

# Ruimtelijke analyses van dichtheden en trends van binnendijks broedende Scholeksters



Christian Kampichler,  
Henk Sierdsema,  
Maja Roodbergen  
& Bruno J. Ens

Sovon-rapport 2013/08





# Ruimtelijke analyses van dichtheden en trends van binnendijs broedende Scholeksters

Ruimtelijke analyses van dichtheden en trends van binnendijs broedende Scholeksters

Christian Kampichler, Henk Sierdsema, Maja Roodbergen en Bruno J. Ens



SOVON-rapport 2013-08  
Dit rapport is samengesteld  
in opdracht van  
Vogelbescherming Nederland



## Colofon

© Sovon Vogelonderzoek Nederland 2013

Dit rapport is samengesteld in opdracht van Vogelbescherming Nederland

Illustratie omslag: Peter Eekelder & Hans Gebuis (Scholeksters op hek)

Wijze van citeren: Christian Kampichler, Henk Sierdsema, Maja Roodbergen en Bruno J. Ens, 2013. Ruimtelijke analyses van dichtheden en trends van binnendijs broedende Scholeksters. Sovon-rapport 2013-08. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen

# Inhoud

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
2. Methodiek & basisinformatie	7
2.1. Gegevensbronnen	7
2.2. Analyse trends en randvoorwaarden	14
2.2.1 Databewerking	14
2.2.2 Analyse van huidige dichtheid en trends	15
3. Resultaten	17
3.1. Huidige dichtheden	17
3.1.1 Ruimtelijke correlatie van de gegevens	17
3.1.2 Model met alle verklarende variabelen ("Compleet model" (Model I))	17
3.1.3 Model met geografische variabelen en analyse van de residuen ("Geografisch model" (Model II))	18
3.2. Verandering in aantal ("Trend")	23
3.2.1 Ruimtelijke afhankelijkheid van de gegevens	25
3.2.2 Model met alle verklarende variabelen ("Compleet model")	25
3.2.3 Model met alleen geografische variabelen en analyse van de residuen ("Geografisch model")	26
4. Discussie	29
5. Conclusies	33
6. Literatuur	35
Bijlagen	
Bijlage A.	
Bijlage I. Toelichting kernel-density berekeningen	
Bijlage II. Modevaluatie	
Bijlage III. Voorbeeld voor een partial dependence plot	
Bijlage IV. Evaluatie van het "complete model" voor huidige dichtheden	
Bijlage V. Evaluatie van het "geografische model" voor huidige dichtheden	
Bijlage VI. Evaluatie van het "complete model" voor de trend	
Bijlage VII. Evaluatie van het "geografische model" voor de trend	

## Samenvatting

De broedpopulatie van de Scholekster in Nederland is in de afgelopen 20 jaar meer dan gehalveerd. In dit rapport proberen we te achterhalen welke omgevingsvariabelen gecorreleerd zijn met die gebieden waar Scholeksters vandaag de dag nog wel in relatief hoge dichtheden voorkomen en welke omgevingsvariabelen de populatietrends kunnen verklaren. Zijn er grote verschillen in trends tussen gebieden en waar hangen die verschillen mee samen?

We beperken ons in dit rapport tot de Scholeksters die binnendijks in agrarisch gebied broeden. Dit aangezien driekwart van alle Scholeksters in het agrarische gebied broedt en omdat er grote verschillen zijn tussen de processen die van invloed zijn op de populatiedynamica van de Scholekster in het urbane gebied, kwelders en het agrarische gebied.

Er zijn zoveel mogelijk bestanden met de exacte locaties van Scholeksterterritoria ("stippen") verzameld. Uiteindelijk zijn 13 verschillende datasets gebruikt die per jaar tussen 2206 en 16578 stippen en in totaal meer dan 72 000 stippen opleverden. Voor de ruimtelijke trendanalyse zijn de gegevens gebruikt vanaf 2000 omdat deze een grotere ruimtelijke dekking hebben dan in de periode daarvoor.

Uit de beschikbare omgevingsinformatie is een selectie gemaakt van relevante omgevingsvariabelen. Voor de analyse van het verband tussen verklarende omgevingsvariabelen en de huidige Scholeksterdichtheid (periode 2008-2011) resp. de trend werd gebruik gemaakt van een state-of-the-art type regressiemodellen, namelijk boosted regression trees (BRTs) (Elith *et al.* 2008).

Pogingen om een verband te leggen met het voorkomen van verschillende potentiële predatoren leverden geen bevredigend resultaat. Met de andere omgevingsvariabelen werden wel bevredigende resultaten geboekt.

Op basis van het onderzoek kunnen verschillende conclusies worden getrokken die voor beheer en bescherming van belang zijn:

1. Er zijn een aantal beïnvloedbare omgevingsvariabelen die zowel voorspellend zijn voor hoge dichtheden broedparen als voor een "positieve" of in ieder geval "minder negatieve" trendontwikkeling. Het gaat om openheid van het landschap, een grote bedekking met (blijvend) grasland, een minimale winterse drooglegging en het beheerpakket subsidieregeling agrarisch natuurbeheer laat maaien (een samenvoeging van verschillende vormen van agrarisch natuurbeheer). Om het agrarisch landschap geschikt te houden of geschikter te maken voor Scholeksters ligt het dus voor de hand om de openheid en het areaal (blijvend) grasland te vergroten. Bij de inrichting en het beheer van het agrarische landschap verdient het aanbeveling om te streven naar een grondwaterstand die 's winters zo dicht mogelijk onder het maaiveld ligt en agrarisch natuurbeheer toe te passen met de nadruk op laat maaien.
2. De dichtheid van in het binnenland broedende Scholeksters is hoger dicht bij de kust en ook de afname in dichtheid verloopt er minder snel. Wanneer een prioritering in beschermingsinspanning nodig zou zijn, dan ligt het voor de hand die inspanning vooral te richten op agrarische gebieden in de buurt van het kustgebied.
3. De bovenstaande conclusies zijn gebaseerd op resultaten van correlatief onderzoek. Hoewel de gevonden relaties duidelijke aanwijzingen geven voor inrichting en beheer van het agrarische gebied, is het niet zo dat we de achtergrond van de verschillende relaties volkomen begrijpen. Het is daarom verstandig om nader onderzoek te doen naar de causaliteit van de gevonden verbanden.

# 1. Inleiding

De Scholekster *Haematopus ostralegus* is een vogelsoort die in Nederland de afgelopen 20 jaar sterk in aantal achteruitgaat. De populatie broedvogels is in die periode meer dan gehalveerd (Ens *et al.* 2011).

De Scholekster is niet de enige weidevogel die in de knel zit: vrijwel alle weidevogelsoorten in Europa laten een snelle en massale teruggang zien (Newton 2004). Maatregelen om de achteruitgang van de biodiversiteit in agrarische gebieden (*agri-environment schemes*) te stoppen blijken tot nu toe weinig succesvol (Kleijn *et al.* 2001, 2004; Teunissen *et al.* 2013; Kleijn 2013).

Het is dus van groot belang om te weten welke maatregelen het meest kansrijk zijn om de voortdurende achteruitgang van de in het binnenland van Nederland broedende Scholeksters een halt toe te roepen. Dat vereist kennis over de factoren die verantwoordelijk zijn voor de sterke daling in het aantal broedparen van de Scholekster. In dit rapport proberen we daarom te achterhalen welke omgevingsvariabelen gecorreleerd zijn met die gebieden waar Scholeksters vandaag de dag nog wel in relatief hoge dichtheden voorkomen en welke omgevingsvariabelen de populatietrends kunnen verklaren. Zijn er grote verschillen in trends tussen gebieden en waar hangen die verschillen mee samen?

In het rapport "Scholeksters in de knel" (Ens *et al.* 2011) worden een groot aantal omgevingsvariabelen gebruikt om op basis van regressiemodellen dichtheidskaarten van broedende Scholeksters te maken voor de jaren 1995–2009. In dit rapport voegen we daar nog de volgende omgevingsvariabelen aan toe:

## *Perceelgrootte*

Ruilverkaveling leidt tot grotere percelen en een verdere rationalisatie van de agrarische activiteiten. Met name dit laatste zou ongunstig kunnen zijn voor de Scholeksters.

## *Grondwaterverlaging*

De grondwaterstand wordt vaak verlaagd ten behoeve van een snelle(re) grasgroei en om vroeg in het jaar al met landbouwmateriaal over het land te kunnen rijden om te bemesten e.d. Een verlaagde grondwaterstand lijkt negatief voor de beschikbaarheid van het voedsel voor weidevogels.

## *Bemesting*

Bemesting beïnvloedt het voor weidevogels beschikbare voedselaanbod, waarbij niet noodzakelijkerwijze sprake is van een monotone relatie, dat wil zeggen dat het verband steeds dezelfde richting heeft: of altijd toenemend, of altijd afnemend. Er zou echter ook sprake kunnen zijn van een optimum curve.

## *Afstand tot wadplaten in de Waddenzee en de estuaria in Zeeland*

Scholeksters die in de buurt van het wad broeden hebben de mogelijkheid om tijdens de broedseizoen naar het wad te vliegen om voedsel te halen voor de jongen of om zelf naar voedsel te zoeken. In het eerste geval gaat het om afstanden tot maximaal 2 km, maar hoever Scholeksters die in het binnenland broeden kunnen en willen vliegen om zelf naar voedsel op het wad te zoeken weten we niet.

## *Predatoren*

Scholeksters zijn groundbroeders en daarmee gevoelig voor predatie.

Er hebben zich meer veranderingen in de landbouw en in het landelijk gebied voorgedaan, die mogelijk verklaren waarom de het aantal vogels van het agrarisch gebied zo sterk in aantal afneemt blijkt uit gegevens van het CBS. Voor een deel van die omgevingsvariabelen bleken helaas geen bruikbare gegevens tijdig beschikbaar te zijn, bij voorbeeld voor de vervanging van haver en rogge door snijmais en de omzetting van permanent naar tijdelijk grasland.

Dit onderzoek beperkt zich tot Scholeksters die binnendijks in agrarische gebieden broeden. Dit is veruit het grootste deel van de Nederlandse broedpopulatie. Daarnaast is het zo dat in stedelijke en buitendijkse gebieden broedende Scholeksters met heel andere problemen te maken hebben, dan de vogels die in agrarisch gebied broeden (Ens *et al.* 2011).





## 2. Methodiek & basisinformatie

### 2.1. Gegevensbronnen

#### Scholekster

Om inzicht te krijgen in de factoren die van invloed zijn op trends van weidevogels zijn gegevens nodig van de exacte locaties van territoria in hetzelfde gebied uit twee verschillende perioden (Teunissen *et al.* 2012). Op deze manier kunnen lokale wijzigingen in dichtheden worden gerelateerd aan lokale omgevingskenmerken. Voor de Scholekster zijn daarom zoveel mogelijk GIS (Geografisch Informatie Systeem)-bestanden met de exacte locaties van de territoria ("stippen") verzameld. Veel van deze informatie was reeds beschikbaar in de databases van Sovon. In aanvulling daarop zijn provincies waarvan bekend is dat zij vlakdekkende karteringen uitvoeren en die (nog) niet volledig in de Sovondatabase zaten, alsmede Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en de Universiteit van Groningen benaderd met de vraag of zij een update konden sturen met alle bij hen aanwezige GIS-informatie over weidevogels.

Uiteindelijk zijn 13 verschillende datasets gebruikt (tabel 2.1) die per jaar tussen 2206 en 16578 stippen en in totaal meer dan 72 000 stippen opleverden. Voor de ruimtelijke trendanalyse zijn de gegevens gebruikt vanaf 2000 omdat deze een grotere ruimtelijke dekking hebben dan in de periode daarvoor.

Omdat we voor dit rapport alleen geïnteresseerd zijn in binnendijks broedende Scholeksters, is in GIS een selectie gemaakt van cellen die binnen de zeedijk liggen. Kwelders en stranden zijn dus buiten beschouwing gelaten.

Tabel 2.1. Verwerkte datasets met weidevogelkarteringen

Dataset	Beheerder
BMP	Sovon
Basiskarteringen	Sovon
WSN	Sovon
A&W	A&W / Prov. Fryslân
Beheer op Maat	Alterra
Meetnet Gelderland	Provincie Gelderland
Vlakdekkend Noord-Brabant	Provincie Noord-Brabant
Meetnet Noord-Brabant	Provincie Noord-Brabant
Natuurmonumenten	Natuurmonumenten
Vlakdekkend Noord-Holland	Provincie Noord-Holland
Overijssel	Provincie Overijssel
SBB	Staatsbosbeheer
Utrecht	Provincie Utrecht
Limburg	Provincie Limburg

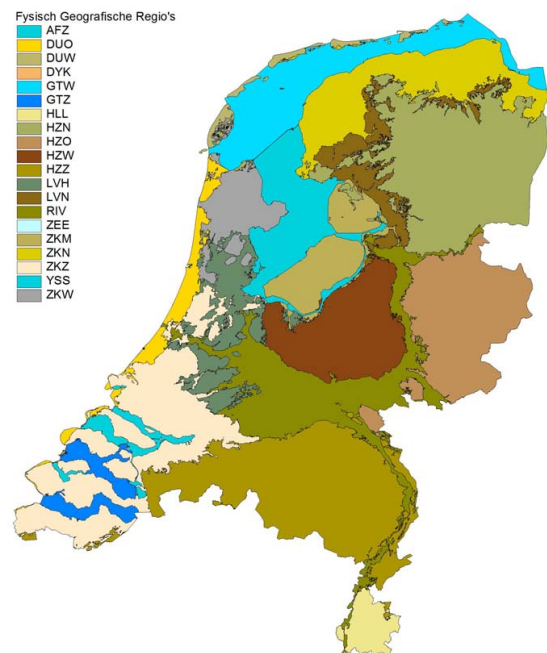
#### Verklarende variabelen

Uit de beschikbare omgevingsinformatie is een selectie gemaakt van relevante omgevingsvariabelen (Tabel 2.2). Het gaat hierbij onder andere om de in de inleiding genoemde variabelen en variabelen die in de literatuur vaak worden genoemd als potentieel verantwoordelijk voor de achteruitgang van de Scholekster (o.a. Schotman *et al.* 2007; Teunissen *et al.* 2005; Van 't Veer *et al.* 2008). Voor het eerst kunnen in de analyse ook bestanden van potentiële predatoren als verklarende variabelen worden gebruikt.

Uit (landelijk) beschikbare geografische bestanden is informatie verzameld over de volgende variabelen:

#### Fysische Geografische Regio's (subeenheden)

Nederland is verdeeld in regio's (FGR's) die overeenkomen in bodemsamenstelling en geomorfologie/ontstaansgeschiedenis (Natuurbeleidsplan, LNV 1990). Deze zijn op basis van de ligging weer onderverdeeld in subregio's. De Nederlandse kaart is gemaakt door het voormalige



Figuur 2.1. Sub-Fysisch Geografische Regio's. GTW = Getijdengebied Wadden, DUW = Duinen Waddengebied, ZKN = Zeekleigebied Noord, HZN = Hogere Zandgronden Noord, LVN Laagveengebied Noord, ZKW = Zeekleigebied West, ZKM Zeekleigebied Midden, DUO = Duinen Holland en Zeeland, RIV Rivierengebied, LVH = Laagveengebied Holland, ZKZ = Zeekleigebied Zuid, HZZ = Hogere Zandgronden Zuid, HZO = Hogere Zandgronden Oost, GTZ = Getijdengebied Zuid, HLL = Heuvelrug en Veluwe, HZW = Hogere Zandgronden West (Utrechtse Heuvelrug en Veluwe), AFZ = Afgesloten Zeearmen.

ministerie van LNV (IKC-Natuurbeheer) en wordt onder meer gebruikt door het Centraal Bureau voor de Statistiek voor het berekenen van regionale trends. De originele kaart van 1990 is later verfijnd en beschikbaar gekomen als GIS-bestand. De Fysisch Geografische Regio's (FGR's) zijn verder opgedeeld in sub-FGR's (Figuur 2.1). Zo zijn de meeste regio's opgedeeld in noord, west, midden en zuid. Hiermee sluiten de sub-FGR's beter aan bij regionale verschillen als gevolg van bijvoorbeeld klimaat, dan de hoofd-FGR's.

#### Openheid van het landschap

Recent is een kaart met de zichtbare openheid van het landschap beschikbaar gekomen (Meeuwssen & Jochem 2011); zie ook Figuur 2.2. Deze kaart is weliswaar gemaakt voor de menselijke beleving van het landschap, maar heeft een veel hogere resolutie dan de kaarten met schaalkenmerken van het landschap van Dijkstra en Lith-Kranendonk (2000) en leent zich daarom beter voor de analyses die in dit rapport worden beoogd. De resolutie van de openheidskaart is 100 meter, die van de schaal van het landschap was 2 kilometer.

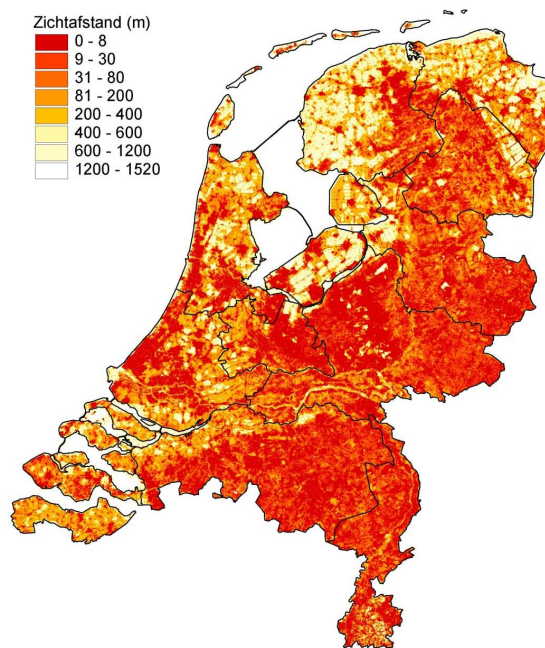
#### Maaidatum

Op basis van satellietbeelden is in de voorjaren van 2007-2010 per 250 meter cel een schatting gemaakt van de maaidatum (Figuur 2.3). Voor een toelichting op de gehanteerde werkwijze voor het maken van deze kaarten wordt verwezen naar Lips (2011). In deze kaarten is echter begrazing maar in beperkte mate te onderscheiden van maaien en moeten we eerder spreken van kaartbeelden met het aanbod van kort en lang gras in het seizoen. Voor de analyses is gebruik gemaakt van de gemiddelde geschatte maaidatum in de periode 2007-2010.

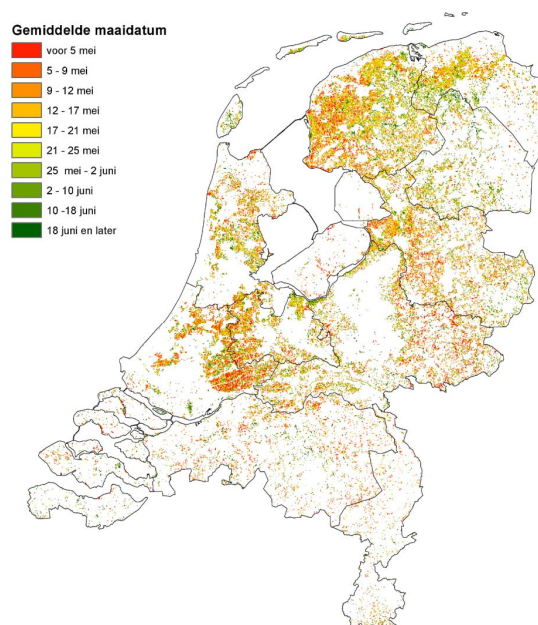
#### Beheerstatus

Naast de geschatte maaidatum is ook gebruik gemaakt van informatie over de beheerstatus in 2006. Voor dit jaar is gekozen omdat het midden in de onderzochte periode ligt en bovendien lang genoeg geleden is om invloed te kunnen hebben op het voorkomen en de ontwikkeling van weidevogels. Uit de bestanden van SAN (Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer), SN (Subsidieregeling Natuur) en SBB is de volgende informatie afgeleid: aandeel reservaat, aandeel grasland met een beheerovereenkomst met een uitgestelde maaidatum tot 15 juni ('vroeg maaien') of grasland met een uitgestelde maaidatum na 15 juni ('laat maaien') en aandeel grasland met beheerovereenkomsten voor verschillende graslandrelevante doelstellingen (Tabellen A1 en A2 in bijlage A). Samenvoeging van de vele verschillende beheerpakketten was nodig om de enorme diversiteit aan beheerpakketten overzichtelijk en analyseerbaar te maken.

*Drooglegging en gemiddelde voorjaars grondwaterstand*  
Uit eerder onderzoek in Noord-Holland (Van 't Veer et al.



Figuur 2.2. Openheid van het landschap. Weergegeven is de gemiddelde zichtafstand. Deze is berekend door voor elke punt de zichtafstand (in meters) in alle richtingen te bepalen en daarover het gemiddelde te nemen. Duidelijk is dat de zichtafstand laag is in de beboste gebieden in het zuid-oosten van het land en hoog in de weidegebieden in Friesland. Deze kaart is met het model ViewScope vervaardigd door Meeuwssen & Jochem (2011).



Figuur 2.3. Gemiddelde maaidatum op basis van satellietbeelden in de voorjaren van 2007-2010.

2008) is gebleken dat de drooglegging in de winter een belangrijke relatie heeft met de trend van grondwatergebonden weidevogels. Om de drooglegging te kunnen bepalen werd gebruik gemaakt van de peilbesluiten van de waterschappen. Deze waren beschikbaar voor alle waterschappen met digitale peilbesluiten met uitzondering van het Waterschap Veluwe.

Een probleem bij de bewerking van de peilbesluitbestanden is dat niet altijd duidelijk is of er géén peilbesluit is óf dat het peilbesluit 0 cm NAP is. De controle daarop moest handmatig gebeuren door te kijken of er binnen een gebied met peilbesluiten polders waren die hoogstwaarschijnlijk een peilbesluit van 0 cm hadden. In de voorliggende analyse zijn peilbesluiten van 0 cm NAP deels buiten beschouwing gelaten waardoor lokaal dus omissies in de kaarten kunnen voorkomen. Het bestand met peilbesluiten is omgezet naar een 100m-grid bestand door per gridcel minimum, gemiddelde en maximum peil te berekenen.

De droogleggingskaart is vervolgens gemaakt door de peilbesluiten te combineren met het AHN (Actuele Hoogtekaart Nederland)-bestand versie 1. Hiervoor zijn eerst alle afzonderlijke 25m-gridbestanden samengevoegd tot één groot bestand.

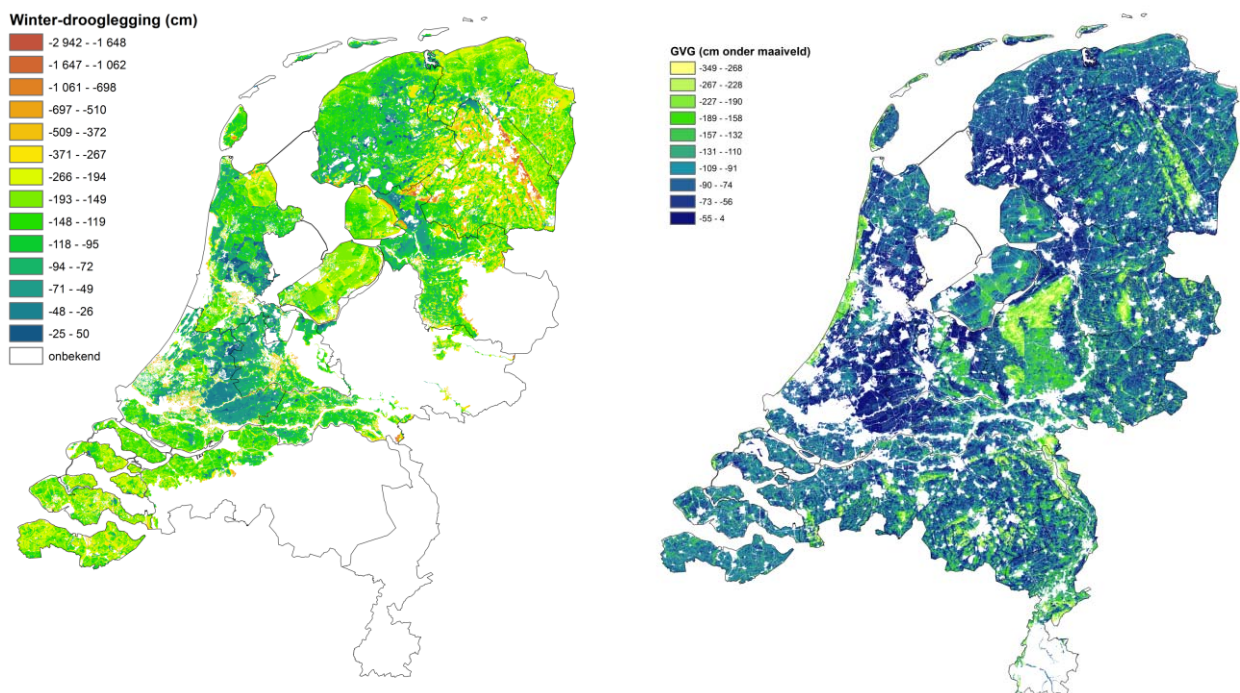
Op basis van de peilbesluiten en de hoogtekaart is een schatting gemaakt van de grondwaterstand in de winter. Deze waterstand betreft feitelijk de berekende droogleg-

ging van een gebied ten opzichte van het maaiveld. Om de maaiveldhoogte te kunnen bepalen zijn uit de hoogtekaart alleen gemeten oppervlakte-eenheden ('cellen') geselecteerd die volgens de top10-vector van 2006 grasland (tdn-code 5213) of bouwland (tdn-code 5203) zijn. Voorts werden de bestanden met peilbesluiten en het maaiveldhoogtebestand omgewerkt naar een gridbestand dat uit cellen van 25 meter bestond. Hierna is de maaiveldhoogte afgetrokken van het peilbesluit in cm ten opzichte van NAP. Dit levert de geschatte grondwaterstand (drooglegging in cm beneden maaiveld) in de winter op in gridcellen van 25meter (Figuur 2.4). Deze kaart is geaggregeerd naar cellen van 500m door het minimum en maximum per cel te berekenen. De zomerstanden zijn niet berekend omdat is aangenomen dat de waterstanden aan het begin van het broedseizoen van doorslaggevend belang zijn.

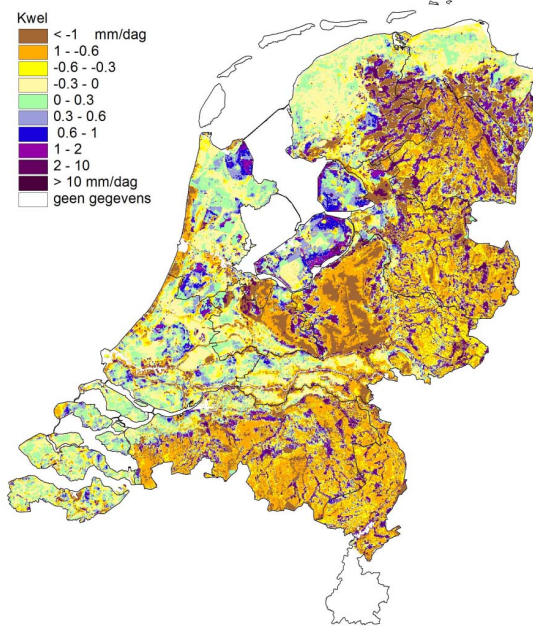
De gemiddelde grondwaterstand in het voorjaar (GVG) is bepaald door de grondwatertrappen (GWT) uit de bodemkaart en het AHN-hoogtebestand met elkaar te combineren. Uit de grondwatertrappen is de GVG afgeleid voor de eenheden van de bodemkaart. Vervolgens is deze informatie neergeschaald door combinatie met de hoogtekaart. Hierdoor ontstaat een veel fijnmaziger patroon van de ingeschatte GVG (Figuur 2.4 rechts).

#### Kwelddruk

Door Jaco van der Gaast (pers. med.) is een landsdekkende kwelkaart gemaakt (Figuur 2.5).



Figuur 2.4. Links: drooglegging in de winter in cm onder het maaiveld. Voor uitleg zie tekst. Rechts: De gemiddelde grondwaterstand in het voorjaar (GVG) in cm t.o.v. het maaiveld.



Figuur 2.5. Kweldruk in mm per dag. Een negatieve kweldruk betekent dat water uit het gebied stroomt.

*Landgebruik: voorkomen grasland en granen*

Zoals reeds genoemd in de inleiding zijn er geen gegevens beschikbaar voor enkele belangrijke variabelen die de dynamiek van landgebruik beschrijven (vervanging van haver en rogge door snijmais, omzetting van permanent naar tijdelijk grasland). In de analyses konden dus alleen de aandelen van bepaalde landgebruiksvormen als verklarende variabelen worden gebruikt. Het voorkomen van grasland is afgeleid uit de top10-vektor kaart, versie 2006 (Topografische Dienst). De informatie over blijvend, tijdelijk en natuurlijk grasland en over winter- en zomergranen en maïs werd afgeleid uit de Gewassenkaart van Dienst Regelingen.

Onder blijvend grasland (Figuur 2.6) wordt verstaan: gras dat voor ten minste vijf jaar niet in de vruchtwisseling is meegenomen. Het gewas bestaat uit een natuurlijke of ingezaaide vegetatie van grassen of andere kruidachtige

voedergewassen.

Onder tijdelijk grasland (Figuur 2.6) wordt verstaan: gras dat in de vruchtwisseling is opgenomen. Het gras wordt niet langer dan vijf jaar aaneengesloten geteeld. Het gewas bestaat uit een natuurlijke of ingezaaide vegetatie van grassen of andere kruidachtige voedergewassen.

Onder natuurlijk grasland (Figuur 2.6) wordt verstaan: gewas dat bestaat uit een natuurlijke of ingezaaide vegetatie van grassen of andere kruidachtige voedergewassen. De opbrengst per ha mag niet meer zijn dan vijf ton droge stof per hectare. Het beheer mag gedurende meerdere jaren op geen enkele manier de landbouwkundige productie verhogen of in stand houden (bijv. bemesting, drainage en onkruidbestrijding).

Onder zomergranen (Figuur 2.7) worden tarwe, gerst, haver, graansorgho en gierst verstaan, die aan het einde van de winter worden gezaaid.

Onder wintergranen (Figuur 2.7) worden tarwe, gerst, rogge en triticale verstaan, die in in het najaar worden gezaaid.

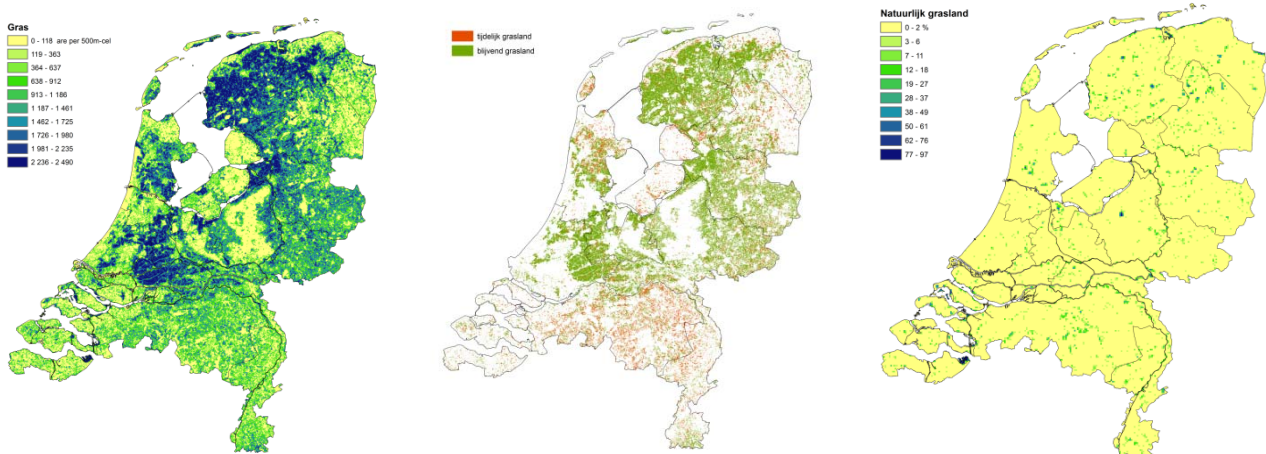
In Tabel A3 in bijlage A is een overzicht van de wijze waarop de vele verschillende gewassen zijn samengenomen tot een aantal hoofdcategorieën waarmee het mogelijk werd statistische berekeningen uit te voeren.

*Perceelgrootte*

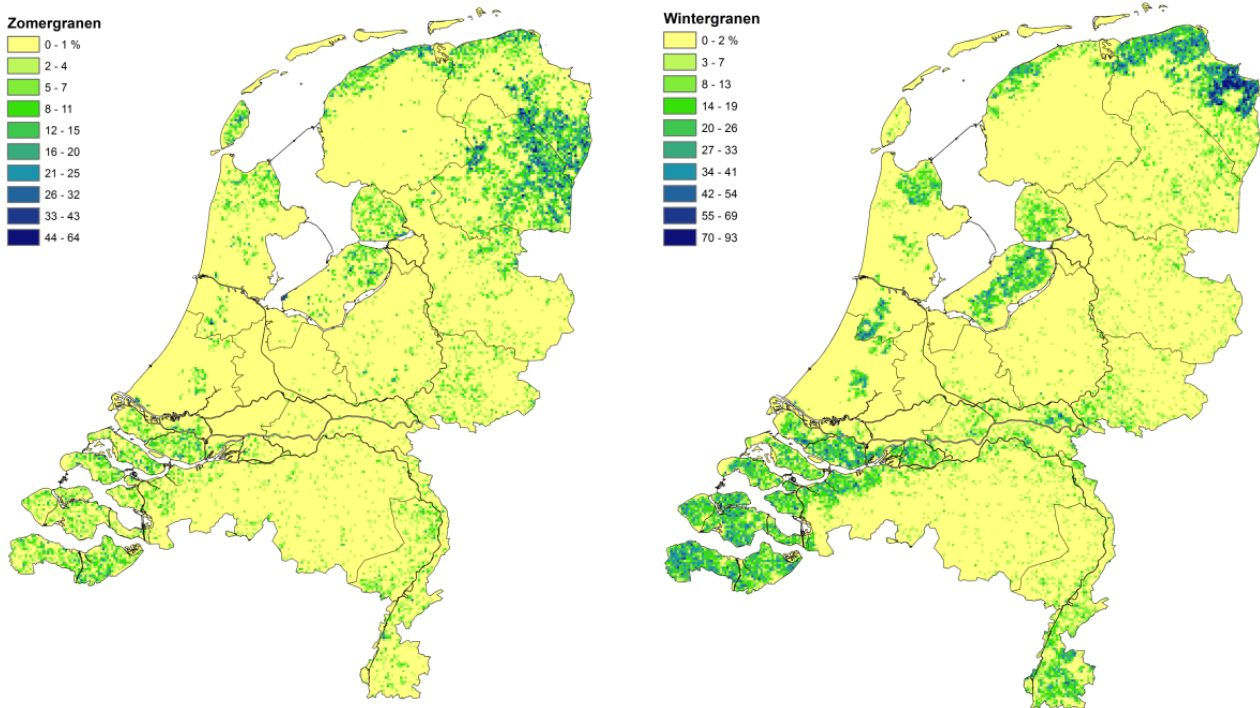
De gemiddelde perceelgrootte is afgeleid van de perceelgroottes in de gewassenkaart van 2009.

*Verstoring door verkeer*

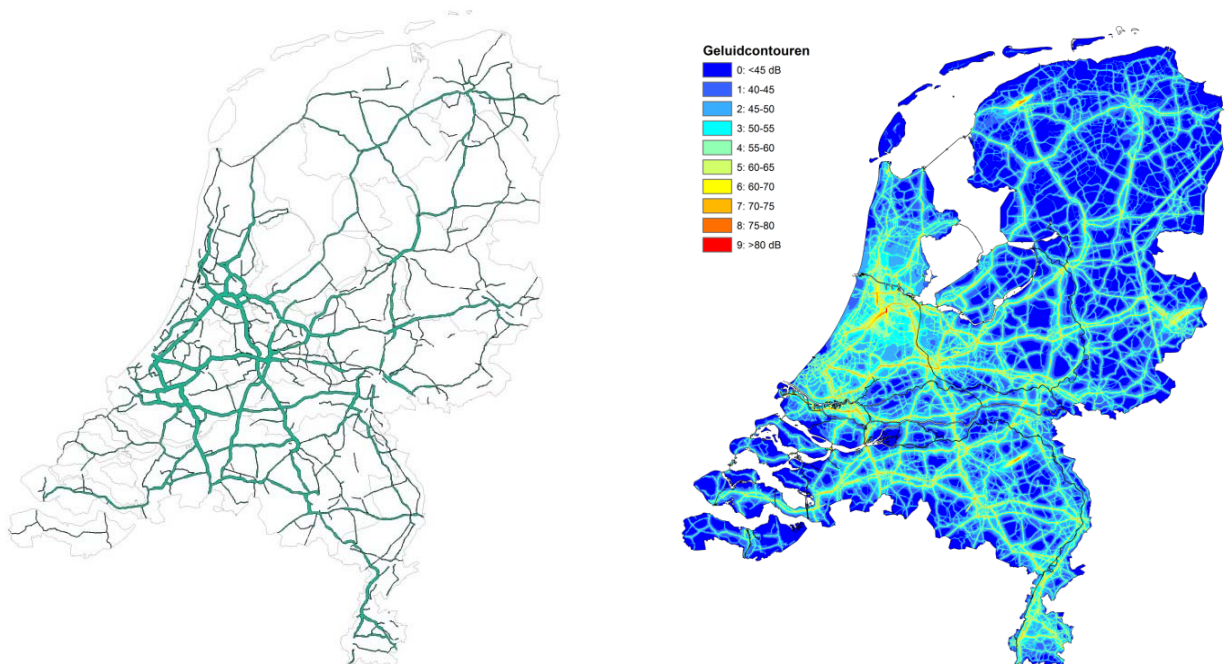
Voor de analyse van de verkeersinvloed is gebruik gemaakt van twee verschillende bestanden: de door het verkeer beïnvloede zone voor een gemiddelde weidevogel (gebaseerd op het onderzoek van Reijnen *et al.* (1996) en Foppen *et al.* (2002) naar de invloed van wegen op vogels) en de geluidscontouren door weg-, trein- en vliegverkeer ([www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)). De verstoorde zone is afhankelijk



Figuur 2.6. Verschillende vormen van grasland in Nederland. Links: totale bedekking met gras in are per cel van 500 \* 500 m. Midden: bedekking met tijdelijk en blijvend grasland. Rechts: bedekking met natuurlijk grasland.



Figuur 2.7. Links: verbouwing van zomergranen. Rechts: verbouwing van wintergranen.



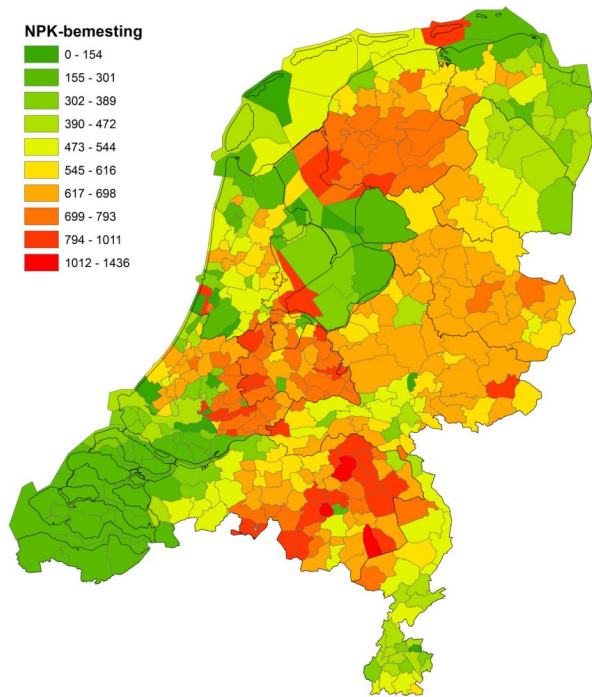
Figuur 2.8. Verstoring door het verkeer. Links: beïnvloede zone voor een gemiddelde weidevogel [% dekking]. Rechts: Geluidcontouren [geluidsklassen]

van de verkeersdrukke, maar bedraagt voor een gemiddelde weidevogel veelal 200–300 meter.

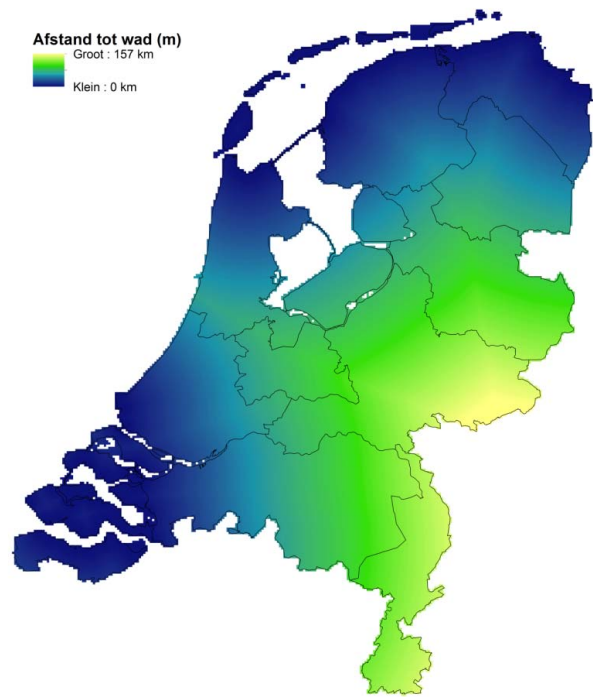
#### Bemesting

Kleinschalige gegevens van de mestgift waren niet beschikbaar. Van de website van het CBS kunnen alleen jaarlijkse gegevens van de mestgift op gemeenteniveau worden gedownload. Omdat verschillende soorten bemesting op die schaal sterk gecorreleerd zijn (maar heel

waarschijnlijk niet op de schaal van de percelen), worden alleen de gegevens van NPK-bemesting gebruikt. Het aantal Nederlandse gemeenten werd in de laatste decennia herhaaldelijk gereduceerd; het is dus heel lastig uit de beschikbare mestgiftgegevens trends voor de huidige gemeenten te berekenen. Gezien het feit dat de schaal toch al heel grof is, werd die extra moeite niet opgebracht. Er is dus alleen gewerkt met een globale schatting van de huidige mestgift (Figuur 2.9).



Figuur 2.9. NPK-bemesting per gemeente (bron: CBS).



Figuur 2.10. Afstand tot het dichtstbijzijnde intergetijdegebied voor elk landgebied in Nederland.

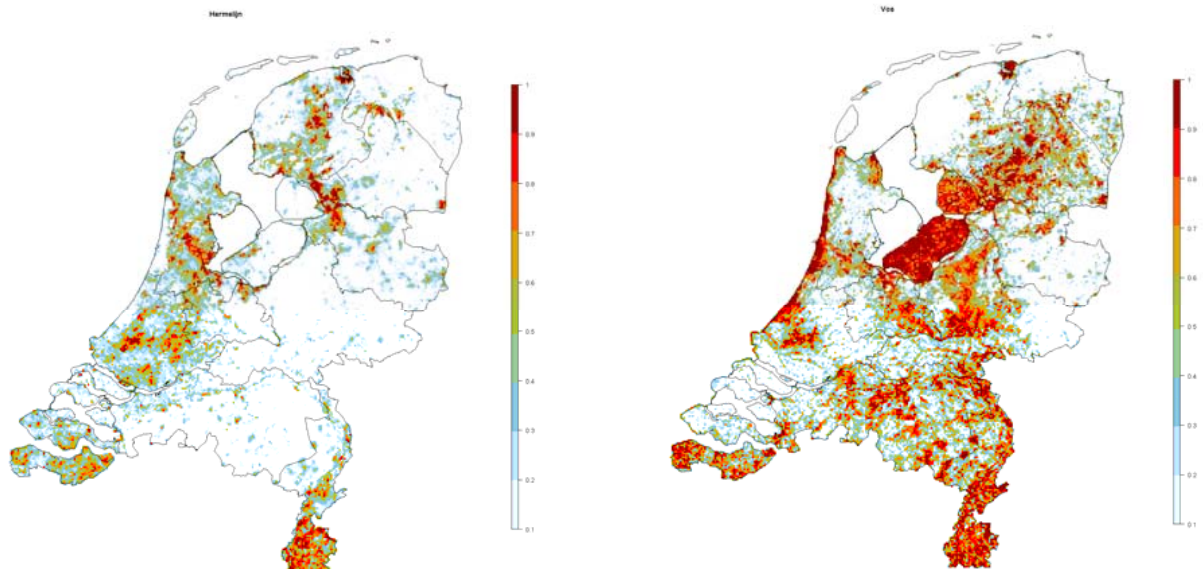
*Afstand tot het wad*

De afstand tot intergetijdegebieden in de Waddenzee of de Zeeuwse Delta kan van invloed zijn op de dichtheden van binnendijks broedende Scholeksters, bijvoorbeeld omdat de vogels er voedsel kunnen vinden tijdens de broedtijd of omdat ze er overwinteren en het gunstig is om op korte afstand van het overwinteringsgebied te broeden. Een alternatieve verklaring is dat de Scholeksters zich vanuit de kustgebieden steeds verder over het binnenland hebben verspreid, waarbij de kustpopulaties als "source" dienden en de binnenlandpopulaties als "sink". Daarom werd een bestand gemaakt met de afstand tot het wad in het noorden en de afstand tot de Ooster- en

de Westerschelde in het zuiden van het land. Voor het gemak wordt deze variabele aangeduid met "afstand tot het wad" (Figuur 2.10).

*Predatoren*

Recent zijn door Sovon kaarten gemaakt met de kans op voorkomen (zoogdieren) of de dichtheid (vogels) van potentiële predatoren van Scholeksters en hun legsels. Het is dus voor het eerst mogelijk ook de aanwezigheid van verschillende predatoren als verklarende variabele te gebruiken en niet alleen proxy's zoals de openheid van het landschap. Kaarten voor Hermelijn en Vos zijn weer-



Figuur 2.11. Links: het voorspelde voorkomen van de Hermelijn, weergegeven als kans tussen 0 en 1. Rechts: het voorspelde voorkomen van de Vos, weergegeven als kans tussen 0 en 1.

gegeven in Figuur 2.11. Er zijn ook kaarten voor Bunzing en Egel gemaakt en gebruikt. Voor vogels is uitgegaan van de verspreiding van de broedvogels zoals bepaald in de broedvogel monitoring van Sovon. Er is gewerkt met kaarten van Bruine Kiekendief, Buizerd, Havik, Kleine Mantelmeeuw, Torenvalk en Zilvermeeuw.

#### Geografische coördinaten

Voor elke cel werden ook de Rijksdriehoekskoördinaten als verklarende variabelen opgenomen, om te corrigeren voor eventuele effecten van variabelen die niet in de analyse zijn opgenomen.

In tabel 2.2 worden de verklarende variabelen samengevat.

Tabel 2.2. In de analyses gebruikte verklarende variabelen met de eenheid waarin de variabelen zijn gemeten. Met % dekking wordt het percentuele oppervlakteaandeel van een variabele in het kwadrant aangeduid.

Variabelengroep	Variabele [maat]
Fysische Geografische Regio's (FGR)	FGR Afgesloten zeearmen [% dekking] FGR Duinen Holland en Zeeland [% dekking] FGR Duinen Waddengebied [% dekking] FGR Heuvelland [% dekking] FGR Hogere Zandgronden Noord [% dekking] FGR Hogere Zandgronden Oost [% dekking] FGR Hogere Zandgronden West [% dekking] FGR Hogere Zandgronden Zuid [% dekking] FGR Laagveengebied Holland [% dekking] FGR Laagveengebied Noord [% dekking] FGR Rivierengebied [% dekking] FGR IJsselmeer [% dekking] FGR Zeekleigebied Midden [% dekking] FGR Zeekleigebied Noord [% dekking] FGR Zeekleigebied West [% dekking] FGR Zeekleigebied Zuid [% dekking]
Openheid van het landschap	Openheid [m]
Maaidatum	Gemiddelde Maaidatum 2007–2010
Beheerstatus (inclusief SBB-terreinen)	Aandeel grasland met maaidatum na 15 juni [% dekking] Reservaat in 2006 [% dekking]
Beheertypen volgens beheersovereenkomsten	
Subsidiereregeling Agrarisch (SAN) Natuurbeheer en	
Subsidiereregeling Natuurbeheer (SN) (exclusief	
SBB-terreinen)	Beheerpakket SANSN Grasland [% dekking] Beheerpakket SANSN Laat maaien [% dekking]a Beheerpakket SANSN Overig grasland [% dekking] Beheerpakket SANSN Vroeg maaien [% dekking]b
Beheertypen van Staatsbosbeheer (SBB)	Beheerpakket SBB Natuurlijk grasland [% dekking] Beheerpakket SBB Overig grasland [% dekking] Beheerpakket SBB Weidevogels [% dekking]
Beheertypen volgens de Subsidiereregeling	
Natuurbeheer (SN)	Beheerpakket SN Droog rijk grasland [% dekking] Beheerpakket SN Grasland [% dekking]c Beheerpakket SN Natuurlijk rijk grasland [% dekking] Beheerpakket SN Soortenrijk weidevogelgrasland [% dekking] Beheerpakket SN Zeer soortenrijk weidevogelgrasland [% dekking]
Grondwater	Minimale winterse drooglegging [cm] Maximale winterse drooglegging [cm] Geschatte voorjaarsgrondwaterstand [cm] Kweldruk [mm d-1]
Grondwaterklassen afgeleid van de	
grondwatertrappen	Grondwaterklasse water [% dekking] Grondwaterklasse nat [% dekking] Grondwaterklasse vrij nat [% dekking]

	Grondwaterklasse vochtig [% dekking]
	Grondwaterklasse wisselvochtig [% dekking]
	Grondwaterklasse vrij droog [% dekking]
	Grondwaterklasse droog [% dekking]
	Grondwaterklasse onbekend [% dekking]
Landgebruik	Voorkomen grasland [% dekking]
	Blijvend grasland [% dekking]
	Tijdelijk grasland [% dekking]
	Natuurlijk grasland [% dekking]
	Wintergranen [% dekking]
	Zomergranen [% dekking]
Perceelgrootte	Perceelgrootte [ha]
Verstoring door verkeer	Beïnvloede zone voor een gemiddelde weidevogel [% dekking]
	Geluidscontouren [geluidsklassen]
Bemesting	Huidige bemesting met NPK [kg ha <sup>-1</sup> jr <sup>-1</sup> ] <sup>d</sup>
Afstand tot het wad	Afstand tot het wad [m]
Kans op voorkomen predatoren	Bruine kiekendief [ind km <sup>-2</sup> ]
	Buizerd [ind km <sup>-2</sup> ]
	Havik [ind km <sup>-2</sup> ]
	Kleine Mantelmeeuw [ind km <sup>-2</sup> ]
	Torenavalk [ind km <sup>-2</sup> ]
	Zilvermeeuw [ind km <sup>-2</sup> ]
	Bunzing [kans op voorkomen km <sup>-2</sup> ]
	Egel [kans op voorkomen km <sup>-2</sup> ]
	Hermelijn [kans op voorkomen km <sup>-2</sup> ]
	Vos [kans op voorkomen km <sup>-2</sup> ]
Geografische coördinaten	Lengte [m Rijksdriehoekskoördinaten]
	Breedte [m Rijksdriehoekskoördinaten]

<sup>a</sup> maaien op 1 juni of later

<sup>b</sup> maaien op 31 mei of eerder

<sup>c</sup> De beheerpakketten SN Half nat grasland en SN Grasland zijn sterk gecorreleerd ( $r = 0.85$ ), dus werd alleen SN Grasland in de analyse opgenomen.

<sup>d</sup> N-, P-, K- en dierlijke bemesting zijn sterk met elkaar gecorreleerd ( $r > 0.9$ ), dus werd alleen NPK-bemesting in de analyse opgenomen.

## 2.2. Analyse trends en randvoorwaarden

### 2.2.1 Databewerking

Alle stippen van weidevogelterritoria zijn bij elkaar gevoegd in één bestand. Indien uit een 100 meter cel voor een jaar informatie beschikbaar was uit verschillende bronnen, is het maximum aantal genomen uit de verschillende bronnen. Met deze gegevens zijn eerst dichtheidskaarten per jaar gemaakt. Deze zijn vervolgens geaggregeerd tot een dichtheidskaart per periode door per 100 meter cel de maximumwaarde te nemen. Vervolgens zijn *kernel*-dichtheidskaarten per 100 meter gemaakt per periode (2000-2003, 2004-2007 en 2008-2011); zie bijlage I voor meer uitleg. Voor de *kernel* is een doorsnede van 250 meter (ofwel een bandbreedte van 125 meter) gebruikt. De dichtheidskaarten geven dientengevolge een goed beeld van de lokale dichtheid. Deze benadering is gehanteerd omdat zij beter aansluit bij de activiteitsgebieden en omvang van Scholeksterterritoria: een territorium is over het algemeen groter dan 1 ha, maar de territoriumstip komt

wel in een één enkele hectarecel terecht. Hierdoor kan ten onrechte het beeld ontstaan dat de naastgelegen cel niet bezet zou zijn. Door het gebruik van een dichtheidskaart worden de territoriumstippen dus wat meer 'uitgesmeerd' over de directe omgeving. Een verdere reden voor de keuze voor een analyse met dichtheidskaarten is dat van veel weidevogelkarteringen wel de territoriumstippen bekend zijn, maar niet de begrenzing van het onderzochte gebied. Hierdoor is onderscheid tussen aantallen "onbekend" en "niet aanwezig" niet mogelijk. Dit is deels onderzocht door (op dezelfde manier) ook dichtheidskaarten voor alle weidevogels te maken en deze te gebruiken om te bepalen welke 100-meter cellen per periode zijn onderzocht op het voorkomen van weidevogels. Gebieden die wel zijn geteld, maar waar geen Scholeksters zaten, zijn dus "echte nullen". Dit gold niet voor cellen waarin alleen Grutto's zijn vastgesteld, aangezien er aparte tellingen voor Grutto's bestaan.

Ten slotte werden alle kaarten, zowel die van de



Scholekster als die van de verklarende variabelen vanwege de beschikbare rekenkapaciteit tot een celgrootte van 500x500 m omgeschaald.

### 2.2.2 Analyse van huidige dichtheid en trends

Voor de analyse van de huidige dichtheid (2008–2011) leverde de databewerking dichtheidsschattingen van 48 694 kwadranten van 500x500 m op. De bepaling van de verandering in aantal is iets lastiger dan die van de dichtheid. Absolute veranderingen kunnen niet met elkaar worden vergeleken omdat ze afhankelijk zijn van de dichtheid. Als in een kwadrant de dichtheid van 10 naar 8 territoria per ha daalt, betekent dat iets heel anders dan een achteruitgang van 2.5 naar 0.5 territoria per ha. Het zelfde probleem geldt ook voor lineaire trends: dezelfde hellingshoek betekent iets heel anders voor een kwadrant met hoge dan voor een kwadrant met lage dichtheid en kan dus niet worden geïnterpreteerd zonder ook de dichtheid en dus de intercept van de regressielijn daarin te betrekken. Om tot een enkel kengetal te komen, werd daarom een aanpak gekozen die al met succes voor de kerngebiedanalyse van weidevogels werd gebruikt (Theunissen *et al.* 2012). De verandering in aantal (trend) per cel tussen de periodes 2000–2003 en 2008–2011 werd gekarakteriseerd door een trend-index die bepaald wordt door de volgende formule:

$$\text{Trend} = \frac{\text{dichtheid laatste periode} - \text{dichtheid eerste periode}}{\text{dichtheid laatste periode} + \text{dichtheid eerste periode}}$$

Dit levert een trend-index op die tussen -1 (verdwenen uit een kwadrant) en +1 (kwadrant gekoloniseerd) zit. Kwadranten met de zelfde relatieve verandering in aantal worden dus door de zelfde trend-index gekarakteriseerd. Een achteruitgang van 8 naar 4 territoria per ha levert bijvoorbeeld dezelfde waarde op (-0,33) als een daling van 4 naar 2. Omdat de dynamiek van kwadranten met lage dichtheden bepaald kan zijn door andere omgevingsvariabelen dan die van kwadranten met hoge dichtheden wordt de mogelijkheid onderzocht deze separaat te analyseren. De scheiding tussen kwadranten met hoge en lage dichtheden wordt dan gebaseerd op de inspectie van een spreidingsdiagram met de dichtheidsgegevens uit de periode 2008–2011 en de waarden van de trend-index.

Voor de analyse van het verband tussen verklarende omgevingsvariabelen en de huidige dichtheid (periode 2008–2011) resp. de trend werd gebruik gemaakt van een *state-of-the-art* type regressiemodellen, namelijk *boosted regression trees* (BRTs) (Elith *et al.* 2008). Met BRTs kunnen op een robuuste wijze niet-lineaire verbanden worden beschreven. BRTs combineren de sterke punten van twee algoritmen: *regression trees* (modellen die het verband tussen afhankelijke en verklarende variabelen tot stand brengen middels recursieve binaire splitsing) en *boosting* (een adaptieve methode om veel simpele modellen te

combineren en hun voorspellende kracht te verbeteren). Hawkins (2012) beveelt expliciet aan voor ruimtelijke *analyses regression trees* of ervan afgeleide methoden te gebruiken.

Wanneer alle relevante en ruimtelijk gestructureerde verklarende variabelen zijn opgenomen in het model voor trend of dichtheid, dan zijn de residuen onafhankelijk van elkaar. In de praktijk is het echter niet mogelijk te weten of alle belangrijke verklarende variabelen zijn meegenomen. Als er nog sprake is van autocorrelatie tussen de residuen dan betekent dat dat er belangrijke verklarende variabelen ontbreken in het model, bijvoorbeeld een verband met niet gemeten omgevingsvariabelen of demografische processen (Dray *et al.* 2012).

Voor de analyse van dichtheid en trend hebben we daarom voor de volgende aanpak gekozen:

1. Eerst is bepaald in hoeverre er sprake is van ruimtelijke correlatie ('autocorrelatie') in de gegevens. Dit is bepaald door het berekenen van Moran's I (een statistisch kengetal voor de evaluatie van ruimtelijke autocorrelatie, Bivand *et al.* 2008) voor verschillende afstandsklassen. Dit laat ons zien op welke ruimtelijke schaal er sprake is van significante autocorrelatie.
2. Vervolgens is een compleet model gemaakt met alle verklarende variabelen met behulp van de BRT-methode. Dit model levert voor elke waarneming een voorspelling op. Het verschil tussen de voorspelling en de werkelijke waarneming wordt 'residu' genoemd. Door te kijken of er nog ruimtelijke correlatie in deze residuen zit, kunnen we bepalen of er nog variabelen of processen ontbreken die de resterende autocorrelatie zouden kunnen verklaren.
3. Als alternatief voor een "compleet model" waar alle variabelen tegelijkertijd worden gebruikt, is er een "geografisch model" gemaakt met alleen geografische variabelen zoals breedte- en lengtegraad en de fysische geografische regio. We verwachten dat die aanpak de grootschalige variatie van dichtheid en trend van de Scholekster zal verklaren. Daaropvolgend zijn weer de ruimtelijke autocorrelatie van de residuen van het "complete model" voor verschillende afstandsklassen bepaald. De resterende autocorrelatie levert informatie op, op welke schaal de grootschalige geografische patronen beïnvloed worden door lokale ecologische factoren.

Voor de evaluatie van BRT-modellen worden scatterplots, histogrammen en verschillende statistische kengetallen gebruikt (voor gedetailleerd uitleg, zie bijlage II).

Het verband tussen verklarende variabelen en dichtheid of trend wordt vertegenwoordigd door:

*De relatieve bijdrage van een variabele*

De relatieve invloed (bijdrage) van een verklarende variabele wordt bepaald aan de hand van het aantal

keren dat deze variabele wordt geselecteerd voor splitsing, gewogen met het kwadraat van de verbetering van het model veroorzaakt door de splitsing en gemiddeld over alle dendrogrammen (Friedman & Meulman 2003). De bijdrage van elke variabele wordt geschaald, zodat de som van alle bijdragen gelijk is aan 100.

#### *Partial dependence plots*

Met partial dependence plots kan de relatie tussen een afhankelijke variabele zoals het aantal Scholeksters of de trend, en de omgevingsvariabelen in beeld worden gebracht. Met de hier gebruikte modellen, zoals de BRT-modellen, is deze relatie namelijk vaak niet eenvoudig positief of negatief, maar kan heel ingewikkelde vormen aannemen. De relatie is dan alleen inzichtelijk te maken met de genoemde partial dependence plots.

Achtergrond: Deze plots tonen het effect van een verklarende variabele op de responsvariabele, rekening houdend met de gemiddelde effecten van alle andere verklarende variabelen in het model (Friedman & Meulman 2003). Voor elk BRT-model worden de *partial dependence plots* van de be-

langrijkste variabelen getoond. Op de y-as van de grafiek staat niet de afhankelijke variabele, maar de mate waarin de omgevingsvariabele van invloed is op veranderingen in de afhankelijke variabele ofwel in andere woorden, het relatieve belang. Hoe groter het verschil is tussen minimum waarde en de maximum waarde op de y-as, hoe groter het relatieve belang van deze variabele is. Voor meer uitleg, zie bijlage III.

Voor alle analyses gebruikten we de statistische programmeeromgeving R (R Development Core Team 2011). De Moran's I voor verschillende afstandsklassen werd berekend met het package *pgirmess* (Giradoux 2012). Gebruik van de volledige dataset voor de berekening van Moran's I is niet altijd mogelijk vanwege de daarvoor noodzakelijke extreem hoge reken capaciteit. In dit geval werd een willekeurige steekproef van 5000 kwadranten gebruikt en in de legenda vermeld. De BRT-modellen werden gemaakt met het script van Elith *et al.* 2008) gebaseerd op het package *gbm* (Ridgeway 2012) en de bij Sovon ontwikkelde verzameling scripts 'TRIMmaps' (Hallmann & Sierdsema 2011).

## 3. Resultaten

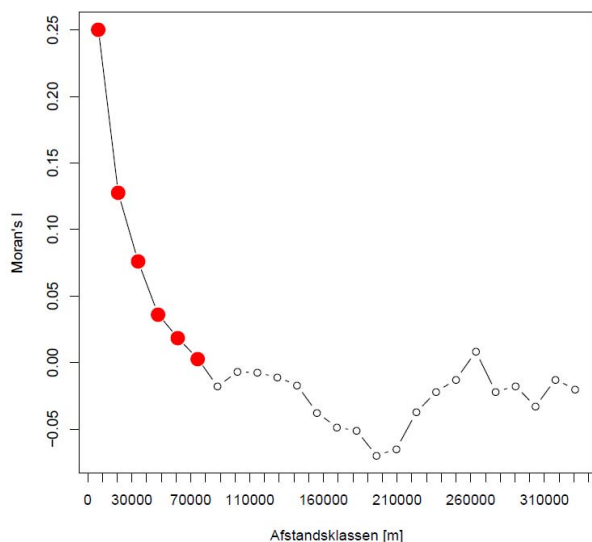
### 3.1. Huidige dichtheden

#### 3.1.1 Ruimtelijke correlatie van de gegevens

De Moran's I voor de gegevens laat zien dat er significante ruimtelijke correlatie is tussen gebieden die vlak bij elkaar liggen en dat deze correlatie afneemt tot nul bij een afstand van ongeveer 70 km (Fig. 3.1).

#### 3.1.2 Model met alle verklarende variabelen ("Compleet model" (Model I))

Het model verklaart de waarnemingen vrij goed (voor model evaluatie, zie bijlage IV) en reduceert de ruimtelijke correlatie behoorlijk, al blijft deze aanwezig op lokale schaal (< 20 km). Dat wijst er op dat op die schaal processen verantwoordelijk zijn voor de ruimtelijke autocorrelatie die met de gebruikte verklarende variabelen niet voldoende worden gekarakteriseerd (Fig. 3.2). Enkele geïsoleerde significante waarden van Moran's I voor bepaalde afstandsklassen zijn niet verontrustend aangezien ze geen samenhangend beeld genereren. Dit kan gewoon te maken hebben met toeval, omdat het achtereenvolgens toetsen van een groot aantal afstandsklassen met telkens een onbetrouwbaarheidsdrempel van  $p=0.05$  noodzakelijkerwijze een gemiddelde van 5% "foute" significante uitslagen zal opleveren.



Figuur 3.1. Moran's I voor de gegevens van huidige dichtheid, berekend met een willekeurig geselecteerd subset van 5000 kwadranten van 500m x 500m. (Gebruik van de volledige dataset voor deze berekening is niet mogelijk vanwege de daarvoor noodzakelijke extreem hoge reken capaciteit). Rode punten: significante autocorrelatie (Moran's  $I > 0$ ,  $p < 0.05$ ) in de betreffende afstandsklasse.

#### Resultaten Model I

In Fig. 3.3 is weergegeven welke variabelen een belangrijke rol spelen en welke variabelen slechts een geringe bijdrage leveren aan het model.

Vooraf geografische variabelen dragen sterk bij aan het model (tussen haakjes de relatieve bijdrage):

- geografische breedte (44%)
- fysisch-geografische regio Duinen Waddengebied (9%)
- fysisch-geografische regio Zeekleigebied West (4%)

maar onder de belangrijkste verklarende variabelen zitten ook:

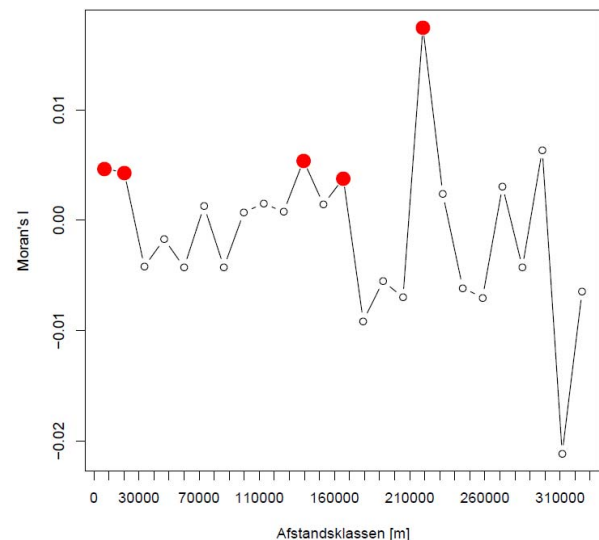
- afstand tot het wad (19%)
- openheid, een proxy voor kwetsbaarheid voor predatoren (6%)

en de kans op de aanwezigheid van (potentiële) predatoren:

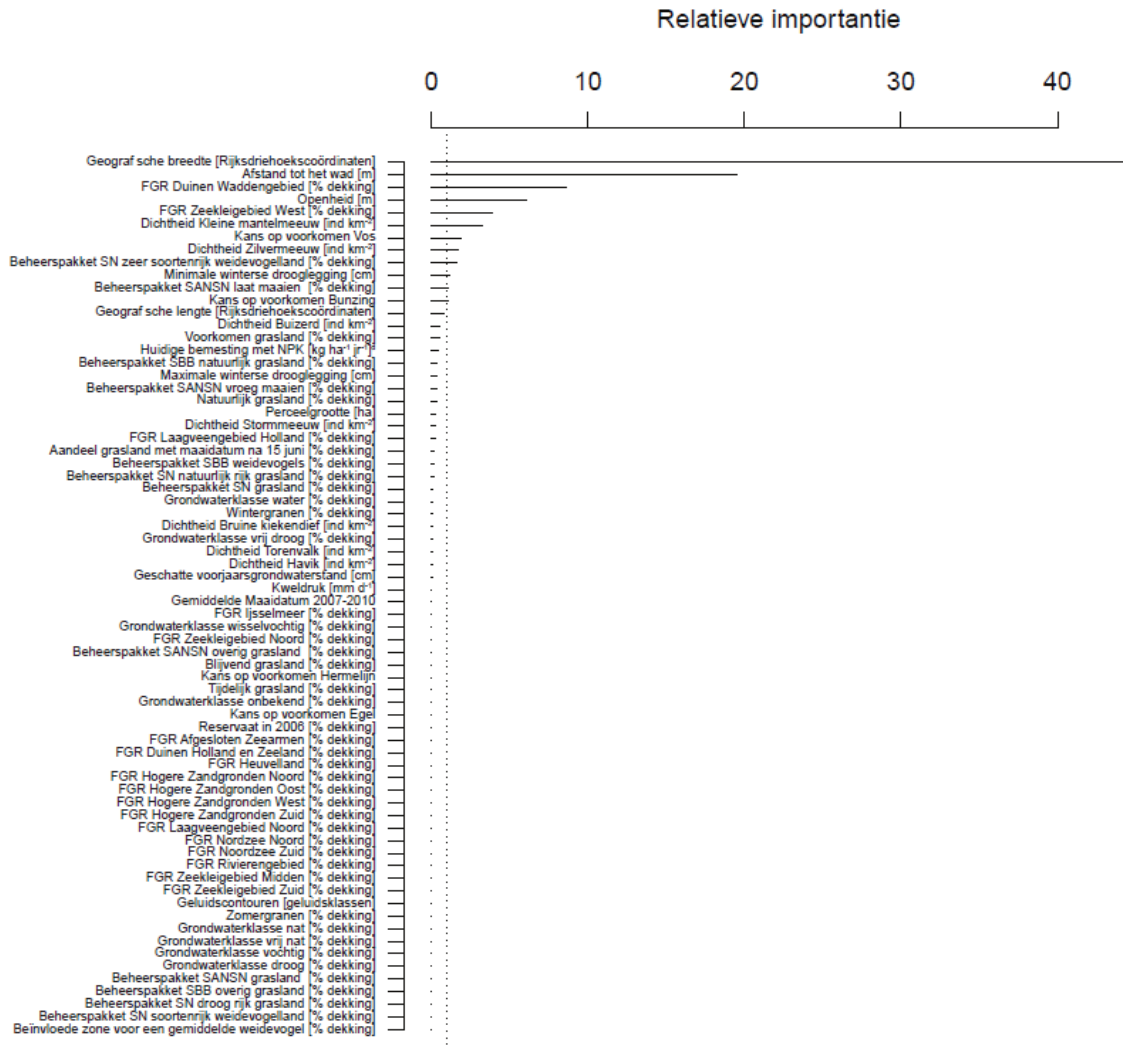
- Kleine Mantelmeeuw (3%)
- Vos (2%)
- Zilvermeeuw (2%)

Onder de belangrijkste ecologische variabelen zijn verder nog de volgende variabelen met een duidelijk verband met beheer, al hebben deze slechts een kleine bijdrage:

- beheerpakket 'SN zeer soortenrijk weidevogelgebied' (2%)
- minimale winterse drooglegging (1%)
- beheerpakket 'SAN/ SN laat maaien' (1%)



Figuur 3.2. Moran's I voor de residuen van het complete model van huidige dichtheid, berekend met een willekeurig geselecteerd subset van 5000 kwadranten. (Gebruik van de volledige dataset voor deze berekening is niet mogelijk vanwege de daarvoor noodzakelijke extreem hoge reken capaciteit). Rode punten: significante autocorrelatie (Moran's  $I > 0$ ,  $p < 0.05$ ) in de betreffende afstandsklasse.



Figuur 3.3. Bijdragen van de verklarende variabelen in het complete model van de huidige dichtheid Scholeksters.

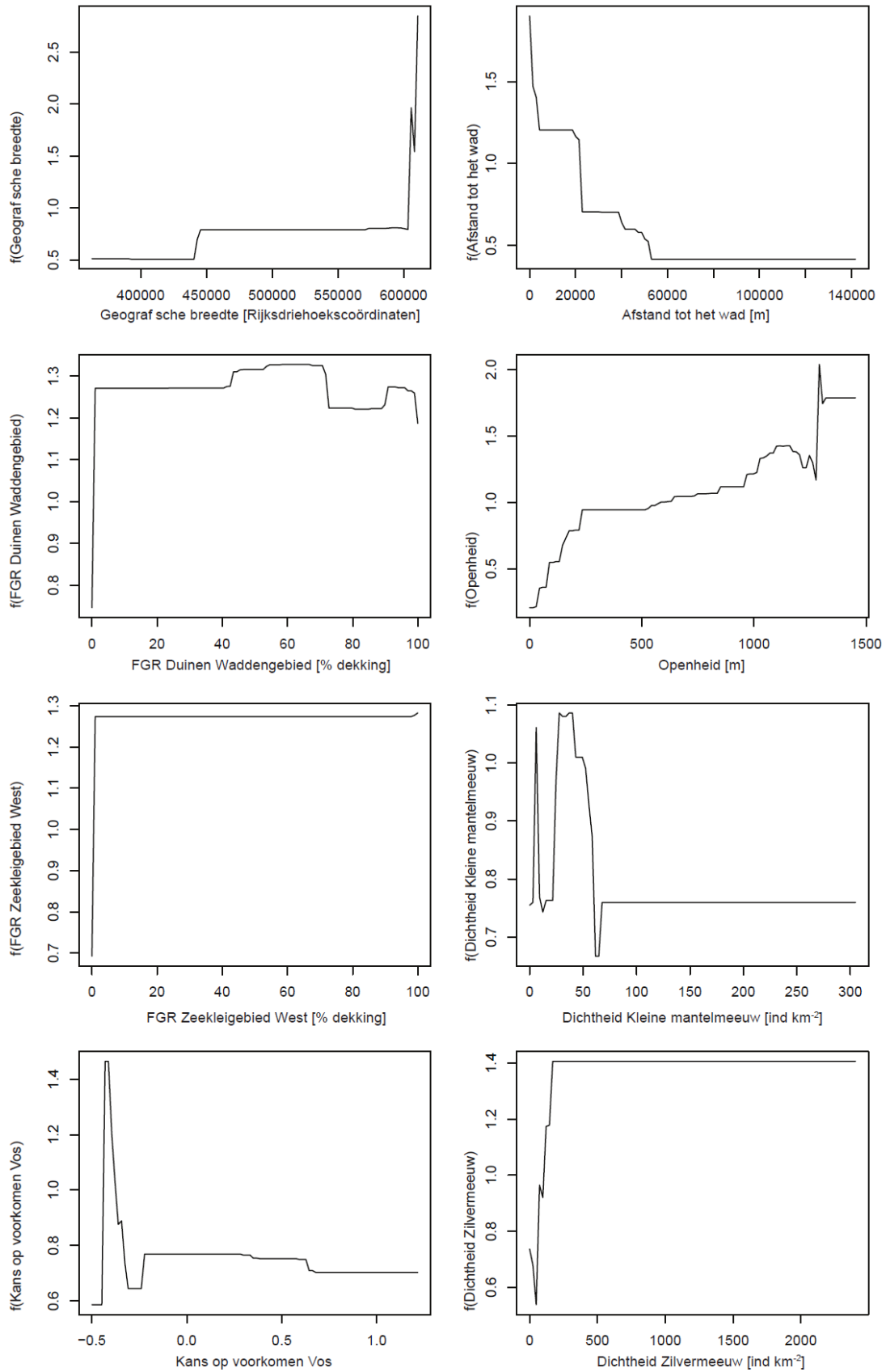
Aan de *partial dependence plots* in Fig. 3.4 kan de vorm van de verbanden worden afgelezen

- Duidelijk is te zien dat het statistische verband met y (noorderbreedte) positief is; hoe noordelijker, hoe meer broedende Scholeksters (geografische gradient).
- Het verband met afstand tot het wad is negatief; hoe groter de afstand tot het wad, hoe minder broedende Scholeksters. Opvallend is dat dit effect nog merkbaar is tot een afstand van ca 50 km. Een dergelijke afstand lijkt te groot voor dagelijkse foerageervluchten, maar dit verdient nader onderzoek.
- Openheid heeft een positief effect op de dichtheid broedende Scholeksters. Er is een duidelijke drempel bij 250m zicht.
- Het verband met Kleine Mantelmeeuw is een beetje onduidelijk, maar er lijkt een negatief effect te bestaan; hoe minder Kleine Mantelmeeuwen, hoe meer broedende Scholeksters.
- Hetzelfde geldt voor het verband tussen dichtheden aan broedende Scholeksters en het voorkomen van Vossen.

- Opmerkelijk is het positieve verband tussen Zilvermeeuwen en Scholeksters.

### 3.1.3 Model met geografische variabelen en analyse van de residuen ("Geografisch model" (Model II))

Ondanks het feit dat hier minder verklarende variabelen worden meegenomen in vergelijking tot het complete model, is ook dit model vrij goed (voor model evaluatie, zie bijlage V) en is de ruimtelijke autocorrelatie bijna helemaal verdwenen. Er lijkt zelfs sprake van een sterkere verbetering dan bij het complete model, maar dat kan komen omdat de autocorrelatie niet met de volledige dataset maar met een willekeurig geselecteerde subset werd berekend (zie hoofdstuk 2.2.2). Net als bij het complete model is er nog steeds autocorrelatie bij een afstand van 100 en 130 km, al kan dit wederom toeval zijn, aangezien het zich slechts in twee afstandsklassen voordoet (Fig. 3.5).



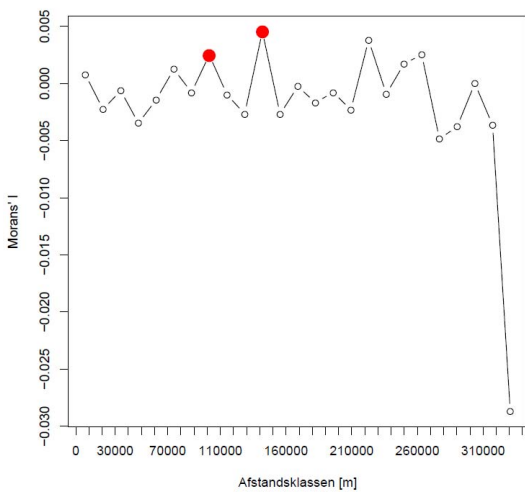
Figuur 3.4. Partial dependence plots van de acht belangrijkste verklarende variabelen in het complete model van de huidige dichtheid.

In Fig. 3.6 is de bijdrage van de verschillende variabelen aan het geografische model weergegeven.

**Resultaten**

Er is wederom sprake van een hoge bijdrage van geografische variabelen (tussen haakjes de relatieve bijdrage):

- Y, Noorderbreedte (54%)
- FGR\_DUW, duinengebied Wadden (27%)
- FGR\_ZKW, zeekleigebied West (8%)
- FGR\_ZKN, zeekleigebied Noord (5%)
- X, Westerslengte (4%)
- FGR\_LVH, laagveengebied Holland (2%)



*Figuur 3.5. Moran's I voor de residuen van het geografische model van huidige dichtheid, berekend met een willekeurig geselecteerd subset van 5000 kwadranten. De hele dataset kan niet worden gebruikt door de daarvoor noodzakelijke extreem hoge rekenkapaciteit. Rode punten: significante autocorrelatie ( $Moran's I > 0, p < 0.05$ ) in de betreffende afstandsklasse.*

In Fig. 3.7 kan de vorm van de verbanden worden bestudeerd. De noord-zuid gradient is goed te zien. De negatieve relatie met het aandeel FGR\_DUW (fysisch geografische regio duinen in het waddengebied) kan worden verklaard doordat hokken die geheel uit duinen bestaan minder geschikt zijn dan hokken die deels uit duinen bestaan.

*Analyse van de residuen van het geografisch model*

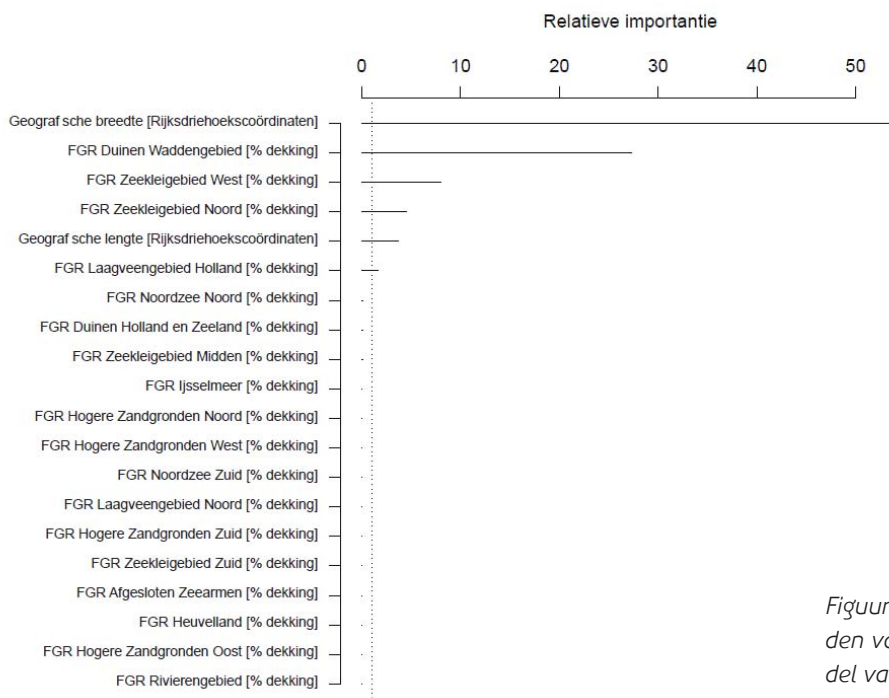
Het model dat de residuen van het geografische model verklaart presteert duidelijk minder goed dan de voorgaande twee modellen (complete en geografische model) (voor model evaluatie, zie bijlage V).

**Resultaten model II**

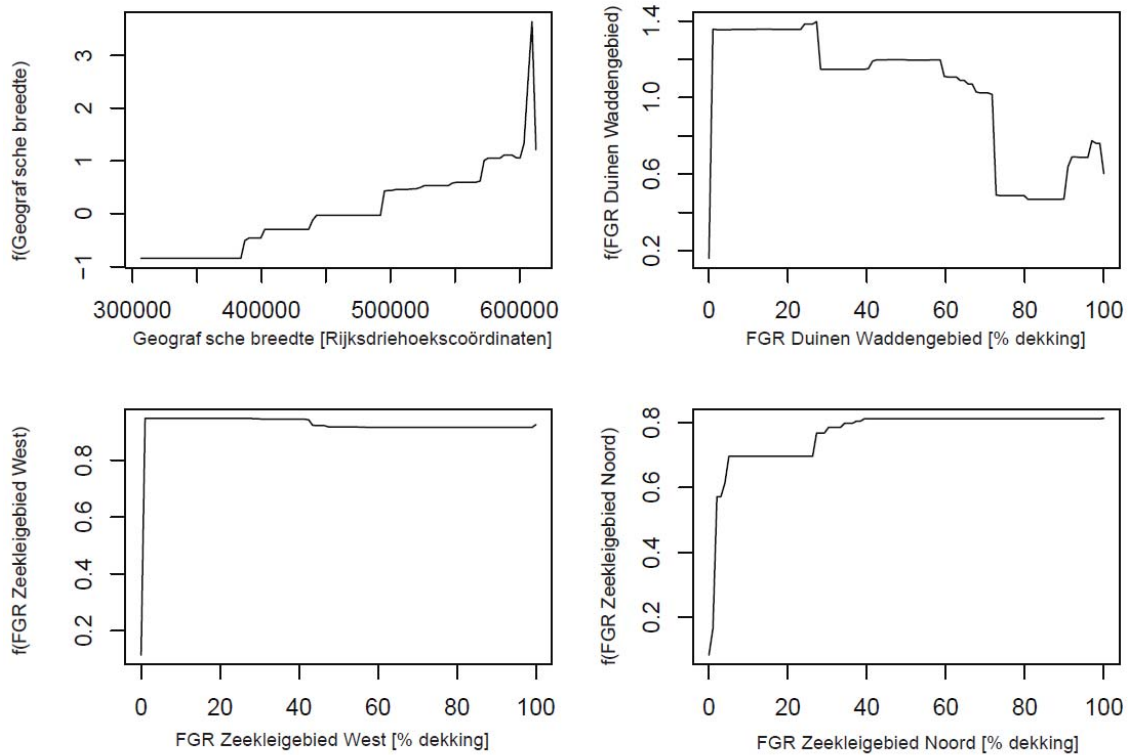
De bijdrage van de verschillende variabelen aan model II, wat neerkomt op een analyse van de residuen na correctie voor de geografische variabelen, is weergegeven in Fig. 3.8. Hieronder de variabelen die een belangrijke bijdrage leveren (tussen haakjes de relatieve bijdrage):

- openheid (16%)
- gemiddelde maaidatum (14%)
- afstand tot het wad (12%)
- aandeel grasland (11%)
- het beheerpakket 'SN zeer soortenrijk weidevogelgebied' (7%)
- minimale winterse drooglegging (5%)
- beheerpakket vroeg maaien (5%)
- beheerpakket laat maaien (5%)

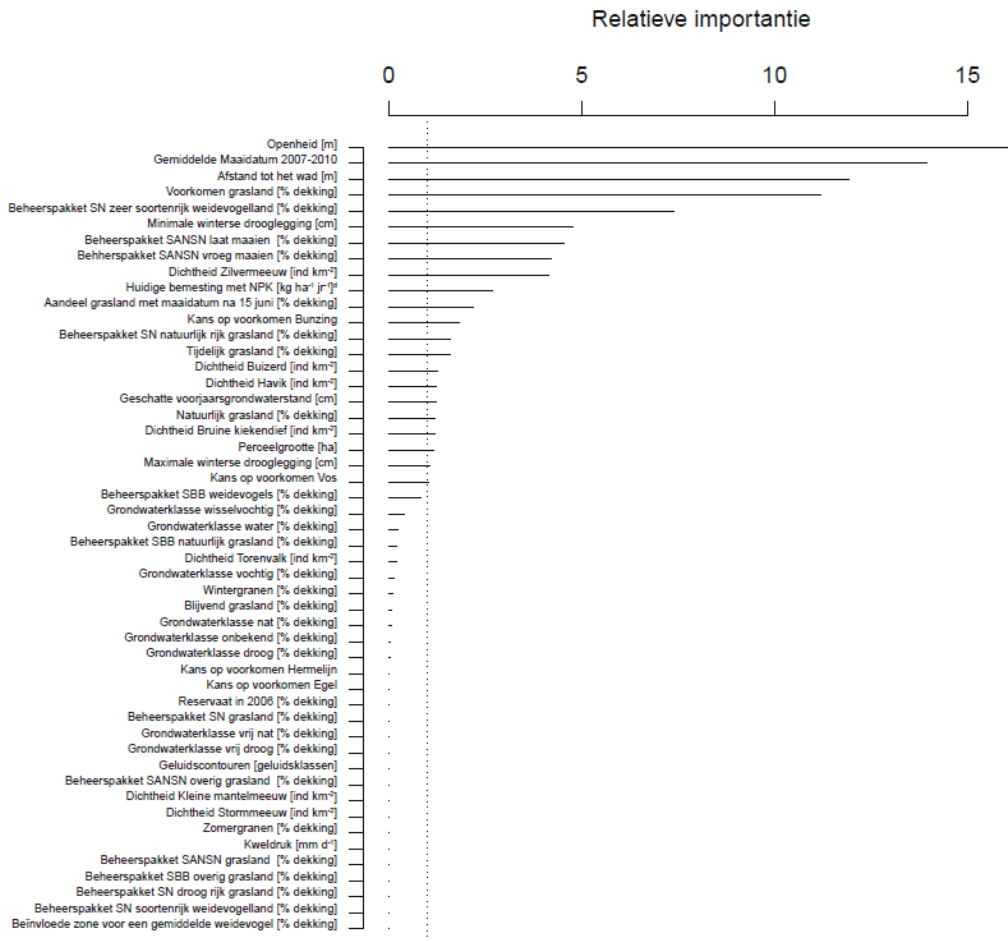
Mestgift draagt weinig bij aan het model (3%), en ook perceelgrootte lijkt niet van belang (< 1 %).



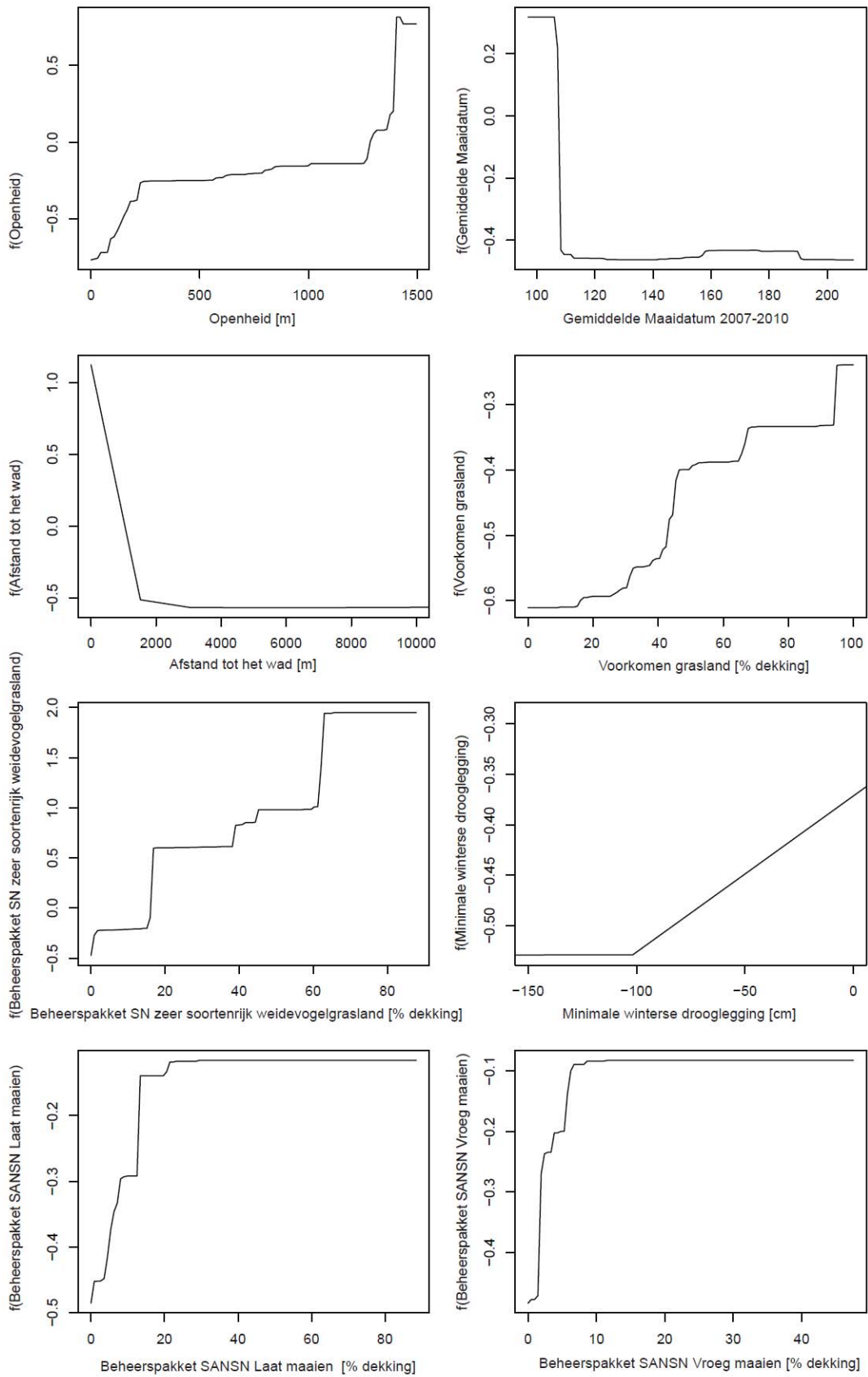
*Figuur 3.6. Bijdragen van de verklarende variabelen in het geografische model van de huidige dichtheid.*



Figuur 3.7. Partial dependence plots van de vier belangrijkste verklarende variabelen in het geografische model van de huidige dichtheid.



Figuur 3.8. Bijdragen van de verklarende variabelen in de analyse van de residuen van het geografische model van de huidige dichtheid.

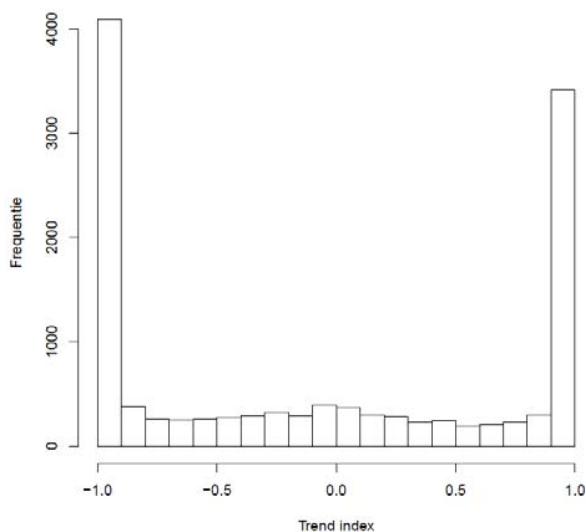


Figuur 3.9. Partial dependence plots van de acht belangrijkste verklarende variabelen in de analyse van de residuen in het geografische model van de huidige dichtheid.



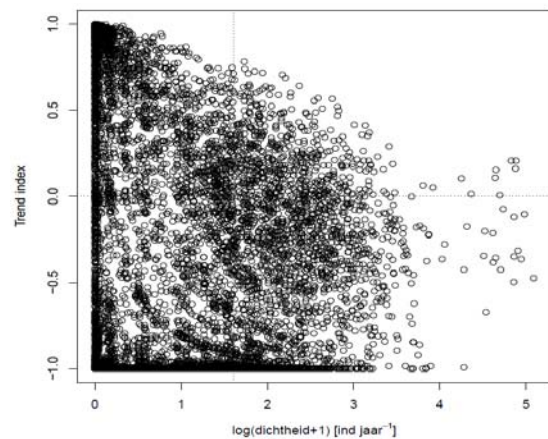
De vorm en richting van de verbanden kan afgeleid worden uit de *partial dependence plots* in Fig. 3.9:

- Het verband met openheid is net als in het complete model positief en wijst weer op twee drempels bij 250 en 1300 m.
- De relatie met gemiddelde maaidatum is negatief. Als vroeg gemaaid wordt (vóór 10 april) zijn er meer broedende Scholeksters dan door het geografische model wordt voorspeld. Dit kan mogelijk worden verklaard doordat Scholeksters graag in kort gras broeden, maar kan ook te maken hebben met begrazing; de bestanden met maaidatum zijn verkregen door bij satellietfoto's de eerste datum met kort gras te nemen. Dit korte gras wordt vaak veroorzaakt door maaien, maar kan ook te maken hebben met begrazing. Dit zal vroeg in het seizoen vaker het geval zijn, aangezien er dan nog weinig gemaaid is.
- Ook nu is er een duidelijke positieve invloed van nabijheid van het wad, maar dit effect neemt snel af en is afwezig bij afstanden boven 2 km.
- De dichtheid aan broedende Scholeksters is hoger dan alleen voorspeld door het geografische model naarmate het aandeel grasland in een cel toeneemt. Hetzelfde geldt voor het aandeel met beheerpakket zeer soortenrijk weidevogelgebied in een cel.
- Drooglegging in de winter heeft een negatief effect op de dichtheden van de Scholekster. Het meest negatieve effect wordt bereikt als de grondwaterstand 's winters op 1 m of dieper onder het maaiveld daalt. Hoe hoger de grondwaterstand 's winters, hoe beter.
- Het positieve verband met zowel beheerpakket vroeg maaien als beheerpakket laat maaien is moeilijk te verklaren, aangezien de twee variabelen tegengesteld lijken. Mogelijk houdt dit verband met het feit dat er een beheerpakket met maaidatum ligt, aangezien dit vaak in weidevogelrijke gebieden zal zijn.

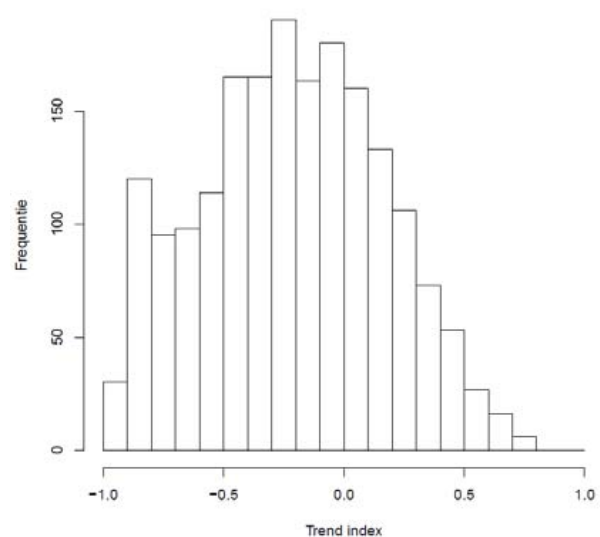


### 3.2. Verandering in aantal ("Trend")

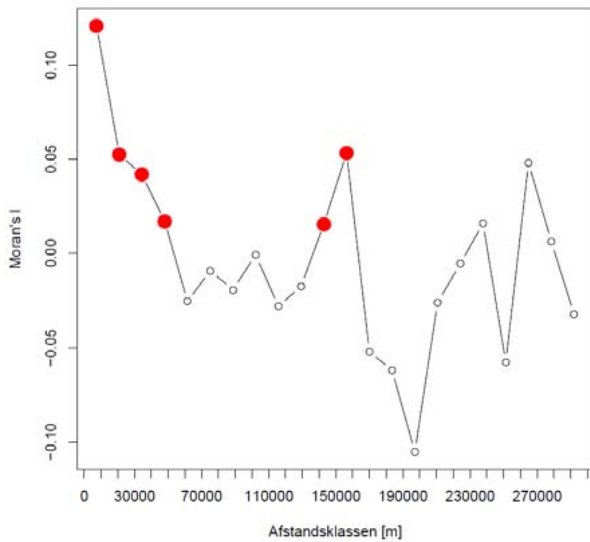
Het spreidingsdiagram met de gegevens van dichtheden en waarden van de trend-index leverde geen duidelijke scheiding tussen kwadranten met hoge en lage dichtheden op (Fig. 3.10). In de gebieden met lage dichtheden komen de trend-indexwaarden -1 (lokaal verdwenen) en 1 (nieuw gekoloniseerd) veelvuldig voor (Fig. 3.11 links). Dit wijst op een in-and-out-effect (Diamond & May 1977) waar met het verstrijken van de jaren de kwadranten door enkele broedparen herhaaldelijk worden verlaten en opnieuw gekoloniseerd. Het is moeilijk voorstelbaar hoe dit als "trend" kan worden gekwantificeerd. De analyse van de verandering in aantallen werd daarom alleen uitgevoerd met gegevens uit gebieden waar de Scholekster in voldoende hoge dichtheden voorkwam en werd beperkt tot 20% van de cellen met de hoogste dichtheden van de Scholekster in de periode 2000-2003. De gegevens bevatten nog wel altijd kwadranten met relatief lage dichtheden ( < 2.5 terri-



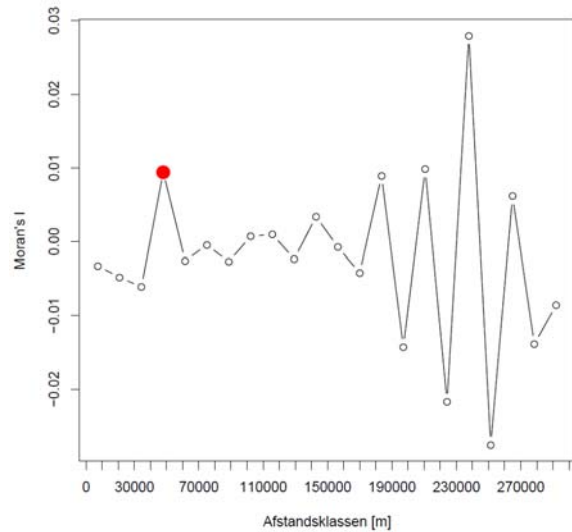
Figuur 3.10. Spreidingsdiagram met getransformeerde begindichtheden en waarden van de trend-index van de 500x500 m kwadranten. Rechts van de loodrechte stip-pellijn liggen 20% van de gegevens.



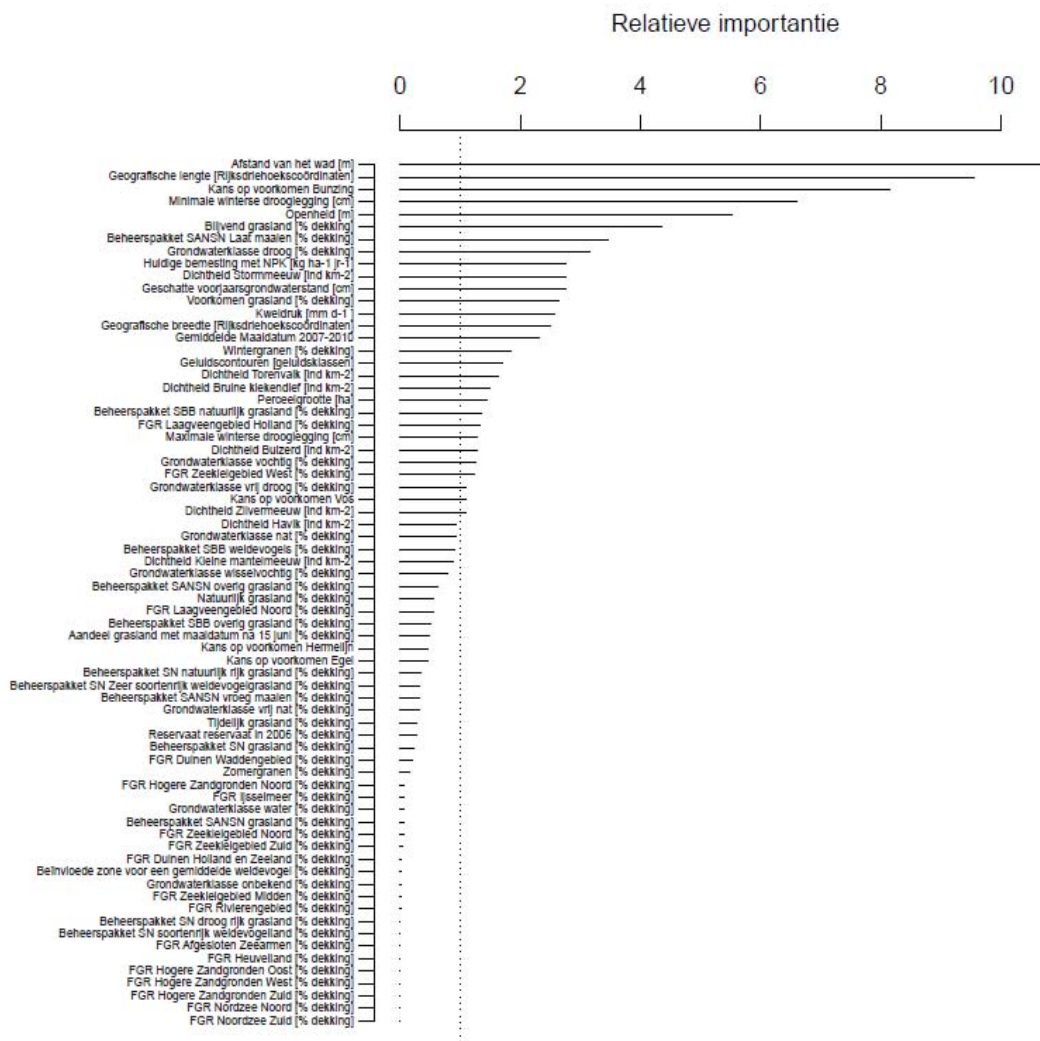
Figuur 3.11. Histogram van de waarden van de trend-index voor alle gegevenspunten in Fig. 3.10 (links) en rechts van de stip-pellijn in Fig. 3.10 (rechts).



Figuur 3.12. Moran's I voor de trend gegevens. Rode punten: significante autocorrelatie ( $Moran's I > 0, p < 0.05$ ) in de betreffende afstandsklasse.



Figuur 3.13. Moran's I voor de residuen van het complete trend model. Rode punten: significante autocorrelatie ( $Moran's I > 0, p < 0.05$ ) in de betreffende afstandsklasse.



Figuur 3.14. Bijdragen van de verklarende variabelen in het complete trend model.

toria per km<sup>2</sup>), maar de steekproef mocht ook weer niet te klein worden. Tenslotte waren er 2117 kwadranten voor de analyse van de trend beschikbaar en deze lieten een klok-vormige verdeling zien, die zich goed leent voor statistische analyse (Fig. 3.11 rechts).

### 3.2.1 Ruimtelijke afhankelijkheid van de gegevens

Bij de trendgegevens is ruimtelijke autocorrelatie aanwezig bij de korte afstanden, net zo als bij de dichtheid. Misschien is er ook bij wat langere afstanden nog sprake van ruimtelijke autocorrelatie (Fig. 3.12).

### 3.2.2 Model met alle verklarende variabelen ("Compleet model")

Het complete model voor de trend is redelijk goed (voor model evaluatie, zie bijlage VI) en verklaart het grootste deel van de ruimtelijke autocorrelatie, maar er zijn nog steeds aanwijzingen voor een positieve ruimtelijke autocorrelatie bij een afstand van ongeveer 40 km (Fig. 3.13). Waarschijnlijk is deze ene significante afstandsklasse een gevolg van het meervoudige toetsen (zie paragraaf 3.1.2).

### Resultaten

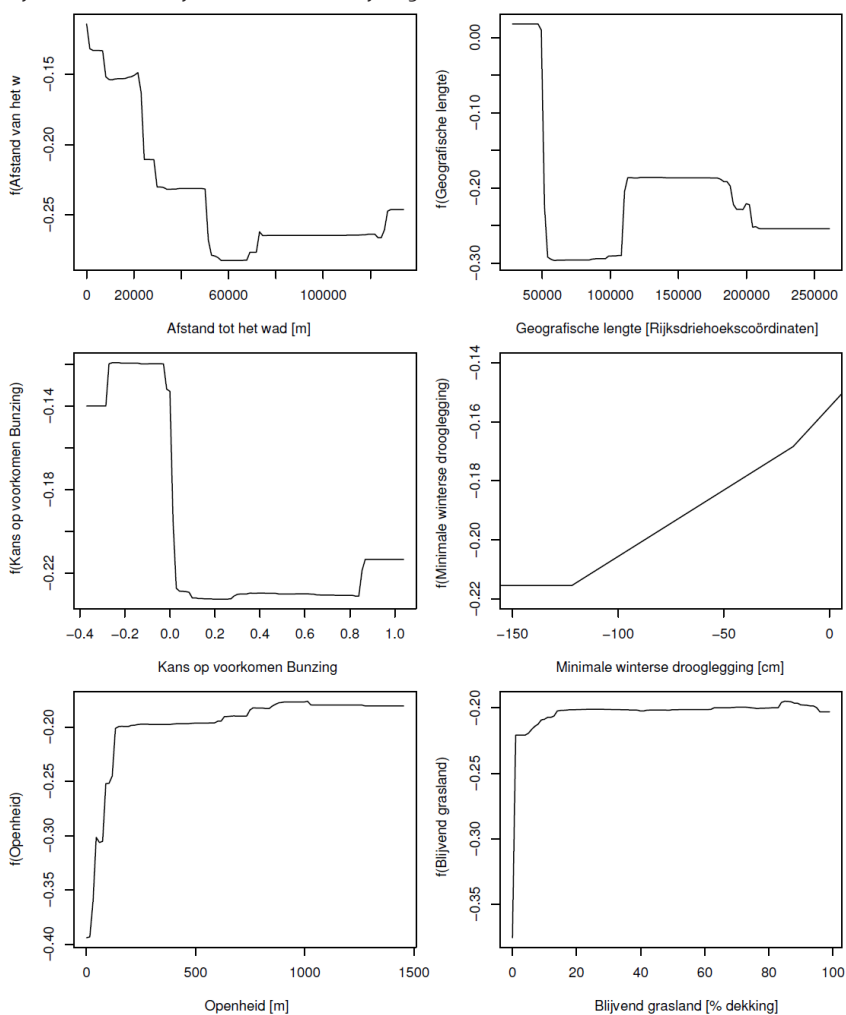
In Fig. 3.14 is de bijdrage van de verschillende variabelen aan het model weergegeven. De belangrijkste variabelen zijn (tussen haakjes de relatieve bijdrage):

- afstand tot het wad (11%)
- geografische lengte (9%)
- kans op het voorkomen van de Bunzing (8%)
- de minimale drooglegging in de winter (7%)
- de openheid van het landschap (5,5%)
- blijvend grasland (4,2%)

Er is nog een hele reeks variabelen die bijdragen aan het model, maar de verschillende bijdragen liggen alle onder de 4%. Dit maakt het moeilijk de modeluitkomsten te interpreteren. Een opvallend verschil met de modellen voor de Scholekster dichtheid is dat de Fysische Geografische regio's nauwelijks een rol spelen (alleen het zeekeleigebied West heeft een relatieve bijdrage net boven de 1%).

De vorm en richting van de verbanden kan afgeleid worden uit de *partial dependence plots* in Fig. 3.15:

- Er is een duidelijke positieve invloed van nabijheid van het wad tot een afstand van 60 km.
- Het verband met westerlengte is grillig. Het is niet zo dat hoge waarden vooral in het oosten voorkomen en lage waarden in het westen, of omgekeerd.
- De relatie met de kans op het voorkomen van het Bunzing is negatief, maar het merkwaardige van deze kanskaart is dat de kans op het voorkomen van



Figuur 3.15. *Partial dependence plots* van de zes belangrijkste verklarende variabelen in het complete trend model.

Bunzingen soms zelf negatieve waarden aanneemt. Dat laatste is een artefact van de gebruikte berekeningsmethodiek.

- Drooglegging in de winter heeft net als bij het onderzoek naar de dichtheid Scholeksters een negatief effect op de trend van de Scholekster. Het meest negatieve effect wordt bereikt als de grondwaterstand 's winters op 1 m of dieper onder het maaiveld daalt. Ook hier geldt, hoe hoger de grondwaterstand 's winters, hoe positiever de trend.
- Het verband met openheid is net als in de analyse van de Scholekster dichtheden positief.
- De dichtheid aan broedende Scholeksters is hoger naarmate het aandeel blijvend grasland in een cel toeneemt. Dit effect wordt al bij een vrij laag aandeel blijvend grasland bereikt.

### 3.2.3 Model met alleen geografische variabelen en analyse van de residuen ("Geografisch model")

De ruimtelijke autocorrelatie van het model met alleen geografische variabelen is vergelijkbaar met die van het complete model. Er is duidelijk minder ruimtelijke autocorrelatie dan bij de originele trendgegevens, maar er zijn nog steeds statistisch significante punten (Fig. 3.16).

Het model met alleen geografische variabelen is duidelijk slechter dan het complete model (voor model evaluatie, zie bijlage VII). Dit betekent dat geografische patronen alleen geen goede voorspellers zijn voor de trend. Dit klopt met het feit dat geografische variabelen weinig effect hadden in het complete model.

In Fig. 3.17 is de bijdrage van de verschillende variabelen weergegeven (tussen haakjes het relatieve belang):

- noord-zuid gradient, geografische breedte (36%)
- west-oost gradient, geografische lengte (34%)

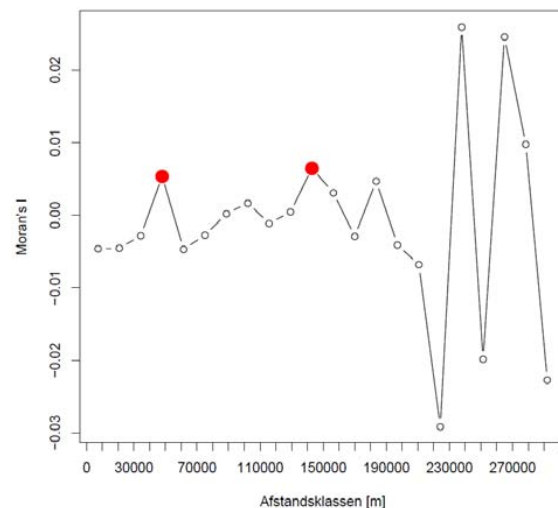
De FGRs hebben alle een bijdrage onder de 10% (Fig. 3.17) wat overeenkomt met de lage bijdragen van de FGR-variabelen in het complete model.

Het verband met geografische lengte en breedte vertoont veel variatie, maar vooral voor geografische breedte is er sprake van een toename naar het noorden: hoe noordelijker, hoe positiever de trend. In het geval van de geografische lengte is er meer variatie, maar toch ook nog een trend dat de trends in het westen positiever zijn (Fig. 3.18).

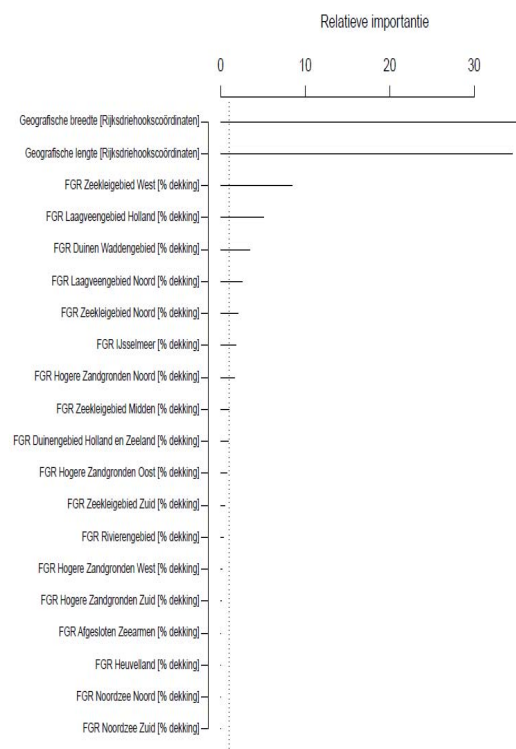
#### Analyse van de residuen van het geografische model

##### Resultaten

Ondanks de lage modelkwaliteit is opvallend dat het model voor de geografische residuen in veel opzichten overeenkomt met het complete model, al zijn er ook verschillen:



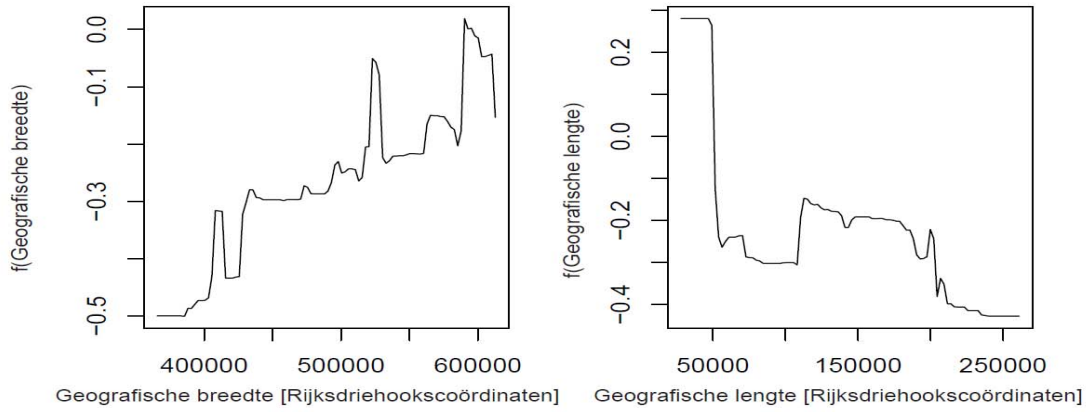
Figuur 3.16. Moran's I voor de residuen van het geografische trend model. Rode punten: significante autocorrelatie (Moran's I > 0, p < 0.05) in de betreffende afstandsklasse.



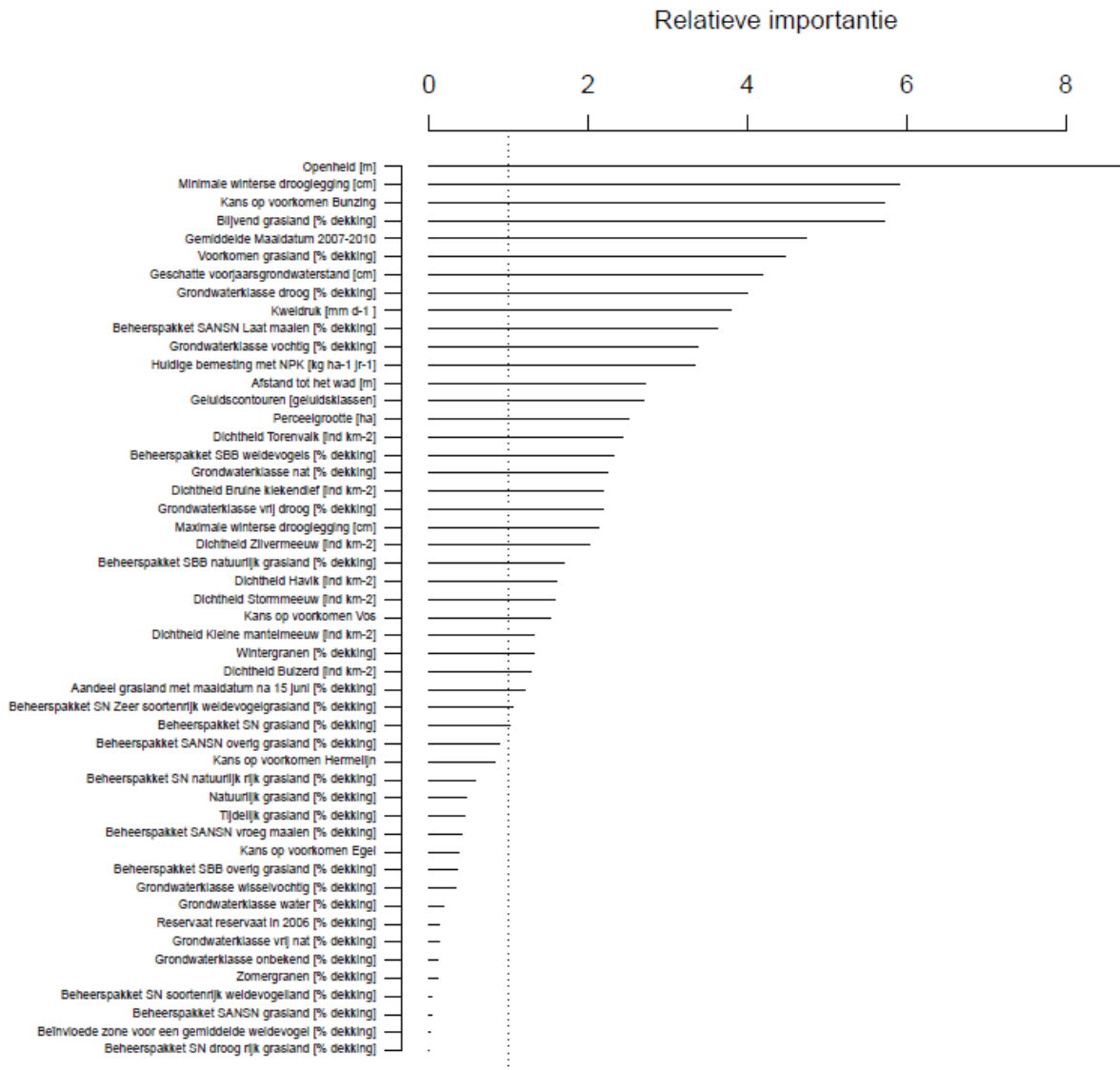
Figuur 3.17. Bijdragen van de verklarende variabelen in het geografische trend model.

- de relatieve importantie van openheid is duidelijk hoger (9% versus 6%)
- die van afstand tot het wad is duidelijk lager (3% versus 11%) (Fig. 3.19)

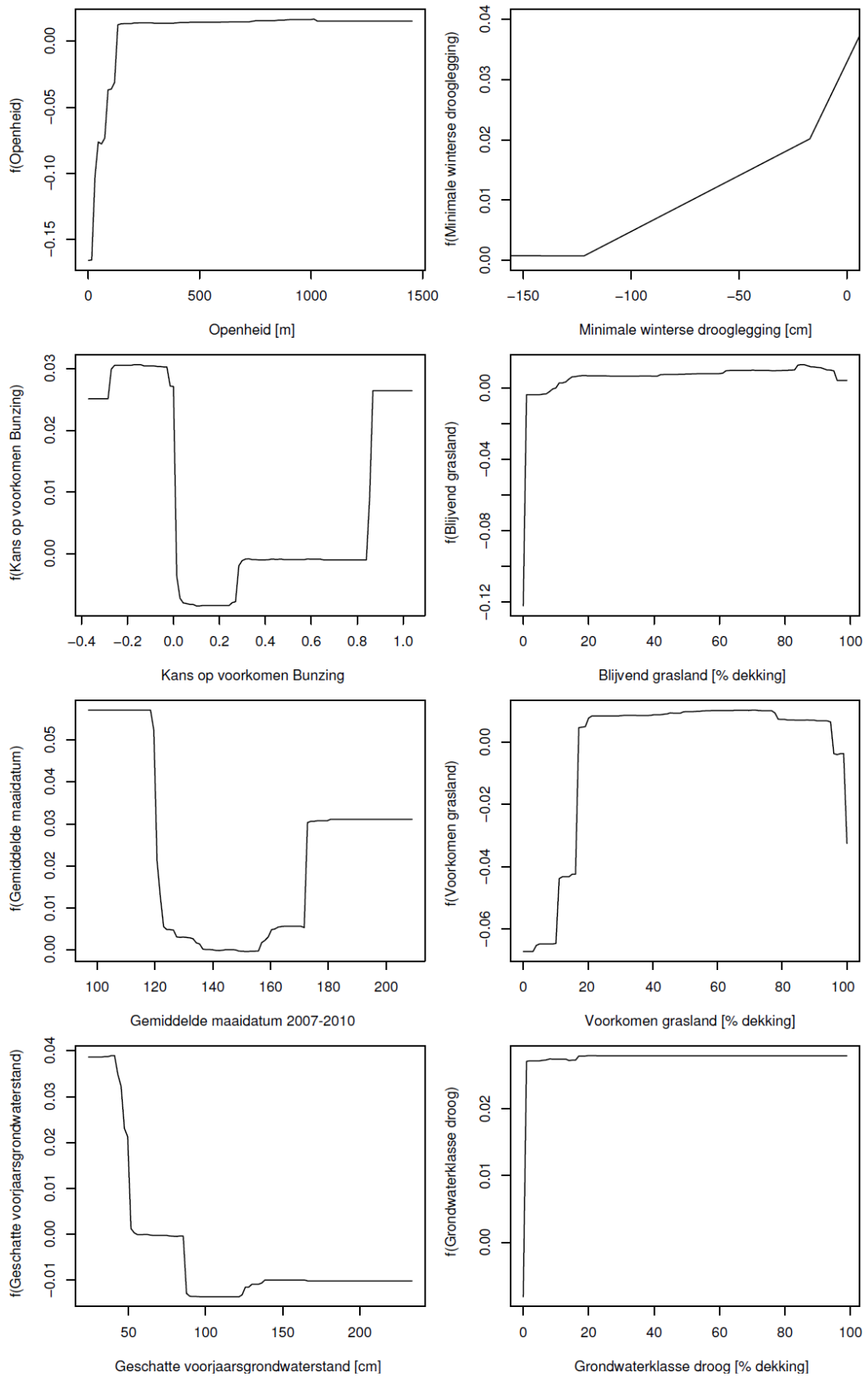
In Fig. 3.20 zijn de partial dependence plots weergegeven. De verbanden met minimale drooglegging in de winter, openheid van het landschap en bedekking met blijvend grasland zijn vergelijkbaar met die gevonden voor het complete model. De relatie met de kans op het voorkomen van Bunzing is tweetoppig, net als de relatie met de gemiddelde maaidatum – dit is moeilijk te interpreteren.



Figuur 3.18. Partial dependence plots van de twee belangrijkste verklarende variabelen in het geografische trend model.



Figuur 3.19. Bijdragen van de verklarende variabelen in de analyse van de residuen van het geografische model voor de trend.



Figuur 3.20. Partial dependence plots van de acht belangrijkste verklarende variabelen in de analyse van de residuen in het geografische trend model.

## 4. Discussie

In deze rapportage analyseren we de factoren die correleren met de dichtheid en met de trend in de dichtheid van in het binnenland broedende Scholeksters. We zullen eerste de dichtheid en daarna de trend in dichtheid bespreken.

### DICHTHEID

#### *Geografische patronen*

In het licht van onze vraagstelling bij dit onderzoek zijn geografische patronen in dichtheid minder interessant omdat niet duidelijk is hoe je daar met een ander beheer iets aan zou kunnen veranderen. Er is echter duidelijk sprake van geografische patronen in de dichtheid; de ruimtelijke autocorrelatie is zichtbaar tot een afstand van 70 km. Dit wordt bevestigd door het grote belang van geografische variabelen in het "complete model". Ook is het zo dat het "geografische model" met alleen geografische variabelen bijna net zo goed is als het "complete model". Toch wordt de verspreiding niet uitsluitend verklaard door geografische variabelen. Wel is het zo dat de twee manieren om te corrigeren voor de geografische variabelen (meenemen in het model of analyseren van de residuen) tot gedeeltelijk verschillende resultaten leiden. Het lijkt waarschijnlijk dat beide analyse-methoden de sterke ruimtelijke autocorrelatie in dichtheid gedeeltelijk weten te neutraliseren, maar helemaal zeker is dit niet. Vooralsnog lijkt het ons aannemelijk dat meervoudig toetsen verklaart waarom ook na correctie er soms nog afstandsklassen zijn met een significant afwijkende Moran's I.

#### *Afstand tot het wad*

Niet alle grootschalige geografische patronen zijn "oninteressant". Een deel van de grootschalige patronen in dichtheid hebben zeker te maken met de afstand tot het wad (Fig. 2.10) en de importantie van het effect wordt mogelijk zelfs onderschat door de correctie voor met afstand tot het wad gecorreleerde geografische variabelen. Hoe dichter de binnenlandse broedgebieden bij het wad liggen, hoe hoger de dichtheid. Als geografische variabelen onderdeel zijn van het model, is het effect zichtbaar tot een afstand van 70 km. Als eerst voor geografische variabelen wordt gecorrigeerd, dan is het effect zichtbaar tot 20 km. In beide gevallen is de afstand veel groter dan de afstand waarover Scholeksters prooiën vervoeren naar hun jongen, zolang die nog niet vliegvlug zijn. Binnendijks broedende Scholeksters kunnen op het wad naar voedsel zoeken voor hun jongen, maar de maximale transport afstand van voedsel bedraagt 2 km. Er is naar alle waarschijnlijkheid meer aan de hand. Binnendijks broedende Scholeksters zouden ook tijdens de broedtijd naar het wad kunnen vliegen om snel in hun eigen voedselbehoefte te voorzien – een snelle snack tussendoor als het ware. Met zenders uitgeruste Scholeksters

die in de polder van Ameland broeden blijken inderdaad ook tijdens de broedtijd regelmatig het wad te bezoeken en leggen daarbij afstanden van 4 km af (ongepubliceerde data). Ook dat is nog veel minder dan 20 en 70 km, maar veel verder vliegen heeft niet veel zin voor de betreffende vogels. De afstand tot de dijk is maar 500 m en de afstand van Ameland tot de Friese kust is maar 6 km. Het is dus best mogelijk dat Scholeksters die in het binnenland van Friesland broeden en over veel langere afstanden zouden moeten vliegen om bij het wad te komen (bijv. 20 km voor vogels die ten zuiden van Leeuwarden broeden), dat ook daadwerkelijk doen. Onderzoek naar het gebruik van het wad door in het binnenland broedende Scholeksters tijdens de broedtijd lijkt gewenst om vast te stellen of het effect werkelijk te maken heeft met Scholeksters die tijdens de broedtijd af en toe het wad bezoeken. Een andere mogelijke verklaring voor de verhoogde dichtheid bij de kust is dat de binnenlandse broedgebieden vanaf de kust zijn gekoloniseerd. Een probleem met die verklaring is dat dicht bij de kust gelegen gebieden inderdaad eerder gekoloniseerd zijn, maar dat je zou verwachten dat na kolonisatie de gebieden opvullen tot de draagkracht voor dat gebied, en dat gelijke gebieden die alleen verschillen in afstand tot de kust op den duur een gelijke maximale dichtheid zouden aannemen. De kolonisatie hypothese kan dus alleen een verklaring zijn als de kolonisatie nog in volle gang was toen het tij begon te keren voor de Scholekster en de populatie begon af te nemen. Dit kan niet worden uitgesloten, maar lijkt ons minder waarschijnlijk.

#### *Openheid van het landschap*

Een tweede variabele die in beide analyses een groot effect heeft is openheid (Fig. 2.2): hoe groter de openheid van het landschap, hoe hoger de dichtheid broedende Scholeksters. Dit kan goed samenhangen met het risico van predatie op eieren en kuikens en zelfs op oudervogels. Hoe opener het gebied, hoe moeilijker het is voor predatoren, om ongezien het nest te bereiken. Dit effect zou wel eens belangrijker kunnen zijn dan de kans dat de verschillende predatoren daadwerkelijk in het gebied voorkomen.

De aanwezigheid van predatoren is ook gemodelleerd. De dichtheid Kleine Mantelmeeuwen en de kans dat er Vossen in het gebied zitten lijken belangrijk in het complete model, maar het patroon is niet duidelijk. In het geval van de Zilvermeeuw is het verband zelfs tegen intuïtief: de dichtheid Scholeksters is hoger als er Zilvermeeuwen in de buurt zijn. We zijn geneigd aan te nemen dat hier sprake is van toevallige verbanden, die geen diepere oorzaak hebben. Zilvermeeuwen broeden op kwelders en daar kunnen zeer hoge Scholekster dichtheden voorkomen. Echter, die Scholeksters broeden daar niet vanwege de Zilvermeeuwen, maar omdat kwelders die dicht bij het

wad liggen een goed broedhabitat vormen vanwege de mogelijkheid om veel voedsel aan te slepen voor de jongen.

Afstand tot het wad en openheid van het landschap zijn belangrijk in zowel het complete model als het model na correctie voor grootschalige geografische variatie. Het belang van een aantal andere variabelen komt pas naar voren als eerst wordt gecorrigeerd voor grootschalige geografische variatie. Het gaat dan om gemiddelde maaidatum, voorkomen van grasland, beheerpakket subsidie-regeling natuurbeheer zeer soortenrijk weidevogelgrasland, minimale winterse drooglegging, en het beheerpakket subsidieregeling agrarisch natuurbeheer voor zowel laat als vroeg maaien.

#### Beheer

Een vroege gemiddelde maaidatum (Fig. 2.3), nog voor half april, lijkt gunstig voor de dichtheid Scholeksters. Hoe is dit op het eerste gezicht merkwaardige resultaat mogelijk te verklaren? Scholeksters in het binnenland komen eerder tot broeden dan Scholeksters langs de kust, maar zelfs de binnenlandse Scholeksters leggen zelden voor half april. Dat betekent dat het gunstige effect samen zou kunnen hangen met het feit dat er wordt gemaaid voordat de Scholeksters eieren hebben. Een alternatieve verklaring is dat er geen sprake is van maaien, maar van begrazing en dat Scholeksters terrein prefereren waar al vroeg begrazing plaatsvindt.

De aanwezigheid van grasland (Fig. 2.6) heeft een positief effect op de dichtheid Scholeksters. In grasland kunnen de vogels naar wormen en emelten zoeken voor zichzelf en voor hun jongen. Scholeksters broeden graag op kale akkers, maar het voedselaanbod op zulke akkers zou wel eens veel beperkter kunnen zijn dan het voedselaanbod in grasland. We kennen geen systematische onderzoeken naar het foerageergedrag van Scholeksters met jongen in agrarisch gebied. Er zijn wel waarnemingen dat Scholeksters die in Drenthe op akkers broeden met hun jongen naar nabijgelegen paardewitjes trekken om ze daar te voeren (Bert Dijkstra & Rinus Dillerop, pers. med.).

Vanuit het oogpunt van beheer is het bemoedigend dat hoge Scholeksterdichtheden gerelateerd kunnen worden aan de subsidieregeling natuurbeheer zeer soortenrijk weidevogelgrasland en de beheerpakketten subsidieregeling agrarisch natuurbeheer. Het is wel merkwaardig dat bij deze subsidieregeling zowel vroeg- als laat maaien positief lijkt uit te pakken. Dit kan te maken hebben met het feit dat voor de analyse verschillende pakketten moesten worden samengenomen tot een beperkt aantal groepen (Tabel A1 in bijlage A), omdat anders geen statistische analyse mogelijk was.

#### (Winterse) Drooglegging

Er is een zeer duidelijk effect van winterse drooglegging (Fig. 2.4). Hoe groter de minimale winterse drooglegging, dus hoe verder het waterpeil in de winter onder het maaiveld, hoe minder Scholeksters. Deze negatieve relatie is zichtbaar voor grondwaterstanden tussen 0 en 1 meter onder het maaiveld. Voor lagere grondwaterstanden is er geen duidelijk verband meer met de Scholekster dichtheden. Mogelijk is er meer voedsel in het voorjaar naarmate een perceel minder ver wordt drooggelegd, of is het aanwezige voedsel beter beschikbaar.

Andere ecologische factoren (perceelgrootte, bemesting, geluid, etc.) lijken weinig of geen invloed te hebben op de huidige dichtheid.

In tegenstelling tot het complete model laat de analyse van de residuen van het "geografische model" geen belangrijke effecten zien van het voorkomen van predatoren. Dit zien we als een bevestiging dat de gevonden correlaties niet berusten op oorzakelijke verbanden.

#### TREND

Voor de analyse van de trend in aantallen kon maar een klein deel van de data gebruikt worden: alleen kwadranten met voldoende hoge begindichtheid. Trendmodellering in gebieden met lage dichtheden bleek niet goed mogelijk. Dit hangt mogelijk samen met het gebruik van *kernels* met een te kleine doorsnede. Om tot betere resultaten te komen wordt aanbevolen voor toekomstige berekeningen een *kernel* met een grotere doorsnede dan 250 m te gebruiken. Dit zal leiden tot een grotere ruimtelijke uitsmering van de dichtheden en zal de frequentie van 0 en 1 bij de berekening van de trend index verminderen.

#### Afstand tot het wad

Anders dan bij de dichtheid zijn er geen duidelijke geografische patronen in de ruimtelijke autocorrelatie op verschillende schalen. Dit wordt bevestigd door het geringe belang van geografische variabelen in het "complete model" en het feit dat het "geografische model" duidelijk slechter is dan het "complete model". Om die reden zijn we geneigd de uitkomsten van het "complete" model als het meest betrouwbaar in te schatten.

In het "complete" model is afstand tot het wad de belangrijkste variabele (Fig. 2.10). De trend in aantallen is negatiever naarmate de afstand tot het wad groter is. Dit effect is zichtbaar tot een afstand van ongeveer 60 km, en is daarmee in dezelfde orde van grootte als eerder gevonden werd voor het effect op de dichtheid broedparen. De discussie over de onderliggende reden voor het grote belang van een korte afstand tot het wad is reeds in de vorige paragraaf gevoerd.



### *Openheid van het landschap*

Openheid van het landschap (Fig. 2.2) is niet alleen gunstig voor de dichtheid Scholeksters, maar in open landschappen is ook minder vaak sprake van een negatieve trend. Het zou goed kunnen dat openheid van het landschap bepalender is voor het risico dat de vogels denken te lopen dat hun nesten of kuikens gepredeerd worden, dan het daadwerkelijk voorkomen van de mogelijke predatoren.

### *Winterse drooglegging*

Eerder vonden we dat een hoog grondwaterpeil in de winter (Fig. 2.4) gunstig is voor de dichtheid Scholeksters. Hetzelfde geldt voor de trend. Als het grondwater 's winters hoog staat is de trend minder negatief. We vermoeden dat dit samenhangt met een gunstige uitwerking op de beschikbaarheid van het voedselaanbod in het voorjaar. In sterk uitgedroogde grond kruipen de regenwormen dieper weg en zijn dan minder beschikbaar.

### *Aanwezigheid blijvend grasland*

Negatieve trends in de aantallen broedende Scholeksters komen minder vaak voor in gebieden met veel blijvend grasland (Tabel A3 in bijlage A). Eerder vonden we dat de Scholekster dichtheden hoog waren in gebieden met veel grasland, dus zowel blijvend als tijdelijk en natuurlijk. Echter, het meeste grasland is blijvend, dus het voorkomen van blijvend grasland zal sterk gecorreleerd zijn met het voorkomen van grasland totaal. In de statistische analyse zal het dan deels van toevallige factoren afhangen welke variabele als relevant wordt geselecteerd. Eerder bespraken we al waarom grasland zo belangrijk is voor Scholeksters tijdens de broedtijd.

### *Agrarisch natuurbeheer*

Het beheerpakket subsidieregeling agrarisch natuurbeheer laat maaien heeft een positief effect op de trends. Dit is een samenvoeging van een groot aantal verschillende beheerpakketten (Tabel A1 in bijlage A), waarbij de eerste maaidatum varieert tussen 7 juni en 22 juni. Daarnaast valt onder dit regime ook plasdras tot 14 april of 14 mei. Welke maaidatum optimaal is kan hieruit niet worden afgeleid, al zou je verwachten dat een late maaidatum altijd gunstiger is. De verschillende beheerpakketten moesten samengenomen worden om statistische analyse mogelijk te maken. Bij de analyse van de dichtheden vonden we dat naast laat maaien, ook het vroege maaien (22 of 31 mei) een gunstig effect leek te hebben op de dichtheden, maar in het geval van de analyse van de trends is hiervoor geen enkele aanwijzing. Het positieve effect van het vroege maaien van grasland is waarschijnlijk het gevolg van de verstrengeling van deze variabele met de aanwezigheid van grasland in het algemeen; een andere optie is dat juist de combinatie van vroeg en laat gemaaid grasland gunstig is voor de Scholekster.

### *Predatoren*

Volgens de analyse zou een lage kans op het voorkomen van de Bunzing samengaan met een minder negatieve trend in de aantallen Scholeksterbroedparen. Enerzijds is dit wat je zou verwachten, maar anderzijds is de vorm van de relatie nogal abrupt en de onderliggende kansenkaart voor de Bunzing lijkt ook niet erg realistisch (de hoogste dichtheden liggen nabij snelwegen, waar de dieren waarschijnlijk worden aangereden en zo kunnen worden vastgesteld). Vooralsnog lijkt het ons aannemelijk dat de gevonden relatie het gevolg is van toeval en niet berust op een oorzakelijk verband.

### *Nadere beschouwing van de modellering van de kans op het voorkomen van predatoren*

Eieren en kuikens van weidevogels zijn kwetsbaar voor predatie door zoogdieren en vogels. Van een aantal predatoren is ook vrij zeker dat de aantallen zijn toegenomen. Indien de toename van het aantal predatoren zou inhouden dat de predatie is toegenomen, dan zou dit een oorzaak zou kunnen zijn van de afname in de Scholeksterstand. Om die reden is het voorkomen van de meest aannemelijke potentiële predatoren voor zover mogelijk meegenomen in de analyse. In een aantal gevallen levert dit aanwijzingen voor een verband. Echter, het verband is vaak niet wat je zou verwachten, namelijk hoe meer predatoren, hoe minder Scholeksters of hoe sterker de afname van de dichtheid Scholeksters. Om die reden denken we dat hier sprake is van toeval. Daarvoor zijn een aantal verklaringen mogelijk, die deels al eerder zijn aangestipt:

1. Het landschap is mogelijk bepalender voor het predatierisico dan de daadwerkelijke dichtheid aan predatoren. Hoe opener het gebied, hoe moeilijker het is voor predatoren, om ongezien het nest te bereiken. Dit effect zou wel eens belangrijker kunnen zijn dan de kans dat de verschillende predatoren daadwerkelijk in het gebied voorkomen.
2. Sommige kaarten geven mogelijk geen goed beeld van de verspreiding van de predatoren. Dit betreft met name de kaarten van de zoogdieren, die veel moeilijker te inventariseren zijn dan de vogels, omdat ze vaak nachttactief zijn. Daarbij is de trefkans om een potentiële predator als de bunzing aan te treffen langs lijnvormige elementen zoals wegen groter, dan hierbuiten (zie ook hierboven).
3. De plaatsen waar de vliegende predatoren broeden zijn niet noodzakelijkerwijs ook de plaatsen waar zij de hoogste predatiedruk uitoefenen. Kleine Mantelmeeuwen kunnen tientallen kilometers afleggen op een enkele voedselvucht, dus het feit dat Scholeksters in een gridcell broeden waar geen Kleine Mantelmeeuwen broeden betekent niet dat hun nesten en kuikens geen enkel risico lopen om gepredeerd te worden door Kleine Mantelmeeuwen.



## 5. Conclusies

Uit het onderzoek kunnen een aantal conclusies worden getrokken die voor beheer en bescherming van belang zijn:

1. Er zijn een aantal beïnvloedbare omgevingsvariabelen die zowel voorspellend zijn voor hoge dichtheden broedparen als voor een "positieve" of in ieder geval "minder negatieve" trendontwikkeling. Het gaat om:
  - openheid van het landschap (Fig. 2.2): hoe opener het landschap, hoe beter het is voor de Scholeksters
  - een grote bedekking met (blijvend) grasland: hoe meer grasland, hoe beter het is voor de Scholeksters, waarbij vooral blijvend grasland (Fig. 2.6) van belang is
  - een minimale winterse drooglegging (Fig. 2.4): hoe minder ver het grondwater 's winters onder het maai-veld staat, hoe beter het is voor de Scholeksters
  - het beheerpakket subsidieregeling agrarisch natuurbeheer laat maaien (Tabel A2 in bijlage A): een aangepaste, uitgestelde maaidatum lijkt belangrijk, maar of ook geldt dat hoe later maaien hoe beter het is voor de Scholeksters kan nog niet worden gezegd

Om het agrarisch landschap geschikt te houden of geschikter te maken voor Scholeksters ligt het dus voor de hand om de openheid en het areaal (blijvend) grasland te vergroten. Bij het beheer verdient het aanbeveling om te streven naar een zo klein mogelijke winterse drooglegging en aanpassingen van het maairegime.

2. De dichtheid in het binnenland broedende Scholeksters is hoger dicht bij de kust en ook de afname in dichtheid verloopt er minder snel. Wanneer een prioritering in beschermingsinspanning gemaakt zou moeten worden, dan ligt het voor de hand die inspanning vooral te richten op agrarische gebieden in de buurt van het kustgebied. De provincies Groningen, Friesland, Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland en Noord-Brabant hebben hierbij een speciale verantwoordelijkheid.

3. Of predatie een belangrijke factor is in de achteruitgang van de Scholekster blijft onduidelijk. De hier gekozen aanpak lijkt bij nader inzien minder geschikt om een antwoord te krijgen op deze vraag.

4. De bovenstaande conclusies zijn gebaseerd op resultaten van correlatief onderzoek. Hoewel de gevonden relaties duidelijke aanwijzingen geven voor inrichting en beheer van het agrarische gebied, is het niet zo dat we de achtergrond van de verschillende relaties volkomen begrijpen. Het is daarom verstandig om nader onderzoek te doen naar de causaliteit van de gevonden verbanden.



## 6. Literatuur

- BIVAND R.S., PEBESMA E.J. & GÓMEZ-RUBIO V. 2008. Applied Spatial Data Analysis with R. Springer, New York.
- DIAMOND J.M. & MAY R.M. 1977. Species turnover rates on islands: dependence on census interval. *SCIENCE* 197:266–270.
- DIJKSTRA H. & VAN LITH-KRANENDONK J. 2000. Schaalkenmerken van het landschap in Nederland. Alterra, Wageningen.
- DRAY S., PÉLISSIER R., COUTERON P., FORTIN M.-J., LEGENDRE P., PERES-NETO P.R., BELLIER E., BIVAND R., BLANCHET F.G., DE CÁCERES M., DUFOUR A.-B., HEEGAARD E., JOMBART T., MUNOZ F., OKSANEN J., THIOULOUSE & WAGNER H.H. 2012. Community ecology in the age of multivariate multiscale spatial analysis. *Ecological Monographs* 82:257–275.
- ELITH J., LEATHWICK J.R. & HASTIE T. 2008. A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology* 2008, 77:802–813.
- ENS B.J., AARTS B., HALLMANN C., OOSTERBEEK K., SIERDSEMA H., SLATERUS R., TROOST G., VAN TURNHOUT C., WIERSMA P. & VAN WINDEN E. 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., AARTS B., OOSTERBEEK K., ROODBERGEN M., SIERDSEMA H., SLATERUS R. & TEUNISSEN W. 2009. Onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. *Limosa* 89:83–92.
- ENS B.J., BERREVOETS C.M., BRUINZEEL L., BULT T., HAANSTRA L., HULSCHER J.B., KOKS B., VAN DE POL M., RAPPOLDT C., TEUNISSEN W.A. & VERHULST S. 2003. Synthese: wat veroorzaakt de huidige achteruitgang van Scholeksters in Nederland? *Limosa* 76:34–38.
- FRIEDMAN J.H. & MEULMAN J.J. 2003. Multiple additive regression trees with application in epidemiology. *Statistics in Medicine* 22:1365–1381.
- GIRAUDOUX P. 2012. *pgirmess*: Data analysis in ecology. R package version 1.5.4. URL <http://CRAN.R-project.org/package=pgirmess>.
- GUERRERO I., MORALES M.B., OÑATE J.J., GEIGER F., BERENDSE F., DE SNOO G., EGGERS S., PÄRT T., BENGTTSSON J., CLEMENT L.W., WEISSER W.W., OLSZEWSKI A., CERYNGIER P., HAWRO V., LIIRA J., AAVIK T., FISCHER C., FLOEHRE A., THIES C. & TSCHARNTKE T. 2012. Response of ground-nesting farmland birds to agricultural intensification across Europe: Landscape and field level management factors. *Biological Conservation* 152:74–80.
- HALLMANN C. & SIERDSEMA H. 2012. TRIMmaps: a R package for the analysis of species abundance and distribution data. Manual, Sovon Vogelonderzoek Nederland.
- HAWKINS B.A. 2012. Eight (and a half) deadly sins of spatial analysis. *Journal of Biogeography* 39:1–9
- HULSCHER J.B. & VERHULST S. 2003. Opkomst en neergang van de Scholekster *Haematopus ostralegus* in Friesland in 1966–2000. *Limosa* 76:11–22.
- KLEIJN D., BERENDSE F., SMIT R. & GILISSEN N. 2001. Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature* 413:723–725.
- KLEIJN D., BERENDSE F., SMIT R., GILISSEN N., SMIT J., BRAK B. & GROENEVELD R. 2004. Ecological effectiveness of agri-environment schemes in different agricultural landscapes in The Netherlands. *Conservation Biology* 18, 775–786.
- KLEIJN D. 2013. De effectiviteit van Agrarisch Natuurbeheer. Rapport voor RLI, 23 bladzijden. Alterra, Wageningen.
- LIPS M. 2011. Detection of grassland management intensity using satellite imagery to support the meadow bird protection. Thesis Report GIRS-2011-21. WUR, Wageningen.
- LNv 1990. Natuurbeleidsplan. Regeringsbeslissing. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Den Haag.
- MEEUWSEN H.A.M. & JOCHEM R. 2011. Openheid van het landschap; Berekeningen met het model ViewScape. WOt-werkdocument 281. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.

- NEWTON I. 2004. The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. *Ibis* 146:579-600.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Wenen, Oostenrijk. URL <http://www.R-project.org/>.
- RIDGEWAY G. 2012. gbm: Generalized Boosted Regression Models. R package version 1.6-3.2. URL <http://CRAN.R-project.org/package=gbm>.
- SCHOTMAN A.G.M., KIERS M.A. & MELMAN T.C.P. 2007. Onderbouwing Grutto-geschiktheidkaart; Ten behoeve van Grutto-mozaïkmodel en voor identificatie van weidevogelgebieden in Nederland. Alterra, Wageningen.
- TEUNISSEN W.A., ALTENBURG W. & SIERDSEMA H. 2005. Toelichting op de Gruttokaart van Nederland 2004. SOVON Vogelonderzoek Nederland & Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv., Beek-Ubbergen.
- TEUNISSEN W.A., VAN PAASSEN A., NIENHUIS J. & SIERDSEMA H. 2013. Weidevogelbalans 2013. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- TEUNISSEN W.A., SCHOTMAN A.G.M., BRUINZEEL L.W., TEN HOLT H., OOSTERVELD E.O., SIERDSEMA H., WYMENGA E. & MELMAN T.C.P. 2012. Op naar kerngebieden voor weidevogels in Nederland. Werkdocument met randvoorwaarden en handreiking. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2344. Nijmegen Sovon Vogelonderzoek Nederland, Sovon-rapport 2012/21, Feanwâlden, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, A&W- rapport 1799. 144 blz.; 63 fig.; 22tab.; 76 ref
- VAN 'T VEER R., SIERDSEMA H., MUSTERS C.J.M., GROEN N. & TEUNISSEN W. 2008. Weidevogels op landschapsschaal, ruimtelijke en temporele veranderingen. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; directie kennis Ede.
- WILLEMS F, BREEUWER A, FOPPEN R, TEUNISSEN W, SCHEKKERMAN H, GOEDHART P, KLEIJN D, BERENDSE F. 2004. Evaluatie Agrarisch Natuurbeheer: effecten op weidevogeldichtheden. Sovon Onderzoekrapport 2004/02. Sovon, Beek-Ubbergen.

# Bijlagen

## Bijlage A.

Tabel A1. Relatie tussen de klassen van de variabele **SANSN\_TYP** (in Tabel 2.2 aangeduid als Subsidierегeling Agrarisch (SAN) Natuurbeheer en Susidieregeling Natuurbeheer (SN)) en de onderliggende beheerpakketten die samengenomen zijn tot een bepaalde klasse.

SANSN_TYP	Pakket nr	Pakket naam
SANSN-Gras	3061	Bont weiland
SANSN-Gras	3062	Bont weiland
SANSN-Gras	3063	Bont weiland
SANSN-Gras	3065	Bont weiland
SANSN-Gras	3066	Bont weiland
SANSN-Gras	3067	Bont weiland
SANSN-Laat_maaien	1805	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	1806	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	1807	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	1808	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 mei t/m 15 juni
SANSN-Laat_maaien	1809	Weidevogelgrasland met rustperiode 8 mei t/m 22 juni
SANSN-Laat_maaien	1811	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	1812	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	1905	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	1906	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	1907	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	1908	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 mei t/m 15 juni
SANSN-Laat_maaien	1909	Weidevogelgrasland met rustperiode 8 mei t/m 22 juni
SANSN-Laat_maaien	1911	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	1912	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	2005	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	2006	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	2007	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	2008	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 mei t/m 15 juni
SANSN-Laat_maaien	2009	Weidevogelgrasland met rustperiode 8 mei t/m 22 juni
SANSN-Laat_maaien	2011	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	2012	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	2105	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	2106	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	2107	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	2108	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 mei t/m 15 juni
SANSN-Laat_maaien	2109	Weidevogelgrasland met rustperiode 8 mei t/m 22 juni
SANSN-Laat_maaien	2111	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	2112	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	3041	Bonte hooiweide
SANSN-Laat_maaien	3042	Bonte hooiweide
SANSN-Laat_maaien	3043	Bonte hooiweide
SANSN-Laat_maaien	3045	Bonte hooiweide
SANSN-Laat_maaien	3046	Bonte hooiweide
SANSN-Laat_maaien	3047	Bonte hooiweide
SANSN-Laat_maaien	3121	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	3122	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	3123	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	3125	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	3126	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	3127	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 7 juni
SANSN-Laat_maaien	3131	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni

SANSN_TYP	Pakket nr	Pakket naam
SANSN-Laat_maaien	3132	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	3133	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	3135	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	3136	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	3137	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 14 juni
SANSN-Laat_maaien	3141	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	3142	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	3143	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	3145	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	3146	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	3147	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 21 juni
SANSN-Laat_maaien	3161	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	3162	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	3163	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	3165	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	3166	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	3167	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	3171	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	3172	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	3173	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 april
SANSN-Laat_maaien	3175	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	3176	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Laat_maaien	3177	Plas-dras voor weidevogels met inundatieperiode van 15 februari t/m 14 mei
SANSN-Overig gras	1816	Landschappelijk waardevol grasland regulier (niet maaien en weiden van 1 januari t/m 31 mei)
SANSN-Overig gras	1817	Landschappelijk waardevol grasland jaarrond begrazing
SANSN-Overig gras	1916	Landschappelijk waardevol grasland regulier (niet maaien en weiden van 1 januari t/m 31 mei)
SANSN-Overig gras	1917	Landschappelijk waardevol grasland jaarrond begrazing
SANSN-Overig gras	2016	Landschappelijk waardevol grasland regulier (niet maaien en weiden van 1 januari t/m 31 mei)
SANSN-Overig gras	2017	Landschappelijk waardevol grasland jaarrond begrazing
SANSN-Overig gras	2116	Landschappelijk waardevol grasland regulier (niet maaien en weiden van 1 januari t/m 31 mei)
SANSN-Overig gras	2117	Landschappelijk waardevol grasland jaarrond begrazing
SANSN-Overig gras	3011	Ontwikkeling kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3012	Ontwikkeling kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3013	Ontwikkeling kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3015	Ontwikkeling kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3016	Ontwikkeling kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3017	Ontwikkeling kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3021	Instandhouding kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3022	Instandhouding kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3023	Instandhouding kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3025	Instandhouding kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3026	Instandhouding kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3027	Instandhouding kruidenrijk grasland
SANSN-Overig gras	3031	Bont hooiland
SANSN-Overig gras	3032	Bont hooiland
SANSN-Overig gras	3033	Bont hooiland
SANSN-Overig gras	3035	Bont hooiland
SANSN-Overig gras	3036	Bont hooiland
SANSN-Overig gras	3037	Bont hooiland
SANSN-Overig gras	3051	Kruidenrijk weiland
SANSN-Overig gras	3052	Kruidenrijk weiland
SANSN-Overig gras	3053	Kruidenrijk weiland
SANSN-Overig gras	3055	Kruidenrijk weiland
SANSN-Overig gras	3056	Kruidenrijk weiland
SANSN-Overig gras	3057	Kruidenrijk weiland



SANSN_TYP	Pakket nr	Pakket naam
SANSN-Overig gras	3101	Landschappelijk waardevol grasland regulier
SANSN-Overig gras	3102	Landschappelijk waardevol grasland
SANSN-Overig gras	3103	Landschappelijk waardevol grasland
SANSN-Overig gras	3105	Landschappelijk waardevol grasland
SANSN-Overig gras	3106	Landschappelijk waardevol grasland
SANSN-Overig gras	3107	Landschappelijk waardevol grasland
SANSN-Overig gras	3108	Landschappelijk waardevol grasland jaarrond begrazing
SANSN-Vroeg_maaien	1803	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 22 mei
SANSN-Vroeg_maaien	1804	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	1903	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 22 mei
SANSN-Vroeg_maaien	1904	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	2003	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 22 mei
SANSN-Vroeg_maaien	2004	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	2103	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 22 mei
SANSN-Vroeg_maaien	2104	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	3111	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	3112	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	3113	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	3115	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	3116	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SANSN-Vroeg_maaien	3117	Weidevogelgrasland met rustperiode 1 april t/m 31 mei
SN-Gras	4040	(Half)natuurlijk grasland
SN-Gras	4175	Nat soortenrijk grasland
SN-Gras	4185	Droog soortenrijk grasland
SN-Gras	4186	Droog soortenrijk grasland (bloemdijk)
SN-Gras	4235	Soortenrijk weidevogelgrasland
SN-Gras	4245	Zeer soortenrijk weidevogelgrasland

Tabel A2. Relatie tussen de klassen van de variabele **SBB\_Type** (in Tabel 2.2 aangeduid als Beheertypen van Staatsbosbeheer) en de bijbehorende beheerpakketten die tot de betreffende klasse zijn samengevoegd.

SBB_type	SubNHLcode	Subdoeltype
SBB-Natuurgras	9.6	Grazige ruigten
SBB-Natuurgras	8.2	Natte schraallanden
SBB-Natuurgras	9.1	Glanshaverhooiland
SBB-Natuurgras	9.2	Kamgrasweiden en zilverschoongraslanden
SBB-Natuurgras	9.3	Kalkgraslanden
SBB-Natuurgras	9.4	Binnendijkse zilte graslanden
SBB-Natuurgras	9.5	Droge schraallanden
SBB-Natuurgras	10.1	Vochtig schraal grasland
SBB-Natuurgras	10.2	Veenweide
SBB-Overig gras	15.2	Wintergastenweide
SBB-Overig gras	18.2	Bloemdijken
SBB-Overig gras	19.1	Gras
SBB-Weidevogels	15.1	Weidevogelgrasland

Tabel A3. Relatie tussen de klassen van de variabele **Gewascategorie** en de bijbehorende gewascodes.

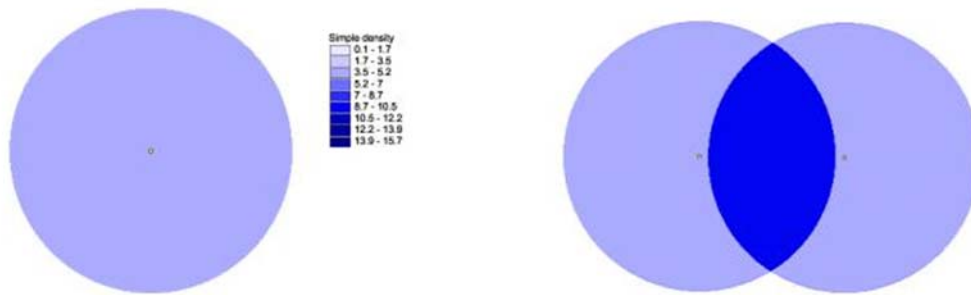
Gewascategorie variabele	Gewascategorie	Gewas-code	GWS_GEWAS
Gras_blijvend	Blijvend grasland	265	Grasland, blijvend
Gras_tijdelijk	Tijdelijk grasland	266	Grasland, tijdelijk
Gras_tijdelijk	Productiegrasland	1921	Graszoden
Natuurlijk_gras	Natuurlijk grasland	1905	Grasland natuurlijk
Natuurlijk_gras	Natuurlijk grasland	1905	Grasland, natuurlijk (max. 5 ton drogestof per ha.), tenminst
Natuurlijk_gras	Natuurlijk grasland	1905	Grasland, natuurlijk, minder dan 50% van de oppervlakte bedekt
Natuurlijk_gras	Natuurlijk grasland	1905	Grasland, natuurlijk, voor 50-75% van de oppervlakte bedekt
Natuurlijk_gras	Natuurlijk grasland	2302	Natuurlijk grasland (begraasd) met beperkte landbouwact.
Natuurlijk_gras	Natuurlijk grasland	2302	Natuurlijk grasland met hoofd functie landbouw
Wintergranen	Wintergranen	233	Tarwe, winter-
Wintergranen	Wintergranen	235	Gerst, winter-
Wintergranen	Wintergranen	237	Rogge (geen snijrogge)
Wintergranen	Wintergranen	314	Triticale
Zomergranen	Zomergranen (incl graansorgo en overige granen)	234	Tarwe, zomer-
Zomergranen	Zomergranen (incl graansorgo en overige granen)	236	Gerst, zomer-
Zomergranen	Zomergranen (incl graansorgo en overige granen)	238	Haver
Zomergranen	Zomergranen (incl graansorgo en overige granen)	658	Graansorgho
Zomergranen	Zomergranen (incl graansorgo en overige granen)	660	Gierst

## Bijlage I. Toelichting kernel-density berekeningen

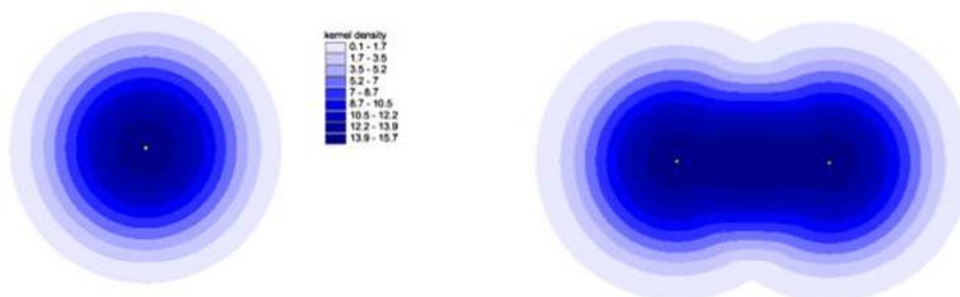
De klassieke manier voor het maken van dichtheidskaarten is het gebied opdelen in vakjes of deelgebiedjes met meer natuurlijke grenzen. Per vakje of deelgebiedje wordt de dichtheid (= aantal waarnemingen gedeeld door de oppervlakte) berekend en dan ruimtelijk weergegeven in een kaart. Het nadeel van deze methodiek bij het gebruik van vierkante hokken ('grids') is dat bij te grote vakken (bijvoorbeeld kilometerhokken) er een erg blokkerige kaartbeeld ontstaat met weinig detailinformatie. Het gebruik van kleine grids levert een meer gedetailleerde kaart op, maar heeft als nadeel dat er erg grote variaties op korte afstand kunnen ontstaan doordat er toevallig net wat meer of minder waarnemingen in een vakje terechtkomen.

Dichtheidskaarten gebaseerd op natuurlijke eenheden geven veelal een meer natuurlijk beeld, maar zijn afhankelijk van de gekozen indeling. En misschien sluit die indeling wel helemaal niet of slecht aan bij de manier waarop de soort het landschap ervaart: ook dan is de resulterende dichtheidskaart weinig informatief.

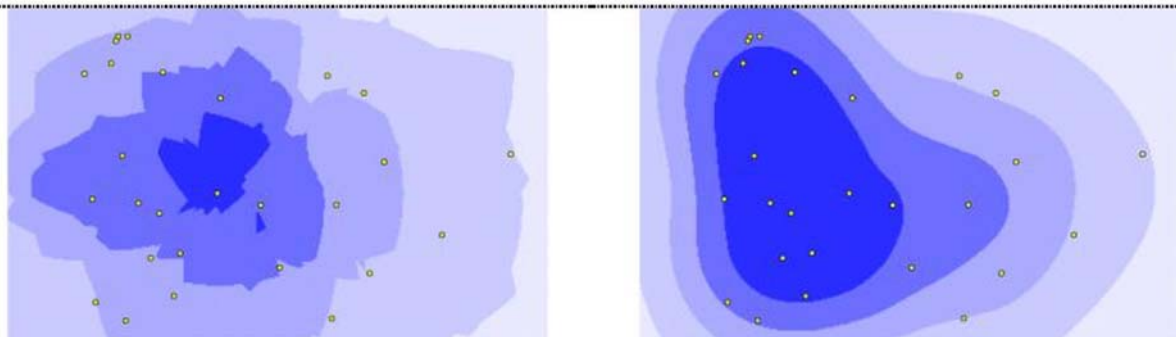
Een alternatieve manier om dichtheidskaarten te maken is door alleen uit te gaan van de locaties van de waarnemingen. Om elke waarneming wordt dan een cirkel getrokken van een vooraf op te geven oppervlakte. Een cirkel met een straal van 564 meter heeft een oppervlakte van precies 1 km<sup>2</sup>. De dichtheden die zo worden berekend komen dan precies overeen met het gebruik van een grid van 1x1 km. Wanneer nu een kleinere cirkel wordt gebruikt (in de voorbeelden hieronder 250 meter), kunnen de dichtheden nog steeds worden weergegeven in waarnemingen per km<sup>2</sup>, maar ze worden dan vanzelfsprekend hoger. Voor het maken van de dichtheidskaarten is uitgegaan van een straal van 125 meter rondom elke waarneming. Wanneer nu 2 punten minder dan 250 meter uit elkaar liggen, wordt de dichtheid in het overlappende gebied twee maal zo hoog. Een kaart gebaseerd op deze 'simple density'-methode van nog wat meer punten laat al snel zien waar lagere en hogere dichtheden voorkomen. Het nadeel van deze 'simple density'-methode is echter dat het resultaat snel nogal onnatuurlijk oogt. Maar wat zeker zo belangrijk is: de methode heeft als nadeel dat de dichtheid langs de grenzen wordt onderschat en het centrum van de waarnemingen wordt overschat. Om dit nadeel op te vangen is de zgn. kernel-density methode bedacht. Bij deze methode neemt het 'gewicht' van de waarneming af met de afstand en wel meestal met een normale verdeling. Een dichtheidskaart die op deze manier wordt gemaakt heeft de hoogste dichtheid bij de waarneming zelf en neemt langzaam af met de afstand. In een dichtheidskaart gemaakt met twee dan wel meer waarnemingen zijn de overgangen in dichtheid daarom ook veel vloeiender. Zeker zo belangrijk is, dat de gebieden met hoge dichtheden beter aansluiten bij de waarneming: er zijn minder rand- en centruminvloeden.



Voorbeelden van simple density-kaarten met 1 (links) en 2(rechts) waarnemingen.



Voorbeelden van kernel density-kaarten met 1 en 2 waarnemingen



---

Voorbeeld van een simple density-kaart (links) en kernel density-kaart (rechts) met 27 waarnemingen.

## Bijlage II. Modevaluatie

Voor de evaluatie van BRT-modellen wordt het volgende statistische gereedschap gebruikt. Bepaling van de kwaliteit van de modellen:

### Scatterplots en histogrammen

Scatterplots tonen het verband tussen werkelijke waarden (*observed values*) en de door het model gefitte waarden (*fitted values*); met de histogrammen kunnen de verdelingen van werkelijke waarden (*observed values*) en de door het model gefitte waarden (*fitted values*) worden vergeleken.

### Statistische kentallen

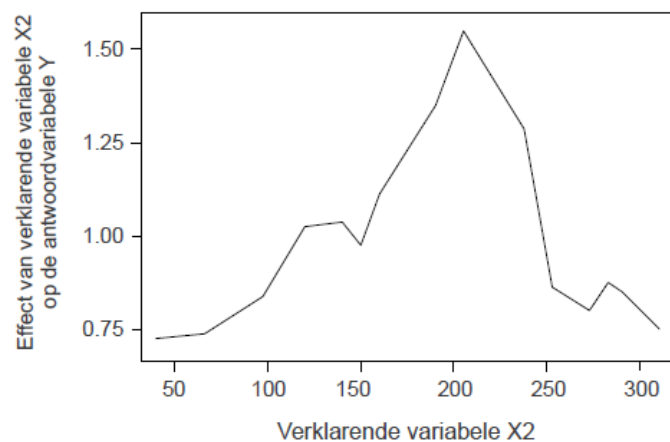
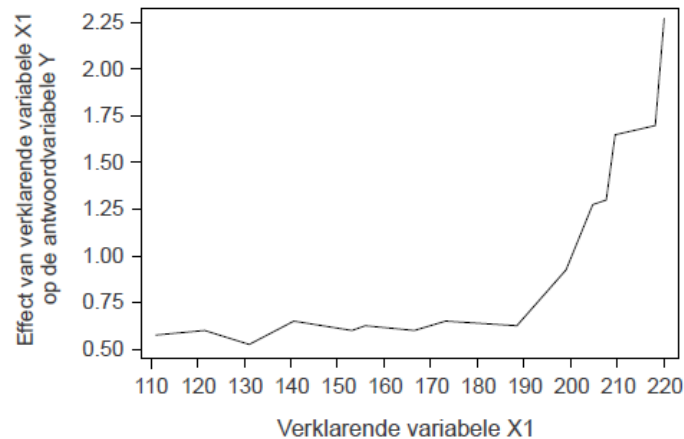
Daarnaast gebruiken we de volgende statistische kentallen om de kwaliteit van het model te bepalen:

- *Explained deviance* – drukt de verklarende waarde van een model uit als een percentage van een 'verzadigde model' (*saturated model* = een model met een parameter voor elke waarneming zodanig dat alle waarnemingen exact kunnen worden gemodelleerd)
- MAE (*mean absolute error*) = gemiddelde van de absolute afwijking tussen waargenomen en gemodelleerde waarden – een maat voor de precisie (nauwkeurigheid) van een model; hoe kleiner de MAE en relatie tot de waargenomenen waarden hoe nauwkeuriger de gemodelleerde waarden
- MFE (*mean forecast error*) = gemiddelde afwijking tussen waargenomen en gemodelleerde waarden – een maat voor de afwijking (*bias*) van het model; hoe dichterbij nul hoe minder *bias*
- $r$  – Pearson correlatiecoëfficiënt tussen waargenomen en gemodelleerde waarden

### Bijlage III. Voorbeeld voor een partial dependence plot

*Partial dependence plots* tonen het effect van een verklarende variabele op de responsvariabele, rekening houdend met de gemiddelde effecten van alle andere verklarende variabelen in het model. Op de y-as van de grafiek staat niet de afhankelijke variabele, maar de mate waarin de omgevingsvariabele van invloed is op veranderingen in de afhankelijke variabele ofwel in andere woorden, het relatieve belang. Hoe groter het verschil is tussen minimum waarde en de maximum waarde op de y-as (de 'amplitude'), hoe groter het relatieve belang van deze variabele is.

Dit is een voorbeeld met fictieve waarden om te helpen bij lezen en interpreteren van de *partial dependence plots* in het rapport.

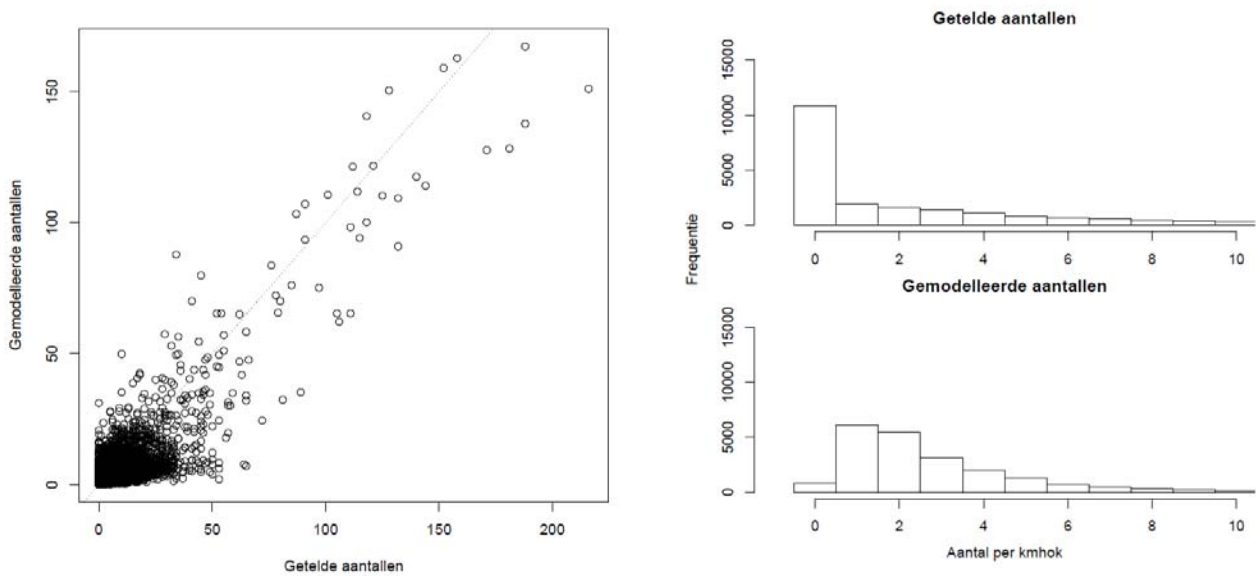


Als alle anderen verklarende variabelen behalve variabele X1 gemiddelde waarden hebben, dan kan de afhankelijke variabele Y afhankelijk van de waarden van X1 waarden tussen 0.5 en 2.5 aannemen (bovenste figuur). Als X1 lager is dan 190, is ook Y laag, maar blijft constant op 0.5 ongeacht of X1 nu 110 of 190 is. Als X1 hoger is dan 190, is er een meer of minder lineaire verband tussen X1 en Y, en bij de maximale waarde van X1 bereikt ook Y de hoogst mogelijke waarden.

Y heeft een andere amplitude als X2 mag variëren en alle anderen verklarende variabelen en constante gemiddelde waarde hebben (onderste figuur). X2 heeft minder invloed op de waarden van Y dan X1 (kleiner amplitude) en de verband tussen X2 en Y heeft een ander vorm (gemiddelde waarden van X2 veroorzaken de hoogste waarden van Y).

## Bijlage IV. Evaluatie van het "complete model" voor huidige dichtheden

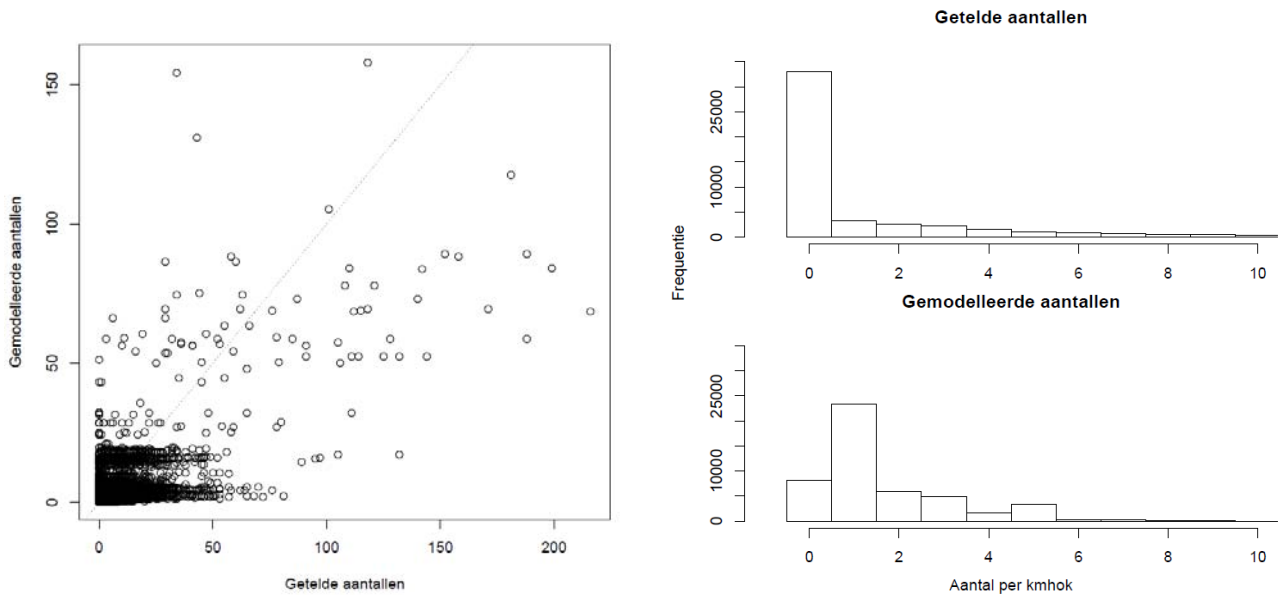
Het model verklaart de waarnemingen vrij goed, met een hoge *explained deviance* (48,8%), een lage afwijking en hoge correlatie tussen waargenomen en gemodelleerde dichtheid (MAE = 2.7,  $r = 0.80$ , Fig. IV.1 links) en een lage bias (MFE = -0.0003). Plots met dichtheid nul kunnen echter niet goed worden voorspeld en worden iets te hoog geschat (Fig. Fig. IV.1 rechts).



Figuur IV.1. Verband tussen waargenomen en gemodelleerde huidige dichtheid (links) en frequentieverdeling van waargenomen en gemodelleerde huidige dichtheid (rechts), gebaseerd op het complete model.

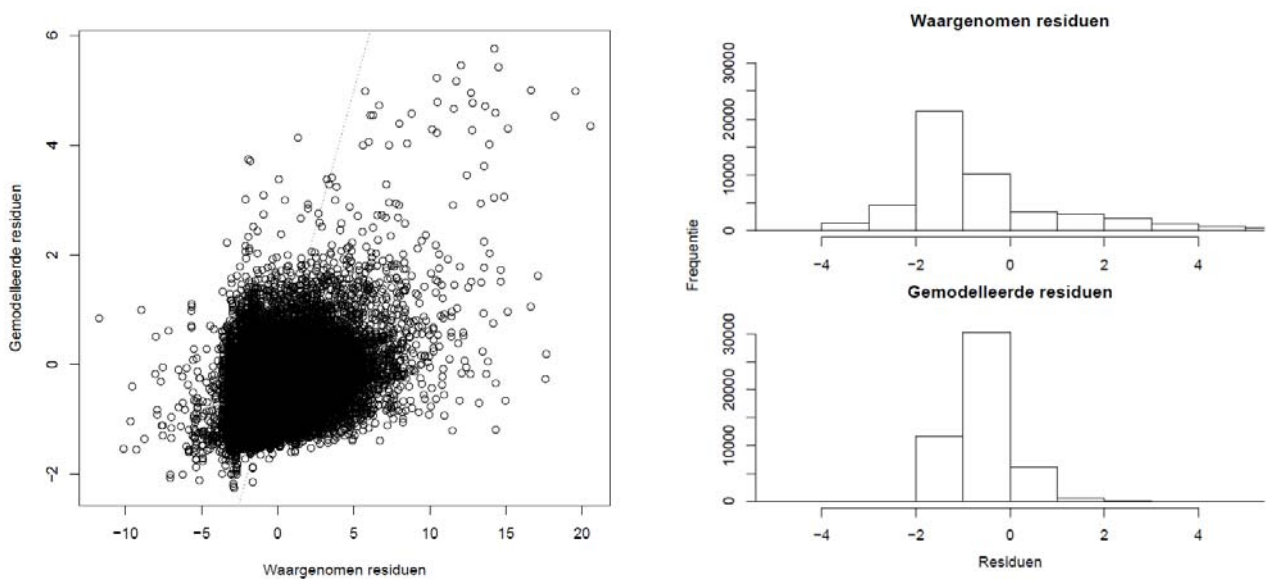
## Bijlage V. Evaluatie van het "geografische model" voor huidige dichtheden

Ook dit model is vrij goed, al is de *explained deviance* (37,7%) en correlatie tussen waargenomen en gemodelleerde dichtheden ( $r = 0,63$ ) iets lager dan bij het complete model. De MAE (2,1) en de MFE (0,001) zijn iets lager, wat wijst op een iets betere precisie en lagere *bias*. Hoge en lage uitschieters in dichtheid worden door dit model echter minder goed voorspeld (Fig V.1).



Figuur V.1. Verband tussen waargenomen en gemodelleerde huidige dichtheid (links) en frequentieverdeling van waargenomen en gemodelleerde huidige dichtheid (rechts), gebaseerd op het geografische model.

Het model dat de residuen van het geografische model verklaart presteert duidelijk minder goed dan het complete en het geografische model, maar dat is omdat het geografische model al een groot deel van de variatie van de dichtheidsgegevens verklaart. De MAE is vrij klein (1,17), de MFE bijna nul (0,0001), de correlatie redelijk ( $r = 0,41$ ), maar de *explained deviance* (15,3%) is laag en de uitschieters van de residuen kunnen niet goed worden gemodelleerd (Fig. V.2).

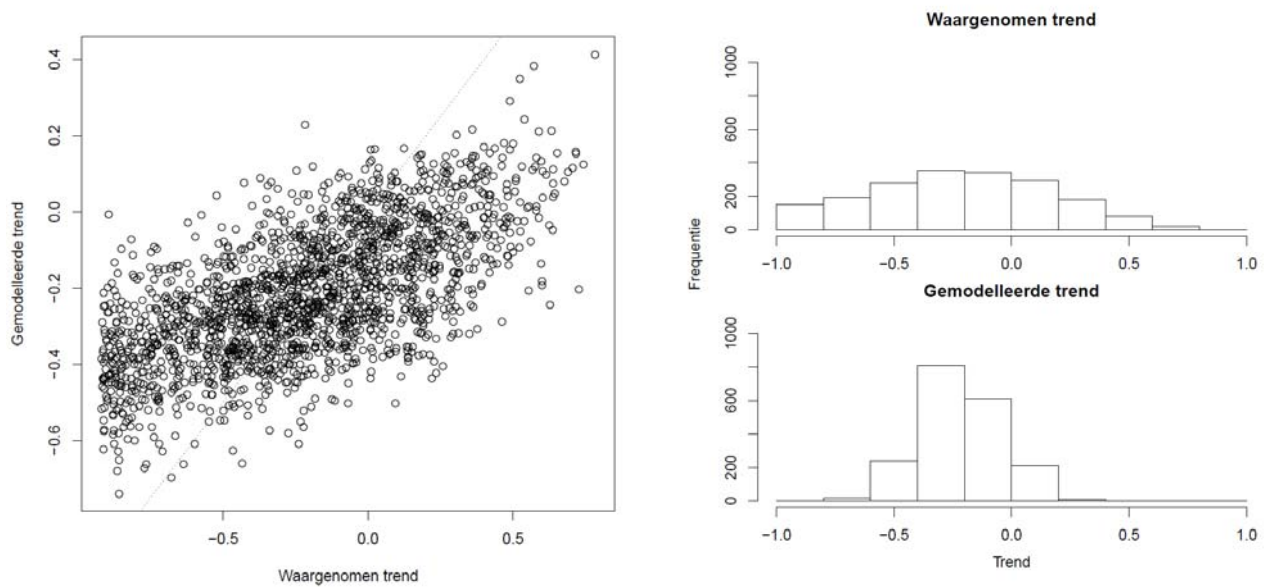


Figuur V.2. Verband tussen waargenomen en gemodelleerde residuen (links) en frequentieverdeling van waargenomen en gemodelleerde residuen (rechts) van het geografische model van huidige dichtheid.



## Bijlage VI. Evaluatie van het "complete model" voor de trend

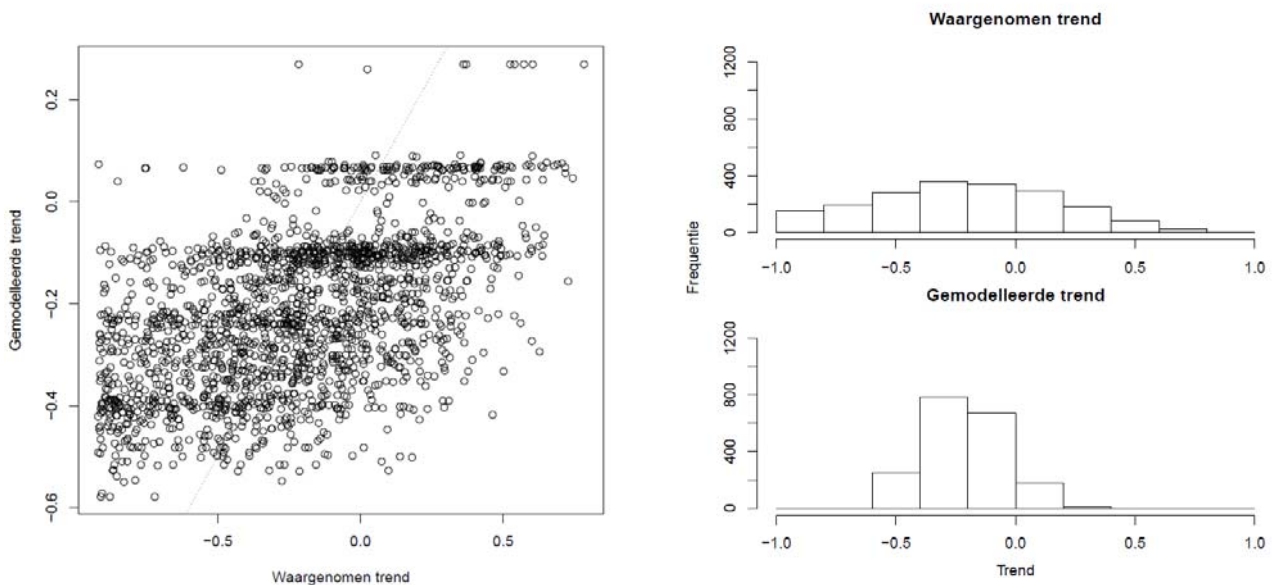
Het complete model voor de trend is redelijk goed (*explained deviance*: 38,2 %,  $r$ : 0.65, MAE: 0.24, MFE -0.00009), maar extreme waarden (zowel sterk negatieve als sterk positieve trends) worden niet goed gemodelleerd; de gemodelleerde trends vertonen veel minder variatie (Fig. VI.1).



Figuur VI.1. Verband tussen waargenomen en gemiddelde trend (links) en frequentieverdeling van waargenomen en gemiddelde trend (rechts), gebaseerd op het complete model.

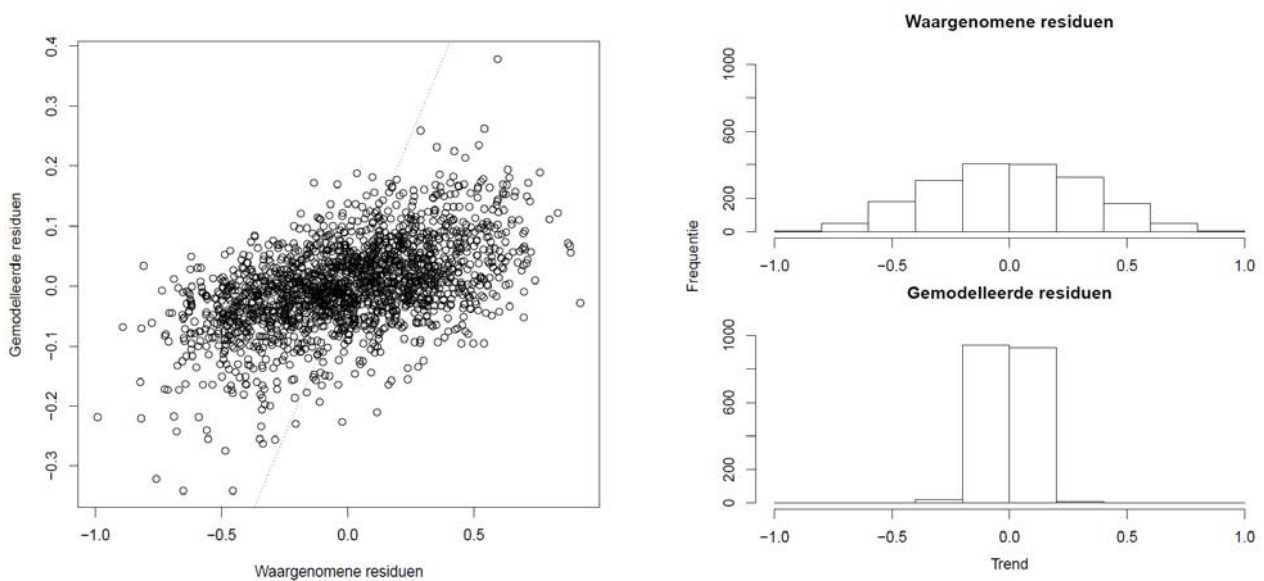
## Bijlage VII. Evaluatie van het "geografische model" voor de trend

Het model met alleen geografische variabelen is duidelijk slechter (*explained deviance*: 26,6%, MAE: 0,27, MFE: -0,0000005, RMSE: 0,32 en  $r$ : 0,53) dan het complete model. Geografische patronen alléén zijn geen goede voorspellers zijn voor de trend (Fig. VII.1). Net als bij het complete model worden extreme waarden niet goed voorspeld en vertonen de voorspelde trends zeer weinig variatie.



Figuur VII.1. Verband tussen waargenomen en gemiddelde trend (links) en frequentieverdeling van waargenomen en gemiddelde trend (rechts), gebaseerd op het geografische model.

De residuen van het geografische model kunnen niet heel goed worden verklaard (*explained deviance* = 19,2%, MAE = 0,24, MFE = -0,00001, RMSE = 0,29,  $r$  = 0,52). Dit geldt nog sterker voor de extremen (Fig. VII.2).



Figuur VII.2. Verband tussen waargenomen en gemiddelde residuen (links) en frequentieverdeling van waargenomen en gemiddelde residuen (rechts) van het geografische trend model.





Sovon Vogelonderzoek Nederland

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

E [info@sovon.nl](mailto:info@sovon.nl)  
I [www.sovon.nl](http://www.sovon.nl)

