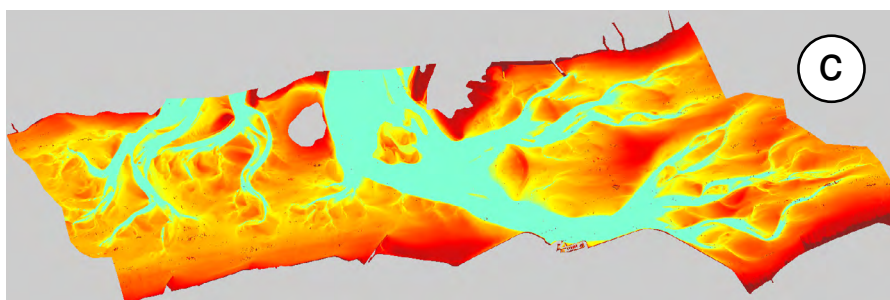
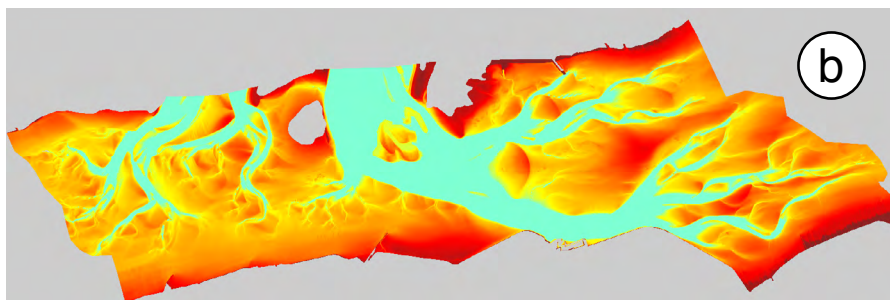
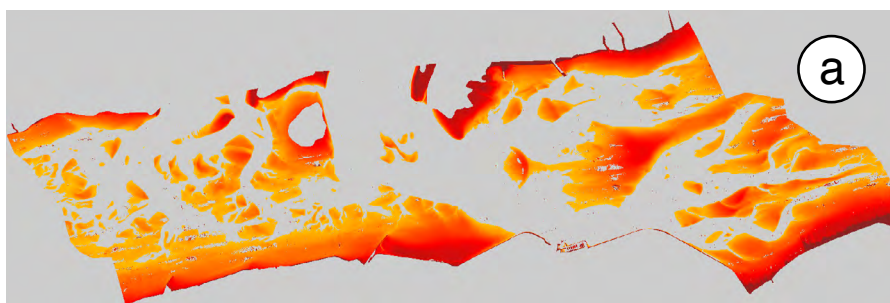
komberging van het Pinkegat aangegeven in oranje en de komberging van Zoutkamperlaag in groen.

5.2. Hoogtekaart

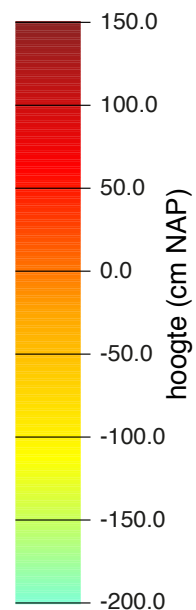
Jaarlijks wordt in opdracht van de NAM de hoogte van de wadplaten in Pinkegat en Zoutkamperlaag bepaald met LiDAR. De laagstgelegen delen van het wad worden daarbij niet altijd gekarteerd. Die gaten in de hoogtemeting worden opgevuld met de Waddenzee-brede hoogtemetingen van Rijkswaterstaat, zie Figuur 5.2.



Figuur 5.1. Ligging van het aan Ameland grenzende onderzoeksgebied Pinkegat (oranje weerschijn) en het aan Schiermonnikoog grenzende onderzoeksgebied Zoutkamperlaag (groene weerschijn). (Overgenomen uit van der Vegt & van der Lugt 2021).



Figuur 5.2. Gebruik van de LiDAR gegevens in de hoogtekaart. (a) De LiDAR kaart voor het voorjaar 2010. (b) De cyclus 5 hoogtekaart (Elias & Wang 2013). (c) De LiDAR kaart aangevuld met de hoogtes afgelezen op de cyclus 5 hoogtekaart.



5.3. Lodingen Rijkswaterstaat

In de loop van zes jaar worden alle delen van de Waddenzee gekarteerd door Rijkswaterstaat, voornamelijk met lodingen vanaf peilschepen. Voor de periode 2006-2012 wordt in de berekeningen de hoogtekartaat cyclus5 (Elias & Wang 2013) gebruikt om de gaten in de LiDAR metingen op te vullen. Voor de periode 2013-2020 wordt daarvoor de hoogtekartaat gebruikt uit de “zoute ecotopenkaart Waddenzee 2017” (Paree *et al.* 2020), die is gebaseerd op lodingen in de jaren 2013 t/m 2019, en ook aangeduid kan worden als cyclus6.

5.4. LiDAR

In Tabel 5.1 zijn de beschikbare LiDAR kaarten weergegeven en de periode waarvoor ze gebruikt zijn in de berekeningen van de verschillende proxies. De LiDAR kaarten voor het najaar van 2014 en 2015 zijn mislukt en vervangen door respectievelijk 2013 en 2016. Op de voorjaarskaart van 2018 ontbreken stukken die op andere LiDAR kaarten wel aanwezig zijn. Deze kaart is daarom aangevuld met de najaar metingen uit hetzelfde jaar voor zover die boven -0.5m NAP liggen. Vanaf 2020 wordt alleen nog maar een najaar meting uitgevoerd.

5.5. Waterstanden

De waterstandsmetingen zijn aangevuld met de metingen over de periode t/m december 2022. Voor interpolatie van waterstanden tussen stations is gebruik gemaakt van het programma InterTides (Rappoldt *et al.* 2014).

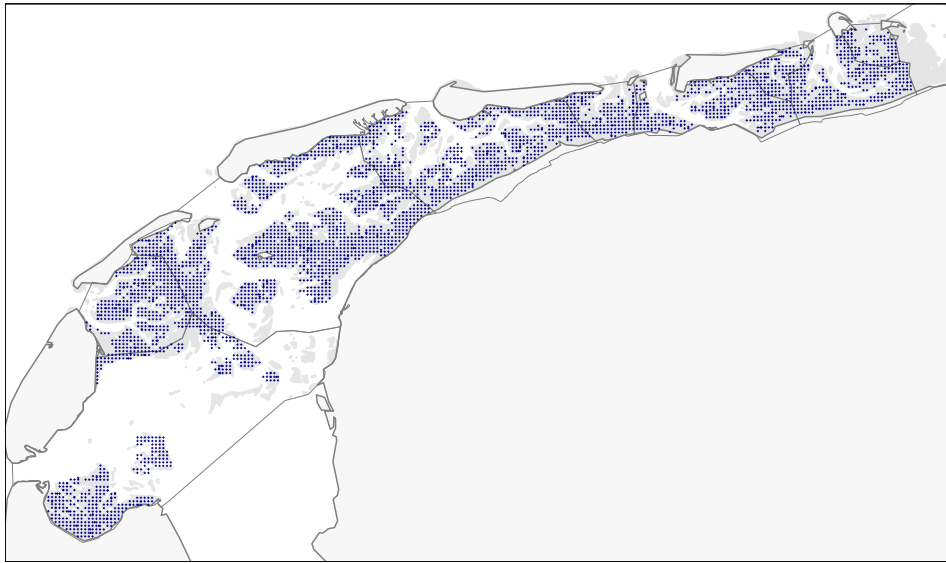
Tabel 5.1. Seizoenen waarvoor gerekend is en de opnamedatum van de LiDAR kaart die bij die berekeningen is gebruikt.

Datum berekening	Datum LiDAR kaart
2008 voorjaar	2010 voorjaar
2008 najaar/winter	2010 voorjaar
2009 voorjaar	2010 voorjaar
2009 najaar/winter	2010 voorjaar
2010 voorjaar	2010 voorjaar
2010 najaar/winter	2011 najaar
2011 voorjaar	2011 voorjaar
2011 najaar/winter	2011 najaar
2012 voorjaar	2011 voorjaar
2012 najaar/winter	2012 najaar
2013 voorjaar	2014 voorjaar
2013 najaar/winter	2013 najaar
2014 voorjaar	2014 voorjaar
2014 najaar/winter	2013 najaar
2015 voorjaar	2016 voorjaar
2015 najaar/winter	2016 najaar
2016 voorjaar	2016 voorjaar
2016 najaar/winter	2016 najaar
2017 voorjaar	2017 voorjaar
2017 najaar/winter	2017 najaar
2018 voorjaar	2018 voorjaar
2018 najaar/winter	2018 najaar
2019 voorjaar	2019 voorjaar
2019 najaar	2019 voorjaar
2020 voorjaar	2020 najaar
2020 najaar	2020 najaar
2021 voorjaar	2021 najaar
2021 najaar	2021 najaar

5.6. Bodemdieren

5.6.1. SIBES

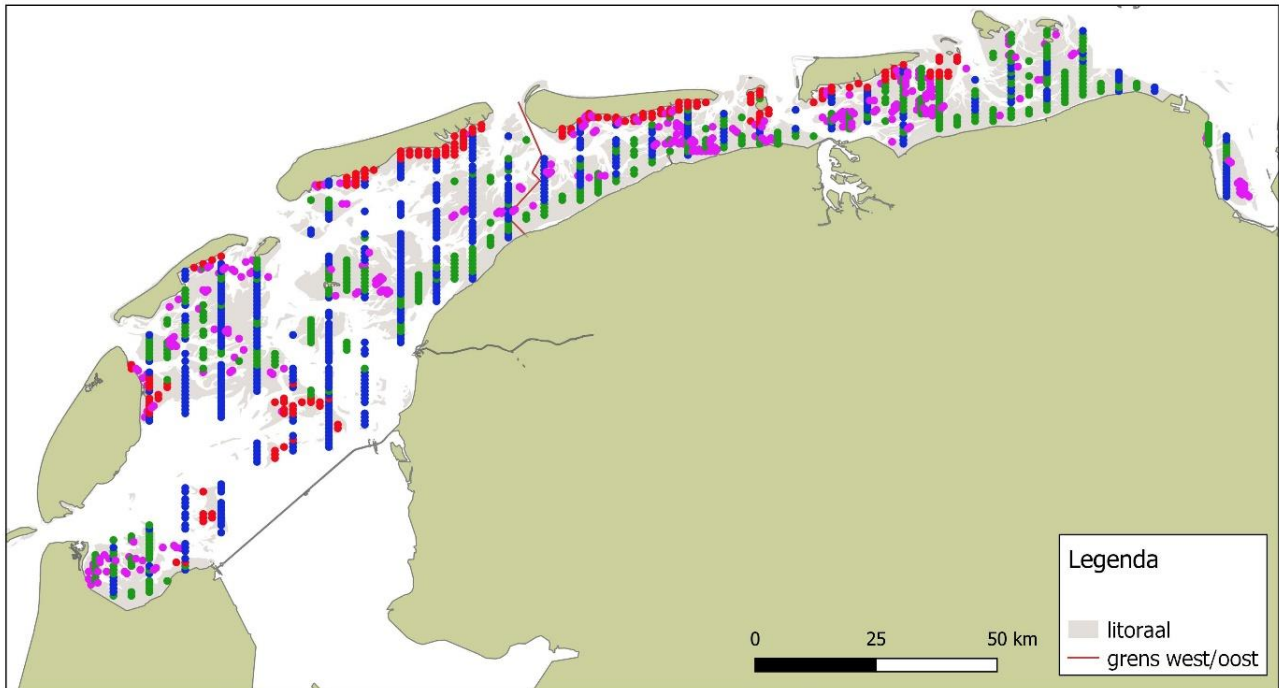
Het NIOZ heeft de SIBES-monsters van het studiegebied (Pinkegat/Zoutkamperlaag) t/m het seizoen 2022 uitgewerkt. Daarnaast is data van het SIBES grid over de Waddenzee (Bijleveld *et al.* 2012) beschikbaar over de jaren 2008-2015 en 2019-2020 (Figuur 5.3), welke in vorige rapportage ook zijn gebruikt (Duijns *et al.* 2022).



Figuur 5.3. Overzicht van alle SIBES monsterpunten (m.u.v. de Eems-Dollard), waarin de monsters zijn verzameld over de verschillende jaren.

5.6.2. WOT litorale surveys waddenzee

De WOT litorale schelpdierssurveys (bestanden van Kokkels en Mossels en contouren van mosselbanken, oesterbanken en gemengde banken; Figuur 5.4), die jaarlijks worden uitgevoerd door WMR, waren beschikbaar van 2008 t/m 2022 (Troost *et al.* 2022). Daarbij moet aangetekend worden dat de contouren van de schelpdierbanken uit 2021 en 2022 nog niet definitief zijn, omdat het niet altijd lukt om alle contouren in een jaar in kaart te brengen en informatie uit latere jaren nodig is om de contouren van de niet in kaart gebrachte schelpdierbanken te reconstrueren.



Figuur 5.4. Overzicht van de mosselbanken, oesterbanken en gemengde banken, die jaarlijks worden verzameld in het kader van de WOT litorale schelpdierssurveys. Alle in 2021 bemonsterde stations zijn per stratum weergegeven in een andere kleur. De paarse punten liggen in mossel- en oesterbanken, de rode en groene in gebieden waar kokkelbanken verwacht worden, en blauwe liggen in het resterende gebied. (Overgenomen uit Troost *et al.* 2022).

5.7. Vogeltellingen

Voor de analyse van de vogelaantallen konden de watervogeltellingen van de Waddenzee tot en met de winter van 2022/2023 worden gebruikt. Op zowel de korte termijn (vanaf 2010) als de lange termijn (vanaf 1994) is de trend geïnterpreteerd, zoals dat ook gebeurt in de meetnetten van het NEM (Figuur 5.5).

Beoordeling	Symbool	gemiddelde jaarlijkse verandering			Criteria (BI = betrouwbaarheidsinterval)	Omschrijving
		0,95	1,00	1,05		
sterke toename (strong increase)	++				•—	ondergrens BI > 1,05 <i>sign. >5% toename/jaar (verdubbeling in 15 jaar)</i>
matige toename (moderate increase)	+				—•—	1,00 < ondergrens BI ≤ 1,05 <i>sign. toename, maar niet zeker of deze > 5% / jaar is</i>
stabiel (stable)	0		—•—		—•—	BI omvat 1,00 maar ondergrens BI ≥ 0,95 en bovengrens BI ≤ 1,05 <i>geen significante aantalsverandering</i>
matige afname (moderate decline)	-	—•—			—•—	0,95 ≤ bovengrens BI < 1,00 <i>sign. afname, maar niet zeker of deze > 5% / jaar is</i>
sterke afname (steep decline)	--	—•—			—•—	bovengrens BI < 0,95 <i>sign. >5% afname/jaar (halvering in 15 jaar)</i>
onzeker (uncertain)	?	—•—			—•—	BI omvat 1,00 en ondergrens BI < 0,95 of bovengrens BI > 1,05 <i>BI te groot voor betrouwbare trendclassificatie</i>

- = gemiddelde jaarlijkse verandering (bijv. 0,95 betekent dat de soort ieder jaar gemiddeld met 5% afneemt)
- = betrouwbaarheidsinterval van de berekende gemiddelde jaarlijkse verandering

Figuur 5.5. Trendclassificatie voor NEM-metnetten. De zwarte stippen zijn de berekende trendwaarden, de horizontale lijnen zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen (BI). Ook de beoordeling van de trend en het daarbij behorende symbool is weergegeven.

6. Wadmap: van benthos naar proxy

6.1. Algemeen

Voor een algemene beschrijving van het model wordt verwezen naar eerdere rapportages (e.g. Ens *et al.* 2015b, Ens *et al.* 2021b). Voor een uitvoerige documentatie van de technische details wordt verwezen naar Rappoldt *et al.* (2019). Hieronder worden in het kort de belangrijkste elementen herhaald van het Wadmap model.

6.2. Berekeningswijze Wadmap

Wadmap rekt een getal uit dat een maat is voor de geschiktheid van het beschouwde gebied voor een bepaalde wadvogelsoort. Daarmee is deze habitatgeschiktheid een proxy voor draagkracht. De berekening wordt gedaan voor het bemonsteringsgrid van SIBES (Bijleveld *et al.* 2012). Aan elk van de gridpunten wordt een oppervlak toegekend. Het is dan een gridcel. Voor de benthos soorten in het dieet van een vogelsoort kunnen we dan een totale biomassa schatten.

Om aan een monsterpunt een bijbehorend oppervlak toe te kennen wordt een maximale afstand gehanteerd van 400 m – de straal van een cirkelvormig gebied rond het monsterpunt. Als er binnen 800 m een ander monsterpunt ligt, dan wordt er een lijn getrokken tussen de twee punten op even grote afstand van beide punten, de zogenaamde Voronoi polygonen. Aan monsterpunten die verder dan 400 m verwijderd zijn van alle andere punten zou op die manier een oppervlak van 50 ha toegewezen worden. In de berekeningen wordt dat echter begrensd tot 30 ha, iets meer dan het oppervlak dat hoort bij een gridafstand van 500 m. De berekeningen

worden gedaan op een resolutie van 20 m, dus voor kaartvakken van 20 x 20 m. Zo'n "pixel" wordt toegekend aan een SIBES punt P als: (1) Het op minder dan 400m afstand van P ligt, en (2) Het dichterbij P ligt dan bij elk ander SIBES punt. Komt hierdoor het totaal aan P toegekend oppervlak boven de 30 ha, dan worden pixels verwijderd, te binnen met degene die het verst van P verwijderd zijn; zie Figuur 6.1.

Voor de Scholekster en de Kanoet worden behalve de SIBES monsters ook de punten van de WMR schelpdiersurvey meegenomen. Dat gebeurt alleen voor zover die punten binnen de contouren van een mosselbank liggen. Doordat de WMR schelpdiersurvey de mosselbanken relatief intensief bemonstert, leidt dat tot een duidelijke toename van het totaal aantal monsterpunten binnen de mosselbank contouren.

Voedsel dat bijna nooit droogvalt, levert naar verwachting een kleinere bijdrage aan de habitat geschiktheid. Om daar rekening mee te houden kunnen we de totale biomassa op een gridcel vermenigvuldigen met de droogvalduur (een fractie van de tijd).

Wanneer ook de functionele respons en de voedselbehoefte van de vogels bekend is, dan kunnen we alleen gridcellen beschouwen waar de opnamesnelheid groter is dan de gemiddeld te realiseren snelheid bij een gemiddelde foerageerduur van 12 uur per etmaal. Daarnaast kunnen we ook de kwaliteit van een dergelijke gridcel karakteriseren als de opnamesnelheid die de vogels er kunnen halen.



Figuur 6.1. Oppervlak toegekend aan SIBES punten berekend met een resolutie van 20m voor de bemonstering van Pinkegat Zoutkamperlaag van 2015. De toegekende oppervlakken zijn in willekeurige kleuren weergegeven. Pixels met een hoogte onder de -200 cm zijn wit om de geulen weer te geven. Niet toegekend oppervlak is zwart en grijze gebieden liggen buiten de regiokaart (overgenomen uit Rappoldt *et al.* 2019).

6.3. Voedselecolgie vogels

6.3.1. Functionele respons

Het verband tussen de opnamesnelheid van voedsel en de dichtheid van de prooidieren is de functionele respons, welke een centrale positie heeft in Wadmap. Dit verband kan worden uitgebreid door ook interferentie mee te nemen, dat wil zeggen dat de toenemende last die dieren van elkaar ondervinden bij het voedsel zoeken als de dichtheid van soortgenoten toeneemt (Miller 1967). Als de opnamesnelheid wordt beschreven als functie van zowel de dichtheid prooidieren als de dichtheid soortgenoten, wordt gesproken van de gegeneraliseerde functionele respons (van der Meer & Ens 1997). Bij berekeningen die zich enkel baseren op metingen aan het voedselaanbod is het per definitie onmogelijk om interferentie mee te nemen, en dus concentreren wij ons op de “eenvoudige” functionele respons om het oogstbare voedselaanbod te berekenen.

Goede empirische metingen aan de functionele respons zijn slechts beschikbaar voor een beperkt aantal vogelsoorten en prooidieren. Daarom is gekozen om een empirisch bepaalde functionele respons, welke geacht wordt “algemeen” geldig te zijn. Op basis van een groot aantal gepubliceerde veldmetingen van opnamesnelheden van op het wad foeragerende steltlopers en dichtheden van hun prooien zijn voorspellende vergelijkingen afgeleid voor de relaties tussen deze grootheden (Goss-Custard *et al.* 2006). Daarbij is de volgende beschrijving van de functionele respons gebruikt:

$$IR = \frac{a * d}{b + d}$$

waarin IR de opnamesnelheid is (mg asvrij drooggewicht (AVDG) per sec), d de dichtheid aan prooidieren (n/m^2), a de asymptoot van de hyperbolische functie (d.w.z. het plafond aan de opnamesnelheid dat wordt bereikt bij grotere prooidichtheden), en b de prooidichtheid waarbij de IR de helft van de asymptotische waarde bereikt (‘half-asymptootwaarde’).

Hoewel op basis van andere parameters, beschrijven bovenstaande formule en Holling’s disc equation dezelfde functie (Holling 1959). De parameters zijn dan ook gerelateerd. De zoeksnelheid a (ook wel ‘instantane ontdekkingsoppervlak’) uit Holling’s model is gelijk aan de verhouding a/b uit de Goss-Custard formule-ring, en de hannestijd h is gelijk aan $1/a$.

Voor vogelsoorten en prooien waar daadwerkelijke metingen aan functionele respons beschikbaar waren, zoals Scholekster, Rosse Grutto en Kanoet zijn deze gebruikt. Voor de Kanoet is een geoptimaliseerd dieet model van Hirakawa (1995) gebruikt, welke door van Gils *et al.* (2005) voor de Kanoet is aangepast als een

‘Digestive Rate Model’ (DRM). Dit model houdt rekening met het feit dat Kanoeten de prooien, meestal schelpdieren, in hun geheel inslikken en dus niet alleen te maken hebben met de energie-inhoud van het ingeslikte vlees, maar ook met de ballast van de schelp. Voor een uitgebreide beschrijving van de wijze waarop de parameters voor de functionele respons voor de verschillende vogelsoorten zijn geschat verwijzen wij naar Ens *et al.* (2015b).

6.3.2. Prooikeuze

Om te bepalen welke prooisoorten potentieel voedsel zijn is voor elk van de geselecteerde vogelsoorten een uitgebreide literatuurstudie verricht (e.g. Ens *et al.* 2015b, Ens *et al.* 2016). Daarnaast is een vergelijk gemaakt met de prooikeuze en grootte indeling van Folmer *et al.* (2021). Op basis hiervan is voor elke vogelsoort de prooien verdeeld in:

- Stapelvoedsel. Dit zijn prooisoorten die met grote regelmaat het hoofdvoedsel van de populatie vormen.
- Aanvullende voedselbronnen. Dit zijn prooisoorten die regelmatig gegeten worden, maar zelden het hoofdvoedsel vormen.
- Sporadische voedselbronnen. Dit zijn prooisoorten die wel eens in het dieet worden vastgesteld, maar nooit het hoofdvoedsel vormen.
- De resultaten zijn samengevat in Tabel 6.1. Proxies voor draagkracht kunnen berekend worden voor (a) alleen het stapelvoedsel (korte prooilijst), en (b) stapelvoedsel en aanvullende voedselbronnen (lange prooilijst).

6.3.3. Voedselbehoefte en beschikbare foera-geertijd

Om de voedselbehoefte van de verschillende soorten te kunnen inschatten, is het van belang een inschatting van de energie uitgaven te maken, welke in twee componenten onderverdeeld kunnen worden.

- Het van lichaamsgewicht afhankelijke ‘basaalmetabolisme’ (Basal Metabolic Rate BMR) is gedefinieerd als het energieverbruik van een (warmbloedig) dier in rust in een thermoneutrale omgeving, waarin hij geen extra energie hoeft te spenderen aan het handhaven van zijn lichaamstemperatuur.
- De uitgaven van vrij levende vogels in het veld (veldmetabolisme of Field Metabolic Rate FMR) liggen gemiddeld gesproken bij de meeste soorten ongeveer tussen twee en drie maal BMR (Bryant & Tatner 1991); bij wadvogels rond de 2.5 x BMR (Kersten & Piersma 1987). Ze variëren echter in de loop van het seizoen, in de Waddenzee vooral onder invloed van variatie in de temperatuur, en daarnaast door seizoensspecifieke activiteiten zoals rui en de opvet periode.

Tabel 6.1. Prooikeuze van de onderzochte wadvogelsoorten op basis van een review van gepubliceerde literatuur (Ens et al. 2015b, Ens et al. 2016, Folmer et al. 2021). XX = Stapelvoedsel, prooisoorten die met grote regelmaat het hoofdvoedsel van de populatie vormen; X = Aanvullende voedselbronnen, dit zijn prooisoorten die regelmatig gegeten worden, maar zelden het hoofdvoedsel vormen. + = Sporadische voedselbronnen, dit zijn prooisoorten die wel eens in het dieet worden vastgesteld, maar nooit het hoofdvoedsel vormen.

prooisoort	wetenschappelijke naam	Scholekster	Kluut	Zilverplevier	Kanoet	Drieteenstrandloper	Rosse Grutto	Wulp	Bontbekplevier	Bonte Strandloper	Tureluur	Steenloper
Witte dunschaal	<i>Abra alba</i>	X		+	X	X	+			XX	X	X
Tere dunschaal	<i>Abra tenuis</i>	X			X	X				XX	X	X
Ambergele Zeeduizendpoot	<i>Alitta succinea</i>	+	XX	XX		XX	XX	XX	XX	XX	XX	X
Groene Zeeduizendpoot	<i>Alitta virens</i>		XX	XX		XX	XX	XX	XX	XX	XX	X
Wadpier	<i>Arenicola marina</i>	X		+			XX	XX	+			
Slangpier	<i>Capitella capitata</i>		X	X			+		XX	X	+	
Strandkrab	<i>Carcinus maenas</i>	+	+	X	XX	XX	+	XX	X		XX	XX
Kokkel	<i>Cerastoderma edule</i>	XX	+	+	XX	X	+	+		+	+	X
Slijkgarnaal	<i>Corophium volutator</i>		XX	X	+	X	+		X	X	XX	XX
Garnaal	<i>Crangon crangon</i>		+	+	XX	XX	+	+		X	X	XX
Japanse oester	<i>Crassostrea gigas</i>	+										
Amerikaanse Zwaardschede	<i>Ensis directus</i>	XX					+					
Groengele wadpier	<i>Eteone longa</i>						+	+				
vlokreeftje	<i>Gammarus sp.</i>		+				+					XX
Veelkleurige Zeeduizendpoot	<i>Hediste diversicolor</i>	X	XX	XX	+	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X
Draadworm	<i>Heteromastus filiformis</i>		X	X			+		XX	X	+	
Wadslakje	<i>Hydrobia ulvae</i>		+	X	XX		+		X	XX	XX	XX
Schelpkokerworm	<i>Lanice conchilega</i>	+		X			XX	X			X	
Alikruik	<i>Littorina littoralis</i>	+	+	+	+		+	+		+		X
Nonnetje	<i>Limecola balthica</i>	XX		+	XX	X	+	x		XX	X	X
Marenzelleria	<i>Marenzelleria viridis</i>		X	X					XX	X	+	
Strandgaper	<i>Mya arenaria</i>	XX	+		XX			XX				
Mossel	<i>Mytilus edulis</i>	XX		+	X	X	+	+		+	+	XX
Zandzager	<i>Nephtys hombergii</i>			X		X	XX		X	XX	XX	
Zandkokerworm	<i>Pygospio elegans</i>						+					
Wapenworm	<i>Scoloplos armiger</i>	+		XX		XX	XX		XX	X	X	
Platte Slijkgaper	<i>Scrobicularia plana</i>	XX	+		XX	X	+	X		X		
Tere platschelp	<i>Tellina tenuis</i>	X			X	X	+			XX		
kleine ongedetermineerde wormen'			X	X	+				XX	X	+	

De gehanteerde schattingen voor gewicht, BMR en FMR staan in Tabel 6.2. De totale beschikbare foeraageertijd voor een wadvogel is in het rekenmodel op 12 uur per etmaal gesteld, uitgaande van de aannamen dat alle voedsel in het intergetijdengebied wordt verzameld, dat dit habitat gemiddeld 12 uur per etmaal beschikbaar is, en dat de vogels er zowel bij daglicht als in het donker kunnen foerageren.

6.4. Berekende proxies

Met Wadmap kunnen de volgende proxies voor draagkracht worden berekend:

1. **Opp:** het areaal geschikt foerageerhabitat op basis van de berekende opnamesnelheid van voedsel en een energetisch bepaalde minimaal benodigde opnamesnelheid van de betrokken vogelsoort. Dit is de proxy voor draagkracht zoals toegepast door Kraan *et al.* (2009).
2. **BMaanw:** de aanwezige biomassa aan prooidier-soorten die deel uitmaken van het dieet.
3. **BMoogst:** de oogstbare prooibiomassa. Dit is de biomassa prooidieren in gebieden waar de drempelwaarde in opnamesnelheid gehaald wordt en komt overeen met de proxy voor draagkracht zoals toegepast door Zwarts *et al.* (1996).
4. **BMoogstDr:** de beschikbare oogstbare prooibiomassa. Dit is de oogstbare prooibiomassa vermenigvuldigd met de lokale droogvalduur.
5. **FRaanw:** de opnamesnelheden berekend voor het aanwezige voedsel, gesommeerd over de totale oppervlakte.
6. **FRoogst:** de berekende opnamesnelheden, gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, d.w.z. waar het voedsel oogstbaar is.

7. **FRoogstDr:** de berekende opnamesnelheden, gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, en vermenigvuldigd met de lokale droogvalduur.

In deze rapportage zijn alle zeven proxies voor alle vogelsoorten de proxy waarden berekend voor Pinkegat en Zoutkamperlaag over de monitoring jaren 2008 t/m 2022. Daarbij zijn de volgende beslissingen genomen:

1. Berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de korte prooilijst.
2. Diepteverspreiding van schelpdieren afhankelijk van grootte en seizoen is overeenkomstig de reeds eerder gerapporteerde verbanden (Ens *et al.* 2018).
3. Diepteverspreiding van wormen afhankelijk van grootte is overeenkomstig de eerder gerapporteerde verbanden (Ens *et al.* 2018).
4. Er is besloten om de slecht bekende seizoensvariatie in diepte voor wormen niet in rekening te brengen.
5. Voor de Wadpier is seizoensactiviteit in rekening gebracht op basis van de eerder beschreven analyse van die activiteit (Ens *et al.* 2018).
6. Net als eerder zijn voor Bontbekplevier, Drieteenstrandloper, Kluut, Pijlstaart, Steenloper en Tureluur delen van het wad aangemerkt als ongeschikt en niet meegenomen in de berekening (Ens *et al.* 2017a).

Tabel 6.2. Gebruikte gemiddelde gewichten, basaalmetabolisme (BMR), en geschatte energie uitgaven (Field Metabolic Rate FMR) in twee 'rekenmaanden', voor de dertien modelsoorten die in dit rapport beschreven worden. (Bron: Ens *et al.* 2016).

	gewicht (g)	BMR (kJ/d)	maand	FMR (kJ/d)	maand 2	FMR (kJ/d)
Bergeend	1050	453	sep	1087	jan	1359
Pijlstaart	758	357	nov	1000	jan	1071
Scholekster	500	263	jan	843	sep	685
Kluut	337	198	sep	514	nov	593
Zilverplevier	219	144	mei	404	jan	461
Bontbekplevier	55	53	mei	142	sep	137
Kanoet	120	93	sep	241	jan	316
Drieteenstrandloper	49	48	mei	129	sep	125
Bonte Strandloper	49	48	mei	130	sep	125
Rosse Grutto	321	191	aug	496	mei	534
Wulp	757	357	jan	1070	sep	856
Tureluur ¹	125/150	96/109	jul	237	jan	386
Steenloper	110	87	aug	215	jan	297

¹ Tureluurs aanwezig in juli zijn *T.t.totanus* (125 g), in januari *T.t.robusta* (150 g).

7. Structural Equation Modelling - SEM Methodiek

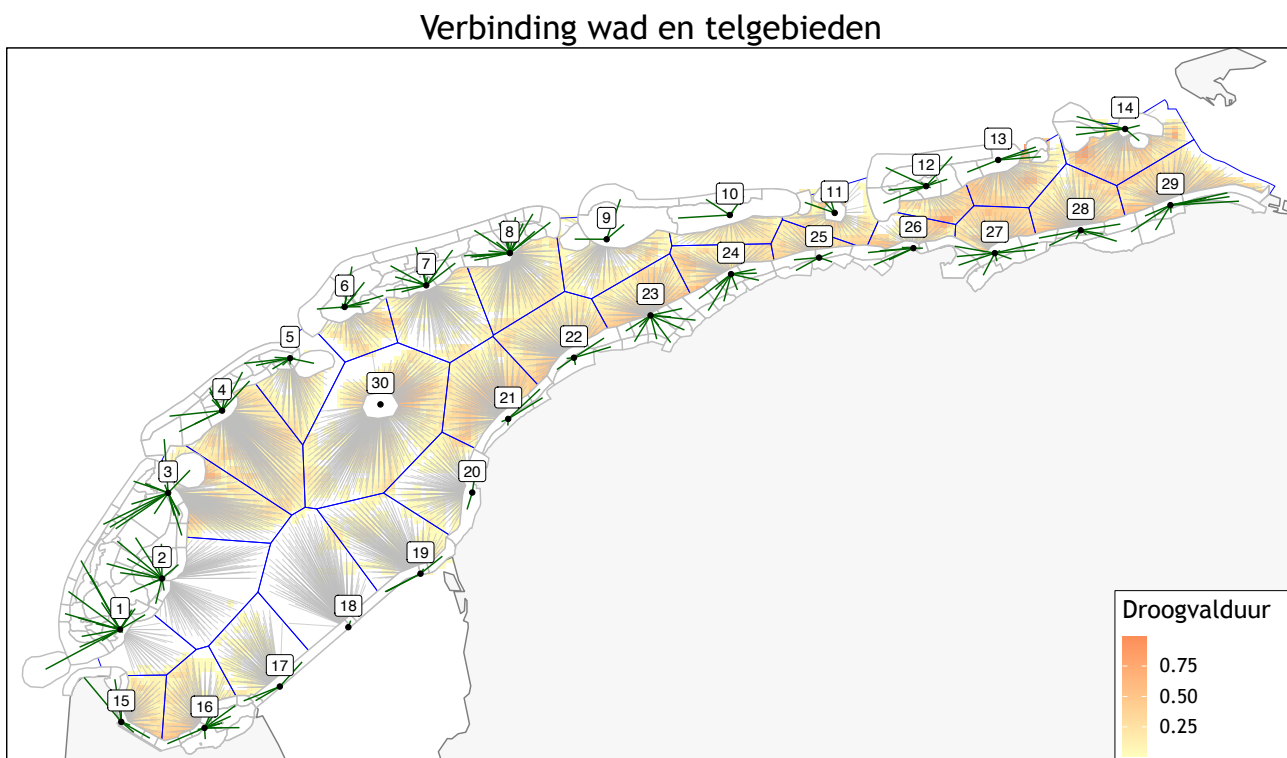
Het doel van de Structural Equation Modelling (SEM) analyse is om de aantallen vogels op de hoogwater-vluchtplaatsen statistisch te relateren aan het beschikbare voedsel op de nabijgelegen wadplaten. In dit hoofdstuk wordt eerst uitgelegd hoe een dataset met vogelaantallen en benthosdichtheden in de kolommen en in de rijen de observaties per HVP geconstrueerd is, en vervolgens wordt kort de SEM methodiek zelf kort besproken.

Om per vogelsoort het voedsellandschap te genereren, is gebruik gemaakt van de kennis over prooikeuze van de vogelsoorten (Tabel 6.1) en de ruimtelijke verspreiding van benthos (aantallen en biomassa) op basis van de SIBES (Figuur 5.3) en WMR (Figuur 5.4) moskok datasets. Prooisorten die als stapelvoedsel en als aanvullende prooi zijn gedefinieerd, zijn in de SEM analyse gebruikt. De gemiddelde droogvalduur is afkomstig van de module Intertides (Rappoldt *et al.* 2014).

7.1. Constructie dataset - linken van aantallen met droogvalduur en benthos

Deze sectie beschrijft hoe de aantallen vogels geteld op de HVP's zijn gekoppeld aan de benthosdichtheden in het intergetijdengebied waar deze vogels worden geacht te foerageren, in hetzelfde jaar. Per vogelsoort is de kwaliteit van de HVP's, in termen van nabijgelegen voedsel, berekend aan de hand van de volgende stappen:

Een grid met celgrootte 750 x 750 m werd over de hele Nederlandse Waddenzee gelegd om de abiotische variabele droogvalduur te koppelen aan prooidichtheid. De reden om de biotische en abiotische variabelen te aggregeren in een 750 m grid is om een homogene dataset te construeren die gebaseerd is op verschillende bemonstering programma's die variëren in de ruimtelijke resolutie. Per vogelsoort is een subset van de SIBES dataset genomen op basis van prooikeuze en



Figuur 7.1. De 30 Virtuele HVP's op ongeveer gelijke afstand „geplaatst” langs de kustzone van de Nederlandse Waddenzee. De groene en grijze lijnen illustreren hoe de telgebieden en grid cellen op de wadplaten zijn gekoppeld aan de virtuele HVP's. De blauwe lijnen zijn de grenzen van de Voronoi polygonen. Alle grid cellen binnen die polygonen liggen het dichtste bij de HVP waaraan ze gekoppeld zijn.

de lengte van de prooien. Voor Scholekster en Kanoet worden ook de WMR mosselbank data (MosKok) gebruikt in de analyse. Omdat de verschillen tussen MosKok mosselpunten groot is, is een groot aantal monsters nodig om een betrouwbare schatting van de numerieke dichtheid en de biomassadichtheid binnen een mosselbank te verkrijgen. In plaats van het oppervlak mosselbank per gridcel te linken aan een zeer beperkt aantal monsterpunten binnen die cel, hebben we gebruik gemaakt van de gemiddelde dichtheid van alle punten, maar onderscheid gemaakt tussen de oostelijke en westelijke Waddenzee. Op basis van de relatie tussen het asvrij drooggewicht (AVDG) en lengte van Mosselen (zie paragraaf 2.2.4 in Folmer *et al.* 2021), is de numerieke dichtheid en biomassadichtheid per gridcel berekend. Het totale AVDG per benthosoort en gridcel zijn berekend door individuele dichtheden te vermenigvuldigen met het oppervlak van een gridcel en vervolgens te sommeren.

Omdat de telgebieden variëren in aantal en grootte en hun ligging ten opzichte van het wad onregelmatig is, is het moeilijk om op een goede manier de aantallen vogels te koppelen aan de foerageergebieden. Om toch een ruimtelijk gebalanceerde verdeling van overtijdende vogelaantallen langs de rand van het wad te verkrijgen, zijn 30 ‘virtuele HVP’s’ op ongeveer gelijke afstand ‘geplaatst’ langs de kustzone van de Nederlandse Waddenzee (exclusief Eems-Dollard; Figuur 7.1).

Op basis van kennis van het gebruik van foerageergebieden van wadvogels in de Waddenzee en de aanname dat wadvogels vliegkosten tussen HVP’s en foerageergebieden minimaliseren, zijn foerageergebieden gekoppeld aan de virtuele HVP’s (zie Folmer *et al.* 2021 voor een discussie over deze aanname). Deze ‘central place foraging’ aanname (Cairns 1989, Aarts *et al.* 2021) leidt tot een Voronoi tessellatie van de foerageergebieden (Figuur 7.1). Op basis van de ideaal vrije verdeling is het aantal vogels per virtuele HVP een functie van de prooibeschikbaarheid in deze gebieden.

7.2. Beschrijving SEM methodiek

Structural equation modelling (SEM) is een statistische methode waarbij factor analyse gecombineerd kan worden met regressieanalyse (Bollen 2014). Bij factor analyse wordt een (*latente*) variabele opgebouwd uit een set variabelen (*indicatoren*) met gedeelde variantie-covariantie. Deze factor beschrijft de gedeelde variantie van de set variabelen. De *loadings* beschrijven de relatie tussen de factor en de indicatoren; hoe groter de *loading*, hoe sterker de relatie tussen de *factor* en de *indicator*. Met SEM is het mogelijk om de relatie tussen latente variabelen en andere gemeten variabelen te analyseren. Een belangrijk voordeel ten opzichte van

multiple regressie is dat de effecten van individuele predictoren (biomassa van de benthosoorten) te beoordelen zijn via de factor loadings en dat eliminatie van predictoren niet nodig is.

In onderstaande analyses is het foerageerpotentieel een latente variabele (F samengesteld uit de indicatoren P_s) en wordt het effect van op F het aantal vogels op de virtuele HVP’s (N) geschat. De relatie tussen de latente variabele F en de P_s kan in matrix notatie als volgt worden geschreven:

$$\begin{matrix} P_1 & \alpha_1 & 1 \\ [P_2] & [\alpha_2] & + [\lambda_{P_2}][F] = \alpha_p + \Lambda_p F \\ P_3 & \alpha_3 & \lambda_{P_3} \end{matrix}$$

en de relatie tussen N en F is:

$$N = \alpha_N + \Lambda_N F + \epsilon$$

P_s is de totale (gewogen, zie sectie 9.1.4 voor details) prooi biomassa voor iedere benthos soort, α_p is de intercept vector, Λ_p is de vector met factor loadings en F is de latente variabele foerageer potentieel. De coëfficiënt van λ_{P_1} is gelijkgesteld aan 1 en λ_{P_2} en λ_{P_3} worden geschat in relatie tot λ_{P_1} . Λ_N is de regressiecoëfficiënt die het effect van F op N geeft.

Om een nauwkeuriger beeld te krijgen van de ontwikkeling van de voedselsituatie per virtuele HVP worden de trends in F in detail beschouwd door tijdserieplots te beoordelen. Hierbij worden de virtuele HVP’s die in het MLV gebied liggen onderscheiden van de overige HVP’s.

7.3. Voedselaanbod door het jaar heen

Het totale aanbod aan ‘vogelvoedsel’ in de wadbodem varieert in de loop van het jaar, door reproductie en sterfte van de bodemdieren maar ook door groei en seizoensvariatie in de conditie van individuen (Beukema 1974). Verder zijn lang niet alle bodemdieren ook bereikbaar voor wadvogels. Afhankelijk van hun snavel-lengte en manier van foerageren zit een variabel deel van de prooien te diep ingegraven om vangbaar te zijn. Bij veel soorten bodemdieren varieert de ingraafdiepte, of de frequentie waarmee ze uit een permanente gang naar het wadoppervlak komen, in de loop van het seizoen.

Naast een verticaal patroon, volgt de biomassa van het benthos ook een seizoenspatroon. Dit is beschreven in Beukema (1974) en de getallen in Figuur 7.2 zijn daarop gebaseerd. De SIBES bemonstering vindt voornamelijk plaats in de maanden juli en augustus wanneer de biomassa maximaal is. De in andere maanden

beschikbare biomassa wordt berekend door de dichtheden in juli te vermenigvuldigen met de fractie ten opzichte van juli (in juli op 1 gesteld).

7.3.1. Beschikbaarheid en bereikbaarheid

Naast de variatie in biomassa is de bereikbaarheid van de prooien van belang. Dit is een functie van de snavelengte van de vogels en de ingraafdiepte van de prooien. De ingraafdiepte van bodemdieren hangt af van de soort, de grootte van het individu en de maand. Grote individuen zitten in de regel dieper dan kleine individuen en gedurende de wintermaanden zitten bodemdieren dieper dan in de zomer (Duijns *et al.* 2015). De grootte- en seizoensspecifieke ingraafdieptes kunnen worden beschreven met een gamma-verdeling. Op dezelfde manier als in Wadmap is de fractie bereikbaar (d.w.z. de fractie die dieper zit dan de gemiddelde snavelengte van de vogelsoort) doorgerekend naar de bereikbare biomassa.

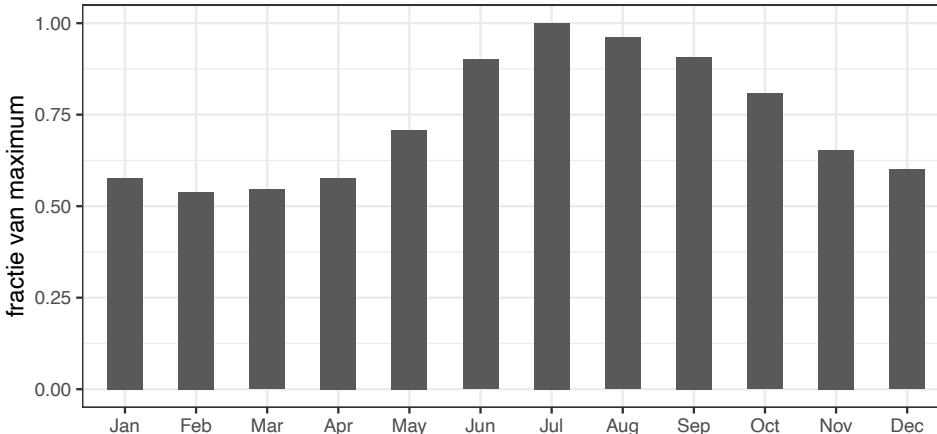
Van de Wadpier (*Arenicola marina*) zit een groot deel van de individuen meestal op een voor de vogels onbereikbare diepte en is slechts een beperkt deel van de tijd actief aan de oppervlakte waardoor de beschikbaarheid voor wadvogels beduidend lager is dan de aanwezigheid. Figuur 7.3 illustreert de maandelijkse

beschikbaarheid zoals afgeleid in eerdere rapportages (Ens *et al.* 2015b), en reeds geïmplementeerd in Wadmap.

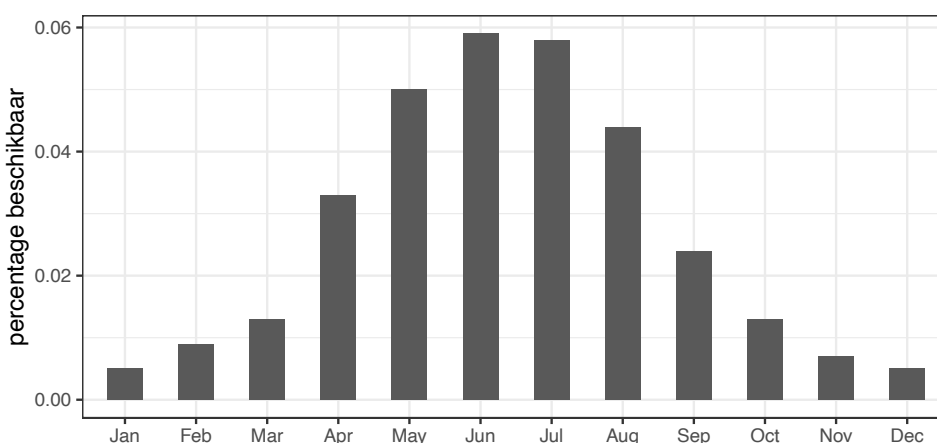
7.3.2. Voorbereiding data per soort

Hieronder wordt stapsgewijs kort beschreven welke selecties en keuzes zijn gemaakt voor de SEM berekeningen per vogelsoort.

1. Selectie van prooien op basis van dieet en lengte. Alleen prooi-soorten die als stapelvoedsel en regelmatige prooi (prooi_score 1 en 2, de 'lange prooilijst', in Wadmap) zijn aangemerkt, zijn in de analyses gebruikt. Dit verschilt van de aanpak in Wadmap, waarin alleen met de korte prooilijst (stapelvoedsel, score 1) wordt gerekend, maar past bij de denkwijze achter SEM. Prooi-soorten die weinig bijdragen aan een verklaring van de variatie in vogelaantallen (doordat ze minder vaak worden gegeten) krijgen hierin vanzelf een laag gewicht (factor loading) in de latente variabele F , dus er is geen reden om ze vooraf al uit te sluiten. In het geval van ontbrekende asvrij-drooggewichten (AVDG) worden deze geschat op basis van de lengte/grootte van de bodemdieren (imputing d.m.v. interpolatie).



Figuur 7.2. Veranderingen in de aanwezige biomassa van benthossoorten gedurende het jaar op basis van Beukema 1974.



Figuur 7.3. Beschikbaarheid van Wadpieren gedurende het jaar.

2. Berekening van fractie beschikbaar op basis van ingraafdiepte en snavel lengte (voor zomer en winter). Deze berekening wordt gedaan op het niveau van de individuele benthosmonsters. Voor methodische details zie Ens *et al.* (2018).
3. Voor ieder monster en benthossoort worden de biomassa en dichtheid gesommeerd. Ieder monster wordt ruimtelijk gekoppeld aan het grid en op het niveau van de gridcellen wordt per soort het gemiddelde van de dichtheid en biomassa berekend. Voor de WMR dataset wordt de biomassa per gridcel berekend.
4. Op het niveau van gridcel worden SIBES en WMR mosseldata gecombineerd.
5. Selectie van gridcellen die binnen de foerageergebieden vallen. De foerageergebieden zijn soort specifieke deelgebieden van het wad die geschikt geacht worden voor verschillende soorten vogels. Alleen voor Tureluur en Kluut is deze beperkende selectie relevant; voor alle andere hier geanalyseerde soorten is aangenomen dat het gehele wad gebruikt wordt.
6. Weging op basis van de droogvalduur en de afstand tussen gridcellen en dichtstbijzijnde HVP op basis van een negatief exponentiele relatie ($\lambda = 0.1$; Folmer *et al.* 2021).
7. De biomassa (na selectie en weging) wordt gesommeerd op het niveau van de virtuele HVP.
8. Weging voor seizoensvariatie in biomassa van benthos op basis van Beukema (1974). Voor alle soorten en gebieden wordt dezelfde correctie toegepast.
9. Weging voor de activiteit van de Wadpier.
10. Koppeling van het aantal vogels per virtuele HVP aan het benthos.
11. Log-transformatie van de benthos dichtheden en aantal vogels.

8. Resultaten monitoring

8.1. Ontwikkelingen Waddenzee

De ontwikkelingen van het voedselaanbod voor de vogels in het bodemdalingengebied vinden plaats binnen de context van de veranderingen in de Waddenzee. Het lijkt daarom zinvol deze veranderingen en kennis over onderliggende processen kort te bespreken. Vooral ook omdat het deels om grootschalige processen op lange termijn gaat, waarbij de invloeden kunnen verschillen tussen delen van de Waddenzee.

De gegevens verzameld in het kader van de SIBES bemonsteringen zijn recentelijk gebruikt voor een zeer gedetailleerde analyse van de habitateisen van de algemene bodemdiersoorten (Folmer *et al.* 2017). De meeste bodemdiersoorten van de Waddenzee blijken in hun voorkomen af te hangen van de omgevingsvariabelen overstromingsduur, korrelgrootte en zoutgehalte (Kraan *et al.* 2010). Voor sommige soorten zijn ook golfimpact en bodemschuifspanning door stroming van belang. De meeste bodemdiersoorten hebben een relatief brede niche: ze komen voor onder een breed spectrum van fysische condities, en er zijn geen kritische drempels in de omgevingscondities gevonden rond welke de gemeenschap sprongsgewijs verandert.

8.2. Droogvallende mosselbanken

Een ingrijpende ecologische gebeurtenis in de recente geschiedenis was het vrijwel volledige verdwijnen van de droogvallende mosselbanken rond 1990. Dit was het gevolg van een toename van de visserij op droogvallende mosselbanken in een periode met weinig broedval (Beukema & Cadée 1996, Ens *et al.* 2004). Na een betere bescherming zijn de droogvallende mosselbanken langzaam teruggekeerd (van der Meer *et al.* 2019, Troost *et al.* 2021).

Herstel van die banken vereiste grootschalige broedval en die is zeldzaam en onvoorspelbaar. Van grootschalige broedval van Mosselen in de Nederlandse Waddenzee was slechts sprake in 1994, 2001, 2003, 2016 en 2018 (van den Ende *et al.* 2020), gemiddeld eens in de zeven jaar. Tijdens het herstel van de droogvallende mosselbanken vond ook een uitbreiding van de Japanse Oester plaats, een exoot die al sinds 1983 in de Nederlandse Waddenzee voorkwam (Dankers *et al.* 2004), maar zich pas rond 2003 massaal begon uit te breiden. Aanvankelijk leek het alsof de Japanse Oesters de mosselbanken overwoekerden en de Mossel misschien geheel zouden verdringen, maar ondertussen ontwikkelen zich steeds meer gemengde banken waar de Mossels zich tussen de oesters vestigen. Na 30 jaar is het areaal “mosselbanken” weer op het niveau van voor de verdwijning, al zal het aandeel gemengde

banken waarschijnlijk blijven groeien en ook het totale areaal zou nog kunnen toenemen (van der Meer *et al.* 2019). De gegevens die Van der Meer *et al.* (2019) gebruiken voor hun berekeningen zijn gebaseerd op de jaren 1999-2013 en de toen voorspelde toename is inderdaad opgetreden (Troost *et al.* 2021).

De samenstelling van de banken is belangrijk, omdat Scholeksters en Kanoeten, die op de banken voornamelijk Mossels eten, negatief worden beïnvloed naarmate de dichtheid van Japanse Oesters hoger is (Waser *et al.* 2016). Scholeksters kunnen wel Japanse Oesters openen (Cadée 2008), maar dit zijn alleen de kleinere exemplaren.

Behalve mosselvisserij op de platen was er rond 1990 ook sprake van grootschalige mechanische kokkelvisserij op de wadplaten. In sommige jaren kon een aanzienlijk deel van het kokkelbestand worden opgevist (Ens *et al.* 2004). In 2005 werd de mechanische kokkelvisserij verboden. Ten tijde van de mechanische kokkelvisserij was er sprake van kleinschalige handmatige kokkelvisserij, maar de omvang daarvan is toegenomen na het beëindigen van de mechanische kokkelvisserij (Troost & van Asch 2018). De kokkelbestanden zijn toegenomen, maar net als bij Mossels is er maar af en toe sprake van een massale broedval.

8.3. Ontwikkelingen bodemdieren Waddenzee

Het Nonnetje *Limecola balthica* werd gekenmerkt door een hele stabiele populatie-opbouw, tot aan het begin van deze eeuw de populatie instortte. Dit patroon werd eerst beschreven voor het Balgzand maar is ook elders in de Waddenzee waargenomen (Beukema *et al.* 2017b). De verklaring wordt gezocht in negatieve gevolgen van de mechanische kokkelvisserij (Piersma *et al.* 2001), maar ook in hogere temperaturen als gevolg van klimaatverandering en daarnaast de uitbraak van een onbekende ziekte (Beukema *et al.* 2017a).

Sommige soorten bodemdieren, zoals de Kokkel *Cerastoderma edule*, de Schelpkokerworm *Lanice conchilega* en de Zandzager *Nephtys hombergii*, zijn gevoelig voor vorstperiodes en kunnen massaal sterven in een strenge winter, zodat er overal schaarste optreedt (Beukema *et al.* 1993). Na zo'n strenge winter is er dan vaak weer massale broedval. Deze broedval levert veel voedsel voor de kleine wadvogels met korte snavels, maar als de prooidieren ouder en groter worden graven ze zich dieper in en worden ze prooi voor de grotere wadvogels met een langere snavel (Zwarts & Wanink 1993). Daarnaast zijn in frequentie toenemende

hittegolven een probleem voor Kokkels, en zo stierf een groot deel van het kokkelbestand in de zomers van 2018-2020 (Troost & van Asch 2018). De toenemende frequentie van hittegolven zou nadelig kunnen uitpakken voor het kokkelbestand (Suykerbuyk *et al.* 2021).

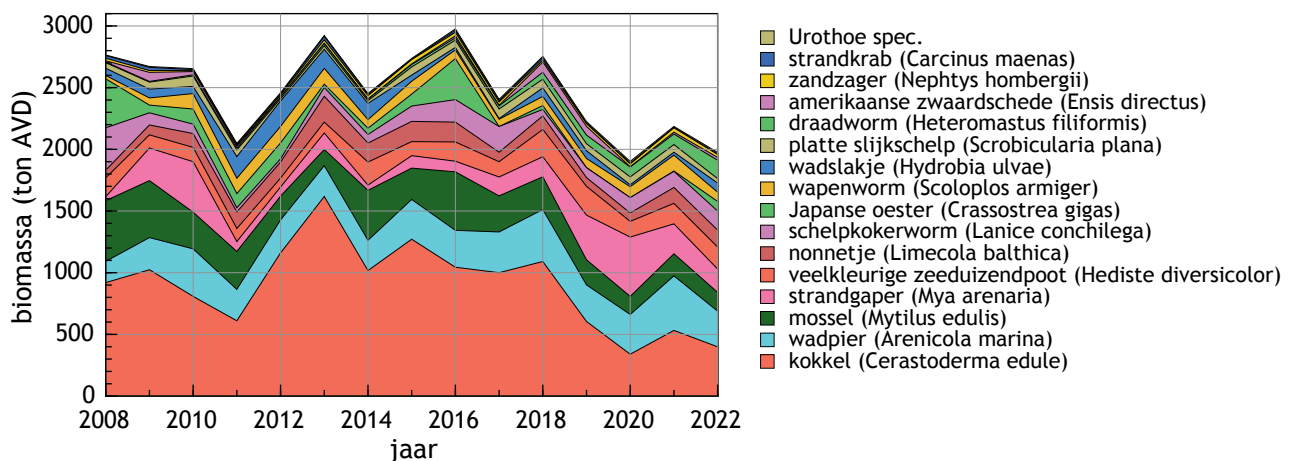
8.4. Voedselaanbod Pinkegat-Zoutkamperlaag

De ontwikkeling van de totale biomassa van bodemdieren in Pinkegat en Zoutkamperlaag is weergegeven in Figuur 8.1. Ongeveer 25% - 40% van de biomassa bestaat uit Kokkels. Er is geen duidelijke trend over de hele periode, maar de laatste jaren lijkt er wel sprake van een afname, als gevolg van een afname in het Kokkelbestand. Die afname van het Kokkelbestand is zichtbaar in de hele Waddenzee (Troost *et al.* 2022), en komt deels door het uitblijven van nieuwe broedval en overmatige sterfte door hittegolven.

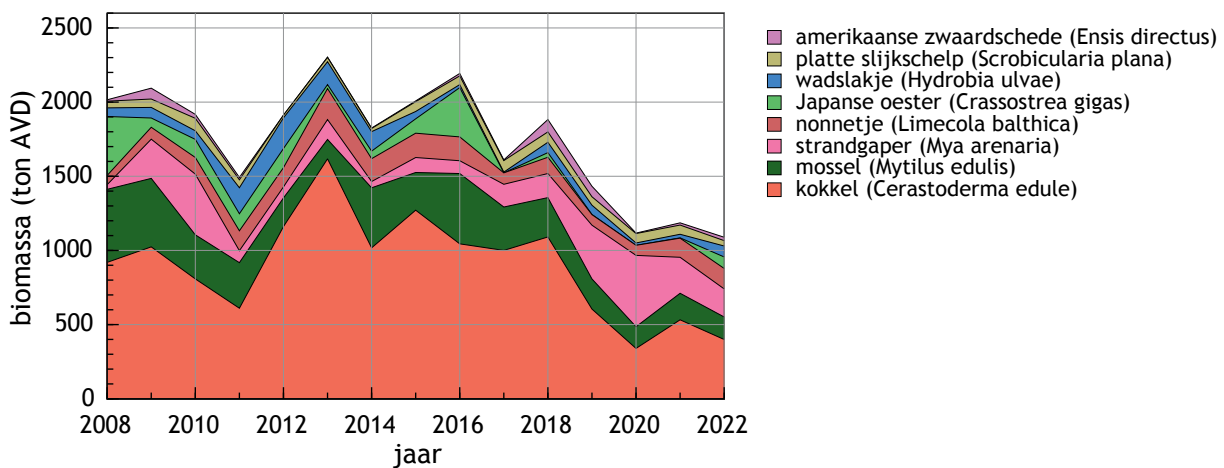
8.4.1. Schelpdieren

Wanneer alleen naar de schelpdieren wordt gekeken lijkt de totale beschikbaarheid daarvan af te nemen, door met name de Kokkel (Figuur 8.2). De piek van de Kokkel in 2013 is het gevolg van de massale broedval in 2011, waarvan de Kokkels in 2013 sterk gegroeid waren. De sterke afname tussen 2018 en 2020 is mede het gevolg van een grote sterfte van droogvallende Kokkels tijdens hittegolven in de nazomers van 2018 en 2019 (Troost *et al.* 2021). De andere scheldieren zoals Mossel, Strandgaper, Nonnetje en Wadslakje lijken redelijk stabiel.

De bestanden van de Amerikaanse Zwaardschede daarentegen zijn marginaal in het litoraal van de Waddenzee. In de Nederlandse kustwateren is dit tegenwoordig veruit de algemeenste soort (Troost *et al.* 2021). Het is een sublitorale soort die alleen in de laagste delen van het litoraal voorkomt. Scholeksters



Figuur 8.1. Ontwikkeling van de totale biomassa bodemdieren (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag in de winter, onderverdeeld naar de verschillende soorten prooidieren.



Figuur 8.2. Ontwikkeling van de totale biomassa schelpdieren (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag in de winter, onderverdeeld naar de verschillende soorten schelpdieren.

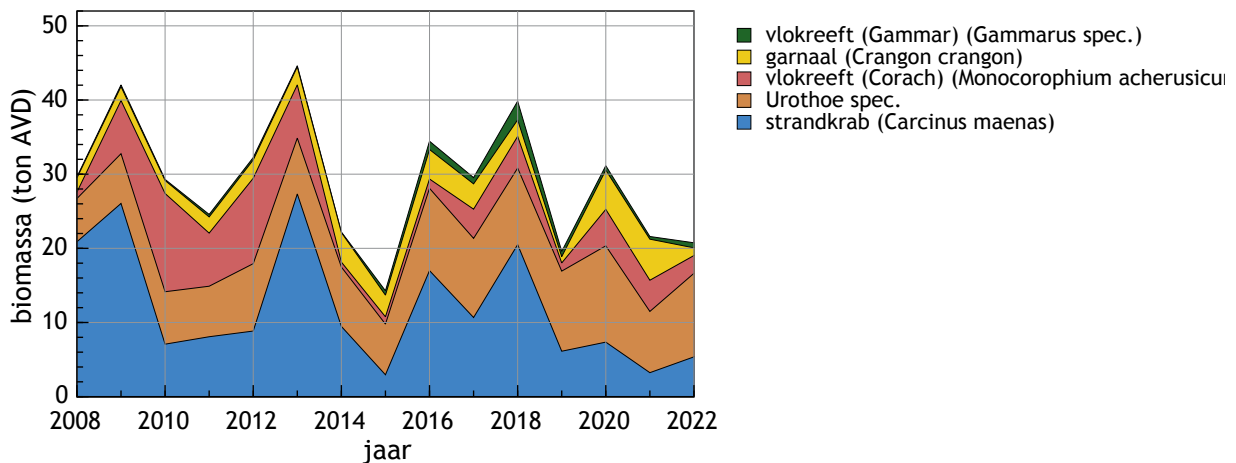
kunnen een zeer hoge predatiedruk uitoefenen op die schaarse litorale exemplaren (Dokter *et al.* 2017).

8.4.2. Kreeftachtigen

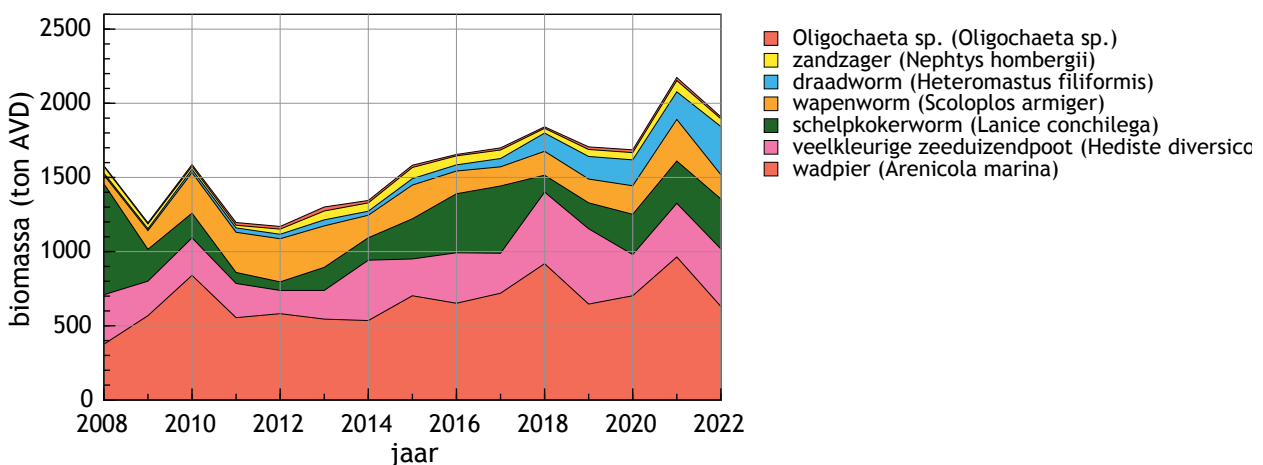
De bestanden van kreeftachtigen fluctueren zeer sterk als gevolg van sterke fluctuaties in het bestand van Strandkrabben en dat van Langsprietkreeftjes, maar er is geen duidelijke trend (Figuur 8.3). De soorten in deze groep zijn heel mobiel en laten zich niet heel goed bemonsteren (Taal *et al.* 2020), zodat niet kan worden uitgesloten dat deze fluctuaties voor een deel het gevolg zijn van toevallige bemonsteringsvariatie. In vergelijking tot de andere bodemdieren is het aandeel kreeftachtigen erg klein (maximaal 45 ton AVD in de winter, terwijl het totale bestand aan bodemdieren fluctueert tussen 2000 en 3000 ton AVD in de winter; Figuur 8.1). Deze soortgroep is wel relevant, want kreeftachtigen worden door veel vogels benut (zie ook Tabel 6.1)

8.4.3. Wormen

Er lijkt sprake van een lichte stijging in het bestand van wormen (Figuur 8.4), waarbij opvalt dat de Rode Draadworm de grootste toename laat zien. Wormen vormen na de schelpdieren een belangrijk deel van de biomassa van bodemdieren. Binnen de wormen heeft de Wadpier, waarvan het bestand tamelijk constant lijkt, het grootste aandeel, gevolgd door de Veelkleurige Zeeduizendpoot, de Schelpkokerworm en de Rode Draadworm.



Figuur 8.3. Ontwikkeling van de totale biomassa kreeftachtigen (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag in de winter, onderverdeeld naar de verschillende soorten.



Figuur 8.4. Ontwikkeling van de totale biomassa wormen (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag in de zomer, onderverdeeld naar de verschillende wormensoorten.

8.5. Vogels

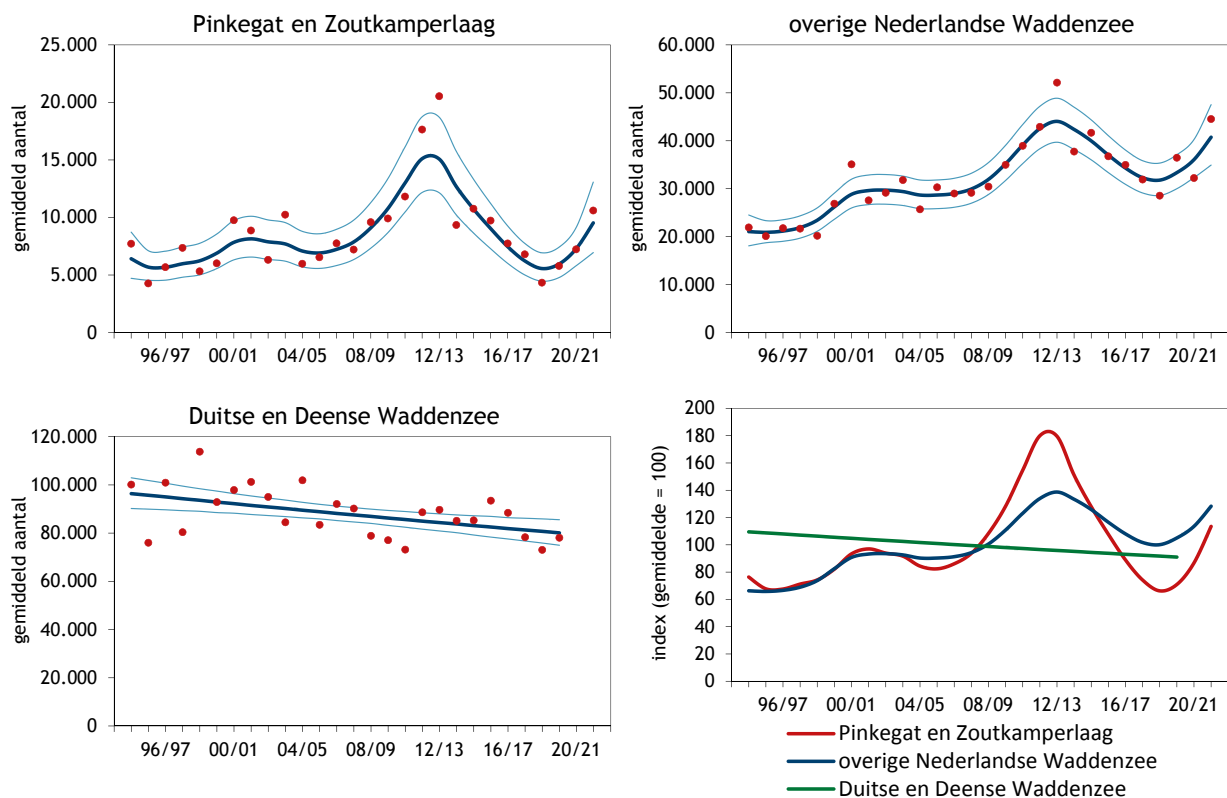
De resultaten voor de vogels worden per soort beschreven. De soortbeschrijvingen bestaan uit de volgende onderdelen:

1. De waargenomen trend in de aantallen in Pinkegat en Zoutkamperlaag en een vergelijking met de aantalsontwikkelingen elders: in de rest van de Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee (waarvoor de gegevens t/m 2021 beschikbaar waren), en langs de gehele Oost-Atlantische vliegroute (van Roomen *et al.* 2022). De trends worden geclassificeerd volgens de NEM-criteria (Figuur 5.5)
2. Figuren met het verloop van alle proxies voor beide seizoenen in Pinkegat-Zoutkamperlaag. De resultaten van de trendberekeningen over de proxies staan in de Bijlage.
3. Mogelijke verklaringen voor de waargenomen trends in aantallen en proxies worden kort bediscussieerd.
4. Voor de proxies voor draagkracht worden de volgende resultaten van de validatie-berekeningen uit de rapportage over het monitoringjaar 2018 (Ens *et al.* 2019):
 - a. Of er een gevalideerde proxy voor draagkracht is gevonden. Hierbij is een grenswaarde van 25% verklaarde variantie voor model 1 aangehouden (Ens *et al.* 2019).

- b. De mate waarin de proxies onderling correleren. Hierbij is een grenswaarde van 0,65 aangehouden: beneden deze waarde wordt de gemiddelde correlatie als laag beoordeeld (Ens *et al.* 2019).
5. Het beslisschema wordt toegepast op de resultaten, wat leidt tot één van de volgende conclusies:
 - a. Geen uitspraak mogelijk
 - b. Geen aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling
 - c. Aanwijzingen voor een mogelijk negatief effect van bodemdaling

8.5.1. Bergeend

Over de periode 1994-2022 waren de aantallen Bergeenden in Pinkegat en Zoutkamperlaag stabiel, maar de korte termijn trend is onzeker (Figuur 8.5; Tabel 8.1), al lijken de aantallen de laatste jaren iets toe te nemen. Dit contrasteert met de lange-termijn trends in de rest van de Waddenzee (matige toename), terwijl de Duitse en Deense aantallen een matige afname laten zien, op korte en op lange termijn. Op Europese schaal zien we dezelfde patronen als in het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Zo is de Europese flyway-populatie over de lange termijn (1976-2020) matig toegenomen, maar laat deze populatie op de korte termijn (2011-2020), een matige afname zien (van Roomen *et al.* 2022).



Figuur 8.5. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Bergeend in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.1. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Bergeend voor Pinkegat/ Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Bergeend Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.01	0	Stabiel	0.97	?	Onzeker
Rest Nederlandse Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.00	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.99	-	Matige afname	0.99	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegroute (NW-Eur)	1.01*	+	Matige toename	0.99	-	Matige afname

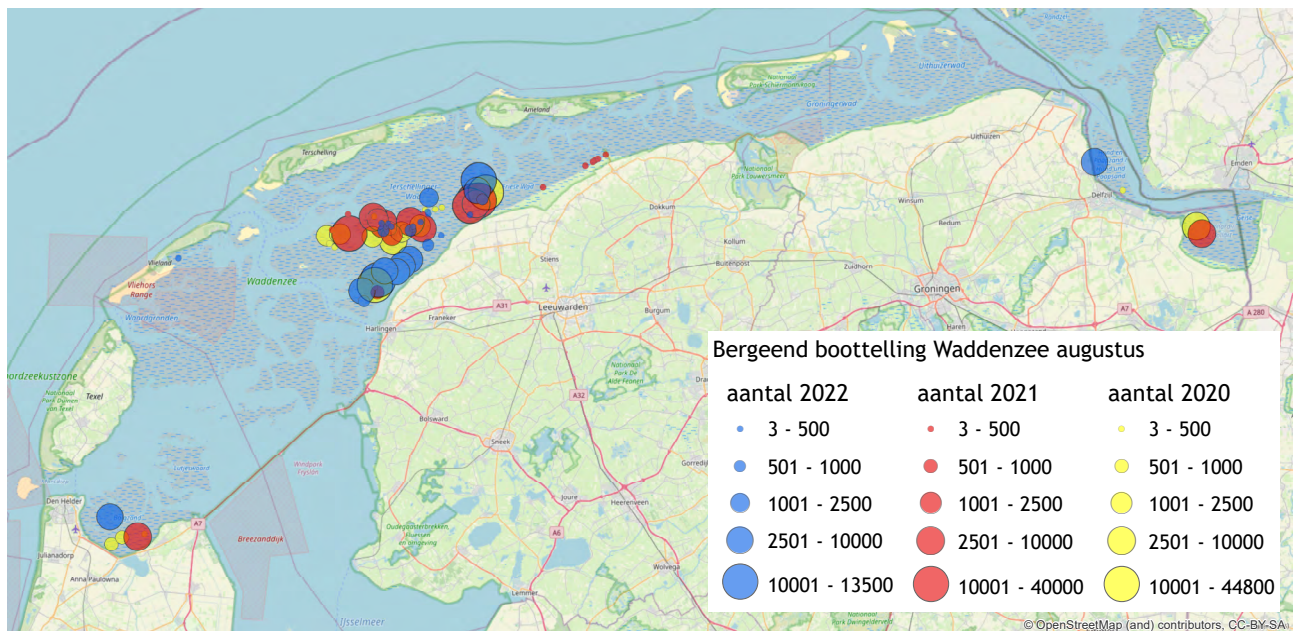
* Betreft de periode 1976-2020 (van Roomen et al. 2022)

De Waddenzee is van groot belang voor ruiende en overwinterende Bergeenden en bijna de gehele populatie gebruikt de Waddenzee (Kleefstra *et al.* 2022). Het Nederlandse deel daarvan wordt vooral steeds belangrijker als ruigebied (Kleefstra *et al.* 2011). De in augustus ruiende Bergeenden concentreren zich in enorme groepen langs de Friese kust ten westen van Holwerd, dus buiten de komberging Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 8.6). Lagere aantallen komen voor op Balgzand, in de Dollard, onder de Rottums en soms kleine groepen langs de Friese en Groningse kust. Tijdens de rui worden alle vliegveren tegelijkertijd afgeworpen en kunnen de eenden dus niet vliegen, wat een verhoogde kwetsbaarheid voor predatie met zich

meebrengt. Het is aannemelijk dat de eenden dan extra schuw zijn en de rustigste gebieden in de Waddenzee opzoeken, waar ook nog voldoende voedsel ligt.

Na de ruiperiode (dus ook in de rekenmaanden september en januari) komt de soort veel meer verspreid voor in de slijkigere delen van de Waddenzee – mogelijk wordt de verspreiding dan vooral bepaald door het voedselaanbod en in mindere mate door verstoring.

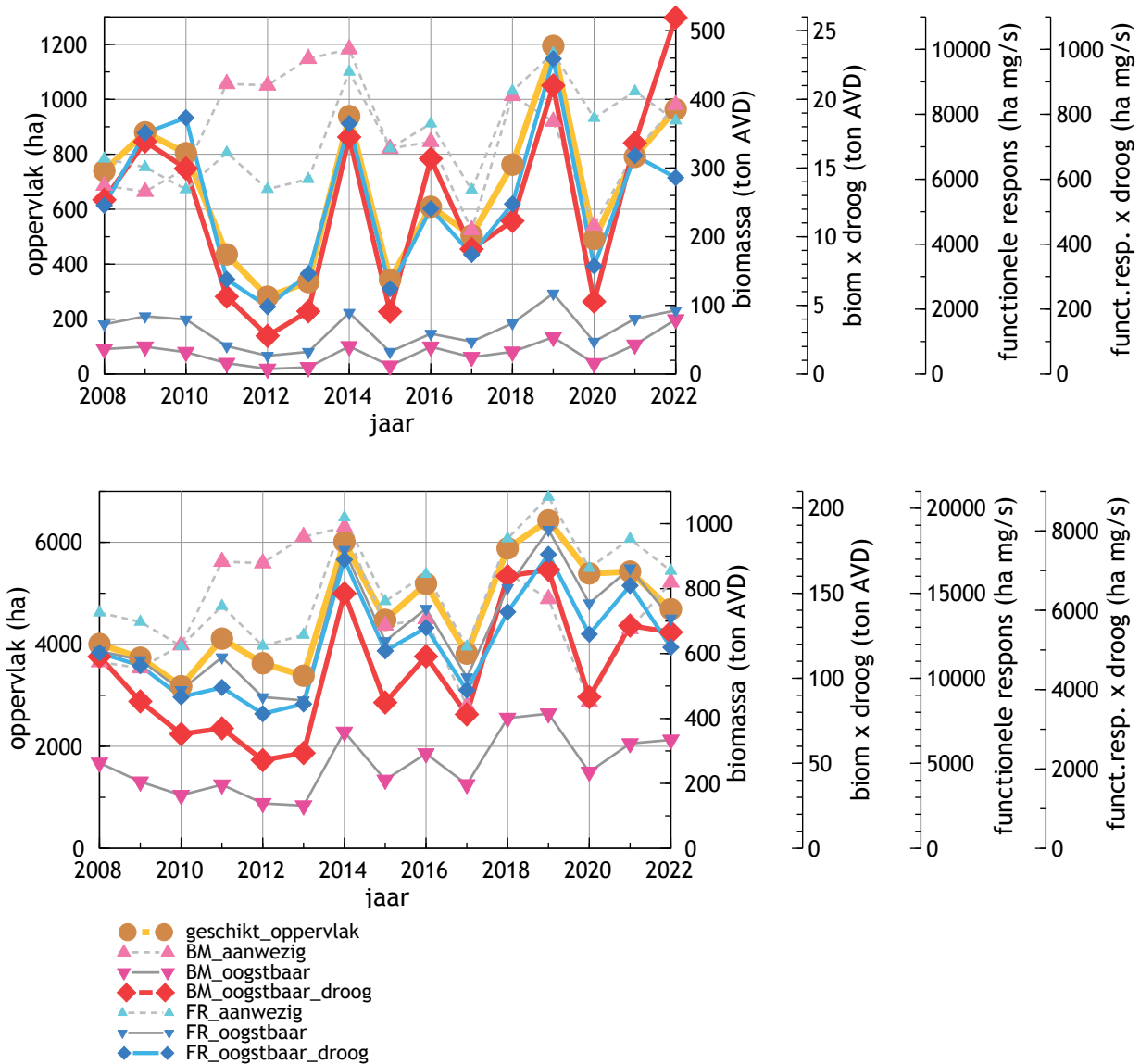
Voor de Bergeend kon geen gevalideerde proxy voor draagkracht ontwikkeld worden (Ens *et al.* 2019). De meeste proxies zijn wel sterk gecorreleerd en geen van de proxies laat een negatieve trend zien in Pinkegat



Figuur 8.6. Verspreiding van de ruiende Bergeenden in de Nederlandse Waddenzee geteld in de laatste 3 jaar, gebaseerd op boottellingen door de WaddenUnit met vrijwilligers van Sovon.

en Zoutkamperlaag (Figuur 8.7). Een aantal proxies laat zelfs een significante positieve toename zien (appendix). Dit geldt zowel voor de winterperiode als voor de nazomer.

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winterperiode, noch in de nazomer zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.2).



Figuur 8.7. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bergeend in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

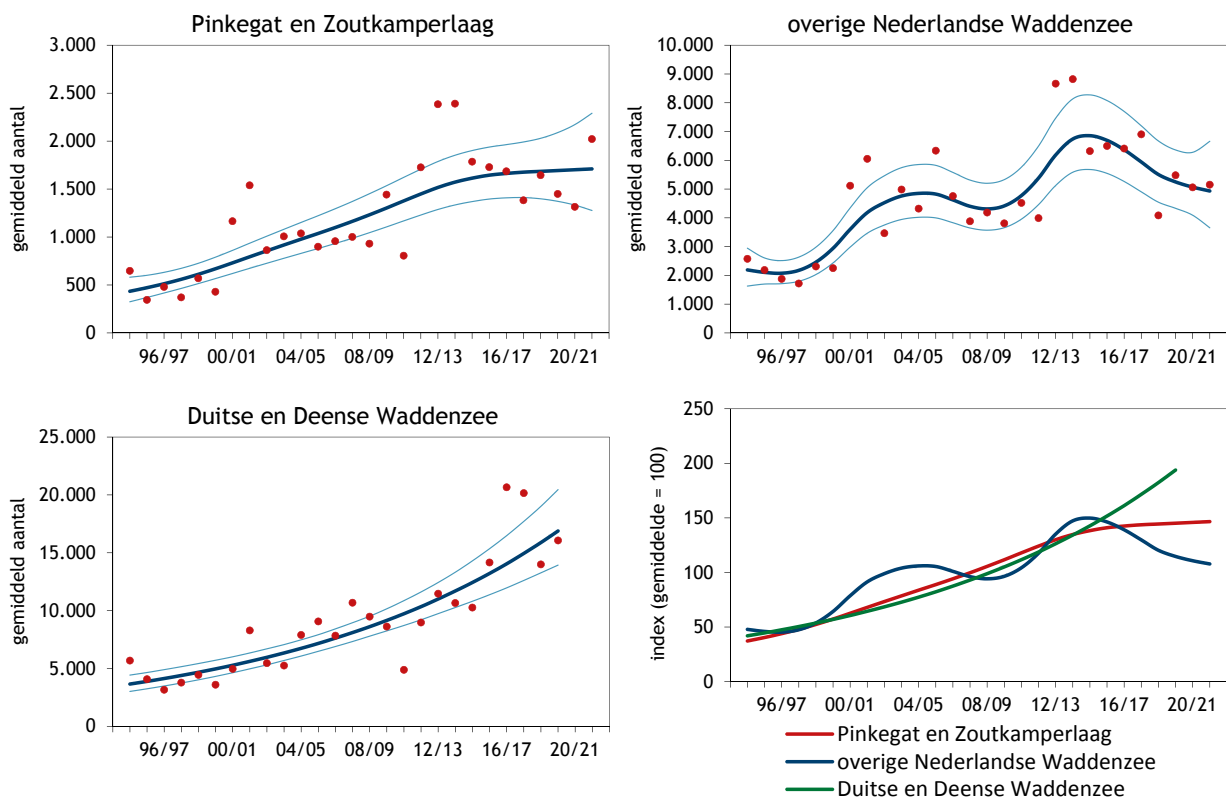
Tabel 8.2. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Bergeend in januari en september.

	jan.	sept.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N → 3	N → 3
3 Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N → 5	N → 5
5 Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y → 4	Y → 4
4 Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.2. Pijlstaart

Op de lange termijn nemen de aantallen Pijlstaarten overal nog toe (Figuur 8.8; Tabel 8.3). Op de korte termijn is er een onzekere trend in Pinkegat en Zoutkamperlaag, terwijl er een stabiele ontwikkeling is in andere delen van de Nederlandse Waddenzee, terwijl in het Duitse en Deense deel de soort nog steeds matig toeneemt. De Waddenzee is van groot belang voor de Europese populatie (Kleefstra *et al.* 2022). De trend van de in West-Europa overwinterende flyway-populatie is positief op de lange termijn (1975-2020) zowel als op de korte termijn (van Roomen *et al.* 2022). Er zijn al met al geen aanwijzingen dat de aantalsontwikkeling in Pinkegat en Zoutkamperlaag in negatieve zin afwijkt van de andere gebieden.

Een verklaring voor de algemeen toenemende trend is moeilijk te geven. De meeste voor deze soort berekende proxies voor voedselbeschikbaarheid laten sinds 2008 geen significante trend te zien, maar één proxy laat wel een significante afname zien met ongeveer 2% per jaar (*BMaanw* in november en januari). Kijkend naar het dieet van deze soort, lijkt deze trend te komen door de afname in schelpdieren en kreeftachtigen. Daarnaast zoeken Pijlstaarten op het wad niet alleen op de daar aanwezige bodemfauna. Bladdelen en zaden van kwelderplanten kunnen ook een belangrijke rol spelen in het dieet (Dessborn *et al.* 2011), en (veranderingen in) de beschikbaarheid daarvan is niet gemeten en dus ook niet verwerkt in de proxies.



Figuur 8.8. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Pijlstaart in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

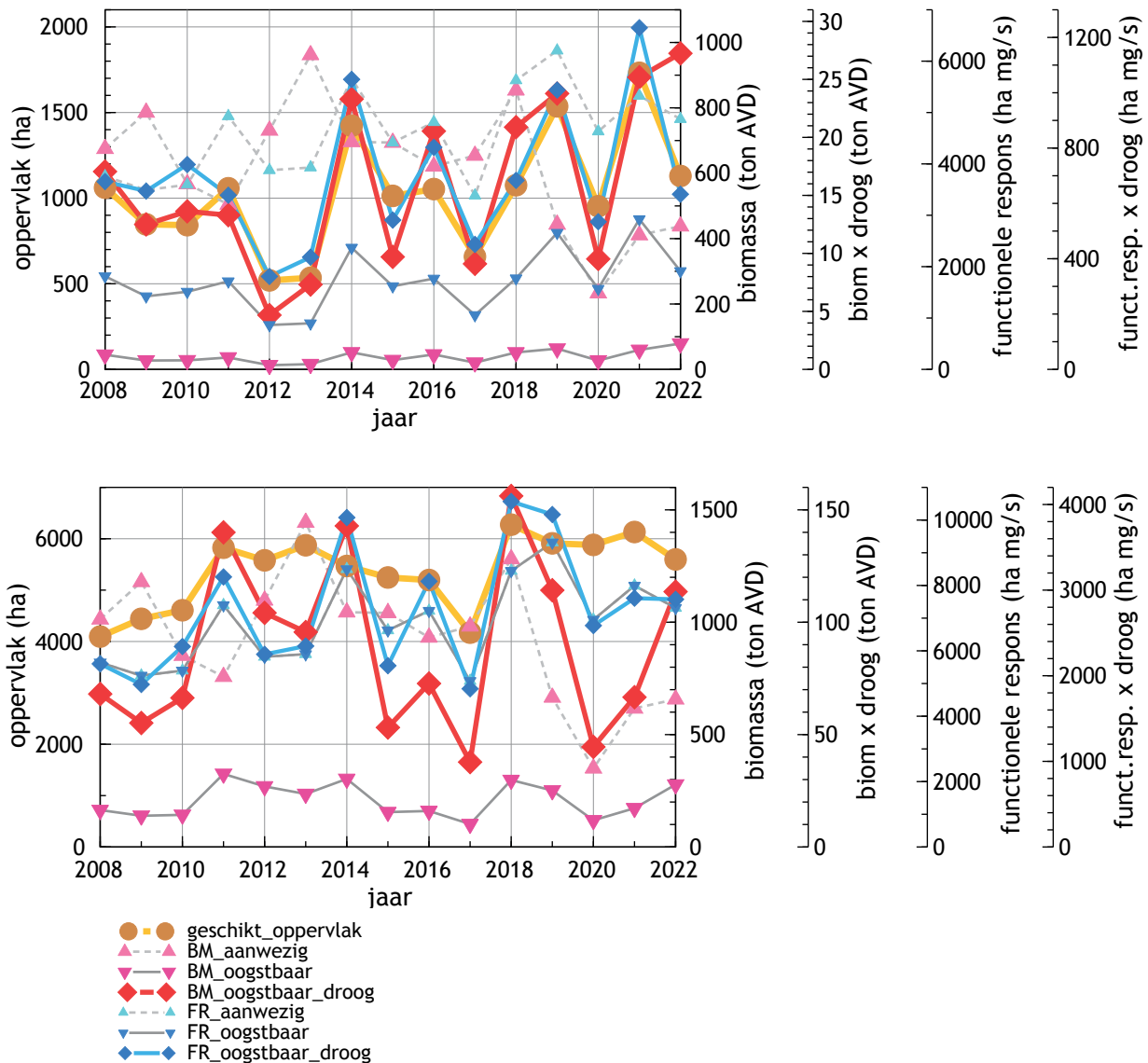
Tabel 8.3. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Pijlstaart voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Pijlstaart Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.05	+	Matige toename	1.02	0	Onzeker
Overige Nederlandse Waddenzee	1.03	+	Matige toename	1.00	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	1.06	+	Matige toename	1.06	+	Matige toename
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	1.01*	+	Matige toename	1.02	0	Matige toename

* Betreft periode 1975-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

De meeste proxies zijn gecorreleerd en geen van de proxies laat een negatieve trend zien in Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 8.9). Voor de Pijlstaart kon geen gevalideerde proxy voor draagkracht ontwikkeld worden. Voor de overige proxies is de trend zelfs significant positief (zie Bijlage).

Toepassing van het beslisschema leidt tot de conclusie dat er geen uitspraak mogelijk is, noch in de herfst of winter (Tabel 8.4).



Figuur 8.9. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Pijlstaart in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de winter (boven) en de herfst (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 8.4. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Pijlstaart in januari en september.

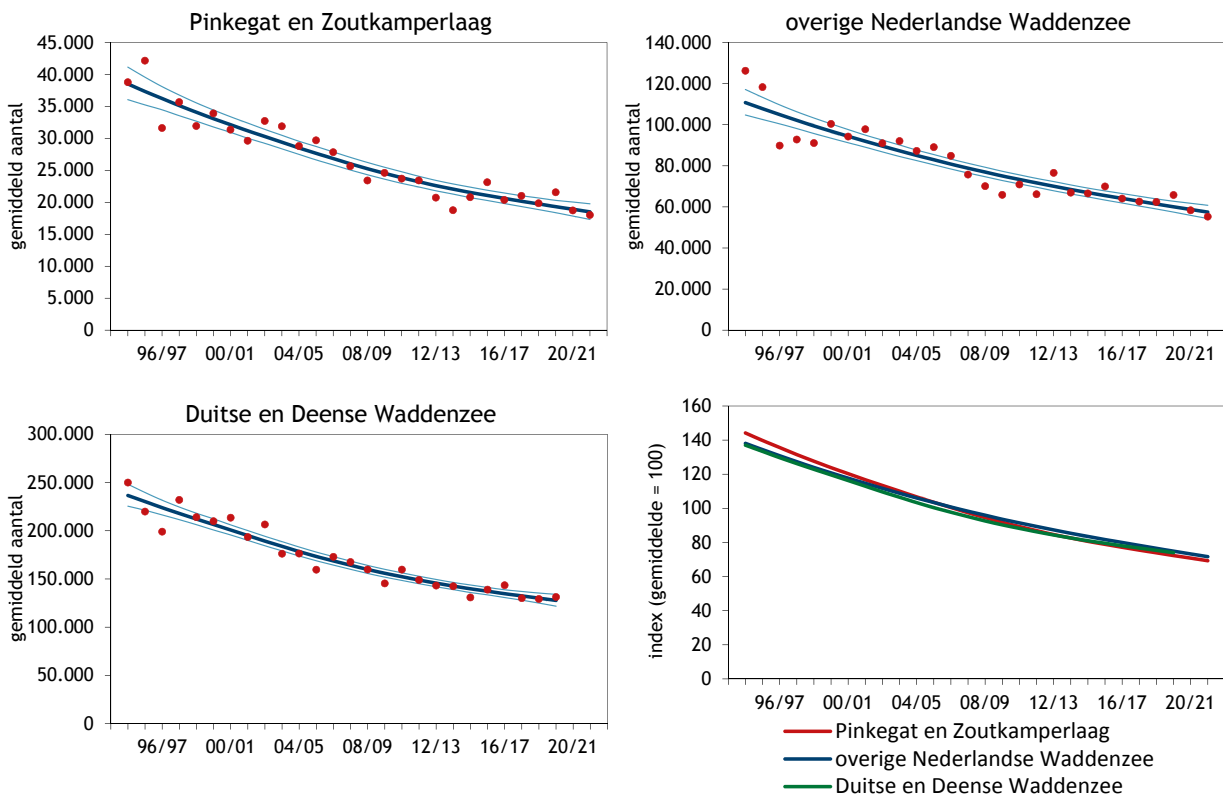
	jan.	sept.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N → 3	N → 3
3 Gevalideerde proxy voor draagkracht	N → 5	N → 5
5 Alle proxies zelfde trend?	N → 7	N → 7
7 Geen uitspraak mogelijk	Y	Y

8.5.3. Scholekster

De aantallen Scholeksters die in de Waddenzee overwinteren nemen al jaren af sinds 1990 (van de Pol *et al.* 2010b, Van der Jeugd *et al.* 2014, Kleefstra *et al.* 2022). In heel West-Europa is de trend negatief over de periode 1990-2010 (van Roomen *et al.* 2015). Opvallend is dat de trend voor de totale populatie langs de Oost-Atlantische vliegroute op de lange termijn (1976-2020) als stabiel wordt beoordeeld (Tabel 8.5). Dit heeft echter te maken met het feit dat er tot ongeveer 1990 sprake was van een toename. In de Waddenzee neemt de Scholekster overal af, zowel op de lange termijn (vanaf 1994) als op de korte termijn

(vanaf 2010; Figuur 8.10 en Tabel 8.5). Er is sprake van een afnemende populatie en de trendverschillen zijn niet groot, maar er kan niet worden uitgesloten dat de trend in Pinkegat en Zoutkamperlaag een iets sterkere afname laat zien dan elders.

Een groot aantal factoren spelen een rol bij de achteruitgang van de Scholekster in de Waddenzee in de winterperiode: overbevising van de mosselbanken eind jaren tachtig van de vorige eeuw, het sindsdien overgroeid raken van de terugkerende mosselbanken door Japanse oester, de kokkelvisserij (de mechanische kokkelvisserij is stopgezet in 2004, maar de



Figuur 8.10. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Scholekster in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.5. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Scholekster voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Scholekster	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.97	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Overige Nederlandse Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	1.00*	0	Stabiel	0.98**	-	Matige afname

*Dit betreft de periode 1976-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

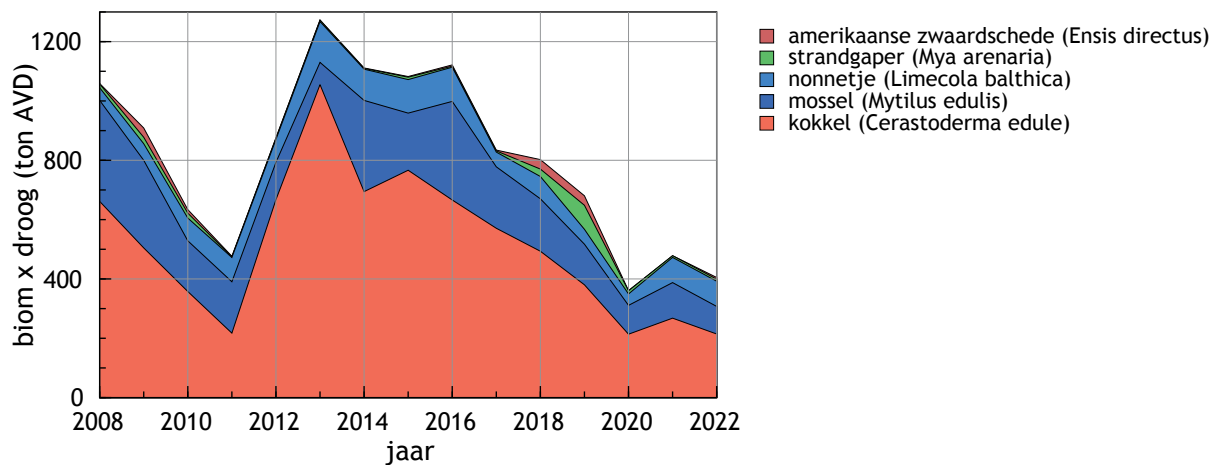
**Dit betreft de periode 2011-2020 (van Roomen *et al.* 2022)



handmatige kokkelvisserij heeft meer ruimte gekregen) en het instorten van de populatie Nonnetjes (Ens *et al.* 2009a, Ens *et al.* 2011, Rappoldt & Ens 2013). Veel Scholeksters die in de Waddenzee overwinteren broeden op de kwelders in het gebied, of binnendijks op de eilanden of in Noord-Nederland. Ook daar zijn problemen: een toename van het overstromingsrisico van de kwelders (van de Pol *et al.* 2010a), en het relatieve onvermogen van Scholeksters om zich aan te passen (Bailey *et al.* 2017, 2019), een toename van predatierisico op de vastelandskwelders en de intensivering van de landbouw (Ens *et al.* 2011).

Kokkels zijn de belangrijkste voedselbron voor Scholeksters in Pinkegat – Zoutkamperlaag volgens de berekeningen met Wadmap (Figuur 8.11). De eerder geconstateerde afname in het Kokkelbestand in de hele Waddenzee sinds de grote broedval in 2011 is ook hier duidelijk zichtbaar (Figuur 8.2). Sindsdien is er geen (grote) broedval geweest in, en in combinatie met de hitte van afgelopen 2 zomers is er verhoogde sterfte (Zhou *et al.* 2022), blijft het aanbod Kokkels laag.

Zowel voor de nazomer als voor de winter is *BMAanw* een gevalideerde proxy voor draagkracht (Ens *et al.*

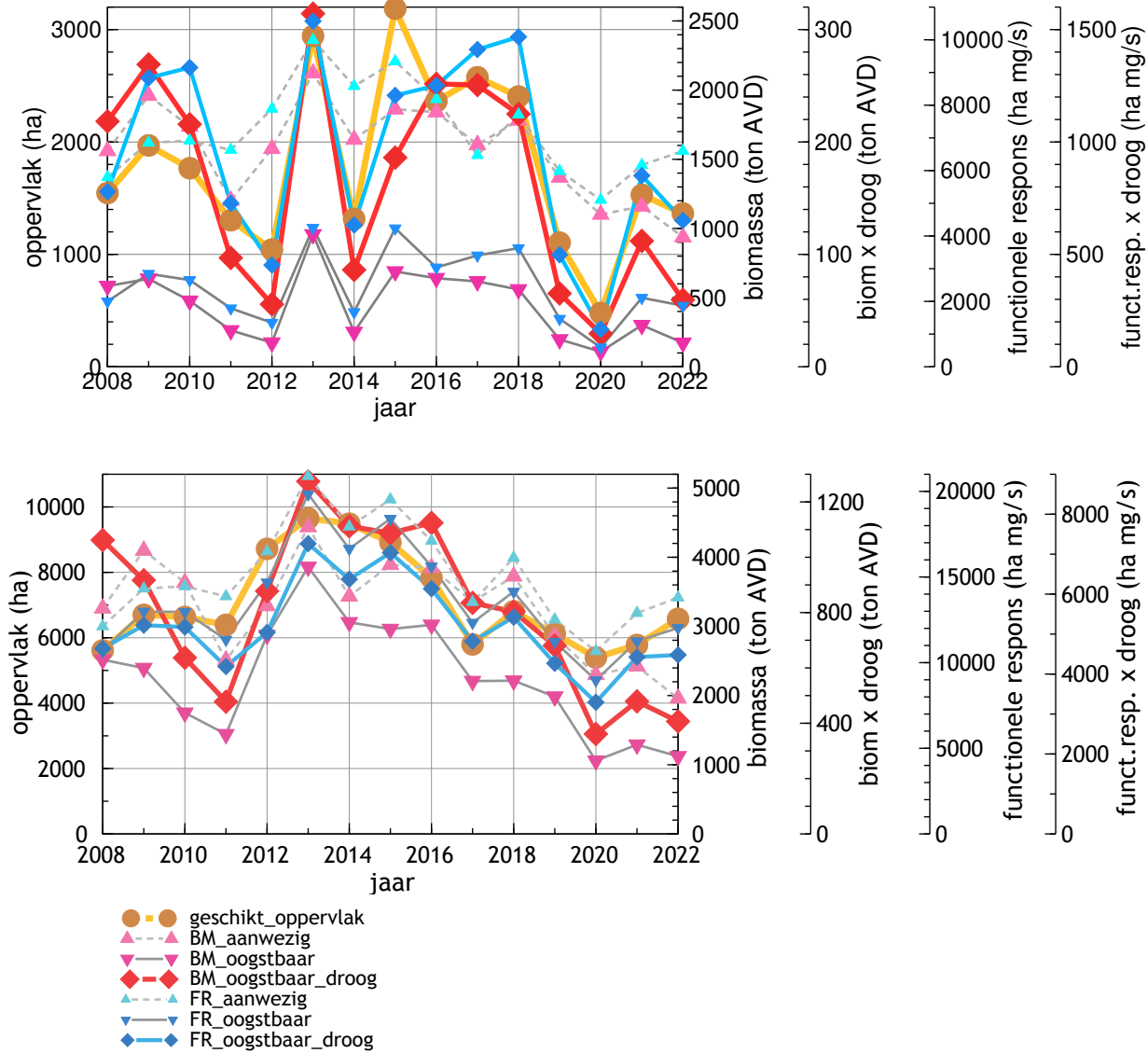


Figuur 8.11. Verloop van de voor Scholeksters oogstbare biomassa schelpdieren in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag in het najaar voor de jaren 2008-2022.

2019). De negatieve trend voor deze proxy is significant (Figuur 8.12) en daarnaast laat de proxy *BMoogstDroog* in het najaar ook een negatieve trend zien. De andere proxies vertonen geen significante trend (Zie bijlage). Dit kunnen we waarschijnlijk verklaren door het feit dat er vanaf 2013 een afname zichtbaar is in het kokkelbestand, mede als gevolg van het uitblijven van nieuwe broedval van Kokkels in het bodemdalingsgebied en

de hittegolven van afgelopen jaren. Die uitblijvende broedval en de impact van deze hittegolven is niet beperkt tot het bodemdalingsgebied, maar het geval in de hele Waddenzee (Troost *et al.* 2022).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winterperiode, noch in de nazomer zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.6).



Figuur 8.12. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Scholekster in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 8.6. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Scholekster in januari en september.

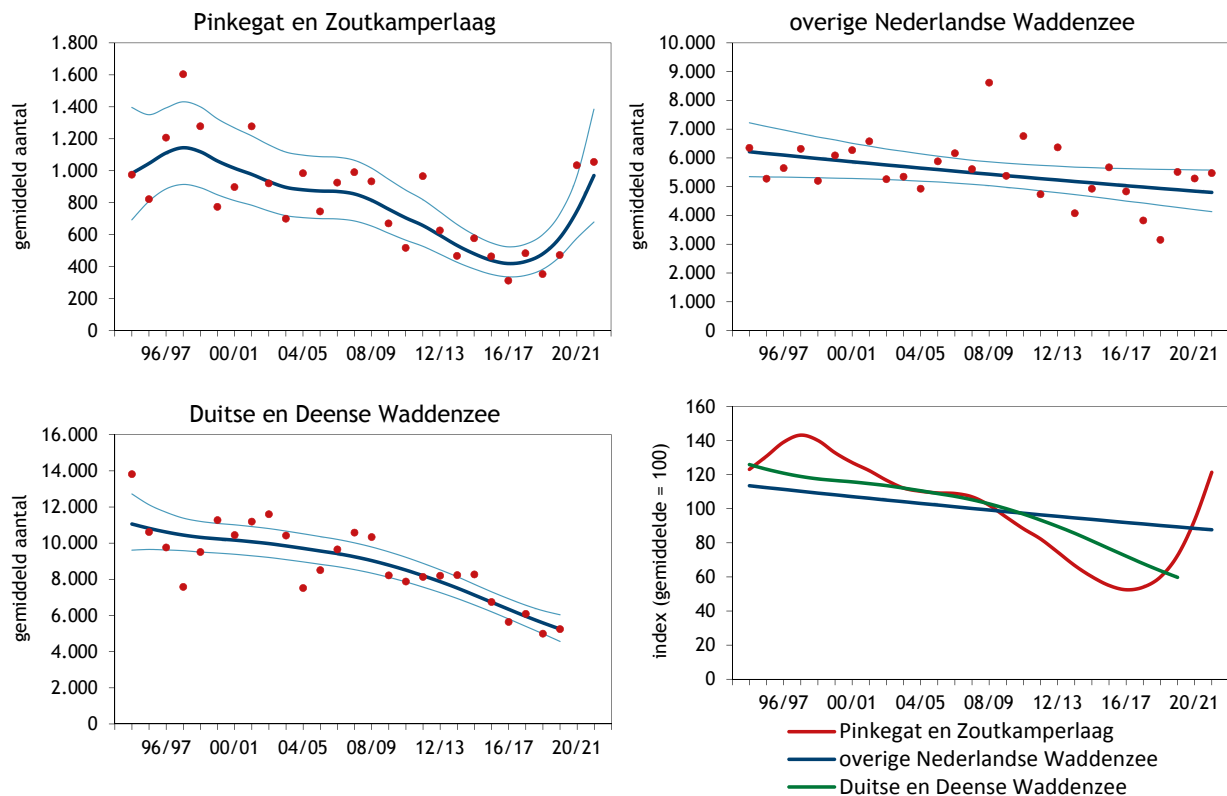
	jan.	sept.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y → 2	Y → 2
2 Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.4. Kluut

Na jaren van een afname, zien we de laatste 2 jaar een toename van de aantallen Kluten in Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 8.13 en Tabel 8.7), terwijl elders in de Waddenzee de aantallen afnemen (Kleeftra *et al.* 2022; Figuur 8.13). Op de lange termijn wordt de populatietrend als stabiel beoordeeld, wat voornamelijk komt door de toename van de laatste tijd en dat het aantal bijna gelijk is als halverwege de jaren 90. Op de korte termijn is de trend onzeker, maar in het Pinkegat en Zoutkamperlaag lijkt in positieve zin af te wijken van de rest van de Nederlandse en Internationale Waddenzee. Dit komt overeen met de ontwikkelingen langs de gehele Oost-Atlantische vliegroute, waar de populatie toeneemt op de lange termijn, en onzeker is

op de korte termijn (Tabel 8.7). De populatiegrootte wordt geschat op 100.000 – 110.000, wat betekent dat maar een klein deel van die populatie gebruik maakt van de Waddenzee (van Roomen *et al.* 2022) en dat ze waarschijnlijk specifieke eisen stellen aan hun habitat.

De afname van het noordelijke deel van de populatie is het gevolg van een laag broedsucces (Van der Jeugd *et al.* 2014, Koffijberg *et al.* 2021). Mogelijke oorzaken van dit lage broedsucces zijn een verhoogd predatierisico van nesten en jongen (vooral langs de vastelandskust), verhoogd overstromingsrisico en mogelijk een verslechtering van het voedselaanbod voor de jongen (Koffijberg *et al.* 2017), maar dit blijft onzeker (Koffijberg *et al.* 2021).



Figuur 8.13. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Kluut in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.7. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Kluut voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010). Ook weergegeven de trend van de hele populatie die gebruik maakt van de Oost-Atlantische vliegroute.

Kluut Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.00	-	Stabiel	1.03	-	Onzeker
Overige Nederlandse Waddenzee	0.99	-	Matige afname	0.99	-	Matige afname
Duitse en Deense Waddenzee	0.97	-	Matige afname	0.95	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	1.01*	+	Matige toename	1.01**	0	Stabiel

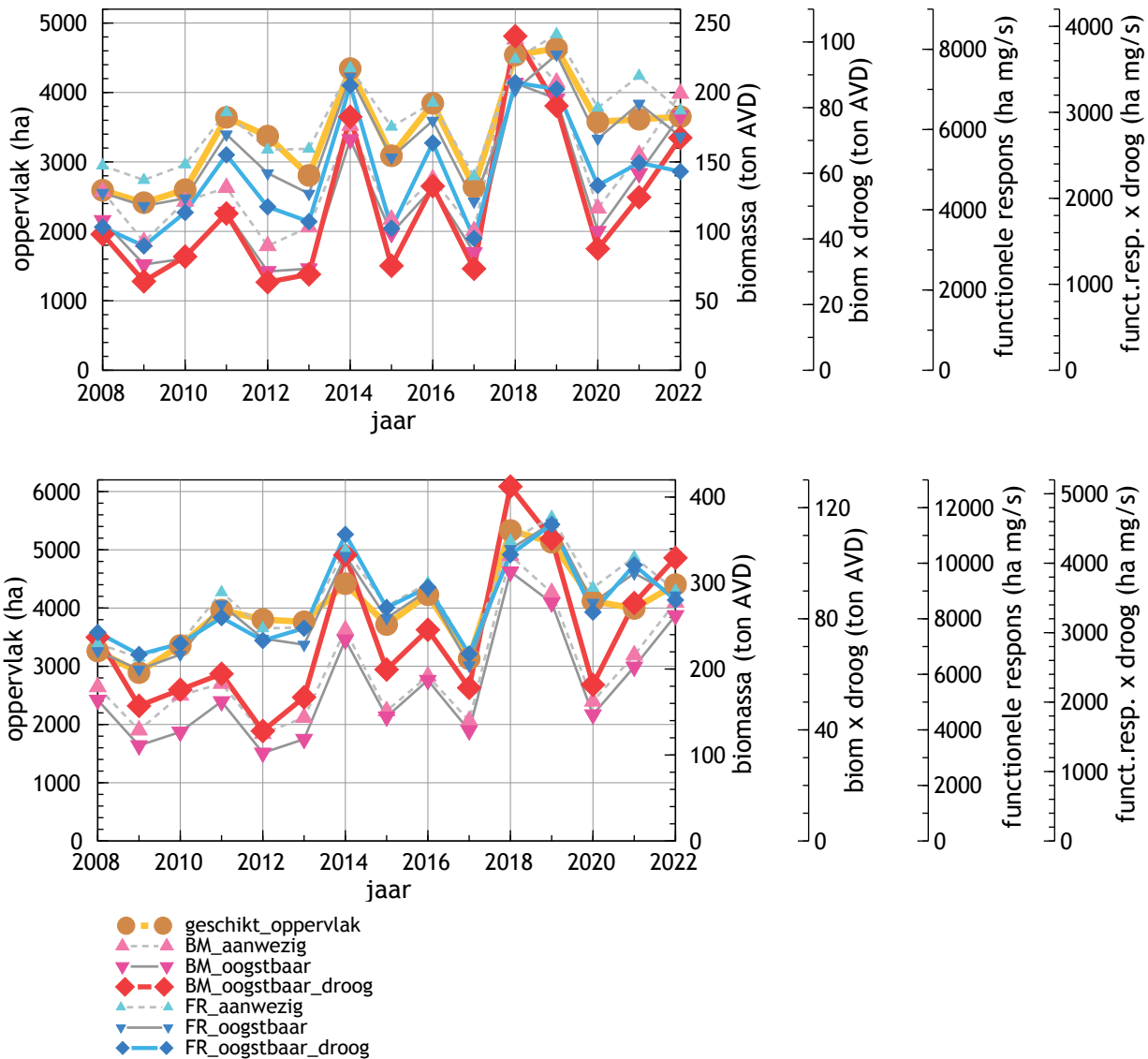
* gebaseerd op de periode 1978-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

** gebaseerd op de periode 2011-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

Noch in nazomer, noch in najaar is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht (Ens *et al.* 2019). Alle proxies laten een positieve trend zien (Figuur 8.14) en die trend is voor 12 verschillende proxies significant (zie Bijlage). Zo stijgt *BMOogst* in November met 4,8% en *FRAanw* met 3,8% per jaar. Dit is het gevolg

van het soort specifieke voedselaanbod in Pinkegat en Zoutkamperlaag.

Conclusie na doorlopen beslisschema luidt dat er zowel in de nazomer als in het najaar geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.8).



Figuur 8.14. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Kluut in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de nazomer (boven) en het najaar (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 8.8. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Kluut in september en november.

	sept.	nov.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N → 3	N → 3
3 Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N → 5	N → 5
5 Alle proxies zelfde trend?	Y → 4	Y → 4
4 Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

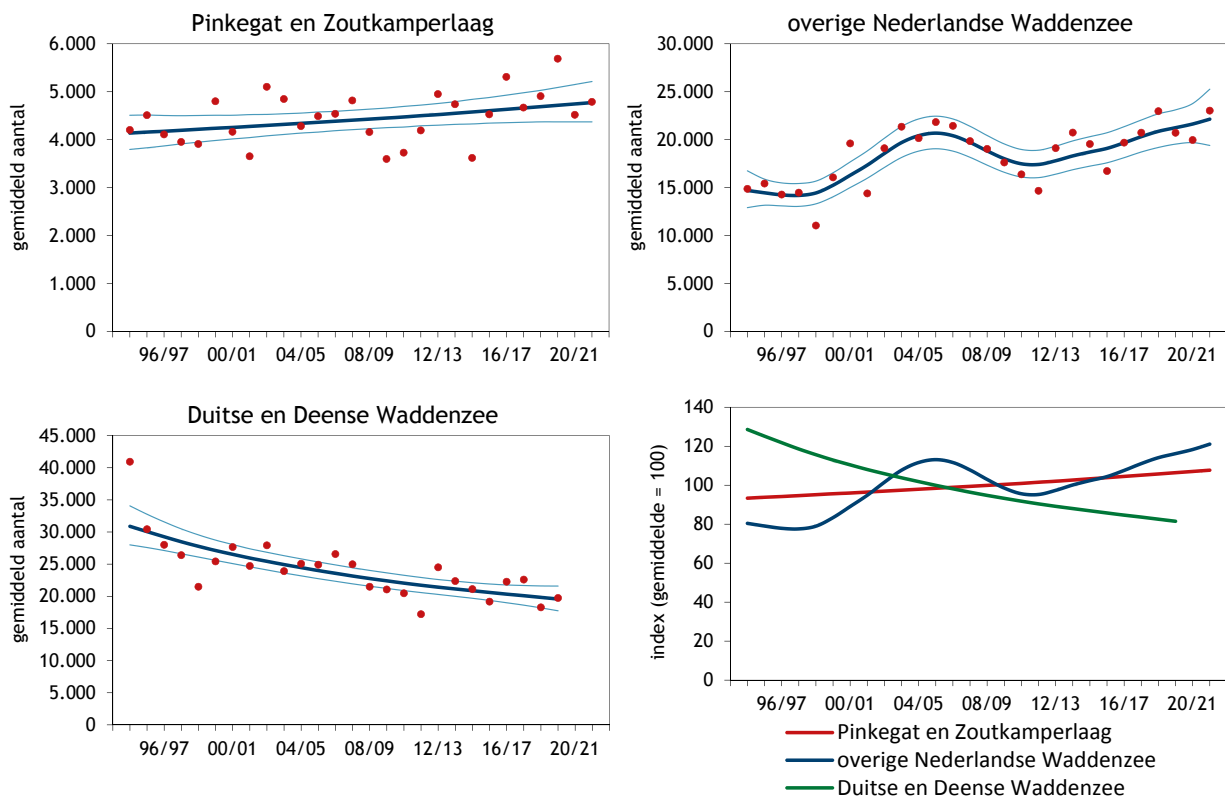
8.5.5. Zilverplevier

De trend van de aantallen Zilverplevieren in Pinkegat en Zoutkamperlaag is al langere tijd toenemend geweest, maar is nu min of meer stabiel (Figuur 8.15; Tabel 8.9). In de rest van de Nederlandse Waddenzee is een minimale toename zichtbaar. Deze trends steken nogal af tegen de ontwikkelingen elders; in de Duitse Waddenzee neemt de soort af (Kleefstra *et al.* 2022). De Oost-Atlantische flyway populatie als geheel is op de lange termijn toegenomen, maar toont recent ook een matige afname (van Roomen *et al.* 2022).

De belangrijkste broedgebieden van Zilverplevieren die de Waddenzee aandoen, liggen in de toendra van Noord-Siberië, met name Yamal en Taimyr (Exo *et al.*

2019). De geconstateerde recente afname deelt deze flyway populatie, komt overeen met enkele andere steltlopersoorten die hier broeden (o.a. Krombekstrandloper, de ondersoort *canutus* van de Kanoet, de ondersoort *taimyrensis* van de Rosse Grutto), maar niet met soorten uit westelijker gelegen delen van de Arctis (Bonte Strandloper, Bontbekplevier; van de Kam *et al.* 2004). Er speelt hier dus mogelijk een gemeenschappelijke 'regionale' oorzaak in het broedgebied.

Het contrast tussen de toename van Zilverplevieren in de Nederlandse Waddenzee en de populatie-ontwikkeling elders kan wijzen op een 'lokale' oorzaak. De Zilverplevier is een uitgesproken wormeneter. De Zeeduizendpoot is de belangrijkste prooi-soort in veel



Figuur 8.15. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Zilverplevier in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.9. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Zilverplevier voor Pinkegat/ Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Zilverplevier	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.01	0	Stabiel	1.01	0	Stabiel
Rest Nederlandse Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.02	+	Matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.99	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegroute (NW-Eur)	1.02*	+	Matige toename	0.97	-	Matige afname

* Betreft de periode 1978-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

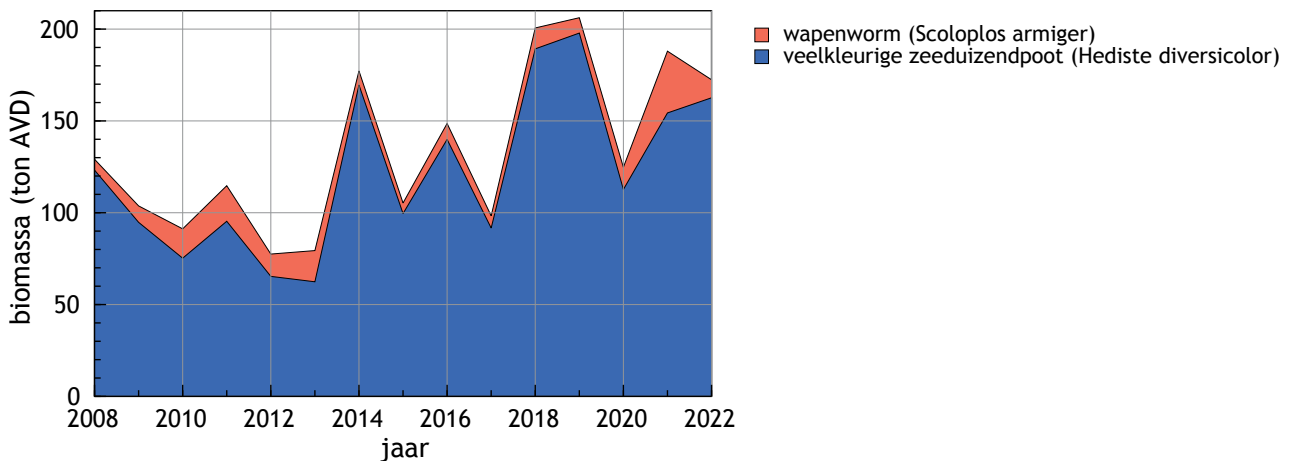


gebieden, en een toename van de beschikbaarheid hiervan zou zo'n lokale factor kunnen vormen (Figuur 8.16).

Er is vaak gesuggereerd dat de grootschalige afname van schelpdierbestanden in de Nederlandse Waddenzee in begin jaren '90 - samenvallend met een periode van intensieve visserij op schelpdieren - heeft geleid tot een toename van wormen en daarmee van wormenetende wadvogels (Kraan *et al.* 2004, van

Roomen *et al.* 2005). In Pinkegat en Zoutkamperlaag is sinds 2008 inderdaad een algehele toename van de biomassa van het dieet, met ca. 30% over de periode 2008-2022 (Figuur 8.4).

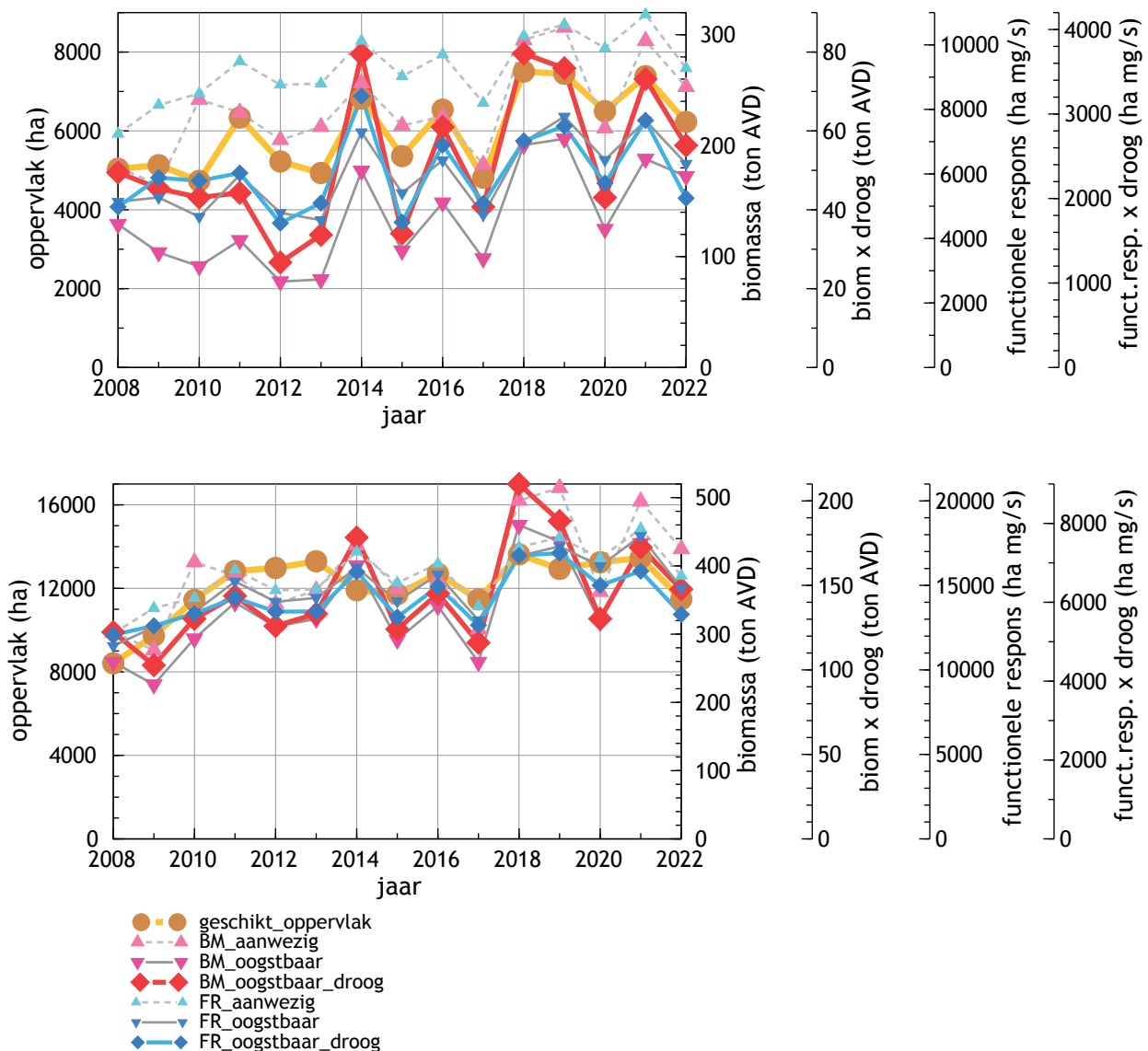
De validatieberekeningen leidden voor de Zilverplevier niet tot een gevalideerde proxy voor voedsel-beschikbaarheid (Ens *et al.* 2019), maar er is wel een sterke onderlinge correlatie tussen de verschillende proxies en met name in het voorjaar is het patroon opvallend



Figuur 8.16. Verloop van voor Zilverplevieren oogstbare biomassa bodemdieren in de winter in Pinkegat-Zoutkamperlaag.

gelijk (Figuur 8.17). Op de proxy *BMoogstDr* en *FRoogstDr* in januari na, laten de overige proxies laten een significant stijgende trend zien.

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winter, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.10).



Figuur 8.17. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Zilverplevier in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de winter (boven) en voorjaar (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 8.10. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Zilverplevier in januari en mei.

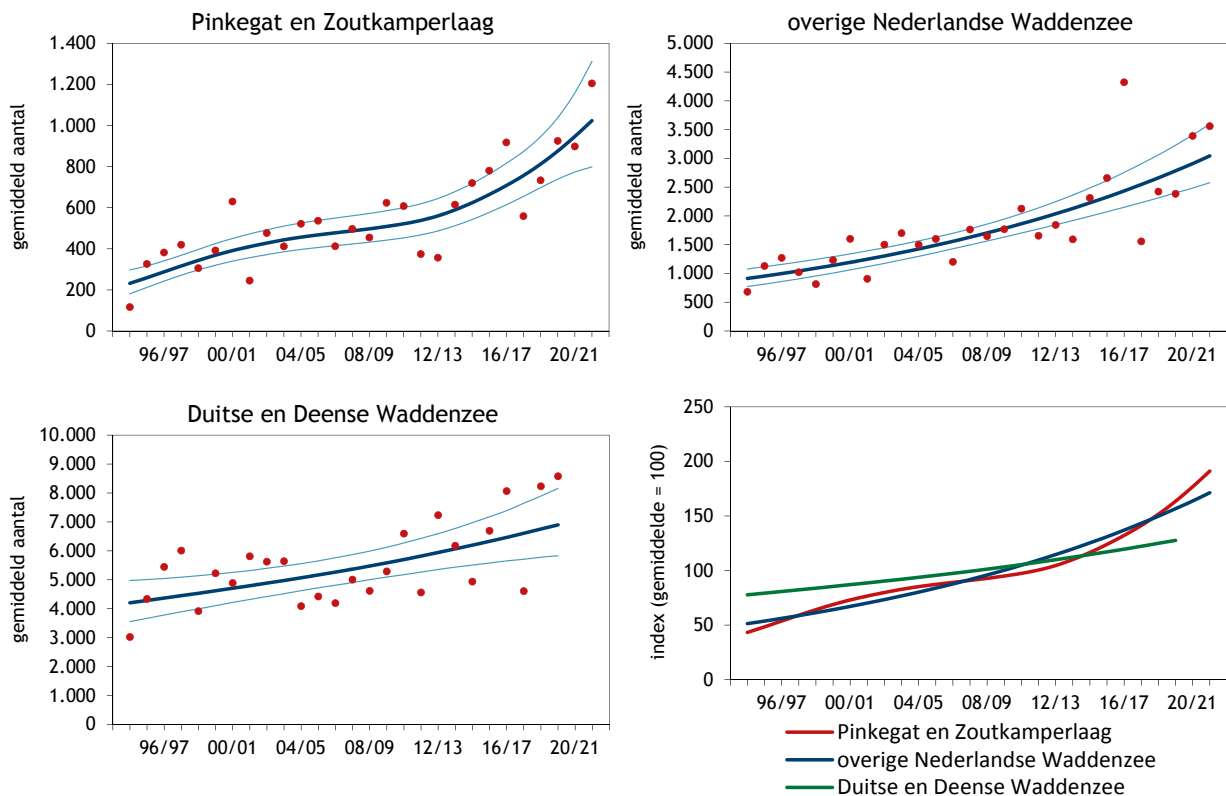
	jan.	mei
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y → 2	Y → 2
2 Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.6. Bontbekplevier

Er is een duidelijke toename zichtbaar in het aantalsverloop voor Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 8.18), evenals de korte termijn (Tabel 8.11). Ook in de rest van de Nederlandse en in de Duitse en Deense Waddenzee neemt de Bontbekplevier toe. De trend in Pinkegat en Zoutkamperlaag is de laatste jaren iets positiever dan in Duitsland en Denemarken, maar zeker vergelijkbaar met omringende gebieden.

Bontbekplevieren in de Nederlandse Waddenzee behoren tot verschillende flyway-populaties. De ondersoort *hiaticula* omvat broedvogels uit West-Europa

en Zuid-Scandinavië, en *psammodymus* arctische vogels uit IJsland, Groenland en Canada. Broedvogels van noordelijk Eurazië behoren tot de ondersoort *tundrae* (Thies *et al.* 2018). Waarschijnlijk zijn de grootste aantallen doortrekkers in de Waddenzee in de rekenmaanden september en mei Scandinavische broedvogels uit deze laatste populatie. De recente trend voor *psammodymus* is stabiel, na een eerdere afname (van Roomen *et al.* 2022). De veel kleinere aantallen in de Waddenzee broedende en overwinterende Bontbekplevieren behoren tot de in aantal afnemende *hiaticula* populatie.



Figuur 8.18. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Bontbekplevier in de komberegingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.11. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Bontbekplevier voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Bontbekplevier	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.06	+	Matige toename	1.06	+	Matige toename
Rest Nederlandse Waddenzee	1.05	+	Matige toename	1.05	+	Matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.02	+	Matige toename
Oost-Atlantische vliegroute, <i>hiaticula</i>	1.02*	+	Matige toename	0.99***	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute, <i>tundrae</i>	?	?	Onzeker	?	?	Onzeker
Oost-Atlantische vliegr., <i>psammodymus</i>	0.98**	-	Matige afname	0.99***	0	Stabiel

* Betreft 1978-2016 (van Roomen *et al.* 2022)

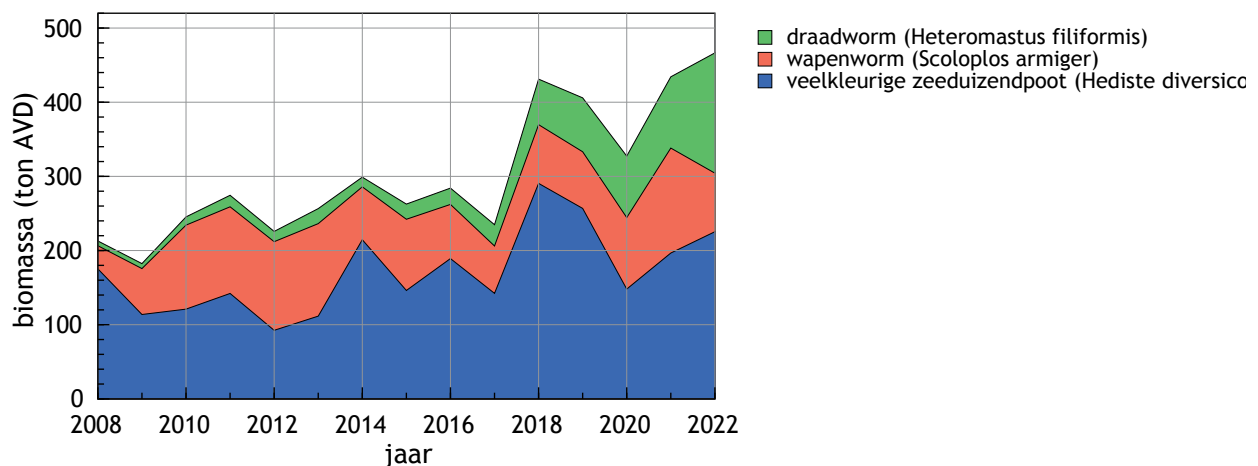
** Betreft 1979-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

*** Betreft 2011-2020 (van Roomen *et al.* 2022)



De Bontbekplevier is een echte wormeneter die naast Zeeduizendpoten en Wapenwormen ook relatief veel kleinere wormen eet zoals Draadwormen *Heteromastus* (Figuur 8.19). Net als de Zilverplevier zou de soort daarom kunnen profiteren van een toename hiervan.

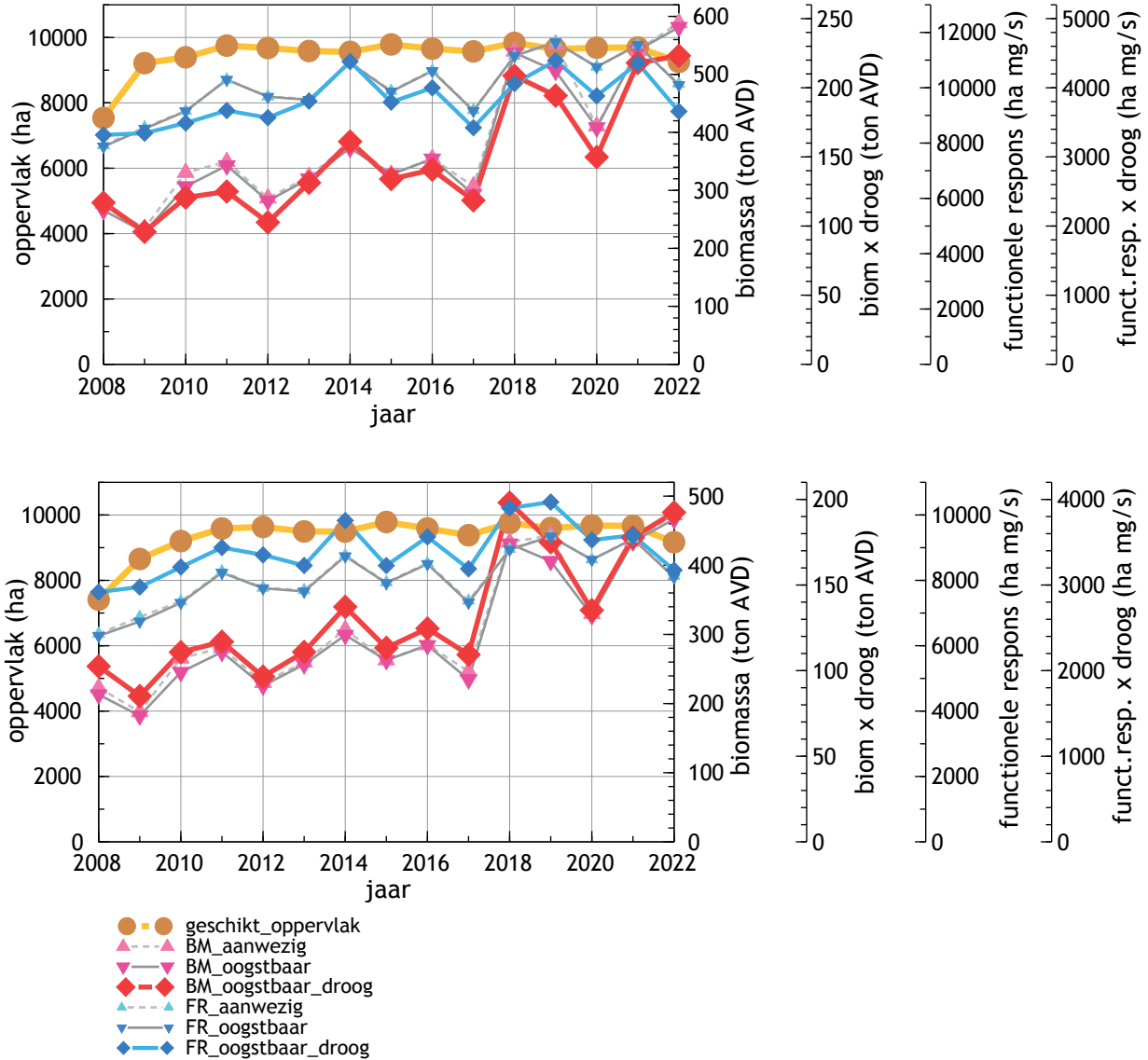
Inderdaad vertonen bijna alle voor de Bontbekplevier berekende proxies voor voedselaanbod omvatten, een significante toenemende trend, met 1,1 tot 5.7 %/jr (zie Bijlage en Figuur 8.20).



Figuur 8.19. Verloop van de met Wadmap berekende voor Bontbekplevieren in mei oogstbare biomassa in Pinkegat en Zoutkamperlaag in de periode 2008-2022.

Hoewel de verschillende proxies noch in het voorjaar, noch in het najaar voldeden aan het criterium van een gevalideerde proxy, vertonen ze wel hoge onderlinge correlaties (Ens *et al.* 2019), en allemaal dezelfde (toenemende) trendrichting (zie Bijlage voor details).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.12).



Figuur 8.20. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bontbekplevier in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 8.12. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Bontbekplevier voor mei en september.

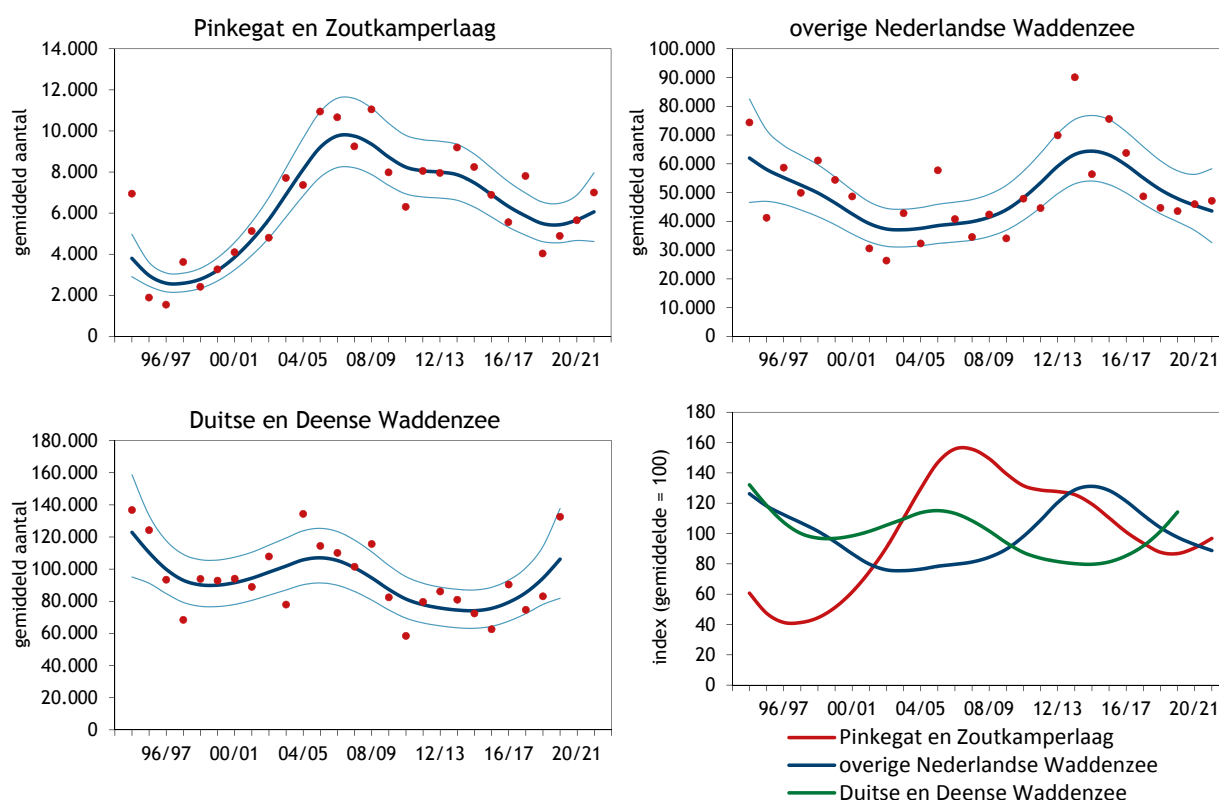
	mei	sept.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y → 2	Y → 2
2 Ontwikkelen vogelaantallen in bodemdalingsgebied zich negatiever / minder positief dan elders?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.7. Kanoet

In de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag laat de lange termijn trend een matige toename zien, terwijl de korte termijn trend als onzeker wordt beoordeeld (Figuur 8.21). In de Nederlandse Waddenzee worden de aantallen als stabiel beoordeeld, zowel de korte termijn, als de lange termijn trend (Tabel 8.13). In Nedersaksen zijn de aantallen stabiel en in Sleeswijk-Holstein zien we de laatste jaren weer een toename (Kleefstra *et al.* 2022). Een formele beoordeling van de trend op lange termijn leidt tot de conclusie dat in Pinkegat/Zoutkamperlaag de trend een matige

toename laat zien, en dat de lange termijn trend in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee onzeker beoordeeld is (Tabel 8.13).

De Kanoetstrandloper heeft twee ondersoorten die maken gebruik van de Waddenzee. De ondersoort *islandica* broedt op de toendra van Groenland en Canada en overwintert in de Waddenzee (Piersma 2007). De ondersoort *canutus* broedt op de Siberische toendra, trekt in de nazomer door in de Nederlandse Waddenzee en overwintert in Afrika (Piersma *et al.* 1992). In het voorjaar wordt de Duitse Waddenzee als tussenstop



Figuur 8.21. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Kanoet in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.13. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Kanoet voor Pinkegat/ Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de totale populatie van de ondersoorten *islandica* en *canutus* voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Kanoet Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.02	+	Matige toename	0.97	-	Onzeker
Rest Nederlandse Waddenzee	0.99	0	Stabiel	0.99	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.99	0	Stabiel	1.03	?	Onzeker
Oost-Atlantische vliegroute (<i>islandica</i>)	1.01*	+	Matige toename	0.98**	0	Matige afname
Oost-Atlantische vliegroute (<i>canutus</i>)	0.98***	-	Matige afname	0.96**	-	Onzeker

* Betreft de periode 1975-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

** Betreft de periode 2011-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

*** Betreft de periode 1979-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

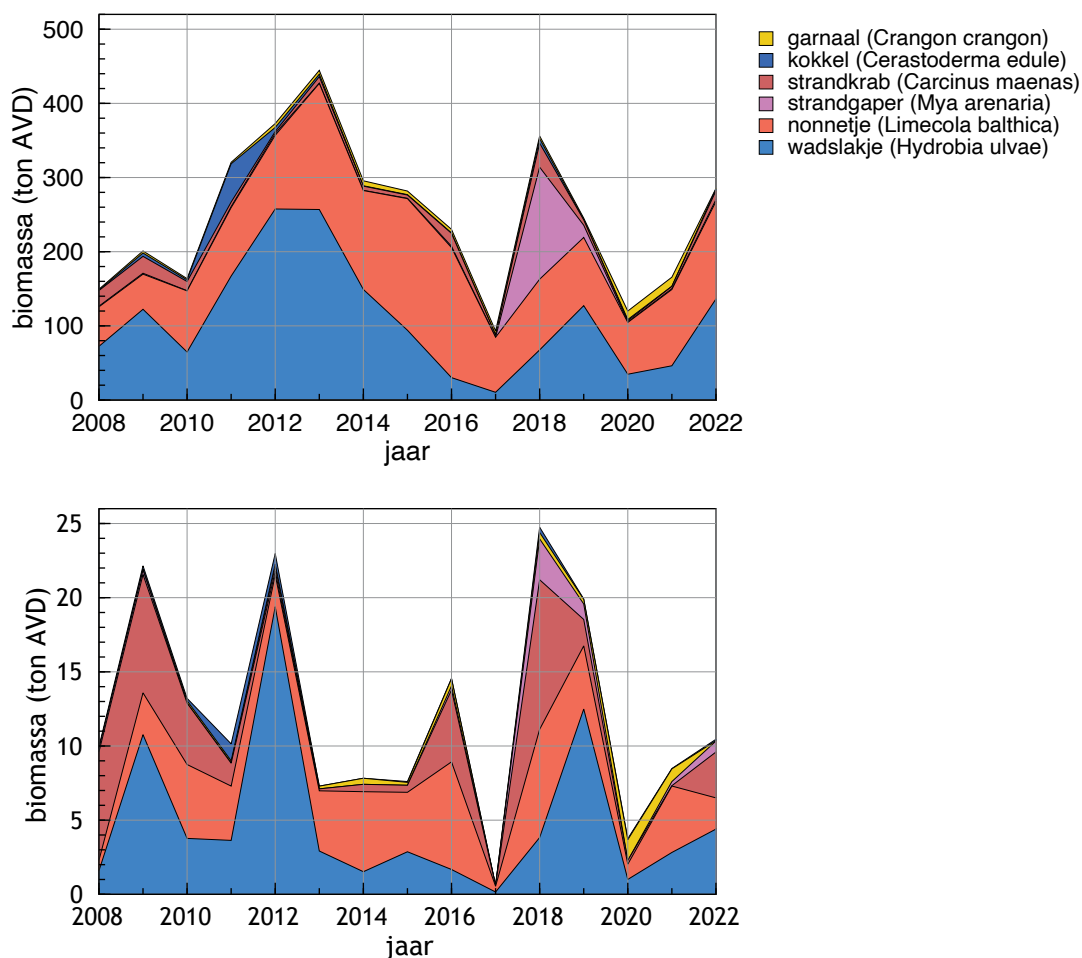
gebruikt. De totale populatie van de ondersoort *islandica* lijkt na een toename stabiel, terwijl de ondersoort *canutus* afneemt (Tabel 8.13).

De afname van de ondersoort *canutus* heeft mogelijk te maken met de door klimaatverandering veroorzaakte mismatch tussen de beschikbaarheid van insecten en de timing van de opgroei van de kuikens (van Gils *et al.* 2016). Daardoor groeien de kuikens minder goed en worden ze minder groot en hebben ze ook minder lange snavels, waardoor ze in het overwinteringsgebied in Afrika minder hoogwaardig voedsel kunnen vinden.

Gemiddeld genomen verblijven er veel meer Kanoeten in het westelijke deel van de Nederlandse Waddenzee dan in het oostelijke deel (Ens *et al.* 2009b). In de periode 1990-2006 namen de aantallen in het westen steeds verder af, terwijl de aantallen in het oosten zo sterk toenamen, dat er op het laatst zelfs gemiddeld meer Kanoeten in het oosten dan in het westen voorkwamen. Die toename in de oostelijke Waddenzee in die periode is ook goed te zien in het aantalsverloop

in Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 8.21). Het verschil in aantalsverloop viel samen met het herstel van schelpdieren na de overbevissing rond 1990 (Ens 2006). Schelpdieren als Kokkel en Mossel namen snel toe in de oostelijke Waddenzee en ook het Nonnetje was veel talrijker in de oostelijke Waddenzee na 1997 (Ens *et al.* 2009b). De schaarste aan Nonnetjes in de westelijke Waddenzee in die periode betekende dat Kokkels het hoofdvoedsel vormden (van Gils *et al.* 2006). De afname in geschikte Kokkels in de periode 1996-2006 in de westelijke Waddenzee ging gepaard met een afname van Kanoeten aldaar (Kraan *et al.* 2009), en een afname in de overleving (Rakhimberdiev *et al.* 2015).

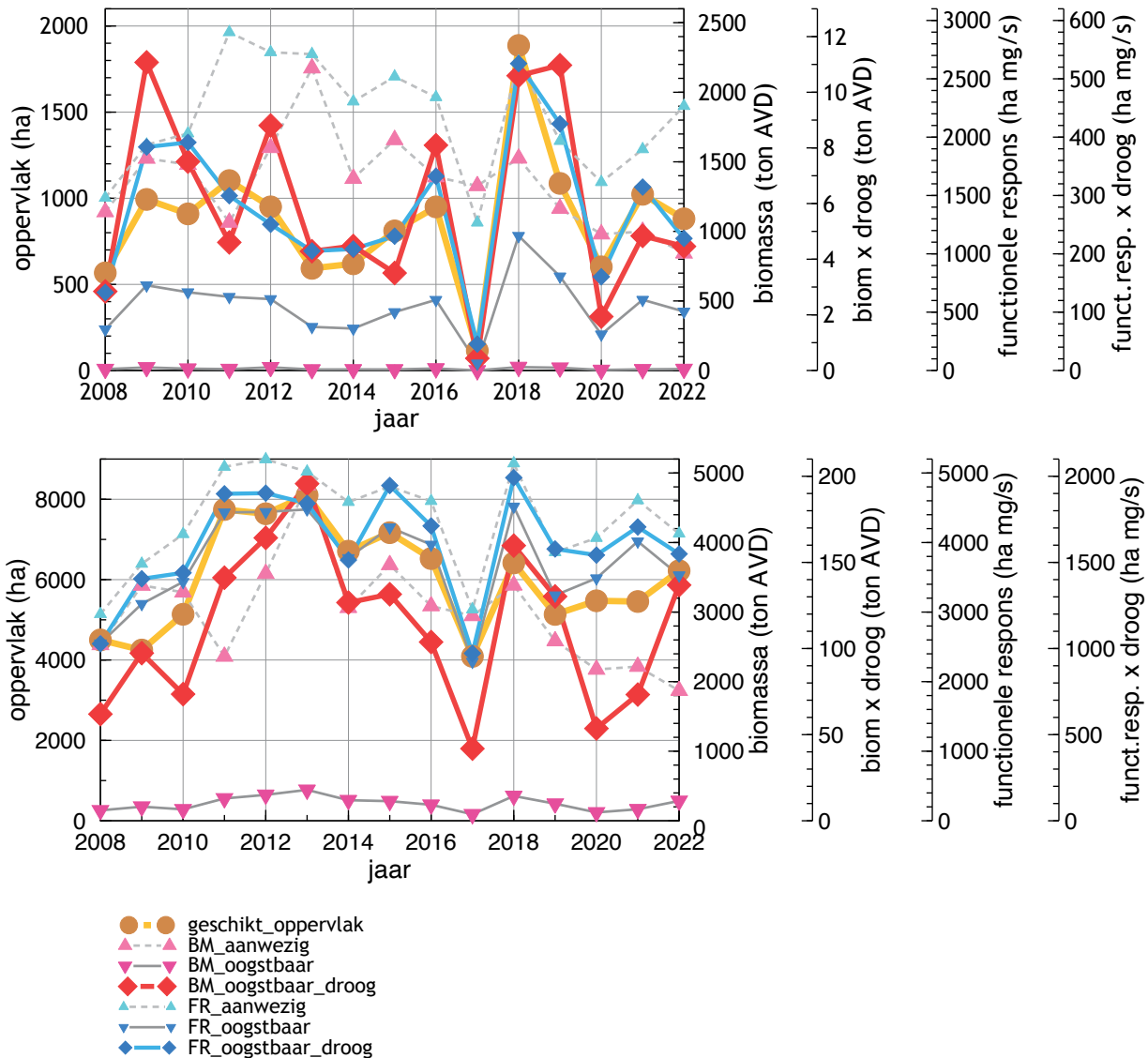
Tussen 2012-2014 was er sprake van een herstel van het Nonnetje in de westelijke Waddenzee (Compton *et al.* 2016), waardoor het gebied waarschijnlijk aantrekkelijker werd voor de Kanoet. Hierna is de beschikbare biomassa van Nonnetjes nagenoeg gelijk gebleven, maar de voornamelijk de Kokkel laat nogal wat schommelingen tussen jaren zien (Figuur 8.22).



Figuur 8.22. Verloop van de voor Kanoeten oogstbare biomassa in Pinkegat en Zoutkamperlaag in de periode 2008-2022 voor nazomer (boven) en winter (onder).

Voor de Kanoet kon geen van de proxies gevalideerd worden, noch in de zomer, noch in de winter (Ens *et al.* 2019). De onderlinge correlatie tussen de proxies is redelijk hoog en geen van de proxies laat een significante verandering zien (Figuur 8.23 en Bijlage)

Conclusie na doorlopen van het beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.14).



Figuur 8.23. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Kanoet in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 8.14. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Kanoet voor januari en augustus.

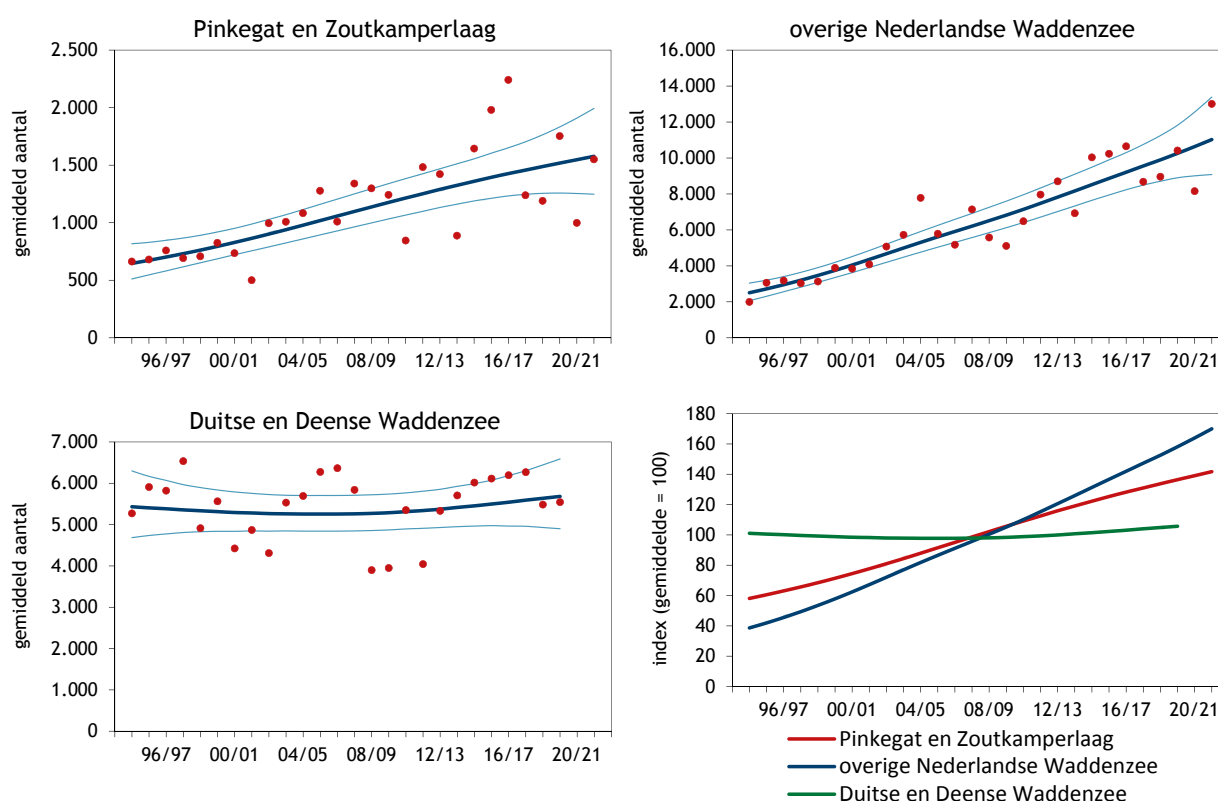
	jan.	aug.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N → 3	N → 3
3 Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N → 5	N → 5
5 Alle proxies zelfde trend?	Y → 4	Y → 4
4 Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.8. Drieteenstrandloper

Vanaf 1994 is er sprake van een duidelijke toename van de aantallen Drieteenstrandlopers in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 8.24). Vanaf 2008 is er meer variatie waarneembaar, waardoor de trend als onzeker werd geïdentificeerd, maar in de laatste trendanalyses weer als een matige toename wordt geïdentificeerd (Tabel 8.15). Ook in de Nederlandse Waddenzee als geheel nemen de aantallen Drieteenstrandlopers al jaren behoorlijk toe, in tegenstelling tot de Duitse en Deense Waddenzee, waar de aantallen fluctueren en de trend als stabiel wordt beoordeeld (Kleefstra *et al.* 2022). De toename in de Nederlandse Waddenzee komt overeen met de spectaculaire toename van de totale populatie langs de

Oost-Atlantische trekweg van jaarlijks 3% sinds 1979 (van Roomen *et al.* 2022), al is de korte termijn trend nu stabiel en lijkt de groei er uit.

Er bestaan diverse hypothesen betreffende de opvallende toename in de populatie Drieteenstrandlopers. De opwarming van de aarde, waarbij de effecten het grootst zijn in het Arctisch gebied (Tingley & Huybers 2013), zou een mogelijkheid bieden voor Drieteenstrandlopers om vaker *double-brooding* kunnen toepassen, waarbij zowel mannetje als vrouwtje een legsel uitbroeden (Tomkovich & Soloviev 2001). In Nederland gaat de toename van de populatie gepaard met een verandering in habitatkeus. Was de Drieteenstrandloper vroeger vooral een vogel van het



Figuur 8.24. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Drieteenstrandloper in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.15. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Drieteenstrandloper voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de populatie langs de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Drieteenstrandloper	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.03	+	Matige toename	1.02	+	Matige toename
Overige Nederlandse Waddenzee	1.06	+	Matige toename	1.04	+	Matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	1.00	0	Stabiel	1.01	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	1.03	+	Matige toename	0.99	0	Stabiel

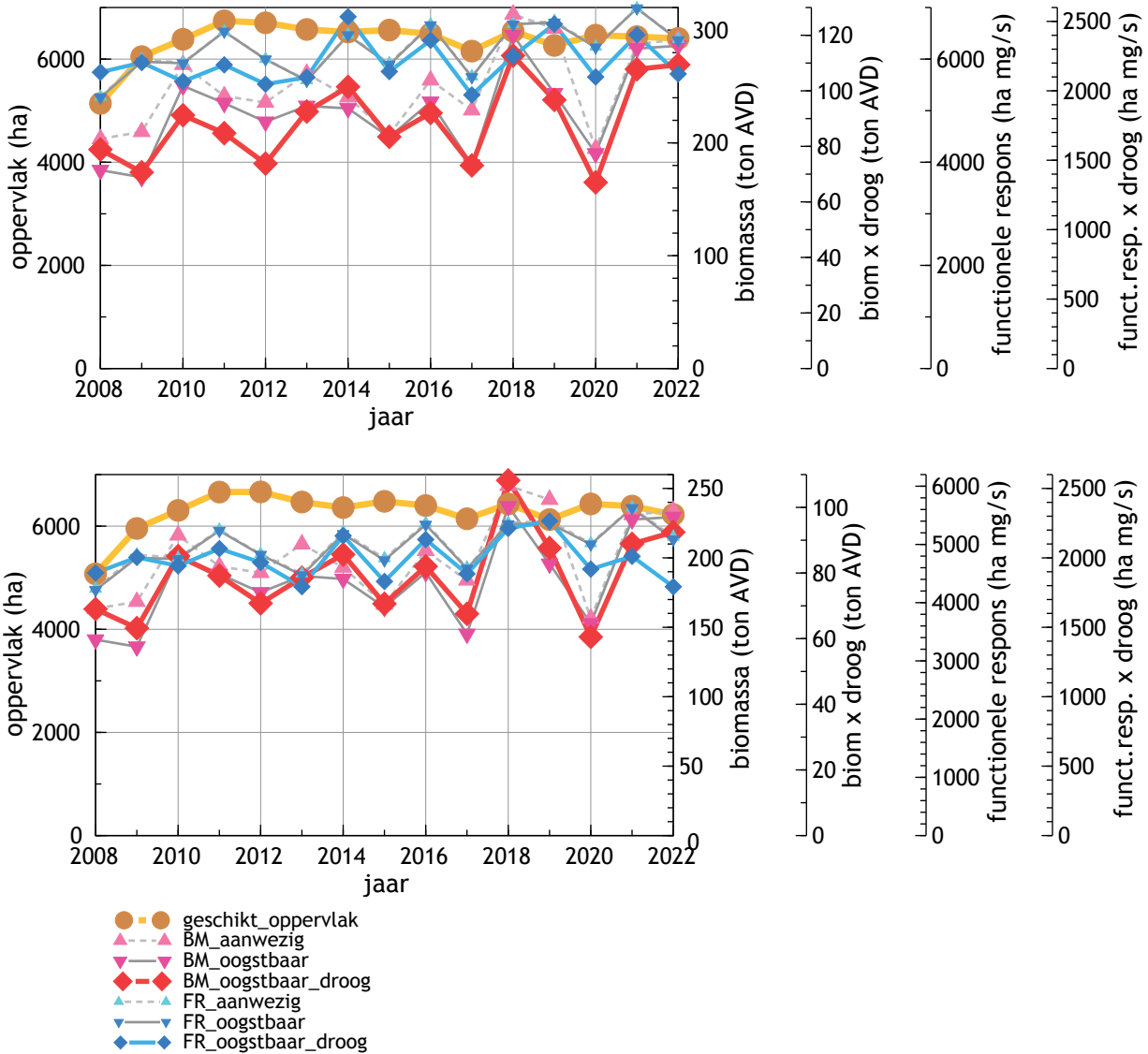
* Betreft de periode 1979-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

Noordzeestrand, tegenwoordig wordt de vogel meer en meer op het (zandige) wad in de Waddenzee gezien (van Turnhout & van Roomen 2008).

proxies laten een positieve trend zien, waarvan er 3 in het voorjaar als in het najaar significant zijn; *BMoogst*, *FRaanw* en *FRoogst* (Figuur 8.25 en Bijlage).

Voor de Drieteenstrandloper werd geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, noch in het voorjaar, noch in de zomer (Ens *et al.* 2019). Er is wel een zeer hoge onderlinge correlatie tussen de proxies. Alle

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.16).



Figuur 8.25. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Drieteenstrandloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de bijlage.

Tabel 8.16. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Drieteenstrandloper in mei en augustus.

	mei	aug.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y → 2	Y → 2
2 Ontwikkelen vogelaantallen in bodemdalingsgebied zich negatiever / minder positief dan elders?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

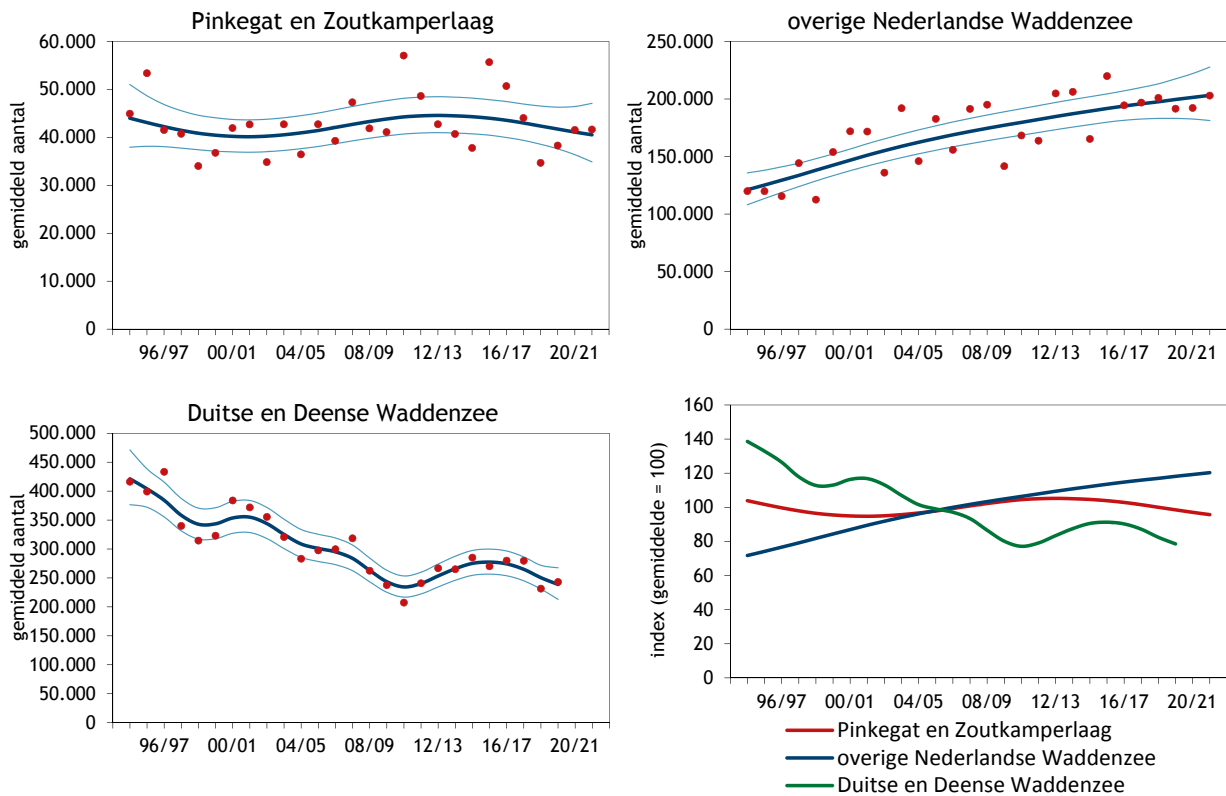
8.5.9. Bonte Strandloper

In de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag zijn zowel op de korte als de lange termijn de aantallen Bonte Strandlopers stabiel (Figuur 8.26). Deze beoordeling contrasteert met de trend voor de rest van de Nederlandse Waddenzee, welke een matige toename laat zien. In de Duitse en Deense Waddenzee nemen de aantallen al jaren af (Kleefstra *et al.* 2022), al is de trend op de korte termijn stabiel (Tabel 8.17).

Het overgrote deel van de ‘bontjes’ in de Waddenzee behoort tot de in Scandinavië en Noord-Rusland

broedende en in Europa overwinterende ondersoort *alpina*, waarvan de populatie na een eerdere afname recent als stabiel wordt beoordeeld (van Roomen *et al.* 2022). De aantallen van de op IJsland en in NW-Europa broedende en in Afrika overwinterende ondersoort *schinzii* nemen op de korte termijn weer toe (van Roomen *et al.* 2022), maar zijn in de Waddenzee vrij schaars.

De stabiele situatie voor Bontjes in Pinkegat en Zoutkamperlaag wijkt af van de overige Nederlandse Waddenzee. De verklaring kan liggen in het feit dat het



Figuur 8.26. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Bonte Strandloper in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.17. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Bonte Strandloper voor Pinkegat/ Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de populatiegrootte van de ondersoort *alpina* langs de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Bonte Strandloper Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.00	0	Stabiel	0.99	0	Stabiel
Overige Nederlandse Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.01	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	Matige afname	1.00	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute, ssp. <i>alpina</i>	1.00*	?	Onzeker	0.98	-	Matige afname

* Betreft de periode 1976-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

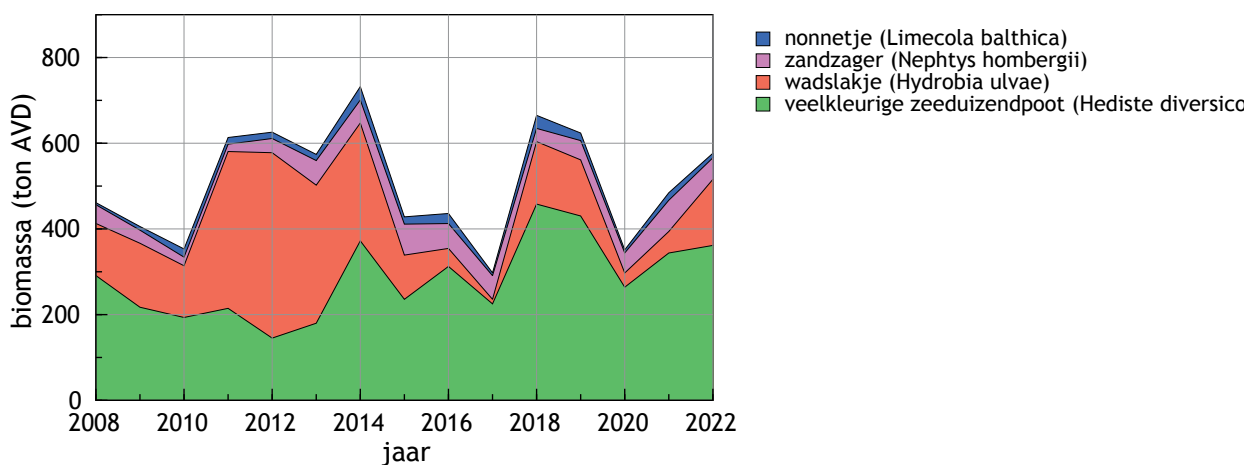


op populatieniveau langzaam achteruit gaat voor deze soort (van Roomen *et al.* 2022), maar dat het beschikbare voedsel in Pinkegat en Zoutkamperlaag over de lange termijn redelijk stabiel is gebleven (Figuur 8.27).

Een andere mogelijke verklaring voor de toename van Bonte Strandlopers in de Nederlandse Waddenzee kan wellicht komen door de afname in het Duitse en Deense deel van de Waddenzee, waardoor er verschuiving heeft plaatsgevonden. Voor de Baltische ondersoort *schinzii* is recent een afname in overleving aangetoond (Pakanen & Thorup 2016), wat erop duidt daar veranderingen hebben plaatsgevonden, welke de

populatieomvang negatief beïnvloeden, al blijven de oorzaken van deze afname onduidelijk (Pakanen & Thorup 2016).

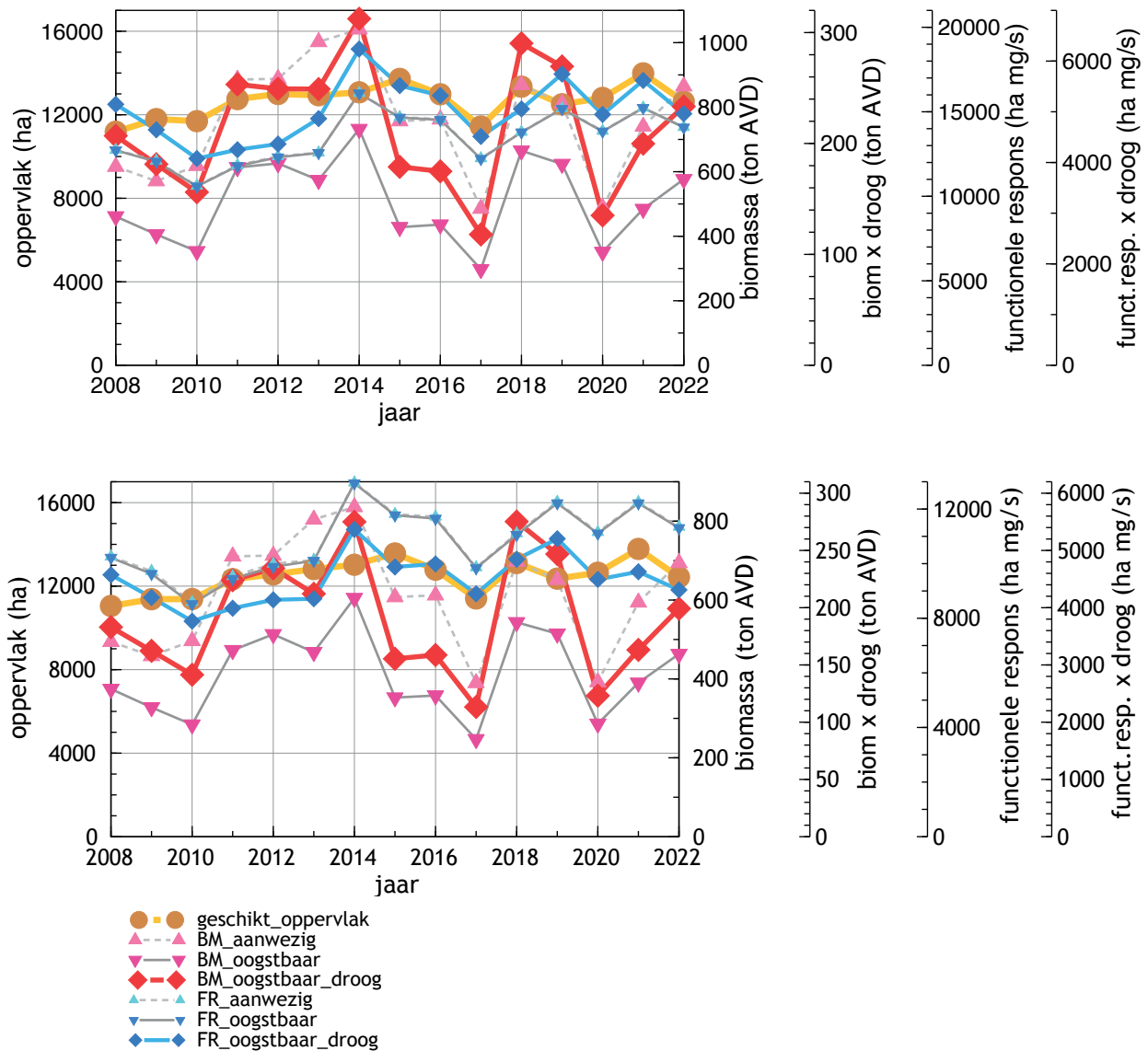
Voor de nazomer hebben we gevalideerde proxies voor draagkracht: oppervlakte (*Opp*) scoort het best, maar ook *Fraanw* en *FRoogst* scoren hoog (Ens *et al.* 2019). Ook in het voorjaar was model 1 significant voor deze proxies, maar de verklaarde variantie bereikt niet het criterium van 25%. In beide seizoenen zijn de verschillende proxies sterk gecorreleerd. Alle drie deze gevalideerde proxies (*Opp*, *Fraanw* en *FRoogst*) laten in zowel voor- als najaar laten een significante toename



Figuur 8.27. Verloop van de voor Bonte Strandlopers oogstbare biomassa in Pinkegat en Zoutkamperlaag in de periode 2008-2022 voor nazomer.

van ~1,5% per jaar in Pinkegat en Zoutkamperlaag zien, behalve *BMoogst* in het voorjaar en *Opp* in het najaar (Figuur 8.28 en Bijlage).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in het najaar, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.18).



Figuur 8.28. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bonte Strandloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

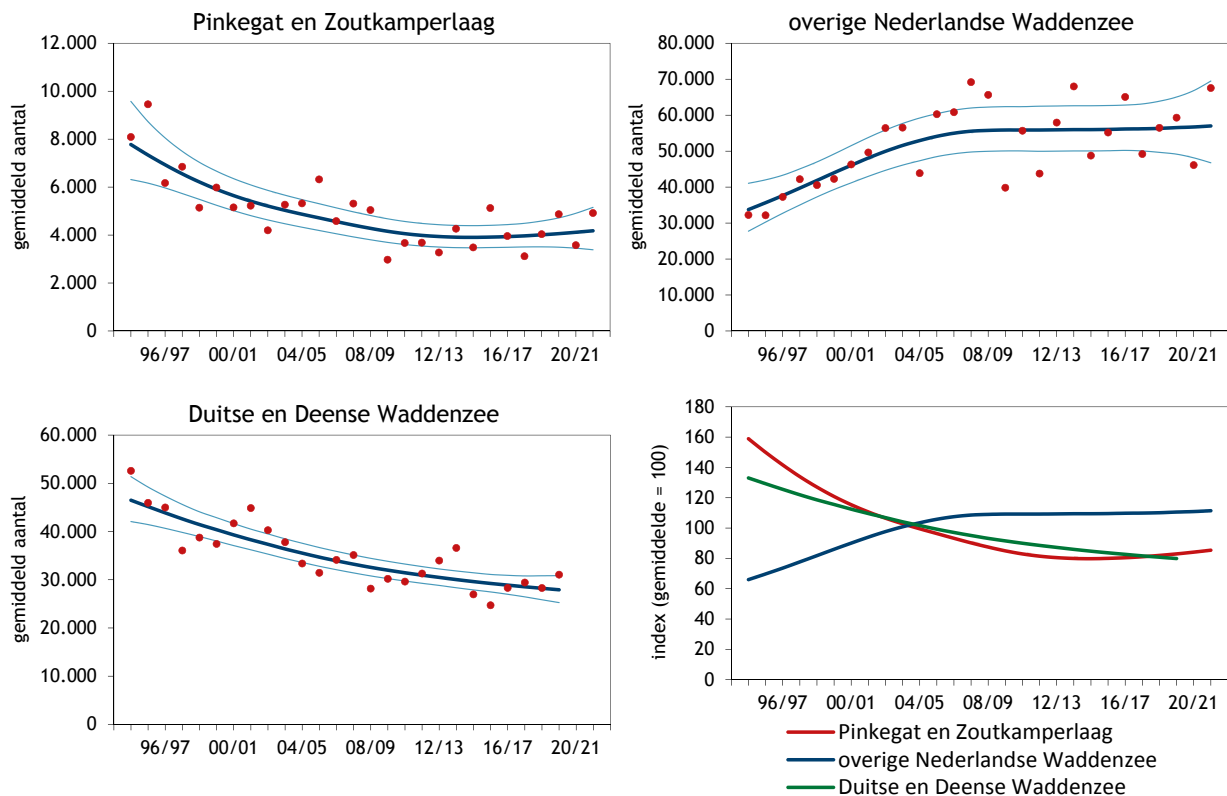
Tabel 8.18. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Bonte Strandloper in mei en september.

	mei	sept.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N → 3	N → 3
3 Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N → 5	N → 5
5 Alle proxies zelfde trend?	Y → 4	Y → 4
4 Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.10. Rosse Grutto

De aantallen Rosse Grutto's in het bodemdalingsgebied Pinkegat en Zoutkamperlaag laten een duidelijke afname zien vanaf 1994 (Figuur 8.29), maar op de korte termijn is de trend stabiel (Tabel 8.19). In de rest van de Nederlandse Waddenzee is laat deze soort weer een matige toename zien. In de Duitse en Deense Waddenzee nemen de Rosse Grutto's al langere tijd af, zowel op de korte als lange termijn (Tabel 8.19; Kleefstra *et al.* 2022).

Hoe deze 'regionale' trends (gebaseerd op seizoensgemiddelden) zich verhouden tot de ontwikkeling van de flywaypopulatie als geheel is moeilijk te beoordelen doordat in de Nederlandse Waddenzee een mix van twee populaties aanwezig is (Duijns *et al.* 2009). In Nederland overwinterende Rosse Grutto's die behoren tot de westelijke ondersoort *lapponica*, waarvan de populatie over de lange termijn in omvang toeneemt, maar op de korte termijn een afname laat zien (van Roomen *et al.* 2022). In het voorjaar en nazomer doen



Figuur 8.29. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Rosse Grutto in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.19. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Rosse Grutto voor Pinkegat / Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, Duitse en Deense Waddenzee en de populatie-aantallen langs Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Rosse Grutto Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.98	-	Matige afname	1.00	0	Stabiel
Rest Nederlandse Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.00	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.99	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegr., <i>lapponica</i>	1.01*	+	Matige toename	0.96**	+	Matige toename
Oost-Atlantische vliegr., <i>taimyrensis</i>	0.98***	-	Matige afname	0.94**	-	Matige afname

* Betreft 1975-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

** Betreft 2011-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

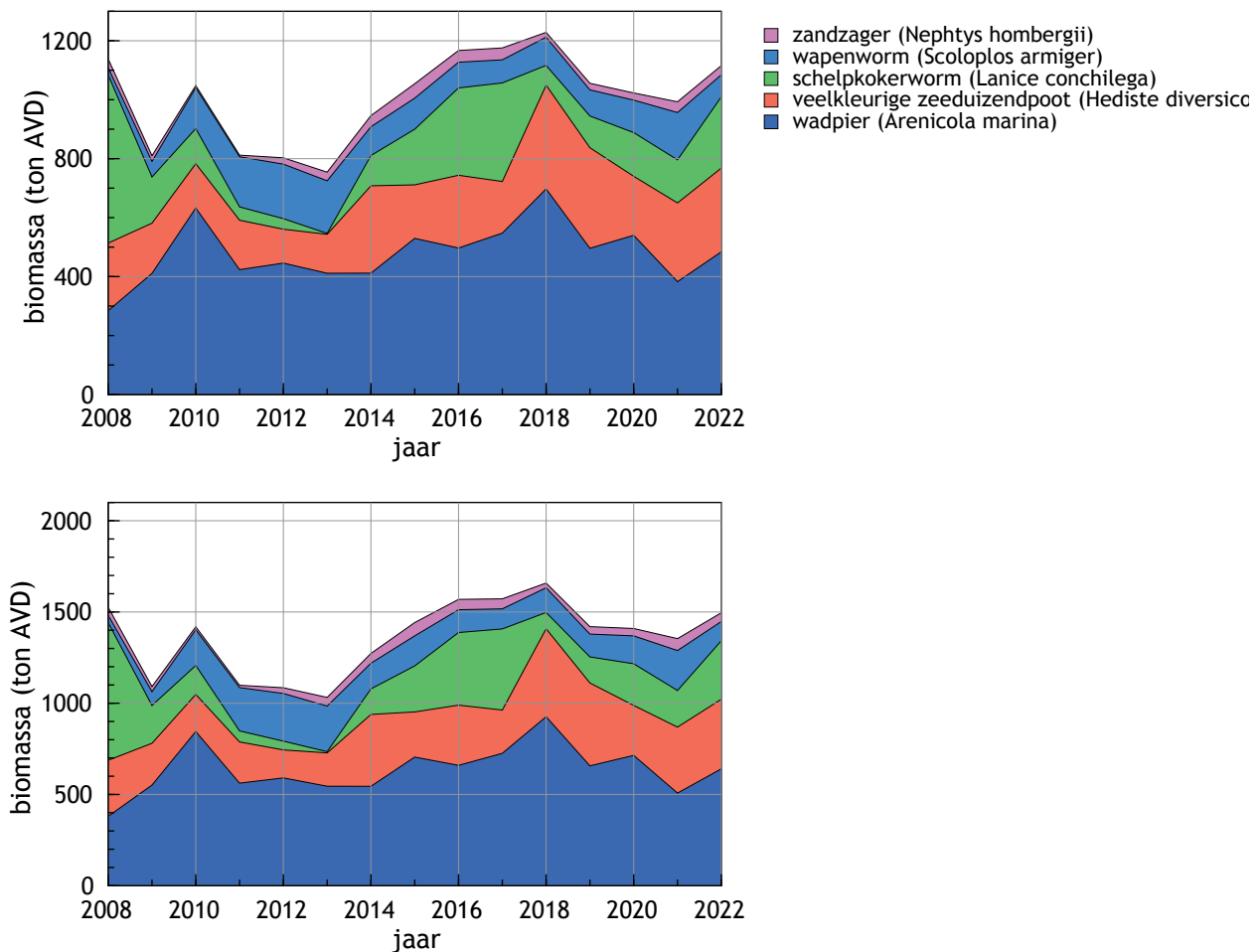
*** Betreft 1979-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

ook belangrijke aantallen van de in Siberië broedende en in Afrika overwinterende ondersoort *taymyrensis* de Waddenzee aan. Deze (grotere) populatie neemt al langere tijd af (van Roomen *et al.* 2022). In de rekenmaand mei vormen doortrekkende *taymyrensis* vermoedelijk de meerderheid van de aanwezige vogels; in augustus is de verdeling wellicht meer gelijk (Duijns *et al.* 2012).

De belangrijke prooisorten voor Rosse Grutto's zijn de Wadpier *Arenicola marina* en de Zeeduizendpoot *Hediste diversicolor*, welke in het Pinkegat en Zoutkamperlaag ongeveer gelijk zijn gebleven (Figuur 8.30). Op basis hiervan zou ook een stabiel aantal Rosse Grutto's verwacht kunnen worden. De trendrichting over de onderzoeksjaren is voor alle proxies toenemend (met 1,0%-2,6% per jaar; zie ook Figuur 8.31). Zeeduizendpooten zijn vooral in de winter belangrijk als voedsel en Wadpieren in voor- en najaar, wanneer zij door hun gedrag meer beschikbaar zijn aan het oppervlak (Duijns *et al.* 2013, Duijns *et al.*

2015). Rakhimberdiev en collega's (2018) lieten zien dat de jaarlijkse overlevingskans van *taymyrensis* Rosse Grutto's gecorreleerd is met hun opvetsnelheid tijdens de voorjaars-stopover in de Waddenzee, welke op zijn beurt weer samenhangt met het aanbod van Wadpieren. De toename van Wadpieren in de Nederlandse Waddenzee biedt daarmee enige mitigatie tegen het vermoedelijk negatieve effect van klimaatverandering in de arctische broedgebieden. Gezien de afnemende trend van de *taymyrensis*-populatie, lijkt dit mitigatie-effect echter niet voldoende te zijn.

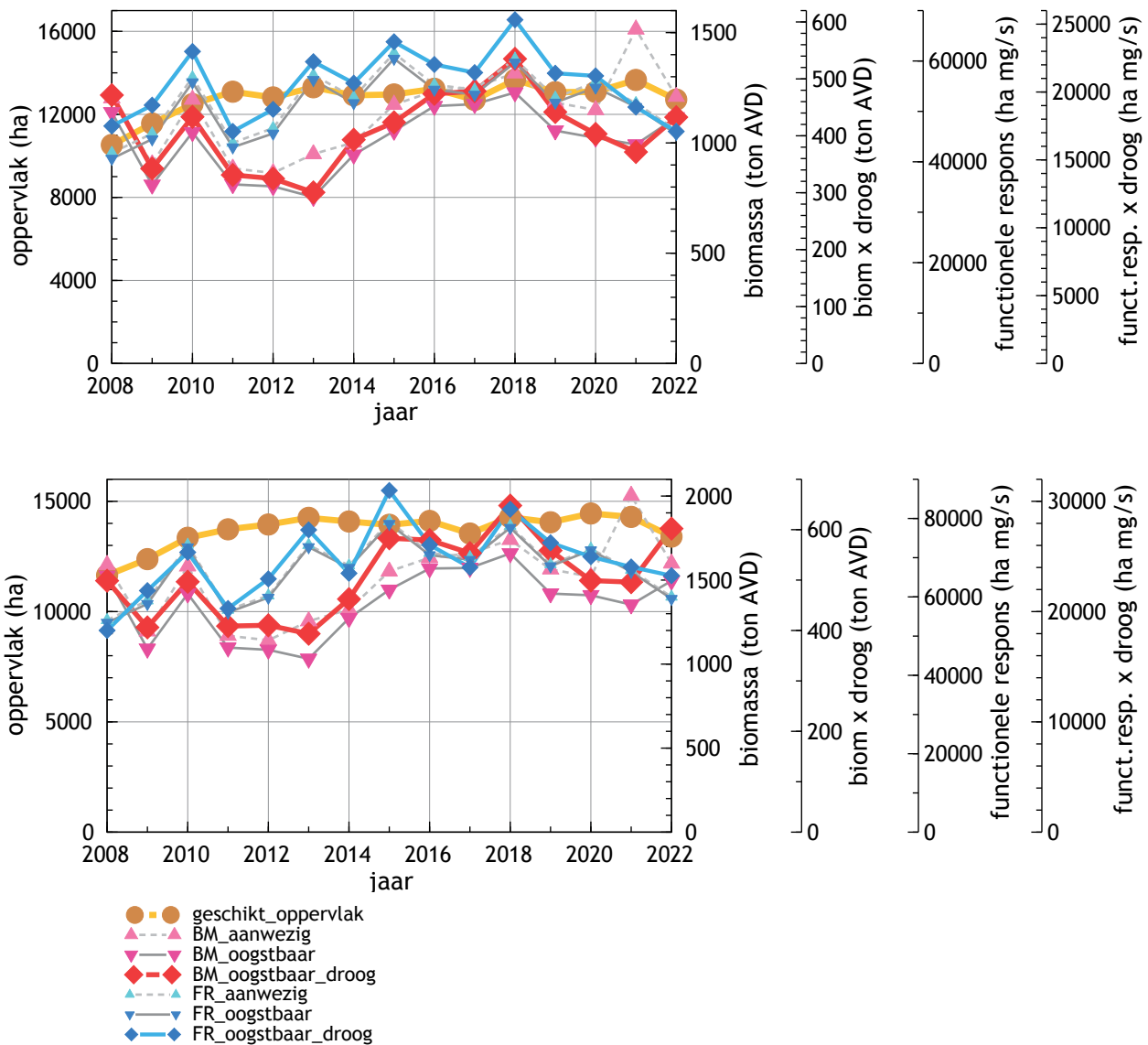
In de zomer (augustus) kunnen bijna alle proxies als gevalideerd worden aangemerkt, met uitzondering van *FRoogstDr*. De proxies *Opp* en *BMAanw* scoren het hoogst met respectievelijk 42% en 41% verklaarde variantie. In mei doen deze proxies het ook relatief goed, maar bereiken niet het criterium van 25% verklaarde variantie (Ens *et al.* 2019). In beide seizoenen is er sprake van een sterke onderlinge correlatie tussen de proxies, en de trendrichting is voor alle proxies positief,



Figuur 8.30. Verloop van de voor Rosse Grutto's oogstbare biomassa in Pinkegat en Zoutkamperlaag in de periode 2008-2022 voor voorjaar (boven) en zomer (onder).

variërend van 1,0% tot 2,6% per jaar (Figuur 8.31), met 5 significante toenames in augustus (*Opp*, *BMaanw*, *BMoogstDr.*) en 2 in mei (*Opp*, *BMaanw*, zie Bijlage).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de zomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.20).



Figuur 8.31. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Rosse Grutto in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in het voorjaar (boven) en de zomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

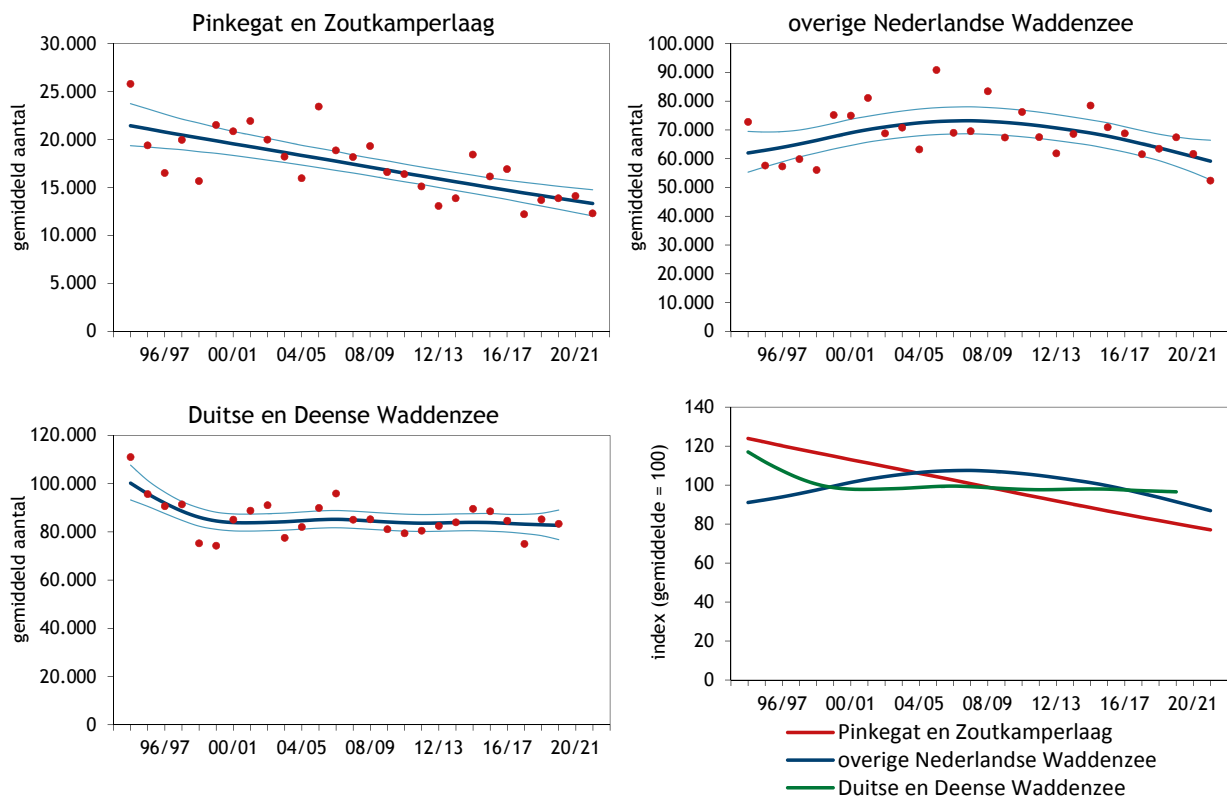
Tabel 8.20. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Rosse Grutto in mei en augustus.

	mei	aug.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N → 3	N → 3
3 Gevalideerde proxy voor draagkracht?	N → 5	Y → 4
4 Negatieve trend in proxy?		N → 8
5 Alle proxies dezelfde trend?	Y → 4	
4 Negatieve trend in proxy?	N → 8	
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.11. Wulp

In de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag nemen de aantallen Wulpen al jaren af, terwijl in de rest van de Nederlandse Waddenzee de lange termijn een stabiele trend laat zien (Figuur 8.32, Tabel 8.21), maar op de korte termijn laat deze soort een matige afname zien. In de internationale Waddenzee is er ook een matige afname te zien over de lange termijn, maar er zijn opvallende verschillen tussen landen, en een afname op de korte termijn in de West-Europese populatie (van Roomen *et al.* 2022; zie ook Tabel 8.21)

Als gevolg van klimaatverandering is de verspreiding van wadvogels in Europa buiten het broedseizoen in noordoostelijke richting verschoven en de Wulp is met een afstand van 119 km in de periode 1981-2000 daar het meest extreme voorbeeld van (Maclean *et al.* 2008). Mogelijk dat de afname in de Waddenzee als geheel daardoor minder sterk is dan de afname van de totale populatie. Echter, de afname in Pinkegat en Zoutkamperlaag lijkt wel gelijk aan de afname van de totale populatie.



Figuur 8.32. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Wulp in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.21. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Wulp voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Wulp Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.98	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Overige Nederlandse Waddenzee	1.00	0	Stabiel	0.98	-	Matige afname
Duitse en Deense Waddenzee	0.99	-	Matige afname	1.00	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	0.99*	-	Matige afname	1.00**	-	Stabiel

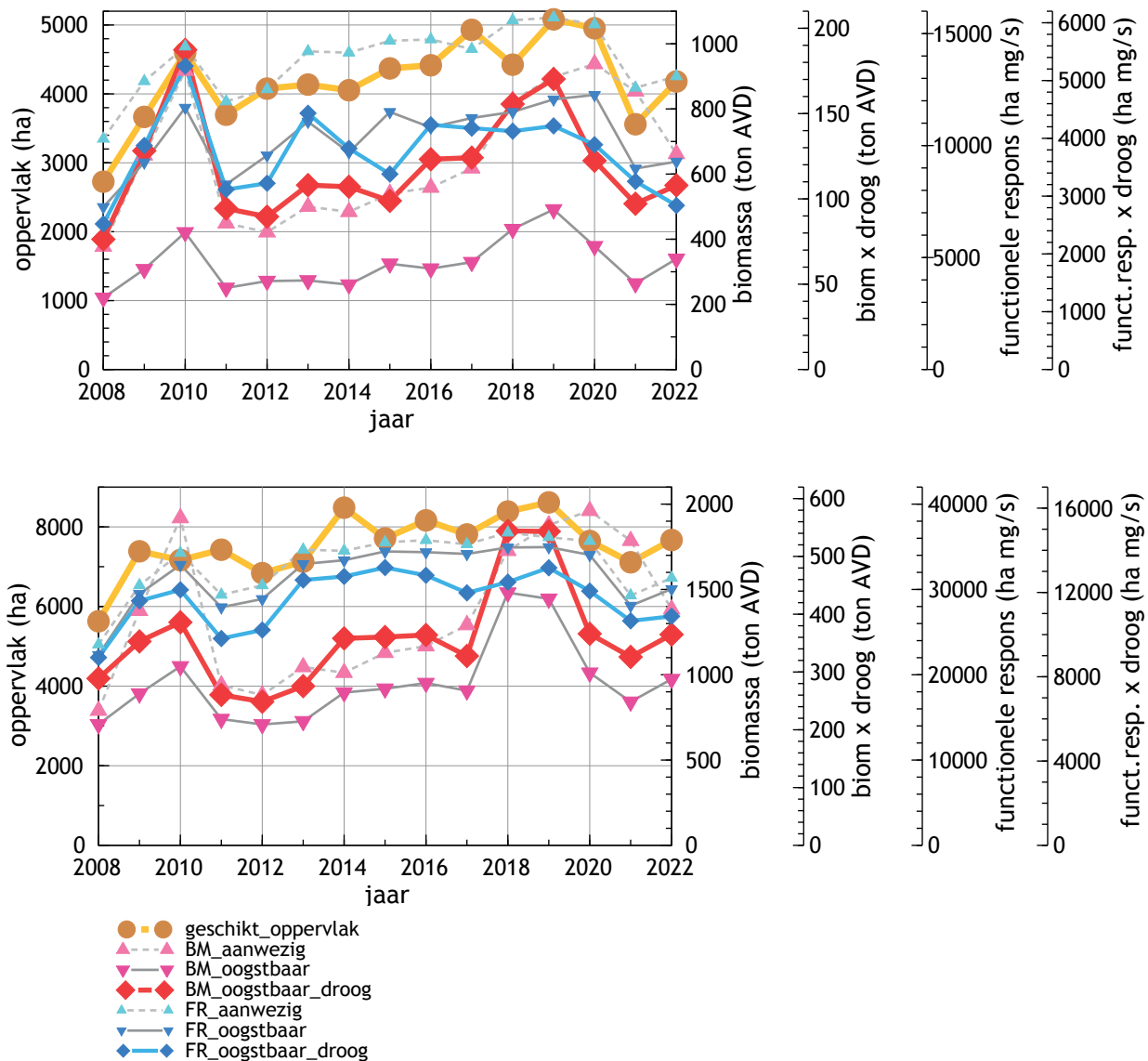
* Betreft de periode 1980-2018 (van Roomen *et al.* 2022)

** Betreft de periode 2009-2018 (van Roomen *et al.* 2022)

Er zijn geen aanwijzingen dat het voedselaanbod verslechtert in Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 8.33). Hierbij moet worden aangetekend dat naast het wad met laagwater, de weilanden ook een belangrijk voedselgebied vormen (Navedo *et al.* 2019). Het voedselaanbod in de weilanden is echter geen onderdeel van de monitoring, zodat hier geen conclusies over kunnen worden getrokken. Er is ook geen systematische monitoring van lokale veranderingen in het verstoringslandschap. De Wulp is veruit de schuwste wadvogel met de grootste opvliegafstand voor mensen (Spaans *et al.* 1996, Krijgsveld *et al.* 2022), zodat lokale veranderingen in het verstoringslandschap grote gevolgen kunnen hebben. Zo is in de periode 2015-2017 de dijk op Ameland versterkt en de werkzaamheden bleken

veel grotere gevolgen te hebben voor de overtuigende vogels dan eerder voorspeld, waarbij de Wulpen het sterkst reageerden op de werkzaamheden (Kersten *et al.* 2014); naar schatting ontbrak er 74% ten opzichte van de nulmonitoring van 2014 (Kersten *et al.* 2016).

In de nazomer voldoen alle proxies aan het validatie criterium van 25% verklaarde variantie voor model één (Ens *et al.* 2019). Vooral *Opp*, *BMoogst*, *FRAanw* en *FRoogst* scoren hoog (34,8% - 38,3% verklaarde variantie). Voor januari is het beeld hetzelfde, maar geen van de proxies bereikt het criterium van 25% verklaarde variantie voor model één, al is het model wel significant voor deze proxies. De onderlinge correlaties tussen de proxies is hoog. In beide seizoenen 0,93.



Figuur 8.33. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Wulp in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Alle proxies laten een toename zien, variërend tussen 1,3% en 4% per jaar (zie Bijlage). De positieve trend is significant voor *Opp*, *BMaanw*, in de nazomer (september), en voor *Opp* en *BMaanw* in de winter (Figuur 8.33)

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in de winter zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.22)

Tabel 8.22. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Wulp in januari en september.

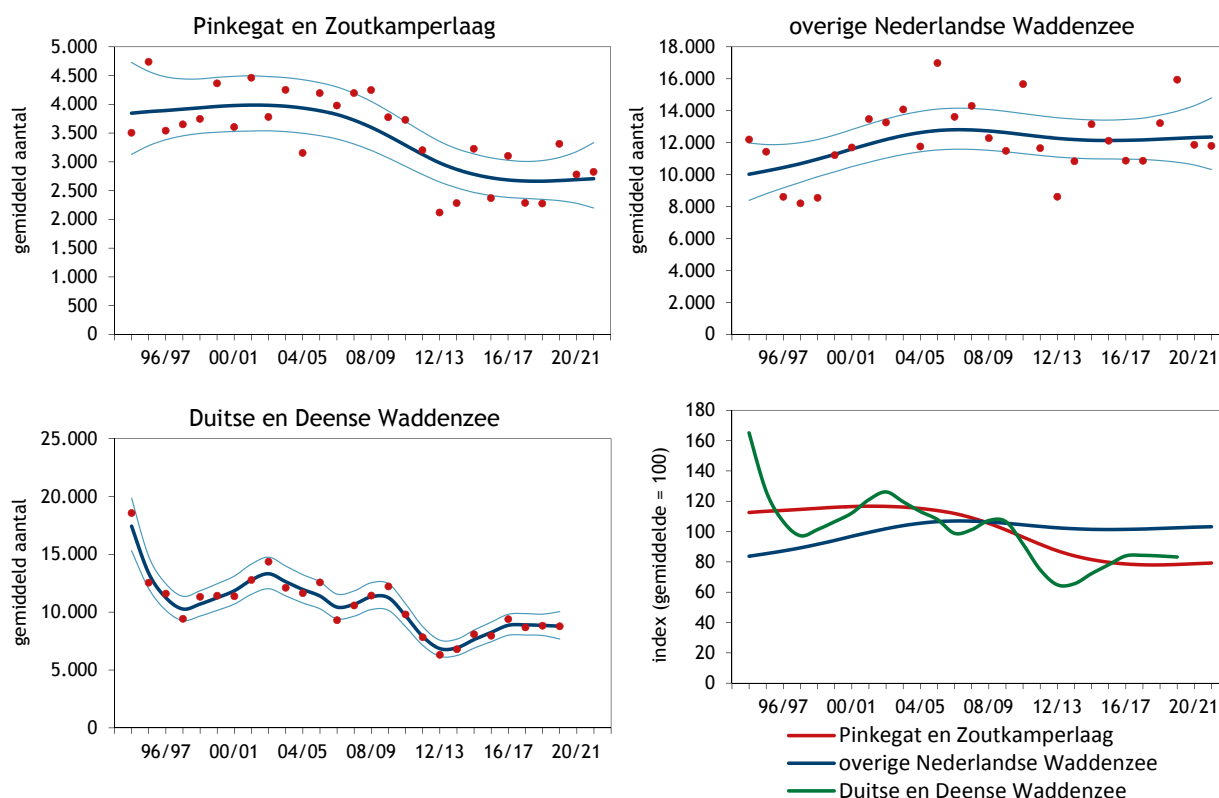
	jan.	sept.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N → 3	N → 3
3 Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	Y → 4	N → 5
4 Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N → 8	
5 Vertonen alle proxies dezelfde trend?		Y → 4
4 Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?		N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.12. Tureluur

In de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag nemen de aantallen Tureluurs vanaf 2010 langzaam af (Figuur 8.34, Tabel 8.23). Dit beeld komt niet overeen met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee, maar wel met de trend in de internationale Waddenzee (Kleefstra *et al.* 2022).

Tureluurs uit drie verschillende flyway-populaties doen in de loop van het jaar de Nederlandse Waddenzee aan. In het winterhalfjaar behoort het merendeel van de aanwezige vogels tot de IJslandse ondersoort

robusta, waarvan de lange en korte termijn trend als matige toename beoordeeld wordt (Tabel 8.23). In de doortrekperiodes, vooral in de nazomer, zijn ook Europese Tureluurs (ondersoort *totanus*) talrijk op het wad, vermoedelijk vooral vogels uit Noord-Europa. De W-Europese en vooral in ZW-Europa overwinterende populatie is stabiel; de vooral naar NW-Afrika trekende Noord-Europese populatie neemt recent af (van Roomen *et al.* 2022). Al met al ontwikkelen de aantallen Tureluurs in Pinkegat en Zoutkamperlaag zich dus niet ongunstiger dan op grootschaliger (populatie) niveaus (Tabel 8.23).



Figuur 8.34. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Tureluur in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.23. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Tureluur voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Tureluur Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.99	-	Matige afname	0.98	-	Stabiel
Overige Nederlandse Waddenzee	1.01	0	Stabiel	1.00	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.97	-	Matige afname	0.99	-	Stabiel
Oost-Atlantische vliegr, <i>totanus</i> N-Eur	0.98*	-	Matige afname	1.00***	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegr, <i>totanus</i> W-Eur	0.99*	0	Matige afname	1.00***	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegr, <i>robusta</i> IJsland	1.01**	0	Matige toename	1.00****	0	Stabiel

* Betreft de periode 1980-2017 (van Roomen *et al.* 2022)

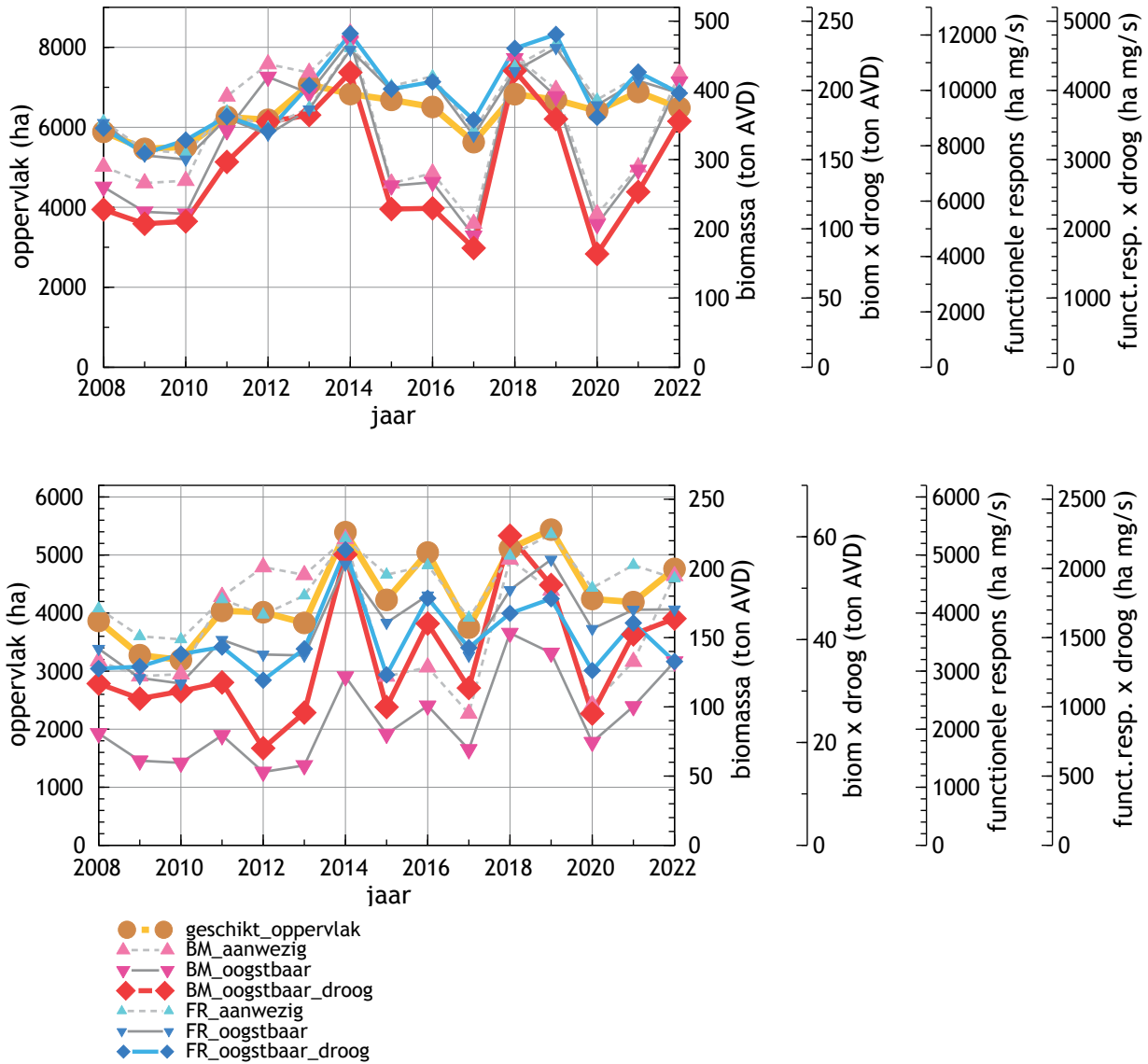
** Betreft de periode 1975-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

*** Betreft de periode 2008-2017 (van Roomen *et al.* 2022)

**** Betreft de periode 2011-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

Er lijkt enige discrepantie te zitten tussen de trends over de onderzoeksperiode in de aantallen Tureluurs in Pinkegat en Zoutkamperlaag (trend matige afname) en in de berekende proxies voor voedselbeschikbaarheid (Figuur 8.35). Voor de meeste proxies is de trendrichting toenemend (0,0 tot +4,8 % per jaar), zij het slechts in de helft van de gevallen significant (winter: *Opp*,

BMoogst, *FRAanw* en *FROogst*; zomer: *Opp*, *FRAanw*, *FROogst* en *FROogstDr*). Dit verschil kan erop duiden dat andere factoren dan voedsel in het geding zijn, maar welke is niet geheel duidelijk. De afname van de Noord-Europese *totanus*-populatie als geheel zou hierin een rol kunnen spelen.



Figuur 8.35. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Tureluur in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de zomer (boven) en de winter (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Voor de Tureluur is het niet gelukt een gevalideerde proxy voor draagkracht te ontwikkelen, noch in de winter, noch in de zomer (Ens *et al.* 2019). De proxies zijn echter sterk onderling gecorreleerd, met een positieve trendrichting, zij het niet alle significant.

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de zomer, noch in de winter zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.24).

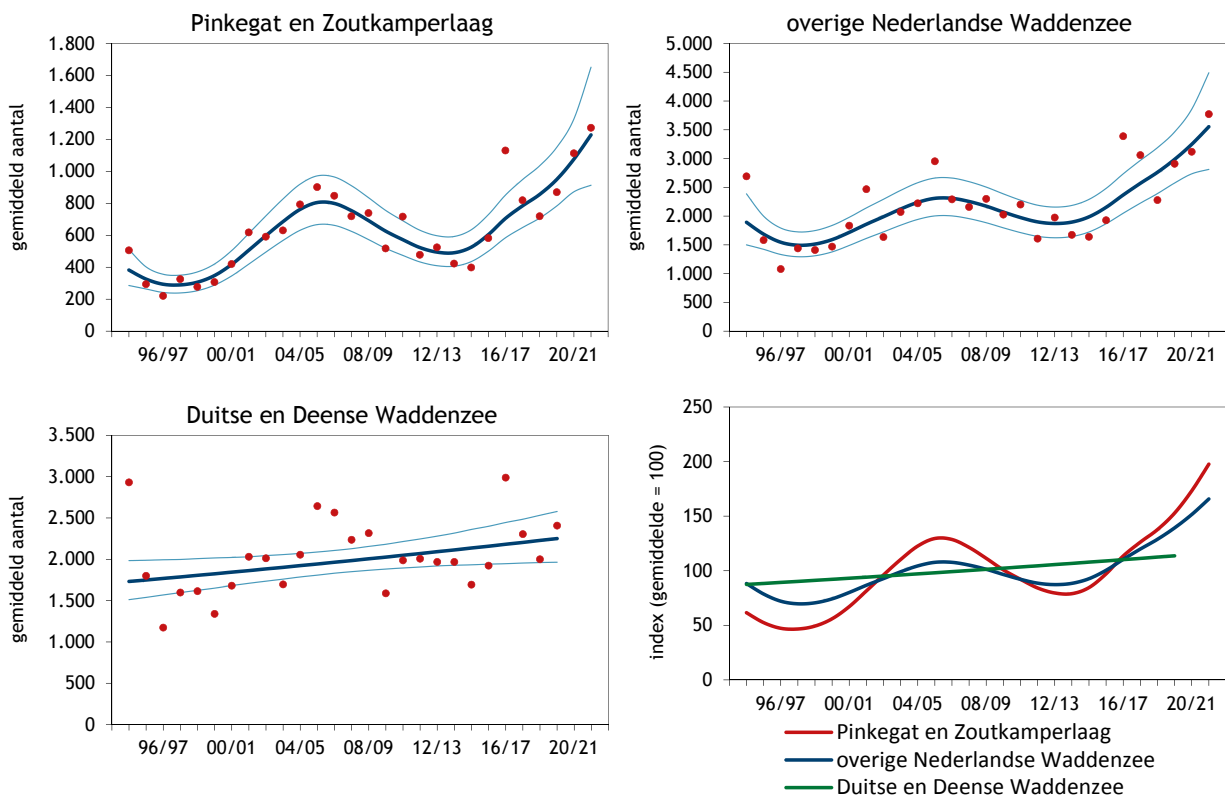
Tabel 8.24. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Tureluur in januari en juli.

	jan.	jul.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N → 3	N → 3
3 Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N → 5	N → 5
5 Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y → 4	Y → 4
4 Vertoont de proxies voor draagkracht een negatieve trend?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

8.5.13. Steenloper

De aantallen Steenlopers in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag nemen toe tussen 1997 en 2005, daarna weer af en vanaf ongeveer 2015 is er weer sprake van een matige toename (Figuur 8.36, Tabel 8.25). De trend in de internationale Waddenzee lijkt op dit golvende patroon, maar de analyse berekent een rechte lijn. De trend wordt voor de korte en lange termijn in de Duitse en Deense Waddenzee beoordeeld als een matige toename.

De Steenlopers in de Waddenzee behoren tot twee populaties. Vogels die in Scandinavië en de Russische toendra broeden gebruiken de Waddenzee als tussenstop tijdens de trek en overwinteren in West-Afrika. Steenlopers die in de Waddenzee overwinteren broeden op de toendra van Canada en Groenland. Op de lange termijn is er sprake van een afname van de Palearctische Afrika-gangers, maar een toename van de in Europa overwinterende Nearctische broedvogels, maar op de korte termijn wordt de Nearctische populatie als stabiel beoordeeld, terwijl de Palearctische populatie als onzeker wordt beoordeeld (van Roomen *et al.* 2022, Tabel 8.25).



Figuur 8.36. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Steenloper in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 8.25. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Steenloper voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de totale populaties van de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2010).

Steenloper Label	Vanaf 1994			Vanaf 2010		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.04	+	Matige toename	1.07	+	Matige toename
Overige Nederlandse Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.05	+	Matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	1.01	+	Matige toename	1.01	+	Matige toename
Oost-Atlantische vliegroute (Nearctisch)	1.02*	+	Matige toename	0.99***	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (Palearctisch)	0.97**	-	Matige afname	1.02***	x	Onzeker

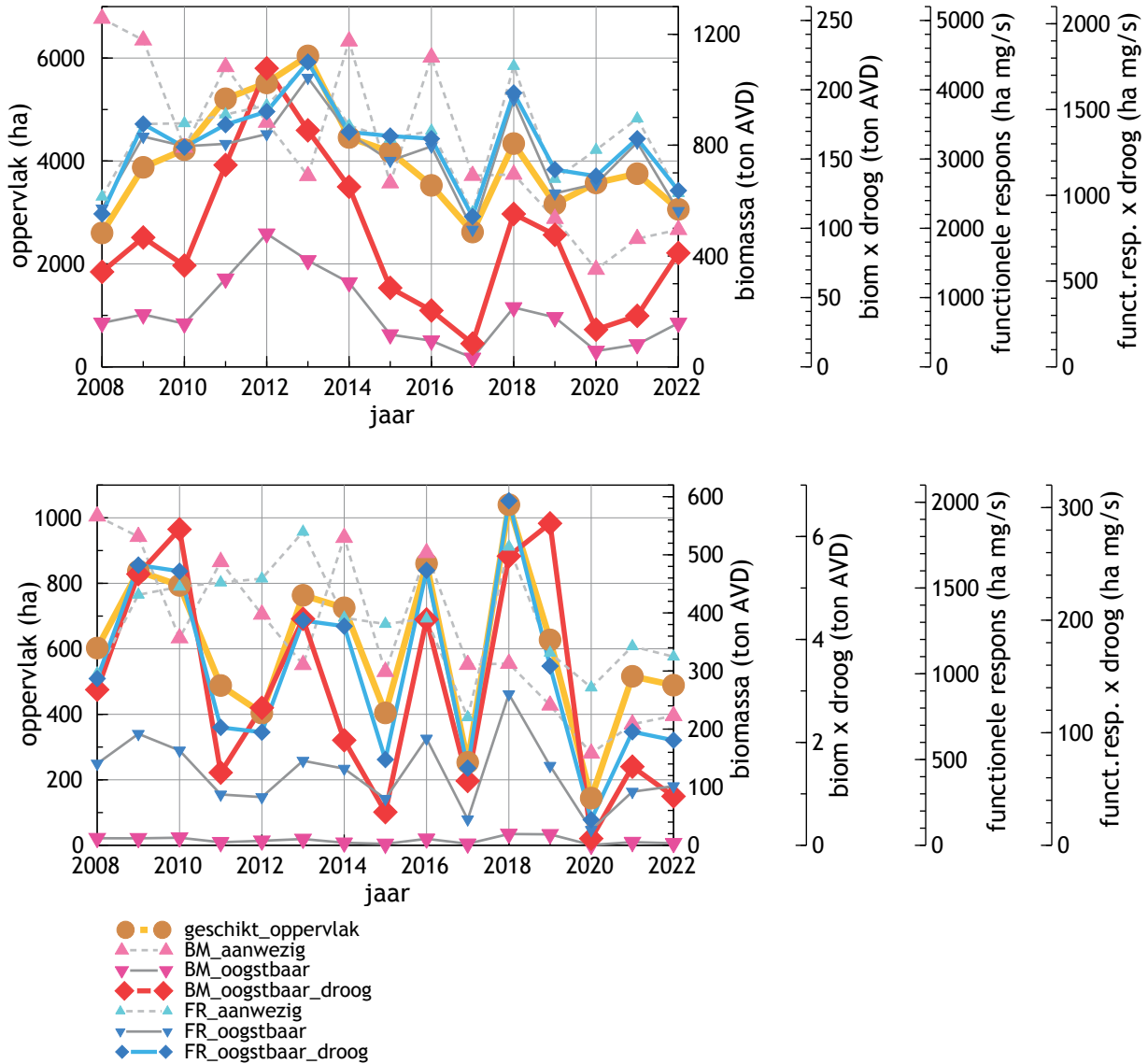
* Betreft de periode 1977-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

** Betreft de periode 1980-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

*** Betreft de periode 2011-2020 (van Roomen *et al.* 2022)

Voor de Steenloper is geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, noch in de zomer, noch in de winter. De proxies zijn onderling wel gecorreleerd, maar die correlatie is hoger in de zomer dan in de winter. Alle proxies vertonen geen trend, behalve een

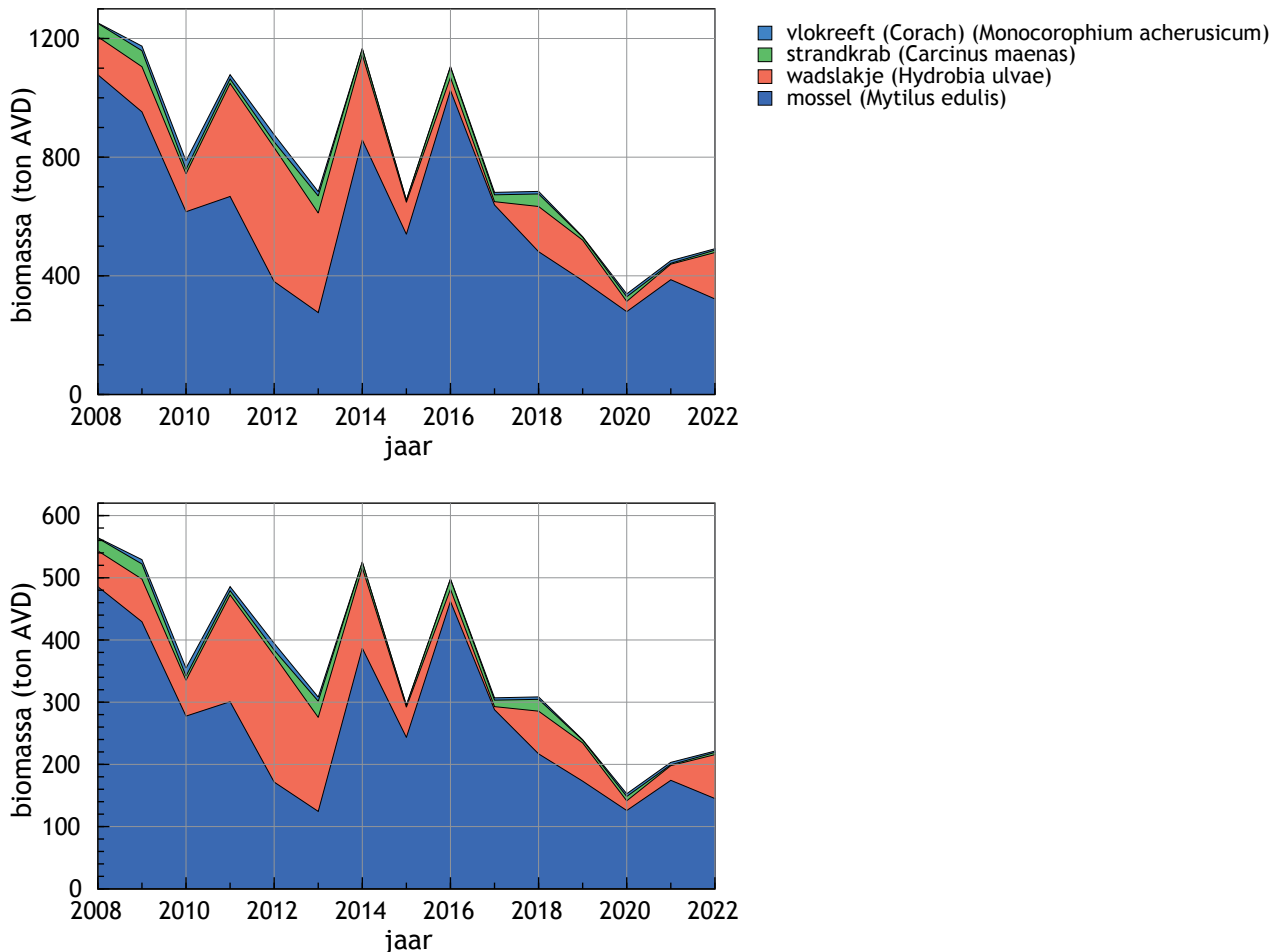
negatieve significante trend voor *BMAanw*, waar de afname 6,8% per jaar in beide seizoenen is (Figuur 8.37 en Bijlage). Dat is zowel in de winter als in de zomer primair het gevolg van de afname van de biomassa



Figuur 8.37. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Steenloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2022 in de nazomer (boven) en de winter (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Kokkels en de fluctuaties van de Strandkrab (Figuur 8.38). Mosselbanken zijn een belangrijk foerageerhabitat voor Steenlopers, en de foerageerdichtheid op mosselbanken is meer dan tien keer hoger dan op het omliggende wad (Waser *et al.* 2016). Het blijft wel opvallend dat alle proxies een negatieve trend laten zien, terwijl de aantallen juist stijgen, zowel in het Pinkegat en Zoutkamperlaag.

Conclusies na doorlopen beslisschema: op basis van de positieve trend in aantallen in Pinkegat en Zoutkamperlaag zijn er geen aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.26).



Figuur 8.38. Verloop van de proxy BMaanw in Pinkegat-Zoutkamerplaag voor de Steenloper in de nazomer (boven) en de winter (onder). De proxy behelst de biomassa van alle prooisoorten die als stapelvoedsel.

Tabel 8.26. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Steenloper in januari en augustus.

	Jan.	Aug.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y → 2	Y → 2
2 Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	N → 8	N → 8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

9. Resultaten en discussie SEM Methodiek

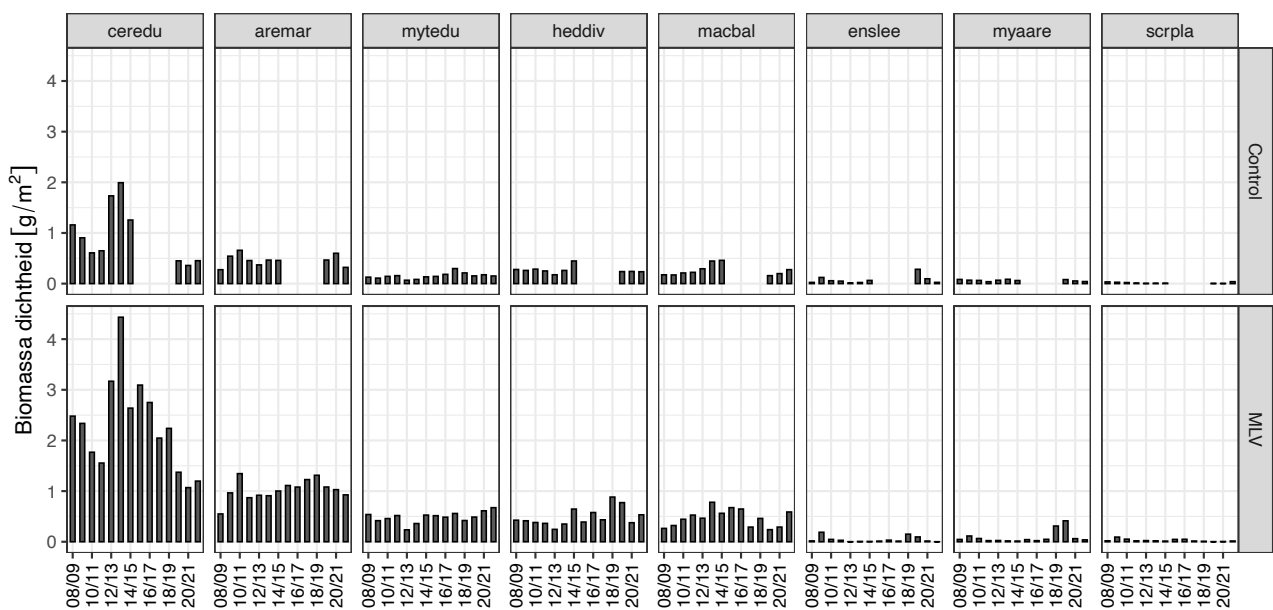
In navolging van de resultaten in de 2021 rapportage (Duijns *et al.* 2022), wordt in dit hoofdstuk een vervolg gegeven aan deze methode. Zo worden meer soorten behandeld; naast Scholekster, Kanoet, Rosse Grutto, Bonte Strandloper zijn dit jaar de Wulp, Tureluur en Kluut toegevoegd en wordt voor deze soorten een beeld gegeven van de verspreiding van het voedsel en de aantallen vogels op de virtuele HVP's. Deze data zijn met een Structural Equation Model (SEM) - zoals beschreven in paragraaf 7.2 - geanalyseerd. De input van de SEM wordt hier globaal besproken, en daarna de resultaten per soort.

9.1. Scholekster

Allereerst wordt er naar de beschikbare biomassa gekeken. Figuur 9.1 laat voor het MLV gebied en het 'controlegebied' (de gehele Waddenzee zonder MLV) de totale biomassa (ton) in de nazomer op de wadplaten voor de Scholekster zien. De beschikbare biomassa is

hierbij gewogen voor droogvalduur en voor vliegafstand. In termen van biomassa is de Kokkel de belangrijkste prooi soort gevolgd door de Wadpier, Mossel, Zeeduisendpoot en Nonnetje. De gemiddelde biomassadichtheid van het Mesheft (*enslei*), Strandgaper (*myaare*) en de platte Slijkgaper (*scrpla*) zijn beduidend lager. Opvallend is de grote variatie in de biomassadichtheid van Kokkels tussen de jaren en de gestage afname sinds 2013/2014. Deze figuur kan vergeleken worden met de figuur uit Wadmap (Figuur 8.11). Een belangrijk verschil met Wadmap is dat in dit geval een weging heeft plaatsgevonden voor de vliegafstand tussen wadplaat en (virtuele) HVP.

Voor de jaren 2015-2018 is de SIBES-bemonstering alleen nog uitgewerkt voor het MLV gebied en nog niet op Waddenzee-brede schaal. Op het eerste gezicht lijken de trends in het controlegebied op de trends in het MLV-gebied.

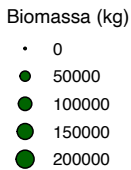
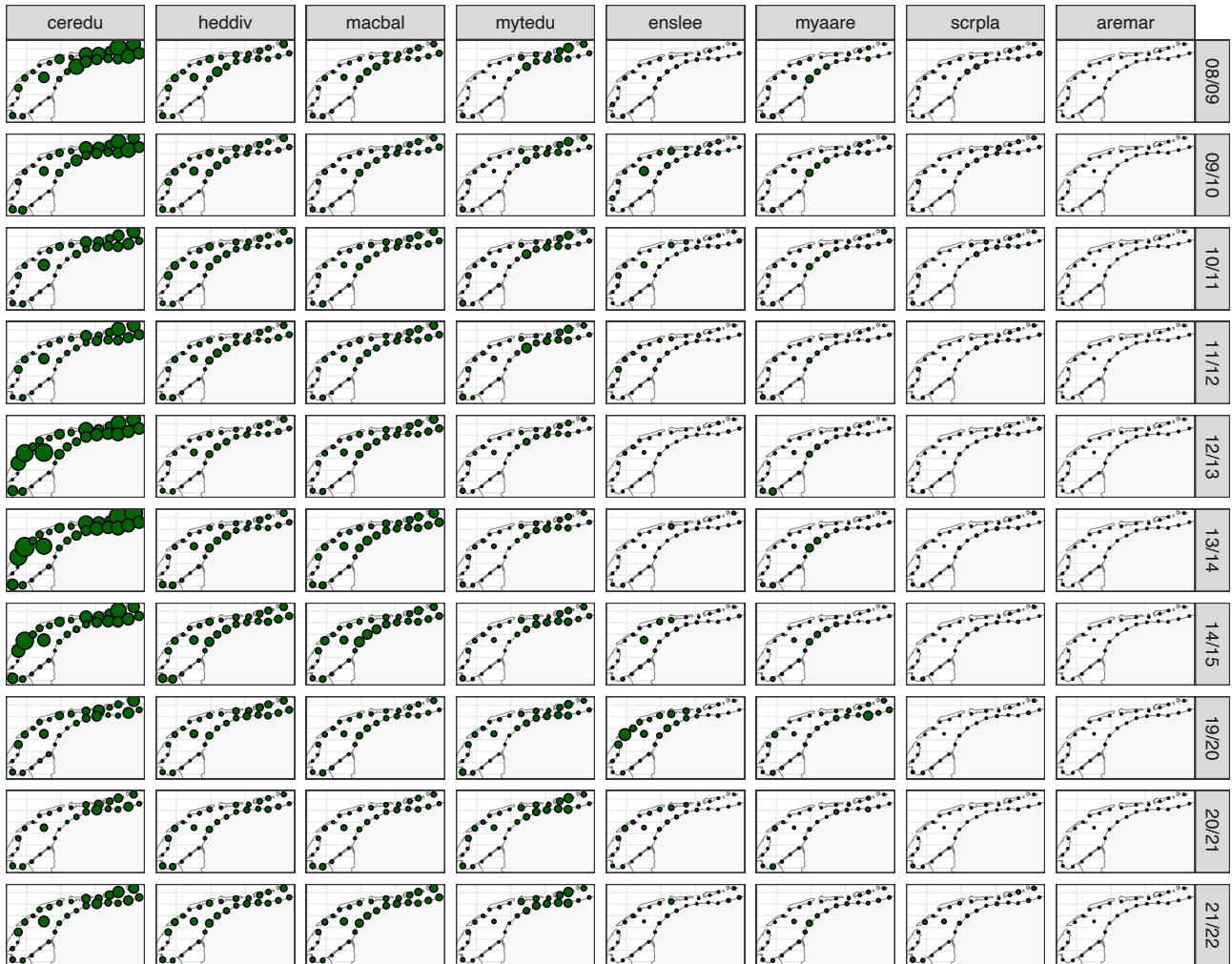


Figuur 9.1. De gemiddelde bereikbare dichtheid (g/m^2) van Scholekster prooien op de wadplaten in het MLV gebied en het gebied daar buiten (Control) op het moment van bemonstering over de jaren 2008-2022.

In de overzichtskaarten (Figuur 9.2) zijn de prooidichtheden voor de Scholekster op de wadplaten zoals ze gekoppeld zijn aan de HVP's weergegeven. De dichtheden aan voedsel zijn in de oostelijke Waddenzee in de meeste jaren beduidend hoger dan in de westelijke Waddenzee. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt

door de hoge dichtheden aan Kokkels in de oostelijke Waddenzee. Hoge dichtheden van de Strandgaper worden aangetroffen langs de vastelandskust van het Friese wad en op de Ballastplaat. Opvallend is de stabiliteit van de dichtheden van de Mossel over de verschillende jaren.

Scholekster – biomassa per HVP



Figuur 9.2. Biomassa van verschillende prooidieren op de wadplaten gekoppeld aan de HVP's voor de Scholekster.

De aantallen vogels op de HVP's corresponderen op het eerste gezicht vrij goed met de voedseldichtheid (Figuur 9.3). Wat opvalt is dat de aantallen Scholeksters op de HVP's van het vastelandskust relatief laag zijn ten opzichte van de eilanden.

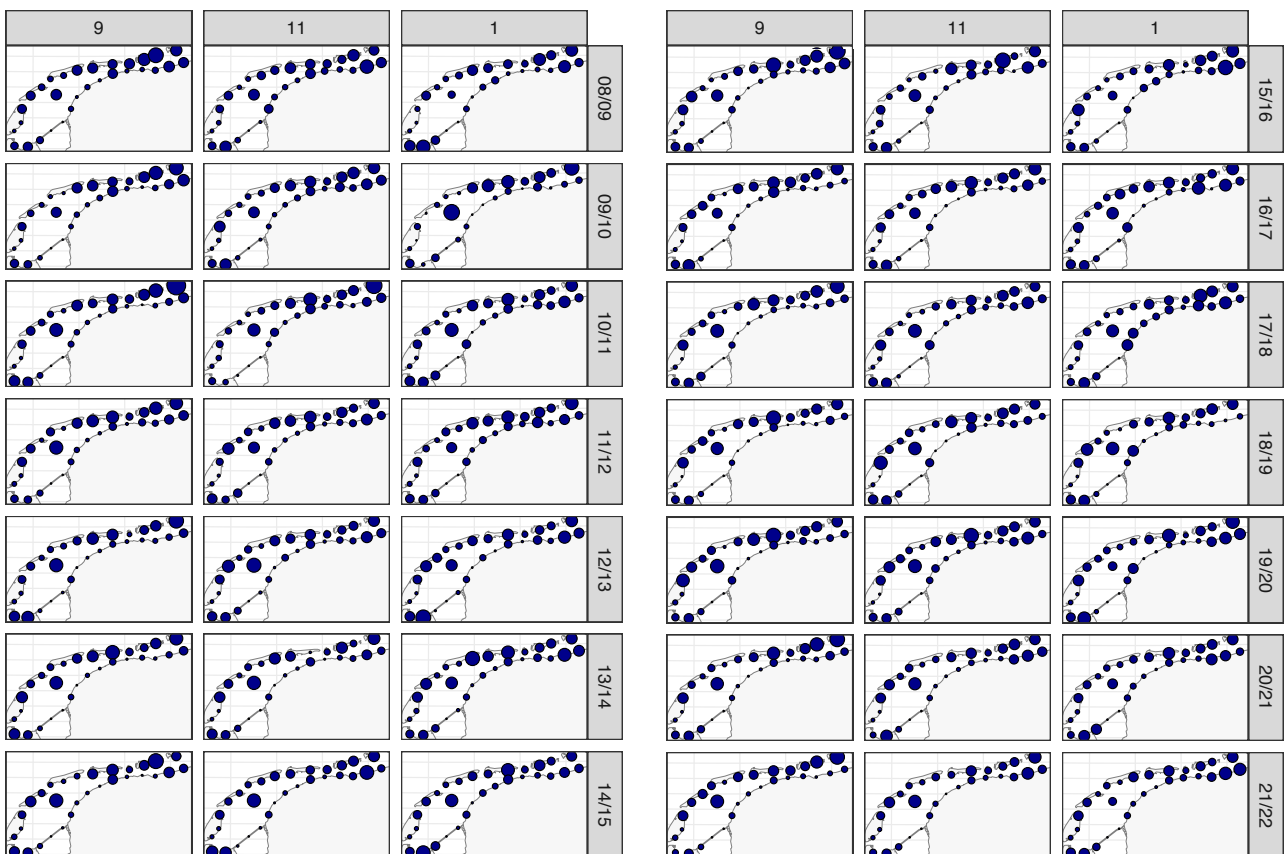
9.1.1. Interpretatie SEM Scholekster

Er is een SEM geschat op basis van de gehele dataset waarbij ieder punt als een onafhankelijke observatie wordt beschouwd. Omdat het benthos één maal per jaar wordt bemonsterd, en de (gewogen) beschikbaarheid van benthos in verschillende maanden op basis van vaste relaties wordt geschat, is er een sterke mate van afhankelijkheid tussen de maanden binnen een seizoen. Voor de aantallen vogels is dit minder het geval maar hier kan plaatstrouw er toe leiden dat tellingen in verschillende maanden van hetzelfde jaar niet als onafhankelijk kunnen worden gezien. Deze afhankelijkheden worden hier genegeerd omdat het doel van de SEM analyse niet zozeer is om hypothesen te toetsen (waarvoor onafhankelijke observaties nodig zijn) maar

om een eventuele mismatch tussen het getelde aantal vogels en het op basis van voedselaanbod voorspelde aantal vogels te analyseren, en om de ontwikkeling over jaren van de latente variabele foerageerpotentieel te kwantificeren.

Het model als geheel fit de data niet erg goed maar ook niet slecht ($RMSEA = 0.09$). Dit komt grotendeels door een mismatch tussen het aantal Scholeksters op de HVP's en het beschikbare voedsel op de wadplaten. Desalniettemin zijn de resultaten logisch en consistent. De factoranalyse laat zien dat de biomassa's van de verschillende prooi-soorten grotendeels goed met elkaar corresponderen. Een uitzondering is Mesheft (*Ensis directus*), die juist op laag gelegen wad in de westelijke Waddenzee onder Vlieland in hoge dichtheden voorkomt terwijl de dichtheden van andere prooi-soorten hier laag zijn. De regressiecoëfficiënt die het verband tussen F en het getelde aantal vogels (N) geeft is 3.07 en $R^2 = 0.27$. Dat is - gezien de relatief goede kennis over de voedsleecologie van de Scholekster en de kwaliteit

Scholekster

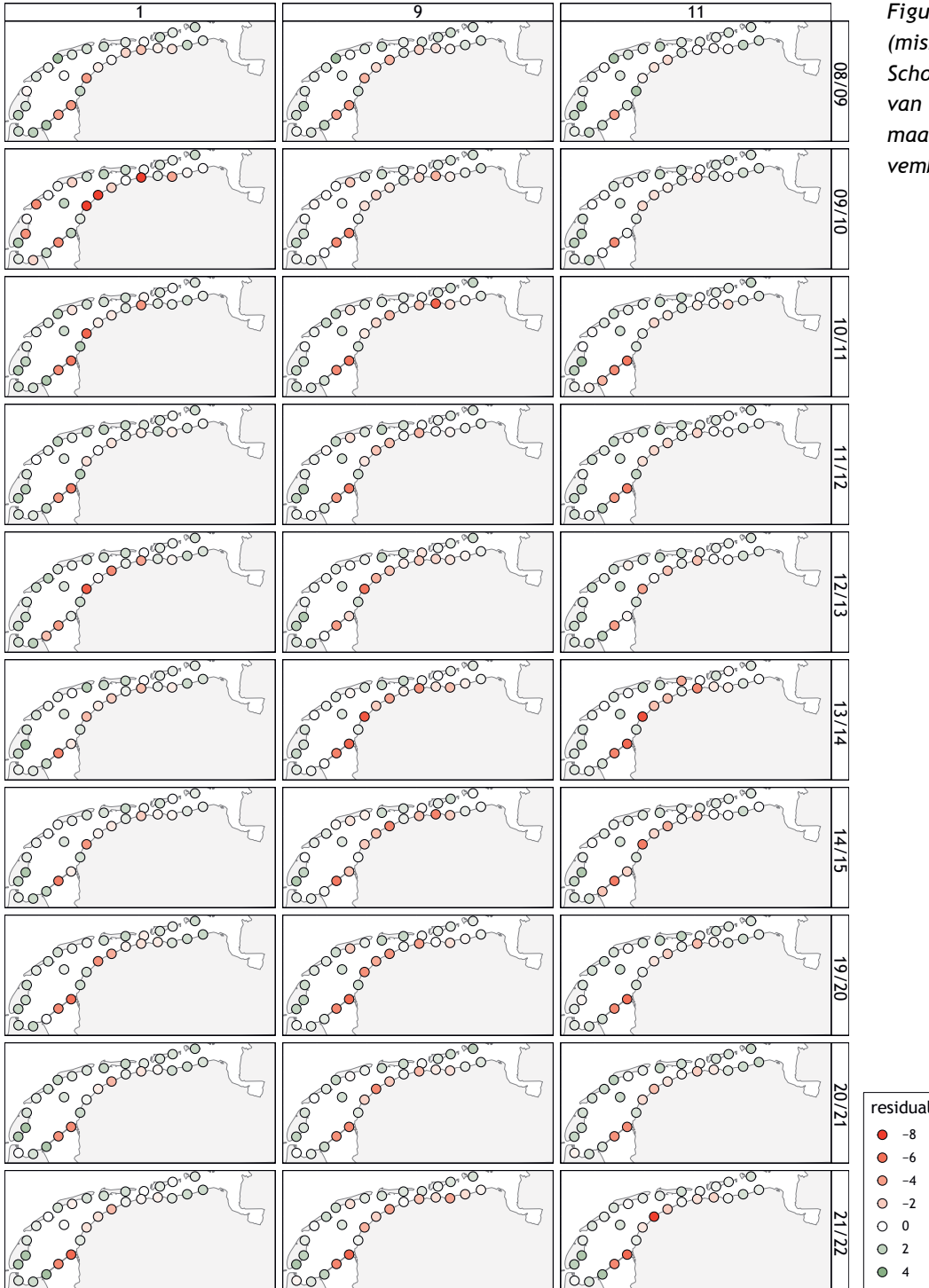


Figuur 9.3. Totale biomassa aan prooidieren op de wadplaten gekoppeld aan de HVP's voor de Scholekster, in respectievelijk september (9), november (11) en januari (1).

van de data - waarschijnlijk het gevolg van het feit dat ook andere factoren dan voedsel bepalend zijn voor de HVP-keuze van Scholeksters. Op basis van de positieve en sterke relatie tussen de F en het aantal Scholeksters kan worden geconcludeerd dat F een goede proxy is voor de voedselsituatie van de Scholekster.

Op basis van het geschatte model kunnen de residuen onderzocht worden. Figuur 9.4 laat zien dat op de Waddeneilanden en op Griend meer vogels zitten dan verwacht zou worden op basis van het voedsel (in combinatie met de aanname van een ideaal vrije verdeling) en dat met name op de kwelders van de Friese en

Residuen

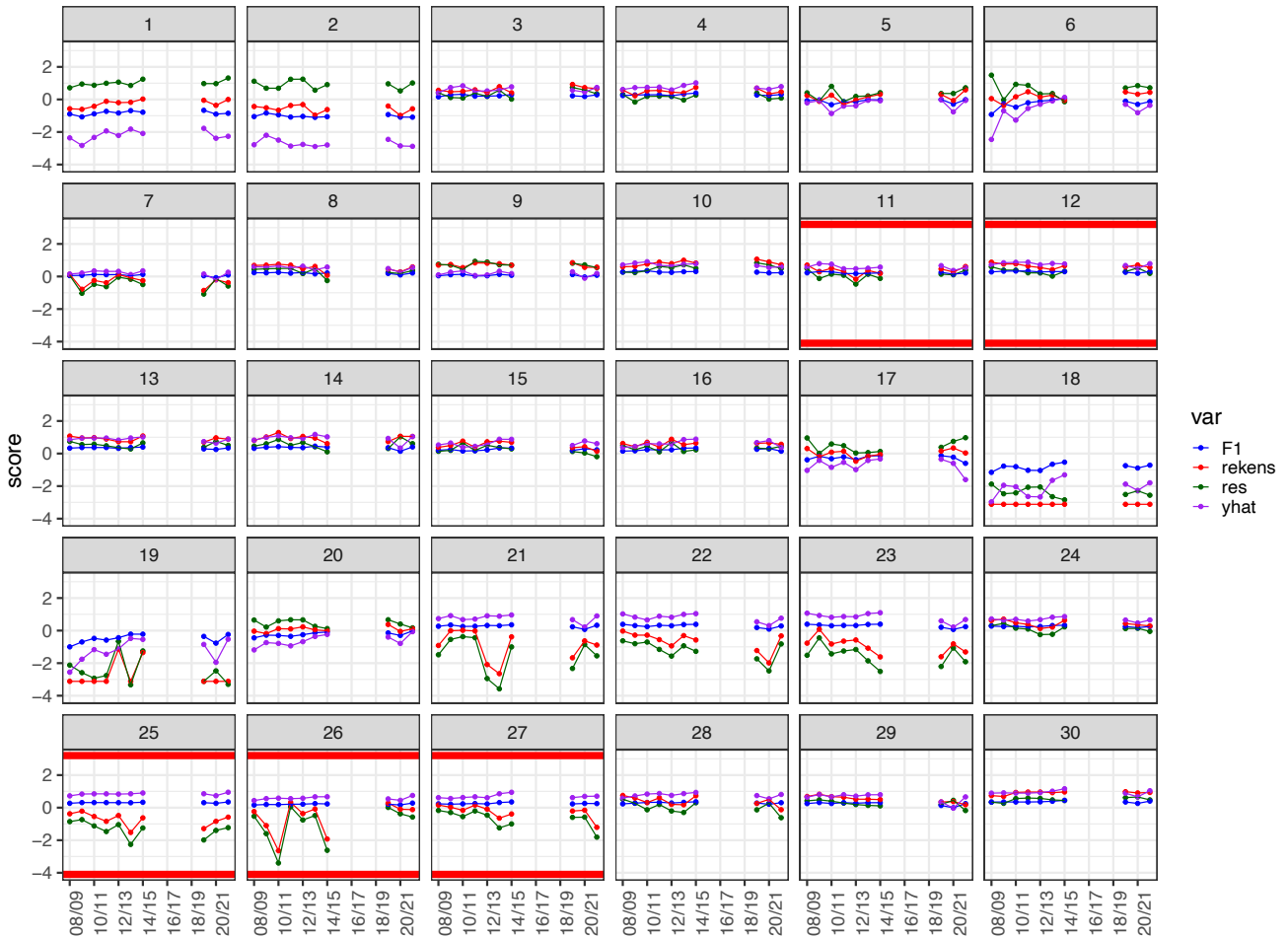


Figuur 9.4. De residuen (mismatch) van het aantal Scholeksters ten opzichte van het voedsel voor de maanden september, november en januari.

Groningse vasteland er minder Scholeksters zitten dan verwacht. Dit patroon is robuust door de jaren heen en tussen maanden.

In Figuur 9.5 zijn de tijdsreeksen van $F1$, het getelde aantal vogels ($rekens$), de residuen (res) en het voorspelde aantal vogels ($yhat$) voor de verschillende virtuele HVP's gepresenteerd. De virtuele HVP's met de nummers 11, 12, 25, 26 en 27 liggen in het MLV gebied. De hoge waarden van F in deze gebieden maken

duidelijk dat het waardevolle deelgebieden zijn voor de Scholeksters. Ook de aantallen Scholeksters zijn hier groot. De grafiek maakt duidelijk dat de latente variabele die de voedselsituatie in het MLV gebied voor de Scholekster beschrijft gedurende de gehele onderzoeksperiode relatief hoog is en niet sterk varieert. De afname van de dichtheid aan Kokkels (die ook buiten het MLV gebied plaatsvindt) lijkt deels te worden gecompenseerd door een toename in Mosselen, Wadpieren en in 2022 ook door het Nonnetje.

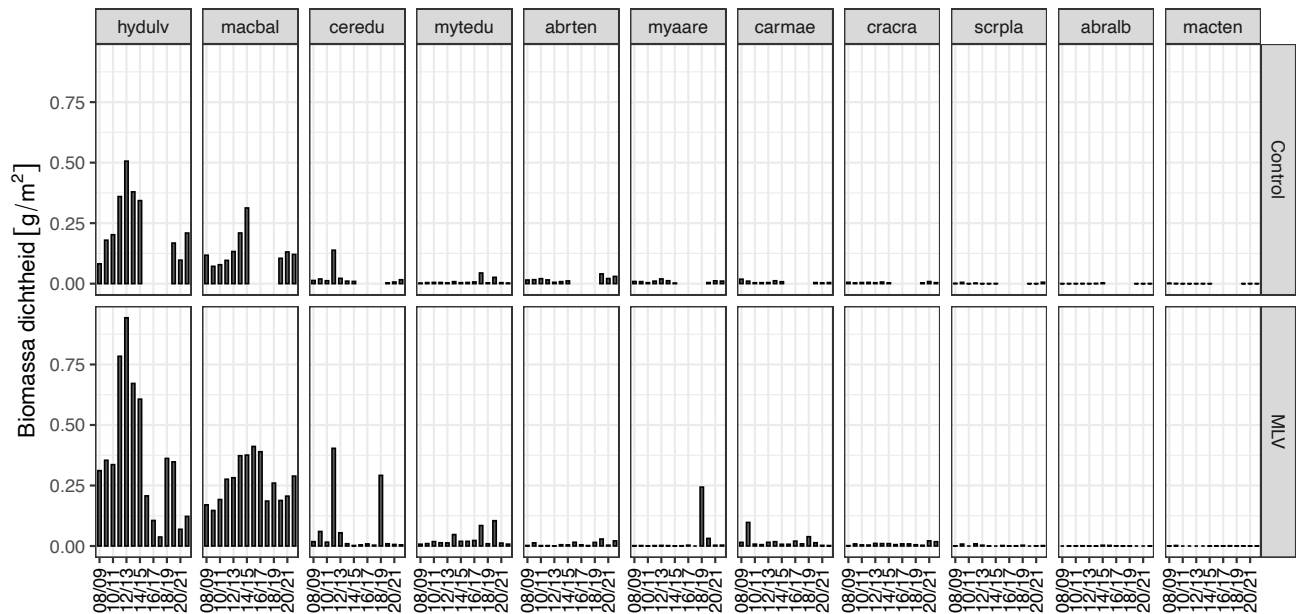


Figuur 9.5. Tijdsreeksen van de factor score ($F1$), het getelde aantal individuen ($rekens$), de residuen (res) en het voorspelde aantal individuen ($yhat$) voor de Scholekster per virtuele HVP. De variabelen zijn genormaliseerd om het verloop ten opzichte van elkaar in een figuur zichtbaar te maken. HVP's 11, 12, 25, 26 en 27 liggen in het MLV gebied (rode omranding).

9.2. Kanoet

Het Wadslakje en het Nonnetje zijn de belangrijkste prooien voor de Kanoet in termen van biomassa (Figuur 9.6). In jaren met veel broedval is kan ook

de Kokkel belangrijk zijn. Na hoge dichtheden van *Hydrobia* (Wadslakje) in 2011-2014 zijn de dichtheden in de periode daarna relatief laag. De verschillen lijken in het MLV gebied groter dan daarbuiten.



Figuur 9.6. Gemiddelde bereikbare dichtheid (g/m^2) en biomassa (ton) van Kanoet prooien op de wadplaten in het MLV gebied en het gebied daar buiten (Control) op het moment van bemonstering.

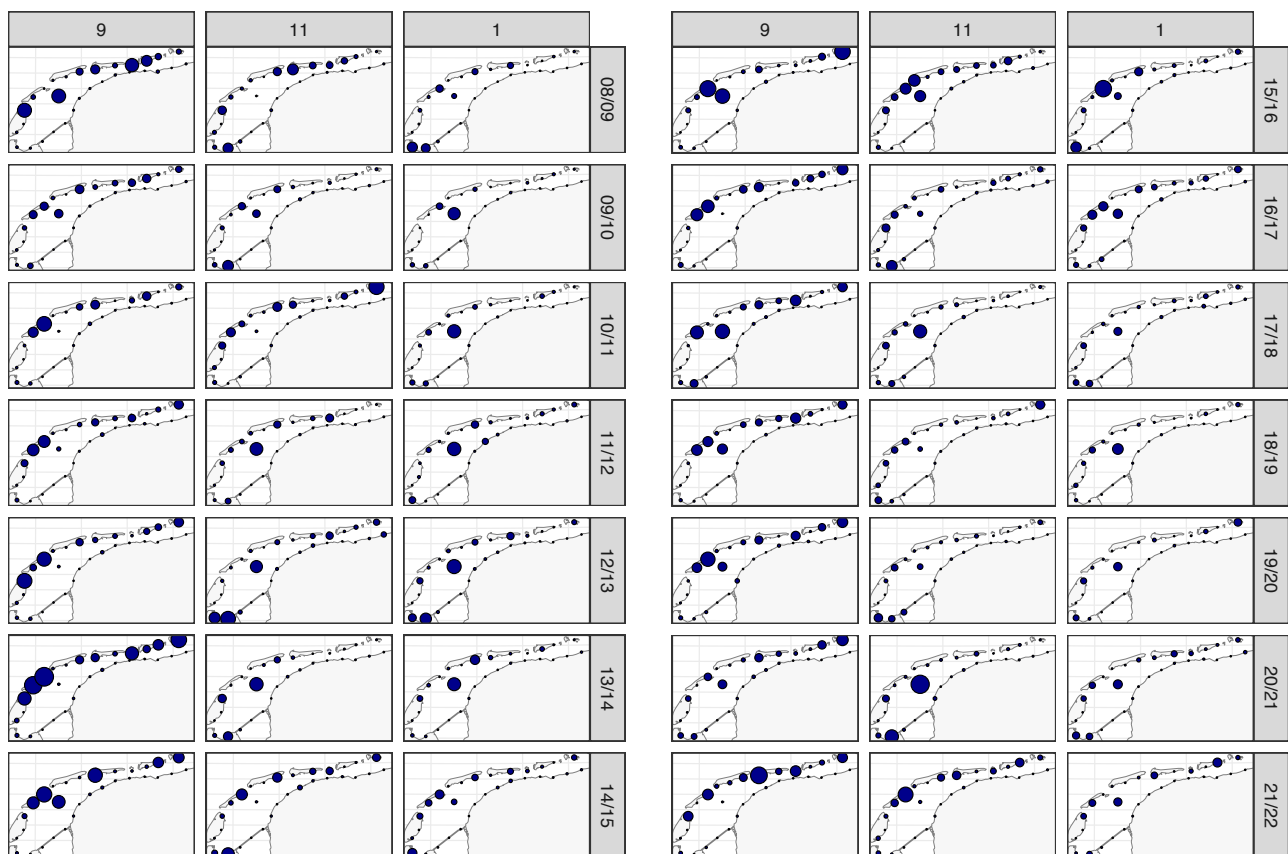
Kanoeten zijn in hun voorkomen sterk geconcentreerd op een beperkt aantal plekken. Met name het wad ten zuiden van Vlieland en rondom Griend en bij de Rottums en in enkele gevallen het Balgzand zijn belangrijke gebieden (Figuur 9.7).

9.2.1. Interpretatie SEM Kanoet

De fit van de SEM is voor Kanoeten niet erg goed ($RMSEA = 0.14$), en maar een klein deel van de variantie van de aantallen Kanoeten wordt verklaard door het voedsel ($R^2 = 0.1$). Wel is de loading van het

Nonnetje en het Wadslakje hoog en daarom ook de R^2 voor deze prooisorten. De slechte fit is waarschijnlijk voor een groot deel het gevolg van het sociale karakter van de Kanoet; doordat de soort veelal in grote groepen opereert zijn de aantallen op sommige locaties zeer groot en op andere, soms in voedselaanbod niet sterk verschillende, juist heel klein. Ook is het deel met de factoranalyse niet eenduidig doordat verschillende prooisorten niet sterk met elkaar correleren in hun verspreiding.

Kanoet



aantal vogels

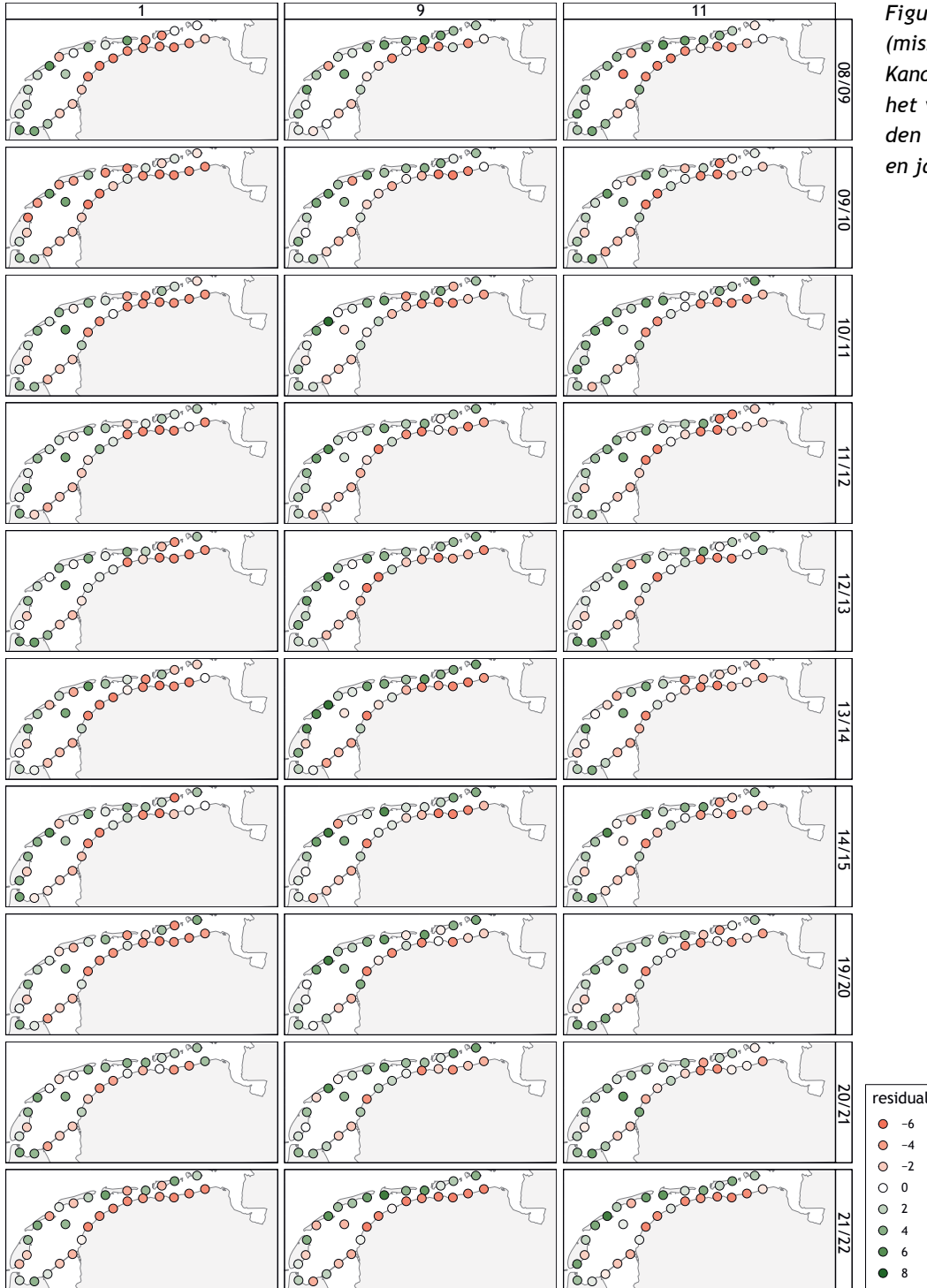
- 0
- 10000
- 20000
- 30000
- 40000
- 50000
- 60000

Figuur 9.7. Aantallen Kanoeten op de HVP's per seizoen en de geselecteerde maanden september, november en januari.

Opvallend is dat de gehele vastlandskust relatief onderbenut wordt door Kanoeten terwijl Vlieland en Griend en de Rottums in de regel goed bezet zijn (rekening houdend met de voedselsituatie). Ook de HVP's

op de eilanden binnen het MLV gebied worden in veel jaren goed benut terwijl de HVP's binnen het MLV gebied langs het vasteland in mindere mate worden bezocht door Kanoeten (Figuur 9.8).

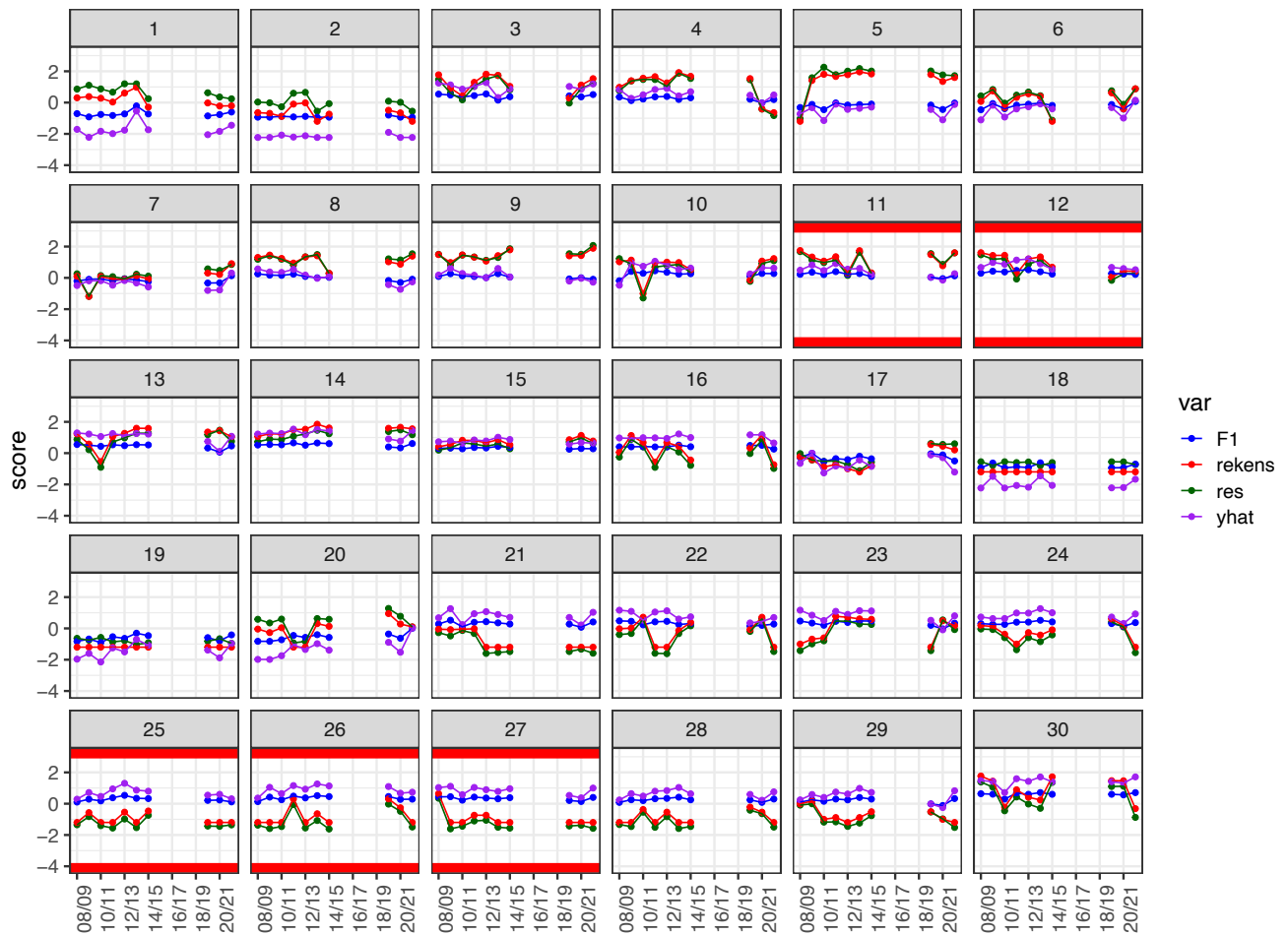
Residuen



Figuur 9.8. De residuen (mismatch) van het aantal Kanoeten ten opzichte van het voedsel voor de maanden september, november en januari.

Er is geen duidelijke trend over de jaren zichtbaar in de latente variabele F (Figuur 9.9). Dit wordt ook niet verwacht gezien de trends van het Wadslakje en het

Nonnetje. Er is ook geen duidelijk verschil in trends zichtbaar tussen HVP's in MLV-gebied en elders.

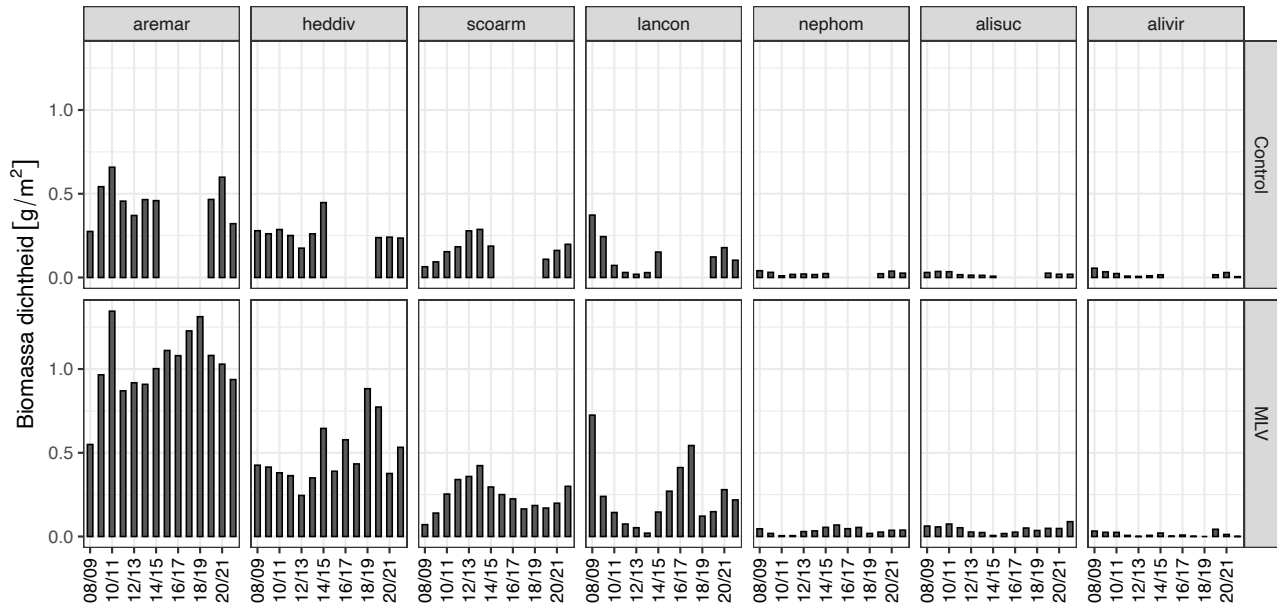


Figuur 9.9. Tijdsreeksen van de factor score ($F1$), het getelde aantal individuen (*rekens*), de residuen (*res*) en het voorspelde aantal individuen (*yhat*) voor de Kanoet per virtuele HVP. De variabelen zijn genormaliseerd om het verloop ten opzichte van elkaar in een figuur zichtbaar te maken. HVP's 11, 12, 25, 26 en 27 liggen in het MLV gebied (rode omranding).

9.3. Rosse Grutto

Figuur 9.10 illustreert het verloop van de prooibestanden van de Rosse Grutto in het MLV gebied en daarbuiten. De belangrijkste prooi-soort in termen van biomassa zijn de Wadpier (*aremar*), Zeeduizendpoot (*heddiv*), Wapenworm (*scoarm*) en Schelpkokerworm

(*lancon*). Met name de Schelpkokerworm laat grote schommelingen zien van jaar op jaar. Opvallend is de hoge biomassa van de Wadpier in 2022 in het MLV gebied, maar niet daarbuiten. Zowel in het MLV gebied als daarbuiten zijn er geen duidelijke trends aanwijsbaar.

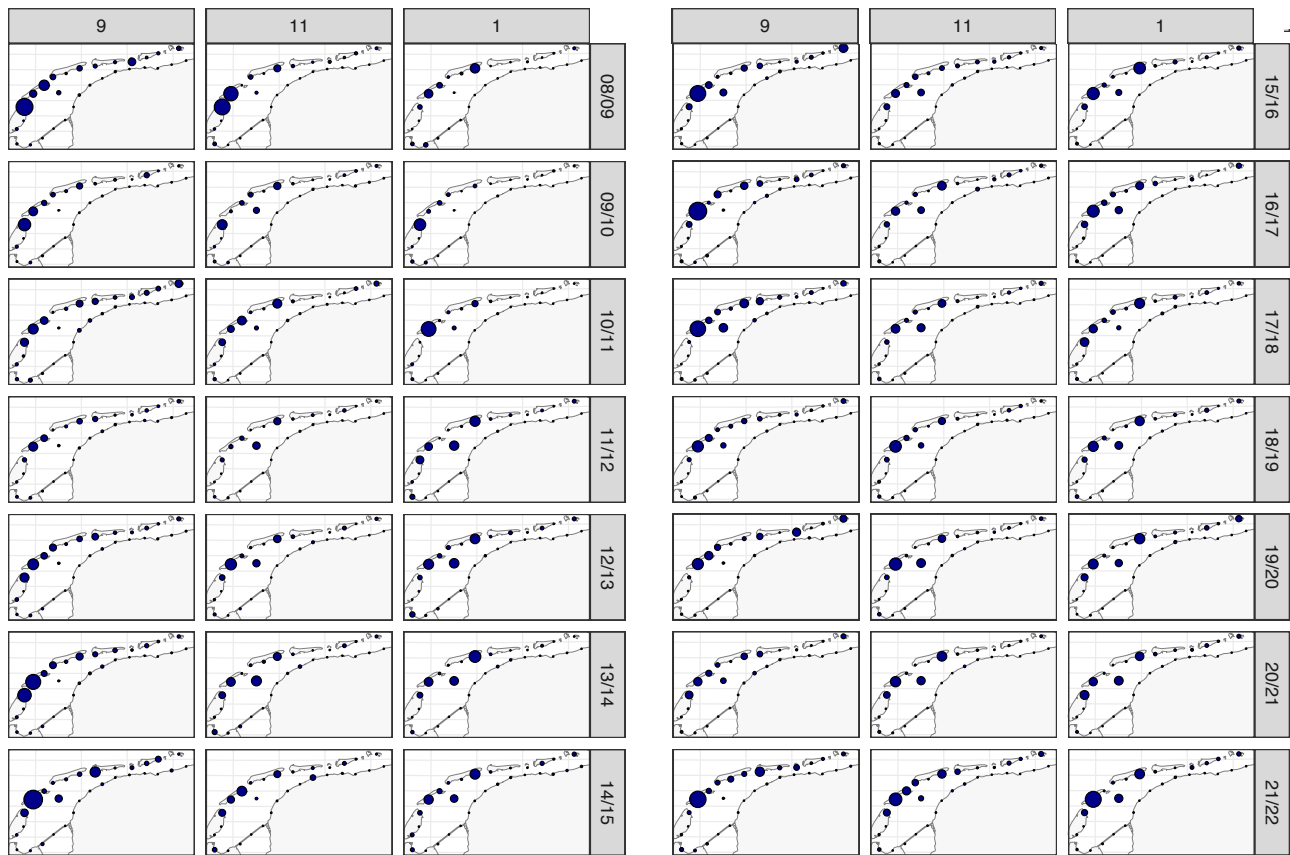


Figuur 9.10. De gemiddelde bereikbare dichtheid (g/m^2) van Rosse Grutto prooien op de wadplaten in het MLV gebied en het gebied daar buiten (Control) op het moment van bemonstering.

In de kaarten van Figuur 9.11 is te zien dat Rosse grutto's zich concentreren op de HVP's van Vlieland, Terschelling en Griend. De verschillen tussen maanden

van hetzelfde jaar (winterseizoen) kunnen aanzienlijk zijn.

Rosse Grutto



aantal vogels

- 0
- 10000
- 20000
- 30000
- 40000
- 50000
- 60000
- 70000

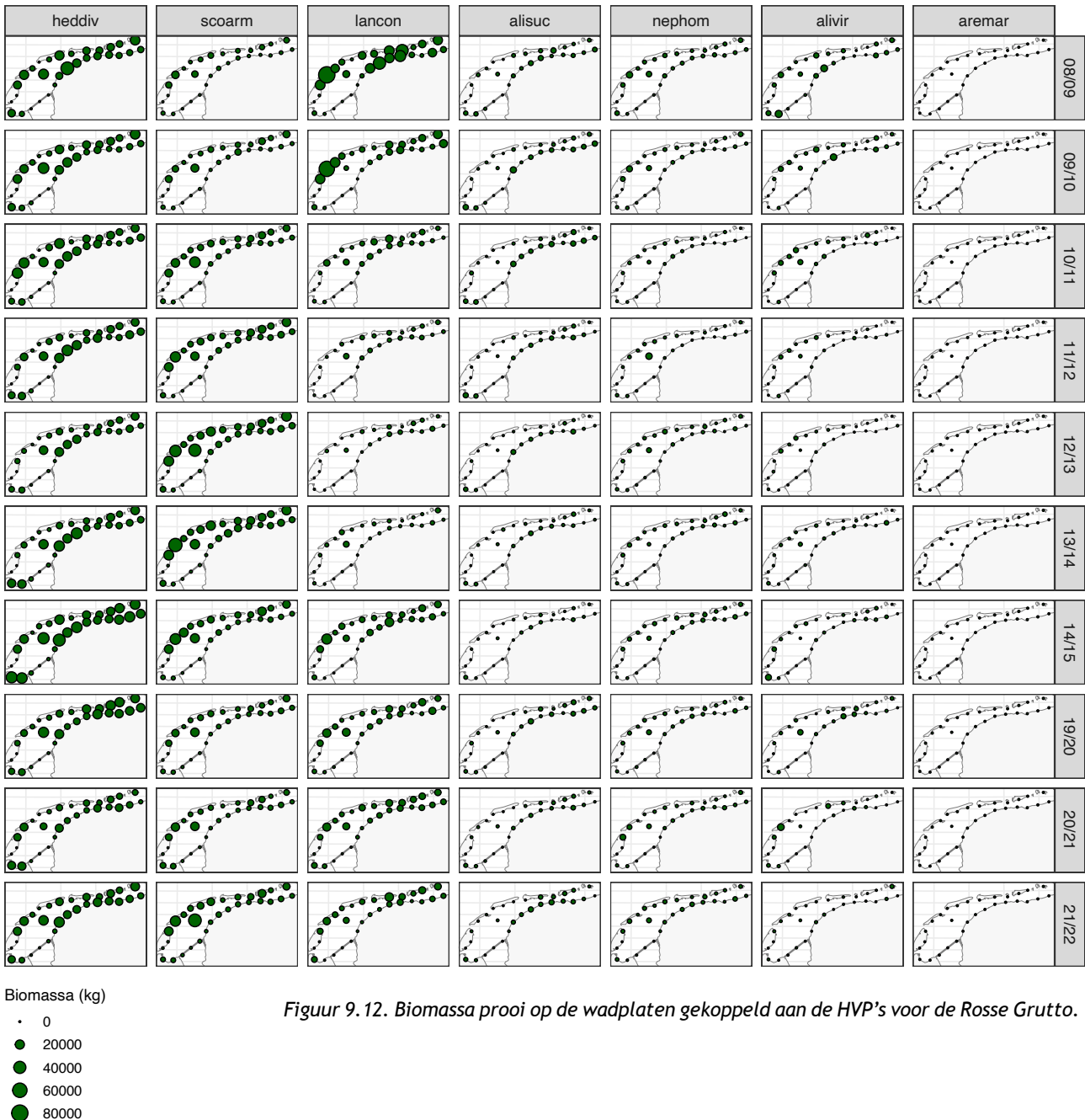
Figuur 9.11. Aantallen Rosse Grutto's op de HVP's per seizoen en de geselecteerde maanden september, november en januari.

De voedselbeschikbaarheid varieert nogal per jaar en prooi soort. Zo laat de Kokerworm een behoorlijke afname zien na het eerste monitoringsjaar (2008/2009) en is de Wapenworm over het algemeen in de gehele Waddenzee toegenomen (Figuur 9.12).

9.3.1. Interpretatie SEM Rosse Grutto

Net als voor de Kanoet is de fit van de SEM voor Rosse Grutto niet erg sterk maar laat wel een logisch en consistent patroon zien. De *RMSEA* is 0.173 en de R^2 voor het aantal vogels is 0.15. De factoranalyse laat zien dat bepaalde proesoorten goed corresponderen met *F* (met name Zeeduizendpoot, Wapenworm en de Schelpkokerworm) maar dat andere soorten weinig bijdragen aan *F* (*Alitta virens*).

Rosse Grutto – biomassa per HVP

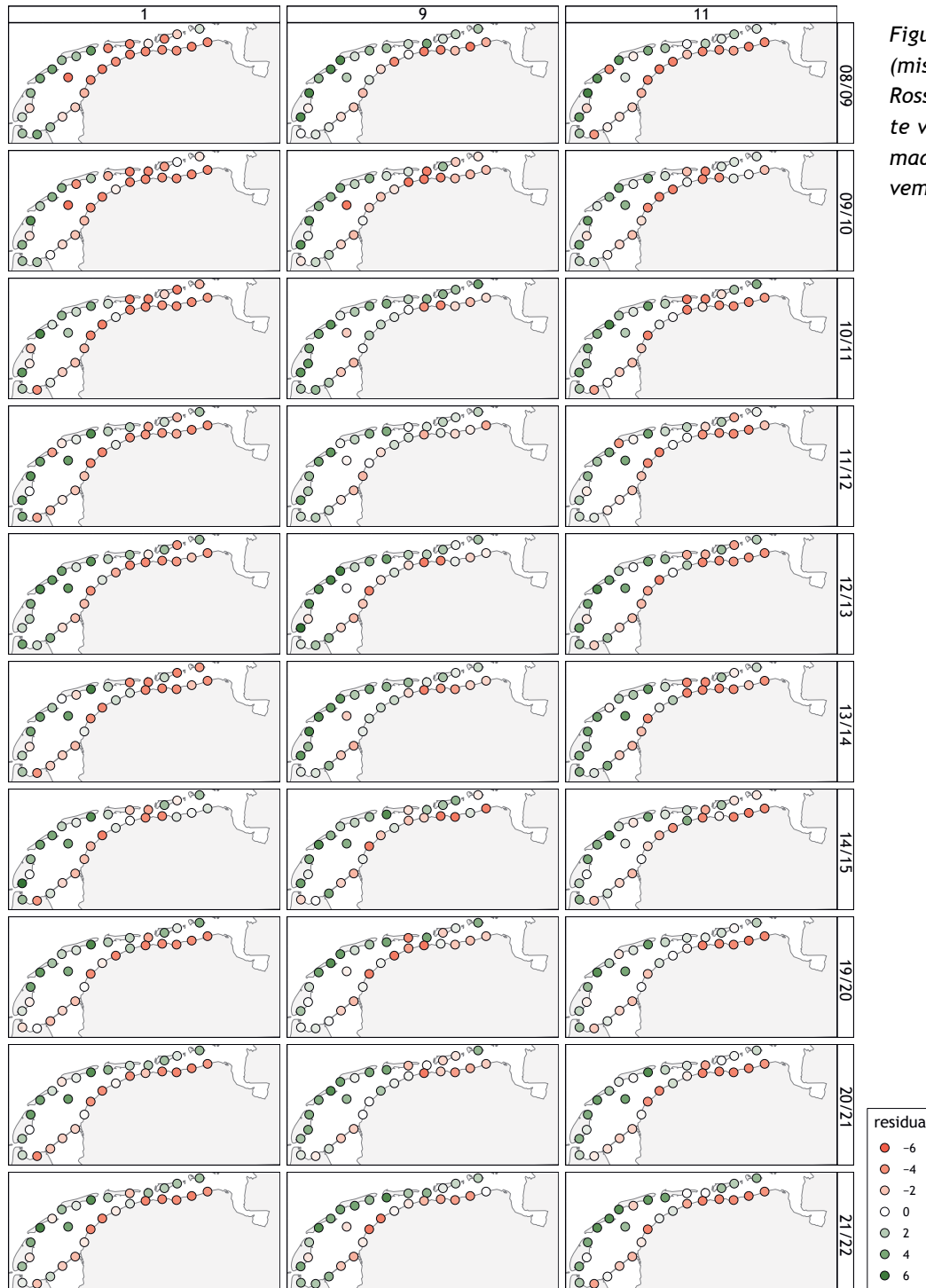


Figuur 9.12. Biomassa prooi op de wadplaten gekoppeld aan de HVP's voor de Rosse Grutto.

In bijna alle jaren en maanden zitten er langs de gehele vastelandskust minder Rosse Grutto's dan op basis van het voedsel verwacht zou worden (Figuur 9.13). Langs het Balgzand, op Vlieland en op Terschelling zitten er juist meer dan verwacht. Omdat de Rosse Grutto net als de Kanoet sterk aggregaert kan de mismatch voor

een deel hierdoor verklaard worden. Waarom juist de gebieden waar ze voorkomen aantrekkelijk zijn is niet duidelijk. Het zou te maken kunnen hebben met de openheid en andere habitat karakteristieken, zoals een verminderde predatiekans (Duijns 2014).

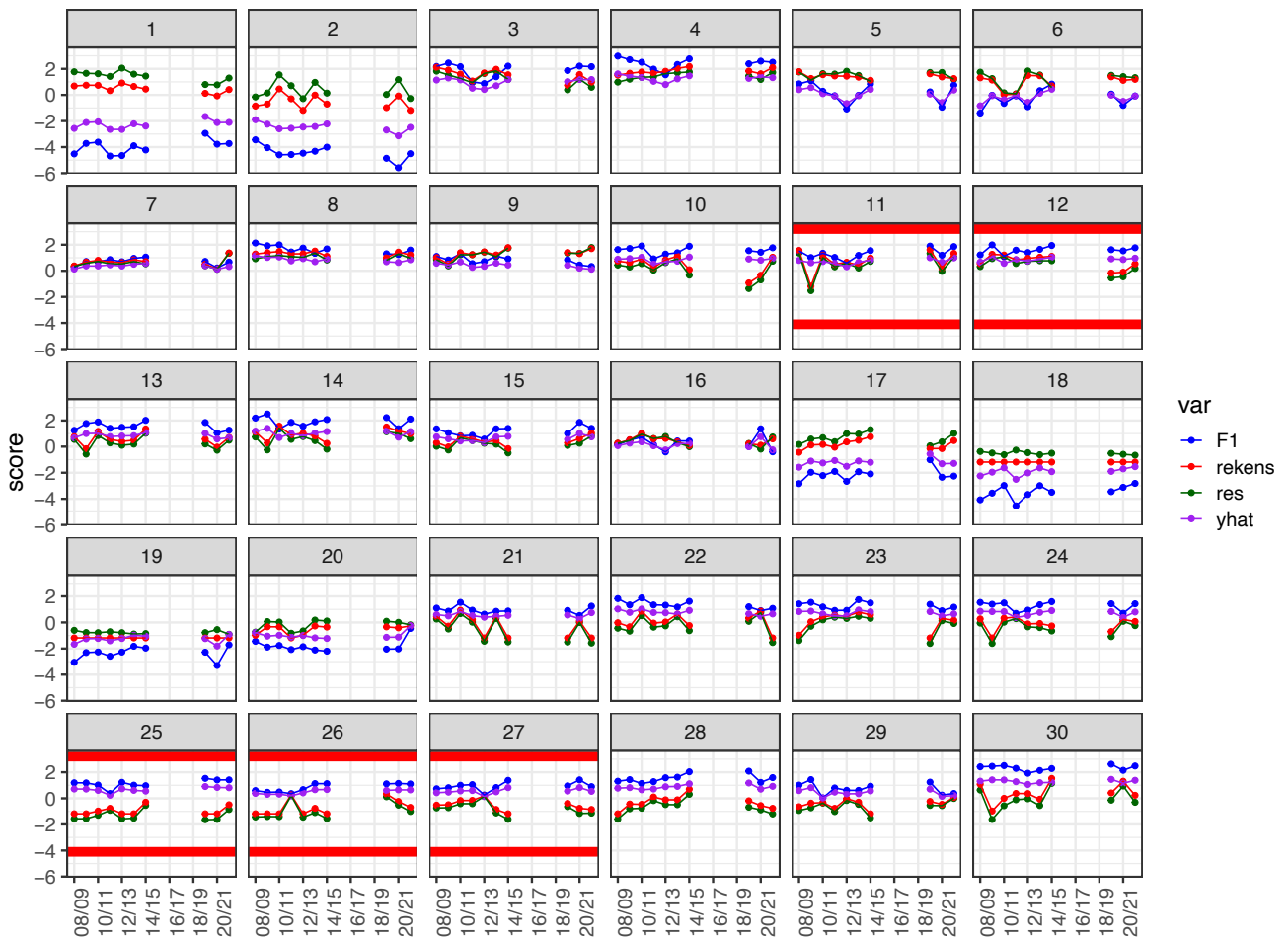
Residuen



Figuur 9.13. De residuen (mismatch) van het aantal Rosse Grutto's ten opzichte van het voedsel voor de maanden september, november en januari.

Zoals verwacht op basis van de modelfit is er geen duidelijke trend zichtbaar in F (Figuur 9.14). Verder corresponderen de trends in het getelde en op basis van

de SEM voorspelde aantal Rosse grutto's redelijk goed. Verschillen in trends in F tussen MLV-gebied en HVP's elders in de Waddenzee zijn niet duidelijk zichtbaar.

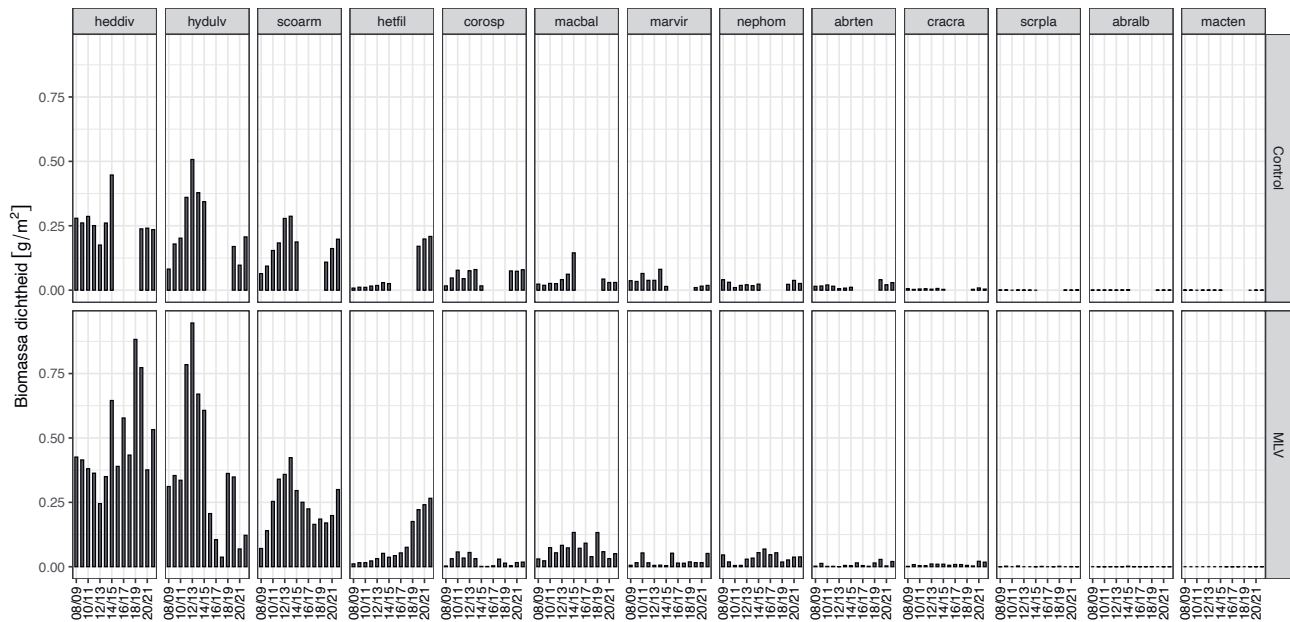


Figuur 9.14. Tijdsreeksen van de factor score ($F1$), het getelde aantal individuen (*rekens*), de residuen (*res*) en het voorspelde aantal individuen (*yhat*) voor de Rosse Grutto per virtuele HVP. De variabelen zijn genormaliseerd om het verloop ten opzichte van elkaar in een figuur zichtbaar te maken. HVP's 11, 12, 25, 26 en 27 liggen in het MLV gebied.

9.4. Bonte Strandloper

De Bonte Strandloper is een relatief moeilijk te modelleren soort vanwege de vele potentiële prooien en de beperkte kennis over wat er daadwerkelijk geconsumeerd wordt. Van de prooien die in de soortenlijst zijn opgenomen zijn de Zeeduizendpoot, Wadslakje, Wapenworm en de Draadworm de belangrijkste soorten in termen van biomassa. De biomassa's van alle

soorten fluctueren aanzienlijk tussen jaren, maar vooral die van het Wadslakje varieert sterk (Figuur 9.15). De biomassa van de Draadworm neemt systematisch toe zowel binnen als buiten het MLV gebied. De Zeeduizendpoot komt door de gehele Waddenzee in hoge dichtheden voor. Het Wadslakje heeft een specifiekere ruimtelijke verspreiding en de dichtheden zijn hoog langs de vastelandskust.

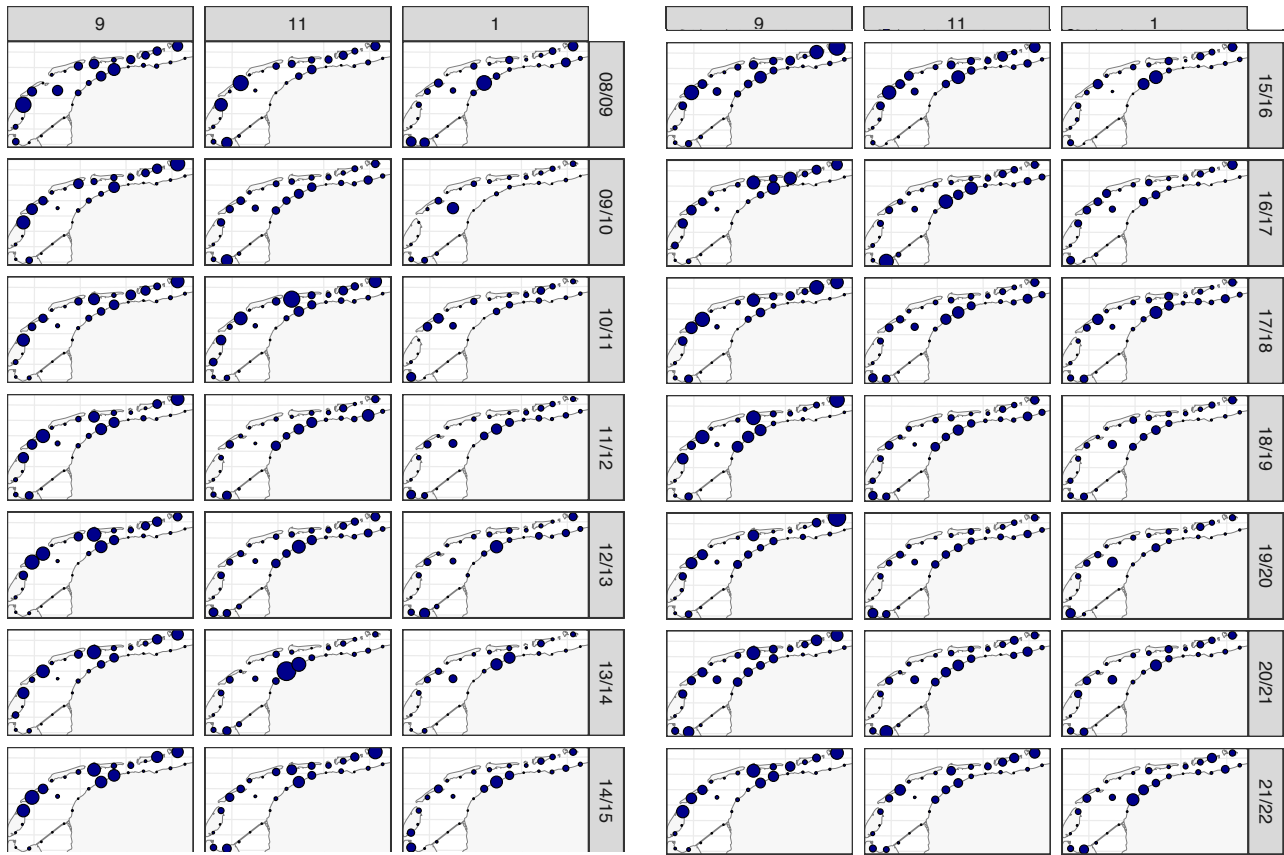


Figuur 9.15. De gemiddelde bereikbare dichtheid (g/m^2) van Bonte Strandloper prooien op de wadplaten in het MLV gebied en het gebied daar buiten (Control) op het moment van bemonstering.

Belangrijke HVP gebieden voor de Bonte Strandloper zijn Friesland Buitendijks, de oostpunt van Schiermonnikoog, Rottum en Ameland-west. De Bonte

Strandloper komt vrijwel op alle HVP's voor, al zijn de dichtheden langs de Groningse vastelandskwelders en op westelijk Terschelling opvallend laag (Figuur 9.16).

Bonte Strandloper



aantal vogels

- 0e+00
- 2e+04
- 4e+04
- 6e+04
- 8e+04
- 1e+05

Figuur 9.16. Aantallen Bonte Strandlopers op de HVP's per seizoen in de geselecteerde maanden september, november en januari.

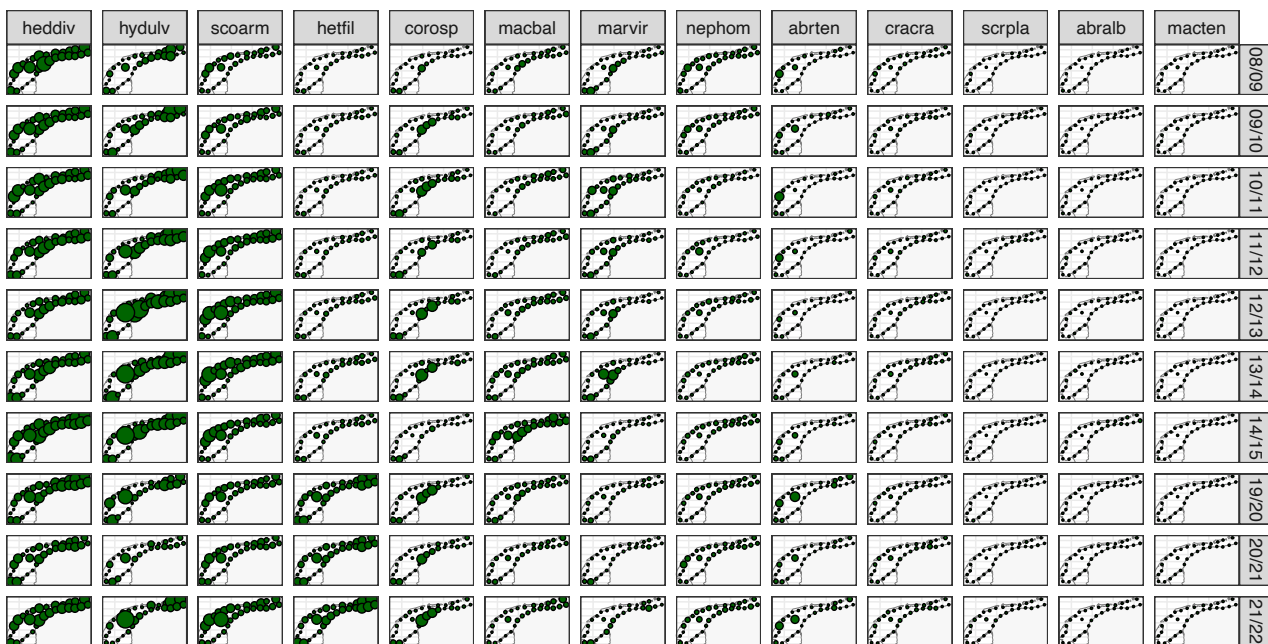
Door de grote verscheidenheid van het dieet is het lastig om de betere gebieden aan te wijzen, maar de grootste dichtheden liggen rond Griend en Vlieland, maar ook onder Rottum voor de Rode Draadworm (Figuur 9.17).

9.4.1. Interpretatie SEM Bonte Strandloper

De fit van de SEM is ook bij Bonte Strandlopers niet erg sterk maar ook deze soort laat een logisch en consistent patroon zien. De *RMSEA* is 0.129 en de *R*² voor

het aantal vogels is 0.34. De factoranalyse laat zien dat de meeste prooisorten redelijk goed corresponderen met *F*, wat overeenkomt met het dieet van deze soort. Hoewel het model als geheel de aantallen Bonte Strandlopers niet goed kan verklaren zijn de relaties binnen het model logisch en statistisch significant en kan worden geconcludeerd dat *F* een robuuste proxy is voor de voedselcondities en de aantallen Bonte Strandlopers.

Bonte Strandloper – biomassa per HVP



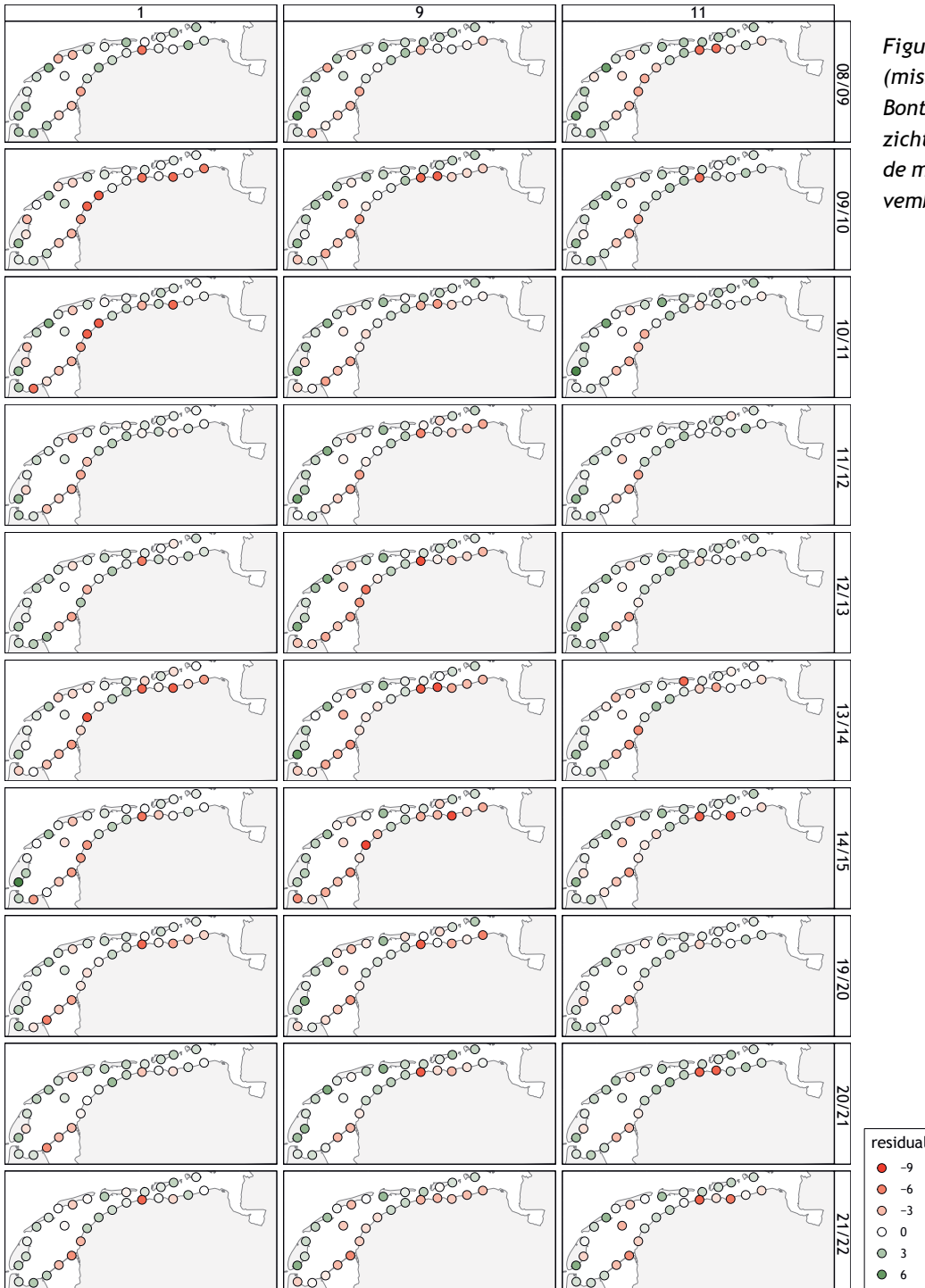
Biomassa (kg)
 • 0
 ● 20000
 ● 40000
 ● 60000

Figuur 9.17. Biomassa van de prooien op de wadplaten gekoppeld aan de HVP's voor de Bonte Strandloper.

Net als het voedsel komt ook de Bonte Strandloper door de gehele Waddenzee in grote aantallen voor (Figuur 9.18). Enkele plekken die eruit springen - in de zin dat er minder Bonte Strandlopers zitten dan

verwacht- is het HVP gebied langs de vastelandskust ten westen van het Lauwersmeer (Figuur 9.18). In de regel zijn de HVP's op de eilanden goed bezet.

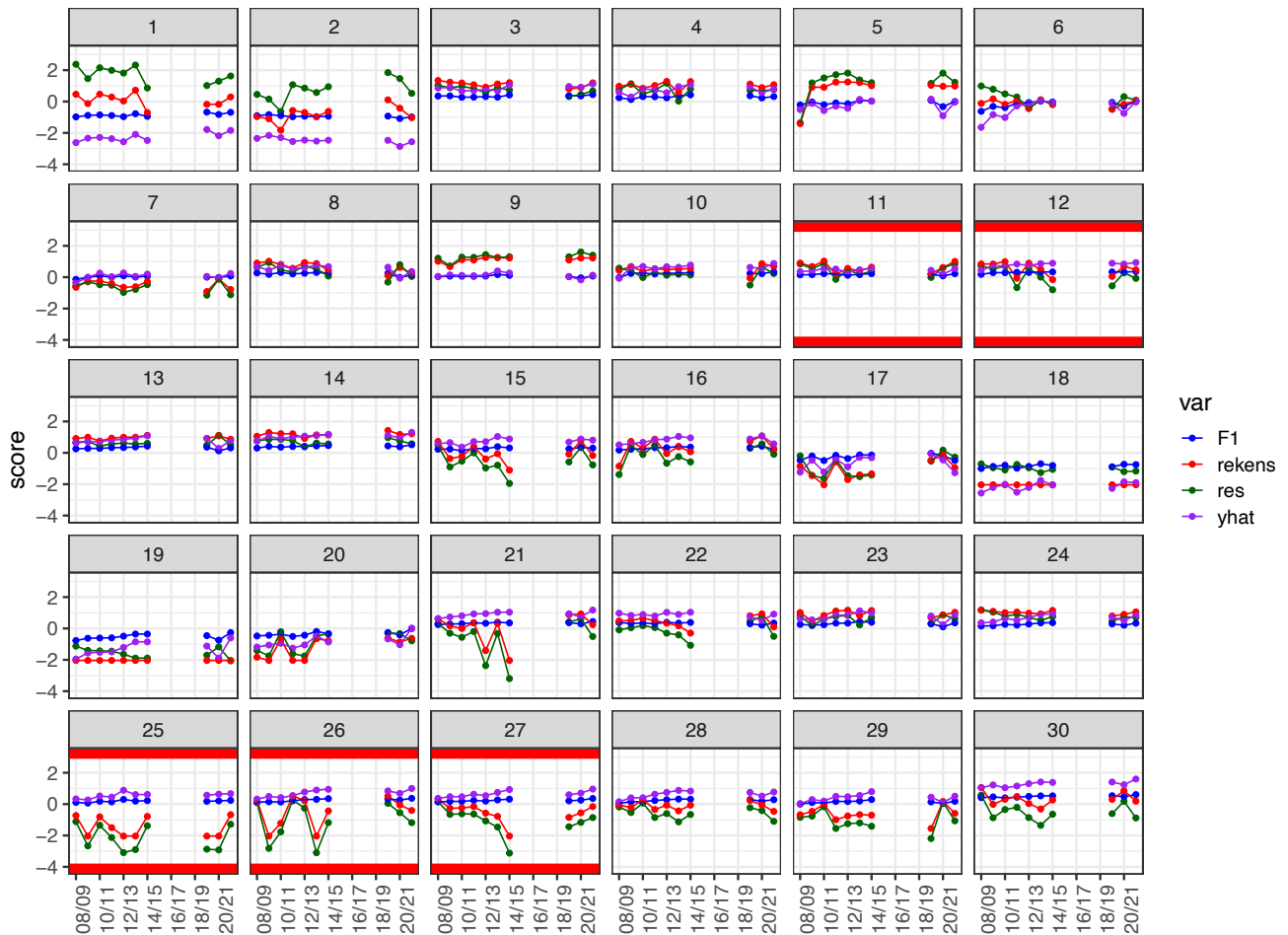
Residuen



Figuur 9.18. De residuen (mismatch) van het aantal Bonte Strandlopers ten opzichte van het voedsel voor de maanden september, november en januari.

De trends in F corresponderen goed met de veranderingen in het voedsel (Figuur 9.19). Enkele opvallende patronen zijn hele lage aantallen Bonte Strandloper bij virtuele HVP 21 in 2012/2013 en 2013/2014, terwijl de voedselcondities niet verslechterd waren. Een

soortgelijk patroon is voor virtuele HVP's, 25, 26 en 27 en in mindere mate ook voor 22 te zien. Voedselaanbod en voorspelde aantallen Bonte Strandloper in de MLV-gebieden vertonen geen neerwaartse ontwikkeling.

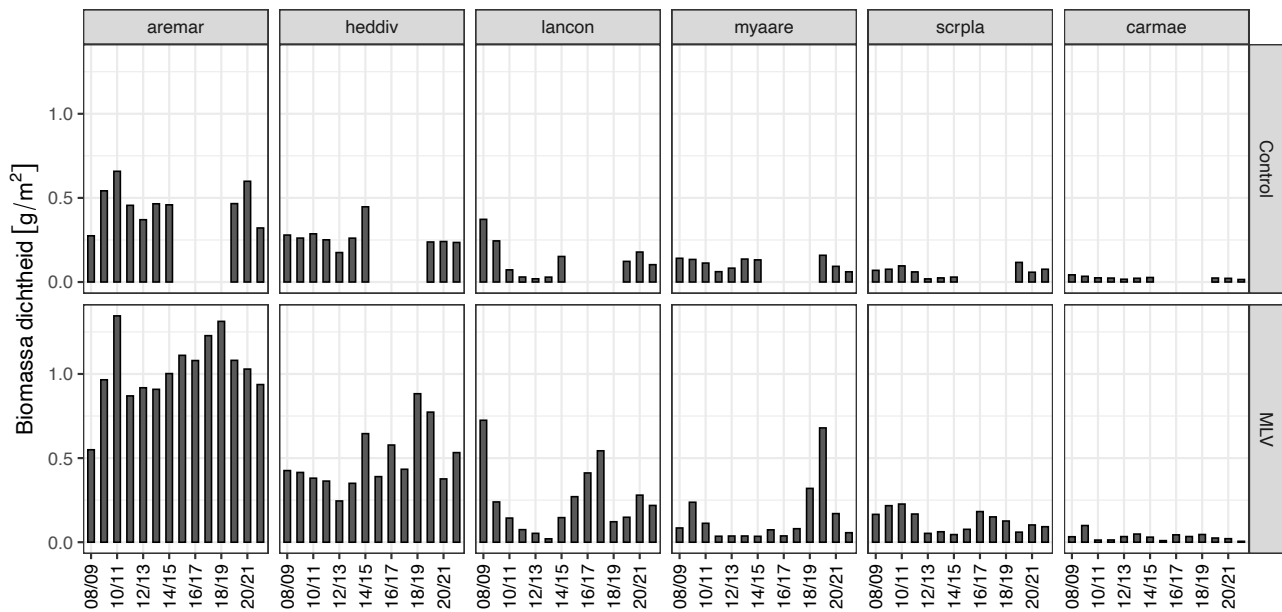


Figuur 9.19. Tijdsreeksen van de factor score (F_1), het getelde aantal individuen (rekens), de residuen (res) en het voorspelde aantal individuen (yhat) voor de Bonte Strandloper per virtuele HVP. De variabelen zijn genormaliseerd om het verloop ten opzichte van elkaar in een figuur zichtbaar te maken. HVP's 11, 12, 25, 26 en 27 liggen in het MLV gebied (rode omranding).

9.5. Wulp

De Wulp heeft een breed scala aan ongewervelden zoals wormen, kreeftachtigen en schaaldieren in het dieet. In termen van biomassa zijn Wadpier, Zeeduizendpoot,

Schelpkokerworm en Strandgaper belangrijke prooien voor de Wulp. Opvallend is de hoge biomassa van de Wadpier in het MLV gebied (Figuur 9.20).

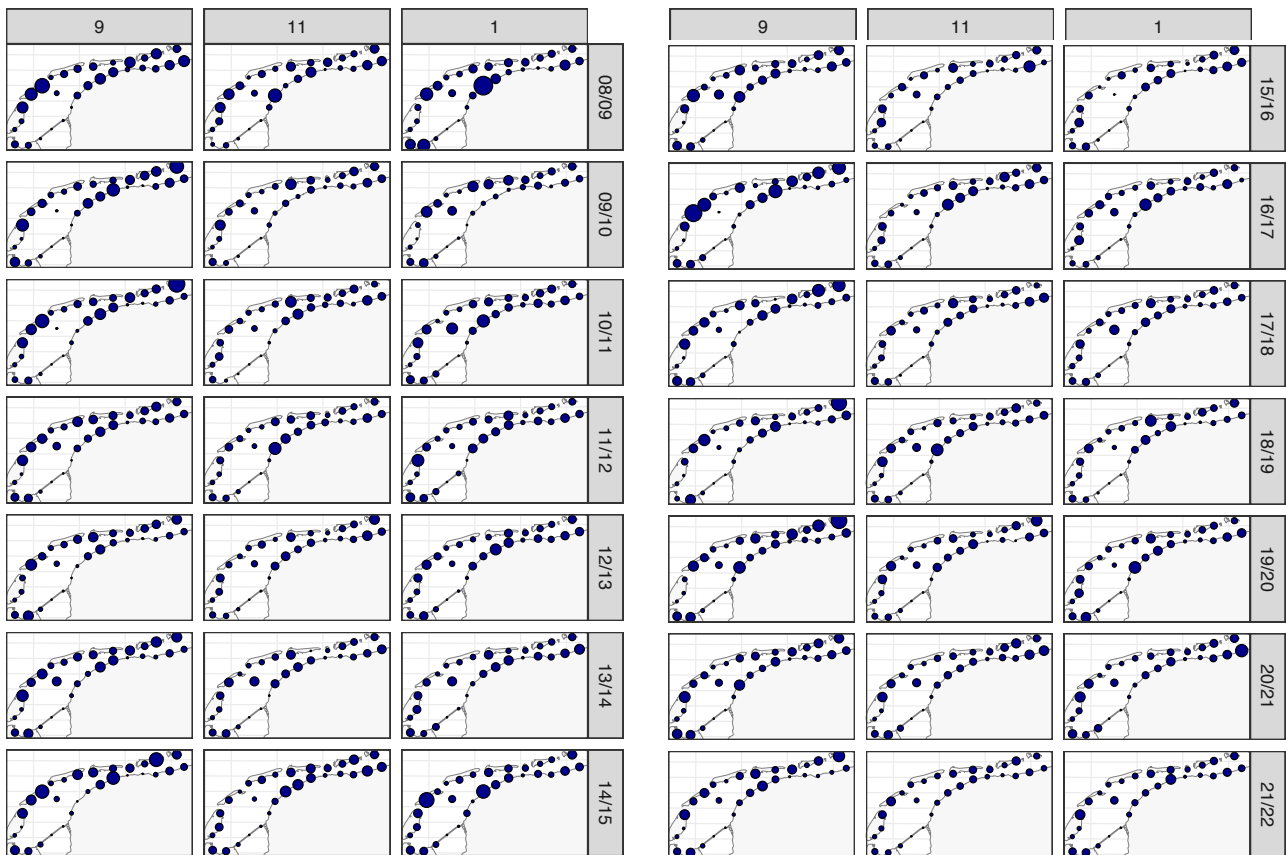


Figuur 9.20. Gemiddelde bereikbare dichtheid (g/m²) van Wulp prooien op de wadplaten in het MLV gebied en het gebied daar buiten (Control) op het moment van bemonstering.

De Wulp laat een grote variatie zien in aantallen op de verschillende HVP's, maar ook tussen jaren en maanden (Figuur 9.21). Deels zal dit maken hebben met feit dat in het najaar Wulpen uit noordelijkere streken in

Nederland om hier de winter door te brengen of energie op te bouwen voor een verdere trektocht naar het zuiden.

Wulp



aantal vogels

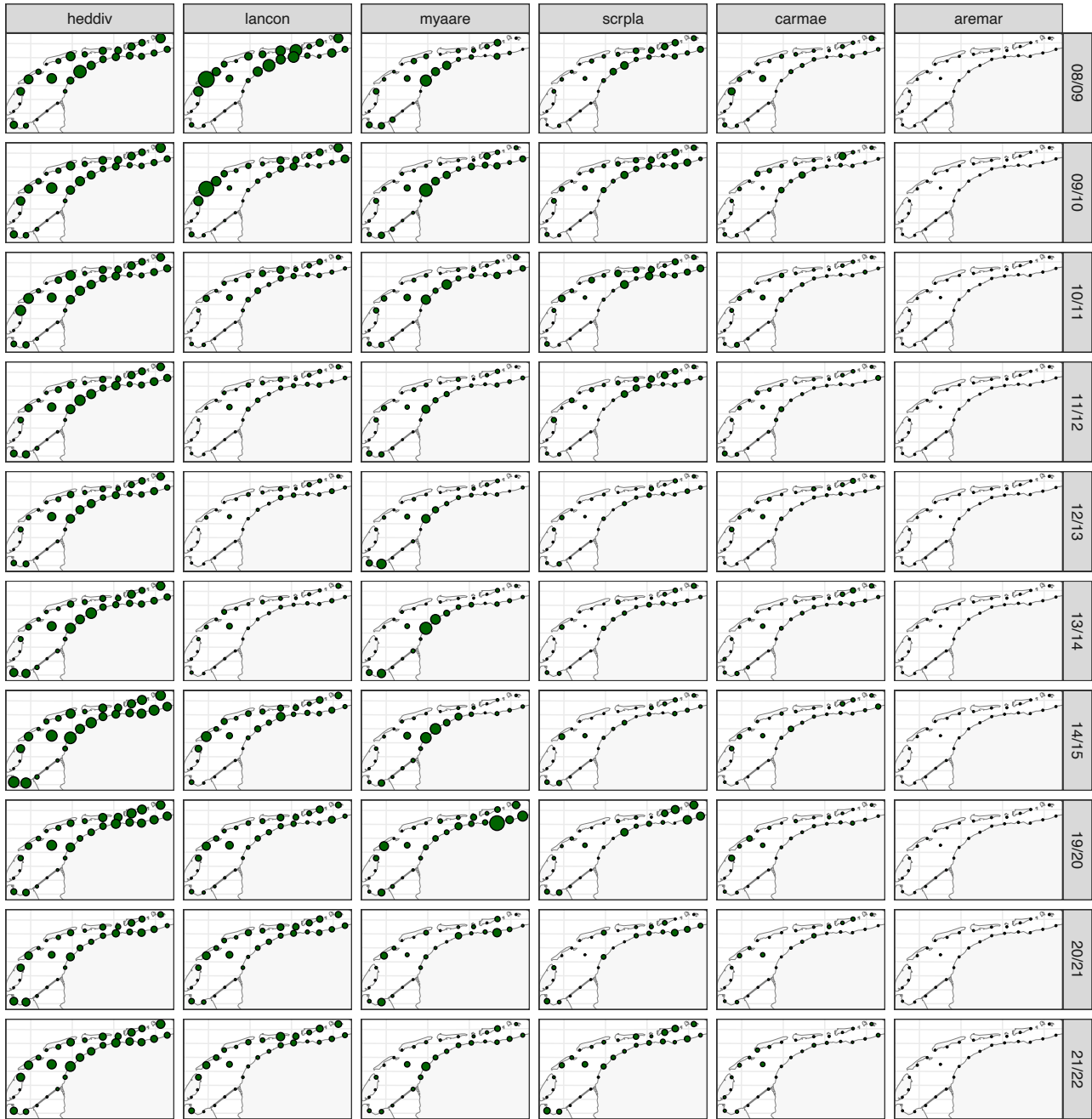
- 0
- 5000
- 10000
- 15000
- 20000
- 25000
- 30000
- 35000

Figuur 9.21. Aantallen Wulpen op de HVP's per seizoen en de geselecteerde maanden september, november en januari.

De biomassa van de prooien van de Wulp laat grote variatie in ruimte en tijd zien. Zo was de Schelpkokerworm in hoge dichtheden beschikbaar in het begin van de monitoringsperiode (2008/2009), maar daarna zakte de biomassa gestaag tot 2013/2014, waarna het

weer toenam en sindsdien redelijk stabiel lijkt. De Strandgaper is ook zo'n soort die in sommige jaren lokaal hoge dichtheden geeft, die na een of twee jaar weer zijn verdwenen. Opvallend is de stabiele dichtheid aan Wadpieten over de jaren (Figuur 9.20 en 9.22).

Wulp – biomassa per HVP

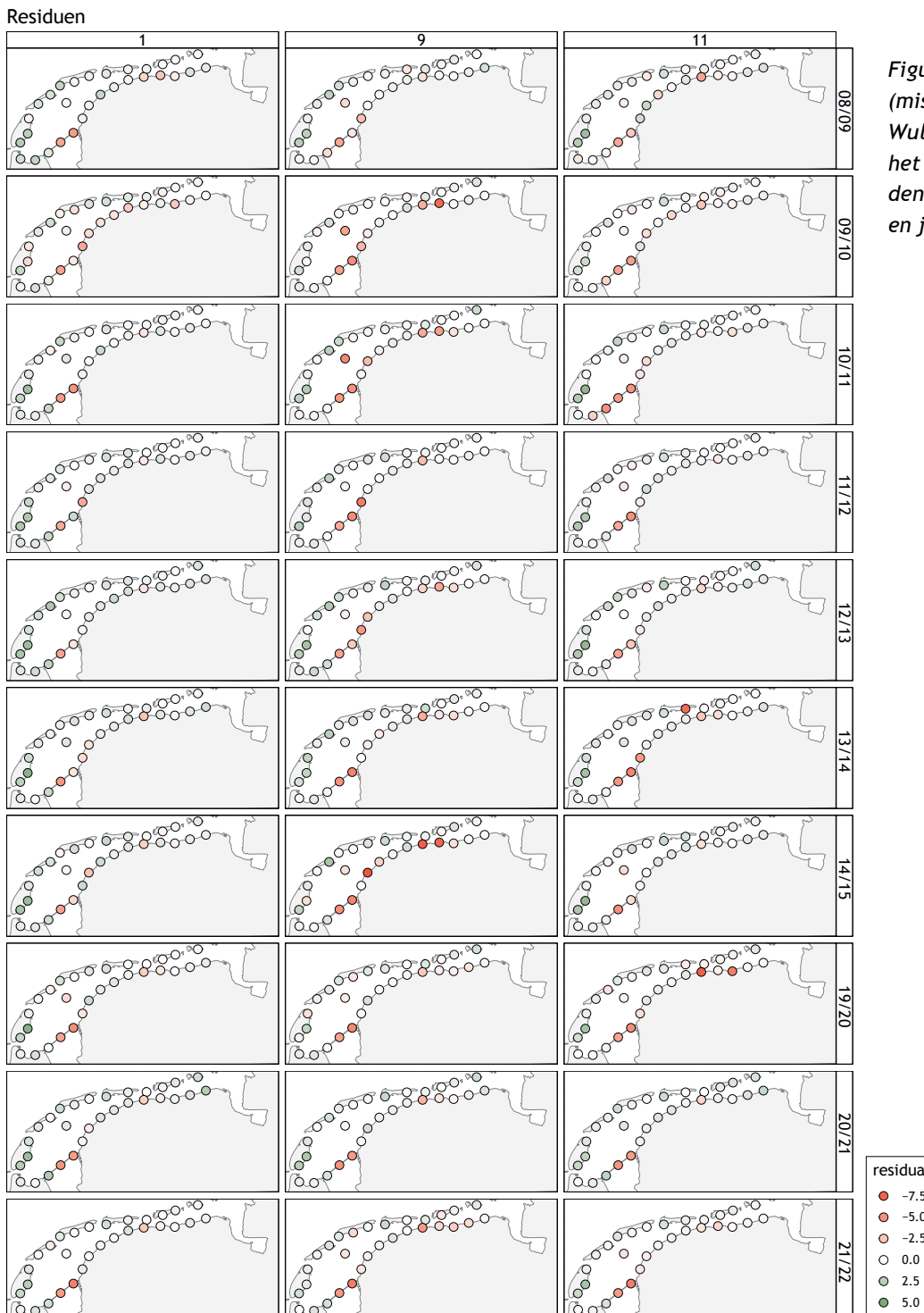


Figuur 9.22. Biomassa van de prooien op de wadplaten gekoppeld aan de HVP's voor de Wulp.

9.5.1. Interpretatie SEM Wulp

De fit van de SEM is bij de Wulp behoorlijk sterk. De *RMSEA* is 0.10 en de R^2 voor het aantal vogels is 0.32. De factoranalyse laat zien dat de meeste prooisorten redelijk goed corresponderen met *F*, wat overeenkomt met de flexibiliteit in het dieet van deze soort. Het model als geheel verklaart de aantallen Wulpen relatief goed en de relaties binnen het model zijn logisch en statistisch significant, waaruit kan worden geconcludeerd dat *F* een robuuste proxy is voor de voedselcondities en de aantallen Wulpen.

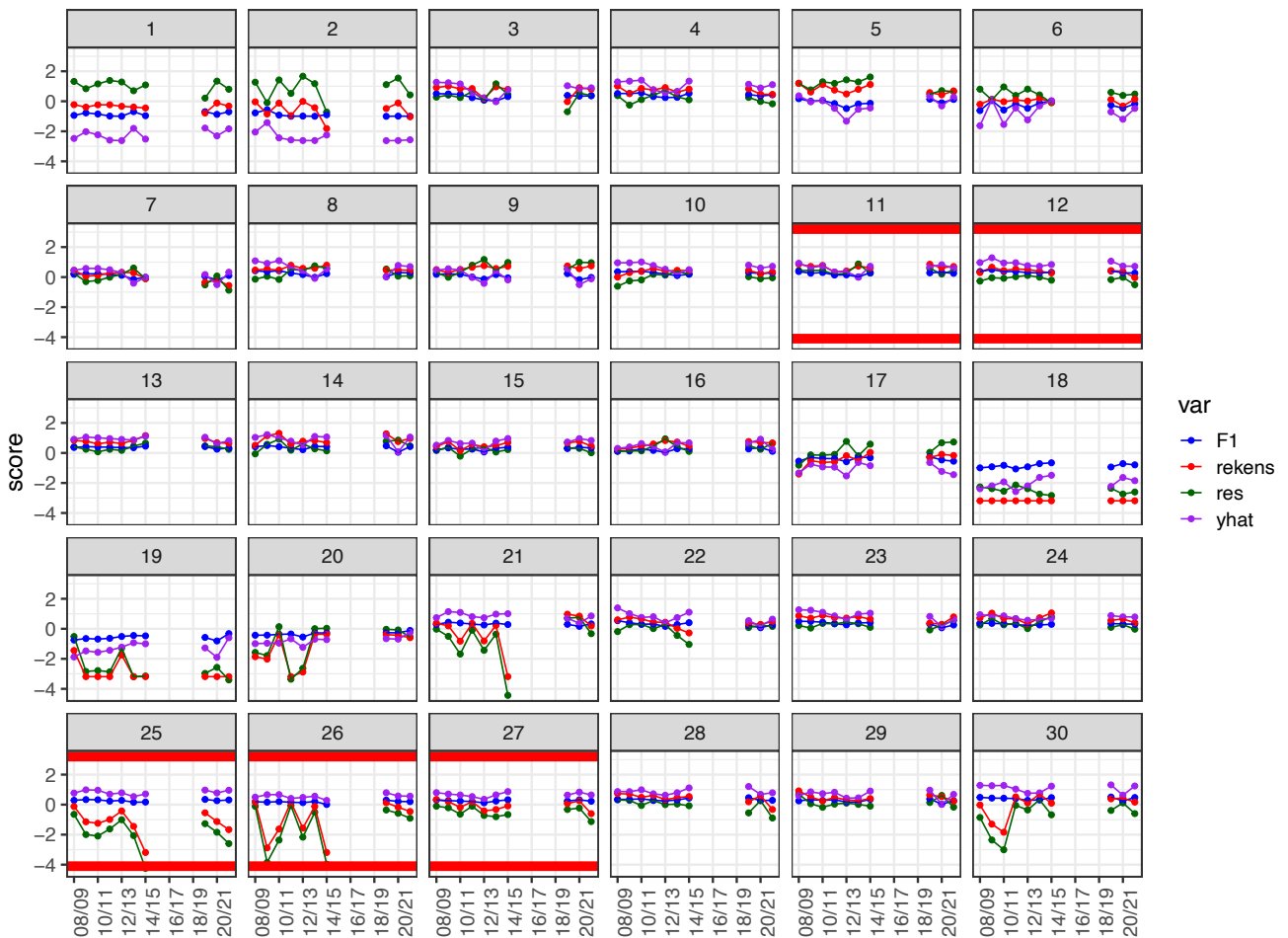
Wanneer gekeken wordt naar de mismatch tussen het voedsel en de aantallen Wulpen valt op dat in September de grootste afwijkingen zichtbaar zijn (Figuur 9.23). Dit is niet onverwacht, aangezien er dan grote aantalsfluctuaties zijn door een afwisseling van broedvogels, doortrekkers en overwinteraars. Over het algemeen zijn de meeste HVP's goed bezet, en zien we de grootste afwijkingen aan de vastelandkust.



Figuur 9.23. De residuen (mismatch) van het aantal Wulpen ten opzichte van het voedsel voor de maanden september, november en januari.

De trends in F corresponderen goed met de veranderingen als het voedsel (Figuur 9.24). Enkele opvallende patronen zijn hele lage aantallen Wulpen bij virtuele HVP's 21, 25 en 26, met name in 2014/2015. Dit zou te maken kunnen hebben met de lokale afname in de biomassa Strandgapers (Figuur 9.22). Er is geen

afname zichtbaar in de voedselbeschikbaarheid, maar deze gebieden liggen aan de vastelandskust, en wellicht gaan Wulpen deze gebieden mijden door toenemende verstoreng, zoals bij Westhoek (HVP 21) gevonden is voor Wulpen (Kleefstra *et al.* 2023).

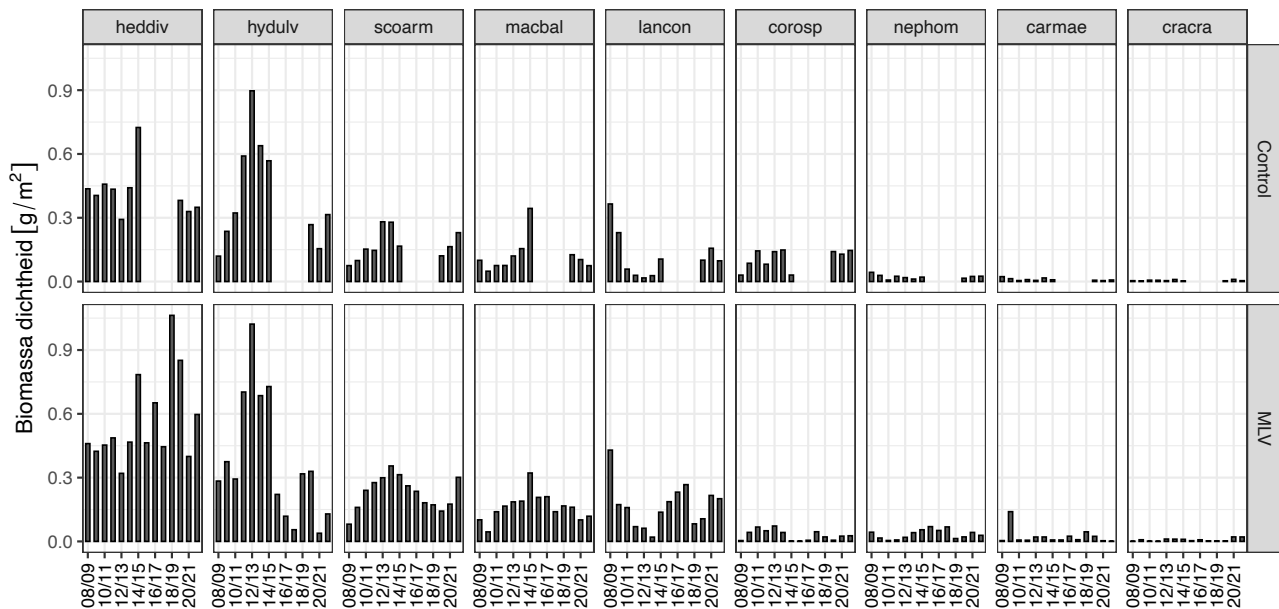


Figuur 9.24. Tijdsreeën van de factor score ($F1$), het getelde aantal individuen (*rekens*), de residuen (*res*) en het voorspelde aantal individuen (*yhat*) voor Wulpen per virtuele HVP. De variabelen zijn genormaliseerd om het verloop ten opzichte van elkaar in een figuur zichtbaar te maken. HVP's 11, 12, 25, 26 en 27 liggen in het MLV gebied.

9.6. Tureluur

Net als de Bonte Strandloper is de Tureluur een relatief moeilijk te modelleren soort vanwege de vele potentiële prooien en de beperkte kennis over wat er daadwerkelijk geconsumeerd wordt. Van de soorten die in de prooijst zijn opgenomen zijn de Zeeduizendpoot, Wadslakje, Wapenworm en het Nonnetje de belangrijkste soorten in termen van biomassa (Figuur 9.25).

De biomassa's van alle soorten fluctueren sterk tussen jaren, maar vooral die van het Wadslakje varieert sterk. De biomassa van de Zeeduizendpoot lijkt stabiel, met enkele piekjaren. De Zeeduizendpoot komt door de gehele Waddenzee in hoge dichtheden voor, terwijl het Wadslakje een specifiekere ruimtelijke verspreiding heeft, vooral langs de vastelandskust.

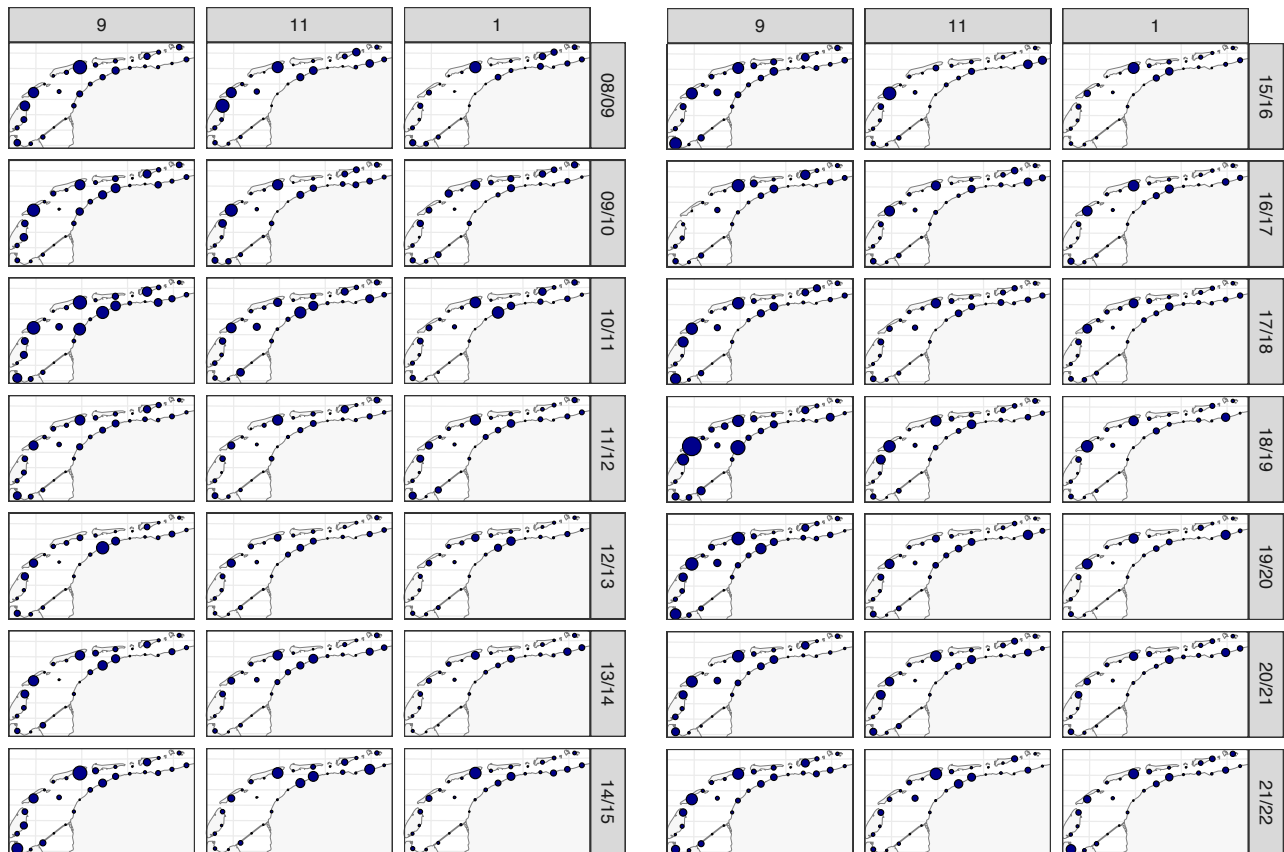


Figuur 9.25. Gemiddelde bereikbare dichtheid (g/m^2) van Tureluur prooien op de wadplaten in het MLV gebied en het gebied daar buiten (Control) op het moment van bemonstering.

Hoewel de meeste broedvogels uit ons eigen land weg-trekken in de winter, wordt Nederland dan aangevuld met overwinteraars, veelal afkomstig van IJsland. Daarnaast trekken er in juli en augustus grote aantallen Tureluurs van de Noord-Europese broedpopulatie door op weg naar hun zuidelijker gelegen winterverblijf en gedurende deze periode zijn de Tureluuraantallen in Nederland dan ook het grootst.

De Tureluur laat een grote variatie zien in aantallen op de verschillende HVP's, maar de hoogste aantallen lijken zich in het westelijk deel van de Waddenzee te concentreren (Figuur 9.26).

Tureluur

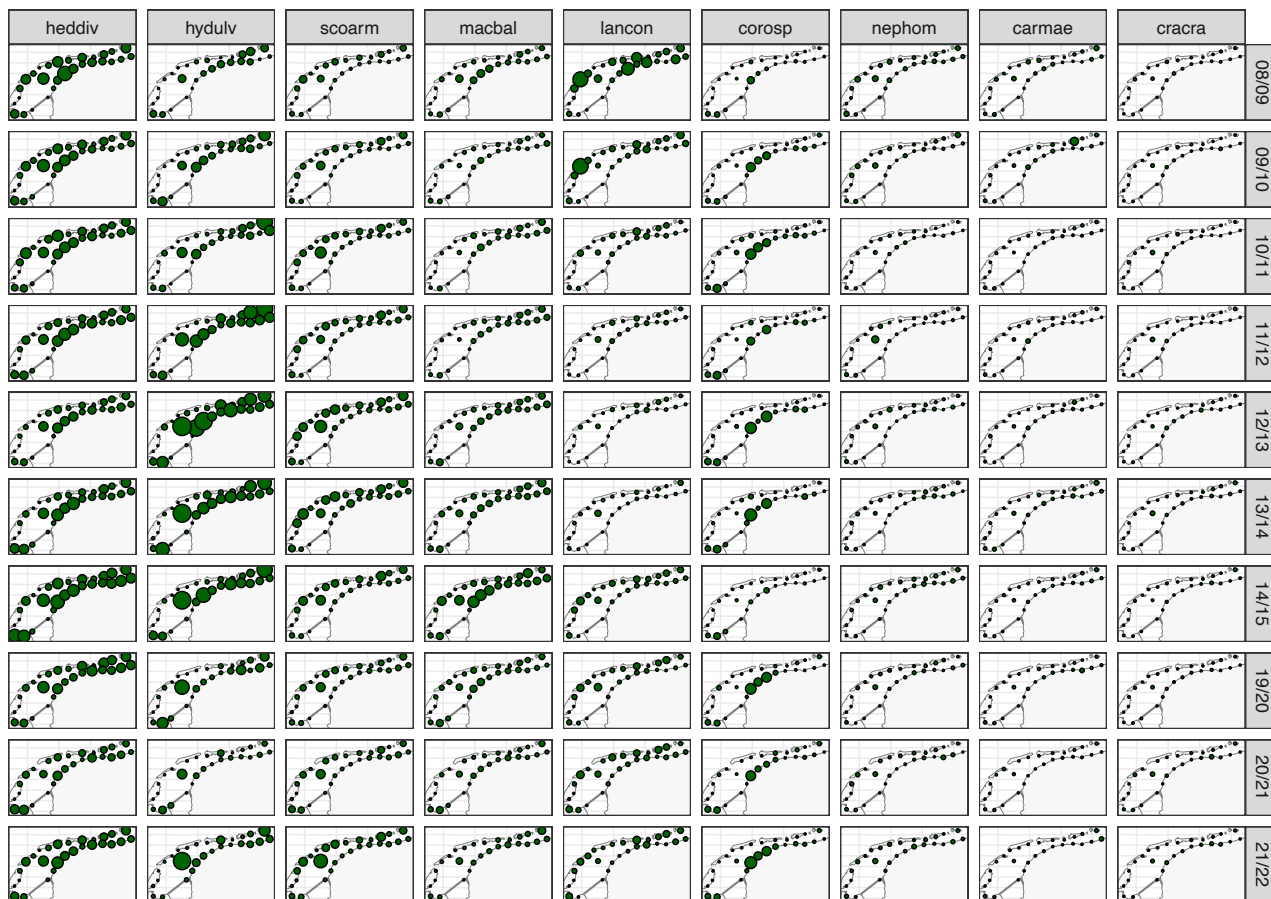


Figuur 9.26. Aantallen Tureluurs op de HVP's per seizoen en de geselecteerde maanden september, november en januari.

Door een breed scala aan prooidieren is het niet eenvoudig om potentieel goede gebieden aan te wijzen, maar in algemene zin zijn de prooien voor de Tureluur te vinden in de hoogste dichtheid langs de Friese en Groningse kust en rondom Griend (Figuur 9.27).

De biomassa van de prooien van de Tureluur laat grote variatie zien in ruimte en tijd, maar opvallend is de hoge biomassa rondom Griend. Zo laat bovenstaande figuur ook goed zien dat de Slijkgarnaal voornamelijk langs de Friese kust te vinden is, met vrij veel variatie in dichtheden (Figuur 9.27).

Tureluur – biomassa per HVP



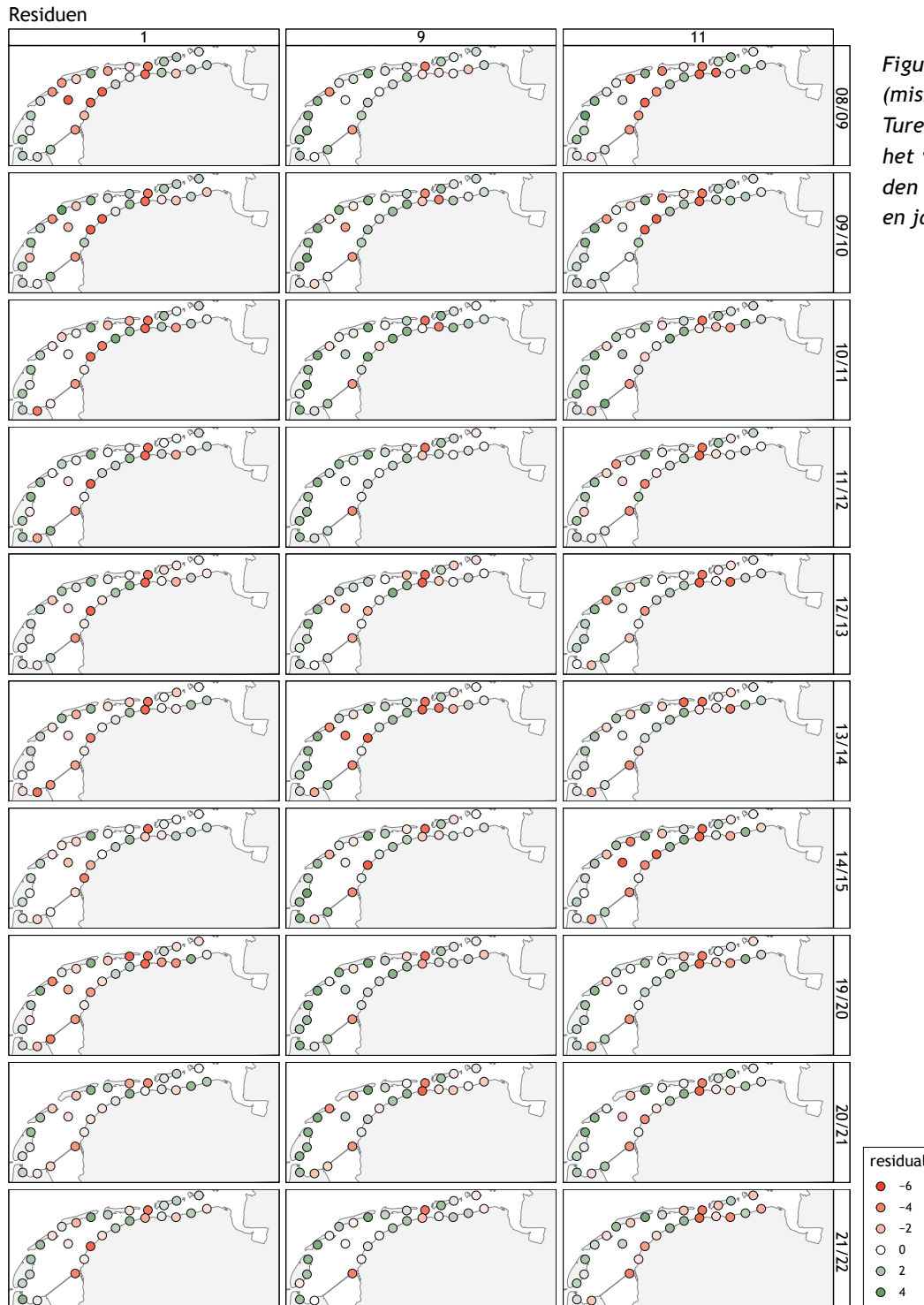
Biomassa (kg)
 • 0
 ● 20000
 ● 40000
 ● 60000

Figuur 9.27. Biomassa van de prooien op de wadplaten gekoppeld aan de HVP's voor de Tureluur.

9.6.1. Interpretatie SEM Tureluur

De fit van de SEM is bij de Tureluur niet heel goed; de *RMSEA* is 0.16 en de R^2 voor het aantal vogels is slechts 0.07. Net als bij de Bonte Strandloper laat de factor analyse laat zien dat de meeste prooi-soorten redelijk goed corresponderen met *F*, wat overeenkomt met de flexibiliteit in het dieet van deze soort. Het model als geheel verklaart dus matig de aantallen, al zijn de relaties binnen het model zijn logisch en statistisch significant.

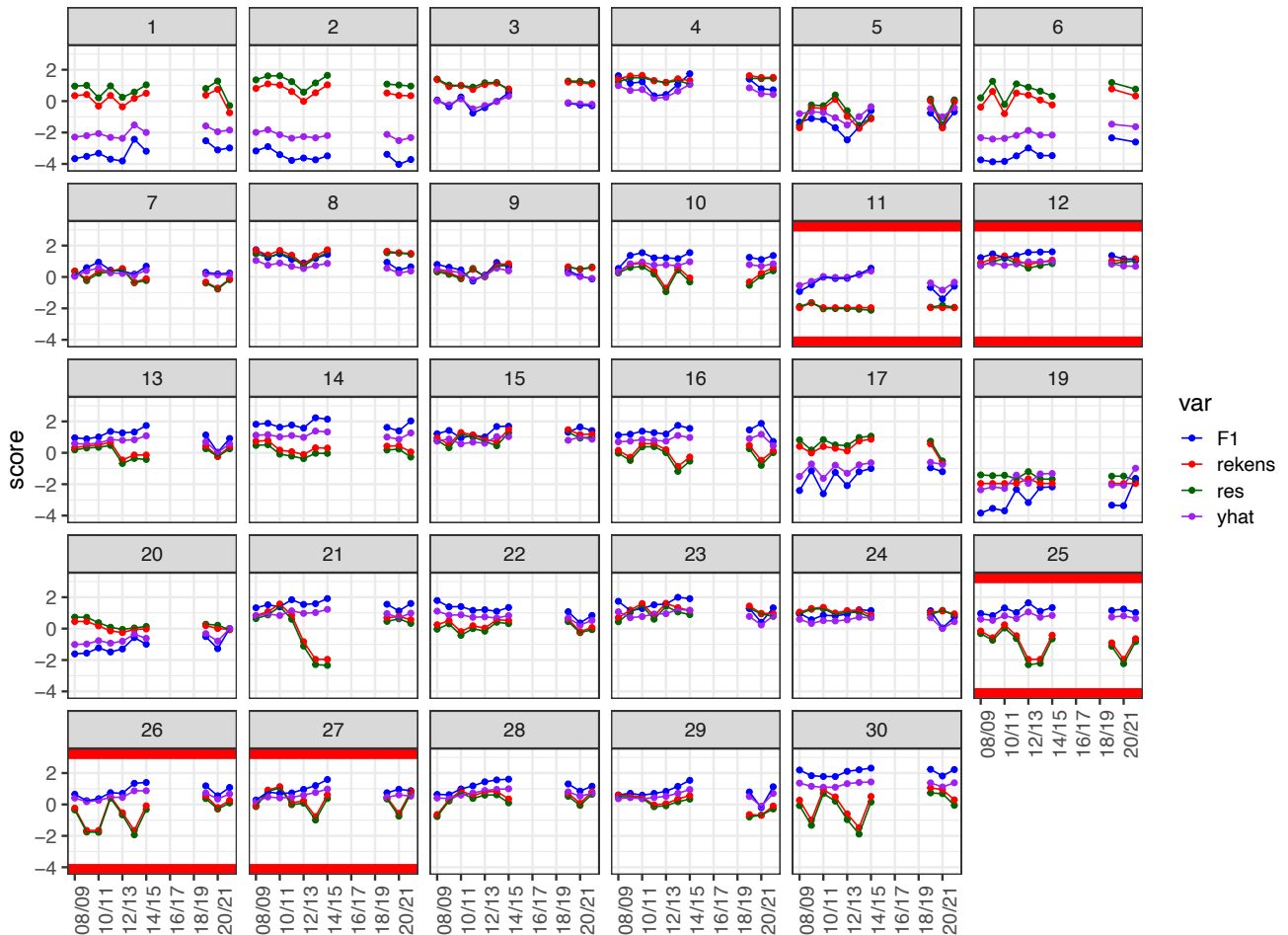
Wanneer er gekeken wordt naar de mismatch tussen het voedsel en de aantallen Tureluurs, dan is te zien dat de meeste afwijkingen langs de Groningse kust zijn te vinden (Figuur 9.28), maar een duidelijke verklaring is hiervoor niet te geven.



Figuur 9.28. De residuen (mismatch) van het aantal Tureluurs ten opzichte van het voedsel voor de maanden september, november en januari.

De trends in F corresponderen niet heel goed met de veranderingen bij de prooisorten (Figuur 9.29). Enkele opvallende patronen zijn hele lage getelde

aantallen Tureluurs bij virtuele HVP 21, 25, 26 en 30. Net als bij de Wulp lijkt dit meer in de beginjaren van de monitoring te liggen.

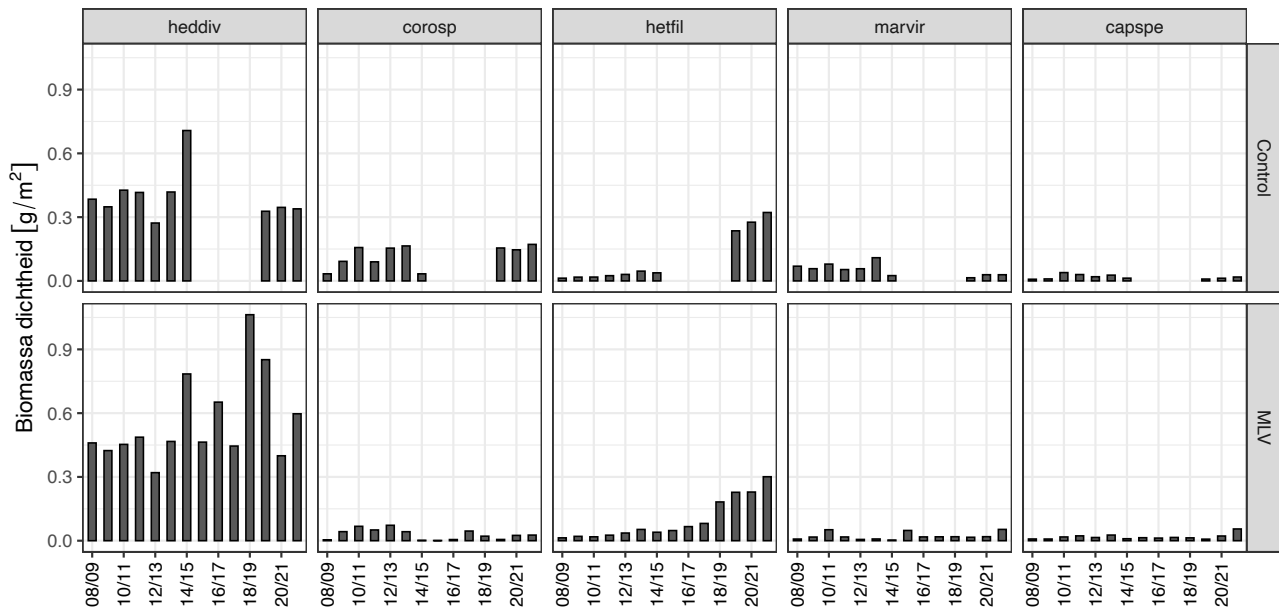


Figuur 9.29. Tijdsreeksen van de factor score (F_1), het getelde aantal individuen (*rekens*), de residuen (*res*) en het voorspelde aantal individuen (*yhat*) voor Tureluurs per virtuele HVP. De variabelen zijn genormaliseerd om het verloop ten opzichte van elkaar in een figuur zichtbaar te maken. HVP's 11, 12, 25, 26 en 27 liggen in het MLV gebied.

9.7. Kluut

De Kluut is een soort die veel op slijkgig wad foeraeert en dus voornamelijk foeraeert op prooien die gebonden zijn aan dit habitat. Van de prooien die in de soortenlijst zijn opgenomen zijn onder andere de

Zeeduizendpoot, Slijkgarnaal en Rode Draadworm talrijk. Deze Draadworm neemt de laatste jaren behoorlijk toe, zowel in het MLV gebied als daarbuiten (Figuur 9.30).

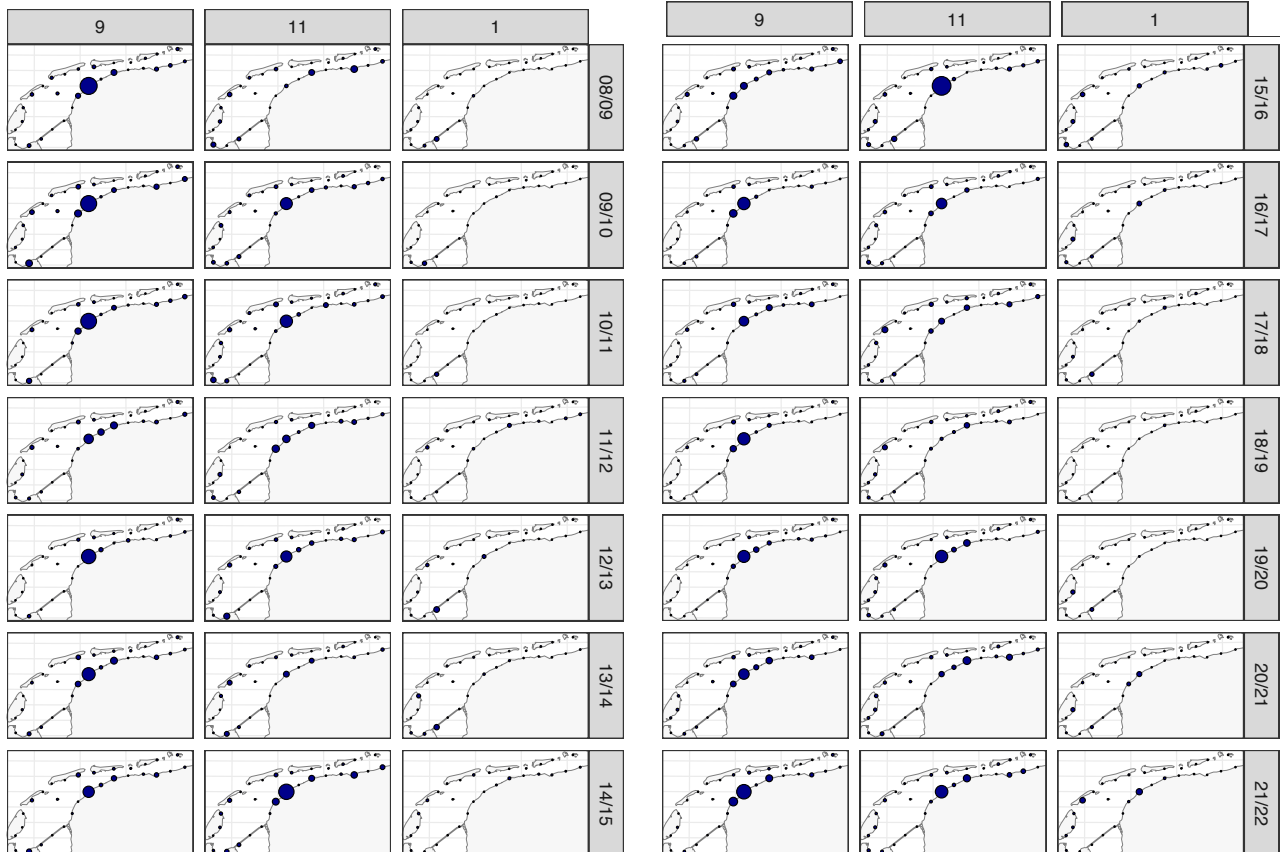


Figuur 9.30. Gemiddelde bereikbare dichtheid (g/m^2) van Kluten prooien op de wadplaten in het MLV gebied en het gebied daar buiten (Control) op het moment van bemonstering.

Kluten zijn het hele jaar door in Nederland te vinden, maar met name in de periode van juli tot november komen grote aantallen Kluten vanuit heel Noordwest-Europa naar het Waddengebied en de Zuidwestelijke Delta om te ruien. Vervolgens trekt een deel door naar zuidelijker gelegen overwinteringsgebieden, tot West-Afrika aan toe. Een toenemend aandeel aan Kluten blijft echter ook in Nederland overwinteren,

met name in mildere winters, wat deels te zien is in januari (Figuur 9.31). Daarnaast laat de verspreiding heel mooi zien dat de Kluut zich voornamelijk bevindt rondom Westhoek en de Ballastplaat, en verder in lagere aantallen verspreid door de Waddenzee.

Kluut



aantal vogels

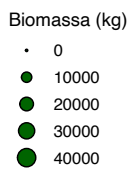
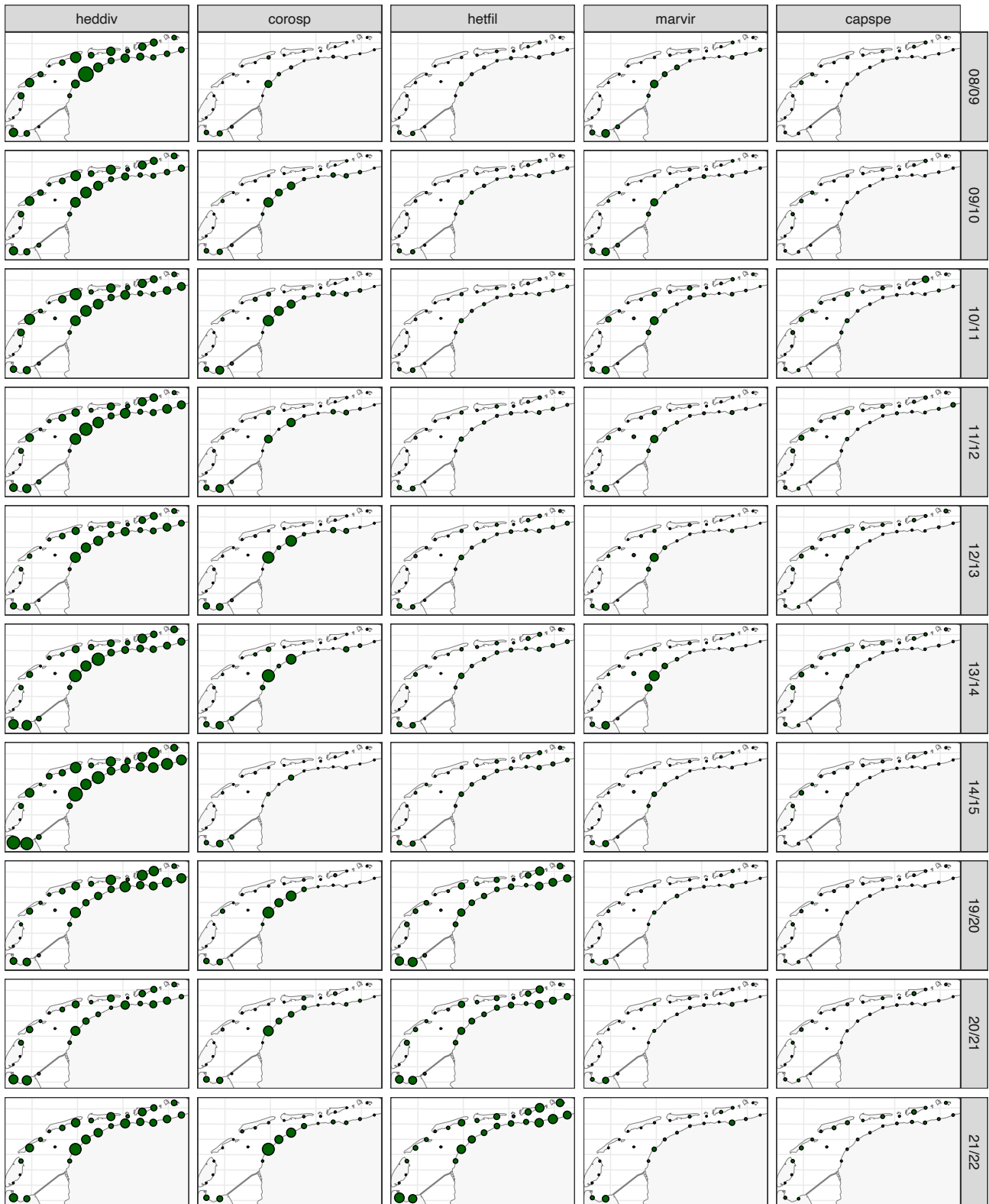
- 0
- 2000
- 4000
- 6000
- 8000
- 10000
- 12000
- 14000

Figuur 9.31. Aantallen Kluten op de HVP's per seizoen en de geselecteerde maanden september, november en januari.

Het is goed te zien dat de prooien relevant voor de Kluut in grote mate aanwezig zijn op de locaties waar Kluten veelvuldig geteld zijn. De meeste bentische soorten

hebben wel een grotere verspreiding dan de Kluut, wat suggereert dat ook andere zaken van belang zijn in de verspreiding van deze vogelsoort (Figuur 9.32).

Kluut – biomassa per HVP

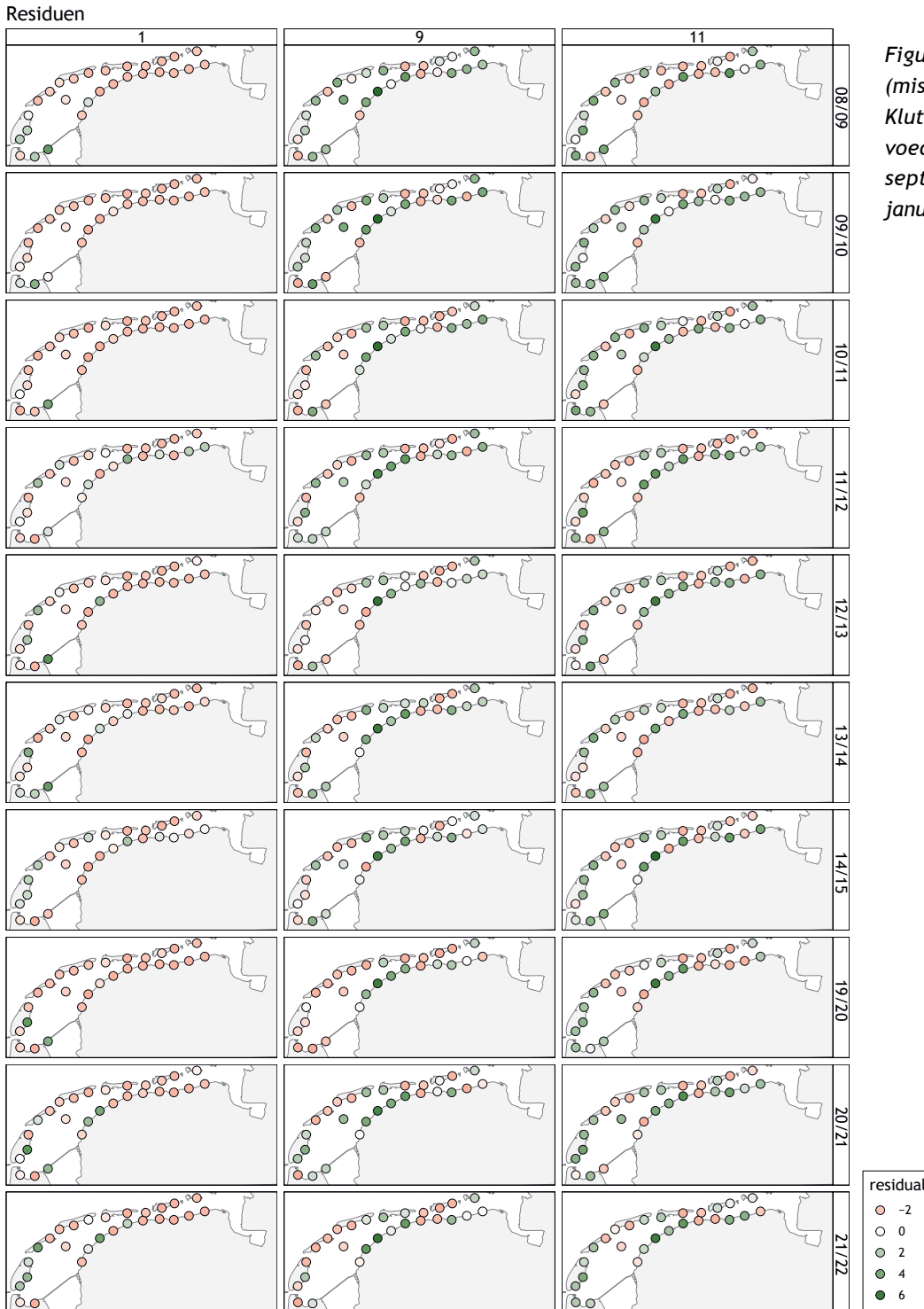


Figuur 9.32. Biomassa van de prooien op de wadplaten gekoppeld aan de HVP's voor de Kluut.

9.7.1. Interpretatie SEM Kluut

De fit van de SEM is bij de Kluut niet goed, en de *RMSEA* is 0.193 en de R^2 voor het aantal vogels is slechts 0.04. Net als bij de Wulp en Bonte Strandloper laat de factor analyse zien dat de meeste proisoorten redelijk goed corresponderen met *F*, wat overeenkomt met de flexibiliteit in het dieet van deze soort. Het model als geheel verklaart dus matig de aantallen Kluten, al zijn de relaties binnen het model zijn logisch en statistisch significant.

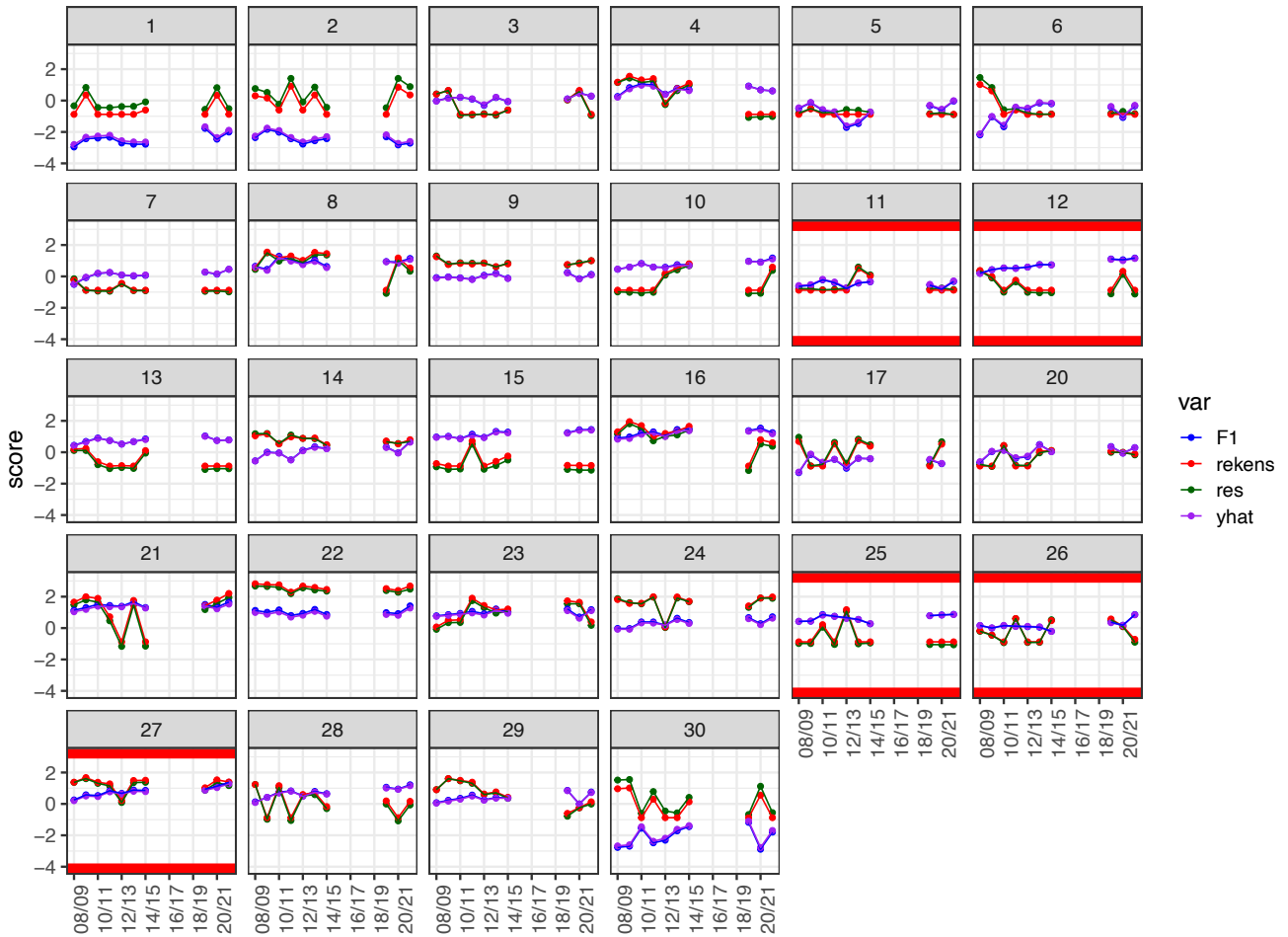
De mismatch tussen het voedsel en de aantallen Kluten is hier sterker dan bij andere soorten, omdat ze erg lokaal voorkomen (Figuur 9.33). Dat betekent dat rondom het gebied waar ze in de grootste aantallen voorkomen, er meer Kluten zitten dan wat je zou verwachten op basis van het voedsel alleen. Dit suggereert dan ook dat er andere zaken van belang zijn voor deze soort. Daarnaast is er nog niet heel veel bekend over het specifieke dieet van Kluten, dus wellicht kan een verdiepende studie (die momenteel loopt; (Manche *et al.* 2022), uitsluitsel bieden met betrekking tot het dieet, waarna de prooilijst geëvalueerd kan worden.



Figuur 9.33. De residuen (mismatch) van het aantal Kluten ten opzichte van het voedsel voor de maanden september, november en januari.

De trends in F corresponderen niet heel goed met de veranderingen bij de prooi-soorten. Er is veel variatie bij de meeste virtuele HVP's, maar opvallend zijn gebieden 1 en 2 (Texel) en 30 (Griend), waar een lagere voedseldichtheid te zien is, maar meer vogels zitten

dan verwacht, al laten die grote fluctuaties zien (Figuur 9.34). Het foerageerpotentieel F laat geen structurele afname zien in de MLV-gebieden.



Figuur 9.34. Tijdsreeksen van de factor score (F_1), het getelde aantal individuen (rekens), de residuen (res) en het voorspelde aantal individuen (yhat) voor Kluten per virtuele HVP. De variabelen zijn genormaliseerd om het verloop ten opzichte van elkaar in een figuur zichtbaar te maken. HVP's 11, 12, 25, 26 en 27 liggen in het MLV gebied.

9.8. Verschil in aanwezige en geschatte vogels

Het uitgangspunt van de SEM (en dit geldt ook voor de Wadmap simulaties) is dat vogels zich ideaal en vrij verdelen. Dat betekent dat de vogels zullen over-tijen in de nabijheid van de gebieden waar de hoogste voedselopname gerealiseerd kan worden. Uit de SEM analyses blijkt dat de relaties tussen de hoeveelheid voedsel op de wadplaten en het aantal vogels op de nabijgelegen HVP's niet altijd even sterk zijn. Deze mismatch kan ontstaan wanneer de voedselsituatie door de hele Waddenzee gunstig is waardoor het niet veel uitmaakt of de vogels op de allerbeste plek zitten. Een mismatch kan ook ontstaan doordat de relatie van de voorkeursprooien en een aantal soorten niet goed bekend is (zoals Kluut en Bonte Strandloper). Ook kan het zo zijn dat bepaalde HVP's onaantrekkelijk zijn (bijvoorbeeld door verstoring) zodat de vogels op grotere afstand van de foerageergebieden zitten dan dat ze idealiter zouden willen. Een andere mogelijke oorzaak van een mismatch is dat verschillende individuen binnen een soort verschillende diëten hebben. Zo is het bekend dat sommige Scholeksters zich specialiseren op schelpdieren terwijl andere zich meer richten op wormen (van de Pol *et al.* 2009). Ook zijn er grote verschillen tussen de seksen bij Wulpen en Rosse Grutto's, waarbij de kleinere mannen andere prooien prefereren dan de grotere vrouwtjes (Zwarts & Esselink 1989, Duijns & Piersma 2014). Door specialisatie op een bepaalde prooi-soort wordt deze voor een deel van de populatie belangrijker. Dit soort ogenschijnlijke subtiele verschillen kunnen een mismatch veroorzaken als daar bij het modeleren geen rekening mee wordt gehouden. De SEM methode biedt de mogelijkheid om meer detail te modelleren. Er zou bijvoorbeeld gekozen kunnen worden om twee latente variabelen te specificeren op basis van inter-individuele verschillen in dieet of op basis van correlaties in het voorkomen van verschillende benthosoorten. Het ligt voor de hand dat als een individu zich specialiseert op een beperkt aantal soorten, dit soorten betreft die op de wadplaten samen voorkomen.

Op dit moment wordt rekening gehouden met habitateffecten door deelgebieden a-priori uit te sluiten (Kluut en Tureluur) op basis van observaties van voorkomen van steltlopers op het wad. Een andere manier om rekening te houden met het habitat is om in het SEM explicietere verbanden tussen het habitat en de vogels op te nemen. Bijvoorbeeld kan het effect van sedimentsamenstelling (korrelgrootte en/of slibgehalte) op het benthos en de vogels gemodelleerd worden. Het sediment heeft grote invloed op het voorkomen van benthos en er is vaak ook een directe relatie tussen sedimentsamenstelling en de vogels. Bijvoorbeeld kunnen Kluten met hun kwetsbare snavel

niet in zandig sediment foerageren en hebben schelpdieretende Scholeksters moeite met zacht sediment doordat schelpen erin weggedrukt worden. Dit vereist voor iedere soort een nauwkeurige beschouwing van de ecologie en verspreiding en specifieke formulering van de veronderstelde causale verbanden tussen habitat, benthos en de vogels, maar kan een betere fit opleveren en scherper inzicht in de kwantitatieve relaties. Enkele vogelsoorten waarvan de voedsel-ecologie goed bekend is, zouden zich kunnen lenen voor een dergelijke verfijning. Ook is het mogelijk om een inschatting te maken van verschillen in dieet tussen deelgebieden.

9.9. Analyse van de latente variabele in het MLV gebied

In deze analyse is de relatie tussen de latente variabele F , het getelde aantal vogels (*rekens*), het voorspelde aantal vogels (*yhat*) en de residuen (*res*) in detail geanalyseerd. Uit de analyses blijkt dat F een nuttige proxy is voor de voedselsituatie. Dit is in het rapport van 2022 systematisch onderzocht door de correlatie tussen F en de wadmap proxies te analyseren (Duijns *et al.* 2022). Hierbij dient te worden opgemerkt dat de proxy F anders is dan de proxies uit wadmap omdat in de SEM analyse de aantallen vogels een responsvariabele vormen zodat een samenhang tussen F en vogelaantallen in zekere mate 'wordt afgedwongen', terwijl in de Wadmap analyses alleen naar het voedsel (in combinatie met de functionele respons wordt gekeken).

Het idee is dat de benthosoorten die via de latente variabele het sterkste effect hebben op het aantal vogels de sterkste loading krijgen. Wanneer F een solide reflectie is van de voedselsituatie kan in principe ook voor de tussenliggende jaren buiten het MLV gebied het verloop van F onderzocht worden. In het geval van de SEM modellen die hier gebruik zijn, zijn daarvoor Bayesiaanse methoden nodig en in dit rapport is dat niet verder uitgewerkt, vanwege beperkte tijd. Wel is het verloop van de voedselsituatie per soort in MLV-gebied ten opzicht van de rest van de Waddenzee onderzocht. In volgende jaren zou ervoor gekozen kunnen worden om de trend in deze proxy uit te werken met behulp van Bayesiaanse methoden. Een betere optie is om te wachten tot de SIBES-monsters van de tussenliggende jaren uit de rest van de gehele Waddenzee ook zijn uitgewerkt. Daarnaast zou het nuttig zijn om op systematische wijze de trends van de voedselsituatie in het MLV gebied te vergelijken met die daarbuiten - of met een deelgebied dat sterk lijkt op het MLV gebied.

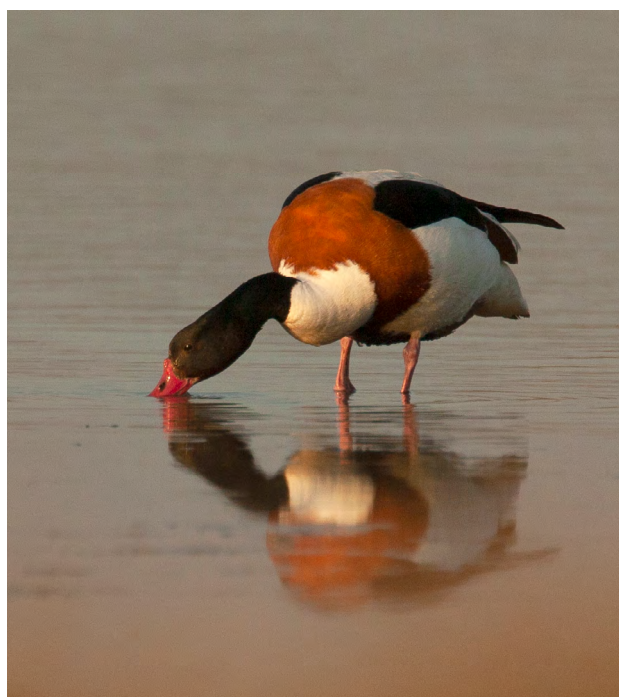
De aanpassingen die in de SEM berekeningen zijn gedaan, hebben geleid tot een verbetering van de model-fit. Zo was de *RMSEA* voor de Scholekster in de vorige

rapportage 0.174, terwijl deze nu op 0.09 uitkomt (hoe lager hoe beter). Bij de Rosse Grutto daalde de *RMSEA* van 0.242 naar 0.173. Dit is nog steeds een te hoge score, maar een aanzienlijke verbetering, zeker gezien de verschillen in dieetkeuze tussen de seksen. In toekomstige analyses zouden deze suggesties geïmplementeerd kunnen worden, om uiteindelijk tot een betrouwbaar model te komen, dat beter de benutting van de HVP's en de ontwikkeling van het benutbare voedselaanbod zal kunnen beschrijven.

10. Algemene discussie en conclusies

10.1. Signaleringsmonitoring & signalering

Voor elk van de onderzochte soorten is het aantalsverloop in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag over de lange termijn (periode 1994/1995 – 2021/2022) en de korte termijn (2010/2011 – 2021/2022) gerapporteerd en vergeleken met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee, als ook met het aantalsverloop in de Duitse en Deense Waddenzee. De trendvergelijkingen voor de lange termijn zijn vooral bedoeld om enige context te geven. In dat kader moet ook de trendvergelijking met de ontwikkeling van de populatie-aantallen langs de hele Oost-Atlantische vliegroute worden gezien (van Roomen *et al.* 2022). Voor bodemdaling als gevolg van de gaswinning uit de velden bij Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (MLV velden) gaat de belangstelling primair uit naar de trends op korte termijn, omdat die samenvallen met de periode van de gaswinning uit de MLV velden. De resultaten voor die korte termijn zijn samengevat in Tabel 10.1.



Tabel 10.1. Samenvatting van de trends in het seizoensgemiddelde aantal voor de 13 onderzochte wadvogelsoorten voor de periode 2010-2022. Voor Pinkegat-Zoutkamperlaag, de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee is de trend als jaarlijkse factor gegeven en is beoordeeld of de trend positief (+), stabiel (0), onduidelijk (?) dan wel negatief (-) was. In de laatste kolom is aangegeven bij welke soorten volgens het beslisschema de trendinformatie een betrouwbaar beeld geeft van de trendontwikkeling in het bodemdalingsgebied (Y of N). In het eerste geval wordt daarna gekeken of de vogelaantallen zich negatiever of minder positief dan elders ontwikkelen (YN). Als dat niet het geval is (YY) luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling.

	Pinkegat- Zoutkamperlaag	Rest Nederlandse Waddenzee	Duitse & Deense Waddenzee	Pinkegat- Zoutkamperlaag	Rest Nederlandse Waddenzee	Duitse & Deense Waddenzee	Eerste stappen beslisschema
Bergeend	0.97	1.00	0.99	?	0	-	N
Pijlstaart	1.02	1.00	1.06	?	0	+	N
Scholekster	0.98	0.98	0.98	-	-	-	YY
Kluut	1.03	0.98	0.98	?	-	-	N
Bontbekplevier	1.06	1.05	1.02	+	+	+	YY
Zilverplevier	1.01	1.02	0.99	0	+	-	YN
Kanoet	0.97	0.99	1.03	?	0	?	N
Drieteenstrandloper	1.02	1.04	1.03	+	+	0	YY
Bonte Strandloper	0.99	1.01	1.00	0	0	0	YY
Rosse Grutto	1.00	1.00	0.99	0	0	-	YY
Wulp	0.98	0.98	1.00	-	-	0	YN
Tureluur	0.98	1.00	0.99	-	0	-	YN
Steenloper	1.07	1.05	1.01	+	+	+	YY

Voor 3 soorten is de situatie stabiel, voor 3 soorten nemen de aantallen toe, voor 3 soorten is de trend onzeker en voor 3 soorten is de trend negatief in Pinkegat en Zoutkamperlaag. Ten opzichte van de rest van de Nederlandse Waddenzee (3 trends negatief en 4 positief) zijn de trends in Pinkegat en Zoutkamperlaag slechts 1 keer extra negatief. Vergeleken met de Duitse en Deense Waddenzee is het beeld positiever (5 negatieve trends en 3 positieve in de Duitse en Deense Waddenzee). Op basis van deze trendinformatie leidt het beslisschema tot de conclusie dat er geen

aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 10.2).

In de rapportage t/m het monitoringjaar 2018 is veel aandacht besteed om de proxies voor draagkracht te valideren (Ens *et al.* 2019), waarbij vijf soort-seizoen combinaties aan de criteria voor een gevalideerde proxy voldeden: Scholekster-najaar, Scholekster-winter, Bonte Strandloper-najaar, Rosse Grutto-najaar en Wulp-najaar. Voor deze soort-seizoen combinaties kan het verloop van de gevalideerde proxy gebruikt worden

Tabel 10.2. Toepassing van het beslisschema over hand aan de kraan (Tabel 4. en Figuur 4.) op de 13 onderzochte wadvogelsoorten op basis van de in hoofdstuk 0 gepresenteerde resultaten. De vragen en conclusies uit het beslisschema worden kolomsgewijs behandeld, waarbij Y = ja, N = nee en ? is niet met zekerheid te zeggen. De vragen en antwoorden die tot de uiteindelijke conclusie leiden zijn vetgedrukt met een grijze achtergrond. Voor zover mogelijk zijn ook de andere vragen beantwoord, maar omdat die antwoorden geen effect hebben op de eindconclusie (ook al kunnen ze die eindconclusie wel versterken) zijn ze niet vet gedrukt en niet op een grijze ondergrond weergegeven.

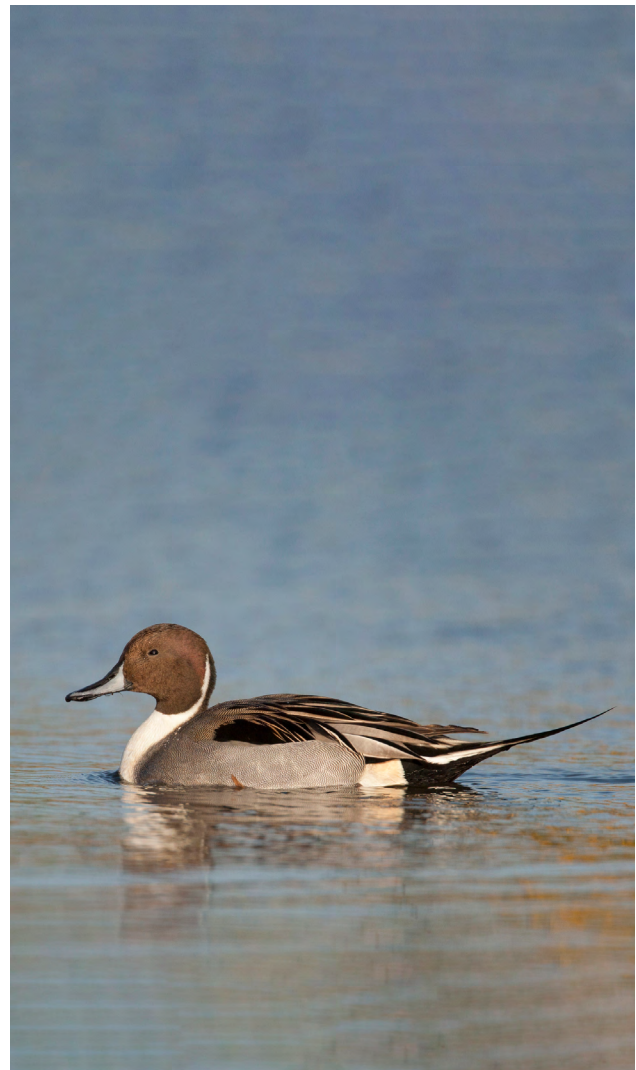
	maand	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling vogelsoort?	Vogelaantallen in bodemdalinggebied ontwikkelen zich negatiever / minder positief dan elders?	Gevalideerde draagkracht proxy?	Alle proxies zelfde trend en sterk gecorreleerd?	Negatieve trend in proxy?	Geheel/deels gevolg van bodemdaling?	Geen uitspraak mogelijk	Aanwijzing voor mogelijk negatief effect bodemdaling	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling
Bergeend	jan	N	Y	N	Y	N				Y
	sep	N	Y	N	Y	N				Y
Pijlstaart	jan	N	Y	N	N	Y	?	Y		
	nov	N	Y	N	N	Y	?	Y		
Scholekster	jan	Y	N	Y	Y	Y	?			Y
	sep	Y	N	Y	Y	Y	?			Y
Kluut	sep	N	N	N	Y	N				Y
	nov	N	N	N	Y	N				Y
Bontbekplevier	mei	Y	N	N	Y	N				Y
	sept	Y	N	N	Y	N				Y
Zilverplevier	jan	Y	Y	N	Y	N				Y
	mei	Y	Y	N	Y	N				Y
Kanoet	jan	N	Y	N	Y	N				Y
	aug	N	Y	N	Y	N				Y
Drieteenstrandloper	mei	Y	N	N	Y	N				Y
	aug	Y	N	N	Y	N				Y
Bonte Strandloper	mei	Y	N	N	Y	N				Y
	sep	Y	N	Y	Y	N				Y
Rosse Grutto	mei	Y	N	N	Y	N				Y
	aug	Y	N	Y	Y	N				Y
Wulp	jan	Y	Y	N	Y	N				Y
	sep	Y	Y	Y	Y	N				Y
Tureluur	jan	Y	N	N	Y	N				Y
	jul	Y	N	N	Y	N				Y
Steenloper	jan	Y	N	N	Y	N				Y
	aug	Y	N	N	Y	N				Y

om in het beslisschema te oordelen over mogelijk negatieve effecten van bodemdaling. In het geval van de Scholekster is er een negatieve trend voor *BMaanw* in Januari en Augustus gevonden, evenals een negatieve trend in de proxy *BMoogstDroog*. De reden dat er hier de conclusie luidt dat er geen aanwijzingen zijn voor een mogelijk negatief effect van bodemdaling, komt doordat de trends in andere gebieden niet anders zijn dan in het MLV gebied. Daarnaast vindt de afname van Kokkels plaats in de hele Waddenzee, en dus ook voor het MLV-gebied, zodat het beschikbare biomassa afneemt. Hetzelfde geldt voor de Pijlstaart, die in november een negatieve proxy laat zien voor *BMaanw*, en ook lijkt hier de afname in schelpdieren een oorzaak. Deze proxy is echter niet gevalideerd, en de overige proxies laten geen verandering zien, of zelfs een positieve trend (zie ook Bijlage).

Op deze twee uitzonderingen na (Pijlstaart-herfst en Pijlstaart-winter) bleken de proxies onderling sterk gecorreleerd en lieten dezelfde trend zien. Deze gezamenlijke trend kan daarom dan gebruikt worden om te besluiten of de draagkracht zich in positieve dan wel negatieve zin ontwikkelt, omdat alle beschikbare kennis over de voedsel­ecologie is verwerkt in de proxies. De verschillende proxies richten zich vooral op de vraag hoe het voedsellandschap het beste gekarakteriseerd kan worden. Uiteraard maakt een sterk gebieds-effect daarbij duidelijk dat er meer factoren een rol spelen dan alleen voedsel.

Samenvattend leidt de toepassing van het beslisschema op de resultaten t/m monitoringjaar 2022 weergegeven in Tabel 10.1 en 10.2, tot de volgende conclusies:

- Voor 24 onderzochte soort-seizoen combinaties luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling.
- Voor 2 onderzochte soort-seizoen combinaties (Pijlstaart) luidt de conclusie dat er geen uitspraak mogelijk is.
- Voor 4 soort-seizoen combinaties (Zilverplevier en Wulp), wijkt de ontwikkeling van de aantallen in Pinkegat en Zoutkamperlaag in negatieve zin af van de aantalsontwikkeling elders (overige delen Nederlandse Waddenzee, Duitse en Deense Waddenzee).
- Voor 3 soort-seizoen combinaties (Bonte Strandloper in september, Rosse Grutto in augustus en Wulp in september) was van een gevalideerde proxy voor draagkracht die geen negatieve trend vertoonde.
- Voor 2 soort-seizoen combinaties (Scholekster in augustus en januari) vertoonde een gevalideerde proxy voor draagkracht (*BMaanw*) een negatieve trend. Omdat de negatieve trend van aantallen in



het Pinkegat en Zoutkamperlaag niet verschilde met de trend elders, is in het beslisschema geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor negatieve effecten van bodemdaling.

- Voor 16 soort-seizoen combinaties is er geen gevalideerde proxy voor draagkracht voorhanden, maar waren de proxies onderling sterk gecorreleerd en was er geen sprake van een negatieve ontwikkeling van de gezamenlijke trend in de proxy.

In vergelijking met de voorgaande rapportage (Duijns *et al.* 2022), waar voor geen enkele soort geen aanwijzing voor bodemdalingseffecten werd gevonden, is dit jaar de Pijlstaart weer terug (net als in 2020), aangezien er geen betrouwbare conclusie getrokken kan worden (zie ook Ens *et al.* 2021b). Dit heeft voornamelijk te maken met de grote variatie in de aantallen in het bodemdalingsgebied. Zo liet de Pijlstaart vorig jaar een stabiele trend zien over de korte termijn, en dit jaar wordt deze trend als onzeker beoordeeld. Gezien de populatie-ontwikkeling in het Pinkegat en Zoutkamperlaag, die op de lange termijn nog steeds toenemend is, is deze conclusie niet meteen zorgelijk.

10.2. Aanbevelingen Auditcommissie

De Auditcommissie – onderdeel van de Commissie voor de milieu effect rapportage – komt in haar evaluatie (Auditcommissie 2022) van het meest recente monitoringrapport (Duijns *et al.* 2022) tot de conclusie dat door toegevoegde SEM analyses in de rapportages is voldaan aan het advies om met *machine learning* algoritmes soortspecifieke verspreidingsmodellen voor bodemdieren te ontwikkelen.

De Auditcommissie komt in haar evaluatie tot een tweetal adviezen (Auditcommissie 2022):

Auditcommissie adviseert nog een stap in het schema 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 beslisschema dat wordt gehanteerd door de NAM vertoont op enkele cruciale onderdelen verschillen met het beslisschema dat is opgesteld en wordt gehanteerd in de rapportages door Sovon Vogelonderzoek Nederland (zoals dit rapport). Een beperking van het NAM-beslisschema is dat er maar twee antwoorden mogelijk zijn, ‘ja’ of ‘nee’. Bij het Sovon beslisschema is er nog een derde mogelijkheid, namelijk ‘geen uitspraak mogelijk’. Deze toevoeging is cruciaal in het principe ‘hand aan de kraan’, omdat dit een signaleringsfunctie is. Vanwege het hand aan de kraan principe, is het van belang jaarlijkse rapportages uit te brengen en het is daarom zinvol om de zaken van de vorige rapportages te vergelijken met de huidige situatie, juist wanneer er geen uitspraak mogelijk was. Dan is het van belang na te gaan wat er is veranderd. Deze stap in het beslisschema is reeds door Sovon in de rapportages geïmplementeerd.

Naar aanleiding van het advies van vorig jaar is als aanvulling op de bestaande aanpak van het berekenen van proxies in Wadmap, de methodiek van Structural Equation Modelling (SEM) toegepast. De SEM-methodiek zal, vanwege de complexiteit ervan, over een periode van drie jaar stapsgewijs geïmplementeerd worden. De Auditcommissie ondersteunt dit voornemen en adviseert in de komende rapportage globaal aan te geven hoe de vervolgstappen er uit gaan zien.

De SEM modellering is dit jaar uitgebreid door ook expliciet rekening te houden met veranderingen in de aanwezige biomassa gedurende het seizoen, en de bereikbaarheid van ingegraven levende bodemdieren, iets dat in de vorige rapportage nog niet gebeurde. In de vorige rapportage was gerekend voor de maand september, omdat deze maand het dichtst na de jaarlijkse

zomerse SIBES-bemonstering valt en dan een serie volledige HVP-tellingen beschikbaar is). Met de aanpassingen hierboven is nu een maandelijkse berekening mogelijk. Ook zijn er drie vogelsoorten aan de analyse toegevoegd, te weten Wulp, Tureluur en Kluut.

In deze rapportage zijn de resultaten uit de SEM op een andere manier geëvalueerd dan in voorgaande rapportage. In (Duijns *et al.* 2022), is gekeken naar de correlatie tussen de geschatte latente variabele ‘foerageerpotentieel’ (*Fphat*) en het op basis daarvan voorspelde aantal vogels (*Nhat*) enerzijds en de proxies uit het Wadmap model anderzijds. In de huidige rapportage is gekozen om de factor score (*F1*), het getelde aantal individuen (*rekens*), de residuen (*res*) en het voorspelde aantal individuen (*yhat*) in één figuur met elkaar te vergelijken. Uiteindelijk zouden deze trends geanalyseerd kunnen worden door gebruik te maken van regressies, maar door het ontbreken van de Waddenzeebrede benthosdata van 2015-2019 (SIBES) is deze evaluatie nog niet zinvol. Wanneer deze data beschikbaar is, is het eenvoudig te evalueren of deze trends (positief of negatief) verschillen binnen het bodemdalingsgebied en daarbuiten. 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.

10.3. Ecologische verklaringen van waargenomen veranderingen

In het beslisschema worden twee vragen gesteld die direct verbonden zijn met een ecologische verklaring voor de waargenomen veranderingen in vogelaantallen:

1. Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?
2. Is de waargenomen daling in de proxy (of proxies) voor draagkracht geheel of gedeeltelijk veroorzaakt door bodemdaling?

Op de eerste vraag luidt het antwoord bevestigend voor een beperkt aantal vogelsoorten. Omdat in veel gevallen de verschillende proxies voor draagkracht sterk onderling gecorreleerd zijn, is beargumenteerd dat de gezamenlijke trend van niet gevalideerde, maar wel gecorreleerde, proxies ook gebruikt kon worden om te onderzoeken of er sprake is van een negatieve trend in de proxy.

In dit hoofdstuk worden de opties besproken om in de toekomst wel zo’n antwoord te kunnen geven. Daarbij

is de verwachting dat de voorgestelde aanpak ook tot een groter aantal gevalideerde proxies voor draagkracht zal leiden.

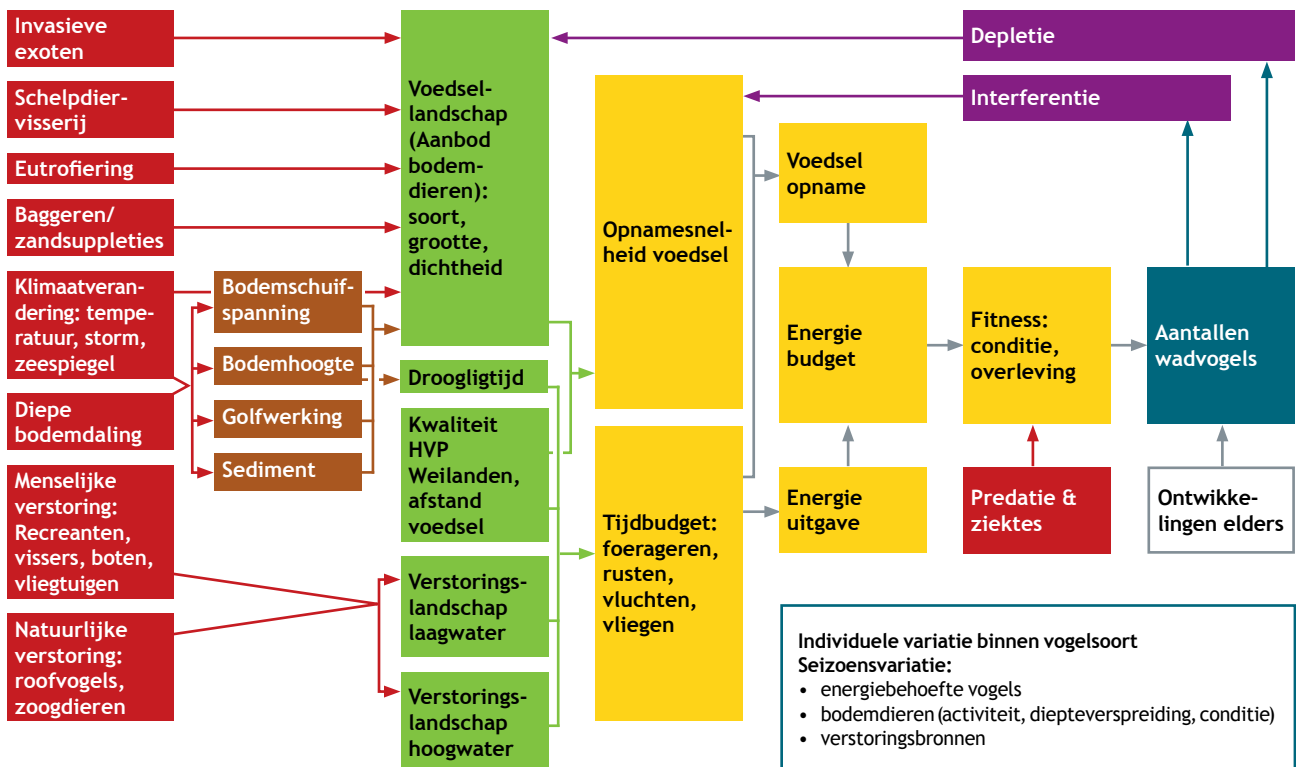
De effectketen die aangeeft hoe bodemdaling effect kan hebben op aantallen vogels (Figuur 10.1), beschrijft in meer detail hoe drukfactoren (rood), zoals diepe bodemdaling door gaswinning, via abiotiek (bruin), voedsellandschap en verstoringlandschap (groen), doorwerken op tijd- en energiebudget en fitness van de vogels (geel) en daarmee uiteindelijk op de aantallen vogels (blauw). Die vogelaantallen worden natuurlijk ook bepaald door ontwikkelingen elders (wit) en er is een terugkoppeling van vogelaantallen via voedselconcurrentie (paars) naar het voedsel(landschap). Sommige variatiebronnen, zoals veranderingen in de loop van het seizoen (waarmee we wel rekening houden in de berekeningen met Wadmap), zijn niet expliciet in het schema opgenomen, maar alleen benoemd in een los kader (lichtgroen). De tijdschaal waarop dit schema betrekking heeft, varieert van dagen tot jaren.

De vraag vanuit de signaleringsmonitoring voor vogels kan nu als volgt worden geformuleerd: Is er een meetbaar negatief effect van bodemdaling door gaswinning op de verschillende vogelsoorten binnen het bodemdalingsgebied? Dat vereist dat we het effect van bodemdaling door gaswinning kunnen onderscheiden van de effecten van de andere drukfactoren.

10.3.1. Drukfactoren en hun effect(en)

Een groot aantal factoren heeft waarschijnlijk effect op het voedsellandschap en de droogligtijd van het wad (Figuur 10.1). Een aantal factoren (cursief aangegeven in het schema van de effectketen) varieert wel binnen de Waddenzee, en in sommige gevallen via een gradiënt van west naar oost en er is waarschijnlijk geen sprake van sterk contrasterende effecten op het voedsellandschap in verschillende krombergingen die vlakbij elkaar liggen. Het gaat om:

- **Invasieve exoten**, zoals de Japanse Oester. Daarvan is bekend dat de ontwikkeling eerder op gang kwam in de westelijke dan in de oostelijke Waddenzee (van Stralen *et al.* 2012).
- **Eutrofiëring**. Toevoer van de nutriënten naar de westelijke Waddenzee vanuit het IJsselmeer is eerst toegenomen en daarna afgenomen met duidelijke effecten op de bodemdieren (Philippart *et al.* 2007). In de oostelijke Waddenzee neemt de eutrofiëring minder snel af.
- **Klimaatverandering** heeft veel verschillende effecten op het voedsellandschap. Wintertemperaturen hebben effect op de broedval, overleving en conditieverlies van bodemdieren (Beukema *et al.* 2017a, Penning *et al.* 2021). Daarnaast zijn langdurige hittegolven, die laatste jaren steeds vaker voorkomen, funest voor de overleving van met name Kokkels (Suykerbuyk *et al.* 2021).



Figuur 10.1. Schematische weergave van de effectketen die beschrijft hoe verschillende drukfactoren, waaronder bodemdaling door gaswinning, doorwerken op de vogelaantallen in het leefgebied van een getijdpopulatie.

Sterk contrasterende effecten op korte afstand zijn wel te verwachten bij:

- **Schelpdiervisserij.** Er zijn grote lokale verschillen in de omvang van de handkokkelvisserij van jaar op jaar (Troost & van Asch 2018). Tot nu zijn de vangsten niet verdisconteerd in de berekeningen van de proxies. Dit zal vooral effect hebben op de proxies voor de Scholekster. De omvang van de vangsten wordt goed geregistreerd, maar dat geldt niet voor de locatie van de vangsten. Om de kokkelvangsten te verwerken in de proxy berekeningen moet de locatie van die vangsten nauwkeuriger worden vastgelegd, of er moeten aannames worden gedaan over die locaties (bijvoorbeeld plekken met de grootste Kokkels eerst).
- **Diepe bodemdaling.** Eerder is de gevoeligheid van de proxies voor bodemdaling onderzocht en welk deel van de variatie in proxywaardes verklaard kon worden door variatie in gemeten bodemhoogte (Ens *et al.* 2017b). De wijze waarop diepe bodemdaling uitwerkt op de wadbodem wordt wat betreft hoogteligging vastgelegd met de LiDAR metingen die onderdeel zijn van de monitoring. Het voorkomen van bodemdieren is gerelateerd aan bodemhoogte, maar het verband is niet erg sterk door de hoge tolerantie van veel bodemdieren (Beukema 2002, Folmer *et al.* 2017). Er zijn ook relaties met sedimentsamenstelling, maar ook hier is de tolerantie van de bodemdieren groot (Kraan *et al.* 2010, Folmer *et al.* 2017). Kleine maar systematische veranderingen in sediment en bodemhoogte zullen op de lange duur desondanks zeker effect hebben op de bodemdieren.

Door te analyseren welk deel van de variatie in de te onderzoeken proxy verklaard kan worden door de waargenomen variatie in de hoogte van de wadbodem, kan bepaald worden of er een negatieve relatie is met bodemdaling. Zo ja, dan kan bepaald worden welk deel van een negatieve trend in de vogelaantallen verklaard kan worden door bodemdaling. Een dergelijke analyse

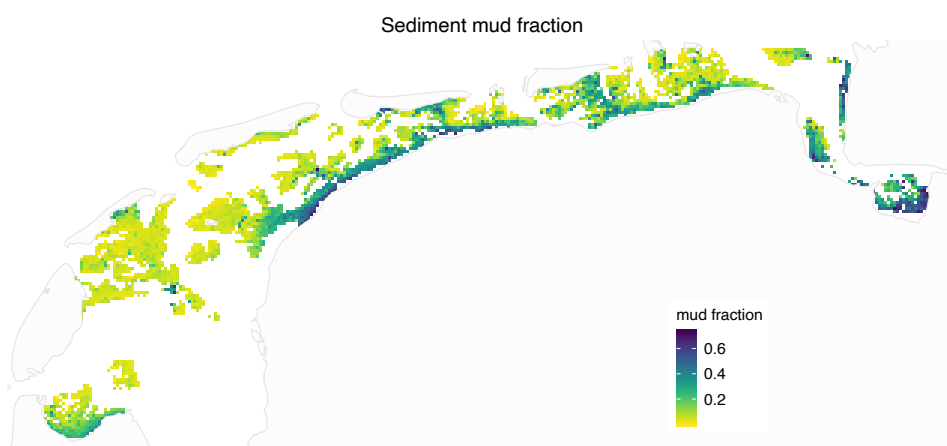
is echter alleen zinvol als er sprake is van een gevalideerde proxy voor draagkracht.

10.3.2. Voedsellandschap

Voor vijf soort-seizoen combinaties kan op basis van de Waddenzee-brede gegevens het voedsellandschap beschreven worden met een gevalideerde proxy voor draagkracht: Scholekster in januari en september, Bonte Strandloper in september, Wulp in september en Rosse Grutto in augustus (Ens *et al.* 2019). Deze signaleringsmonitoring kan verbeterd worden, als voor meer vogelsoorten gevalideerde proxies voor draagkracht ontwikkeld zouden kunnen worden. Anderzijds biedt de SEM analyse goede aanknopingspunten om verder te ontwikkelen en zodoende tot minder verschillende proxies per soort te komen.

De keuze van referentiegebieden kan ook verbeterd worden. Daarbij moet wel worden aangetekend dat de vogels tijdens hoogwater geteld worden, waar de vogels wachten op laagwater om weer op de wadplaten naar voedsel te kunnen zoeken. Referentiegebieden moeten dus uit met Pinkegat en Zoutkamerplaag vergelijkbare gebieden bestaan, wat betreft de samenhang tussen voedselgebied en hoogwatervluchtplaatsen. Zoals eerder gemeld zijn niet alle verklarende variabelen voor de vogelaantallen goed in beeld gekomen. Met name het verstoringlandschap tijdens hoog- en laagwater ontbreekt, maar een complete invulling hiervan is ook verre van eenvoudig.

Abiotische variabelen zoals sedimentsamenstelling kunnen ook een nuttige toevoeging zijn in de analyse, om vergelijkbare referentiegebieden te kiezen. Zo is langs de vastelandkust is het wad veel slijkgiger dan onder de eilanden (Figuur 10.2). De Kluut lijkt aangepast om met zijn dunne opgewipte snavel door zacht slijk te 'maaien' en zo op de tast zijn prooidieren te vinden. De grote aantallen Kluten worden dan ook langs de vastelandskust geteld; zie ook Figuur 9.31. Omgekeerd lijkt de Drieteenstrandloper aangepast om hard over het



Figuur 10.2. Sedimentsamenstelling (percentage slijb) in de Waddenzee. Bron: Folmer *et al.* (2017).

zandige strand te rennen en de HVP's van deze soort liggen dan ook zelden op de vastelandkust, maar op de eilanden. Ook de Rosse Grutto prefereert zeer zandig sediment, terwijl Kanoeten op niet zeer zandig of zeer slijkgig sediment gevonden worden en Scholeksters op alle soorten sediment worden aangetroffen (e.g. Yates *et al.* 1993, Granadeiro *et al.* 2004, Ens *et al.* 2005).

Door bepaalde laagwatergebieden voor bepaalde soorten als geschikt en ongeschikt aan te merken, is hiermee in zekere mate al rekening gehouden in Wadmap (Ens *et al.* 2017a). In de voorlaatste rapportage is hier onderzoek naar gedaan. Met uitzondering van de Steenloper is het verschil in de gemiddelde sediment samenstelling tussen 'aan' en 'uit' gebieden waar de soort wordt geacht wel, respectievelijk niet te foerageren zeer significant en in de verwachte richting voor de betreffende vogelsoorten (Ens *et al.* 2020), maar de verklaarde variantie was voor veel soorten gering. De expert-inschatting over het gebruik van de potentiële foerageergebieden door deze zeven soorten zijn daarom niet zonder meer te vervangen door het gemiddelde slibgehalte (of korrelgrootte) van de SIBES-monsters in die gebieden. In een verkenning waarbij de met hoogwater getelde vogelaantallen per gebied werden gerelateerd aan de gemiddelde sedimentsamenstelling, werd zelfs geen enkele aanwijzing gevonden voor een relatie.

10.3.3. Kwaliteit van de HVP

In de berekeningen worden kenmerken ('kwaliteit') van de HVP tot nu toe niet meegenomen. De volgende factoren kunnen een rol spelen:

Habitat. Er zijn opvallende verschillen in habitatvoorkeur tussen vogelsoorten (Koffijberg *et al.* 2003). Tijdens hoogwater kunnen wadvogels overtijen op kale zandplaten, kwelders, dijken en binnendijs in polders. Kanoeten prefereren kale zandplaten, terwijl Scholeksters regelmatig op dijken worden gezien. Deze voorkeuren hangen mogelijk samen met het predatierisico (of de inschatting van dat predatierisico door de vogels) in de verschillende habitats.

Verstoring. Sommige HVP's liggen dicht langs fiets- of wandelpaden en kunnen daardoor vaak verstoord worden (Ens *et al.* 2021a, Kleefstra *et al.* 2023). Op deze manier kan er daardoor een onderbenutting ontstaan van de HVP (Folmer *et al.* 2021, Kleefstra *et al.* 2023).

Afstand tot de laagwaterfoerageergebieden. Hoe verder de vogels moeten vliegen naar het voedselgebied, hoe hoger de energetische kosten. In de berekeningen aan onder- en overbenutting van HVP's is het voedselaanbod daarom afgewaardeerd met toenemende afstand (Folmer *et al.* 2021). In toekomstige validatie-berekeningen van de proxies zou dit ook kunnen worden ingebracht.

Aanwezigheid binnendijkse foerageermogelijkheden. Verschillende vogelsoorten gebruiken in meer of mindere mate weilanden of ondiepe binnendijkse wateren in de omgeving om te foerageren. Overwinterende Scholeksters kunnen massaal in de weilanden naar voedsel zoeken als het wad bij langdurige stormperiodes niet droogvalt (Goss-Custard & Durell 1988a, Ens *et al.* 2015a). Overwinterende Wulpen foerageren ook vaak in de omliggende weilanden (Ens & Zwarts 1980). Rosse Grutto's die opvetten in het voorjaar om naar het hoge noorden te trekken verlengen hun foerageertijd door met hoogwater in de weilanden naar voedsel te zoeken (Duijns *et al.* 2009). Voor een aantal vogelsoorten zijn dus ook de binnendijkse graslanden belangrijk in het bepalen van de lokale draagkracht in de verschillende delen van de Waddenzee.

10.3.4. Verstoringlandschap

Het verstoringlandschap heeft naast het voedsellandschap mogelijk ook een groot effect op de aantallen vogels. In vorige rapportages is hier uitgebreid bij stil gestaan en hier zullen de belangrijkste zaken kort samengevat worden.

Naast de vele menselijke verstoringbronnen zijn er ook natuurlijke verstoringbronnen, met name roofvogels. Het predatierisico van overwinterende wadvogels kan soms hoog zijn (Cresswell & Whitfield 1994, Whitfield 2003), maar het kan er ook voor zorgen dat bepaalde (voedselrijke) gebieden gemeden worden omdat het predatierisico hoog is (van den Hout 2009). In de Waddenzee lijkt hiervan ook sprake, zo verplaatsen Kanoeten en Rosse Grutto's tegenwoordig in het najaar van de oostelijke naar de westelijke Waddenzee, wellicht om hoge predatie door Slechtvalken te voorkomen (Duijns *et al.* 2014, Buiten *et al.* 2016). Sinds 1989/1990 worden naast de overtijende steltlopers ook standaard de roofvogels geteld tijdens de door Sovon gecoördineerde hoogwatertellingen in de Waddenzee. De Slechtvalk is 's winters vooral talrijk in de oostelijke Waddenzee.

Om in een studie zoals deze, de mogelijke effecten van bodemdaling op de watervogels te bepalen, is het van belang eventuele 'confounding' factoren uit te sluiten. Het verstoringlandschap goed in kaart brengen vergt nogal een continue inspanning, waar in feite al sprake van is, maar dan voor andere toepassingen. Wat ontbreekt is een geautomatiseerde bewerking en interpretatie van de verschillende gegevensbronnen (AIS, radar, strava, predator tellingen, e.d.). Wanneer er een goed beeld van het verstoringlandschap gevormd is, kan dit ook helpen om betere en vergelijkbare referentiegebieden te kiezen.

11. Aanbevelingen

In de afgelopen jaren is 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 ons begrip van de factoren die verspreiding van de onderzochte wadvogels in de Waddenzee bepalen en veranderingen in die verspreiding sturen vooralsnog beperkt is. In het voorgaande hoofdstuk zijn de aanbevelingen van de Auditcommissie besproken en de discussie over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen is opgehangen aan een uitwerking van de effectketen tussen drukfactoren, zoals diepe bodemdaling, en de vogelaantallen.

Dit leidt tot de volgende aanbevelingen:

- In de volgende rapportage kan onderzocht worden of sedimentsamenstelling, naast voedsel, een rol speelt bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee en kunnen beter vergelijkbare referentiegebieden gekozen worden.
- Onderzoek of binnendijkse foerageermogelijkheden, naast voedsel op het wad zelf, van belang zijn bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.
- Onderzoek of predatierisico en (menselijke) verstoring van belang zijn, naast voedsel op het wad, bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.
- Onderzoek de variatie van de hoogwatertellingen binnen en tussen jaren, gezien het belang van de aantallen in de beoordeling voor effecten van bodemdaling.
- Voor de SEM analyse is het van belang dat de SIBES data van de benthos van alle jaren beschikbaar is.

Bijlage - trends in de proxies

Trends over 2008-2022 voor de proxies voor draagkracht (7 proxies voor elk van de 26 soort-seizoen combinaties) in Pinkegat en Zoutkamperlaag en de bijbehorende statistische beoordeling van de significantie. Trendmodel: $\ln(\text{Proxy}) \sim \text{SIBESYear}$. Gegeven zijn de schatting van het intercept van dit trendmodel, met standaardfout (SE_int), Student's t statistic (t_int) en overschrijdskans (P_int) voor de toets of Intercept

afwijkt van 0, de schatting van de hellingshoek (slope) met standaardfout (SE) en t-statistic en overschrijdskans voor de afwijking van 0, en het significantieniveau hiervan (*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001). De laatste kolom geeft aan tot welke veranderingsfactor de slope leidt over een periode van 12 jaar (bv. 1,30 is 30% toename).

Vogelmaand	Proxy	Intercept	SE_int	t_int	P_int	Slope	SE_slope	t_slope	P_slope	uitspraak	Factor 12jr
Bergeend_Jan	Oppervlak	-37,906	53,456	-0,71	0,49	0,022	0,027	0,83	0,4219	geen sign. verandering	1,30
Bergeend_Jan	BMaanw	9,580	31,874	0,30	0,77	-0,002	0,016	-0,12	0,9079	geen sign. verandering	0,98
Bergeend_Jan	BMoogst	-93,110	80,044	-1,16	0,27	0,048	0,040	1,20	0,2500	geen sign. verandering	1,78
Bergeend_Jan	BMoogstDroog	-72,961	81,464	-0,90	0,39	0,037	0,040	0,92	0,3722	geen sign. verandering	1,57
Bergeend_Jan	FRaanw	-42,277	18,423	-2,29	0,04	0,025	0,009	2,78	0,0157 *	toename met 2,6%/jr	1,36
Bergeend_Jan	FRoogst	-39,558	54,805	-0,72	0,48	0,023	0,027	0,85	0,4096	geen sign. verandering	1,32
Bergeend_Jan	FRoogstDroog	-20,287	57,891	-0,35	0,73	0,013	0,029	0,46	0,6552	geen sign. verandering	1,17
Bergeend_Sep	Oppervlak	-58,588	20,974	-2,79	0,02	0,033	0,010	3,19	0,0070 **	toename met 3,4%/jr	1,49
Bergeend_Sep	BMaanw	10,317	31,874	0,32	0,75	-0,002	0,016	-0,12	0,9079	geen sign. verandering	0,98
Bergeend_Sep	BMoogst	-87,983	38,026	-2,31	0,04	0,046	0,019	2,46	0,0288 *	toename met 4,7%/jr	1,74
Bergeend_Sep	BMoogstDroog	-80,930	39,907	-2,03	0,06	0,042	0,020	2,14	0,0517	geen sign. verandering	1,66
Bergeend_Sep	FRaanw	-41,539	18,423	-2,25	0,04	0,025	0,009	2,78	0,0157 *	toename met 2,6%/jr	1,36
Bergeend_Sep	FRoogst	-58,096	24,460	-2,38	0,03	0,034	0,012	2,76	0,0162 *	toename met 3,4%/jr	1,50
Bergeend_Sep	FRoogstDroog	-49,965	26,152	-1,91	0,08	0,029	0,013	2,24	0,0435 *	toename met 2,9%/jr	1,42
Bontbek_Mei	Oppervlak	-8,381	7,384	-1,14	0,28	0,009	0,004	2,37	0,0338 *	toename met 0,9%/jr	1,11
Bontbek_Mei	BMaanw	-101,700	18,926	-5,37	0,00	0,053	0,009	5,67	0,0001 ***	toename met 5,5%/jr	1,90
Bontbek_Mei	BMoogst	-105,251	18,289	-5,76	0,00	0,055	0,009	6,07	0,0000 ***	toename met 5,7%/jr	1,94
Bontbek_Mei	BMoogstDroog	-92,072	18,535	-4,97	0,00	0,048	0,009	5,23	0,0002 ***	toename met 4,9%/jr	1,78
Bontbek_Mei	FRaanw	-27,885	9,180	-3,04	0,01	0,018	0,005	4,02	0,0015 **	toename met 1,8%/jr	1,25
Bontbek_Mei	FRoogst	-29,157	9,500	-3,07	0,01	0,019	0,005	4,02	0,0015 **	toename met 1,9%/jr	1,26
Bontbek_Mei	FRoogstDroog	-14,325	9,596	-1,49	0,16	0,011	0,005	2,34	0,0359 *	toename met 1,1%/jr	1,14
Bontbek_Sep	Oppervlak	-4,543	7,184	-0,63	0,54	0,007	0,004	1,91	0,0789	geen sign. verandering	1,08
Bontbek_Sep	BMaanw	-101,481	18,927	-5,36	0,00	0,053	0,009	5,67	0,0001 ***	toename met 5,5%/jr	1,90
Bontbek_Sep	BMoogst	-104,773	18,257	-5,74	0,00	0,055	0,009	6,06	0,0000 ***	toename met 5,6%/jr	1,93
Bontbek_Sep	BMoogstDroog	-96,487	18,975	-5,08	0,00	0,050	0,009	5,35	0,0001 ***	toename met 5,2%/jr	1,83
Bontbek_Sep	FRaanw	-27,666	9,180	-3,01	0,01	0,018	0,005	4,02	0,0015 **	toename met 1,8%/jr	1,25
Bontbek_Sep	FRoogst	-28,089	9,358	-3,00	0,01	0,019	0,005	3,99	0,0016 **	toename met 1,9%/jr	1,25
Bontbek_Sep	FRoogstDroog	-17,735	9,467	-1,87	0,08	0,013	0,005	2,74	0,0167 *	toename met 1,3%/jr	1,17
BonteStrandloper_Mei	Oppervlak	-7,746	6,845	-1,13	0,28	0,009	0,003	2,51	0,0261 *	toename met 0,9%/jr	1,11
BonteStrandloper_Mei	BMaanw	2,216	30,176	0,07	0,94	0,002	0,015	0,14	0,8922	geen sign. verandering	1,03
BonteStrandloper_Mei	BMoogst	-3,232	33,279	-0,10	0,92	0,005	0,017	0,28	0,7860	geen sign. verandering	1,06
BonteStrandloper_Mei	BMoogstDroog	12,436	34,657	0,36	0,73	-0,004	0,017	-0,21	0,8382	geen sign. verandering	0,96
BonteStrandloper_Mei	FRaanw	-23,518	11,060	-2,13	0,05	0,016	0,005	2,97	0,0109 *	toename met 1,6%/jr	1,22
BonteStrandloper_Mei	FRoogst	-24,301	11,216	-2,17	0,05	0,017	0,006	2,99	0,0104 *	toename met 1,7%/jr	1,22
BonteStrandloper_Mei	FRoogstDroog	-9,887	11,123	-0,89	0,39	0,009	0,006	1,64	0,1240	geen sign. verandering	1,12
BonteStrandloper_Sep	Oppervlak	-5,487	6,987	-0,79	0,45	0,007	0,003	2,14	0,0522	geen sign. verandering	1,09
BonteStrandloper_Sep	BMaanw	2,435	30,176	0,08	0,94	0,002	0,015	0,14	0,8922	geen sign. verandering	1,03
BonteStrandloper_Sep	BMoogst	-1,114	33,539	-0,03	0,97	0,004	0,017	0,22	0,8308	geen sign. verandering	1,04
BonteStrandloper_Sep	BMoogstDroog	10,118	35,379	0,29	0,78	-0,002	0,018	-0,14	0,8944	geen sign. verandering	0,97
BonteStrandloper_Sep	FRaanw	-23,603	11,169	-2,11	0,05	0,016	0,006	2,96	0,0110 *	toename met 1,7%/jr	1,22
BonteStrandloper_Sep	FRoogst	-23,903	11,215	-2,13	0,05	0,017	0,006	2,98	0,0107 *	toename met 1,7%/jr	1,22
BonteStrandloper_Sep	FRoogstDroog	-14,416	13,480	-1,07	0,30	0,011	0,007	1,70	0,1127	geen sign. verandering	1,15
Drieteen_Mei	Oppervlak	-1,417	7,688	-0,18	0,86	0,005	0,004	1,32	0,2091	geen sign. verandering	1,06
Drieteen_Mei	BMaanw	-25,854	16,787	-1,54	0,15	0,015	0,008	1,86	0,0864	geen sign. verandering	1,20
Drieteen_Mei	BMoogst	-35,862	18,843	-1,90	0,08	0,020	0,009	2,18	0,0483 *	toename met 2,1%/jr	1,28
Drieteen_Mei	BMoogstDroog	-22,393	18,281	-1,22	0,24	0,013	0,009	1,46	0,1671	geen sign. verandering	1,17
Drieteen_Mei	FRaanw	-13,281	7,810	-1,70	0,11	0,011	0,004	2,79	0,0153 *	toename met 1,1%/jr	1,14

Vogelmaand	Proxy	Inter-cept	SE_int	t_int	P_int	Slope	SE_slope	t_slope	P_slope***	uitspraak	Factor 12jr
Drieteen_Mei	FRoogst	-13,429	7,846	-1,71	0,11	0,011	0,004	2,80	0,0151 *	toename met 1,1%/jr	1,14
Drieteen_Mei	FRoogstDroog	4,771	9,257	0,52	0,61	0,001	0,005	0,30	0,7652	geen sign. verandering	1,02
Drieteen_Sep	Oppervlak	-1,781	7,618	-0,23	0,82	0,005	0,004	1,38	0,1899	geen sign. verandering	1,06
Drieteen_Sep	BMaanw	-25,634	16,787	-1,53	0,15	0,015	0,008	1,86	0,0864	geen sign. verandering	1,20
Drieteen_Sep	BMoogst	-35,561	18,887	-1,88	0,08	0,020	0,009	2,17	0,0491 *	toename met 2,1%/jr	1,28
Drieteen_Sep	BMoogstDroog	-27,985	18,760	-1,49	0,16	0,016	0,009	1,73	0,1072	geen sign. verandering	1,21
Drieteen_Sep	FRaanw	-12,971	7,962	-1,63	0,13	0,011	0,004	2,73	0,0173 *	toename met 1,1%/jr	1,14
Drieteen_Sep	FRoogst	-13,149	7,997	-1,64	0,12	0,011	0,004	2,74	0,0170 *	toename met 1,1%/jr	1,14
Drieteen_Sep	FRoogstDroog	-0,575	8,949	-0,06	0,95	0,004	0,004	0,92	0,3722	geen sign. verandering	1,05
Kanoet_Aug	Oppervlak	4,913	27,546	0,18	0,86	0,002	0,014	0,14	0,8932	geen sign. verandering	1,02
Kanoet_Aug	BMaanw	61,770	26,899	2,30	0,04	-0,027	0,013	-2,00	0,0669	geen sign. verandering	0,73
Kanoet_Aug	BMoogst	25,795	55,467	0,47	0,65	-0,010	0,028	-0,37	0,7194	geen sign. verandering	0,89
Kanoet_Aug	BMoogstDroog	14,876	56,686	0,26	0,80	-0,005	0,028	-0,18	0,8595	geen sign. verandering	0,94
Kanoet_Aug	FRaanw	-1,846	22,050	-0,08	0,93	0,005	0,011	0,46	0,6512	geen sign. verandering	1,06
Kanoet_Aug	FRoogst	-1,708	25,595	-0,07	0,95	0,005	0,013	0,39	0,7050	geen sign. verandering	1,06
Kanoet_Aug	FRoogstDroog	-11,538	26,342	-0,44	0,67	0,009	0,013	0,72	0,4859	geen sign. verandering	1,12
Kanoet_Jan	Oppervlak	4,119	76,174	0,05	0,96	0,001	0,038	0,03	0,9741	geen sign. verandering	1,02
Kanoet_Jan	BMaanw	60,973	26,899	2,27	0,04	-0,027	0,013	-2,00	0,0669	geen sign. verandering	0,73
Kanoet_Jan	BMoogst	96,504	111,581	0,86	0,40	-0,047	0,055	-0,84	0,4135	geen sign. verandering	0,57
Kanoet_Jan	BMoogstDroog	62,567	102,533	0,61	0,55	-0,030	0,051	-0,60	0,5620	geen sign. verandering	0,70
Kanoet_Jan	FRaanw	17,987	30,091	0,60	0,56	-0,005	0,015	-0,34	0,7369	geen sign. verandering	0,94
Kanoet_Jan	FRoogst	25,544	83,489	0,31	0,76	-0,010	0,041	-0,23	0,8201	geen sign. verandering	0,89
Kanoet_Jan	FRoogstDroog	11,963	74,329	0,16	0,87	-0,003	0,037	-0,09	0,9319	geen sign. verandering	0,96
Kluut_Nov	Oppervlak	-49,658	21,420	-2,32	0,04	0,029	0,011	2,70	0,0183 *	toename met 2,9%/jr	1,41
Kluut_Nov	BMaanw	-70,026	31,967	-2,19	0,05	0,037	0,016	2,34	0,0356 *	toename met 3,8%/jr	1,56
Kluut_Nov	BMoogst	-95,626	36,831	-2,60	0,02	0,050	0,018	2,73	0,0173 *	toename met 5,1%/jr	1,82
Kluut_Nov	BMoogstDroog	-96,671	46,838	-2,06	0,06	0,050	0,023	2,15	0,0514	geen sign. verandering	1,82
Kluut_Nov	FRaanw	-43,124	17,317	-2,49	0,03	0,026	0,009	2,99	0,0104 *	toename met 2,6%/jr	1,36
Kluut_Nov	FRoogst	-51,076	21,514	-2,37	0,03	0,030	0,011	2,77	0,0158 *	toename met 3%/jr	1,43
Kluut_Nov	FRoogstDroog	-53,162	31,356	-1,70	0,11	0,030	0,016	1,94	0,0743	geen sign. verandering	1,44
Kluut_Sep	Oppervlak	-39,895	16,694	-2,39	0,03	0,024	0,008	2,89	0,0128 *	toename met 2,4%/jr	1,33
Kluut_Sep	BMaanw	-69,697	31,968	-2,18	0,05	0,037	0,016	2,34	0,0356 *	toename met 3,8%/jr	1,56
Kluut_Sep	BMoogst	-88,912	35,267	-2,52	0,03	0,047	0,018	2,67	0,0194 *	toename met 4,8%/jr	1,75
Kluut_Sep	BMoogstDroog	-78,939	36,146	-2,18	0,05	0,041	0,018	2,30	0,0386 *	toename met 4,2%/jr	1,64
Kluut_Sep	FRaanw	-42,792	17,317	-2,47	0,03	0,026	0,009	2,99	0,0104 *	toename met 2,6%/jr	1,36
Kluut_Sep	FRoogst	-45,920	18,812	-2,44	0,03	0,027	0,009	2,92	0,0119 *	toename met 2,8%/jr	1,39
Kluut_Sep	FRoogstDroog	-35,930	17,846	-2,01	0,07	0,022	0,009	2,47	0,0282 *	toename met 2,2%/jr	1,30
Pijlstaart_Jan	Oppervlak	-58,853	39,316	-1,50	0,16	0,033	0,020	1,67	0,1184	geen sign. verandering	1,48
Pijlstaart_Jan	BMaanw	94,926	37,134	2,56	0,02	-0,044	0,018	-2,38	0,0330 *	afname met 4,3%/jr	0,59
Pijlstaart_Jan	BMoogst	-107,220	58,166	-1,84	0,09	0,055	0,029	1,90	0,0792	geen sign. verandering	1,93
Pijlstaart_Jan	BMoogstDroog	-89,511	59,646	-1,50	0,16	0,046	0,030	1,55	0,1463	geen sign. verandering	1,73
Pijlstaart_Jan	FRaanw	-43,358	19,443	-2,23	0,04	0,026	0,010	2,66	0,0195 *	toename met 2,6%/jr	1,36
Pijlstaart_Jan	FRoogst	-56,150	40,477	-1,39	0,19	0,032	0,020	1,57	0,1404	geen sign. verandering	1,46
Pijlstaart_Jan	FRoogstDroog	-34,864	42,876	-0,81	0,43	0,021	0,021	0,96	0,3525	geen sign. verandering	1,28
Pijlstaart_Nov	Oppervlak	-27,513	14,309	-1,92	0,08	0,018	0,007	2,52	0,0255 *	toename met 1,8%/jr	1,24
Pijlstaart_Nov	BMaanw	95,332	37,134	2,57	0,02	-0,044	0,018	-2,38	0,0330 *	afname met 4,3%/jr	0,59
Pijlstaart_Nov	BMoogst	-1,916	46,956	-0,04	0,97	0,004	0,023	0,15	0,8807	geen sign. verandering	1,04
Pijlstaart_Nov	BMoogstDroog	0,111	55,470	0,00	1,00	0,002	0,028	0,08	0,9396	geen sign. verandering	1,03
Pijlstaart_Nov	FRaanw	-42,952	19,443	-2,21	0,05	0,026	0,010	2,66	0,0195 *	toename met 2,6%/jr	1,36
Pijlstaart_Nov	FRoogst	-42,952	19,443	-2,21	0,05	0,026	0,010	2,66	0,0195 *	toename met 2,6%/jr	1,36
Pijlstaart_Nov	FRoogstDroog	-42,866	28,910	-1,48	0,16	0,025	0,014	1,76	0,1027	geen sign. verandering	1,35
RosseGrutto_Aug	Oppervlak	-7,051	5,764	-1,22	0,24	0,008	0,003	2,88	0,0130 *	toename met 0,8%/jr	1,10
RosseGrutto_Aug	BMaanw	-36,807	16,216	-2,27	0,04	0,022	0,008	2,72	0,0175 *	toename met 2,2%/jr	1,30
RosseGrutto_Aug	BMoogst	-24,976	17,181	-1,45	0,17	0,016	0,009	1,87	0,0837	geen sign. verandering	1,21
RosseGrutto_Aug	BMoogstDroog	-37,448	15,821	-2,37	0,03	0,022	0,008	2,76	0,0162 *	toename met 2,2%/jr	1,30
RosseGrutto_Aug	FRaanw	-9,677	13,485	-0,72	0,49	0,010	0,007	1,54	0,1472	geen sign. verandering	1,13
RosseGrutto_Aug	FRoogst	-10,455	13,632	-0,77	0,46	0,011	0,007	1,58	0,1378	geen sign. verandering	1,14
RosseGrutto_Aug	FRoogstDroog	-16,973	15,002	-1,13	0,28	0,013	0,007	1,80	0,0943	geen sign. verandering	1,17
RosseGrutto_Mei	Oppervlak	-9,737	6,377	-1,53	0,15	0,010	0,003	3,01	0,0101 *	toename met 1%/jr	1,12
RosseGrutto_Mei	BMaanw	-37,087	16,216	-2,29	0,04	0,022	0,008	2,72	0,0175 *	toename met 2,2%/jr	1,30
RosseGrutto_Mei	BMoogst	-24,616	17,658	-1,39	0,19	0,016	0,009	1,79	0,0976	geen sign. verandering	1,21

Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag

Vogelmaand	Proxy	Inter-cept	SE_int	t_int	P_int	Slope	SE_slope	t_slope	P_slope***	uitspraak	Factor 12jr
RosseGrutto_Mei	BMoogstDroog	-17,723	19,683	-0,90	0,38	0,012	0,010	1,21	0,2495	geen sign. verandering	1,15
RosseGrutto_Mei	FRaanw	-9,624	13,769	-0,70	0,50	0,010	0,007	1,49	0,1608	geen sign. verandering	1,13
RosseGrutto_Mei	FRoogst	-10,828	14,012	-0,77	0,45	0,011	0,007	1,55	0,1460	geen sign. verandering	1,14
RosseGrutto_Mei	FRoogstDroog	1,442	15,012	0,10	0,92	0,004	0,007	0,57	0,5816	geen sign. verandering	1,05
Scholekster_Jan	Oppervlak	56,063	59,378	0,94	0,36	-0,024	0,029	-0,82	0,4272	geen sign. verandering	0,75
Scholekster_Jan	BMaanw	68,896	24,157	2,85	0,01	-0,031	0,012	-2,55	0,0243 *	afname met 3%/jr	0,69
Scholekster_Jan	BMoogst	135,069	72,871	1,85	0,09	-0,064	0,036	-1,77	0,0997	geen sign. verandering	0,46
Scholekster_Jan	BMoogstDroog	156,525	80,588	1,94	0,07	-0,075	0,040	-1,88	0,0825	geen sign. verandering	0,41
Scholekster_Jan	FRaanw	27,856	22,663	1,23	0,24	-0,009	0,011	-0,84	0,4173	geen sign. verandering	0,89
Scholekster_Jan	FRoogst	61,048	63,296	0,96	0,35	-0,026	0,031	-0,84	0,4145	geen sign. verandering	0,73
Scholekster_Jan	FRoogstDroog	90,119	71,547	1,26	0,23	-0,041	0,036	-1,17	0,2647	geen sign. verandering	0,61
Scholekster_Sep	Oppervlak	30,008	23,826	1,26	0,23	-0,011	0,012	-0,89	0,3906	geen sign. verandering	0,88
Scholekster_Sep	BMaanw	69,633	24,157	2,88	0,01	-0,031	0,012	-2,55	0,0243 *	afname met 3%/jr	0,69
Scholekster_Sep	BMoogst	97,780	42,697	2,29	0,04	-0,045	0,021	-2,11	0,0547	geen sign. verandering	0,58
Scholekster_Sep	BMoogstDroog	101,143	43,187	2,34	0,04	-0,047	0,021	-2,19	0,0475 *	afname met 4,6%/jr	0,57
Scholekster_Sep	FRaanw	28,593	22,663	1,26	0,23	-0,009	0,011	-0,84	0,4173	geen sign. verandering	0,89
Scholekster_Sep	FRoogst	31,371	26,374	1,19	0,26	-0,011	0,013	-0,83	0,4217	geen sign. verandering	0,88
Scholekster_Sep	FRoogstDroog	37,798	25,181	1,50	0,16	-0,015	0,012	-1,16	0,2660	geen sign. verandering	0,84
Steenloper_Aug	Oppervlak	40,723	30,005	1,36	0,20	-0,016	0,015	-1,08	0,2991	geen sign. verandering	0,82
Steenloper_Aug	BMaanw	149,053	28,503	5,23	0,00	-0,071	0,014	-5,00	0,0002 ***	afname met 6,8%/jr	0,43
Steenloper_Aug	BMoogst	156,100	80,922	1,93	0,08	-0,075	0,040	-1,87	0,0847	geen sign. verandering	0,41
Steenloper_Aug	BMoogstDroog	139,750	80,315	1,74	0,11	-0,067	0,040	-1,69	0,1155	geen sign. verandering	0,45
Steenloper_Aug	FRaanw	25,644	24,478	1,05	0,31	-0,009	0,012	-0,72	0,4860	geen sign. verandering	0,90
Steenloper_Aug	FRoogst	31,974	25,085	1,27	0,22	-0,012	0,012	-0,96	0,3566	geen sign. verandering	0,87
Steenloper_Aug	FRoogstDroog	22,564	24,654	0,92	0,38	-0,008	0,012	-0,63	0,5426	geen sign. verandering	0,91
Steenloper_Jan	Oppervlak	86,073	60,651	1,42	0,18	-0,040	0,030	-1,32	0,2111	geen sign. verandering	0,62
Steenloper_Jan	BMaanw	148,254	28,503	5,20	0,00	-0,071	0,014	-5,00	0,0002 ***	afname met 6,8%/jr	0,43
Steenloper_Jan	BMoogst	170,348	109,930	1,55	0,15	-0,084	0,055	-1,53	0,1493	geen sign. verandering	0,37
Steenloper_Jan	BMoogstDroog	201,646	117,822	1,71	0,11	-0,100	0,058	-1,70	0,1120	geen sign. verandering	0,30
Steenloper_Jan	FRaanw	49,636	28,410	1,75	0,10	-0,021	0,014	-1,50	0,1587	geen sign. verandering	0,78
Steenloper_Jan	FRoogst	95,918	68,522	1,40	0,18	-0,045	0,034	-1,31	0,2117	geen sign. verandering	0,59
Steenloper_Jan	FRoogstDroog	130,113	76,840	1,69	0,11	-0,062	0,038	-1,63	0,1271	geen sign. verandering	0,47
Tureluur_Jan	Oppervlak	-35,973	16,669	-2,16	0,05	0,022	0,008	2,66	0,0197 *	toename met 2,2%/jr	1,30
Tureluur_Jan	BMaanw	2,340	34,785	0,07	0,95	0,001	0,017	0,08	0,9399	geen sign. verandering	1,02
Tureluur_Jan	BMoogst	-90,252	33,920	-2,66	0,02	0,047	0,017	2,79	0,0153 *	toename met 4,8%/jr	1,76
Tureluur_Jan	BMoogstDroog	-62,555	36,962	-1,69	0,11	0,033	0,018	1,79	0,0971	geen sign. verandering	1,48
Tureluur_Jan	FRaanw	-27,991	12,380	-2,26	0,04	0,018	0,006	2,94	0,0115 *	toename met 1,8%/jr	1,24
Tureluur_Jan	FRoogst	-41,139	16,812	-2,45	0,03	0,024	0,008	2,94	0,0116 *	toename met 2,5%/jr	1,34
Tureluur_Jan	FRoogstDroog	-13,304	20,064	-0,66	0,52	0,010	0,010	1,03	0,3235	geen sign. verandering	1,13
Tureluur_Jul	Oppervlak	-11,985	8,807	-1,36	0,20	0,010	0,004	2,35	0,0349 *	toename met 1%/jr	1,13
Tureluur_Jul	BMaanw	3,119	34,786	0,09	0,93	0,001	0,017	0,08	0,9399	geen sign. verandering	1,02
Tureluur_Jul	BMoogst	-15,695	37,793	-0,42	0,68	0,011	0,019	0,57	0,5805	geen sign. verandering	1,14
Tureluur_Jul	BMoogstDroog	-11,355	39,533	-0,29	0,78	0,008	0,020	0,41	0,6874	geen sign. verandering	1,10
Tureluur_Jul	FRaanw	-27,212	12,380	-2,20	0,05	0,018	0,006	2,94	0,0115 *	toename met 1,8%/jr	1,24
Tureluur_Jul	FRoogst	-28,074	13,019	-2,16	0,05	0,018	0,006	2,86	0,0134 *	toename met 1,9%/jr	1,25
Tureluur_Jul	FRoogstDroog	-27,578	14,046	-1,96	0,07	0,018	0,007	2,55	0,0241 *	toename met 1,8%/jr	1,24
Wulp_Jan	Oppervlak	-28,685	16,973	-1,69	0,11	0,018	0,008	2,18	0,0482 *	toename met 1,9%/jr	1,25
Wulp_Jan	BMaanw	-72,429	31,010	-2,34	0,04	0,039	0,015	2,54	0,0245 *	toename met 4%/jr	1,60
Wulp_Jan	BMoogst	-38,969	25,329	-1,54	0,15	0,022	0,013	1,77	0,1009	geen sign. verandering	1,31
Wulp_Jan	BMoogstDroog	-17,345	30,037	-0,58	0,57	0,011	0,015	0,74	0,4750	geen sign. verandering	1,14
Wulp_Jan	FRaanw	-16,927	12,452	-1,36	0,20	0,013	0,006	2,12	0,0534	geen sign. verandering	1,17
Wulp_Jan	FRoogst	-19,481	17,475	-1,11	0,29	0,014	0,009	1,64	0,1244	geen sign. verandering	1,19
Wulp_Jan	FRoogstDroog	6,631	23,942	0,28	0,79	0,001	0,012	0,07	0,9483	geen sign. verandering	1,01
Wulp_Sep	Oppervlak	-17,063	11,050	-1,54	0,15	0,013	0,005	2,35	0,0351 *	toename met 1,3%/jr	1,17
Wulp_Sep	BMaanw	-71,693	31,010	-2,31	0,04	0,039	0,015	2,54	0,0245 *	toename met 4%/jr	1,60
Wulp_Sep	BMoogst	-44,275	24,296	-1,82	0,09	0,025	0,012	2,10	0,0555	geen sign. verandering	1,36
Wulp_Sep	BMoogstDroog	-41,282	24,966	-1,65	0,12	0,023	0,012	1,89	0,0815	geen sign. verandering	1,32
Wulp_Sep	FRaanw	-14,212	13,415	-1,06	0,31	0,012	0,007	1,83	0,0896	geen sign. verandering	1,16
Wulp_Sep	FRoogst	-15,108	13,881	-1,09	0,30	0,013	0,007	1,83	0,0896	geen sign. verandering	1,16
Wulp_Sep	FRoogstDroog	-8,874	13,776	-0,64	0,53	0,009	0,007	1,32	0,2084	geen sign. verandering	1,11

Vogelmaand	Proxy	Inter- cept	SE_int	t_int	P_int	Slope	SE_ slope	t_ slope	P_slope ***	uitspraak	Factor 12jr
Zilverplevier_Jan	Oppervlak	-40,952	16,092	-2,54	0,02	0,025	0,008	3,08	0,0087 **	toename met 2,5%/jr	1,34
Zilverplevier_Jan	BMaanw	-45,441	18,202	-2,50	0,03	0,025	0,009	2,80	0,0152 *	toename met 2,6%/jr	1,35
Zilverplevier_Jan	BMoogst	-85,881	33,155	-2,59	0,02	0,045	0,016	2,74	0,0170 *	toename met 4,6%/jr	1,72
Zilverplevier_Jan	BMoogstDroog	-63,160	38,158	-1,66	0,12	0,033	0,019	1,76	0,1023	geen sign. verandering	1,49
Zilverplevier_Jan	FRaanw	-27,017	9,919	-2,72	0,02	0,018	0,005	3,64	0,0030 **	toename met 1,8%/jr	1,24
Zilverplevier_Jan	FRoogst	-44,703	18,033	-2,48	0,03	0,026	0,009	2,96	0,0111 *	toename met 2,7%/jr	1,37
Zilverplevier_Jan	FRoogstDroog	-20,334	23,345	-0,87	0,40	0,014	0,012	1,20	0,2509	geen sign. verandering	1,18
Zilverplevier_Mei	Oppervlak	-25,164	13,506	-1,86	0,09	0,017	0,007	2,56	0,0238 *	toename met 1,7%/jr	1,23
Zilverplevier_Mei	BMaanw	-44,925	18,202	-2,47	0,03	0,025	0,009	2,80	0,0152 *	toename met 2,6%/jr	1,35
Zilverplevier_Mei	BMoogst	-52,994	20,243	-2,62	0,02	0,029	0,010	2,90	0,0123 *	toename met 3%/jr	1,42
Zilverplevier_Mei	BMoogstDroog	-42,215	20,843	-2,03	0,06	0,023	0,010	2,26	0,0414 *	toename met 2,4%/jr	1,32
Zilverplevier_Mei	FRaanw	-26,499	9,919	-2,67	0,02	0,018	0,005	3,64	0,0030 **	toename met 1,8%/jr	1,24
Zilverplevier_Mei	FRoogst	-31,693	10,885	-2,91	0,01	0,020	0,005	3,79	0,0022 **	toename met 2,1%/jr	1,28
Zilverplevier_Mei	FRoogstDroog	-18,583	11,072	-1,68	0,12	0,014	0,005	2,47	0,0284 *	toename met 1,4%/jr	1,18

Literatuur

- AARTS, G., E. MUL, J. FIEBERG, S. BRASSEUR, J. A. VAN GILS, J. MATTHIOPOULOS & L. RIOTTE-LAMBERT. 2021. Individual-level memory is sufficient to create spatial segregation among neighboring colonies of central place foragers. *The American Naturalist* **198**:E37-E52.
- AUDITCOMMISSIE. 2014. Advies evaluatie 2007 t/m 2012 en rapportage 2013 van de Auditcommissie. Monitoring van aardgaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Utrecht.
- AUDITCOMMISSIE. 2016. Monitoring aardgaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Advies Auditcommissie over de resultaten van het monitoringsjaar 2015. Rapport nr. 3110, Utrecht.
- AUDITCOMMISSIE. 2022. Monitoring aardgaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Advies Auditcommissie over de resultaten van het monitoringsjaar 2021. Rapport nr. 3655, Utrecht.
- BAILEY, L. D., B. J. ENS, C. BOTH, D. HEG, K. OOSTERBEEK & M. VAN DE POL. 2017. No phenotypic plasticity in nest-site selection in response to extreme flooding events. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **372**:20160139.
- BAILEY, L. D., B. J. ENS, C. BOTH, D. HEG, K. OOSTERBEEK & M. VAN DE POL. 2019. Habitat selection can reduce effects of extreme climatic events in a long-lived shorebird. *Journal of Animal Ecology* **88**:1474-1485.
- BEUKEMA, J. J. 1974. Seasonal changes in the biomass of the macro-benthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* **8**:94-107.
- BEUKEMA, J. J. 2002. Expected changes in the benthic fauna of Wadden Sea tidal flats as a result of sea-level rise or bottom subsidence. *Journal of Sea Research* **47**:25-39.
- BEUKEMA, J. J. & G. C. CADÉE. 1996. Consequences of the sudden removal of nearly all mussels and cockles from the Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology* **17**:279-289.
- BEUKEMA, J. J., R. DEKKER & J. DRENT. 2017a. 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**:1-12.
- BEUKEMA, J. J., R. DEKKER & J. DRENT. 2017b. Parallel changes of *Limecola (Macoma) balthica* populations in the Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* **585**:71-79.
- BEUKEMA, J. J., K. ESSINK, H. MICHAELIS & L. ZWARTS. 1993. Year-to-year variability in the biomass of macrobenthic animals on tidal flats of the Wadden Sea: how predictable is this food source for birds? *Journal of Sea Research* **31**:319-330.
- BIJLEVELD, A. I., J. A. VAN GILS, J. VAN DER MEER, A. DEKINGA, C. KRAAN, H. W. VAN DER VEER & T. PIERSMA. 2012. Designing a benthic monitoring programme with multiple conflicting objectives. *Methods in Ecology and Evolution* **3**:526-536.
- BOLLEN, K. A. 2014. Structural equations with latent variables. John Wiley & Sons.
- BRYANT, D. M. & P. TATNER. 1991. Intraspecific variation in avian energy expenditure: correlates and constraints. *Ibis* **133**:236-245.
- BUIJTER, R., L. GOVERS & T. PIERSMA. 2016. Knooppunt Waddenzee. Bornmeer, Gorredijk.
- CADÉE, G. C. 2008. Scholeksters en Japanse oesters. *Natura* **6**:6-7.
- CAIRNS, D. K. 1989. The regulation of seabird colony size: a Hinterland model. *American Naturalist* **134**:141-146.
- CERVENCL, A., K. TROOST, E. DIJKMAN, M. DE JONG, C. J. SMIT, M. F. LEOPOLD & B. J. ENS. 2015. Distribution of wintering common eider *Somateria mollissima* in the Dutch Wadden Sea in relation to available food stocks. *Marine Biology* **162**:153-168.
- COMPTON, T. J., W. BODNAR, A. KOOLHAAS, A. DEKINGA, S. HOLTHUIJSEN, J. TEN HORN, N. MCSWEENEY, J. A. VAN GILS & T. PIERSMA. 2016. Burrowing behavior of a deposit feeding bivalve predicts change in intertidal ecosystem state. *Frontiers in Ecology and Evolution* **4**.

- Conklin, J. R., M. A. Colwell & N. W. Fox-Fernandez. 2008. High variation in roost use by dunlin wintering in California: Implications for habitat limitation. *Bird Conservation International* **18**:275-291.
- CRESSWELL, W. & D. P. WHITFIELD. 1994. The effects of raptor predation on wintering wader populations at the Tynninghame estuary, southeast Scotland. *Ibis* **136**:223-232.
- DANKERS, N. M. J. A., E. M. DIJKMAN, G. DE KORT & A. MELJBOOM. 2004. De verspreiding en uitbreiding van de Japanse Oester in de Nederlandse Waddenzee. Imares, Den Burg.
- DESSBORN, L., A. L. BROCHET, J. ELMBERG, P. LEGAGNEUX, M. GAUTHIER-CLERC & M. GUILLEMAIN. 2011. Geographical and temporal patterns in the diet of pintail *Anas acuta*, wigeon *Anas penelope*, mallard *Anas platyrhynchos* and teal *Anas crecca* in the Western Palearctic. *European Journal of Wildlife Research* **57**:1119-1129.
- DOKTER, A. M., E. E. VAN LOON, C. RAPPOLDT, K. OOSTERBEEK, M. J. BAPTIST, W. BOUTEN & B. J. ENS. 2017. Balancing food and density-dependence in the spatial distribution of an interference-prone forager. *Oikos* **126**:1184-1196.
- DUIJNS, S. 2014. Sex-specific foraging: The distributional ecology of a polychaete eating shorebird. PhD thesis. University of Groningen, Groningen, The Netherlands.
- DUIJNS, S., N. A. HIDAYATI & T. PIERSMA. 2013. Bar-tailed godwits *Limosa l. lapponica* eat polychaete worms wherever they winter in Europe. *Bird Study* **60**:509-517.
- DUIJNS, S., J. JUKEMA, B. SPAANS, P. VAN HORSSSEN & T. PIERSMA. 2012. Revisiting the proposed leap-frog migration of bar-tailed godwits along the East-Atlantic flyway. *Ardea* **100**:37-43.
- DUIJNS, S. & T. PIERSMA. 2014. Interference competition in a sexually dimorphic shorebird: prey behaviour explains intraspecific competition. *Animal Behaviour* **92**:195-201.
- DUIJNS, S., K. TROOST, E. VAN WINDEN, H. SCHEKKERMAN, K. RAPPOLDT, J. NIENHUIS & E. O. FOLMER. 2022. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2021. Sovon-rapport 2022/30, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- DUIJNS, S., J. G. B. VAN DIJK, B. SPAANS, J. JUKEMA, W. F. DE BOER & T. PIERSMA. 2009. Foraging site selection of two subspecies of bar-tailed godwit *Limosa lapponica*: time minimizers accept greater predation danger than energy minimizers. *Ardea* **97**:51-59.
- DUIJNS, S., J. A. VAN GILS, J. SMART & T. PIERSMA. 2015. Phenotype-limited distributions: short-billed birds move away during times that prey bury deeply. *Royal Society Open Science* **2**:150073.
- DUIJNS, S., J. A. VAN GILS, B. SPAANS, J. TEN HORN, M. BRUGGE & T. PIERSMA. 2014. Sex-specific winter distribution in a sexually dimorphic shorebird is explained by resource partitioning. *Ecology and Evolution* **4**:4009-4018.
- ELIAS, E. & Z. B. WANG. 2013. Abiotische gegevens voor monitoring effect bodemdaling. Deltares, Delft.
- ENNERS, L., N. GUSE, P. SCHWEMMER, A. L. J. CHAGAS, C. C. VOIGT & S. GARTHE. 2020. Foraging ecology and diet of Eurasian spoonbills (*Platalea leucorodia*) in the German Wadden Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **233**:106539.
- ENS, B. 2006. The conflict between shellfisheries and migratory waterbirds in the Dutch Wadden Sea. Pages 806 - 811 in G. C. Boere, C. A. Galbraith & D. A. Stroud, editors. *Waterbirds around the world*. The Stationery Office Limited, Edinburgh, UK.
- ENS, B., B. AARTS, K. H. OOSTERBEEK, M. ROODBERGEN, H. SIERDSEMA, R. SLATERUS & W. TEUNISSEN. 2009a. Onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. *Limosa* **82**:83-92.
- ENS, B. J., B. AARTS, C. HALLMANN, K. OOSTERBEEK, H. SIERDSEMA, R. SLATERUS, G. TROOST, C. VAN TURNHOUT, P. WIERSMA & E. VAN WINDEN. 2011. Scholeksters in de knel: onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. SOVON-onderzoeksrapport 2011/13, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J., J. BLEW, M. W. J. ROOMEN & C. A. M. VAN TURNHOUT. 2009b. Exploring contrasting trends of migratory waterbirds in the Wadden Sea. *Wadden Sea Ecosystem No. 27.*, Wilhelmshaven, Germany.

- ENS, B. J., A. G. BRINKMAN, E. M. DIJKMAN, H. W. G. MEESTERS, M. KERSTEN, A. BRENNINKMEIJER & F. TWISK. 2005. Modelling the distribution of waders in the Westerschelde; what is the predictive power of abiotic variables? Alterra-rapport 1193, Alterra, Wageningen.
- ENS, B. J., A. DOKTER, K. RAPPOLDT & K. OOSTERBEEK. 2015a. Wat bepaalt de draagkracht van de Waddenzee voor wadvogels: onderzoek naar het verspreidingsgedrag van scholeksters. Sovon-rapport 2015/02, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J., R. ECKHARDT, C. KAMPICHLER, R. KLEEFSTRA, H. SCHEKKERMAN, J. VAN WIJK & J. NIENHUIS. 2021a. Aard en omvang verstoring van overtuigende wadvogels voor de kwelder bij Westhoek – seizoen 2020 (nulmeting (To) dynamisch zoneren). Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J. & R. K. H. KATS. 2004. Evaluatie van voedselreservering voor eidereenden in de Waddenzee - rapportage in het kader van EVA II deelproject B2. Alterra, Wageningen.
- ENS, B. J., M. KERSTEN, J. KROL, J. VAN DER MEER, J. WIJSMAN, H. SCHEKKERMAN, C. J. SMIT & K. RAPPOLDT. 2016. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2015. Sovon-rapport 2016/15, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J., M. KERSTEN, J. WIJSMAN, J. VAN DER MEER, H. SCHEKKERMAN, E. VAN WINDEN & K. RAPPOLDT. 2017a. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2016. Sovon-rapport 2017/15, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J., R. KLEEFSTRA, E. A. J. VAN WINDEN, F. POLWIJK, M. VROOM, E. VAN DER ZEE, A. RIPPEN & M. SIKKEMA. 2017b. Monitoring van verstoring en potentiële verstoringsbronnen van vogels en zeehonden in de Waddenzee - seizoen 2016. Sovon Vogelonderzoek Nederland / Altenburg & Wymenga, Nijmegen / Veenwouden.
- ENS, B. J., J. KROL, J. VAN DER MEER, H. PIENING, J. WIJSMAN, H. SCHEKKERMAN & K. RAPPOLDT. 2015b. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J., A. C. SMAAL & J. DE VLAS. 2004. The effects of shellfish fishery on the ecosystems of the Dutch Wadden Sea and Oosterschelde. Final report on the second phase of the scientific evaluation of the Dutch shellfish fishery policy (EVA II). Alterra, Wageningen.
- ENS, B. J., K. TROOST, E. VAN WINDEN, H. SCHEKKERMAN, K. RAPPOLDT, J. VAN KESSEL & J. NIENHUIS. 2020. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2019. Sovon-rapport 2020/25, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J., K. TROOST, E. WINDEN, H. SCHEKKERMAN, C. RAPPOLDT, J. VAN KESSEL & J. NIENHUIS. 2021b. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2020. Sovon-rapport 2021/35, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J., J. VAN DER MEER, K. TROOST, E. VAN WINDEN, H. SCHEKKERMAN & K. RAPPOLDT. 2018. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2017. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J., J. VAN DER MEER, K. TROOST, E. VAN WINDEN, H. SCHEKKERMAN & K. RAPPOLDT. 2019. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2018. Sovon-rapport 2019/22, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS, B. J. & L. ZWARTS. 1980. Wulpen op het wad van Moddergat. *Watervogels* 5:108-120.
- EXO, K.-M., F. HILLIG & F. BAIRLEIN. 2019. Migration routes and strategies of grey plovers (*Pluvialis squatarola*) on the East-Atlantic flyway as revealed by satellite tracking. *Avian Research* 10:28.
- FOLMER, E., A. DEKINGA, S. HOLTHUIJSEN, J. VAN DER MEER, D. MOSK, T. PIERSMA & H. VAN DER VEER. 2017. Species distribution models of intertidal benthos.

- FOLMER, E. O., B. J. ENS & E. M. VAN DER ZEE. 2021. Analysis of high tide roost use and benthos availability for twelve shorebird species in the Dutch Wadden Sea. A&W rapport 19-469, Sovon-rapport 2021/52, Ecospace Ecological Research and Consultancy, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv.
- GOSS-CUSTARD, J. D. & S. DURELL. 1988a. The effect of dominance and feeding method on the intake rates of Oystercatchers, *Haematopus ostralegus*, feeding on mussels. *Journal of Animal Ecology* **57**:827-844.
- GOSS-CUSTARD, J. D. & S. E. A. L. V. D. DURELL. 1988b. The effect of dominance and feeding method on the intake rates of oystercatchers, *Haematopus ostralegus*, feeding on mussels. *Journal of Animal Ecology* **57**:827-844.
- GOSS-CUSTARD, J. D., A. D. WEST, M. G. YATES, R. W. G. CALDOW, R. A. STILLMAN, L. BARDSLEY, J. CASTILLA, M. CASTRO, V. DIERSCHKE, S. DURELL, G. EICHHORN, B. J. ENS, K. M. EXO, P. U. UDAYANGANI-FERNANDO, P. N. FERNS, P. A. R. HOCKEY, J. A. GILL, I. JOHNSTONE, B. KALEJTA-SUMMERS, J. A. MASERO, F. MOREIRA, R. V. NAGARAJAN, I. P. F. OWENS, C. PACHECO, A. PEREZ-HURTADO, D. ROGERS, G. SCHEIFFARTH, H. SITTERS, W. J. SUTHERLAND, P. TRIPLET, D. H. WORRALL, Y. ZHARIKOV, L. ZWARTS & R. A. PETTIFOR. 2006. Intake rates and the functional response in shorebirds (Charadriiformes) eating macro-invertebrates. *Biological Reviews* **81**:501-529.
- GRANADEIRO, J. P., J. ANDRADE & J. M. PALMEIRIM. 2004. Modelling the distribution of shorebirds in estuarine areas using generalised additive models. *Journal of Sea Research* **52**:227-240.
- HIRAKAWA, H. 1995. Diet optimization with a nutrient or toxin constraint. *Theoretical Population Biology* **47**:331-346.
- HOLLING, C. S. 1959. SOME CHARACTERISTICS OF SIMPLE TYPES OF predation and parasitism. *Canadian Entomologist* **91**:385-398.
- JOUTA, J., P. DE GOEIJ, T. LOK, E. VELILLA, C. J. CAMPHUYSEN, M. LEOPOLD, H. W. VAN DER VEER, H. OLFF, O. OVERDIJK & T. PIERSMA. 2018. Unexpected dietary preferences of Eurasian spoonbills in the Dutch Wadden Sea: spoonbills mainly feed on small fish not shrimp. *Journal of Ornithology* **159**:839-849.
- KERSTEN, M., A. BRENNINKMEIJER & J. DE JONG. 2014. De hvp op de Feugelpôle. Effect van verstoring op het aantal vogels. A&W-rapport 2033, A&W, Feanwâlden.
- KERSTEN, M., A. BRENNINKMEIJER, J. KROL, A. KLIK IN DE VEGTE & J. T. DE JONG. 2016. De HVP op de Feugelpolle in 2016. Effect van werkzaamheden aan de waddijk op het aantal vogels tijdens hoogwater. *Ecosense rapport 3*, Ecosense, Groningen.
- KERSTEN, M. & T. PIERSMA. 1987. High-levels of energy-expenditure in shorebirds - metabolic adaptations to an energetically expensive way of life. *Ardea* **75**:175-187.
- KLEEFSTRA, R., T. BREGNBALLE, J. FRIKKE, K. GÜNTHER, B. HÄLTERLEIN, M. B. HANSEN, M. HORNMAN, J. LUDWIG, J. MEYER & G. SCHEIFFARTH. 2022. Trends of migratory and wintering waterbirds in the Wadden Sea 1987/1988 - 2019/2020., Common Wadden Sea Secretariat, Expert Group Migratory Birds, Wilhelmshaven, Germany.
- KLEEFSTRA, R., E. GROENHOF, H. SCHEKKERMAN, E. VAN WINDEN, J. NIENHUIS & S. DULJNS. 2023. Aard en omvang verstoring van overwinterende wadvogels voor de kwelder bij Westhoek – seizoen 2022 (effectmeting (T1) dynamisch zoneren). Sovon-rapport 2023/22, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- KLEEFSTRA, R. & H. SCHEKKERMAN. 2019. De 'krombekken' van Westhoek. *Limosa* **92**:65-73.
- KLEEFSTRA, R., C. SMIT, C. KRAAN, G. AARTS, J. VAN DIJK & M. DE JONG. 2011. Het toegenomen belang van de Nederlandse Waddenzee voor ruiende Bergeenden. *Limosa* **84**:145-154.
- KOFFIJBERG, K., J. BLEW, K. ESKILDSEN, K. GÜNTHER, B. KOKS, K. LAURSEN, L. RASMUSSEN, P. POTEI & P. SÜDBECK. 2003. HIGH TIDE ROOSTS IN THE WADDEN SEA. A Review of Bird Distribution, Protection Regimes and Potential Sources of Anthropogenic Disturbance. Project **34**.
- KOFFIJBERG, K., P. DE BOER, S. C. V. GEELHOED, J. NIENHUIS, H. SCHEKKERMAN, K. OOSTERBEEK & J. POSTMA. 2021. Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2019. Sovon-rapport 2021/40, Wageningen Marine Research-rapport C064/21, Nijmegen.

- KOFFIJBERG, K., J. FRIKKE, B. HÄLTERLEIN, K. LAURSEN, G. REICHERT & L. SOLDAAT. 2017. Breeding birds. Wadden Sea quality status report 2017. Page 19 in S. e. a. Kloepper, editor. Common Wadden Sea secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- KRAAN, C., G. AARTS, J. VAN DER MEER & T. PIERSMA. 2010. The role of environmental variables in structuring landscape-scale species distributions in seafloor habitats. *Ecology* **91**:1583-1590.
- KRAAN, C., T. PIERSMA, A. DEKINGA, J. VAN DER MEER, J. A. VAN GILS, B. SPAANS, A. KOOLHAAS & C. RAALJMAKERS. 2004. Korte termijn effecten van de mechanische kokkelvisserij in de Westelijke Waddenzee op bodemfauna. Koninklijk NIOZ, Texel.
- KRAAN, C., J. A. VAN GILS, B. SPAANS, A. DEKINGA, A. I. BIJLEVELD, M. VAN ROOMEN, R. KLEEFSTRA & T. PIERSMA. 2009. Landscape-scale experiment demonstrates that Wadden Sea intertidal flats are used to capacity by molluscivore migrant shorebirds. *Journal of Animal Ecology* **78**:1259-1268.
- KRIJGSVELD, K. L., B. KLAASSEN & J. VAN DER WINDEN. 2022. Verstoring van vogels door recreatie. Literatuurstudie van verstoringsgevoeligheid en overzicht van maatregelen. Deel 2 soortbesprekingen., Uitgave Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- MACLEAN, I. M. D., G. E. AUSTIN, M. M. REHFISCH, J. BLEW, O. CROWE, S. DELANY, K. DEVOS, B. DECEUNINCK, K. GUNTHER, K. LAURSEN, M. VAN ROOMEN & J. WAHL. 2008. CLIMATE CHANGE CAUSES RAPID CHANGES IN THE distribution and site abundance of birds in winter. *Global Change Biology* **14**:2489-2500.
- MANCHE, P., H. SCHEKKERMAN & M. VAN ROOMEN. 2022. Verdiepende Monitoring van kustbroedvogels in Wij&Wadvogels: jaarrapportage 2021. Sovon-rapport 2022/25, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- MEESTERS, H. W. G., K. S. DIJKEMA, W. E. VAN DUIN, C. J. SMIT, N. M. J. A. DANKERS, P. J. H. RELJNDERS, R. K. H. KATS & M. L. DE JONG. 2006. Natuurwaarden in de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinnig. Alterra rapport 1310, Alterra rapport 1310, Wageningen.
- MILLER, R. S. 1967. Pattern and process in competition. *Advances in Ecological Research* **4**:1-74.
- NAM. 2014. Monitoringprogramma Waddenwinnigen 2014-2019 - Bijlage bij de Wnb-vergunningen voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. EP201403214360.
- NAVEDO, J. G., J. S. GUTIÉRREZ, P. SALMÓN, D. ARRANZ, M. NOVO, D. J. DÍAZ-COSÍN, A. G. HERRERA & J. A. MASERO. 2019. Food supply, prey selection and estimated consumption of wintering Eurasian curlews feeding on earthworms at coastal pastures. *Ardea* **107**:263-274.
- PAKANEN, V.-M. & O. THORUP. 2016. Apparent adult survival of the critically endangered Baltic dunlin *Calidris alpina schinzii* during a period of strong population decline. *Bird Study*:1-10.
- PAREE, E., A. S. KERS, R. JENTINK, J.-R. HENDRIKS & M. J. BAPTIST. 2020. Toelichting op de zoute ecotopenkaart Waddenzee 2017. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening.
- PENNING, E., L. L. GOVERS, R. DEKKER & T. PIERSMA. 2021. Advancing presence and changes in body size of brown shrimp Crangon crangon on intertidal flats in the western Dutch Wadden Sea, 1984–2018. *Marine Biology* **168**:160.
- PHILIPPART, C. J. M., J. J. BEUKEMA, G. C. CADÉE, R. DEKKER, P. W. GOEDHART, J. M. VAN IPEREN, M. F. LEOPOLD & P. M. J. HERMAN. 2007. Impacts of nutrient reduction on coastal communities. *Ecosystems* **10**:96-119.
- PIERSMA, T. 2007. Using the power of comparison to explain habitat use and migration strategies of shorebirds worldwide. *Journal of Ornithology* **148**:S45-S59.
- PIERSMA, T., A. KOOLHAAS, A. DEKINGA, J. J. BEUKEMA, R. DEKKER & K. ESSINK. 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. *Journal of Applied Ecology* **38**:976-990.
- PIERSMA, T., P. PROKOSCH & D. BREDIN. 1992. The migration system of Afro-Siberian Knots *Calidris canutus canutus*. *Wader Study Group Bulletin* **64**:52-63.
- RAKHIMBERDIEV, E., S. DULJNS, J. KARAGICHEVA, C. J. CAMPHUYSEN, VRS CASTRICUM, A. DEKINGA, R. DEKKER, A. GAVRILOV, J. TEN HORN, J. JUKEMA, A. SAVELIEV, M. SOLOVIEV, T. L. TIBBITTS, J. A. VAN GILS & T. PIERSMA. 2018. Fuelling conditions at staging sites can mitigate Arctic warming effects in a migratory bird. *Nature Communications* **9**:4263.

- RAKHIMBERDIEV, E., P. J. VAN DEN HOUT, M. BRUGGE, B. SPAANS & T. PIERSMA. 2015. Seasonal mortality and sequential density dependence in a migratory bird. *Journal of Avian Biology* **46**:332-341.
- RAPPOLDT, C. & B. J. ENS. 2013. Het effect van bodemdaling op overwinterende Scholeksters in de Waddenzee. Een modelstudie met WEBTICS. EcoCurves rapport 17/ Sovon-rapport 2013/19, EcoCurves en Sovon Vogelonderzoek Nederland, Haren/Nijmegen.
- RAPPOLDT, C., B. J. ENS & H. SCHEKKERMAN. 2019. Wadvogel habitat model Wadmap; Technische documentatie. EcoCurves rapport 30, EcoCurves, Haren.
- RAPPOLDT, C., M. KERSTEN & C. J. SMIT. 1985. Errors in large-scale shorebird counts. *Ardea* **73**:13-24.
- RAPPOLDT, C., O. R. ROOSENSCHOON & D. W. G. VAN KRAALINGEN. 2014. Intertides: maps of the intertidal by interpolation of tidal gauge data. EcoCurves Rapport 19, EcoCurves, haren.
- ROGERS, D. I., P. F. BATTLE, T. PIERSMA, J. A. VAN GILS & K. G. ROGERS. 2006. High-tide habitat choice: insights from modelling roost selection by shorebirds around a tropical bay. *Animal Behaviour* **72**:563-575.
- SPAANS, B., L. W. BRUINZEEL & C. J. SMIT. 1996. Effecten van verstoring door mensen op wadvogels in de Waddenzee en de Oosterschelde. Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek (IBN-DLO).
- SUYKERBUYK, W., L. VAN DEN BOOGAART, A. HAMER, B. WALLIS, K. TROOST & M. TANGELDER. 2021. Hittestress op intergetijdenplaten van de Oosterschelde. rapport C026/21, Wageningen Marine Research, Wageningen.
- TAAL, M., A. CADO VAN DER LELIJ, P. HERMAN, W. STOLTE, T. BOUDEWIJN, H. VAN DER JAGT, S. DULJNS & P. GOETHALS. 2020. Update Evaluatiemethodiek: verhaallijnen.
- THIES, L., P. TOMKOVICH, N. D. REMEDIOS, T. LISLEVAND, P. PINCHUK, J. WALLANDER, J. DÄNHARDT, B. PÓRISSON, D. BLOMQUIST & C. KÜPPER. 2018. Population and subspecies differentiation in a high latitude breeding wader, the common ringed plover *Charadrius hiaticula*. *Ardea* **106**:163-176.
- TINGLEY, M. P. & P. HUYBERS. 2013. Recent temperature extremes at high northern latitudes unprecedented in the past 600 years. *Nature* **496**:201-205.
- TOMKOVICH, P. S. & M. Y. SOLOVIEV. 2001. Social organisation of sanderlings breeding at Northern Taimyr, Siberia. *Ornithologia* **29**:125-136.
- TROOST, K. & M. VAN ASCH. 2018. Effecten van handkokkelvisserij op het kokkelbestand in de Waddenzee. Een theoretische benadering. Wageningen University & Research rapport C072/18, Wageningen Marine Research, Yerseke.
- TROOST, K., M. VAN ASCH, E. BRUMMELHUIS, D. VAN DEN ENDE, Y. VAN ES, K. J. PERDON, J. VAN DER POOL, C. VAN ZWEEDEN & J. VAN ZWOL. 2021. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2020. CVO rapport 21.001, Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), IJmuiden.
- TROOST, K., M. VAN ASCH, D. VAN DEN ENDE, Y. VAN ES, K. J. PERDON, J. VAN DER POOL, SUYKERBUYK, W., C. VAN ZWEEDEN & J. VAN ZWOL. 2022. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2021. CVO rapport: 22.011, IJmuiden.
- VAN DE KAM, J., B. ENS, T. PIERSMA & L. ZWARTS. 2004. Shorebirds: an illustrated behavioural ecology. KNNV Publishers, Utrecht.
- van de Pol, M., B. J. Ens, D. Heg, L. Brouwer, J. Krol, M. Maier, K.-M. Exo, K. Oosterbeek, T. Lok, C. M. Eising & K. Koffijberg. 2010a. Do changes in the frequency, magnitude and timing of extreme climatic events threaten the population viability of coastal birds? *Journal of Applied Ecology* **47**:720-730.
- VAN DE POL, M., B. J. ENS, K. OOSTERBEEK, L. BROUWER, S. VERHULST, J. M. TINBERGEN, A. L. RUTTEN & M. D. JONG. 2009. Oystercatchers' bill shapes as a proxy for diet specialization: More differentiation than meets the eye. *Ardea* **97**:335-347, 313.
- VAN DE POL, M., Y. VINDENES, B. E. SAETHER, S. ENGEN, B. J. ENS, K. OOSTERBEEK & J. M. TINBERGEN. 2010b. Effects of climate change and variability on population dynamics in a long-lived shorebird. *Ecology* **91**:1192-1204.
- VAN DEN ENDE, D., K. TROOST, M. VAN ASCH, J. PERDON & C. VAN ZWEEDEN. 2020. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen van de Nederlandse zoute getijdenwateren in 2019: bestand en arealen. CVO rapport: 19.022, Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), IJmuiden.

- 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.
- VAN DER JEUGD, H. P., B. J. ENS, M. VERSLUIS & H. SCHEKKERMAN. 2014. Geïntegreerde monitoring van vogels van de Nederlandse Waddenzee. Vogeltrekstation report 2014-01 / Sovon-rapport 2014/18, Vogeltrekstation / Sovon, Wageningen / Nijmegen.
- VAN DER MEER, J., N. DANKERS, B. J. ENS, M. VAN STRALEN, K. TROOST & A. M. WASER. 2019. The birth, growth and death of intertidal soft-sediment bivalve beds: no need for large-scale restoration programs in the Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* **22**:1024-1034.
- VAN DER MEER, J. & B. J. ENS. 1997. Models of interference and their consequences for the spatial distribution of ideal and free predators. *Journal of Animal Ecology* **66**:846-858.
- VAN DER VEGT, H. & M. VAN DER LUGT. 2021. Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2020). Deltares.
- VAN GILS, J. A., S. R. DE ROOLJ, J. VAN BELLE, J. VAN DER MEER, A. DEKINGA, T. PIERSMA & R. DRENT. 2005. Digestive bottleneck affects foraging decisions in red knots *Calidris canutus*. I. Prey choice. *Journal of Animal Ecology* **74**:105-119.
- VAN GILS, J. A., S. LISOVSKI, T. LOK, W. MEISSNER, A. OŻAROWSKA, J. DE FOUW, E. RAKHIMBERDIEV, M. Y. SOLOVIEV, T. PIERSMA & M. KLAASSEN. 2016. Body shrinkage due to Arctic warming reduces red knot fitness in tropical wintering range. *Science* **352**:819-821.
- VAN GILS, J. A., T. PIERSMA, A. DEKINGA, B. SPAANS & C. KRAAN. 2006. Shellfish dredging pushes a flexible avian top predator out of a marine protected area. *PLOS Biology* **4**:2399-2404.
- VAN ROOMEN, M., G. CITEGETSE, O. CROWE, T. DODMAN, W. HAGEMELJER, K. MEISE & H. SCHEKKERMAN. 2022. East Atlantic Flyway Assessment 2020. The status of coastal waterbird populations and their sites. Wadden Sea Flyway Initiative p/a CWSS, Wilhelmshaven, Germany, Wetlands International, Wageningen, The Netherlands, BirdLife International, Cambridge, United Kingdom
- VAN ROOMEN, M., S. NAGY, R. FOPPEN, T. DODMAN, G. CITEGETSE & A. NDIAYE. 2015. Status of coastal waterbird populations in the East Atlantic Flyway. With special attention to flyway populations making use of the Wadden Sea. Leeuwarden, The Netherlands / Nijmegen, The Netherlands / Wageningen, The Netherlands / Cambridge, United Kingdom / Wilhelmshaven, Germany.
- VAN ROOMEN, M. W. J., C. VAN TURNHOUT, E. A. J. VAN WINDEN, B. KOKS, P. W. GOEDHART, M. F. LEOPOLD & C. J. SMIT. 2005. Trends van benthivore watervogels in de Nederlandse Waddenzee 1975-2002: grote verschillen tussen schelpdiereneters en wormeneters. *Limosa* **78**:21-38.
- VAN STRALEN, M., K. TROOST & C. VAN ZWEEDEN. 2012. Ontwikkeling van banken Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) op droogvallende platen in de Waddenzee. Rapport 2012.101, Imares, Scharendijke
- VAN TURNHOUT, C. & M. VAN ROOMEN. 2008. Drieteenstrandlopers in Nederland: steeds meer wad- steeds minder strandvogel? *Limosa* **81**:1-10.
- WANG, Z. B. & W. D. EYSINK. 2005. Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning. Vloedkommen van het Friesche Zeegat. Rapport Z3995.
- WASER, A. M., S. DEUZEMAN, A. K. W. KANGERI, E. VAN WINDEN, J. POSTMA, P. DE BOER, J. VAN DER MEER & B. J. ENS. 2016. Impact on bird fauna of a non-native oyster expanding into blue mussel beds in the Dutch Wadden Sea. *Biological Conservation* **202**:39-49.
- WHITFIELD, D. P. 2003. Redshank *Tringa totanus* flocking behaviour, distance from cover and vulnerability to sparrowhawk *Accipiter nisus* predation. *Journal of Avian Biology* **34**:163-169.
- YATES, M. G., J. D. GOSS-CUSTARD, S. MCGRORTY, K. H. LAKHANI, S. DURELL, R. T. CLARKE, W. E. RISPIN, I. MOY, T. YATES, R. A. PLANT & A. J. FROST. 1993. Sediment characteristics, invertebrate densities and shorebird densities on the inner banks of the Wash. *Journal of Applied Ecology* **30**:599-614.
- ZHOU, Z., T. J. BOUMA, G. S. FIVASH, T. YSEBAERT, L. VAN IJZERLOO, J. VAN DALEN, B. VAN DAM & B. WALLIS. 2022. Thermal stress affects bioturbators' burrowing behavior: A mesocosm experiment on common cockles (*Cerastoderma edule*). *Science of The Total Environment* **824**:153621.

- ZWARTS, L. & P. ESSELINK. 1989. Versatility of male curlews *Numenius arquata* preying upon *Nereis diversicolor*: deploying contrasting capture modes dependent on prey availability. Marine Ecology Progress Series **56**:255-269.
- ZWARTS, L. & J. H. WANINK. 1993. How the food supply harvestable by waders in the Wadden Sea depends on the variation in energy density, body weight, biomass, burying depth and behavior of tidal-flat invertebrates. Netherlands Journal of Sea Research **31**:441-476.
- ZWARTS, L., J. H. WANINK & B. J. ENS. 1996. Predicting seasonal and annual fluctuations in the local exploitation of different prey by oystercatchers *Haematopus ostralegus*: A ten-year study in the Wadden Sea. Ardea **84A**:401-440.



In opdracht van:



NAM

Sovon Vogelonderzoek Nederland

Postbus 6521
6503 GA Nijmegen
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
T (024) 7 410 410

E info@sovon.nl
I www.sovon.nl

