



# Ontwikkeling systematiek voor vaststellen en monitoren van habitatkwaliteit agrarisch gebied

Tim Visser, Wouter Meijninger, Gerbert Roerink, Erik Kleyheeg, Paul Goedhart



# Ontwikkeling systematiek voor vaststellen en monitoren van habitatkwaliteit agrarisch gebied

Tim Visser<sup>1</sup>, Wouter Meijninger<sup>1</sup>, Gerbert Roerink<sup>1</sup>, Erik Kleyheeg<sup>2</sup>, Paul Goedhart<sup>3</sup>

1 Wageningen University & Research

2 Sovon Vogelonderzoek Nederland

3 Wageningen Plant Research

Met bijdragen van: Dick Melman & Nico Jonker

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur' (BO-43-023.01-031).

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, april 2022

---

Gereviewd door:

Rémon ter Harmsel, onderzoeker Dierecologie (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:

Marion Kluivers-Poodt (team dierecologie)

Rapport 3156  
ISSN 1566-7197

---

Visser, T., Meijninger, W., Roerink, G., Kleyheeg, E., Goedhart, P., Sanders, D., 2022. *Ontwikkeling systematiek voor vaststellen en monitoren van habitatkwaliteit agrarisch gebied*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3156. 100 blz.; 29 fig.; 9 tab.; 34 ref.

De monitoring van het agrarisch natuurbeheer richt zich tot dusver met name op het in beeld brengen van de abundantie (aantallen) van de doelsoorten. Het primaire effect van het agrarisch natuurbeheer is evenwel de beïnvloeding van de habitatkwaliteit. Deze veranderde habitatkwaliteit vertaalt zich op termijn als het goed is in een verandering van de abundantie van de doelsoorten. Om snel zicht te krijgen op de effectiviteit van het beheer, is monitoring van de habitatkwaliteit daarom noodzakelijk. In dit onderzoek wordt onderzocht in welke mate remote sensing (satellietbeelden) kan worden ingezet voor het monitoren van de habitatkwaliteit.

Trefwoorden: Agrarisch natuurbeheer, habitatkwaliteit, remote sensing, satellietbeelden, weidevogels

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/569301> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2022 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.



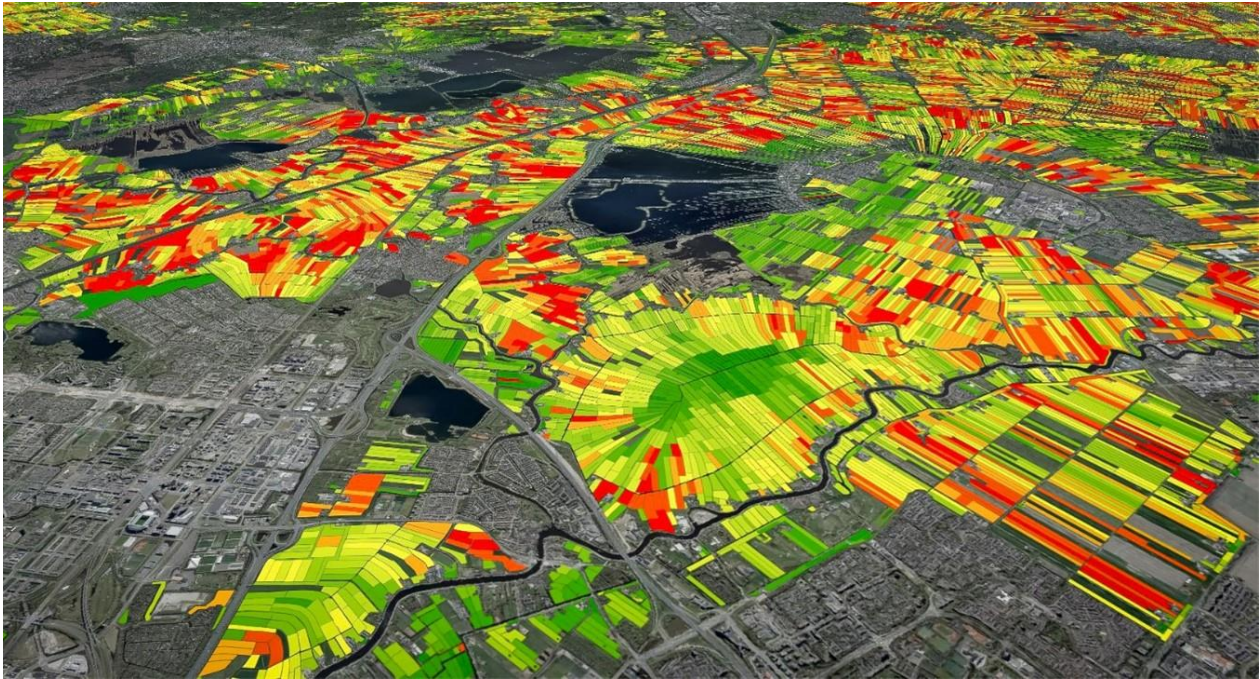


Foto omslag: Tim Visser

Toelichting foto omslag: Visualisatie van een remote sensing beeld (S2REP kaart) voor polder de Ronde Hoep en omgeving in provincie Noord-Holland. Dit kaartbeeld kan worden gebruikt om extensief gebruikte graslanden (groen) te onderscheiden van intensief gebruikte graslanden (rood). Dit kaartbeeld is gemaakt op basis van data die wordt verzameld door Sentinel 2, een satelliet die met grote regelmaat over Nederland komt. Het kaartbeeld is tot stand gekomen door per perceel de 'Red Edge Position' (REP) te berekenen. Deze waarde is een maat voor de hoeveelheid bladgroenkorrels en het stikstofgehalte in het blad. Daardoor zijn we in staat op om afstand de productiviteit van een perceel in te schatten.

Uit ons onderzoek is gebleken dat deze kaart een zeer sterke voorspeller is van de ruimtelijke verspreiding van weidevogels, die extensief gebruikte (groene) percelen prefereren. Dergelijke kaartbeelden kunnen worden ingezet voor het positioneren en optimaliseren van het weidevogelbeheer.

---

---

# Inhoud

<b>Verantwoording</b>	<b>7</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>15</b>
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>18</b>
2.1 Validatie remote sensing en habitatkwaliteit open grasland	18
2.1.1 Habitatkwaliteit grasland – beschrijving veldwerk en analyse	18
2.1.2 Ruimtelijke verspreiding weidevogels – verzameling gegevens en analyse	22
2.1.3 Inwinnen remote-sensing-gegevens	25
2.2 Verkenning remote sensing droge dooradering, natte dooradering en open akker	39
<b>3 Resultaten: Validatie remote sensing habitatkwaliteit open grasland</b>	<b>40</b>
3.1 Remote sensing – habitatkwaliteit grasland	40
3.2 Remote sensing – perceelgebruik door weidevogels	48
3.2.1 Beschrijving data	48
3.2.2 Resultaten	49
<b>4 Resultaten: literatuurverkenning remote sensing droge &amp; natte dooradering en open akker</b>	<b>57</b>
4.1 Droge dooradering	57
4.2 Natte dooradering	62
4.3 Open akker	64
<b>5 Discussie</b>	<b>67</b>
<b>6 Conclusie</b>	<b>71</b>
<b>Literatuur</b>	<b>72</b>
<b>Bijlage 1 Bezochte locaties veldwerk habitatfactoren</b>	<b>74</b>
<b>Bijlage 2 Methodiek Q-waarde, voederwaarde, kruiden- en grassenindex</b>	<b>75</b>
<b>Bijlage 3 Kaartbeeldenanalyse weidevogels</b>	<b>77</b>
<b>Bijlage 4 Remote-sensing-kaarten</b>	<b>86</b>
<b>Bijlage 5 BMP-telgebiedenanalyse weidevogels</b>	<b>91</b>
<b>Bijlage 6 Verdeling abiotische variabelen en remote-sensing-variabelen</b>	<b>92</b>
<b>Bijlage 7 Correlatie matrix weidevogelanalyse</b>	<b>94</b>
<b>Bijlage 8 Uitkomsten weidevogelanalyse</b>	<b>96</b>

---



---

# Verantwoording

Rapport: 3156

Projectnummer: 5200046977

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: onderzoeker Dierecologie

naam: Rémon ter Harmsel

datum: 26-03-2022

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Marion Kluivers-Poodt

datum: 11-04-2022



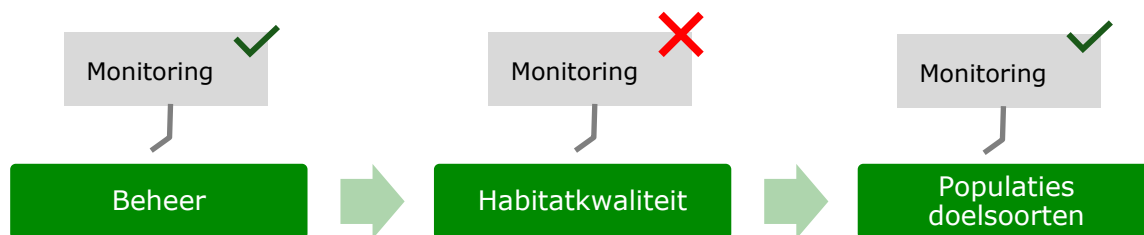
# Samenvatting

## Aanleiding

Agrarisch natuurbeheer richt zich op het versterken van de populaties van als zodanig benoemde doelsoorten door middel van aangepast beheer. Bij de monitoring van het agrarisch natuurbeheer is er in de eerste plaats aandacht gegeven aan de ontwikkeling van de omvang van het totaal beheerde areaal, al of niet onderscheiden in de verschillende beheervormen (licht of zwaar). Daarnaast is er de beleidsmonitoring. Deze richt zich op het in beeld brengen van de abundantie (aantallen) van de doelsoorten.

Aan de monitoring van de *kwaliteit* van de habitat is merkwaardig genoeg nooit expliciete aandacht geschonken. Dit terwijl een verbetering van de habitatkwaliteit het primaire doel is van het aangepaste beheer. Verbetering van de habitatkwaliteit zou vervolgens op termijn moeten leiden tot het ombuigen van de veelal ongunstige trends van de doelsoorten.

Tot nu toe is er altijd van uitgegaan dat uitvoeren van het aangepaste beheer in het kader van agrarisch natuurbeheer als vanzelf zal leiden tot een verbetering van de habitatkwaliteit. Of dit het geval is en hoeveel tijd ermee gemoeid is, is onzeker. Daarom staat in dit onderzoek het meten van de habitatkwaliteit centraal.



## Doel overkoepelend project

Het doel van voorliggend project is om te verkennen of het mogelijk is om een systematiek te ontwikkelen waarmee de habitatkwaliteit op eenvoudige wijze kan worden gemeten (vanuit het veld of vanuit de ruimte). Het achterliggende doel van het overkoepelende project bestaat uit:

- Beter zicht op de relatie tussen het gevoerde beheer en het resultaat in termen van de habitatkwaliteit, zodat verbeterpunten ten aanzien van het gevoerde beheer eerder aan het licht komen;
- Meer inzicht in de habitatkwaliteit op gebiedsniveau, zodat de ruimtelijke samenhang van het gevoerde beheer kan worden geoptimaliseerd;
- Kennisontsluiting met betrekking tot de bepalende habitatfactoren voor de verschillende doelsoorten.

## Wat hebben we in 2019 en 2020 gedaan?

In 2019 is een begin gemaakt met de ontwikkeling van een systematiek (Visser et al., 2020). Voor negen soorten zijn de belangrijkste habitateisen in beeld gebracht en is beschreven hoe deze habitateisen kunnen worden gemeten (combinatie van veldwerk en GIS-analyses). In 2020 zijn praktijkhandleidingen ontwikkeld en is de methodiek getest in het veld door vrijwilligers en experts. Daarbij is een uiteenlopende set van habitatkenmerken op gestandaardiseerde wijze gemeten.

Uit de evaluatie bleek dat de methodiek goed toepasbaar is en het benodigde kennisniveau voor het uitvoeren van de metingen relatief laag is. De resultaten van de metingen komen op hoofdlijnen goed overeen met het beeld van betrokken deskundigen en vrijwilligers.

Daarnaast is een aantal knelpunten geïdentificeerd. De twee belangrijkste knelpunten zijn:

1. Meten van de habitatkwaliteit kan tijdrovend zijn. Dit is vooral een probleem voor soorten waarvoor je de habitatkwaliteit op gebiedsniveau wil weten, omdat de soort in kwestie op deze ruimtelijke schaal

- 
- opereert. Om een betrouwbaar beeld van de habitatkwaliteit op gebiedsniveau te verkrijgen, is een behoorlijke steekproef nodig, wat de haalbaarheid niet ten goede komt.
2. Sommige factoren die relevant zijn voor de habitatkwaliteit blijken lastig meetbaar te zijn in het veld. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de structuurvariatie van een landschapselement of de gewasdiversiteit van een gebied.

## Doelstellingen 2021

In overleg met BoerenNatuur is ervoor gekozen om dit jaar voornamelijk te onderzoeken of de inzet van remote sensing (beelden vanuit de ruimte) een uitkomst kan bieden met betrekking tot bovengenoemde knelpunten. Met behulp van remote sensing kan men immers in beginsel hoogfrequent een gedetailleerd en landsdekkend areaal monitoren.

De doelstellingen voor 2021 zijn als volgt:

1. Validatie remote sensing en habitatkwaliteit open grasland: vorig is jaar geconcludeerd dat het vaststellen van de actuele habitatkwaliteit voor de grutto/weidevogels met veldmetingen goed mogelijk is. Een belangrijk nadeel is echter dat het uitvoeren van metingen in het veld tijdrovend is en mede daardoor moeilijk frequent en op gebiedsniveau kan worden uitgevoerd. Daartoe zal dit jaar worden verkend wat de zeggingskracht is van gebiedsdekkende remote-sensing-gegevens met betrekking tot de habitatkwaliteit. Hierbij kunnen de volgende twee subdoelen worden onderscheiden:
  - o Inzicht in de relatie tussen remote-sensing-gegevens en aspecten die de habitatkwaliteit van een grasland voor weidevogels bepalen (o.a. kruidenrijkdom en structuurrijkdom).
  - o Inzicht in de relatie tussen remote-sensing-gegevens en het voorkomen van weidevogels.
2. Verkenning mogelijkheden remote sensing voor leefgebieden droge dooradering, natte dooradering en open akker: op het vlak van het leefgebied open grasland wordt dit jaar ingezet op de validatie van remote sensing (zie punt 1). Voor de overige leefgebieden wordt d.m.v. literatuuronderzoek ingezet op een *verkenning* van de mogelijkheden met betrekking tot het monitoren van de habitatkwaliteit middels remote sensing. De focus ligt daarbij op habitatkenmerken die sterk bepalend zijn voor de habitatkwaliteit, maar vanuit het veld lastig te meten zijn (denk aan de structuur van landschapselementen, gewasdiversiteit, structuurvariatie etc.).

## Methodiek

### *Remote sensing – habitatkwaliteit grasland*

In mei en juni 2021 zijn dertig graslandpercelen bezocht, gelegen in Noord-Holland. Op deze percelen zijn metingen verricht aan de soortensamenstelling en structuur van de vegetatie (hoogte en structuurvariatie). Voor deze percelen zijn vervolgens remote-sensing-gegevens ingewonnen zoals later in deze samenvatting beschreven. Vervolgens is een statische analyse uitgevoerd om te achterhalen wat de zeggingskracht is van remote-sensing-gegevens ten aanzien van de habitatkwaliteit.

### *Remote sensing – verspreiding weidevogels*

Informatie met betrekking tot de ruimtelijke verspreiding van weidevogels is verzameld door Sovon Vogelonderzoek Nederland. Daarbij is gebruikgemaakt van telgegevens uit 2018, 2019, 2020 en 2021, verzameld volgens het protocol van het Broedvogel Monitoring Project (Vergeer et al., 2016). Uitsluitend gebieden die integraal zijn geteld, zijn meegenomen in de analyse. De uiteindelijke dataset bevat verspreidingsgegevens van weidevogels (grutto, tureluur, Kievit, scholekster) voor 14.890 *grasland*percelen, gelegen in 247 verschillende weidevogelgebieden die veelal meerdere jaren zijn geteld. Aan ieder perceel is het maximaal aantal waargenomen nesten en weidevogelgezinnen per jaar, per soort gekoppeld. Aangezien de daadwerkelijke nesten en weidevogelkuikens vaak niet worden gezien tijdens de monitoring, is het waargenomen gedrag van de weidevogels gebruikt ter indicatie voor de aanwezigheid van nest of kuikens. Voor alle percelen in de dataset zijn remote-sensing-gegevens ingewonnen zoals beschreven in onderstaande alinea. Daarnaast is voor ieder perceel de gemiddelde waarde bepaald van een aantal abiotische kenmerken: landschappelijke openheid, drooglegging, bodemtype, hoogte van het perceel ten opzichte van de omgeving en de afstand ten opzichte van versturende elementen (apart voor bomen, bebouwing, autowegen, hoogspanningsmast, windmolen, wandel- & fietspad).



---

Middels een statische analyse (GLMM) is achterhaald wat het verband is tussen de verklarende variabelen (bestaand uit a) remote-sensing-markers en b) abiotische kenmerken van het landschap) en de afhankelijke variabelen, bestaande uit de waargenomen weidevogelnesten en -gezinnen per perceel per jaar. Binnen de analyse is gecorrigeerd voor jaar en bodemtype.

#### *Inwinnen remote-sensing-data*

Voor alle percelen die onderdeel uitmaken van dit onderzoek, zijn remote-sensing-gegevens ingewonnen; zowel van Sentinel 1 (optische satellietbeelden) als Sentinel 2 (radar satellietbeelden). De ruwe remote-sensing-data – die bestaan uit talloze waarden voor verschillende spectrale banden – laten zich moeilijk interpreteren. Daartoe zijn zogenoemde 'markers' ontwikkeld. Dit zijn indicatoren die worden afgeleid van de ruwe remote-sensing-data. Zo kan bijvoorbeeld worden berekend wat de verhouding is tussen bepaalde spectrale banden, waardoor men een beeld krijgt van de biomassa van het gewas, zoals wordt gedaan bij een van de bekendste remote-sensing-markers, de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Uiteindelijk zijn zo'n dertig verschillende remote-sensing-markers ingewonnen, die grofweg kunnen worden verdeeld in vier categorieën:

- RS-markers waarmee de gebruiksintensiteit van het perceel in beeld kan worden gebracht: hierbij wordt voornamelijk gekeken naar de temporele dynamiek. Dat wil zeggen: de mate waarin het signaal varieert door de tijd. Een hoge temporele dynamiek past bij een perceel waar veel verandert als gevolg van maaien, beweiding, groei (herstel) van het gewas en andere werkzaamheden. Een lage temporele dynamiek past bij percelen waar maar weinig verandert, bijvoorbeeld door een trage groei en extensief gebruik van het perceel;
- RS-markers die kijken naar de kleur van perceel;
- RS-markers die kijken naar de productie en biomassa;
- RS-markers waarmee in potentie vochtige en droge graslanden kunnen worden onderscheiden.

#### *Remote sensing – mogelijkheden voor leefgebieden droge dooradering, natte dooradering en open akker*

Middels literatuuronderzoek is verkend wat de mogelijkheden zijn voor het monitoren van de habitatkwaliteit middels remote sensing in de leefgebieden droge dooradering, natte dooradering en open akker. Daarbij is gefocust op habitatkenmerken die sterk bepalend zijn voor de habitatkwaliteit, maar vanuit het veld lastig te meten zijn (denk aan de structuur van landschapselementen, gewasdiversiteit etc.).

## **Resultaten**

#### *Remote sensing – habitatkwaliteit grasland*

De resultaten maken duidelijk dat voor elk van de gemeten factoren (gewashoogte, structuurvariatie, bodemvocht, soortensamenstelling vegetatie) steeds een andere combinatie van remote-sensing-markers goed scoort. Er lijkt dus geen allesomvattende remote-sensing-marker te bestaan. Wel valt op dat de marker 'sz\_mean\_ratioVH\_VV\_WE' goed scoort bij alle indicatoren die iets zeggen over de soortensamenstelling van de vegetatie, zoals de kruidenrijkdom, het aantal soorten grassen en kruiden en de shannon diversity index. Wat deze marker nu precies 'ziet' en waarom deze marker sterk gerelateerd is aan de soortensamenstelling van de vegetatie, laat zich evenwel moeilijk doorgronden. Vanuit de literatuur is bekend dat de marker gecorreleerd is aan tal van aspecten, waaronder de structuur en hoogte van de vegetatie. Het doorgronden van de relatie tussen deze marker en de soortensamenstelling van de vegetatie vereist verder onderzoek.

Daarnaast scoren verschillende remote-sensing-markers die kijken naar de fluctuatie in de biomassa door de tijd goed (ook wel 'temporele dynamiek'). Deze marker wordt berekend door voor een vaste tijdsperiode alle satellietbeelden te verzamelen. Per beeld wordt een indicatorwaarde berekend voor de biomassa (zoals NDVI). Vervolgens hebben we berekend hoeveel verandering optreedt m.b.t. de biomassa gedurende de gehele tijdsreeks, bijvoorbeeld als gevolg van maaien of hergroei. Ons onderzoek laat zien dat een sterke fluctuatie van de biomassawaarden past bij soortenarme, eenvormige vegetaties. Een geringe fluctuatie past bij soortenrijke, structuurrijke vegetaties.

Naast bovengenoemde relaties zijn er nog tal van andere markers geselecteerd die een significante relatie hebben met een of meerdere kenmerken van de vegetatie. Hiertoe behoren remote-sensing-markers die iets zeggen over de kleur, de biomassawaarde aan de start van het groeiseizoen en remote-sensing-markers die een indicator zijn van de mate van verandering door de tijd op vlak van een grote set aan spectrale banden.

---

Het daadwerkelijk doorgronden van alle verbanden vraagt om een uitbreiding van de dataset. De dataset is met dertig percelen immers relatief klein. Daarnaast dient een vervolganalyse te worden uitgevoerd waarin de marker 'S2REP\_april' wordt meegenomen. Deze marker kon binnen deze analyse niet worden meegenomen door een groot aantal ontbrekende waarden. Dit terwijl deze indicator juist naar boven komt drijven in de weidevogelanalyse (zie hieronder).

#### *Remote sensing – verspreiding weidevogels*

De weidevogelanalyse die in dit project is uitgevoerd, is op een aantal aspecten vernieuwend:

1. Opname remote-sensing-variabelen in combinatie met andere abiotische kenmerken (openheid landschap, afstand tot bomen, bodemtype etc.).
2. De omvang van de dataset: er is gebruikgemaakt van gegevens uit de periode 2018 t/m 2021 voor 247 verschillende weidevogelgebieden verspreid door Nederland. Daarmee zijn data beschikbaar voor 14890 percelen, die veelal meerdere jaren zijn geteld.
3. Aandacht voor vier weidevogelsoorten (grutto, tureluur, kievit, scholekster): een meerderheid van de eerder uitgevoerde grootschalige studies richt zich op één soort, meestal de grutto.
4. Onderscheid tussen weidevogelnesten enerzijds en weidevogelgezinnen anderzijds: andere onderzoeken naar de relaties tussen het voorkomen van weidevogels en abiotische condities/remote-sensing-beelden waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen weidevogelnesten en weidevogelgezinnen zijn ons niet bekend.

De resultaten zijn omvangrijk. Er zijn namelijk acht subanalyses uitgevoerd (vier verschillende weidevogelsoorten, tweemaal: weidevogelnesten en -gezinnen). Als men de resultaten als geheel in beschouwing neemt, valt op dat de regressiecoëfficiënten voor verschillende soorten – of het nou gaat om de nesten of de gezinnen – dezelfde richting op staan. Dat wil zeggen: een factor die van positieve of negatieve invloed is op het voorkomen van nesten/gezinnen, is dat voor alle combinaties van soort en nest/gezin. De verschillen tussen soorten en tussen nesten en gezinnen zitten dus in de grootte van het effect, niet in de richting. Dat maakt het makkelijker om weidevogelbeheer als geheel te benaderen.

De resultaten kunnen worden samengevat door de factoren te bespreken in volgorde van een grote impact (positief of negatief) naar een kleine impact (positief of negatief). Binnen het rapport wordt het effect van ruim twintig factoren getoond. In deze samenvatting worden uitsluitend de vier factoren met de grootste invloed benoemd. We voegen daar direct een praktijkadvies aan toe.

#### *1. Afstand bomen*

Hoe groter de afstand ten opzichte van bomen, hoe meer weidevogelnesten en -gezinnen. Vooral grutto en tureluur zijn gevoelig voor verstoring. Scholekster is minder gevoelig voor verstoring door bomen.  
*Advies voor beheer en inrichting: Positioneer beheer op een zo groot mogelijk afstand van bomen, voorkom uitgroei van solitaire bomen en kleine bosjes in het landschap, verwijder bomen waar mogelijk, met in achtneming van andere cultuurhistorische en ecologische waarden.*

#### *2. S2REP\_april*

De S2REP-waarde wordt bepaald door het chlorofyl- en stikstofgehalte in het blad. De waarde betreft de situatie in april, voor de start van het maaiseizoen (daardoor weinig 'ruis'). Een hoge waarde past bij hoogproductieve, groeizame percelen, waar de groei al vroeg op gang komt, veelal intensief gebruikt. Een lage waarde past bij extensief gebruikte percelen, waar de groei traag op gang komt. Alle soorten prefereren percelen met een lagere S2REP-waarde. Dat zijn de extensief gebruikte percelen. De resultaten maken duidelijk dat tijdens de kuikenfase nog sterker op extensievere percelen wordt geselecteerd dan tijdens de nestfase. In de kuikenfase gaan de soorten op zoek naar kruidenrijke graslanden met een open vegetatiestructuur. Dat zijn de meest extensief gebruikte percelen die door de tragere gewasgroei nog niet zijn dichtgegroeid en daardoor tot laat in het seizoen het geschiktst blijven voor foeragerende weidevogelkuikens.

*Advies voor beheer en inrichting: Werk aan verschraling van de graslanden indien deze hoogproductief zijn, dat komt ten goede aan alle weidevogelsoorten. Zorg voor een mozaïek van matig intensief gebruikte percelen die geschikt broedhabitat vormen en extensief gebruikte, kruidenrijke percelen die zowel geschikt broed- als kuikenhabitat vormen. Raadpleeg een S2REP-kaart voor de vorming van het mozaïekbeheer.*

3. Afstand hoogspanningsmast: Hoe groter de afstand ten opzichte van een hoogspanningsmast, hoe meer weidevogelnesten en -gezinnen. Scholekster is niet gevoelig voor verstoring door hoogspanningsmasten.  
*Advies voor beheer en inrichting: Positioneer beheer op een zo groot mogelijke afstand van hoogspanningsmasten; wees alert op plannen voor het plaatsen van hoogspanningsmasten in of in nabijheid van belangrijke weidevogelgebieden.*

- 
4. Drooglegging: Hoe groter de drooglegging (lage waterstand), hoe minder weidevogels.  
*Advies voor beheer en inrichting: Positioneer beheer op de natste delen van de polder. Beperk de drooglegging; werk aan vernatting. Vernatting heeft een sterk 'aantrekkelijk' effect.*

De lijst met factoren waarvoor significante resultaten zijn gevonden, is nog vele malen uitgebreider. Denk bijvoorbeeld aan de afstand ten opzichte van andere landschapselementen (autowegen, wandel- & fietspaden, bebouwing) of aan het belang van de hoogte van het perceel. Zie rapport.

*Waar kunnen de resultaten voor worden gebruikt?*

De verkregen ecologische inzichten sluiten goed aan op de wetenschappelijke literatuur en op bestaande praktijkervaringen. De kracht zit in het feit dat we hiermee goed in staat zijn om de habitatkwaliteit van een grasland voor weidevogels op basis van een combinatie van kaartbeelden geobjectiveerd in beeld te brengen. Daarin spelen de remote-sensing-markers een grote rol; zij brengen de daadwerkelijke, actuele kwaliteit in beeld, in tegenstelling tot bijvoorbeeld het gebruik van beheerkaarten, waarmee uitsluitend een bepaalde ambitie kan worden gepresenteerd. Indien de kaartbeelden op laagdrempelige wijze worden ontsloten richting de beheerpraktijk (bijvoorbeeld via een website, inclusief de benodigde uitleg bij ieder kaartbeeld), kunnen deze door agrarische collectieven en TBO's worden ingezet voor:

1. Monitoring van de habitatkwaliteit. Op basis van de kaartbeelden kan worden gemonitord of het gevoerde beheer op termijn leidt tot de gewenste habitatkwaliteit. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de monitoring van percelen waarop overgangsbeheer is afgesloten. Dit beheer heeft als doel de groeizaamheid van het gewas te beperken door verschrallingsbeheer toe te passen (wel maaien en afvoeren, niet tot nauwelijks bemesten). Op basis van remote-sensing-beelden kan door de jaren heen worden bekeken of daadwerkelijk een afremming van de gewasgroei optreedt.
2. Optimaliseren van het mozaïekbeheer. De positionering van de verschillende beheerpakketten kan worden afgestemd op de S2REP-kaart, die het mogelijk maakt om hoogproductieve percelen te onderscheiden van laagproductieve percelen. Laagproductieve percelen lenen zich voor uitgesteld maaibeheer: de vegetatie zal daar tot laat in het broedseizoen voldoende doorwaadbaar blijven voor weidevogelkuikens. Zeer hoogproductieve percelen lenen zich juist niet voor uitgesteld maaibeheer: daar groeit de vegetatie al vroeg in het seizoen dicht, waardoor foeragerende weidevogelkuikens moeilijk de vegetatie kunnen doorwaden.  
Om de habitatkwaliteit op korte termijn alsnog op te krikken, kan worden gekozen voor (voor)beweiding; daarmee wordt voorkomen dat de vegetatie al vroeg in het seizoen een gesloten structuur bereikt.
3. Positionering van het beheer. De resultaten van de analyses maken inzichtelijk wat de invloed van iedere factor is op het voorkomen van weidevogels. Het is echter ook mogelijk om de kaartlagen te stapelen, waardoor de geschiktheid van een locatie voor een bepaalde soort kan worden berekend op basis van alle factoren tezamen. Zo ontstaat een kaartbeeld waarmee geschikte locaties van ongeschikte locaties kunnen worden onderscheiden, hetgeen zeer bruikbaar is bij de positionering van zowel nieuw als bestaand beheer.
4. Per gebied kan inzichtelijk worden gemaakt wat de grootste knelpunten zijn ten aanzien van de habitatkwaliteit: is dat de aanwezigheid van versturende elementen? Een gebrek aan extensief, kruidenrijk grasland? Een te grote drooglegging?

*Remote sensing – mogelijkheden voor leefgebieden droge dooradering, natte dooradering en open akker*

Een verkenning van de literatuur met betrekking tot de mogelijkheden om remote sensing in te zetten voor de monitoring van de habitatkwaliteit in de leefgebieden droge dooradering, natte dooradering en open akker leert dat er tal van mogelijkheden zijn. Voor het leefgebied open akker lijkt een tweetal factoren eenvoudig te monitoren: de mate waarin sprake is van een ecologische val en de gewasstructuur. Voor beide aspecten zijn technieken en algoritmes nodig die reeds worden toegepast voor grasland. Beide factoren vormen daarmee 'laaghangend fruit'.

Voor het leefgebied droge dooradering kan op korte termijn worden ingezet op de herkenning van landschapselementen, waarvoor de werking van remote sensing reeds is aangetoond. Monitoring hiervan kan een belangrijke bijdrage leveren aan borging en daarmee beloning, bijvoorbeeld binnen de biodiversiteitsmonitor melkveehouderij en/of akkerbouw.

Voor het leefgebied natte dooradering zijn de mogelijkheden momenteel beperkt. Dat heeft voornamelijk te maken met de resolutie van beschikbare remote sensing beelden; die zijn veelal te grof voor het monitoren

---

van zeer smalle wateren zoals sloten en greppels. Toch zijn enige toepassingen wel interessant, zoals het voorkomen van krabbenscheer in sloten.

## Conclusies

Dit onderzoek geeft specifiek aandacht aan het vaststellen van de habitatkwaliteit voor doelsoorten van het agrarisch natuurbeheer. Gerichtte aandacht voor de feitelijke ontwikkeling van de habitatkwaliteit is tot dusverre een blinde vlek in het agrarisch natuurbeheer. Inzicht hierin is noodzakelijk om tot een effectiever agrarisch natuurbeheer te komen.

Wat betreft de validatie van de relatie tussen remote-sensing-data enerzijds en vegetatiekenmerken die medebepalend zijn voor habitatkwaliteit anderzijds, blijkt uit de analyses dat er een groot aantal remote-sensing-markers is dat als relevant wordt geselecteerd. Alles dekkende markers lijken niet te bestaan, maar de remote-sensing-marker 'sz\_mean\_ratioVH\_VV\_WE' blijkt sterk samen te hangen met alle indicatoren die betrekking hebben op soortensamenstelling van de vegetatie (aantal soorten, kruidenrijkdom etc.). Deze marker is daarmee waardevol als element in de bepaling van de habitatkwaliteit, alhoewel vervolgonderzoek nodig is om het verband te doorgronden. De inzichten zouden aanzienlijk kunnen worden verrijkt bij beschikbaarheid van een grotere dataset.

Aan de hand van een zeer uitgebreide weidevogelanalyse is de relatie onderzocht tussen remote-sensing-markers en abiotische kenmerken enerzijds en het voorkomen van vier soorten weidevogels (grutto, tureluur, kievit, scholekster) anderzijds.

De verkregen ecologische inzichten sluiten aan op de wetenschappelijke literatuur en op bestaande praktijkervaringen. Zo blijken de afstand tot bomen, de intensiteit waarmee het grasland wordt gebruikt (remote-sensing-marker S2REP), de drooglegging en de afstand tot versturende elementen zoals hoogspanningsmasten een grote invloed te hebben op de ruimtelijke verspreiding van weidevogels. De resultaten maken de invloed van een bredere set van twintig factoren inzichtelijk.

De kracht zit in het feit dat we op basis van de ontwikkelde kaartbeelden goed in staat zijn om de habitatkwaliteit van een grasland voor weidevogels geobjectiveerd in beeld te brengen. Indien deze kaartbeelden worden ontsloten richting de praktijk (bijvoorbeeld via een website) komt een krachtig hulpmiddel ter beschikking voor het optimaliseren van beheer en inrichting van weidevogelgebieden. Zo kan nieuw beheer worden gepositioneerd op voor weidevogels geschikte locaties, kan mozaïekbeheer worden afgestemd op het productieniveau van percelen, kan de effectiviteit van verschraling door de jaren heen worden gemonitord op basis van productiviteitskaarten en kan per gebied inzichtelijk worden gemaakt wat de grootste verbeteropgaven zijn.

Voor de leefgebiedtypen droge dooradering en open akker laat literatuuronderzoek zien dat gebruik van remote-sensing-data veel kan bijdragen aan inzicht in de habitatkwaliteit. Het betreft informatie die bijdraagt aan het signaleren van zogenaamde ecologische vallen, informatie over de structuur van de vegetatie en de aanwezigheid van landschapselementen. Deze informatie vormt als het ware het laaghangend fruit die op korte termijn zou kunnen worden geoperationaliseerd en kan worden gedeeld met de collectieven.

Voor habitatkwaliteitsbepaling van het leefgebiedtype natte dooradering laat gebruik van remote-sensing-beelden voorlopig nog weinig perspectief zien. De resolutie hiervan is voor sloten en andere kleine wateren nog te gering.



---

# 1 Inleiding

De biodiversiteit in het landelijk gebied staat onder druk. Op verschillende fronten wordt gewerkt aan het hertstel van deze biodiversiteit, onder andere middels agrarisch natuurbeheer. In 2016 is een nieuw stelsel ingevoerd: het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb). Het subsidiestelsel richt zich op de instandhouding van 68 'doelsoorten'. Voor deze soorten heeft Nederland op grond van de Vogel- en Habitatrichtlijn een internationale verplichting om de 'Staat van instandhouding' te verbeteren of te behouden. De set van 68 doelsoorten bestaat zowel uit amfibieën, vissen, insecten en vogels als uit zoogdieren. Voor alle soorten geldt dat zij (sterk) gebonden zijn aan het agrarisch gebied. Denk hierbij aan soorten als de grutto, de hamster en de veldleeuwerik.

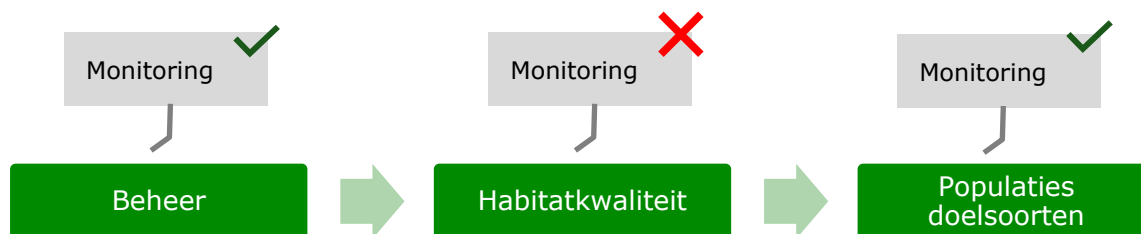
Het ANLb bestaat uit een breed palet van beheerpakketten die kunnen worden ingezet om een geschikte leefomgeving voor de doelsoorten te bewerkstelligen. De agrariër ontvangt vervolgens financiële compensatie voor het uitvoeren van de bijbehorende beheermaatregelen/beperkingen. De coördinatie van het geheel gebeurt op gebiedsniveau binnen zogenoemde agrarische collectieven (in totaal veertig stuks), waarbij lokale agrariërs en vrijwilligers zich kunnen aanmelden. Het collectief heeft een brede set aan organisatorische, communicatieve en administratieve taken. Daarnaast draagt het collectief de verantwoordelijkheid voor het maximaliseren van het ecologische effect van het gevoerde beheer. Daartoe dienen allerlei beslissingen te worden genomen: op welke doelsoorten zetten we in? Welke beheerpakketten kiezen we? Is daar wel draagvlak voor? Waar moeten de maatregelen worden gepositioneerd? Hoe zorgen we voor voldoende ruimtelijke samenhang?

Gezien de brede set aan doelsoorten – met uiteenlopende habitateisen – vormt het beantwoorden van deze vragen een behoorlijke uitdaging.

De complexiteit van de uitdaging vraagt om adequate monitoring, zodat de effectiviteit van het stelsel tijdig aan het licht komt en verbeteringen kunnen worden doorgevoerd.

De monitoring van het agrarisch natuurbeheer richt zich tot dusver met name op het in beeld brengen van de abundantie (aantallen) van de doelsoorten: een essentieel onderdeel om op de lange termijn uitspraken te kunnen doen over de effectiviteit van het agrarisch natuurbeheer. Voor de meeste doelsoorten is de afgelopen jaren flink gewerkt aan het standaardiseren en professionaliseren van de zogenoemde 'beheermonitoring', de monitoring die door de collectieven zelf wordt uitgevoerd. Daarnaast wordt de zogenoemde 'beleidsmonitoring' uitgevoerd, waarbij landelijk een gestandaardiseerde methode wordt gehanteerd om zodoende uitspraken te kunnen doen over de trends van de doelsoorten. Daarnaast wordt door de meeste collectieven systematisch bijgehouden hoe het areaal aan verschillende beheerpakketten zich ontwikkelt.

De stap die tussen het beheer en de populaties van de doelsoorten inzit – de habitatkwaliteit – (zie onderstaande figuur) wordt momenteel *niet* systematisch gemonitord. Dit terwijl de habitatkwaliteit het directste resultaat is van het gevoerde beheer en een belangrijke bepalende factor vormt voor de trends van de doelsoorten. De les uit het recente verleden is dat het noodzakelijk is goed in de peiling te krijgen of de inspanningen ten aanzien van inrichting en beheer daadwerkelijk tot de gewenste habitatkwaliteit leiden. Dit kwam onder andere aan het licht in het recentelijk uitgevoerde onderzoek naar het effect van greppel-plasdraspercelen op de overleving van kievitkuikens (Melman et al., 2020). De habitatkwaliteit op de plasdraspercelen bleek in veel gevallen nog niet op orde te zijn. Een positief effect van greppel-plasdraspercelen op de overleving van kievitkuikens werd niet vastgesteld. Deze resultaten hebben geleid tot enkele aanbevelingen met betrekking tot het beheer, met de focus op het verbeteren van de habitatkwaliteit.



Het doel van voorliggend project is om te verkennen of het mogelijk is om een systematiek te ontwikkelen waarmee de habitatkwiteit op eenvoudige wijze kan worden gemeten (vanuit het veld of vanuit de ruimte). Het achterliggende doel van het overkoepelende project bestaat uit:

- Beter zicht op de relatie tussen het gevoerde beheer en het resultaat in termen van de habitatkwiteit, zodat verbeterpunten ten aanzien van het gevoerde beheer eerder aan het licht komen;
- Meer inzicht in de habitatkwiteit op gebiedsniveau, zodat de ruimtelijke samenhang van het gevoerde beheer kan worden geoptimaliseerd;
- Kennisontsluiting met betrekking tot de bepalende habitatfactoren voor de verschillende doelsoorten.

In 2019 is een begin gemaakt met de ontwikkeling van de systematiek (Visser et al., 2020). Daarbij is gekozen voor zogenaamde 'gidssoorten': soorten die tot op zekere hoogte symbool staan voor een bepaald leefgebiedtype (open grasland, open akker, droge dooradering, natte dooradering) of/en een aantal soorten met vergelijkbare habitateisen. Voor elk van deze gidssoorten zijn de belangrijkste habitateisen in beeld gebracht en is beschreven hoe deze habitateisen kunnen worden gemeten (combinatie van veldwerk en GIS-analyses).

In 2020 is voor vier doelsoorten (grutto, ringmus, veldleeuwerik en grote modderkruiper) een praktijkhandleiding ontwikkeld, die vervolgens is getest in het veld door vrijwilligers en experts. Daarbij is een uiteenlopende set van habitatkenmerken op gestandaardiseerde wijze gemeten.

Uit de evaluatie bleek dat de methodiek goed toepasbaar is en het benodigde kennisniveau voor het uitvoeren van de metingen relatief laag is. De resultaten van de metingen komen op hoofdlijnen goed overeen met het beeld van betrokken deskundigen en vrijwilligers.

Daarnaast is een aantal knelpunten geïdentificeerd. De twee belangrijkste knelpunten zijn de volgende:

1. Meten van de habitatkwiteit kan tijdrovend zijn. Dit is vooral een probleem voor soorten waarvoor je de habitatkwiteit op gebiedsniveau wil weten, omdat de soort in kwestie op deze ruimtelijke schaal opereert. Om een betrouwbaar beeld van de habitatkwiteit op gebiedsniveau te verkrijgen, is een behoorlijke steekproef nodig, en dat komt de haalbaarheid niet ten goede.
2. Sommige factoren die relevant zijn voor de habitatkwiteit blijken lastig meetbaar te zijn in het veld. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de structuurvariatie van een landschapselement of de gewasdiversiteit van een gebied.

In overleg met BoerenNatuur is ervoor gekozen om dit jaar voornamelijk te onderzoeken of de inzet van remote sensing (beelden vanuit de ruimte) een uitkomst kunnen bieden met betrekking tot bovengenoemde knelpunten. Met behulp van remote sensing kan men immers in theorie een groot areaal monitoren.

De doelstellingen voor 2021 zijn als volgt:

1. Validatie remote sensing en habitatkwiteit open grasland: vorig is jaar geconcludeerd dat het vaststellen van de actuele habitatkwiteit voor de grutto/weidevogels met veldmetingen goed mogelijk is. Een belangrijk nadeel is echter dat het uitvoeren van metingen in het veld tijdrovend is en mede daardoor moeilijk frequent en op gebiedsniveau kan worden uitgevoerd. Daartoe zal dit jaar worden verkend wat de zeggingskracht is van gebiedsdekkende remote-sensing-gegevens met betrekking tot de habitatkwiteit. Hierbij kunnen de volgende twee subdoelen worden onderscheiden:
  - Inzicht in de relatie tussen remote-sensing-gegevens en aspecten die de habitatkwiteit van een grasland voor weidevogels bepalen (o.a. kruidenrijkdom en structuurrijkdom).
  - Inzicht in de relatie tussen remote-sensing-gegevens en het voorkomen van weidevogels.
2. Verkenning mogelijkheden remote sensing voor leefgebieden droge dooradering, natte dooradering en open akker: op het leefgebied open grasland wordt dit jaar ingezet op de validatie van remote sensing

---

(zie punt 1). Voor de overige leefgebieden wordt d.m.v. literatuuronderzoek ingezet op een *verkenning* van de mogelijkheden met betrekking tot het monitoren van de habitatkwaliteit middels remote sensing. De focus ligt daarbij op habitatkenmerken die sterk bepalend zijn voor de habitatkwaliteit, maar vanuit het veld lastig te meten zijn (denk aan de structuur van landschapselementen, gewasdiversiteit, structuurvariatie etc.).

---

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Validatie remote sensing en habitatkwaliteit open grasland

Het onderzoek naar de relatie tussen remote sensing en de habitatkwaliteit van open grasland is opgesplitst in twee onderdelen:

1. Allereerst is onderzocht welke remote-sensing-variabelen de meeste zeggingskracht hebben over aspecten die de habitatkwaliteit van het grasland voor weidevogels bepalen. Denk hierbij aan de bodemvochtigheid en de kruiden- en structuurrijkdom van de vegetatie.  
(M.a.w.: welke remote-sensing-variabelen kunnen het best worden gebruikt om een indruk te krijgen van de habitatkwaliteit van een grasland voor weidevogels?)
2. Het tweede onderzoek richt zich op de vraag welke relatie er bestaat tussen remote-sensing-gegevens en het voorkomen van weidevogelnesten en weidevogelgezinnen.  
(M.a.w.: is er daadwerkelijk een verband tussen remote-sensing-gegevens en het voorkomen van weidevogelnesten en -gezinnen? Zo ja, waar kunnen de inzichten voor worden gebruikt?)

#### 2.1.1 Habitatkwaliteit grasland – beschrijving veldwerk en analyse

##### **Selectie percelen**

Op voorhand zijn gebieden geselecteerd waar op basis van veldkennis grote verschillen mogen worden verwacht wat betreft de habitatkwaliteit voor weidevogels (contrasten tussen: gesloten-open vegetatie, structuurrijk-structuurarm, kruidenrijk-kruidenarm etc.). In het veld zijn vervolgens in ieder gebied 5 à 6 percelen bezocht die bovengenoemde gradiënten afdekken. Uiteindelijk zijn dertig percelen bezocht in weidevogelgebieden in Noord-Holland (zie Bijlage 1).

##### **Timing**

Alle percelen zijn bezocht tussen 18 mei en 27 juni 2021. Er is gekozen voor deze periode omdat a) grassen en kruiden rond dit tijdstip min of meer volgroeid zijn, wat het maken van een vegetatieopname vereenvoudigt en b) dit een periode is waarin de aanwezigheid van voldoende geschikte habitat voor weidevogels cruciaal is.

##### **Metten van factoren die habitatkwaliteit beïnvloeden**

###### *Soortensamenstelling vegetatie*

Vegetatieopnames zijn gemaakt binnen één representatief telvlak van 5 bij 5 m per perceel. De abundantie van grassen en kruiden is genoteerd middels de Braun Blanquet-methodiek (Westhoff & van der Maarel, 1978). Alle telvlakken waren ten minste op 5 m afstand van de slootkant gepositioneerd.

De resultaten van de vegetatieopnames zijn op de volgende manieren doorvertaald naar indicatoren die iets zeggen over de ecologische en agrarische kwaliteit van het grasland:

- Q-waarde: Voor alle opnames is de Q-waarde berekend volgens de methodiek Van 't Veer (2020). Deze methodiek resulteert in een score voor iedere vegetatieopname tussen de 1 en 9. Daarbij duidt een score dicht bij 1 op een zeer soortenarm intensief gebruikt grasland. Hogere scores horen bij extensief gebruikte soortenrijke graslanden (zie Bijlage 2 voor rekenvoorbeelden van deze methodiek & verdere onderbouwing).

De methodiek van Van 't Veer bouwt voor op de veldgids van Schippers et al. (2015), een veelgebruikte methodiek waarin graslanden worden ingedeeld in een zestal graslandfasen, van intensief gebruikt grasland tot zeer extensief gebruikte graslanden. Het voordeel van de Q-waarde ten opzichte van de methodiek van Schippers is tweeledig:

1. De Q-waarde kan worden berekend op basis van de soortensamenstelling van de vegetatie en de abundantie waarmee de soorten voorkomen. De methodiek is daardoor minder gevoelig voor interpretatiefouten dan de methodiek van Schippers et al. (2015). Immers, binnen de methodiek van



---

Schippers worden graslanden geclassificeerd op basis van beschrijvende kenmerken en richtgetallen. Dat maakt de systematiek toegankelijk en zeer bruikbaar in het veld, maar kwetsbaar voor interpretatiefouten.

2. De Q-waarde is een continue schaal, de classificatie van Schippers niet. Voor het verkrijgen van een indruk van de kruidenrijkdom en gebruik in de praktijk is de geclassificeerde indeling van Schippers geen probleem. Voor wetenschappelijk onderzoek vormt dit wel een probleem, omdat graslanden die in werkelijkheid tussen twee vegetatiefasen in zitten kunstmatig aan een van beide moeten worden toebedeeld.
- Rijkdom: Het totale aantal verschillende soorten grassen en kruiden dat is aangetroffen in de vegetatieopname. Een objectieve en eenduidige maat voor biodiversiteitswaarde van het grasland.
  - Shannon diversity  $H'$ : Een maat voor biodiversiteit waarbij niet alleen wordt gekeken naar het aantal soorten dat voorkomt, maar ook naar de onderlinge verhoudingen waarmee de soorten voorkomen. Hoe hoger de score, hoe soortenrijker en gevarieerder het grasland is. Een lage score wijst op een soortenarme vegetatie die wordt gedomineerd door één of enkele soorten. Voor de berekening is gebruikgemaakt van de aangepaste Shannon diversiteitsindex (Jost, 2006).
  - Voederwaarde (KV-getal): Indicatie van de voederwaarde van het gras voor de melkveehouderij op basis van de waarderingsgetallen van Kruijne & de Vries (1964). Een laag getal (1-3) wijst op hooi/kuilgras met een lage voederwaarde. Een hoge waarde (7-9) wijst op een hoge voederwaarde (Van 't Veer, 2020). Zie Bijlage 2 voor een toelichting op de berekening.
  - Dekking grassen & kruiden: De grassen- en kruidenindex geven weer welk aandeel van vegetatie bestaat uit grassen- en kruiden (zie Bijlage 2 voor een toelichting op de berekening).

#### *Bodemvochtigheid*

De bodemvochtigheid kan moeilijk worden vastgesteld op basis van metingen in het veld, aangezien de metingen sterk worden beïnvloed door het weer. Percelen zouden met grote regelmaat moeten worden bezocht om een betrouwbaar beeld te krijgen van de bodemvochtigheid.

Om deze reden is ervoor gekozen om de bodemvochtigheid af te leiden uit de samenstelling van de vegetatie. Dit is gedaan door binnen Turboveg de Ellenbergwaarde voor bodemvochtigheid te berekenen (Ellenberg et al., 1992). Verschillende studies hebben aangetoond dat de gemiddelde Ellenbergwaarde op het vlak van bodemvochtigheid een zeer sterke indicator is van de daadwerkelijke bodemvochtigheid in het veld (Schaffers & Sýkora, 2000). Hierbij is gebruikgemaakt van de ongewogen indicatorwaarde (dat wil zeggen: niet gecorrigeerd voor de abundantie waarmee de soorten voorkomen). Hiervoor is gekozen, omdat de soorten met de grootste zeggingskracht (bijvoorbeeld specialisten van natte omstandigheden) veelal niet de soorten zijn die de vegetatie domineren. Door niet te corrigeren voor abundantie blijft de zeggingskracht van deze soorten behouden in de eindscore (Besnard et al., 2015).

#### *Hoogte vegetatie*

De hoogte van de vegetatie is gemeten met een gewashoogtemeter. De gewashoogtemeter is een eenvoudig te hanteren instrument, bestaande uit een stok met hoogtemarkeringen en een schijf van piepschuim met een diameter van 21 cm die deze stok omsluit (zie Figuur 1). Metingen zijn uitgevoerd door vanaf een vaste hoogte (1 m) de schijf te laten zakken om vervolgens de hoogte te noteren waarop de schijf wordt opgevangen door de vegetatie. De metingen zijn om de meter uitgevoerd, langs een transect van 30 m dat in de breedterichting van het perceel loopt.

#### *Ruimtelijke structuurvariatie*

De ruimtelijke structuurvariatie is berekend door de standaarddeviatie te nemen van alle metingen langs het transect zoals beschreven bij 'hoogte vegetatie'. Een hoge standaarddeviatie gaat gepaard met een grote variatie aan hoge en lage vegetatie en staat dus gelijk aan een vegetatie met een grote structuurvariatie. Een lage standaarddeviatie gaat gepaard met een beperkte variatie aan hoogtes van de vegetatie en indiceert dus een vegetatie met een kleine structuurvariatie.



**Figuur 1** Gewashoogtemeter in het veld. De hoogte waarop de schijf wordt opgevangen door de vegetatie wordt genoteerd.

### Remote sensing gegevens inwinnen

Voor ieder bezocht perceel zijn remote-sensing-gegevens verzameld volgens de methodiek zoals beschreven in paragraaf 2.1.3.

### Statistische analyse

Binnen de statistische analyse is onderzocht wat de relatie is tussen kenmerken van de vegetatie en remote-sensing-markers zoals beschreven in paragraaf 2.1.3. De dataset heeft een kleine omvang (dertig percelen), met negen indicatoren voor de habitatkwaliteit (zie Tabel 1) en achttien remote-sensing-variabelen (zie Tabel 2).

De Grassenindex en Kruidenindex zijn percentages en deze zijn gemodelleerd middels logistische regressie met quasi binomiale verdeling. Dat zorgt ervoor dat waarnemingen dicht in de buurt van de 0 en 100% een lagere variantie hebben dan waarnemingen in de buurt van de 50% én dat alle voorspellingen van het model binnen de (0,100) procent blijven. Voor de andere responsvariabelen is een regressie met normale verdeling of regressie met de quasi Poissonverdeling en log-link gebruikt. De eerste kijkt naar additieve effecten, de tweede naar multiplicatieve effecten. Voor beide modellen (normaal, quasi Poisson) waren de residuenplaatjes bevredigend. Multiplicatieve effecten lijken vanuit ecologisch oogpunt logischer en daarom is gekozen voor een analyse met de quasi-Poissonverdeling.

Correlaties tussen de verklarende variabelen zijn gegeven in Tabel 3. Selectie van variabelen wordt 'bemoeilijkt' door de soms zeer hoge correlaties. Tevens is er een discrepantie tussen het aantal waarnemingen (dertig) en het aantal van achttien verklarende variabelen. Elke automatische methode voor selectie van variabelen heeft, bij een dergelijke onbalans, een grote kans op het vinden van toevallige relaties. Om deze reden is een 'all-possible-subset'-selectie toegepast zonder twee verklarende variabelen met ontbrekende waarnemingen (10m\_NDVI\_std\_vjaar en eind\_m1). Daarbij is het beste model met maximale quasi R<sup>2</sup>-adjusted geselecteerd waarvoor alle verklarende variabelen significant zijn bij 1%.

**Tabel 1** Kengetallen voor afhankelijke variabelen die gezamenlijk een beeld geven van de habitatkwaliteit van de vegetatie.

Kenmerken vegetatie	Verdeling	Nobs	Mean	Sd	Minm	Max
Gewashoogte	qPois	24	26.42	10.81	6.00	45.00
Structuurrijkdom	qPois	22	4.69	1.47	2.38	9.20
Vochtongewogen	qPois	30	6.38	0.43	5.55	7.36
Q-waarde	qPois	30	2.49	0.71	1.47	4.66
Rijkdom	qPois	30	11.12	3.69	5.00	20.00
ShannonH	qPois	30	5.70	1.82	2.92	8.94
Grassenindex	qBinomial	30	80.98	16.81	27.27	100.00
Kruidenindex	qBinomial	30	15.82	17.08	0.00	72.73
KVgetal	qPois	30	6.20	1.36	2.52	8.39

**Tabel 2** Kengetallen voor verklarende variabelen: remote-sensing-markers zoals beschreven in paragraaf 2.1.3.

Remote sensing Markers	Nr	Nobs	Mean	Sd	Min	Max
jr_mean_WDVI_10m	1	30	0.425	0.026	0.380	0.486
jr_std_WDVI_10m	2	30	0.101	0.033	0.056	0.151
sz_mean_NDVI_25m	3	30	0.776	0.095	0.581	0.884
sz_mean_WDVI_10m	4	30	0.454	0.039	0.379	0.531
sz_std_WDVI_10m	5	30	0.094	0.059	0.011	0.185
%10m_NDVI_vjaar	6	30	0.774	0.059	0.608	0.872
%10m_NDVI_std_vjaar	7	29	0.025	0.015	0.010	0.079
sz_mean_ratio_VH_VV_WE	8	30	-5.912	0.562	-7.337	-5.097
sz_std_dVVdB_CE_WE	9	30	1.652	0.423	0.993	2.729
no_maai	10	30	1.333	0.606	0.000	3.000
cum_NDVI	11	30	1.258	0.249	0.800	1.820
eind_m1	12	29	180.621	27.920	157.000	250.000
%25m_NDVI_vjaar	13	30	0.779	0.059	0.620	0.860
S2REP_mar	14	30	0.505	0.064	0.359	0.603
jr_MASD_10_20m	15	30	0.425	0.026	0.380	0.486
sz_MASD_10_20m	16	30	0.101	0.033	0.056	0.151
sz_mean_ratio_Red_Green	17	30	0.776	0.095	0.581	0.884
sz_mean_HUE	18	30	0.454	0.039	0.379	0.531

**Tabel 3** Correlaties tussen remote sensing markers. Absolute correlaties groter dan 0.5/08 in geel/oranje. De nummering van de verklarende variabelen is gegeven in Tabel 2.

1	1																		
2	-0.46	1																	
3	0.39	-0.72	1																
4	0.77	-0.53	0.68	1															
5	-0.37	0.85	-0.84	-0.63	1														
6	0.12	0.05	-0.32	-0.13	0.34	1													
7	-0.10	-0.17	0.10	-0.03	-0.06	-0.19	1												
8	0.12	0.20	-0.37	-0.13	0.33	0.66	-0.47	1											
9	0.20	-0.06	-0.16	-0.11	-0.01	0.15	-0.44	0.50	1										
10	-0.28	0.50	-0.35	-0.34	0.41	0.24	-0.05	0.27	0.04	1									
11	-0.24	0.75	-0.70	-0.54	0.77	0.24	-0.03	0.37	0.11	0.70	1								
12	0.21	-0.45	0.71	0.53	-0.67	-0.35	0.08	-0.52	-0.18	-0.50	-0.76	1							
13	0.18	0.03	-0.28	-0.05	0.31	0.97	-0.18	0.63	0.06	0.20	0.21	-0.32	1						
14	-0.03	0.29	-0.52	-0.39	0.50	0.86	-0.32	0.74	0.26	0.30	0.46	-0.50	0.82	1					
15	-0.33	0.69	-0.85	-0.54	0.67	0.14	-0.35	0.40	0.28	0.33	0.58	-0.58	0.11	0.36	1				
16	-0.33	0.65	-0.86	-0.58	0.75	0.24	-0.27	0.40	0.27	0.28	0.56	-0.63	0.21	0.39	0.95	1			
17	-0.31	-0.25	0.19	-0.10	-0.43	-0.73	0.16	-0.57	0.05	-0.12	-0.24	0.27	-0.78	-0.64	-0.05	-0.12	1		
18	0.16	0.41	-0.46	-0.07	0.62	0.72	-0.15	0.60	-0.03	0.15	0.39	-0.41	0.76	0.71	0.30	0.42	-0.87	1	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

### **Inwinnen verspreidingsgegevens weidevogels**

De weidevogelgegevens zijn verzameld door Sovon Vogelonderzoek Nederland. Er is gebruikgemaakt van gegevens uit de broedvogelmonitoring van 2018, 2019, 2020 en 2021. Allereerst zijn telgebieden geselecteerd die in deze periode een of meerdere jaren integraal zijn geteld middels de BMP-methodiek (zie Bijlage 5 voor ligging telgebieden; Vergeer et al., 2016). Gebieden met minder dan tien waarnemingen van weidevogels per jaar (som van grutto, kievit, scholekster, tureluur) zijn daarbij niet meegenomen. Voor de overgebleven gebieden zijn de weidevogelstippen van de losse telrondes verzameld.

### **Selectie percelen**

De analyse wordt uitgevoerd op het ruimtelijke niveau van percelen. Voor de begrenzing van de percelen is gebruikgemaakt van de BRP-bestanden (Basis Registratie Percelen) van het betreffende jaar. Deze bestanden bevatten de begrenzing van percelen en informatie met betrekking tot het agrarisch gebruik.

De volgende percelen zijn verwijderd uit de dataset:

- Percelen kleiner dan 0,3 ha → inzamelen van remote sensing gegevens voor zeer kleine percelen is niet mogelijk.
- Percelen groter dan 10 ha → dergelijke percelen wijken meestal sterk af van agrarisch gebruikte percelen. Denk bijvoorbeeld aan graslanden nabij kwelders/rivier.
- Bouwland & tijdelijk grasland → beide categorieën zijn uit de dataset verwijderd, omdat de wijze waarop remote-sensing-variabelen voor de percelen tot uiting komen sterk afwijken van blijvend grasland. Bovendien was het totale areaal van beide type percelen binnen de geselecteerde telgebieden beperkt.

### **Selectie gebieden**

Uitsluitend combinaties van gebied & jaar met meer dan vijf nesten (per soort & per jaar bepaald) zijn meegenomen in de analyse.

### **Onderscheid nesten en gezinnen**

Aan ieder perceel is het maximumaantal waargenomen nesten en weidevogelgezinnen per jaar, per soort gekoppeld. Aangezien de daadwerkelijke nesten en weidevogelkuikens vaak niet worden gezien tijdens de monitoring, is het gedrag van de broedvogels gebruikt ter indicatie voor de aanwezigheid van een nest of kuikens. Om onderscheid te maken tussen nesten en weidevogelgezinnen is gefilterd op de volgende broedcodes:

- Broedcodes die (selectie van) nestlocaties indiceren; 3: paar in geschikt broedbiotoop, 5: baltsend paar in broedbiotoop, 6: bezoek van een vogel aan een waarschijnlijke nestplaats, 9: transport van nestmateriaal, 13: gebruik nest met onbekende inhoud, 15: nest met eieren, 16: nest met jongen;
- Broedcodes voor weidevogelgezinnen; 7: alarmeren/angstkreten of ander gedrag dat wijst op aanwezigheid van jongen, 12: pas uitgevlogen donsjongen van nestvlinders.

### **Koppelen remote-sensing-gegevens**

Voor ieder perceel zijn remote-sensing-gegevens verzameld per perceel, per jaar, volgens de methodiek zoals beschreven in paragraaf 2.1.3.

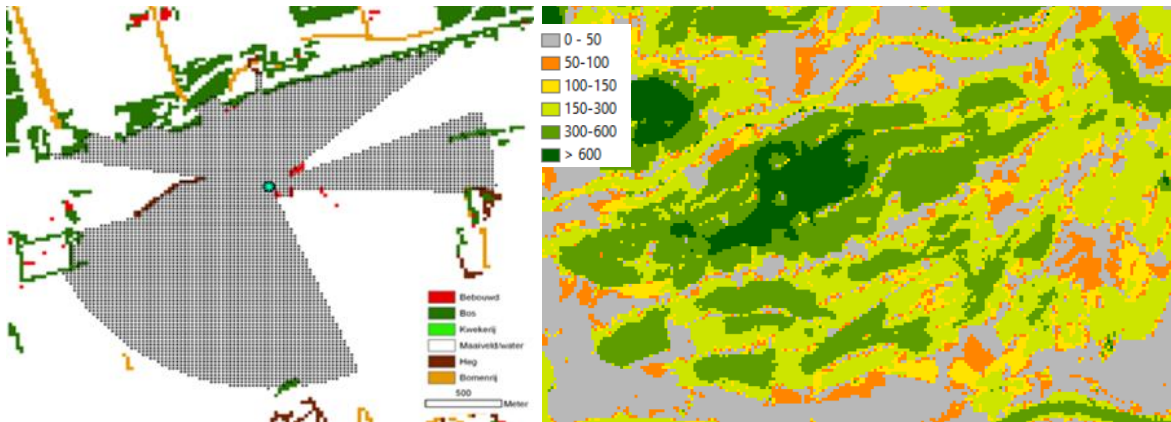
### **Koppelen overige abiotische variabelen:**

Per perceel zijn de gemiddelde waarden op vlak van een aantal abiotische variabelen berekend. Hieronder volgt een opsomming van de variabelen en de wijze waarop de kaartbeelden tot stand zijn gekomen (zie Bijlage 4 voor alle kaartbeelden op nationale schaal).

#### Openheid landschap

Voor het berekenen van de landschappelijke openheid is gebruikgemaakt van het viewscape model (Meeuwsen & Jochem, 2011). In dit model worden opgaande structuren zoals bomenrijen en bebouwing beschouwd als ondoorzichtige elementen. Het model rekent voor 4,5 miljoen locaties in Nederland uit wat de zichtafstand is. Dit wordt gedaan door vanaf de locatie in kwestie zichtlijnen te trekken in alle richtingen (360 graden) (zie onderstaande Figuur 2 links).

De lengte van de zichtlijn is afhankelijk van de aanwezigheid van opgaande structuren. Daar waar opgaande structuren afwezig zijn, is de zichtlijn lang. Daar waar opgaande structuren aanwezig zijn, is de zichtlijn korter. De openheid van de locatie kan uiteindelijk worden bepaald door de gemiddelde lengte van de zichtlijnen in alle richtingen te nemen. Deze aanpak resulteert in een kaartbeeld waarop voor iedere cel van 25 bij 25 m de openheid kan worden afgelezen (zie Figuur 2 rechts).



**Figuur 2** Links: berekening openheid vanuit 1 vast punt. Grijze arcering toont de lengte van de zichtlijnen. Rechts: voorbeeld van uitkomst model voor Alblasserwaard.

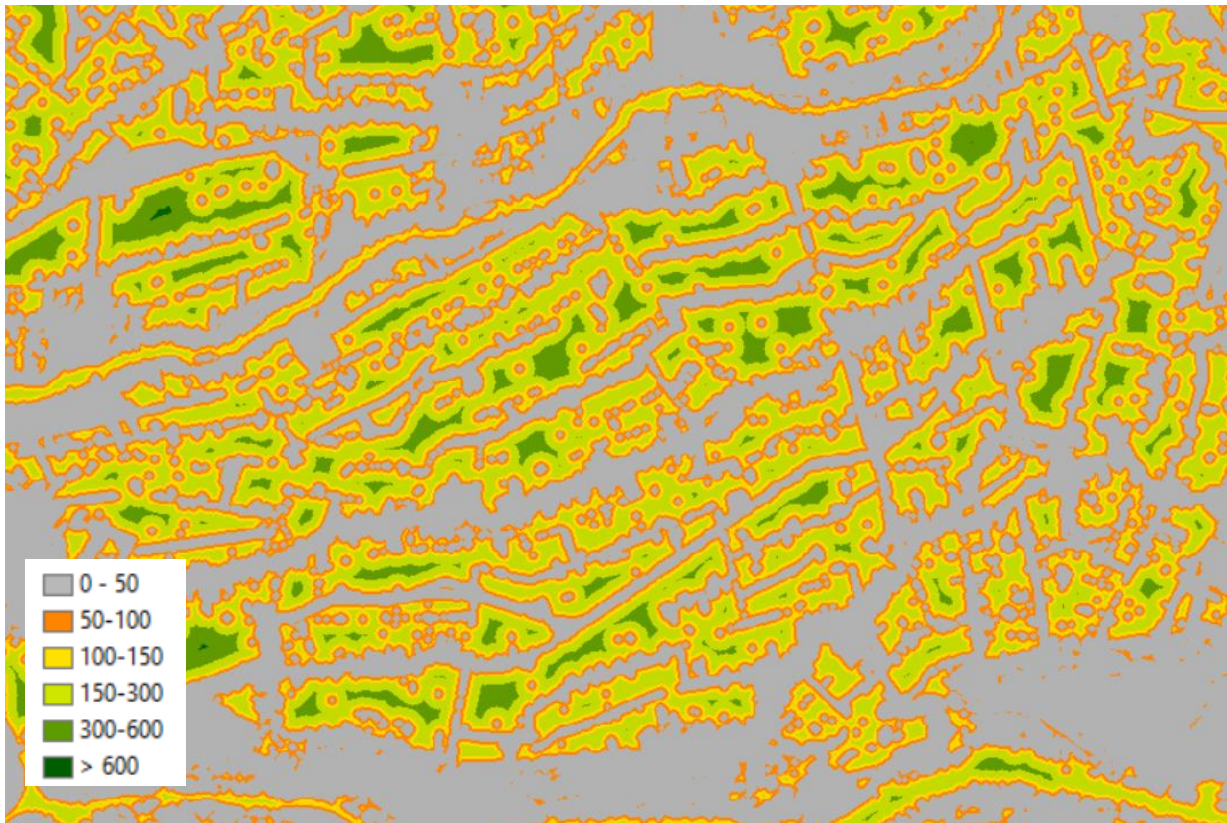
#### Drooglegging

De drooglegging is berekend door de maaiveldhoogte (op basis van het Algemeen Hoogtebestand Nederland) te vergelijken met het vigerende peilbesluit. Hierbij is gebruikgemaakt van het waterpeil in de winter, omdat uit onderzoek in Noord-Holland is gebleken (Schotman et al., 2008) dat de drooglegging in de winter een belangrijke relatie heeft met de trend van weidevogels en het voorkomen van natte en vochtige graslanden tijdens het broedseizoen.

#### Bodemtype

Voor het bodemtype is gebruikgemaakt van een kaart (bodemkaart\_hoofdklassen\_2009, zoals beschikbaar binnen het GIS archief van WENR) met een grove indeling, waarin de volgende bodemtypen worden onderscheiden: klei, veen, zand, zavel. De kaart is verder vereenvoudigd door overige bodemtypen (zoals leem) te scharen onder 'overig'. Deze categorie komt binnen de dataset overigens nauwelijks voor.





**Figuur 3** Afstand tot bomen in meters.

#### Hoogte perceel vs. omgeving

Voor ieder perceel is vastgesteld wat het hoogteverschil is ten opzichte van de gemiddelde hoogte van de percelen binnen een BMP-telgebied. Dit is gedaan op basis van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (versie 3), waarin de hoogte van het bodemoppervlak met grote nauwkeurigheid (enkele centimeters) is terug te vinden. Het verschil is aangeduid in cm. Een waarde van -30 cm duidt op een perceel dat gemiddeld 30 cm lager ligt dan de percelen in de omgeving. Een waarde van 30 cm duidt op een perceel dat gemiddeld 30 cm hoger ligt dan de percelen in de omgeving.

#### Afstandskaarten

Met behulp van de functie 'focal distance' in ArcGIS zijn de volgende afstandskaarten gemaakt: bebouwing, windmolens, wandel- & fietspaden, hoogspanningsmasten, autowegen, bomen. Binnen ieder kaartbeeld is voor iedere cel van 5 bij 5 m bekend op welke afstand de dichtstbijzijnde verstoringsbron van de betreffende categorie zich bevindt. Figuur 3 toont een voorbeeld van de afstandskaart 'bomen'.

Bebouwing omvat zowel stedelijke kernen als erven met boerenbedrijven (uit TOP10NL). Wandel- en fietspaden zijn ontleend aan de open-source-kaarten van openstreetmap. De kaartlaag 'bomen' heeft betrekking op de afstand ten opzichte van de dichtstbijzijnde boom, zowel bomen in bos als solitaire bomen.

#### **Analyse**

De waargenomen aantallen nesten en kuikens zijn geanalyseerd met een gegeneraliseerd lineair mixed model (glmm) met een random gebiedseffect en een random perceelseffect binnen gebieden. Daartoe zijn de percelen binnen gebieden hernummerd. Tevens is steeds een fixed jaar effect opgenomen om verschillen tussen jaren te modelleren.

De aantallen nesten en kuikens zijn (in principe onbegrensde) tellingen en daarom ligt een glmm analyse met de Poisson-verdeling en een log-link functie voor de hand. GLMM's zijn aangepast met de functie glmmTMB in R. Er is een functie geschreven die voorwaartse selectie combineert met achterwaartse eliminatie. Elke stap bestaat uit de volgende twee onderdelen:

1. Voorwaarts: elke verklarende variabele die nog niet in het model zit, wordt apart aan het model toegevoegd en de significantste variabele wordt aan het model toegevoegd. Voor toevoeging wordt een onbetrouwbaarheidsdrempel van 1% gehanteerd.
2. Achterwaarts: voor elke variabele in het geselecteerde model wordt getoetst of deze nog wel significant bijdraagt. Ook hiervoor wordt een onbetrouwbaarheidsdrempel van 1% gehanteerd.

---

Het iteratieve schema stopt als er geen (significante) variabele aan het model kan worden toegevoegd én alle variabelen in het model significant zijn. Verklarende variabelen zijn gestandaardiseerd, omdat dit de rekentijd enorm reduceert én omdat de regressiecoëfficiënten dan onderling goed vergelijkbaar zijn. De geschatte regressiecoëfficiënt is dan de effectgrootte van een verhoging met 1 standaardafwijking en dat is handig in de interpretatie van de selectie van variabelen. Immers een grotere regressiecoëfficiënt impliceert dan een groter effect van een verhoging met één standaardafwijking. Voor het uiteindelijke model zijn de geschatte coëfficiënten ook voor de verklarende variabelen op de oorspronkelijke schaal weergegeven. In elke analyse wordt gecorrigeerd voor verschillen tussen jaren.

Naast bovenstaande zijn nog twee zaken op te merken:

- Er is getest of er sprake is van een interactie tussen drooglegging en bodemtype. Dat bleek niet het geval.
- In de statistische analyse over de jaren 2018-2021 bleken veel verklarende variabelen zeer significant. Om te controleren of er niets mis is met de specificatie van het model, is nogmaals een analyse uitgevoerd met uitsluitend de data van 2021. Er zou immers sprake kunnen zijn van pseudoreplicatie, waarbij de percelen binnen gebieden geen echte herhalingen vormen, of dat de jaren geen echte herhalingen vormen. Ook in deze analyse bleek nagenoeg dezelfde set van factoren zeer significant. Pseudoreplicatie lijkt dus geen rol te spelen.

### 2.1.3 Inwinnen remote-sensing-gegevens

Met behulp van satellieten is het mogelijk om vanuit de ruimte het aardoppervlak te verkennen en te monitoren. Tegenwoordig zijn er meerdere satellieten operationeel die op gedetailleerd niveau en met verschillende technieken het aardoppervlak scannen.

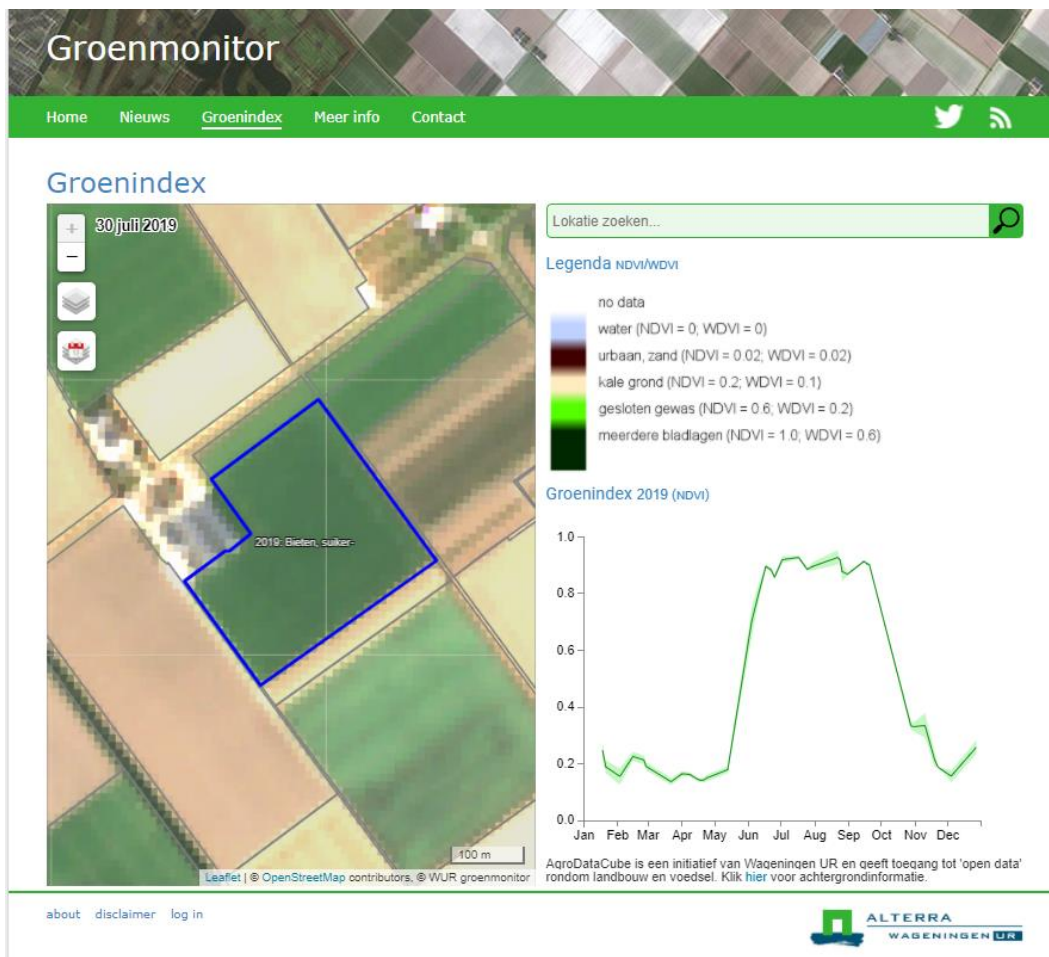
In dit project is voornamelijk gebruikgemaakt van Sentinel-1 en 2 satellietdata. Beide satellieten zijn onderdeel van het Europese Copernicus-programma. Daarnaast is ook gebruikgemaakt van Landsat-7 en -8 beelden (onderdeel van de NASA en USGS), als aanvulling op Sentinel-2. De data van deze satellieten zijn gratis beschikbaar en hebben een hoge ruimtelijke resolutie (10-30m), waardoor het mogelijk is om de meeste landbouw (BRP) percelen in Nederland te kunnen monitoren.

#### **De gebruikte bronnen:**

- Sentinel EO Browser (<https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>) → Sentinel-2 beelden
- Alaska Satellite Facility (<https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/sentinel-1/>) → Sentinel-1 beelden
- USGS Earth explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) → Landsat-7 & -8

Zowel Sentinel-1 als -2 bestaan uit twee satellieten (A & B), een zogenaamde constellatie, waardoor wekelijks opnames van Nederland beschikbaar zijn. In het geval van Landsat is dat eens in de 16 dagen. Afhankelijk van hoe de satellieten precies overkomen, kunnen delen van Nederland, soms wel tot 90% van het oppervlak, worden opgenomen. In het geval van Sentinel-2 en Landsat speelt bewolking een belangrijke rol. Als het bewolkt is op het moment van de opname, zijn de beelden (of delen van de beelden waar het bewolkt is) niet bruikbaar. Ondanks dat bewolking in Nederland regelmatig voorkomt, kunnen voor elk perceel in Nederland 30 tot wel 40 opnames per jaar worden verzameld m.b.v. Sentinel-2 en Landsat. In tegenstelling tot Sentinel-2 en Landsat heeft Sentinel-1 (A & B) geen last van de bewolking. Daardoor is elke beschikbare opname bruikbaar. Daardoor zijn per jaar voor elk perceel wel 60 opnames beschikbaar (soms tot wel 120, afhankelijk van de ligging van het perceel t.o.v. de positie van de beelden). Door gebruik te maken van al deze beelden is het mogelijk om gedurende het jaar het landoppervlak en de vegetatie nauwkeurig te monitoren. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om de verandering van de groenindex te volgen (zie [Groenmonitor](#) website) en is te zien hoe de biomassa door de tijd ontwikkelt en wat de invloed is van weersomstandigheden (zoals overvloedige neerslag of droogte) en het landgebruik (zoals maaien, beweiden of oogsten).

Figuur 4 is een screenshot getoond van de Groenmonitor-website. Het getoonde RGB beeld is van 30 juli 2019. In grijs zijn de perceelgrenzen weergegeven. Het is mogelijk om een perceel te selecteren en voor dit perceel wordt dan het NDVI-verloop over het jaar weergegeven. In dit geval betreft het geselecteerde blauwe perceel een suikerbietenperceel.



**Figuur 4** Screenshot van de Groenmonitor-website (<https://www.groenmonitor.nl/>).

### Onderscheid optische satelliet data & radar satelliet data

De gebruikte satelliet data kunnen onderverdeeld worden in twee groepen:

- Optische satellietdata: Sentinel-2 en Landsat-7 & -8
- Radar satellietdata: Sentinel-1

#### Optische satellietdata

Zowel Sentinel-2 als Landsat-7 & -8 hebben een multi-spectrale sensor met meerdere spectrale banden. Deze banden liggen in verschillende delen van het Elektromagnetisch (EM) spectrum, waaronder in het zichtbaar<sup>1</sup> blauwe (B), groene (G) en rode (R) deel. Daarnaast beschikken de satellieten nog over andere spectrale banden, zoals een nabij-infrarode band (NIR), een of meerdere Red-Edge banden en shortwave-infrarode (SWIR) banden. Met behulp van deze spectrale banden is het mogelijk onderscheid te maken tussen verschillende landoppervlakken en vegetaties (zoals water, kale bodem, gras, bos etc.) en kunnen verschillende eigenschappen van de bodem en het gewas worden afgeleid (zoals bladoppervlak (LAI), biomassa etc.).

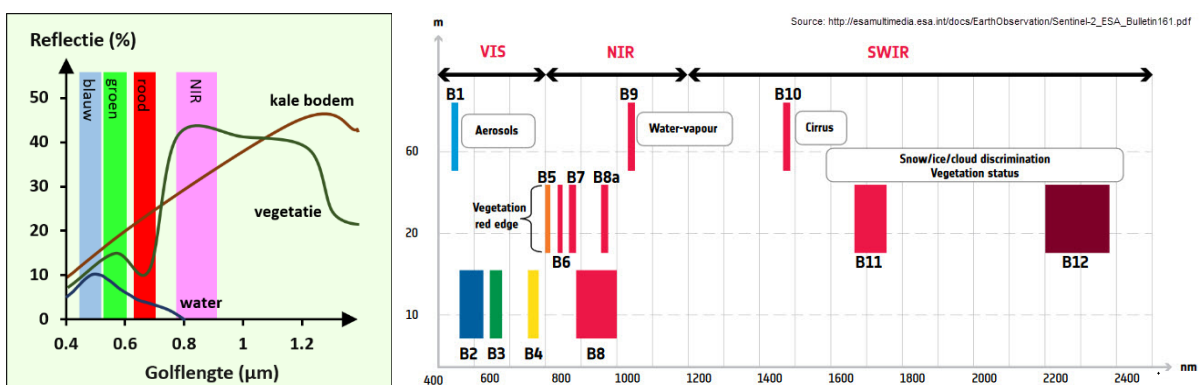
Met de rode, groene en blauwe (RGB) banden kan de satelliet, net als het menselijk oog, naar het aardoppervlak kijken en kleurenfoto's maken (Figuur 5). Vanwege de hoge ruimtelijke resolutie is het daardoor mogelijk om te kijken naar kleurvariaties tussen percelen, maar ook binnen een perceel.

<sup>1</sup> Vandaar de term optisch.





**Figuur 5** Voorbeeld van een onbewolkt RGB beeld van Sentinel-2, van 30 mei 2021 (centrale overpass).



**Figuur 6** Links: Spectrale reflecties van vegetatie, water en kale bodem. Rechts: Spectrale banden Sentinel-2 (bron).

Zowel de rode (R) band als de nabij-infrarode (NIR) band zijn zeer geschikt voor het monitoren van vegetatie. Planten, of beter gezegd groene biomassa, absorberen grotendeels het rode zonlicht middels fotosynthese en reflecteren het merendeel van het nabij-infrarode (NIR) licht. Bij kale bodems (rotsen, zand, geploegd land) is dit verschil veel kleiner (Figuur 6). Dit principe wordt gebruikt om een groenindex te

berekenen. De bekendste groenindex is de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). De NDVI groenindex is een ratio tussen de reflecties van het rode en het NIR licht en heeft waarden tussen -1 en 1:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Open water heeft een NDVI groenindex van -1 tot 0 en kale bodems een waarde van ongeveer 0.1. De eerste vegetatie (bijv. grassprietjes die boven de grond komen) geeft waarden van 0.3. Bij 0.6 à 0.7 is het gewas gesloten en een gewas met meerdere bladlagen geeft waarden tot bijna 1. Een andere veelgebruikte vegetatie-index is de WdVI (Weighted Difference Vegetation Index). Ook deze index maakt gebruik van de R en NIR band, maar heeft i.t.t. de NDVI minder last van verzadiging bij grote hoeveelheden biomassa.

De aanvullende Red-Edge banden zijn zodanig gepositioneerd op de steile reflectiecurve van vegetatie (Figuur 6) dat aanvullende karakteristieken kunnen worden afgeleid. Zo is het mogelijk om beter te kijken naar chlorofyl- en stikstofconcentraties in het blad en is het mogelijk om beter onderscheid te kunnen maken tussen verschillende typen vegetaties. Tot slot zijn er nog de SWIR-banden. Deze banden zijn o.a. gevoelig voor vocht in de plant.

Op basis van deze set van verschillende banden zijn meerdere soorten indicatoren afgeleid, zoals de NDVI. Een aantal van die indicatoren, specifiek voor vegetatie, zijn:

- NDMI (Normalized Difference Moisture Index):
  - Maakt gebruik van de NIR en SWIR band, en is geschikt voor het monitoren van vocht in de plant.
  - $NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$
- S2REP (Sentinel-2 Red Edge Position):
  - Deze indicator maakt gebruik van de drie Red-Edge (B5, 6 en 7) en rode (R) banden van Sentinel-2, en is met name gevoelig voor chlorofyl gehalte (Bekkema en Eleveld, 2018).
  - $S2REP = 705 + 35 \frac{(RE(B7) + Red)/2 - RE(B5)}{(RE(B6) - RE(B5))}$

#### Radar satellietdata

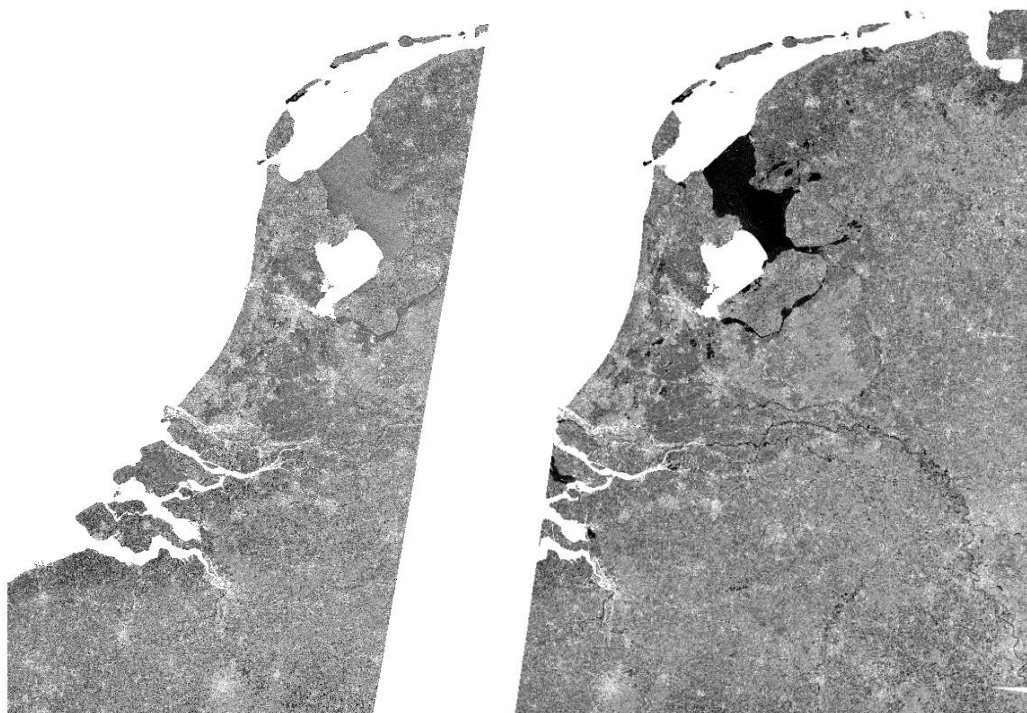
Sentinel-1 is een radar satelliet. Deze zendt radar (Radar Detection And Ranging) pulsen naar het aardoppervlak en meet vervolgens de hoeveelheid radarstraling die door het aardoppervlak wordt teruggekaatst. De gemeten hoeveelheid gereflecteerde gemeten straling (zgn. backscatter) is o.a. een maat voor de ruwheid (of structuur) van het oppervlak en het vochtgehalte in de bodem en de planten. Doordat deze satelliet op een compleet andere manier naar het aardoppervlak kijkt dan Sentinel-2 kunnen andere eigenschappen worden afgeleid, zoals structuur en vocht.

De volgende producten worden afgeleid uit de Sentinel-1 radardata:

- Backscatter (gerelateerd aan de structuur/ruwheid/vocht v.h. oppervlak):
  - De radar sensor kan 2 soorten backscatter waarden meten, namelijk:
    - backscatter VV-gepolariseerd: d.w.z. backscatter o.b.v. de verticaal uitgezonden en verticaal ontvangen radargolven.
    - backscatter VH-gepolariseerd: d.w.z. backscatter o.b.v. de verticaal uitgezonden en horizontaal ontvangen radargolven.
    - Verticaal en horizontaal hebben te maken met de oriëntatie van de radargolven (polarisatie). Afhankelijk van de eigenschappen van een object (in dit geval het landoppervlak) zoals vorm en structuur kan polarisatie van het radarsignaal optreden.
  - Het blijkt dat met name backscatter VV gevoeliger is voor vegetatie dan VH. Dat heeft te maken met de verticale structuur van (de meeste) vegetatie.
- Coherentie (gerelateerd aan veranderingen v.h. oppervlak):
  - Voor het afleiden van coherentie wordt gebruikgemaakt van twee radarbeelden, die exact hetzelfde gebied bestrijken, op exact dezelfde manier zijn opgenomen (positie en kijkhoek v.d. satelliet) en op twee verschillende tijdstippen zijn opgenomen. In het geval van Sentinel-1 is dat 12 dagen. Als aan deze voorwaarden voldaan wordt, kan uit het radarsignaal van beide opnames worden afgeleid of het object (het oppervlak) dat de radargolf heeft gereflecteerd, is veranderd. De coherentie is dus eigenlijk een

genormaliseerde indicator van gelijkvormigheid tussen de twee opnames. Een lage coherentie (richting 0.2) suggereert dat het object behoorlijk is veranderd (dat kan zijn omdat de structuur/ruwheid is veranderd, maar kan ook het gevolg zijn van veranderingen in vocht). Een hoge coherentie (richting 0.8) geeft aan dat het object stabiel is gebleven (onveranderd). Het blijkt dat coherentie zeer geschikt is voor het detecteren van veranderingen t.g.v. maaien, oogsten of ploegen. In deze studie wordt alleen gebruikgemaakt van coherentie VV, om dezelfde reden als backscatter VV.

Door net als bij Sentinel-2 gebruik te maken van meerdere opvolgende beelden kan vervolgens gekeken worden naar het verloop van de backscatter en coherentie.



**Figuur 7** Voorbeeld van twee Backscatter VV-beelden, van 27 mei (links, westelijke overpass) en 28 mei (rechts, centrale overpass) 2021.

### Verwerken optische beelden

De Sentinel-2 en Landsat-7 & -8 satellietbeelden worden als volgt verwerkt en ontsloten (via de [Groenmonitor](#) website). Het atmosferisch gecorrigeerde Level-2A product van zowel Sentinel als Landsat wordt gedownload (zie eerdergenoemde bronnen). Deze producten bestaan uit zgn. tiles (dat zijn tegels van 100x100 km<sup>2</sup> of 180x180km<sup>2</sup> voor Landsat). Er zijn dus meerdere tiles nodig om tot een landsdekkend beeld te komen.

1. Wolken en schaduwen worden gedetecteerd en gemaskeerd op basis van een AI-algoritme. Hierna volgt altijd nog een manuele screening op kwaliteit en indien nodig een manuele wolken/schaduw maskering (soms nodig bij sluierbewolking).
2. Voor Sentinel wordt een RGB-beeld afgeleid waar landoppervlak in natuurgetrouwe kleuren zichtbaar is (10m-resolutie, UTM31N-projectie).
3. Voor Sentinel wordt een NDVI- en WdVI-beeld afgeleid o.b.v. band 4 (Rood) en band 8 (NIR) (10m-resolutie, UTM31N-projectie).
4. De 10m-beelden (RGB, NDVI en WdVI) worden in de WMS en WCS web-services gezet.
5. Het NDVI- en WdVI-beeld van Sentinel 10m-resolutie wordt geresampled en geprojecteerd naar 25m-resolutie, in nationale Rijksdriehoekstelsel (RD) projectie.
6. Het Landsat-beeld wordt gekalibreerd naar het kortst voorafgaande Sentinel-2 beeld (omdat de atmosferisch gecorrigeerde L2A producten van beide satellieten in de praktijk toch niet exact overeen blijken te komen).
7. Voor Landsat wordt een NDVI- en WdVI-beeld afgeleid o.b.v. band 4 (Rood) en band 5 (NIR) en geprojecteerd naar 25m-resolutie, RD projectie.

---

## Verwerken radarbeelden

Sinds 2018 worden ook de radarbeelden van Sentinel-1 verwerkt:

1. Voor het afleiden van backscatter wordt gebruikgemaakt van de level-1 Sentinel-1 GRD producten (Ground Range Detected). Voor het afleiden van radarcoherentie worden de level-1 SLC producten gekozen (Single Look Complex). In beide gevallen worden alleen de ochtend (descending) overpasses geselecteerd.
2. In het geval van coherentie worden op dit moment alleen die overpasses gekozen welke een groot deel van Nederland bevatten. Dat zijn de westelijke, centrale en oostelijke overpasses (voorbeeld Figuur 7).
3. De processing van de beelden wordt gedaan in Python en SNAP toolbox (ontwikkeld door ESA) en vindt plaats op de HPC (High Performance Cluster) van de WUR.
4. De processingstappen voor backscatter zijn: lezen GRD-file; applying precise orbit files; thermal noise removal; border noise removal; calibration; terrain correction; linear to dB-conversion; co-registration van de beelden m.b.v. een masterfile, zodat de beelden (VH, VV) goed liggen, waarbij tevens alleen het gebied voor Nederland wordt uitgeknipt. Tot slot worden de beelden van dezelfde overpass samengevoegd. De twee beelden hebben uiteindelijk een resolutie van 10 m (UTM31N-projectie).
5. De processingstappen voor coherentie zijn iets anders, omdat hier gebruik wordt gemaakt van zgn. radarbeeldparen, d.w.z. twee radaropnames (SLC) van hetzelfde gebied die onder exact dezelfde kijkhoek zijn gemaakt. In het geval van Sentinel-1 bedraagt het tijdsverschil tussen de twee opnamen 12 dagen. De processingstappen zijn: het lezen van de beeld-paar SLC files; TOPSAR-coregistration; enhanced spectral diversity; interferogram generation; TOPSAR-deburst; topographic phase removal; goldstein filtering; range doppler correction. Tot slot worden alle swaths van dezelfde dag/overpass samengevoegd en geprojecteerd naar een coherentie beeld met een ruimtelijk resolutie van 20 m (UTM31N-projectie).

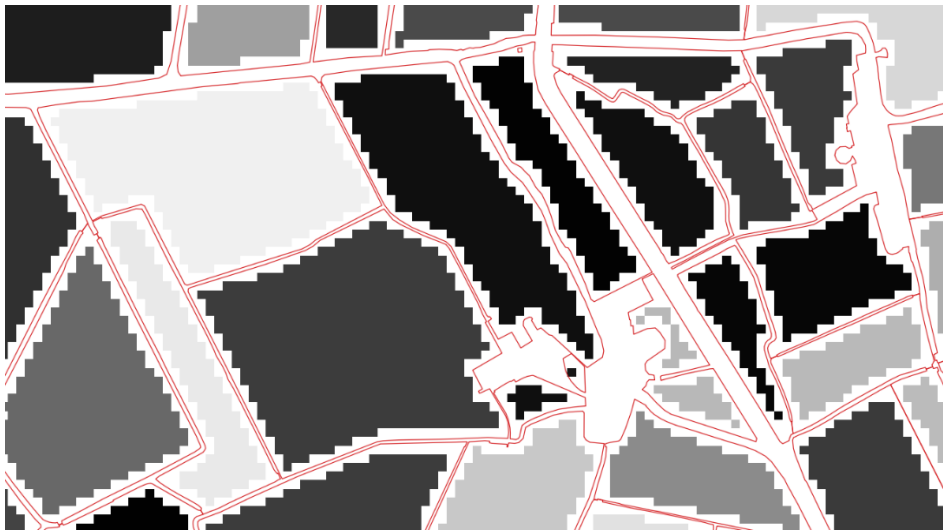
## Van pixels naar tijdseries per perceel

Voor elk satellietbeeld (zowel optisch als radar) wordt vervolgens voor elk BRP-perceel de statistiek afgeleid: de gemiddelde waarde en de standaarddeviatie van de pixels die in het perceel liggen. Daarbij worden alleen de 'pure' pixels geselecteerd, d.w.z. pixels die 100% binnen een perceel vallen (Figuur 8). De pixelresolutie van de satelliet beelden varieert van 10 m, 20 m tot 25 m. Met name voor kleine en smalle percelen is het mogelijk dat er weinig of zelfs geen 'pure' pixels in het veld passen. Dat is met name het geval voor de 25 m NDVI-pixels. In dat geval wordt gekozen voor de pixel die overeenkomt met het middelpunt (centroïde) van het perceel. Echter het is aannemelijk dat deze pixelwaarde niet representatief is voor het desbetreffende perceel. De standaarddeviatie van de pixelwaarden bevat informatie over de variatie/heterogeniteit binnen in het perceel.

### BRP

De Basisregistratie Percelen (BRP) is een landelijke registratie van de locatie van landbouwpercelen met daaraan gekoppeld het geteelde gewas. De gebruiker van het perceel dient jaarlijks zijn gewaspercelen in te tekenen en aan te geven welk gewas wordt geteeld op het betreffende perceel. Van elk jaar wordt een dataset gegenereerd van peildatum 15 mei. De kaart wordt dus jaarlijks geactualiseerd.

Het BRP gewaspercelen bestand is de ruggengraat van de ADC. Aan elk perceel worden jaarlijks de verschillende databronnen gekoppeld.



**Figuur 8** Selectie van 10m 'pure pixels', d.w.z. alleen de pixels die 100% binnen een BRP-perceel liggen.

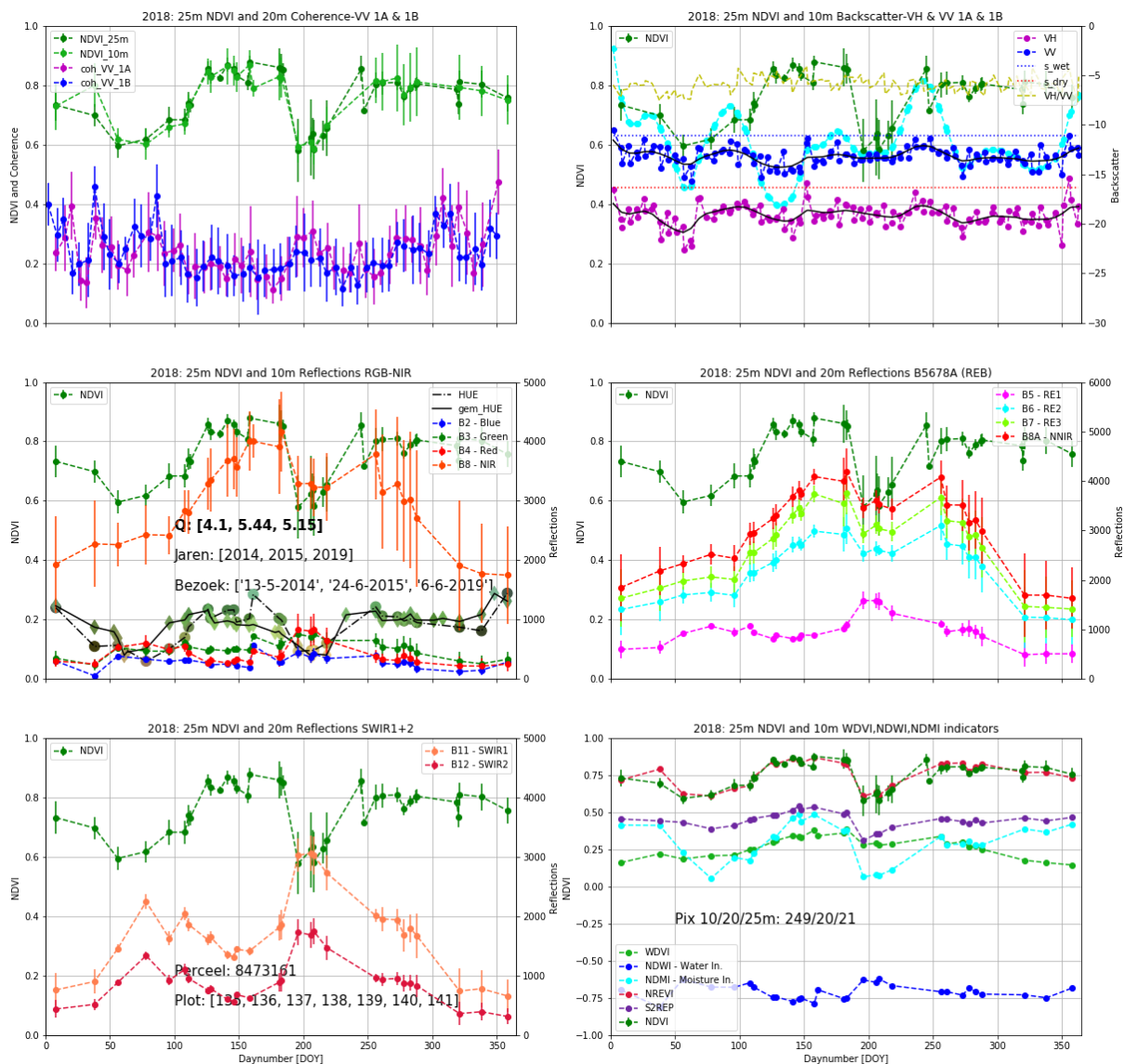
De statistiek van alle BRP-percelen en voor elk beeld worden vervolgens per jaar samengevoegd (in de database van [AgroDataCube](#)), resulterend in tijdseries van RS-data bestaande uit gemiddelde RS-waarden en bijbehorende standaard deviaties voor dagen dat er een opname is (Tabel 4).

**Tabel 4** Overzicht van beschikbare RS-data tijdseries.

Satelliet	Perceel statistiek: gemiddelde en standaard deviatie van [2018, 2019, 2020 en 2021]
Sentinel-2 + Landsat-7&8	25m NDVI (Groenmonitor)
Sentinel-2	10m NDVI en WDI Reflecties 10m-banden: blauw (B2), groen (B3), rood (B4) en NIR (B8) Reflecties 20m-banden: 1x NIR (8A), 3x Red-Edge (B5,6,7) en 2x SWIR (B11,12)
Sentinel-1	10m-backscatter-VH 10m-backscatter-VV 20m-coherentie-VV

Uiteindelijk zijn voor alle graslandpercelen (geregistreerd in de BRP) in Nederland (meer dan 510.000) voor de jaren 2018 t/m 2021 deze RS-tijdseries verzameld. Deze verzameling aan tijdseries kan vervolgens worden gebruikt voor allerlei analyses op perceelniveau. Onderstaand figuur (Figuur 9) geeft een voorbeeld van RS-tijdseries voor een enkel perceel, zoals:

- de R, G en B, NIR, Red-Edge en SWIR reflecties van Sentinel-2
  - en daaruit afgeleide indicatoren zoals de NDVI, WDI, etc.
- de backscatter VH, VV en coherentie van Sentinel-1
  - en daaruit afgeleide ratio VH/VV



**Figuur 9** Overzicht van tijdseries voor één perceel. Bovenstaande figuren tonen de gemiddelde waarden op perceelniveau voor Sentinel-2 (R, G, B, NIR, Red-Edge, SWIR) en afgeleide variabelen zoals NDVI (25 m en 10 m). Daarnaast worden ook de gemiddelde waarden op perceelniveau voor Sentinel-1 getoond in de vorm van backscatter en coherentie. De punten betreffen de perceelgemiddelde waarden en de foutenbalkjes de standaarddeviatie.

### Van RS-data naar RS-markers

In deze studie wordt onderzocht wat de relatie is tussen remote-sensing-data en de habitatkwaliteit voor weidevogels. De ruwe RS-data zijn zoals hierboven beschreven verzameld. Ruwe tijdseries zijn moeilijk in te zetten als verklarende variabelen. Daartoe is ingezet op de ontwikkeling van 'markers'. Markers zijn bewerkingen van de ruwe RS-data, die een bepaald fenomeen in één getal kunnen vangen.

De markers kunnen op hoofdlijnen worden opgedeeld in vier categorieën:

- RS-markers waarmee de gebruiksintensiteit van het perceel in beeld kan worden gebracht: hierbij wordt voornamelijk gekeken naar de temporele dynamiek. Dat wil zeggen: de mate waarin het signaal varieert door de tijd. Een hoge temporele dynamiek past bij een perceel waar veel verandert als gevolg van maaien, beweiding, groei (herstel) van het gewas en andere werkzaamheden. Een lage temporele dynamiek past bij percelen waar maar weinig verandert, bijvoorbeeld door een trage groei en extensief gebruik van het perceel;
- RS-markers die kijken naar de kleur van perceel;
- RS-markers die kijken naar de productie en biomassa;
- RS-markers waarmee vochtige en droge graslanden kunnen worden onderscheiden.

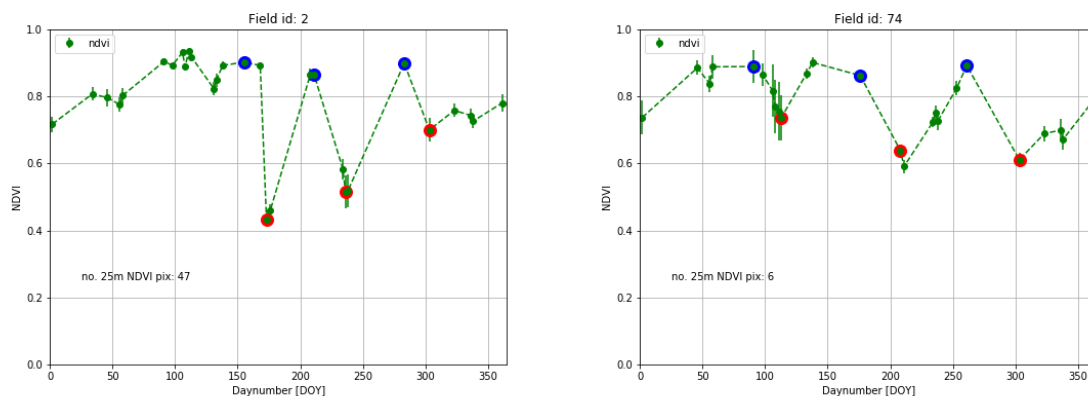


## RS-markers als indicator voor intensiteitsgebruik

### Maaien (optisch gebaseerd)

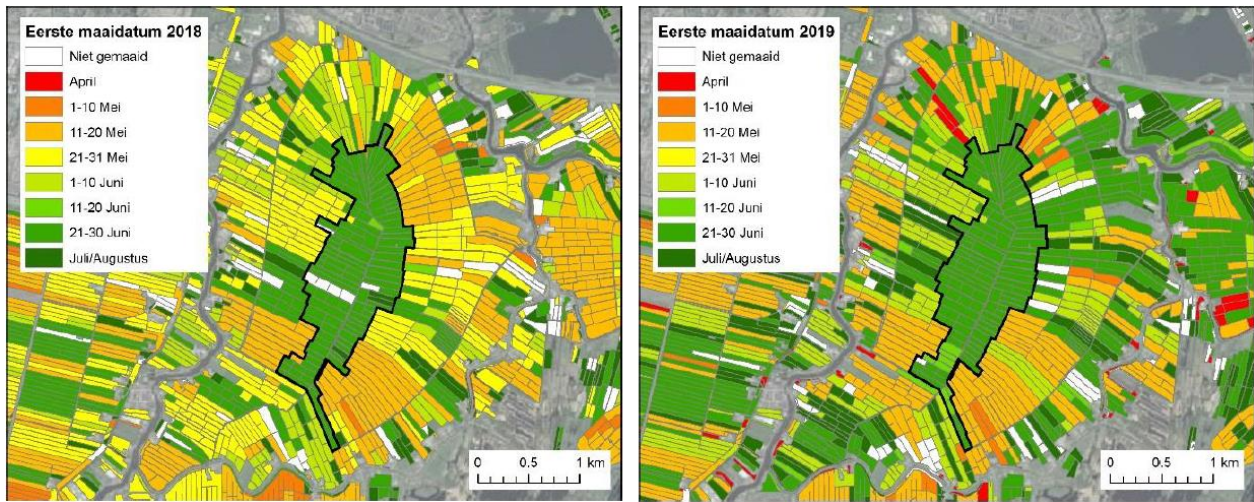
Voor het detecteren van maaiactiviteiten wordt gebruikgemaakt van de NDVI-tijdseries. Maaiactiviteiten nemen over het algemeen meerdere dagen in beslag: te beginnen met maaien, vervolgens het drogen en schudden en ten slotte wordt het gras opgehaald. Het toegepaste maaidetectie-algoritme kijkt naar het moment dat het gras wordt opgehaald (wanneer de NDVI het laagste punt bereikt), dit wordt gedefinieerd als de maaisnede-datum. Dat zijn de rode punten in onderstaande figuren (Figuur 10). Daarnaast kijkt het algoritme ook naar de start van het maaimoment (de blauwe punten). Op basis van start- en eindpunt van de maaisnede wordt de duur van iedere maaisnede bepaald. De duur zegt iets over de betrouwbaarheid van het maaimoment. Hoe korter deze duur, des te exacter is de maaisnede-datum te bepalen. Mochten er als gevolg van bewolking geen opnames beschikbaar zijn en de duur ('window') is langer, dan is het moment waarop de maaiactiviteit plaatsvond onzekerder. Het grasland-monitoringsalgoritme kijkt nu naar momenten waarop de NDVI plotseling afneemt (minimaal 0.15 NDVI afname), tussen 1 april (DOY 91) en 30 november (DOY 334).

NB Voor het algoritme wordt gebruikgemaakt van de 25m NDVI-tijdseries, gebaseerd op voornamelijk Sentinel-2 aangevuld met Landsat-beelden, zodat zo veel mogelijk opnames worden gebruikt in de analyse. Dat betekent echter wel dat de betrouwbaarheid beperkt is voor met name kleine en smalle percelen. Bij gebruik van alleen de 10m NDVI-beelden (van Sentinel-2) neemt de betrouwbaarheid voor deze percelen toe, echter bestaat de kans dat cruciale (maai)momenten worden gemist.

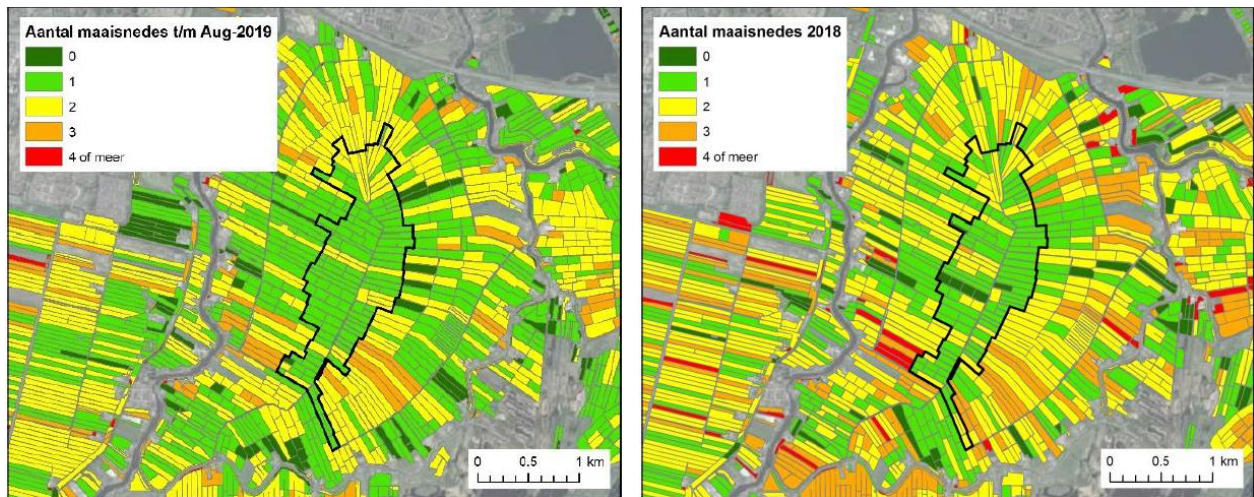


**Figuur 10** Voorbeelden van grasland percelen, waarbij het verloop van de NDVI groenindex is te zien uitgezet tegen dag nummer (DOY). In de NDVI-tijdseries zijn abrupte dalingen te zien. Dit zijn de maaimomenten, waarbij de blauwe punt is gedefinieerd als de start van het maaimoment en het rode punt als het einde van het maaimoment.

Onderstaande figuren (Figuur 11 en 12) geven een voorbeeld van gedetecteerde maaimomenten (eerste maaisnede en het aantal maaisnedes) voor de graslandpercelen in de Ronde Hoep en omgeving. In de kern van de Ronde Hoep ligt een weidevogelreservaat, waar laat wordt gemaaid. Rondom het reservaat is veel agrarisch natuurbeheer afgesloten, waaronder uitgesteld maaibeheer en extensief weiden. De kaartbeelden maken inzichtelijk dat het reservaat het extensiefste deel van de polder is: er wordt laat en weinig gemaaid. Buiten het reservaat bestaat een divers palet van extensieve tot redelijk intensief gebruikte percelen.



**Figuur 11** Datum eerste maaisnede per grasland perceel in 2018 en 2019 in polder de Ronde Hoep in Noord-Holland. Het zwart omliggende gebied betreft een weidevogelreservaat. Rondom het reservaat ligt agrarisch natuurbeheer.



**Figuur 12** Het totaal aantal maaisnedes per grasland perceel in 2018 en 2019 (t/m 31 augustus) in polder de Ronde Hoep in Noord-Holland.

Het totaal aantal maaisnedes is een belangrijke indicator die aangeeft hoe intensief of extensief het grasland wordt gebruikt. In de Ronde Hoep worden buiten het reservaat de meeste graslanden één tot drie keer gemaaid in 2018 met uitschieters naar vier keer maaien. De graslanden binnen het reservaat worden één tot twee keer gemaaid (Figuur 9).

#### Temporele dynamiek radar (radar gebaseerd)

In 2018 publiceerden Howison et al. een methodiek waarmee o.b.v. Sentinel-1 wordt gekeken naar de fluctuaties door de tijd. In een intensief gebruikt graslandperceel vinden voortdurend veranderingen plaats t.g.v. beweiding, maaien en het weer (snel) herstellen van gras. In een extensief gebruikt perceel zullen (veel) minder veranderingen plaatsvinden. Howison vond dat de gebruikintensiteit van percelen kon worden geschat m.b.v. het radarsignaal. Daarbij werd gebruikgemaakt van backscatter VV-tijdseries (geaggregeerd naar perceelniveau, zoals is beschreven in de verwerking van pixel naar perceelstatistiek hierboven). Door precies te kijken naar de veranderingen in de backscatter tussen opeenvolgende beelden ( $\Delta_{\text{backscatter}}$ ) over het gehele broedseizoen (1 april-15 juli) en vervolgens de standaarddeviatie te nemen, konden ze het intensiteitsgebruik van graslanden in Friesland nauwkeurig in kaart brengen. In deze studie is de methodiek van Howison ook toegepast op de backscatter VV-tijdseries (voor elk grasland perceel en voor alle jaren).



### Fluctuaties biomassa (optisch gebaseerd)

In lijn met de methodiek van Howison zijn er andere manieren om te kijken naar veranderingen in de vegetatie die wellicht iets kunnen zeggen over het intensiteitsgebruik van een perceel. Meest voor de hand liggend zijn vegetatie-indicatoren zoals de al eerdergenoemde NDVI, WDI en NREVI. In dit geval is gekeken naar de fluctuaties in de tijdseries voor twee periodes: op jaarbasis en specifiek voor de broedperiode (1 april-15 juli). Voor beide periodes zijn o.b.v. de tijdseries de gemiddelde en standaarddeviatie afgeleid.

### MASD (optisch gebaseerd)

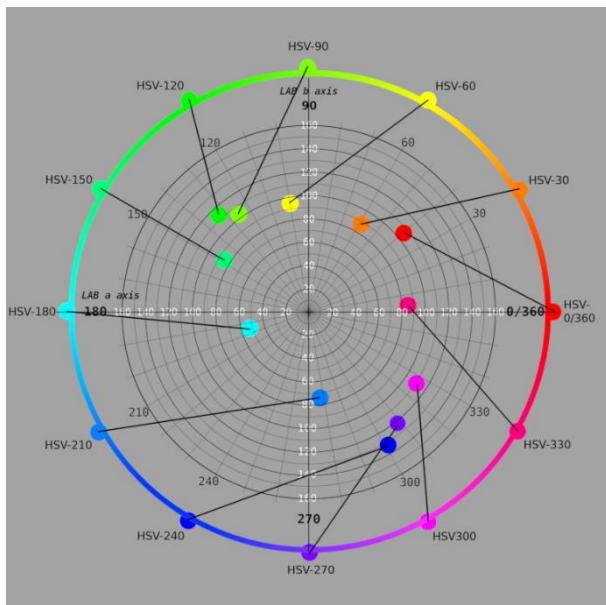
De MASD (Mean Absolute Spectral Dynamics) geeft de spectrale variabiliteit aan tussen twee of meer beelden voor een perceel (of pixel), en kan net als de Howison-methode worden gebruikt als indicator voor intensiteitsgebruik. In het geval van Sentinel-2 kan de MASD worden afgeleid voor alle tien spectrale banden (4x10 m en 6x20 m) en voor alle beschikbare opnames. Per jaar ligt het aantal beelden tussen de dertig en veertig opnames, en resulteert in een MASD die iets zegt over de intensiteitsgebruik voor een heel jaar. In deze studie zal gekeken worden naar de voorspellende waarde van MASD voor twee periodes: voor het hele jaar en voor het weidevogelbroedseizoen (1 april-15 juli).

## **RS-markers als indicator voor kleur**

### Kleur (optisch gebaseerd)

Kruidenrijke graslanden hebben vaak een afwijkende kleur t.o.v. de gangbare graslanden. Deze kleurafwijking is het gevolg van veranderingen in de samenstelling van de vegetatie door de aanwezigheid van kruiden en andere grassoorten dan Engels raaigras. Daarom is gekeken naar de kleur van graslanden m.b.v. de rode, groene en blauwe banden. O.b.v. de gemeten (RGB) reflecties kan de kleur van het gras worden bepaald. Om de analyse te vereenvoudigen, zijn de RGB-waarden vertaald naar een andere kleurschaal, de Hue-angle, waarbij de kleur (kleurtint) wordt uitgedrukt als één waarde tussen 0 en 360 graden.

Binnen deze studie is verkend of de Hue-waarde van voorspellende waarde is voor de kruidenrijkdom. Vanuit het veld is bekend dat verschillende typen graslanden een andere indruk geven als het gaat om de gemiddelde kleurtint. Zo worden kruidenarme percelen met Engels raaigras gekenmerkt door een koele, blauwgroene tint (toename Hue → 130 graden), terwijl kruidenrijke graslanden meestal een meer geelgroene tint hebben (afname Hue → 90 graden) (Figuur 13).



**Figuur 13** Hue-kleurenwiel uitgedrukt in graden [0 tot 360 graden].

Er is zowel gekeken naar de gemiddelde kleur van een perceel op jaarbasis als specifiek in het voorjaar.

---

Om tot grondreflecties te komen, moeten de gemeten reflecties van Sentinel-2 en Landsat aan de top van de atmosfeer (zgn. Level-1 producten) worden gecorrigeerd voor atmosfeer-effecten (resultierend in Level-2A producten). Dat gebeurt op tile-niveau (zie Verwerken optische beelden). Als gevolg van variabele atmosferische condities kan deze correctie per tile variëren. De correctie heeft voornamelijk invloed op de blauwe band en in mindere mate op de groene en rode band, en uiteindelijk ook op de Hue-waarden. Daarom zal naast de Hue-waarden ook gekeken worden naar de ratio tussen de rode en groene reflectie (Red/Green), waarbij de blauwe band niet wordt meegenomen. Voor de gangbare weilanden ligt deze ratio rond de 0.7 (aangezien de groen-reflectie dominant is). De rood-groen ratio wijkt af zodra graslandpercelen minder intens groen zijn t.g.v. de aanwezigheid van andere vegetatie (bloemen, kruiden en andere grassoorten). Net als bij de Hue-waarden zal gekeken worden naar de gemiddelde ratio en bijbehorende standaarddeviatie op jaarbasis en voor de periode 1 maart-31 mei.

## **RS-markers voor productie**

### NDVI-voorjaar (optisch gebaseerd)

In het voorjaar, zodra de kou is verdwenen, begint het gras weer te groeien. De groei komt in gangbare graslanden eerder op gang, doordat de omstandigheden ideaal zijn voor groei (zoals de vocht- en nutriëntencondities). De groei op extensief gebruikte percelen komt trager op gang. Om dit fenomeen te kunnen detecteren is gekeken naar de NDVI in het voorjaar (eind maart-begin april). Daarbij is zo veel mogelijk gebruikgemaakt van één landsdekkend beeld, d.w.z. een momentopname o.b.v. een goed wolkenvrij beeld. Dit ter voorkoming van ruimtelijke en temporele variaties die wellicht kunnen optreden wanneer meerdere beelden nodig zijn om tot een landsdekkend beeld te komen en waarvan de beelden op verschillende momenten zijn opgenomen.

### S2REP (optisch gebaseerd)

S2REP (Sentinel-2 Red-Edge Position) maakt gebruik van de unieke eigenschappen van de Red-Edge banden van Sentinel-2. Deze banden zijn gevoelig voor chlorofyl- en stikstofconcentraties in het blad en de conditie van het gewas (Bekkema en Eleveld, 2018). S2REP biedt dus extra voordelen t.o.v. de NDVI (of WdVI), echter omdat de ruimtelijk resolutie van de Red-Edge banden 20 m is, zijn hele kleine/smalle percelen minder nauwkeurig te monitoren.

Net als bij het NDVI-voorjaar beeld zal S2REP ook worden afgeleid uit een landsdekkend (wolkenvrij) beeld (momentopname). S2REP zal worden afgeleid voor de maanden maart, april en mei, de periode dat het beste onderscheid kan worden gemaakt tussen de gangbare en kruidenrijke graslanden, en voordat het maaien begint. Wanneer precies per maand de S2REP wordt afgeleid, hangt af van wanneer er geschikte beelden zijn (dat kan zijn begin, midden of eind v.d. maand).

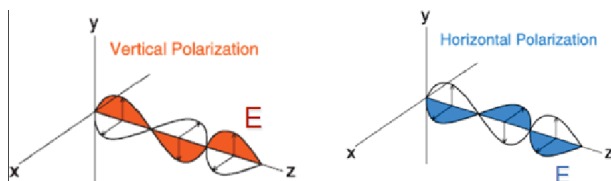
### Productie (optisch gebaseerd)

Gangbare graslanden hebben over het algemeen een hogere (gras)productie dan extensieve en kruidenrijke graslanden. Er bestaan verschillende technieken die o.b.v. de verschillende banden (R, G, B, Red-Edge, NIR, SWIR) de drogestofproductie kunnen schatten. Echter dit zijn meestal momentopnames. In deze studie is gekozen om te kijken naar de productie op jaarbasis, waarbij ook de maaimomenten worden meegenomen. Hoe vaker een perceel wordt gemaaid, hoe hoger de productie. Hier is gekozen voor de cumulatieve NDVI ( $\Sigma$ NDVI) als indicator voor productie (waarbij alle NDVI-waarden vanaf het begin van het jaar worden opgeteld). Op momenten dat een maaisnede plaatsvindt, wordt doorgeteld vanaf de NDVI-waarde net vóór het maaimoment. Percelen die intensief gemaaid worden, zullen dus een hogere productie hebben dan niet-gemaaide percelen. Daarnaast hebben productieve graslanden over het algemeen wat hogere NDVI-waarden dan extensieve en kruidenrijke graslanden, wat ook wordt meegenomen in de sommatie.

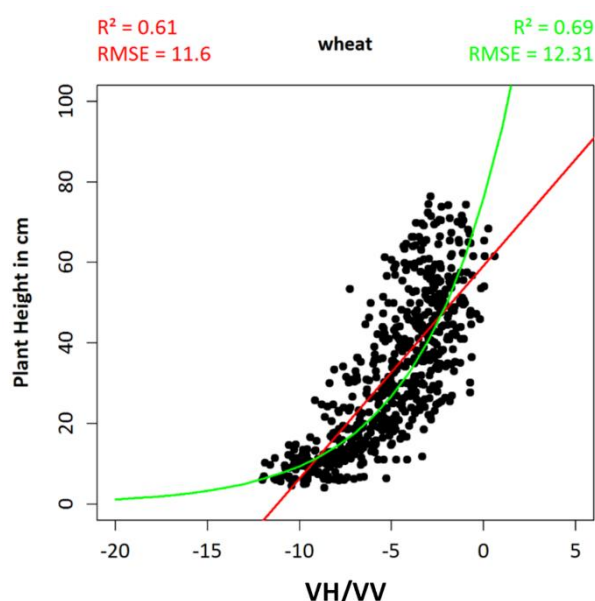
### Biomassa/gewashoogte (radar-gebaseerd)

De Sentinel-1 radarsatelliet kan een signaal verzenden in horizontale (H) of verticale (V) polarisatie en vervolgens ontvangen in zowel H- als V-polarisaties (Figuur 14). Sentinel-1 werkt vnl. in 'dual polarization' modus (VV en VH), waarbij VV staat voor *Vertical-transmit* en *Vertical-receive* en VH voor *Vertical-transmit* en *Horizontal-receive*. Daardoor kunnen de polarisatie-eigenschappen van het oppervlak worden afgeleid. Zo heeft vegetatie (zgn. volume verstrooier) andere polarisatie-effecten dan vlakke oppervlakken zoals water en kale grond (zgn. oppervlakte verstrooier). Elk soort oppervlak heeft daardoor zijn eigen signatuur. De polarisatie-informatie is daarmee zeer bruikbaar voor classificatie- en detectiestudies (zoals

gewasclassificatie, detectie van sneeuw, water, zee, ijs etc.), maar ook voor het monitoren van bodemvocht en gewassen, zoals biomassa en zelfs vegetatiehoogte. Figuur 15 toont de relatie tussen de ratio VH/VV met gewas hoogte van tarwe. Binnen deze studie zal worden verkend of de ratio VH/VV van voorspellende waarde is voor de kruidenrijkdom.



**Figuur 14** Verticale en Horizontale polarisatie van een radarsignaal.



**Figuur 15** Relatie tussen de ratio VH/VV en de vegetatiehoogte van tarwe (bron: Harfenmeister et al., 2019).

## RS-markers als indicator voor vochtcondities

### Backscatter (radar-gebaseerd)

Het radar backscatter-signaal is zowel gevoelig voor de ruwheid/structuur van het oppervlak (type vegetatie en bodemsoort) als voor het vocht aanwezig in de vegetatie en bodem (vnl. top laag, ~1-5cm). M.b.v. slimme technieken kan het backscatter-signaal worden opgesplitst in een bodem-deel en vegetatie-deel, waardoor het mogelijk is om het bodemvocht te kunnen schatten en te monitoren door de tijd. Hier is gekozen voor een zeer vereenvoudigde aanpak, waarbij is gekeken naar de gemiddelde backscatter op jaarbasis en in de winter periode (1 januari-15 maart). Grofweg neemt de backscatter VV af (nat: -5 .. -6dB) naarmate het droger wordt (droog: -12..-13dB). Er zal gekeken worden of o.b.v. deze informatie onderscheid kan worden gemaakt tussen natte/vochtige (kruidenrijke) en droge (gangbare) weilanden. Zoals gezegd, is deze aanpak zeer beperkt en houdt geen rekening met de vegetatie en bodem.

### NDMI (optisch gebaseerd)

De NDMI (Normalized Difference Moisture Index) is gevoelig voor vocht in de bladeren en daarom geschikt voor het monitoren van vocht in de plant. Ook hier is gekozen om de gemiddelde NDMI te bepalen op jaarbasis, de winterperiode (1 januari-15 maart) en het broedseizoen (1 april-15 juli). Echter, variatie in bladoppervlak tussen weilanden, de aanwezigheid van kale grond en open water in percelen, beïnvloedt de NDMI, waardoor het simpelweg vergelijken van NDWI-waarden tussen percelen moeilijk is.

## Overzicht RS-markers

Onderstaand tabel (Tabel 5) geeft een overzicht van de RS-markers afgeleid uit de verzamelde RS-data (tijdseries per perceel) die zijn meegenomen in de analyse.

**Tabel 5** Overzicht van afgeleide RS-markers afgeleid uit de RS-data tijdseries.

Grasland eigenschappen	RS-marker	Satelliet	Aanvullende opmerkingen
Intensiteit gebruik	Maaien (eerste maaidatum en aantal maaimomenten)	Sentinel-2 en Landsat, 25m NDVI tijdseries (periode: jaar, waarbij maaien mag plaats vinden tussen 1 april en 30 november)	Geen waarnemingen als het bewolkt is. Om zo veel mogelijk NDVI-opnames te hebben, wordt aanvullend gebruikgemaakt van Landsat. Vanwege de 25m-pixelgrootte zijn kleine/smalle percelen moeilijk te monitoren.
	Howison-methode (σ <sub>delta_backscatter VV</sub> )	Sentinel-1, backscatter VV tijdseries (periode: jaar, broedseizoen 1 april-15 juli)	Heeft geen last van bewolking. De oorspronkelijke ruimtelijke resolutie van het 10m-backscatter product is ~5x20m, waardoor de nauwkeurigheid bij kleine/smalle percelen beperkt is. Daarnaast is niet precies duidelijk wat de bijdrage is van vochtfluctuaties t.o.v. van management-gerelateerde fluctuaties op de afgeleide 'Howison-marker'.
	Fluctuaties biomassa (σ <sub>NDVI</sub> , σ <sub>WDVI</sub> , σ <sub>NREVI</sub> )	Sentinel-2, 10m NDVI, WDWI en 20m NREVI tijdseries (periode: jaar, broedseizoen 1 april- 15 juli)	Geen waarnemingen als het bewolkt is.
	MASD	Sentinel-2, tijdseries vd 10 spectrale banden (periode: jaar, broedseizoen 1 april-15 juli)	Geen waarnemingen als het bewolkt is.
Kleur	Kleur (RGB, Hue, Rood-groen ratio)	Sentinel-2, R, G, B en Hue-tijdseries (periode: jaar, broedseizoen 1 april- 31 mei)	Geen waarnemingen als het bewolkt is. Variaties in de atmosfeercorrectie kunnen een verstrend effect hebben op met name de blauwe reflectie.
Productie	NDVI-voorjaar	Sentinel-2 en Landsat, NDVI-moment opname in het voorjaar (eind maart-begin april)	Geen waarnemingen als het bewolkt is.
	Jaar gemiddelde WDWI, NDVI	Sentinel-2, 10m NDVI, WDWI en 20m NREVI tijdseries (periode: jaar, broedseizoen 1 april- 15 juli)	Geen waarnemingen als het bewolkt is.
	S2REP	Sentinel-2, S2REP-moment opnames in maart, april en mei.	Geen waarnemingen als het bewolkt is.
	Productie (ΣNDVI)	Sentinel-2 en Landsat, 25m NDVI tijdseries	Om zo veel mogelijk NDVI-opnames te hebben, wordt aanvullend gebruikgemaakt van Landsat. Vanwege 25m-pixelgrootte zijn kleine/smalle percelen moeilijk te monitoren.
	Biomassa/hoogte (Ratio VH/VV)	Sentinel-1, backscatter VH en VV tijdseries (periode: jaar, broedseizoen 1 april-15 juli)	Heeft geen last van bewolking. De oorspronkelijke ruimtelijke resolutie van het 10m-backscatter product is ~5x20m, waardoor de nauwkeurigheid bij kleine/smalle percelen beperkt is. Daarnaast is niet precies duidelijk of de indicator gevoeliger is voor biomassa of vegetatiehoogte of voor beide.
Vochtcondities	Backscatter	Sentinel-1, backscatter VV tijdseries (periode: jaar, winter 1 januari-15 maart)	Geen last van bewolking, wel gevoelig voor vorst en sneeuw. Huidige aanpak is (te) eenvoudig.
	NDMI	Sentinel-2, NDMI-tijdseries (periode: jaar, winter 1 januari-15 maart en broedseizoen 1 april-31 mei)	Geen waarnemingen als het bewolkt is. Variatie in bladoppervlak tussen de percelen bemoeilijkt het onderling vergelijken van NDMI-waarden.

---

## 2.2 Verkenning remote sensing droge dooradering, natte dooradering en open akker

Middels een literatuuronderzoek is verkend op welke manieren remote sensing kan worden ingezet voor monitoring van de habitatkwaliteit in de leefgebieden droge dooradering, natte dooradering en open akker. Per leefgebied wordt een aantal factoren benoemd waarvan monitoring wenselijk zou zijn (relevant voor habitatkwaliteit en lastig te meten in het veld). Vervolgens wordt per factor besproken wat er mogelijk is op het gebied van remote sensing, o.b.v. literatuuronderzoek en inzichten vanuit lopend onderzoek.

### 3 Resultaten: Validatie remote sensing habitatkwaliteit open grasland

#### LEESWIJZER

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van het onderzoek naar de relatie tussen remote-sensing-beelden en de habitatkwaliteit van open grasland voor weidevogels. Paragraaf 3.1 beschrijft de resultaten van het onderzoek waarin de relatie tussen remote-sensing-beelden en kenmerken van de vegetatie centraal staan. Paragraaf 3.2 beschrijft de resultaten van het onderzoek gericht op de relatie tussen remote-sensing-beelden en de ruimtelijke verspreiding van weidevogels (nesten en gezinnen).

#### 3.1 Remote sensing – habitatkwaliteit grasland



##### Illustratie van data

Onderstaande foto's tonen een aantal voorbeelden van bezochte graslanden. De voorbeelden staan gesorteerd op de Q-waarde (van hoog naar laag, dus van intensief gebruikt soortenarm grasland naar soortenrijk, extensief gebruikt grasland).





Waar?	Bovenkerkerpolder	Bovenkerkerpolder
Soortenrijkdom	8	13
Shannon diversity	4.01	7.61
Q-waarde	1.58	2.16
Grassenindex	97.02%	77.27%
Kruidenindex	0.59%	21.71%
Voederwaarde (KV-getal)	7.57	6.75
Omschrijving	Soortenarm grasland met hoge voederwaarde. Homogene, gesloten structuur.	Matig soortenrijk grasland met relatief hoge voederwaarde. Heterogene structuur, plaatselijk open.
Grassen	Engels raaigras (9), straatgras (7), ruw beemdgras (6), gestreepte witbol (5), kweek (5), geknikte vossenstaart (3)	Engels raaigras (8), ruw beemdgras (7), grote vossenstaart (6), gestreepte witbol (6), ruw beemdgras, zachte dravik (5), timoteegras (3)
Kruiden	Vogelmuur (4), paardenbloem (1)	veldzuring (6), kruipende boterbloem (5), gewone hoornbloem (5) pinksterbloem hondsdrif (4), kleine veldkers (2), kluwenhoornbloem (2), veldereprijs (2)



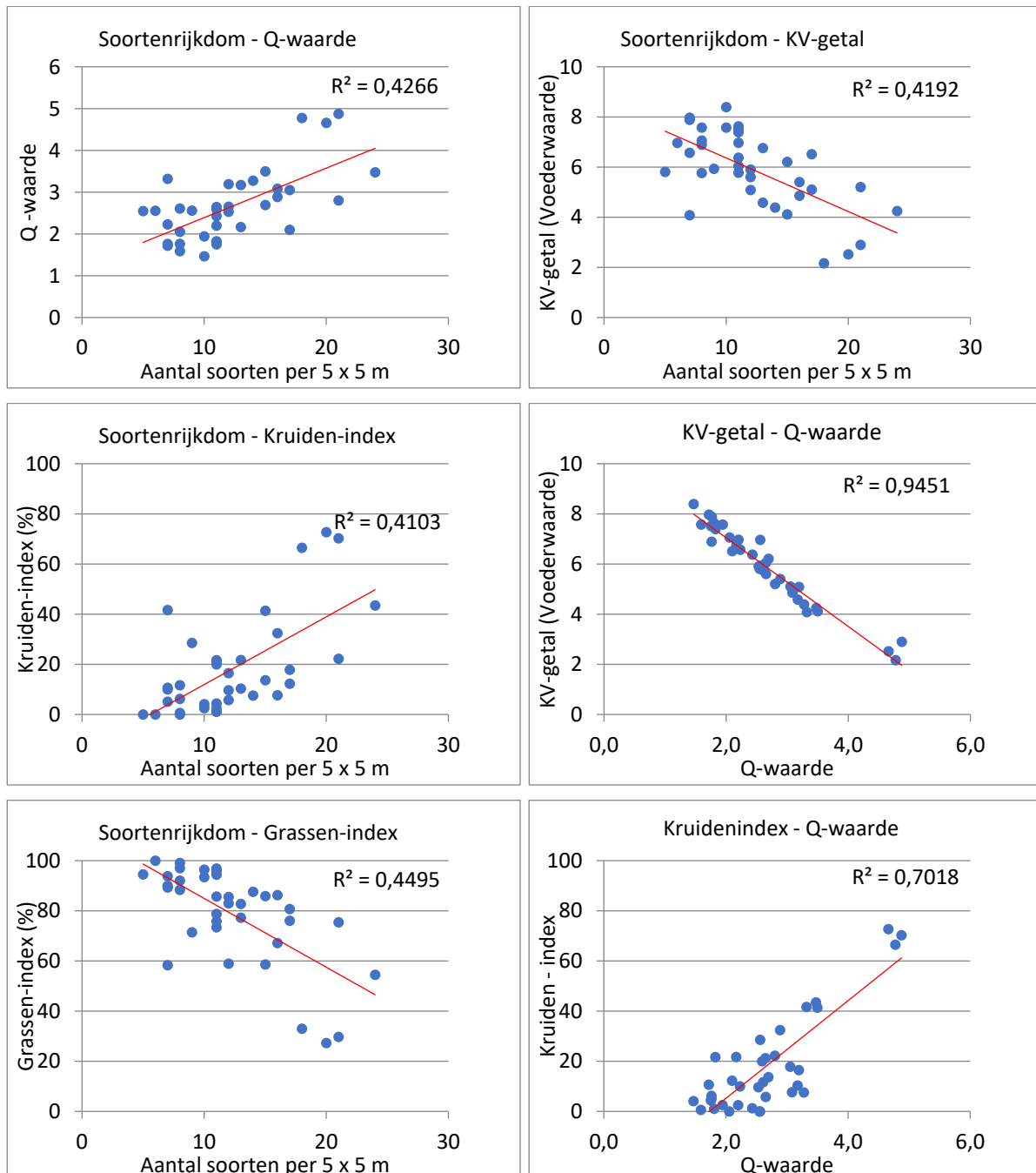
		
Waar?	Ronde Hoep	Ronde Hoep
Soortenrijkdom	11	13
Q-waarde	2.64	3.17
Grassenindex	73.45%	82.75%
Kruidenindex	21.23%	10.34%
Voederwaarde (KV-getal)	6.03	4.58
Omschrijving	Matig soortenrijk grasland met acceptabele voederwaarde. Homogene, open structuur.	Redelijk soortenrijk grasland met lage voederwaarde. Groei nog nauwelijks op gang door natte omstandigheden. Daardoor op moment van foto en later in het seizoen zeer open structuur.
Grassen	Ruw beemdgras (8), Engels raaigras (7), Fioringras (7), Gestreepte witbol (6), rietgras (5), zachte dravik (4)	Fioringras (8), Ruw beemdgras (7), geknikte vossenstaart (7)
Kruiden	Kruipende boterbloem (6), veldzuring (6), Pinksterbloem (5), vogelmuur (4), scherpe boterbloem (4)	Veldzuring (5), Vogelmuur (4), gewone hoornbloem (4), reukeloze kamille (3), grote ratelaar (2), kruipende boterbloem (2), Moerasdroogbloem (2), scherpe boterbloem (2), grote brandnetel (2), waterkers spec (1)

		
Waar?	Hooge Weide	Hooge Weide
Soortenrijkdom	15	21
Shannon diversity	6.95	7.46
Q-waarde	3.49	4.81
Grassenindex	58.62%	29%
Kruidenindex	41.37%	70%
Voederwaarde (KV-getal)	4.11	2.89
Omschrijving	Soortenrijk grasland met lage voederwaarde. Zeer heterogene structuur, overwegend open, met her en der dichte pollen.	Zeer soortenrijk grasland met zeer lage voederwaarde (lidrus en grote ratelaar domineren).
Grassen	Fioringras (9), Gestreepte witbol (5), zachte dravik (5), rood zwenkgras (4), Engels raaigras (4), gewoon reukgras (4), veldbeemdgras (3)	Kamgras (8), Gestreepte witbol (4), ruw beemdgras (4), gewoon reukgras (4), mannagras (4), beemdlangbloem (4), veldbeemdgras (2), zomprus (2), gladde witbol (1),
Kruiden	Kruipende boterbloem (7), vogelmuur (6), veldzuring (5), gewone hoornbloem (5), scherpe boterbloem (4), grote ratelaar (3), zilverschoon (3) paardenbloem (2)	Lidrus (9), Grote ratelaar (8), Witte klaver (6), smalle weegbree (5), scherpe boterbloem (4), gewone hoornbloem (4), Veldzuring (3), kleine klaver (3), rode klaver (3), Kruipende boterbloem (2), rietorchis (2) paardenbloem (2)

## Relaties tussen afhankelijke variabelen

In dit onderzoek is een groot aantal afhankelijke variabelen getoetst die, op verschillende manieren, een indicator zijn van de soortensamenstelling van de vegetatie. Tussen deze afhankelijke variabelen bestaan uiteraard verbanden. Ter illustratie wordt in onderstaande figuren een aantal van deze verbanden getoond. Allereerst valt op dat de soortenrijkdom (het aantal soorten grassen en kruiden binnen een perceel) sterk gecorreleerd is met de Q-waarde, maar dat er toch sprake is van de nodige spreiding. Dat illustreert hoe de Q-waarde differentiatie aan kan brengen tussen graslanden met hetzelfde aantal soorten, maar verschillen in de soortensamenstelling. Verder valt op dat graslanden met een hoge Q-waarde een laag KV-getal hebben. Met andere woorden: hoe groter de kruidenrijkdom, hoe kleiner de voederwaarde.



**Figuur 16** In dit onderzoek worden negen verschillende indicatoren gebruikt die iets zeggen over de soortensamenstelling van de vegetatie. Uiteraard bestaan er correlaties tussen deze variabelen. Ter illustratie zijn hierboven een zestal van deze verbanden weergegeven.



## Resultaten analyse op hoofdlijnen

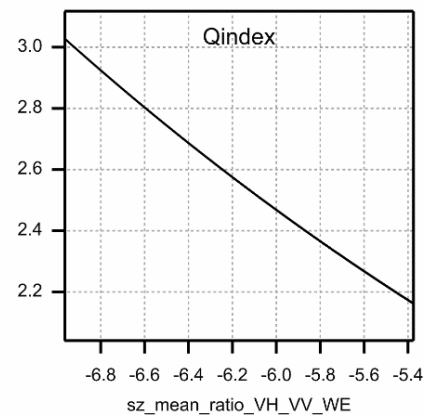
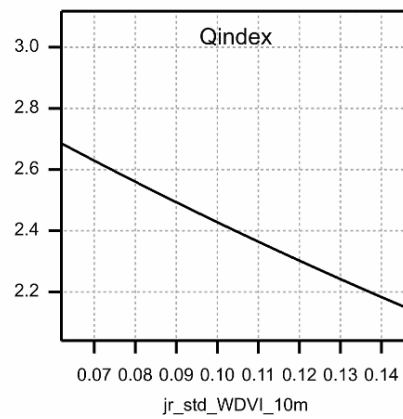
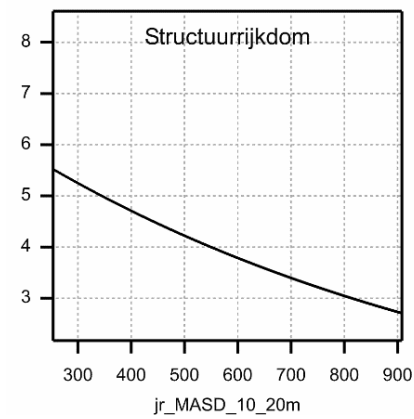
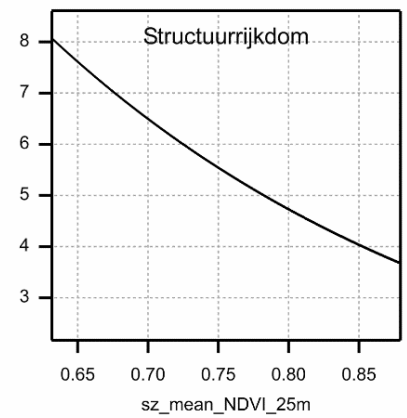
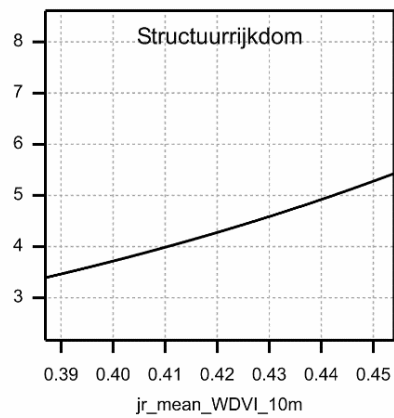
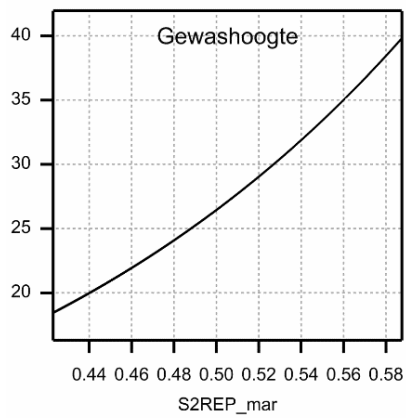
Tabel 6 toont welke remote-sensing-variabelen zijn geselecteerd (op basis van all-subset methodiek en hoogste R<sup>2</sup>-adjusted waarde, waarbij alle opgenomen variabelen significant zijn bij 1%; zie hoofdstuk methodiek). Figuur 17 toont hoe de relaties verlopen.

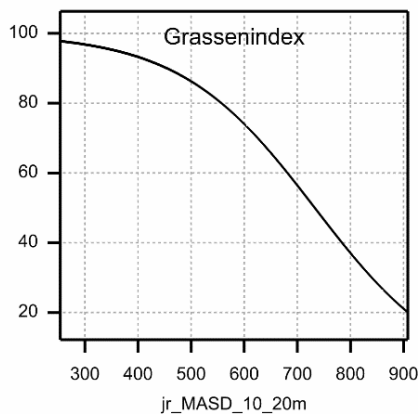
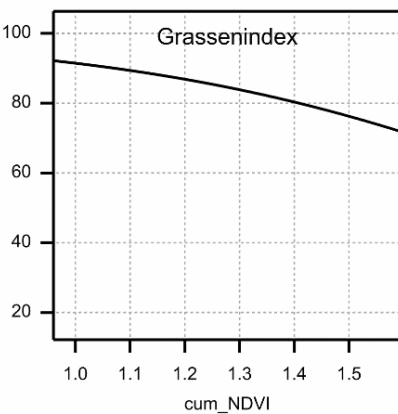
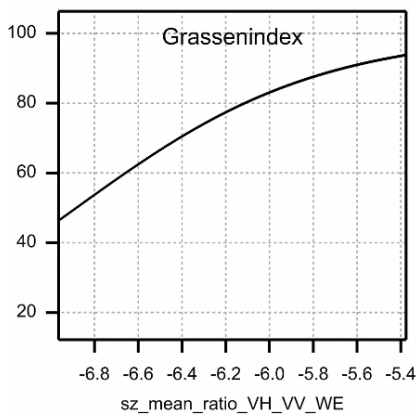
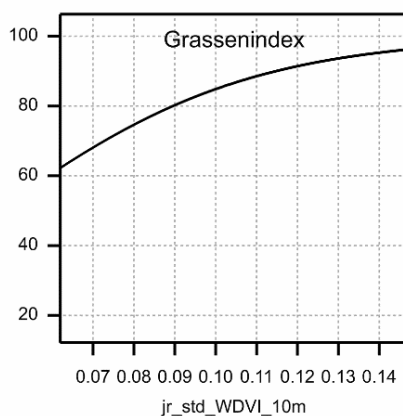
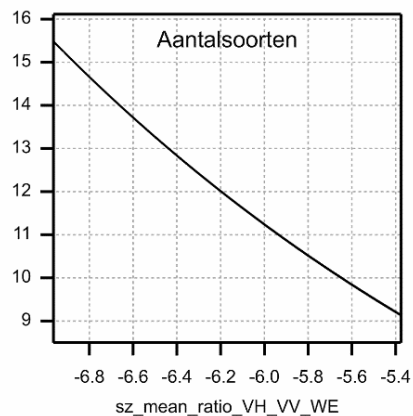
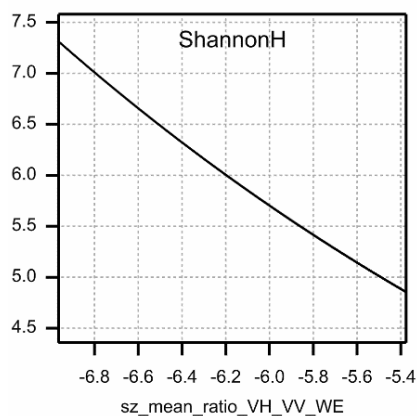
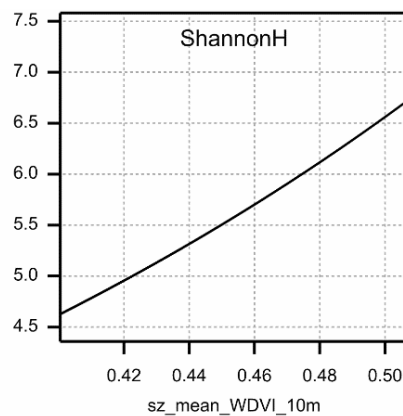
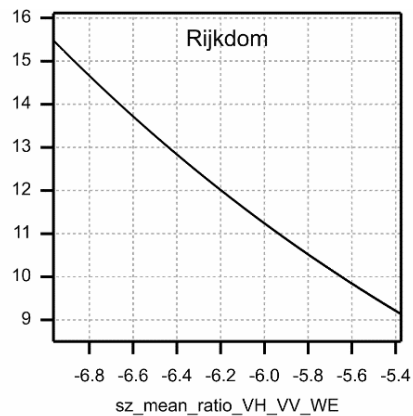
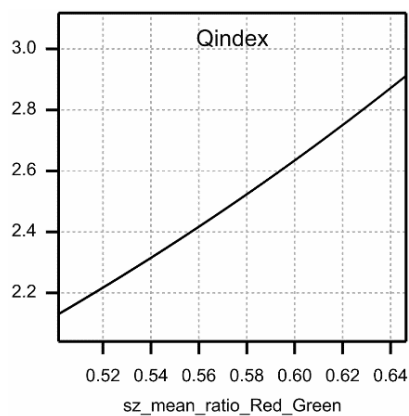
Tabel 6 maakt de volgende zaken duidelijk:

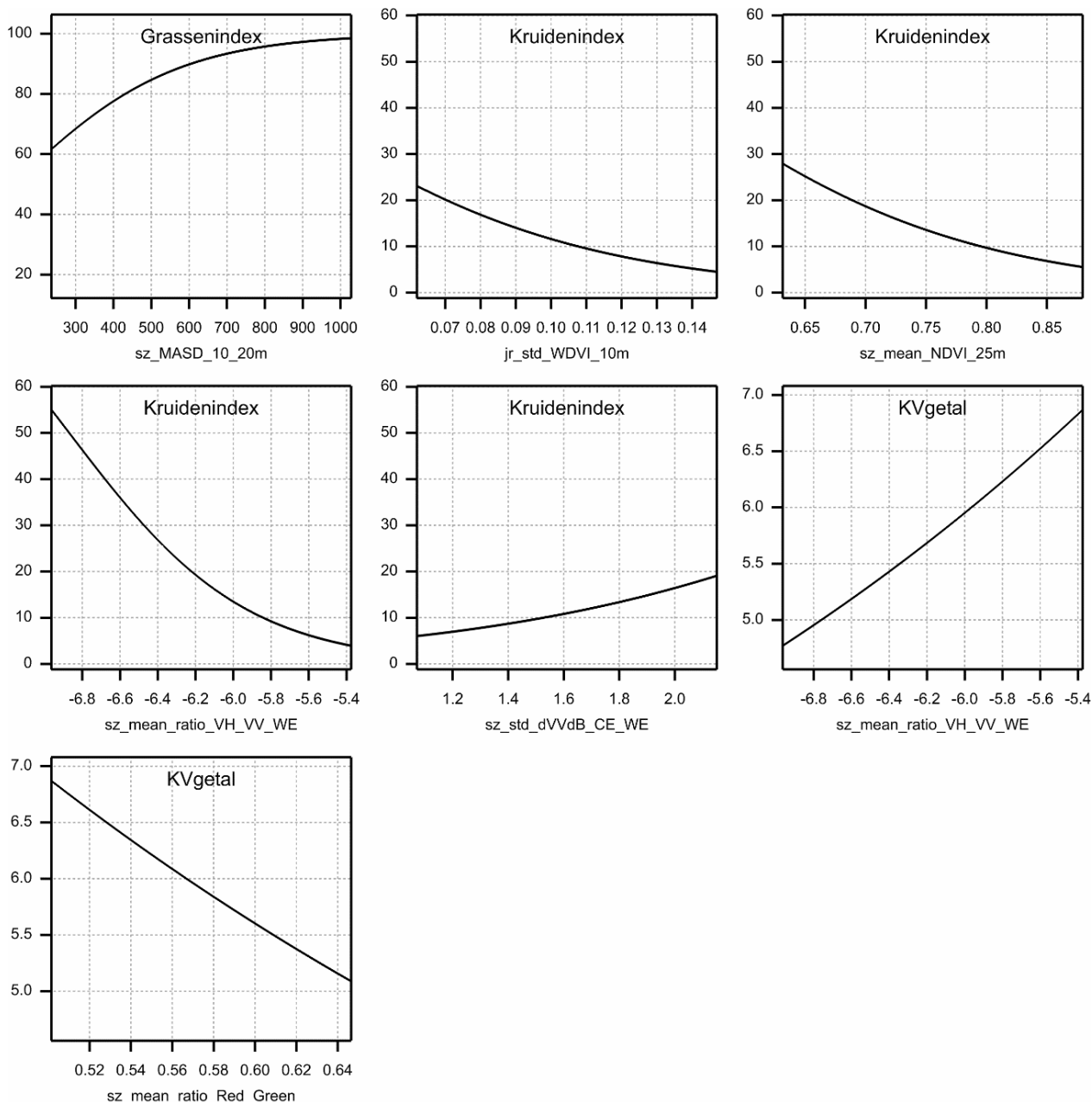
- De modellen voor de kruidenrijkdom en voederwaarde (Q waarde, kruidenindex en KVgetal) presteren verreweg het beste (hoogste R<sup>2</sup>-adjusted). Voor deze afhankelijke variabelen scoren de modellen – die bestaan uit een combinatie van verschillende remote sensing markers – dus relatief goed. De overige modellen, die betrekking hebben op de gewashoogte en -structuur, scoren minder goed (lage R<sup>2</sup>-adjusted).
- Er zijn behoorlijk grote verschillen in de remote-sensing-markers die worden geselecteerd. Er dienen dus verschillende markers te worden gebruikt om een totaalbeeld te krijgen van de habitatkwaliteit.
- De marker 'sz\_mean\_ratio\_VH\_VV\_WE' scoort opvallend goed op alle afhankelijke variabelen die betrekking hebben op de soortensamenstelling van de vegetatie. Deze marker heeft betrekking op de structuur van de vegetatie gedurende het weidevogelseizoen. De interpretatie van deze relatie is echter een struikelblok: er is nog maar weinig bekend over de exacte werking. Verschillende studies tonen aan dat deze variabele niet alleen wordt beïnvloed door de vegetatiestructuur, maar ook door het vochtgehalte in het blad en het reliëf van het bodemoppervlak.

**Tabel 6** Geselecteerde verklarende variabelen in all-possible subsetselectie, waarbij alle geselecteerde verklarende variabelen significant zijn bij 1% (p-waarden worden binnen tabel gegeven). Aan de onderzijde van de tabel is R<sup>2</sup>-adjusted waarde getoond. Dit is een maat voor de prestatie van het model. Hoe hoger het getal, hoe beter het model presteert.

Predictor	Gewas	Struct	Vochto	Q- waarde	Rijkdo	Shann	Grasse	Kruide	KVgeta
jr_mean_WDVI_10m	-	0.0021	-	-	-	-	-	-	-
jr_std_WDVI_10m	-	-	-	0.0014	-	-	0.0000	0.0018	-
sz_mean_NDVI_25m	-	0.0059	-	-	-	-	-	0.0011	-
sz_mean_WDVI_10m	-	-	-	-	-	0.0084	-	-	-
sz_std_WDVI_10m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
%10m_NDVI_vjaar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sz_mean_ratio_VH_VV_WE	-	-	-	0.0001	0.0004	0.0038	0.0000	0.0000	0.0002
sz_std_dVVdB_CE_WE	-	-	-	-	-	-	-	0.0020	-
no_maai	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cum_NDVI	-	-	-	-	-	-	0.0057	-	-
%25m_NDVI_vjaar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2REP_mar	0.0010	-	-	-	-	-	-	-	-
jr_MASD_10_20m	-	0.0070	-	-	-	-	0.0000	-	-
sz_MASD_10_20m	-	-	-	-	-	-	0.0009	-	-
sz_mean_ratio_Red_Green	-	-	-	0.0005	-	-	-	-	0.0006
sz_mean_HUE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R <sup>2</sup> -adjusted	36.7	45.6	-	79.5	34.6	38.4	76.2	73.1	71.8







**Figuur 17** Relaties tussen remote sensing variabelen en indicatoren van de habitatkwaliteit van de vegetatie. Uitsluitend significante relaties worden getoond (zie Tabel 6).

#### Soortensamenstelling vegetatie

##### *Kruidenrijkdom vegetatie: Q-waarde grasland*

Geselecteerde significante verklarende variabelen (zie Figuur 17 voor relatie):

- jr\_std\_WDVI\_10: Des te groter de jaarlijkse temporele dynamiek in de biomassa (als gevolg van hergroei, maaien, etc.), hoe te lager de Q-waarde.
- sz\_mean\_ratio\_VH\_VV\_WE: Interpretatie vergt nader onderzoek.
- sz\_mean\_ratio\_red\_green: Des te meer de 'groentinten' domineren over de 'roodtinten' gedurende de periode 1 april tot 31 mei, des te lager de Q-waarde van het grasland.

##### *Kruidenrijkdom vegetatie: aantal soorten*

Geselecteerde significante verklarende variabelen (zie Figuur 17 voor relatie):

- sz\_mean\_ratio\_VH\_VV\_WE: interpretatie vergt nader onderzoek.

---

### *Shannon diversity $H'$*

Geselecteerde significante verklarende variabelen (zie Figuur 17 voor relatie):

- **sz\_meanWDVI\_10m**: Des te groter de *gemiddelde* WDVI-waarde (indicator voor biomassa) in de periode van 1 april tot 15 juli, des groter de diversiteit. Dit klinkt wellicht tegenstrijding. Verkenning van de tijdseries maakt inzichtelijk dat dit hoogstwaarschijnlijk te maken heeft met het feit dat soortenarme vegetaties eerder wordt gemaaid. Na maaien is de WDVI-waarde lager. Dat haalt de gemiddelde WDVI-waarde omlaag. Soortenrijke vegetaties worden juist laat gemaaid. Daardoor is de gemiddelde WDVI waarde uiteindelijk hoger.
- **sz\_mean\_ratio\_VH\_VV\_WE**: interpretatie vergt nader onderzoek.

### *Voedingswaarde (KV-getal)*

Geselecteerde significante verklarende variabelen (zie Figuur 17 voor relatie):

- **sz\_mean\_ratio\_VH\_VV\_WE**: interpretatie vergt nader onderzoek.
- **sz\_mean\_ratio\_red\_green**: Des te meer de 'groentinten' domineren over de 'roodtinten' gedurende de periode 1 april tot 31 mei, des te hoger de voederwaarde (KV-getal) van het grasland.

### *Grassenindex*

Geselecteerde significante verklarende variabelen (zie Figuur 17 voor relatie):

- **jr\_std\_WDVI\_10**: Des te groter de jaarlijkse temporele dynamiek in de biomassa (als gevolg van hergroei, maaien, etc.), des te groter het aandeel grassen in de vegetatie.
- **sz\_mean\_ratio\_VH\_VV\_WE**: Interpretatie vergt nader onderzoek.
- **Cum\_NDVI**: Des te groter aangroei van biomassa (uitgedrukt in NDVI), des te lager de grassenindex. Dit is niet wat je in eerste instantie zou verwachten. Mogelijk hangt dit samen met het feit dat kruidenrijke graslanden vanaf een lagere startwaarde beginnen. Daardoor wordt een groter NDVI-getal toegevoegd aan de eindsom.
- **jr\_MASD\_10\_20M**: Des te groter de temporele dynamiek (op vlak van alle optische satellietbanden, jaarrond), des te lager het aandeel grassen in de vegetatie. Dit resultaat heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat een soortenarm grasland jaarrond (dus ook in de winter) een veel 'stabielere' voorkomen heeft (meer gelijkend op elkaar) dan een kruidenrijk grasland.
- **sz\_MASD-10\_20M**: Des te groter de temporele dynamiek (op vlak van alle optische satellietbanden, in de periode van 1 april tot 15 juli), des te groter het aandeel grassen in de vegetatie. In het groeiseizoen gebeurt veel op intensief gebruikte percelen met een hoog aandeel grassen: er wordt gemaaid en er vindt hergroei plaats. Dat zorgt voor een grotere temporele dynamiek in deze periode.

### *Kruidenindex*

Geselecteerde significante verklarende variabelen (zie Figuur 17 voor relatie):

- **jr\_std\_WDVI\_10**: Des te groter de jaarlijkse temporele dynamiek in de biomassa (als gevolg van hergroei, maaien, etc.), des te lager het aandeel kruiden in de vegetatie.
- **sz\_mean\_ratio\_VH\_VV\_WE**: Interpretatie vergt nader onderzoek.
- **sz\_mean\_NDVI\_25m**: Des te groter de gemiddelde NDVI-waarde (indicator voor biomassa) in de periode van 1 april tot 15 juli, des te hoger het aandeel kruiden in de vegetatie. Dit klinkt wellicht tegenstrijding. Verkenning van de tijdseries maakt inzichtelijk dat dit hoogstwaarschijnlijk te maken heeft met het feit dat soortenarme vegetaties eerder worden gemaaid. Na maaien is de NDVI-waarde lager. Dat haalt de gemiddelde NDVI-waarde omlaag. Soortenrijke vegetaties worden juist laat gemaaid. Daardoor is de gemiddelde WDVI-waarde uiteindelijk hoger.
- **sz\_std\_dVVB\_CE\_WE**: Hoe hoger deze waarde – een maat voor de temporele dynamiek in de periode van 1 april tot 15 juli op basis van radar –, des te lager het aandeel kruiden.

### Structuur grasland

#### *Hoogte vegetatie*

Geselecteerde significante verklarende variabelen (zie Figuur 17 voor relatie):

- **S2REP\_mar**: Des te groter de S2REP waarde (maat voor stikstof en bladgroen) in maart, des te hoger de vegetatie later in het seizoen (mei/juni).

### Ruimtelijke structuurvariatie

Geselecteerde significante verklarende variabelen (zie Figuur 17 voor relatie):

- Sz\_mean\_NDVI\_25M: Des te groter de gemiddelde NDVI-waarde (indicator voor biomassa) in de periode van 1 april tot 15 juli, des te lager de structuurrijkdom.
- Jr\_MASD\_10\_20m: Des te groter de temporele dynamiek (op vlak van alle optische satellietbanden, jaarrond), des te lager de structuurrijkdom van de vegetatie.

### Bodemvochtigheid

Geen significante resultaten.

## 3.2 Remote sensing – perceelgebruik door weidevogels

### 3.2.1 Beschrijving data

De dataset bevat tellingen van nesten en kuikens voor 15.534 percelen in 247 gebieden voor de jaren 2018-2021. Daarnaast bevat de dataset abiotische kenmerken voor de percelen en remote-sensing-waarden voor {perceel, jaar} combinaties. Het totaal aantal waarnemingen is 39.981.

De abiotische variabelen zijn compleet, dat wil zeggen dat er geen ontbrekende waarnemingen zijn. De remote-sensing-variabelen zijn echter niet compleet. Het aantal en het percentage ontbrekende waarnemingen zijn gegeven in Tabel 7. Bij weglating van "sz\_mean\_ratio\_VH\_VV\_WE" én "%25m\_NDVI\_std\_vjaar" zijn er nog 36.119 waarnemingen (van de in totaal 39.981) met een complete set van remote-sensing-waarnemingen. Deze subset is verder gebruikt in onderstaande analyse. Deze subset betreft 14.890 percelen, nog steeds in 247 gebieden.

**Tabel 7** Aantal en percentage ontbrekende remote-sensing-waarnemingen.

NDVI	Aantal *	Percentage
sz_mean_ratio_VH_VV_WE	9512	23.8
sz_std_dVdVdB_CE_WE	4	0.0
no_maai	40	0.1
j_r_MASD_10_20m	15	0.0
sz_MASD_10_20m	15	0.0
sz_mean_ratio_Red_Green	0	0.0
sz_mean_HUE	0	0.0
S2REP_mar	1651	4.1
S2REP_apr	1239	3.1
%10m_NDVI_vjaar	784	2.0
%25m_NDVI_vjaar	221	0.6
%10m_NDVI_std_vjaar	1846	4.6
%25m_NDVI_std_vjaar	18413	46.1

Het aantal waarnemingen, dat wil zeggen beschikbare {perceel, jaar} combinaties met 0, 1, ... nesten en kuikens is weergegeven in Tabel 8. In het overgrote deel van de beschikbare {perceel, jaar} combinaties zijn geen nesten en kuikens gevonden. Merk op dat niet voor alle {perceel, jaar} combinaties een nest-telling beschikbaar is, immers de totalen zijn niet gelijk aan 36.119. Er zijn dus wat (wisselende) ontbrekende waarnemingen.

**Tabel 8** Aantal {perceel, jaar} combinaties met aantal nesten en aantal gezinnen met kuikens.

Nest/Kuik	Nest				Gezin			
	Grutto	Kievit	Scholek	Tureluur	Grutto	Kievit	Scholek	Tureluur
0	27869	26163	29396	28585	29271	29473	33817	30798
1	3952	4094	5074	3382	3805	4282	1925	3410
2	1594	1543	889	1086	1640	1461	259	1203
3	812	746	274	391	700	517	54	386
4	381	387	135	133	319	208	26	193
5	182	188	77	52	163	86	19	69
6	99	105	61	23	100	50	9	34
7	53	45	44	13	40	12	8	11
8	28	30	29	4	33	7	1	9
9	16	12	14	-	14	4	-	3
10	7	13	18	1	13	8	1	2
11	8	6	9	1	2	2	-	-
12	1	2	14	-	6	6	-	-
13	5	1	6	-	3	-	-	-
14	5	3	13	-	3	1	-	1
15	-	2	3	-	2	1	-	-
16	-	1	3	-	3	1	-	-
17	-	2	1	-	-	-	-	-
18	-	-	3	-	-	-	-	-
19	-	1	1	-	1	-	-	-
20	-	-	2	-	1	-	-	-
Totaal	35012	33344	36066	33671	36119	36119	36119	36119

### 3.2.2 Resultaten

De 'ruwe' resultaten van de analyses zijn beschikbaar in Bijlage 8. Omdat er acht verschillende subanalyses zijn uitgevoerd (vier soorten, twee aparte analyses voor nesten en gezinnen) en veel significante verklarende variabelen zijn gevonden, is het moeilijk om op basis van de ruwe resultaten inzicht te krijgen in de gevonden effecten.

Tabel 9 en Figuur 18 kunnen worden geraadpleegd voor het verkrijgen van een overzicht. Tabel 9 toont de regressiecoëfficiënten voor significante gestandaardiseerde verklarende variabelen. Omdat de verklarende variabelen zijn gestandaardiseerd, kunnen de regressiecoëfficiënten onderling goed worden vergeleken. De geschatte regressiecoëfficiënt is de effectgrootte van een verhoging met één standaardafwijking en dat is handig voor de interpretatie. Een grotere regressiecoëfficiënt (zowel negatief als positief) impliceert dan een groter effect op het aantal nesten/gezinnen.

**Tabel 9** Overzicht van regressiecoëfficiënten voor significante verklarende variabelen voor alle uitgevoerde subanalyses. De regressiecoëfficiënten zijn gebaseerd op gestandaardiseerde verklarende variabelen en kunnen daardoor onderling worden vergeleken. Zeer hoge waarden (donkergroen) duiden op een groot positief effect (voorbeeld: een toename van de afstand t.o.v. bomen heeft een groot positief effect op het aantal nesten van de grutto). Zeer lage, negatieve waarden duiden op een groot negatief effect (voorbeeld: een toename van S2REP\_april – een maat voor de intensiteit waarmee het grasland wordt gebruikt – gaat gepaard met een sterke afname van het aantal tureluur- en gruttokuikens dat gebruikmaakt van het grasland). Kleine positieve waarden duiden op een licht positief effect. Kleine negatieve waarden duiden op een licht negatief effect.

Het effect van het oppervlak van het perceel is binnen dit overzicht buiten beschouwing gelaten, maar loopt naar verwachting. Des te groter het perceel, des te groter het aantal nesten/gezinnen.

	Nesten				Gezinnen			
	Gr	Ki	Sc	Tu	Gr	Ki	Sc	Tu
Afstbomen	0.6	0.5	0.2	0.6	0.7	0.5	0.3	0.5
S2REP_apr	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4
AfstHoogsp	0.4	0.3		0.4	0.5	0.2		0.3
Drooglegging	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2		-0.2
X.25m_NDVI_vjaar		-0.1	-0.4	-0.2			-0.5	-0.3
Openheid	0.2		0.3	0.2	0.2		0.2	0.2
Hoogteverschil	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2
X.10m_NDVI_vjaar			0.4				0.6	0.2
sz_mean_ratio_Red_Green	-0.4		-0.2	-0.3	-0.2			-0.1
sz_mean_HUE	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1		-0.2		
AfstBebouwing	0.2	0.1			0.2	0.1		0.1
X.10m_NDVI_std_vjaar		0.1		0.2	0.0	0.2		0.1
no_maai		0.0	-0.1			0.0	-0.1	
jr_MASD_10_20m					-0.1	-0.1		-0.1
sz_std_dVdB_CE_WE		0.0				-0.1	-0.1	
Afstwandelfiets	0.1		-0.1		0.1			
S2REP_mar	-0.1	-0.1		-0.1				
AfstWindmolen					-0.2			
Afstautoweg	0.1							
sz_MASD_10_20m					0.1			

## Gemene deler

Tabel 9 maakt inzichtelijk welke factoren over het geheel genomen de meest bepalende factoren zijn. De verklarende variabelen zijn gesorteerd op basis van de som van regressiecoëfficiënten. De verklarende variabelen met de grootste invloed (over het geheel genomen) staan bovenaan. Aan de onderzijde staan de verklarende variabelen met het kleinste effect voor alle combinaties van soort en nest/gezin tezamen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de predictor in kwestie nog steeds een behoorlijk grote invloed kan hebben, bijvoorbeeld voor één of enkele combinaties van soort en nest/gezin. Tabel 9 maakt tevens inzichtelijk dat de regressiecoëfficiënten voor verschillende soorten dezelfde richting op staan. Dat wil zeggen: een factor die van positieve of negatieve invloed is op het voorkomen van nesten/gezinnen is dat voor alle combinaties van soort en nest/gezin. De verschillen tussen soorten en tussen nesten en gezinnen zitten dus in de grootte van het effect, niet in de richting. Dat maakt het makkelijker om weidevogelbeheer als geheel te benaderen.

## Effect per factor

Hieronder worden de verschillende getoetste verklarende variabelen apart besproken. De verklarende variabelen worden besproken volgens dezelfde volgorde als getoond in Tabel 9. Uitsluitend de eerste zeven factoren uit de tabel (de verklarende variabelen met het grootste effect) worden besproken. Per verklarende variabele wordt besproken:

- Wat het effect is van de predictor voor de onderzochte set van weidevogels als geheel;
- Of er sprake is van substantiële verschillen tussen soorten;
- Of er sprake is van substantiële verschillen tussen de nesten en de gezinnen;
- Wat de implicaties zijn voor beheer en inrichting.



---

## Afstand bomen

### *Algemeen:*

Des te groter de afstand ten opzichte van bomen, des te meer weidevogelnesten en -gezinnen.

### *Verschillen tussen soorten?*

In volgorde van meest gevoelig voor verstoring door bomen naar minst gevoelig: grutto, tureluur, kievit, scholekster.

### *Verschil tussen nest- en kuikenfase?*

Geen noemenswaardig verschil.

### *Implicaties voor beheer en inrichting:*

- Positioneer beheer op een zo groot mogelijke afstand van bomen.
- Voorkom uitgroei van solitaire bomen en kleine bosjes in het landschap.
- Verwijder bomen waar mogelijk, met inachtneming van andere cultuurhistorische en ecologische waarden.

## S2REP apr

### *Toelichting variabele:*

De S2REP-waarde wordt bepaald door het chlorofyl- en stikstofgehalte in het blad. De waarde wordt bepaald in april, voor de start van het maaiseizoen (daardoor weinig 'ruis'). Een hoge waarde past bij hoogproductieve, groeizame percelen, waar de groei al vroeg op gang komt, veelal intensief gebruikt. Een lage waarde past bij extensief gebruikte percelen, waar de groei traag op gang komt.

### *Algemeen:*

Des te hoger de S2REP-waarde, des te minder weidevogelnesten en -gezinnen.

### *Verschillen tussen soorten?*

Verschillen zijn klein. Tureluur prefereert meest extensieve graslanden, zowel voor nest- als kuikenfase.

### *Verschil tussen nest- en kuikenfase?*

Kuikenland dient nog extensiever te zijn dan nest-land. In de kuikenfase gaan de soorten op zoek naar kruidenrijke graslanden met een open vegetatiestructuur. Dat zijn de meest extensief gebruikte percelen die door de tragere gewasgroei nog niet zijn dichtgegroeid en daardoor tot laat in het seizoen het geschiktst blijven voor foeragerende weidevogelkuikens.

### *Implicaties voor beheer en inrichting:*

- Werk aan verschraving van de graslanden indien deze hoogproductief zijn: dat komt ten goede aan alle soorten.
- Zorg voor een pallet/mozaïek van semi-extensief gebruikte graslanden die geschikte broedhabitat vormen en extensief gebruikte, kruidenrijke percelen die geschikte kuikenhabitat en broedhabitat vormen.

## Afstand hoogspanningsmast

### *Algemeen:*

Des te groter de afstand ten opzichte van een hoogspanningsmast, des te meer weidevogelnesten en -gezinnen.

### *Verschillen tussen soorten?*

Scholekster niet gevoelig voor verstoring door hoogspanningsmasten.

### *Verschil tussen nest- en kuikenfase?*

Geen noemenswaardig verschil.

---

#### *Implicaties voor beheer en inrichting:*

- Positioneer beheer op een zo groot mogelijke afstand van hoogspanningsmasten.
- Wees alert op plannen voor het plaatsen van hoogspanningsmasten in nabijheid van belangrijke weidevogelgebieden.

#### Drooglegging

##### *Algemeen:*

Des te groter de drooglegging (lage waterstand), des te minder weidevogels.

##### *Verschillen tussen soorten?*

Geen noemenswaardig verschil.

##### *Verschil tussen nest- en kuikenfase?*

Scholekster kiest nattere percelen om te broeden, maar voor de locatie van het gezin speelt drooglegging niet of nauwelijks een rol.

#### *Implicaties voor beheer en inrichting:*

- Positioneer beheer op de natste delen van de polder.
- Beperk de drooglegging; werk aan vernatting. Vernatting heeft een sterk 'aantrekkelijk' effect.

#### 25m NDVI voorjaar

##### *Toelichting variabele:*

De NDVI-waarde is een indicator voor de hoeveelheid biomassa van het gras. De waarde wordt bepaald in april, voor de start van het maaiseizoen (daardoor weinig 'ruis'). Een hoge waarde past bij hoogproductieve, groeizame percelen, waar de groei al vroeg op gang komt als gevolg van hoge mestgift en/of geringe drooglegging. Een lage waarde past bij extensief gebruikte percelen, waar de groei traag op gang komt.

##### *Algemeen:*

Hoe hoger de NDVI-waarde in april, hoe minder weidevogels.

##### *Verschillen tussen soorten?*

Voor de grutto komt NDVI niet naar voren als significant bepalende factor. Dat wil niet zeggen dat er geen relatie is. Het gebrek aan een significant effect kan een gevolg zijn van de reeds opgenomen S2REP-predictor, die op hoofdlijnen naar hetzelfde aspect kijkt. Wellicht heeft de NDVI-waarde geen toegevoegde waarde ten opzichte van de reeds opgenomen S2REP-predictor.

##### *Verschil tussen nest- en kuikenfase?*

Kuikenland dient nog extensiever te zijn dan nest-land. In de kuikenfase gaan de soorten op zoek naar kruidenrijke graslanden met een open vegetatiestructuur, dat zijn de meest extensief gebruikte percelen die door de tragere gewasgroei nog niet zijn dichtgegroeid en daardoor nog geschikt zijn.

#### *Implicaties voor beheer en inrichting:*

- Werk aan vershraling van de graslanden indien deze hoogproductief zijn: dat komt ten goede aan alle soorten.
- Zorg voor een pallet/mozaïek van semi-extensief gebruikte graslanden die geschikte broedhabitat vormen en extensief gebruikte, kruidenrijke percelen die geschikte broed- en kuikenhabitat vormen.

#### Openheid landschap

##### *Toelichting variabele:*

De openheid van het landschap kan worden beschouwd als een maat die een beeld geeft van de algehele openheid van een gebied. Uiteraard is er een verband met de afstandskaarten, die ook in het model zijn opgenomen (afstand bomen, bebouwing, hoogspanningsmasten etc.). Het verband tussen beide kaarten is echter niet een-op-een. Voorbeeld: een perceel dat is gelegen in een overwegend open gebied (weinig

---

opgaande elementen), maar direct naast een groepje bomen zal als sterk verstoord naar voren komen op de kaart 'afstand bomen', terwijl het perceel alsnog relatief hoog kan scoren op de kaart 'openheid landschap'. De openheid van het landschap wordt namelijk bepaald door 360 graden in de rondte te kijken en vervolgens de gemiddelde lengte van alle zichtlijnen te berekenen (zie hoofdstuk 2). De nabijgelegen bomenrij 'verlaagt' uiteraard de gemiddelde waarde, maar deze wordt deels gecompenseerd door de lange zichtlijnen in de richting waar de bomenrij niet aanwezig is. De openheid blijkt een redelijk beperkt effect te hebben op het voorkomen van de soorten. Daarbij moet in acht worden genomen dat dit komt doordat de afstandskaarten een sterkere verklarende kracht hebben en gecorreleerd zijn aan de openheidskaart. Indien een analyse wordt uitgevoerd waarin de afstandskaarten niet worden meegenomen maar de kaart 'openheid landschap' wel, dan neemt de verklarende kracht van deze kaart sterk toe.

*Algemeen:*

Des te groter de openheid van het landschap, des te meer weidevogelnesten en -gezinnen.

*Verschillen tussen soorten?*

Geen significant effect op kievit. Let op: de afstandskaarten hebben wel een effect op de kievit. De kaart 'openheid landschap' heeft dus geen toegevoegde waarde binnen de analyse voor deze soort.

*Verschil tussen nest- en kuikenfase?*

Geen noemenswaardig verschil.

*Implicaties voor beheer en inrichting:*

- Positioneer beheer in een zo open mogelijk landschap.
- Voorkom ontwikkelingen die de openheid van het landschap beperken (uitgroei van solitaire bomen en kleine bosjes in het landschap, nieuwe bebouwing etc.).
- Verwijder bomen waar mogelijk, rekening houdend met andere cultuurhistorische en ecologische waarden.

Hoogteverschil

*Toelichting variabele:*

Hoogte van het perceel in vergelijking met percelen in de omgeving (zie hoofdstuk 2).

*Algemeen:*

Alle soorten verkiezen percelen met een lage ligging ten opzichte van de omgeving.

*Verschillen tussen soorten?*

Geen noemenswaardig verschil.

*Verschil tussen nest- en kuikenfase?*

Geen noemenswaardig verschil.

*Implicaties voor beheer en inrichting.*

- Positioneer beheer op laaggelegen percelen.

Overige verklarende variabelen

Alle overige verklarende variabelen worden hier niet in detail besproken. Raadpleeg Tabel 9 en Figuur 18 om de relaties te doorgronden. Hieronder volgen nog enkele opvallende verbanden.

*sz\_mean ratio red/green*

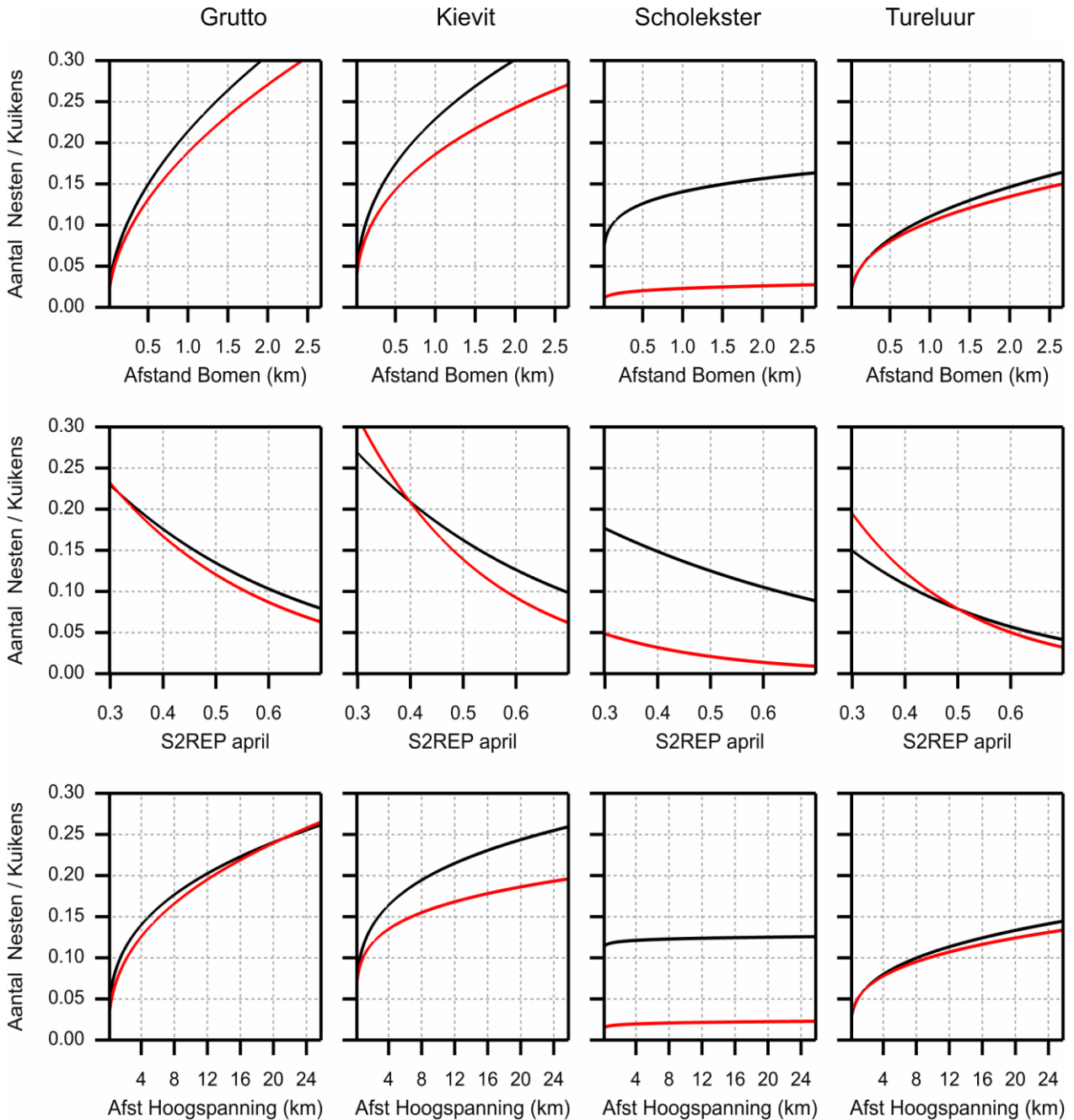
Op basis van alle beelden die tijdens het broedseizoen zijn verzameld, kan een verhouding worden berekend tussen de hoeveelheid rood- en groentinten. Des te meer de groentinten domineren ten opzichte van de roodtinten, des te minder weidevogelnesten en -gezinnen.

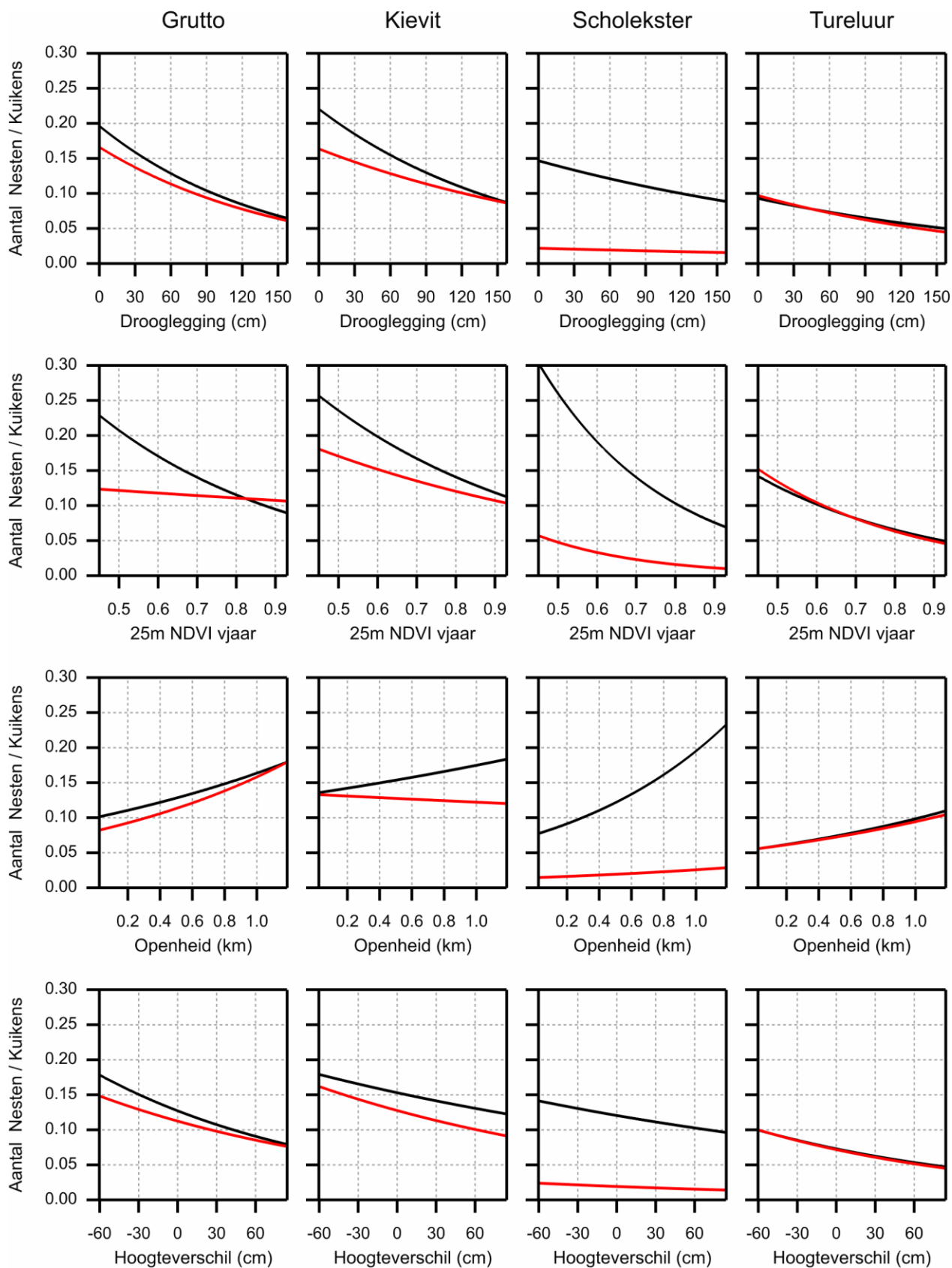
*HUE\_value*

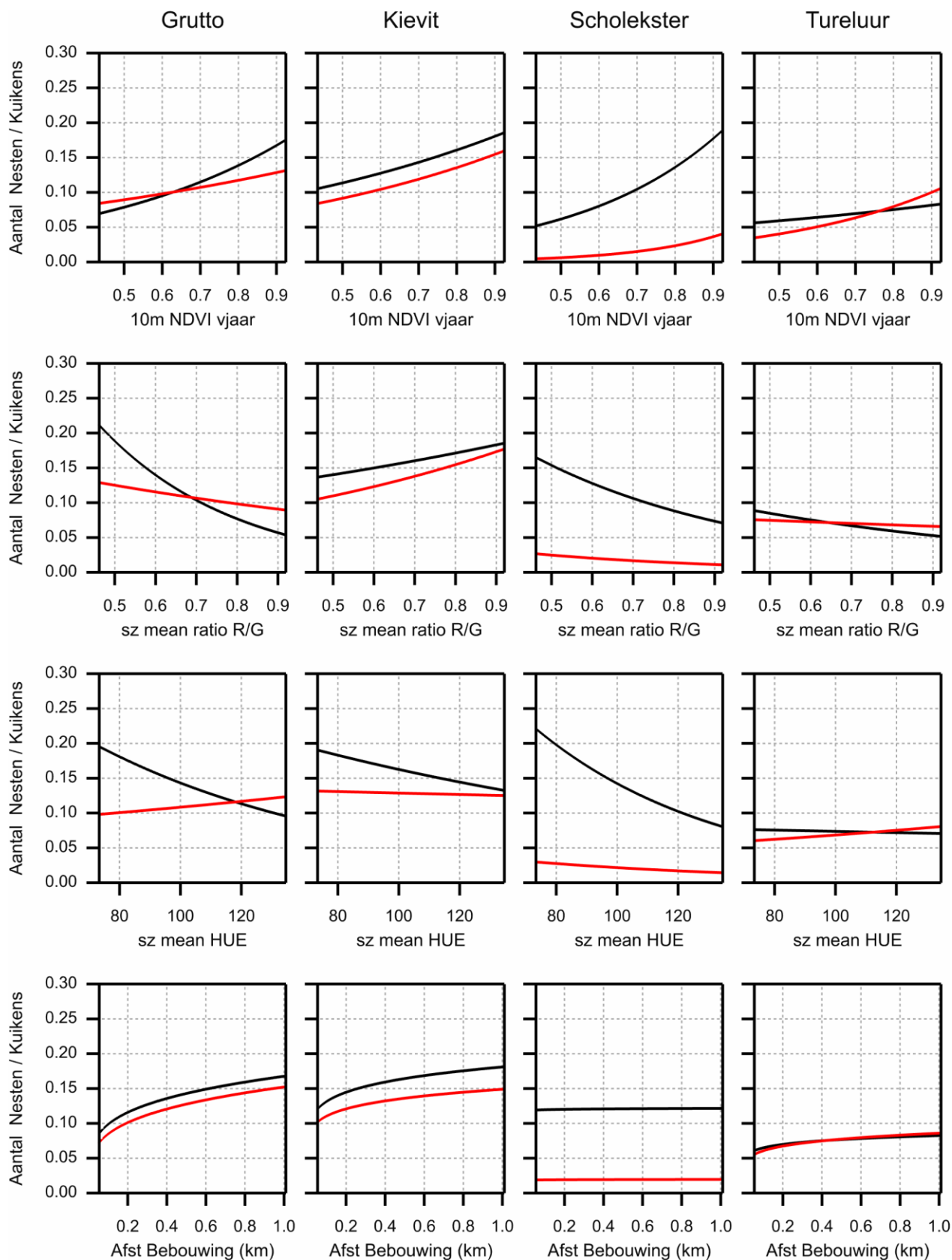
De HUE value is een kleurschaal. De HUE-waarde correspondeert met een bepaalde kleur. Voor alle percelen is de gemiddelde HUE-waarde bepaald. De gemiddelde HUE-waarde van 90% van de percelen valt

binnen de waarden 80 (geelgroen) tot 130 (blauwgroen).

Een toename van de HUE-waarde gaat gepaard met een afname van weidevogels (zie Tabel 9). Deze inzichten sluiten aan op de beschrijvingen van graslandfasen van Schippers (2015). Engels raaigrasland geeft een typische 'blauwgroene indruk'. De extensievere graslanden (bijvoorbeeld fase 1 en fase 3) geven een andere gemiddelde kleur, die meer naar warm groen neigt. Dat is niet alleen het gevolg van de intrede van bloemen, maar ook van een verschuiving in de samenstelling van grassen, die gezamenlijk een andere gemiddelde kleurimpressie geven.







**Figuur 18** Relaties tussen het voorkomen van weidevogelnesten (zwarte lijn) en weidevogelgezinnen (rode lijn) voor grutto, kievit, scholekster en tureluur.

## 4 Resultaten: literatuurverkenning remote sensing droge & natte dooradering en open akker

### LEESWIJZER

Dit jaar is in detail verkend welke mogelijkheden het gebruik van remote sensing kan bieden voor het in beeld brengen van de habitatkwaliteit van open grasland (zie hoofdstuk 3). In dit hoofdstuk wordt verkend op welke manieren remote sensing kan worden ingezet voor het monitoren van de habitatkwaliteit in de overige drie leefgebieden: droge dooradering, natte dooradering en open akker. Per leefgebied wordt een aantal factoren benoemd waarvan monitoring wenselijk zou zijn. Vervolgens wordt besproken wat er mogelijk is op het gebied van remote sensing o.b.v. literatuuronderzoek en inzichten vanuit lopend onderzoek.

### 4.1 Droge dooradering

#### Aanwezigheid landschapselementen

##### Waarom is inzet van remote sensing gewenst?

Het bestaande kaartmateriaal met betrekking tot de aanwezigheid van landschapselementen is veelal onvolledig. Vooral landschapselementen met een beperkte omvang ontbreken op topografisch kaartmateriaal. Een volledig beeld van aanwezige landschapselementen biedt mogelijkheden tot monitoring, borging en beloning (bijv. in het kader van de biodiversiteitsmonitor, waarin een KPI is opgenomen die betrekking heeft op de aanwezigheid van landschapselementen). Daarnaast kan kaartmateriaal met betrekking tot de aanwezigheid van landschapselementen worden ingezet voor wetenschappelijk onderzoek op het gebied van habitatgebruik.

##### Wat is er reeds mogelijk?

##### *Ervaringen in Nederland*

In Nederland zijn verschillende projecten opgezet die de aanwezigheid van landschapselementen in beeld brengen. Een aantal daarvan gebruiken bestaande topografische kaartbeelden als brondata. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de indicator 'opgaand groen' uit de monitor landschap (Koomen et al., 2018) en de basiskaart Natuur en Landschap (Sanders & Meeuwsen, 2019). Deze kaarten zijn gemaakt door bestaand topografisch kaartmateriaal te combineren. Het nadeel van deze aanpak is dat de onderliggende topografische data incompleet zijn. Als gevolg van gaten in de brondata ontstaan onvermijdelijk gaten in het eindproduct.

De 'groenkaart' Nederland lijkt meer geschikt voor monitoring van de aanwezigheid van landschapselementen. Dit rasterbestand (celgrootte 10 bij 10 m) geeft inzicht in de dekking van bomen, struiken en 'lage begroeiing' per cel. De kaartlaag is gemaakt door het Algemeen Hoogtebestand Nederland (v3) te combineren met een infrarood luchtfoto (CIR-bestand). In de huidige vorm van de kaart wordt de hoeveelheid groen echter gesommeerd per cel. Voor het in beeld brengen van de habitatkwaliteit is het wenselijk om juist over de brondata te beschikken, waarbij de dekking van afzonderlijke vegetatielagen nog niet zijn gesommeerd en de data op zeer hoog detailniveau (enkele centimeters) beschikbaar zijn.

##### *Verskillende werkwijzen voor herkenning van landschapselementen*

De voorbeelden uit de internationale literatuur laten zien dat er meer mogelijk is. Tot voor kort werden de mogelijkheden vooral gelimiteerd door de beperkte beschikbaarheid van remote-sensing-gegevens met een hoge resolutie. Zo hebben de data uit rapid eye – een satelliet die operationeel is sinds 2009 – een resolutie van 5 bij 5 m. Dit is aan de grove kant voor herkenning van landschapselementen, die een zeer beperkte omvang kunnen hebben.

De afgelopen jaren zijn echter steeds meer hoogwaardige remote-sensing-data beschikbaar gekomen. De

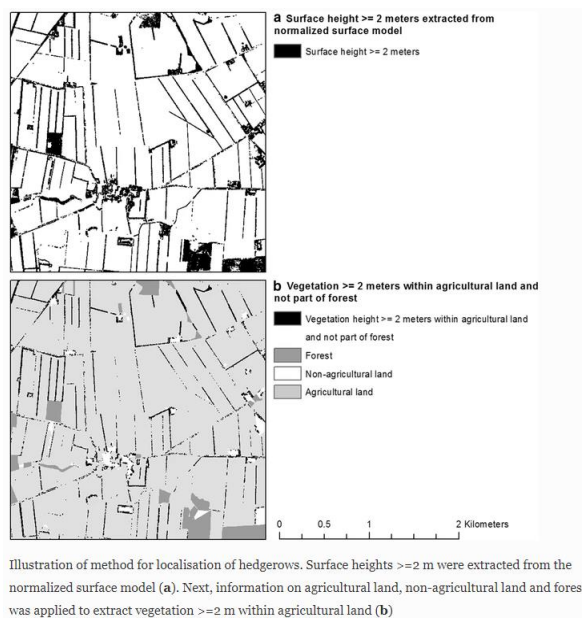
beelden van worldview en geoyem hebben een detailniveau van enkele meters. Sommige lidar-technieken zitten op het niveau van halve meters en met onbemande vliegtuigen (UAV) kan een detailniveau van enkele centimeters worden bereikt. Daarnaast is een grote kentering waarneembaar op het vlak van het verwerken en analyseren van de data. Daarbij wordt steeds vaker kunstmatige intelligentie ingezet, met veelbelovende resultaten.

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat een pixel-aanpak matig werkt. Bij deze aanpak wordt een vorm van landgebruik (struweel/gras/etc.) toegeschreven aan een individuele pixel op basis van overeenkomstige kenmerken zoals kleur en hoogte, zonder te context van de omgeving mee te nemen. Dergelijke kaarten bevatten een groot aantal incorrecte classificaties (Scholefield et al., 2016; Askoy et al., 2010; Tansey et al., 2009).

Een object-gebaseerde aanpak lijkt beter geschikt voor het in beeld brengen van landschapselementen (Fauvel et al., 2012). Bij deze aanpak worden aangrenzende pixels met overeenkomstige kenmerken gezamenlijk geclassificeerd.

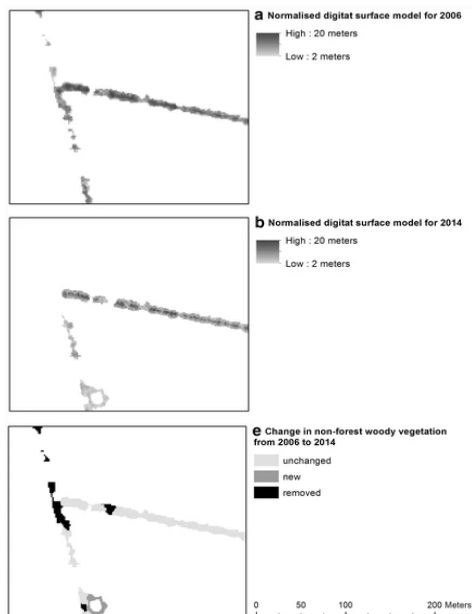
#### *Welke remote sensing beelden worden zoal gebruikt?*

Een van de meest veelbelovende bronnen van remote sensing voor herkenning van landschapselementen is lidar. Bij lidar worden stralen van nabij-infrarood licht naar het oppervlak van de aarde gestuurd. Vervolgens wordt gemeten hoeveel licht er terugkomt. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de eerste lichtstralen die terugkomen (eerste opvang, bijvoorbeeld de kroon van een boom) en de hoeveelheid licht die als laatste terugkomt (de grond). De data worden gekoppeld aan de locatie van het waarnemende vliegtuig en zo kan een Digital Surface Model (DSM) worden gemaakt. (Hill et al., 2001). Deze methodiek is in Denemarken gebruikt om een landsbrede inventarisatie te maken van landschapselementen als een subcategorie van bomen (Malinowsky, 2016) (zie Figuur 19 en 20). Deze aanpak berust op een combinatie van lidar en sentinel 2. In essentie worden met behulp van lidar de opgaande elementen herkend, waarna op basis van optische data uit sentinel 2 de groene elementen worden onderscheiden van andere opgaande elementen (hoogspanningsmasten, gebouwen etc.). In deze studie bleek dat de aanpak waarbij lidar & sentinel 2 werden gecombineerd de nauwkeurigheid deed verhogen van 80 naar 94% ten opzichte van een aanpak die uitsluitend is gebaseerd op optische data uit sentinel 2.



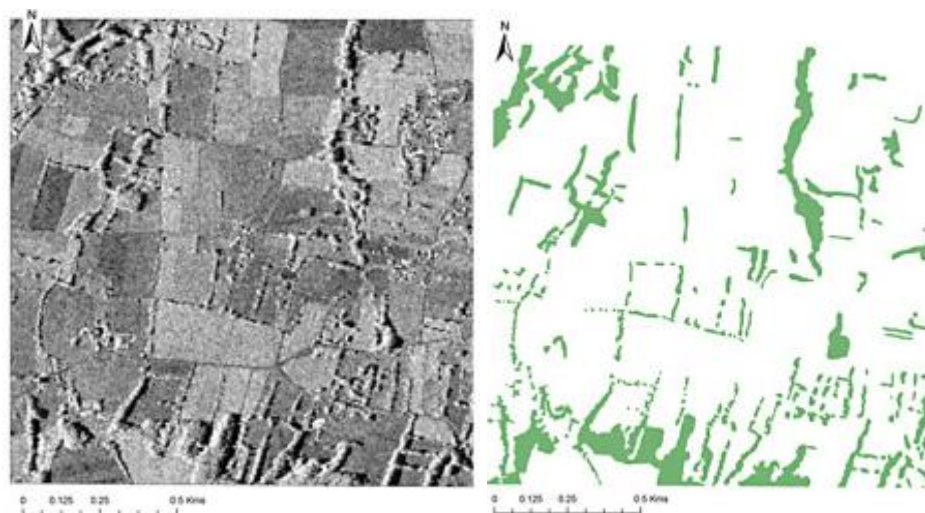
**Figuur 19** *Figuur uit Malinowsky (2016). Inventarisatie van landschapselementen op basis van Lidar (hoogte)beelden.*





**Figuur 20** *Figuur uit Malinowsky (2016). Door het model op basis van lidar voor verschillende jaren te herhalen, konden veranderingen in het areaal landschapselementen worden gedetecteerd.*

Ook op basis van sentinel 1 (radar) zijn landschapselementen succesvol in beeld gebracht. Betbeder (2015) gebruikte een object-georiënteerde aanpak om een map van alle landschapselementen in Bretagne te maken, gebruikmakend van TerraSAR-x, radaropnames vanaf een satelliet. De nauwkeurigheid bedroeg 90%.



**Figuur 21** *Figuur uit Betbeder (2015). Links toont de ruwe radarbeelden. Op basis van een algoritme worden landschapselementen herkend (rechts).*

## Structuur en samenstelling landschapselementen

### Waarom is inzet van remote sensing gewenst?

De structuur en samenstelling van landschapselementen kunnen van grote invloed zijn op de waarde ervan voor allerlei organismen. Hieronder volgen enkele voorbeelden daarvan:

- Aanwezigheid boom- en struiklaag: de aanwezigheid van een boom- en struiklaag en de onderlinge verhouding is van grote invloed op de geschiktheid van landschapselementen als broedhabitat voor vogels. Zo zijn sommige soorten vooral aangetrokken tot dicht struweel waarin bomen nagenoeg afwezig zijn. Denk hierbij aan struweelvogels zoals de grasmus en braamsluiper. Andere soorten geven juist de

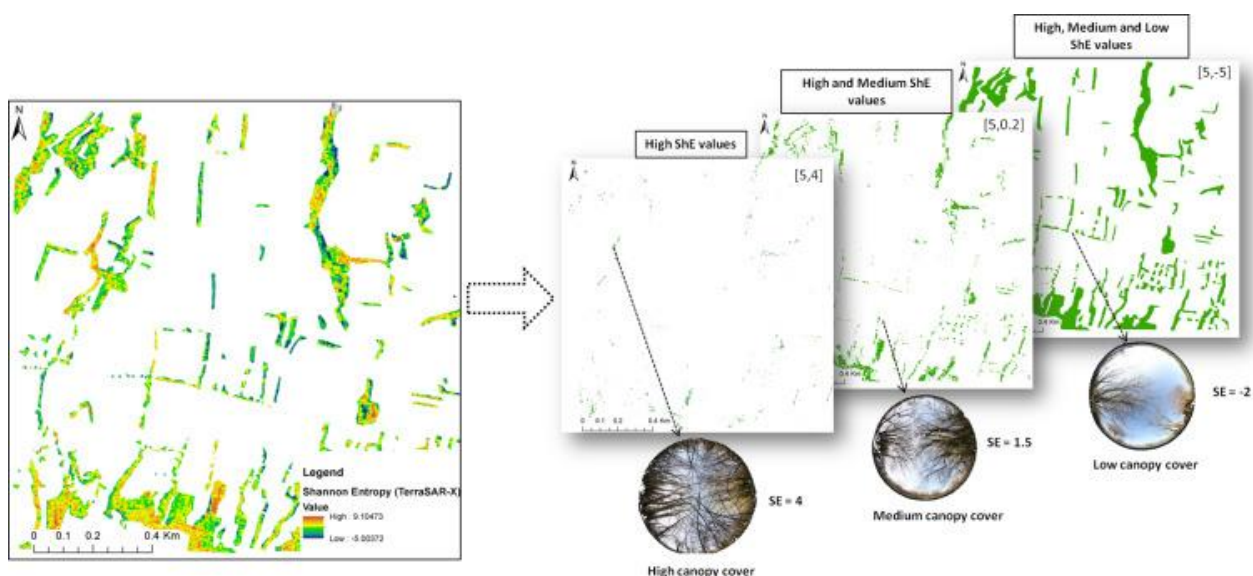
voorkeur aan landschapselementen waarin zowel de boom-, struik- en kruidlaag goed vertegenwoordigd zijn. Voorbeelden hiervan zijn de gekraagde roodstaart en bosvogels zoals de vink, koolmees en lijsterachtigen.

- **Aanwezigheid kruidlaag:** de aanwezigheid van een goed ontwikkelde kruidlaag direct onder of naast het landschapselement biedt broedgelegenheid voor soorten die in de kruidlaag broeden in de *nabijheid* van opgaand struweel. Denk hierbij aan soorten als de geelgors en patrijs. Daarnaast vergroot de aanwezigheid van een kruidlaag de aantrekkingskracht voor soorten die primair broeden in struweel, maar ook of zelfs vooral foerageren in kruidenrijke ruigtes (Osborne, 1984). Deze vogels selecteren bij voorkeur landschapselementen waar zo'n strook aanwezig is. Dat scheelt tijdens het grootbrengen van de jongen een hoop moeite en tijd, wat tevens kan resulteren in een beter broedresultaat (Brickle & Harper, 2007).
- **Dichtheid:** er bestaan sterke relaties tussen de dichtheid van het aanwezige struweel en de kans op predatie. De echte specialisten van landschapselementen zoals grasmus en braamsluiper broeden direct in het struweel. Een goed ontwikkelde struiklaag biedt deze soorten meer beschutting en verkleint daarmee de kans op predatie. Zo is gebleken dat vogels die broedden in hagen die iedere vier jaar werden gesnoeid, een twee keer zo grote kans hebben om te ontkomen aan predatie als broedvogels die broedden in hagen die ieder jaar werden gesnoeid (Dunn et al., 2016; Keyser et al., 1998).

Monitoring van bovengenoemde aspecten in het veld is een tijdrovende onderneming. Bovendien zijn sommige aspecten (zoals dichtheid) moeilijk meetbaar. Beide redenen vormen aanleiding om te verkennen welke uitkomsten inzet van remote sensing kan bieden.

#### Wat is reeds mogelijk?

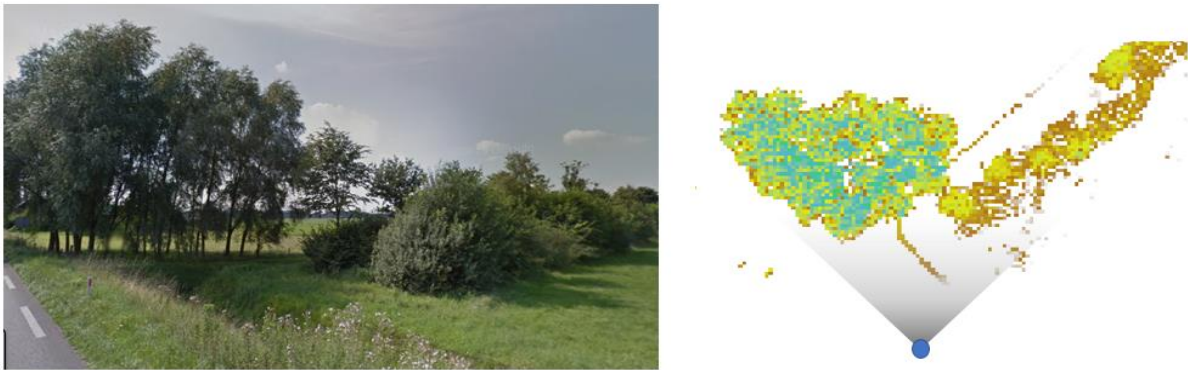
Betbeder et al. (2015) zijn erin geslaagd om op basis van sentinel 1-beelden landschapselementen met een hoge en lage dekking van de boomlaag van elkaar te onderscheiden (zie Figuur 22). De geproduceerde beelden bleken tevens sterk te correleren met het voorkomen van loopkevers die de voorkeur geven aan een hoge dekking van de boomlaag.



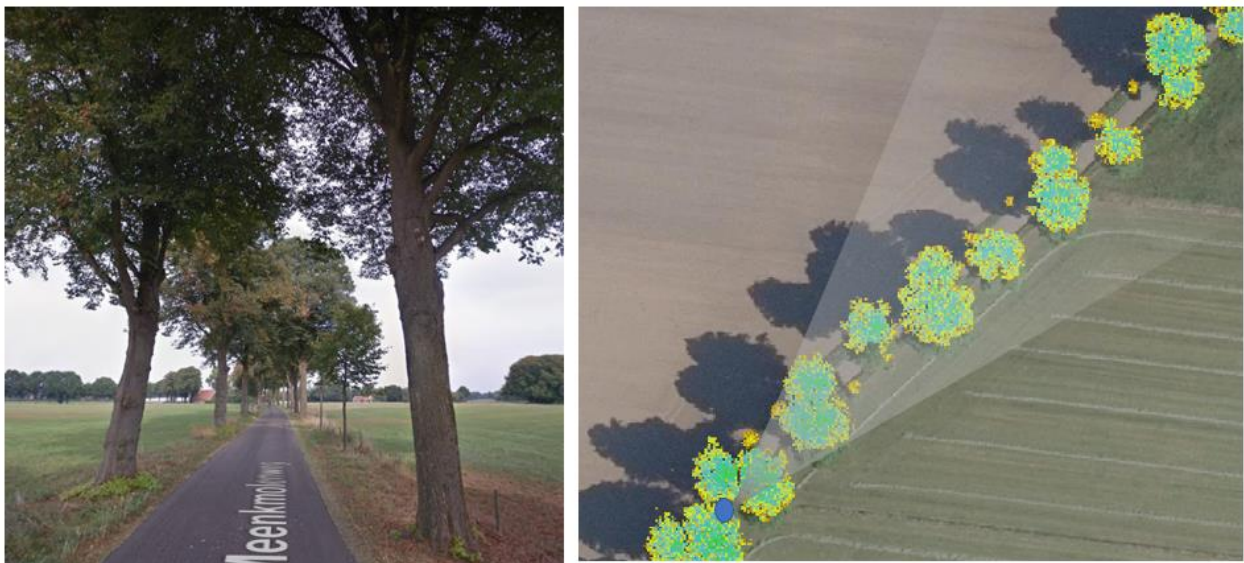
**Figuur 22** *Figuur uit Betbeder et al. (2015): Op basis van sentinel 1 bleek het mogelijk om verschillende typen landschapselementen van elkaar te onderscheiden, waarmee bijvoorbeeld landschapselementen met een kleine en grote dekking van de boomlaag van elkaar kunnen worden onderscheiden.*

Tal van andere technieken zijn met succes ingezet voor het in beeld brengen van de structuur van bos. Lidar – waarbij met grote nauwkeurigheid de hoogte van objecten kan worden vastgesteld – lijkt daarbij een van de meest veelbelovende technieken (Lim et al., 2003). Door deze beelden te combineren met andere remote-sensing-bronnen (meestal data uit sentinel 2), is men er zelfs in geslaagd om individuele bomen te determineren (Fassnacht et al., 2016). Ter illustratie is een aantal beelden toegevoegd van een lidar-opname uit 2016 (Figuur 23, 24, 25). Deze figuren tonen een grote potentie voor monitoring van

landschapselementen en het in beeld brengen van verschillende structuren. De mogelijkheden om deze beelden in de toekomst in te zetten voor monitoring worden momenteel nog beperkt door de lage frequentie waarmee opnames worden gemaakt.

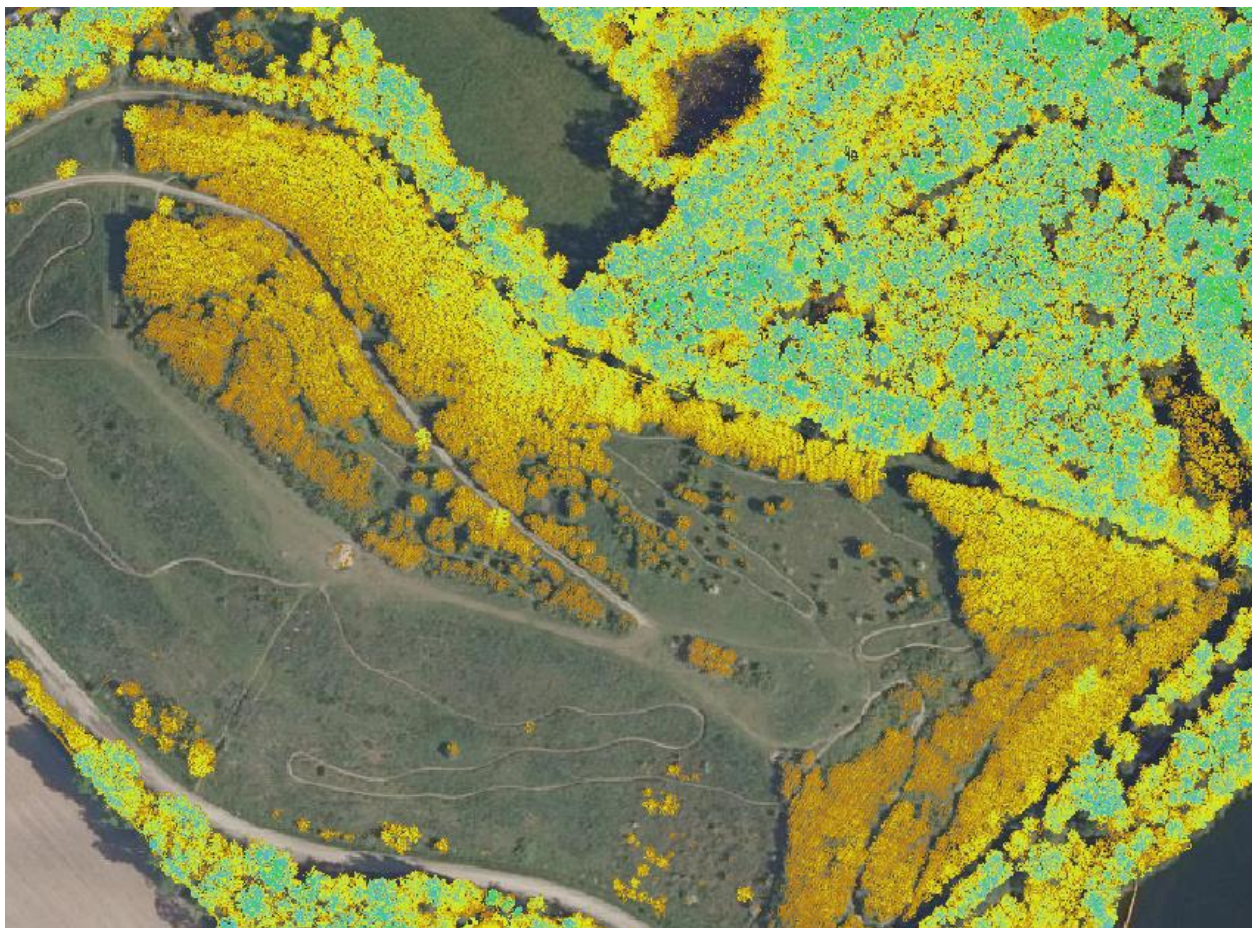


**Figuur 23** Voorbeeld potentie LIDAR. Links toont de situatie zoals deze waarneembaar is in het veld. Rechts toont een lidar-opname van dezelfde locatie (blauwe stip geeft de positie weer van waaruit de foto – die links is weergegeven – is genomen). De kleuren corresponderen met de hoogte van de vegetatie, zoals vastgesteld middels de lidar-opname (blauw=hoog, rood=laag, geel=tussenliggend). Het lidar-beeld komt goed overeen met de vegetatie zoals waarneembaar op de foto. Zelfs de kruidenrijke rand in de wegberm is waarneembaar.



**Figuur 24** Voorbeeld potentie LIDAR. Links toont de situatie zoals deze waarneembaar is in het veld. Rechts toont een lidar-opname van dezelfde locatie (blauwe stip geeft de positie weer van waaruit de foto – die links is weergegeven – is genomen). De kleuren corresponderen met de hoogte van de vegetatie, zoals vastgesteld middels de lidar-opname (blauw=hoog, rood=laag, geel=tussenliggend). De lidar-opname maakt inzichtelijk dat het hier om een vrij eenvormige bomenrij gaat, met veel openingen in het kronendak en weinig ondergroei.





**Figuur 25** Voorbeeld potentie LIDAR. Links toont de situatie zoals deze waarneembaar is in het veld. Rechts toont een lidar-opname van dezelfde locatie (blauwe stip geeft de positie weer van waaruit de foto – die links is weergegeven – is genomen). De kleuren corresponderen met de hoogte van de vegetatie, zoals vastgesteld middels de lidar-opname (blauw=hoog, rood=laag, geel=tussenliggend). De lidar-opname toont een gradiënt van overwegend laag struweel dat overgaat in bos.

## 4.2 Natte dooradering

### Ecologische kwaliteit sloten

#### Wat is er reeds mogelijk?

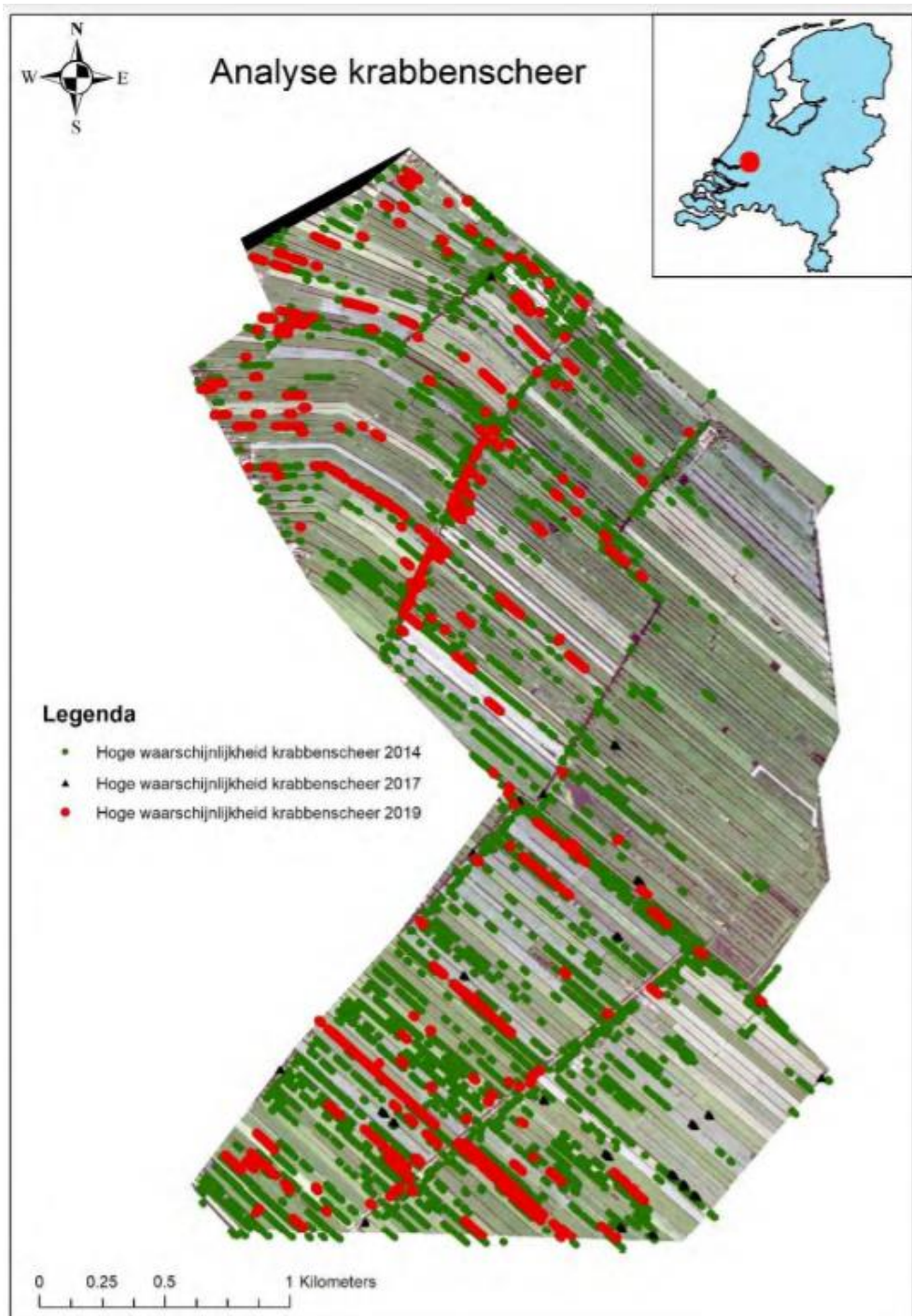
Op verschillende fronten wordt gewerkt aan de ecologische monitoring van waterlichamen. Dit omdat monitoring veelal arbeidsintensief is. De monitoring van waterlichamen heeft betrekking op de volgende aspecten:

1. Dekking waterplanten: In Nederland is door Oteman & de Vries (2019) een proef gedaan om krabbenscheer te inventariseren middels remote sensing, om zodoende meer inzicht te krijgen in de habitatkwaliteit van sloten voor de groene glazenmaker. De proef bleek succesvol. Allereerst zijn nauwkeurige grenzen verkregen van de sloten, door gebruik te maken van winterbeelden. Vervolgens zijn de begrenzingen van de sloten verkleind (gebufferd) met 1,5 meter, zodat slootkanten de analyse zo min mogelijk beïnvloeden. In het veld is de aanwezigheid van krabbescheer genoteerd en zijn de spectrale profielen vastgesteld. Vervolgens is met tal van remote-sensing-bronnen geëxperimenteerd. Sentinel 2 bleek onvoldoende nauwkeurig (10x10m). Triplesat (0,8x0,8m) bleek sterk te worden beïnvloed door slootkanten. Uiteindelijk is gebruikgemaakt van betaalde beelden van WorldView-2 en -3 met een resolutie van 0,5x0,5m. 73-93% van de krabbenscheer werd als zodanig herkend. Kroos kon worden onderscheiden. De auteurs verwachten dat deze methode kan worden uitgebreid naar andere soorten, zoals waterlelies, rietvelden en biezen.

Ook Tian et al. (2020) hebben een poging gedaan om een specifieke plantensoort te kennen, (Amerikaans slijkgras). De verspreiding van de soort kon worden voorspeld met een nauwkeurigheid van 92 tot 95%.

2. Waterkwaliteit: In Portugal (Sent et al., 2021) is getracht om de waterkwaliteit in een riviermonding in beeld te brengen met remote sensing. Daarbij is getracht om de volgende aspecten te herkennen:
- o gekleurd opgelost organisch materiaal (aCDOM)
  - o Chlorofyl-a (suspended particulate matter (SPM))
  - o troebelheid

De troebelheid van het water bleek het sterkst te correleren met de satellietdata. Ook Eleveld et al. (2017) hebben geprobeerd om (op internationale schaal) meren in te delen in ecologische profielen op grond van de waterkwaliteit (chlorofylgehalte, gesuspendeerde deeltjes etc.) (zie Figuur 27). Deze technieken zijn behoorlijk accuraat, maar lijken tot op heden vooral toepasbaar op grote waterlichamen.



**Figuur 26** Aanwezigheid krabbescheer op basis van remote sensing.



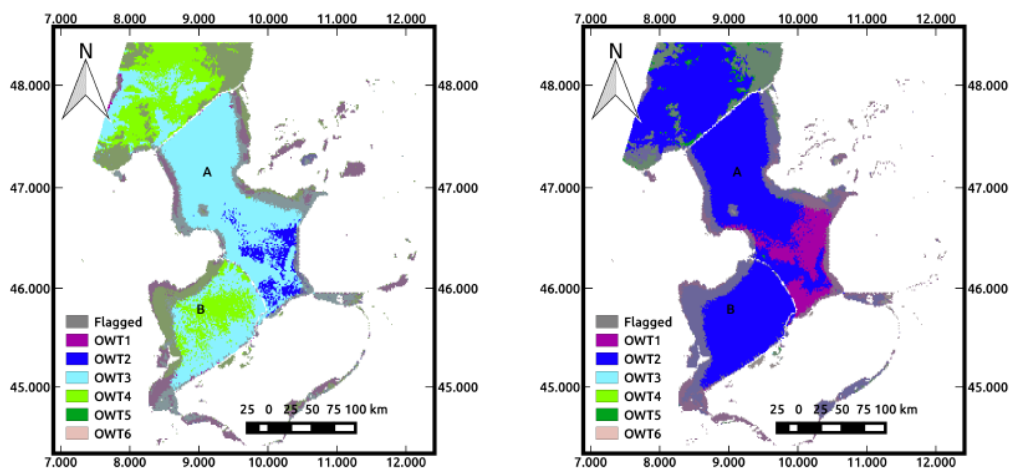


Figure 8. Dutch lakes IJsselmeer (A) (north of the dike) and Markermeer (B) (south of the dam). MERIS 23 April 2011, ICOL + CC2R. Left: 6C; right: 6CN.

**Figuur 27** Profielen van meren uit Eleveld et al. (2017). OWT staat voor optical water type. Dit zijn watertypes met overeenkomstige kenmerken op vlak van het chlorofylgehalte en de hoeveelheid gesuspendeerde deeltjes.

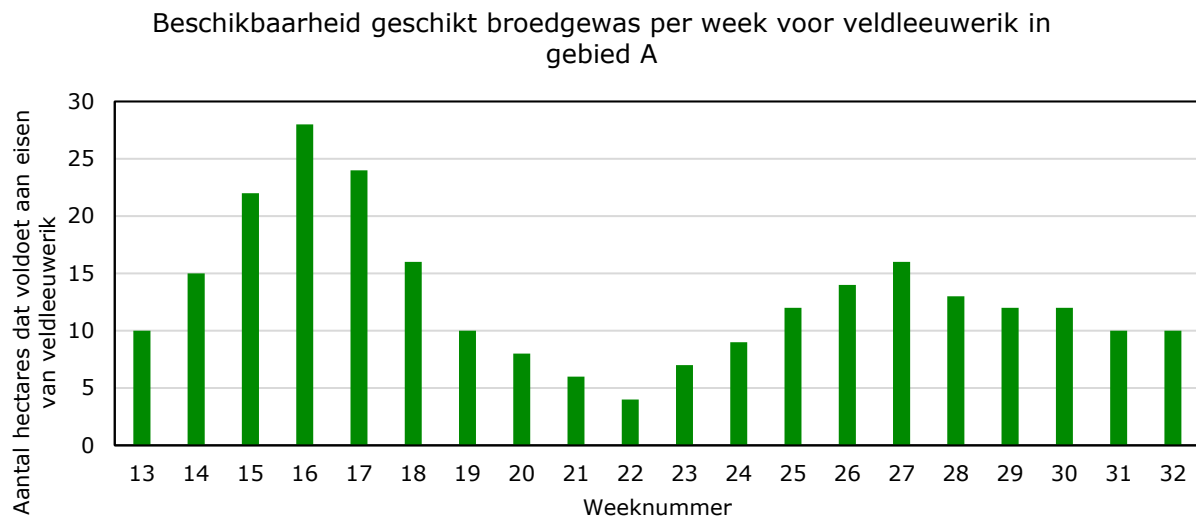
## 4.3 Open akker

### Structuur vegetatie

#### Waarom is inzet van remote sensing gewenst?

Net als voor weidevogels zijn de vegetatiestructuur en -hoogte van groot belang voor akkervogels. Enerzijds is de structuur van invloed op de geschiktheid als foerageerhabitat. Zo kan de structuur van een akkerrand bepalend zijn voor de geschiktheid van het gewas voor foeragerende vogels. Waar sommige soorten juist een gesloten, hoog opgaande ruigte prefereren (bijvoorbeeld grasmus, roodborsttapuit, paapje), zijn andere soorten juist weer gebaat bij akkerranden met een ijle, open vegetatiestructuur, zodat kan worden gevoerd op de bodem (bijvoorbeeld veldleeuwrik).

Anderzijds vertonen akkervogels verschillende voorkeuren als het gaat om de hoogte en dichtheid van het gewas waarin zij broeden. Zo broedt de veldleeuwrik bij voorkeur in gewas met een hoogte tussen de 15 en 60 cm, en een relatief 'open vegetatie' (Wilson et al., 1997; Toepfer and Stubbe, 2001). Gewassen voldoen op verschillende momenten gedurende het broedseizoen aan deze eisen. Voor de veldleeuwrik is bekend dat grofweg half mei een sterke afname optreedt in het aandeel gewassen dat aan de genoemde eisen voldoet, wat mede samenhangt met een afname van de geschiktheid van wintertarwe. Dit kan ertoe leiden dat vanaf half mei een gebrek ontstaat aan geschikt broedgewas. Dat kan op populatieniveau een probleem vormen, omdat de veldleeuwrik relatief veel jongen dient groot te brengen voor een stabiele populatie. Figuur 28 vormt een fictief voorbeeld waarbij deze problematiek middels remote sensing in beeld wordt gebracht. Dergelijke figuren kunnen een gebiedscoördinator helpen om problemen op gebiedsniveau te signaleren. In de figuur valt af te lezen dat het aanbod aan geschikt broedgewas sterk begint af te nemen vanaf week 17. De gebiedscoördinator kan daartoe inzetten op het inpassen van gewassen (bijvoorbeeld luzerne) of ANLb-maatregelen die juist in deze periode een geschikte structuur hebben.



**Figuur 28** Fictief voorbeeld van de beschikbaarheid van geschikt broedgewas (hoogte tussen de 15 en 60 cm & open structuur) voor gebied A per week. Dergelijke inzichten zouden kunnen worden gegenereerd met behulp van remote sensing. Daarvoor is echter wel intensief onderzoek nodig waarbij aandacht is voor de relatie tussen remote-sensing-beelden, gewashoogte en gewasstructuur.

#### Wat is er reeds mogelijk?

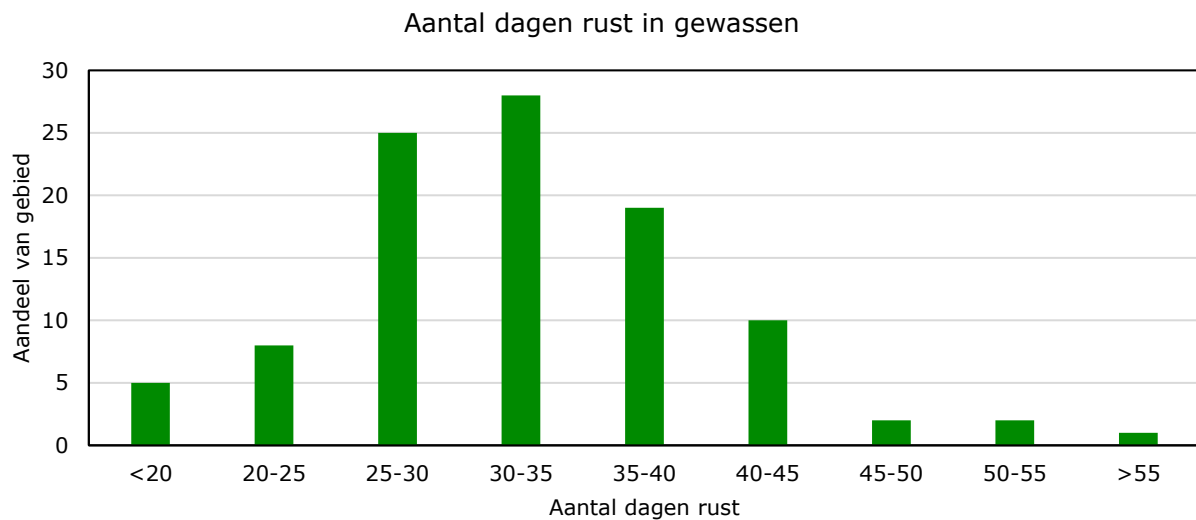
Een vereiste voor het realiseren van dergelijke figuren vormt het ijkten van verschillende gewasstructuren met remote-sensing-beelden. Op basis daarvan zouden dergelijke inzichten automatisch kunnen worden gegenereerd. Bij het ijkten van de beelden kan gebruik worden gemaakt van de ervaringen die zijn opgedaan bij remote sensing van graslanden.

#### **Ecologische val**

##### Waarom is inzet van remote sensing gewenst?

Bij een ecologische val is sprake van een mismatch tussen de geselecteerde habitat van een soort en de daadwerkelijke geschiktheid daarvan. Een voorbeeld hiervan is de aantrekkingskracht van tijdelijk grasland op de veldleeuwerik. De veldleeuwerik heeft  $\pm 40$  dagen rust nodig om een nest succesvol groot te brengen (van nestbouw tot het uitvliegen van de jongen). De veldleeuwerik wordt sterk aangetrokken door tijdelijk grasland. Tijdelijk grasland wordt echter in veel gevallen iedere drie tot vier weken gemaaid. Daarmee ontstaat een ecologische val: de veldleeuwerik wordt sterk aangetrokken door het gewas, maar het reproductiesucces in tijdelijk grasland is zeer laag (Willems et al., 2008).

Om bovengenoemde reden zou het zeer nuttig zijn om op gebiedsniveau inzicht te hebben in het aanbod aan verschillende gradaties van rust. In onderstaand Figuur 29 wordt met rust bedoeld 'een periode waarin geen landbouwwerkzaamheden worden uitgevoerd die leiden tot het mislukken van het nest'. Zonder deze verder te definiëren, bestaat deze periode in de meeste gevallen uit het aantal dagen tussen de initiële groei van het gewas en het oogsten daarvan. Op grond van dergelijke figuren kunnen mogelijke knelpunten aan het licht komen.



**Figuur 29** Fictief figuur die duidelijk maakt welk aandeel van het gebied tot iedere klasse van rust behoort. Dergelijke figuren kunnen in theorie op basis van remote sensing worden gemaakt.

Wat is er reeds mogelijk?

Voor het generen van bovenstaand figuur lijkt geen sprake te zijn van technische belemmeringen. Maai-algoritmes die momenteel vooral worden ingezet voor graslanden kunnen ook worden toegepast op bouwland. De vertaling naar de hierboven getoonde figuur is daarmee binnen handbereik.



---

## 5 Discussie

### **Habitatkwaliteit open grasland: relatie remote sensing en kenmerken van de vegetatie**

De resultaten maken duidelijk dat voor elk van de gemeten factoren (gewashoogte, structuurvariatie, bodemvocht, soortensamenstelling vegetatie) steeds een andere combinatie van remote-sensing-markers goed scoort. Er lijkt dus geen allesomvattende remote-sensing-marker te bestaan. Wel valt op dat de marker 'sz\_mean\_ratioVH\_VV\_WE' goed scoort bij alle indicatoren die iets zeggen over de soortensamenstelling van de vegetatie zoals de kruidenrijkdom, het aantal soorten grassen en kruiden en de Shannon diversity index. Wat deze markers nu precies 'ziet' en waarom deze marker sterk gerelateerd is aan de soortensamenstelling van de vegetatie, laat zich evenwel moeilijk doorgronden. Vanuit de literatuur is bekend dat de marker gecorreleerd is aan tal van aspecten, waaronder de structuur en hoogte van de vegetatie, maar ook het vochtgehalte in het gewas en het reliëf van het bodemoppervlak. Het doorgronden van de relatie tussen deze marker en de soortensamenstelling van de vegetatie vereist literatuuronderzoek.

Daarnaast scoren verschillende remote-sensing-markers die kijken naar de fluctuaties in de biomassa door de tijd goed (ook wel 'temporele dynamiek'). Deze marker wordt berekend door voor een vaste tijdsperiode alle satellietbeelden te verzamelen. Per beeld wordt een indicatorwaarde berekend voor de biomassa (zoals NDVI, WDI). Vervolgens berekenen we hoeveel verandering er optreedt in de biomassa gedurende de gehele tijdsreeks, bijvoorbeeld als gevolg van maaien of hergroei. Ons onderzoek laat zien dat een sterke fluctuatie van de biomassawaarden past bij soortenarme, eenvormige vegetaties. Een geringe fluctuatie past bij soortenrijke, structuurrijke vegetaties.

Naast bovengenoemde relaties zijn er nog tal van andere markers geselecteerd die een significante relatie hebben met een of meerdere kenmerken van de vegetatie. Hiertoe behoren remote-sensing-markers die iets zeggen over de kleur, de biomassawaarde aan de start van het groeiseizoen en markers die een indicator zijn van de mate van verandering door de tijd op vlak van een grote set aan spectrale banden.

Het daadwerkelijk doorgronden van alle verbanden vraagt om een uitbreiding van de dataset. De dataset is met dertig percelen immers relatief klein. Daarnaast dient een vervolganalyse te worden uitgevoerd waarin de marker 'S2REP\_april' wordt meegenomen. Deze marker kon binnen deze analyse niet worden meegenomen door een groot aantal ontbrekende waarden. Dit terwijl deze indicator juist naar boven komt drijven in de weidevogelanalyse (zie hieronder).

### **Habitatkwaliteit open grasland: relatie remote sensing & voorkomen weidevogels**

#### Vernieuwende aspecten?

De weidevogelanalyse die in dit project is uitgevoerd, is op een aantal aspecten vernieuwend:

1. Opname remote-sensing-variabelen in combinatie met andere abiotische kenmerken (openheid landschap, afstand tot bomen, bodemtype etc.).
2. De omvang van de dataset: Er is gebruikgemaakt van gegevens uit de periode 2018 t/m 2021 voor 247 verschillende weidevogelgebieden verspreid door Nederland. Daarmee zijn data beschikbaar voor 14.890 percelen, die veelal meerdere jaren zijn geteld.
3. Aandacht voor vier weidevogelsoorten (grutto, tureluur, Kievit, schollekster): een meerderheid van de eerder uitgevoerde grootschalige studies richt zich op één soort, meestal de grutto.
4. Onderscheid tussen weidevogelnesten enerzijds en weidevogelgezinnen anderzijds: andere onderzoeken naar de relaties tussen het voorkomen van weidevogels en abiotische condities/remote-sensing-beelden waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen weidevogelnesten en weidevogelgezinnen zijn ons niet bekend.

#### Resultaten

De resultaten zijn omvangrijk. Er zijn namelijk acht subanalyses uitgevoerd (vier verschillende weidevogelsoorten, tweemaal: weidevogelnesten en weidevogelgezinnen). Als men de resultaten als geheel

in beschouwing neemt, valt op dat de regressiecoëfficiënten voor verschillende soorten – of het nou gaat om de nesten of de gezinnen – dezelfde richting op staan. Dat wil zeggen: een factor die van positieve of negatieve invloed is op het voorkomen van nesten/gezinnen, is dat voor alle combinaties van soort en nest/gezin. De verschillen tussen soorten en tussen nesten en gezinnen zitten dus in de grootte van het effect, niet in de richting. Dat maakt het makkelijker om weidevogelbeheer als geheel te benaderen.

De resultaten kunnen worden samengevat door de factoren te bespreken in volgorde van een grote impact (positief of negatief) naar een kleine impact (positief of negatief). Binnen het rapport wordt het effect van ruim twintig factoren getoond. In deze samenvatting worden uitsluitend de vier factoren met de grootste invloed benoemd. We voegen daar direct een praktijkadvies aan toe.

1. *Afstand bomen*

Hoe groter de afstand ten opzichte van bomen, hoe meer weidevogelnesten en -gezinnen. Vooral grutto en tureluur zijn gevoelig voor verstoring. Scholekster is minder gevoelig voor verstoring door bomen. *Advies voor beheer en inrichting: Positioneer beheer op een zo groot mogelijk afstand van bomen, voorkom uitgroei van solitaire bomen en kleine bosjes in het landschap, verwijder bomen waar mogelijk, met in achtneming van andere cultuurhistorische en ecologische waarden.*

2. *S2REP\_april*

De S2REP-waarde wordt bepaald door het chlorofyl- en stikstofgehalte in het blad. De waarde betreft de situatie in april, voor de start van het maaiseizoen (daardoor weinig 'ruis'). Een hoge waarde past bij hoogproductieve, groeizame percelen, waar de groei al vroeg op gang komt, veelal intensief gebruikt. Een lage waarde past bij extensief gebruikte percelen, waar de groei traag op gang komt. Alle soorten prefereren percelen met een lagere S2REP-waarde. Dat zijn de extensief gebruikte percelen. De resultaten maken duidelijk dat tijdens de kuikenfase nog sterker op extensievere percelen wordt geselecteerd dan tijdens de nestfase. In de kuikenfase gaan de soorten op zoek naar kruidenrijke graslanden met een open vegetatiestructuur. Dat zijn de meest extensief gebruikte percelen die door de tragere gewasgroei nog niet zijn dichtgegroeid en daardoor tot laat in het seizoen het geschiktst blijven voor foeragerende weidevogelkuikens.

*Advies voor beheer en inrichting: Werk aan verschraling van de graslanden indien deze hoogproductief zijn, dat komt ten goede aan alle weidevogelsoorten. Zorg voor een mozaïek van matig intensief gebruikte percelen die geschikte broedhabitat vormen en extensief gebruikte, kruidenrijke percelen die zowel geschikte broed- als kuikenhabitat vormen. Raadpleeg een S2REP-kaart voor de vorming van het mozaïekbeheer.*

3. *Afstand hoogspanningsmast: Hoe groter de afstand ten opzichte van een hoogspanningsmast, hoe meer weidevogelnesten en -gezinnen. Scholekster is niet gevoelig voor verstoring door hoogspanningsmasten.*

*Advies voor beheer en inrichting: Positioneer beheer op een zo groot mogelijke afstand van hoogspanningsmasten; wees alert op plannen voor het plaatsen van hoogspanningsmasten in of in nabijheid van belangrijke weidevogelgebieden.*

4. *Drooglegging: Hoe groter de drooglegging (lage waterstand), hoe minder weidevogels.*

*Advies voor beheer en inrichting: Positioneer beheer op de natste delen van de polder. Beperk de drooglegging; werk aan vernatting. Vernatting heeft een sterk 'aantrekkelijk' effect.*

De lijst met factoren waarvoor significante resultaten zijn gevonden, is nog vele malen uitgebreider en kan worden geraadpleegd in paragraaf 3.2. Denk bijvoorbeeld aan afstandskaarten ten opzichte van andere landschapselementen (autowegen, wandel- & fietspaden, bebouwing) en het belang van de hoogte van het perceel.

Het is van essentieel belang bij de interpretatie van de analyse dat rekening wordt gehouden met het feit dat de verklarende kracht van een variabele mede wordt bepaald door de verklarende kracht van andere variabelen die ook in de analyse zijn opgenomen. Dit is vooral wanneer beide verklarende variabelen aan elkaar gecorreleerd zijn. Zo komt de verklarende kracht van de kaart 'openheid landschap' minder sterk naar voren dan in andere analyses, omdat deze wordt opgeslokt door de verklarende kracht van de afzonderlijke afstandskaarten. Zodra de afstandskaarten uit het model worden gelaten, komt de kaart 'openheid landschap' bovendien als belangrijke bepalende factor. Hetzelfde zal vermoedelijk gelden voor de droogleggingskaart, die nog sterker naar voren zou komen wanneer de remote-sensing-kaarten niet worden meegenomen. De remote-sensing-kaarten 'kapen' nu een deel van de verklarende kracht die een droogleggingskaart afzonderlijk zou hebben (als indicator van extensieve graslanden).

Al met al komen de resultaten goed overeen met hetgeen bekend is vanuit de wetenschappelijke literatuur. Katzenberger et al. (2014) onderzochten de relatie tussen het voorkomen van weidevogelnesten (grutto, kievit, tureluur, wulp, watersnip) en abiotische kenmerken in één enkel weidevogelgebied. Deze analyse maakte duidelijk dat weidevogels een open landschap prefereren en laaggelegen percelen selecteren. Hoogproductieve percelen (maairequentie nagevraagd bij de boer) werden vermeden door weidevogels. Teunissen et al. (2012) keken naar de trend van gruttonesten op gebiedsniveau. Ook in deze studie bleek een toename van de openheid een positief effect te hebben op de trend. Daarnaast bleek bodemvochtigheid van groot belang. Ook deze resultaten sluiten aan op de resultaten van dit onderzoek. Howison et al. (2018) vonden een sterk verband tussen de temporele dynamiek op basis van sentinel-1-beelden (radar) en het voorkomen van de grutto. In dit onderzoek kwam deze marker ook naar voren, maar bleek deze het minder goed te doen dan vergelijkbare markers gebaseerd op optische satellietbeelden (sentinel 2).

#### Waar kunnen de resultaten voor worden gebruikt?

De verkregen ecologische inzichten sluiten zoals hierboven genoemd aan op de wetenschappelijke literatuur en op bestaande praktijkervaringen. De kracht zit in het feit dat we hiermee goed in staat zijn om de habitatkwaliteit van een grasland voor weidevogels op basis van een combinatie van kaartbeelden geobjectiveerd in beeld te brengen. Daarin spelen de remote-sensing-markers een grote rol; zij brengen de daadwerkelijke, actuele kwaliteit in beeld, in tegenstelling tot bijvoorbeeld het gebruik van beheerkaarten, waarmee uitsluitend een bepaalde ambitie kan worden gepresenteerd. Indien de kaartbeelden op laagdrempelige wijze worden ontsloten richting de beheerpraktijk (bijvoorbeeld via een website, inclusief de benodigde uitleg bij ieder kaartbeeld), kunnen deze door agrarische collectieven en TBO's worden ingezet voor:

1. Monitoring van de habitatkwaliteit. Op basis van de kaartbeelden kan worden gemonitord of het gevoerde beheer op termijn leidt tot de gewenste habitatkwaliteit. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de monitoring van percelen waarop overgangsbeheer is afgesloten. Dit beheer heeft als doel de groeizaamheid van het gewas te beperken door verschrallingsbeheer toe te passen (wel maaien en afvoeren, niet tot nauwelijks bemesten). Op basis van remote-sensing-beelden kan door de jaren heen worden bekeken of daadwerkelijk een afremming van de gewasgroei optreedt.
2. Optimaliseren van het mozaïekbeheer. De positionering van de verschillende beheerpakketten kan worden afgestemd op de S2REP-kaart, die het mogelijk maakt om hoogproductieve percelen te onderscheiden van laagproductieve percelen. Laagproductieve percelen lenen zich voor uitgesteld maaibeheer: de vegetatie zal daar tot laat in het broedseizoen voldoende doorwaadbaar blijven voor weidevogelkuikens. Zeer hoogproductieve percelen lenen zich juist niet voor uitgesteld maaibeheer: daar groeit de vegetatie al vroeg in het seizoen dicht, waardoor foeragerende weidevogelkuikens moeilijk de vegetatie kunnen doorwaden.  
Om de habitatkwaliteit op korte termijn alsnog op te krikken, kan worden gekozen voor (voor)beweiding; daarmee wordt voorkomen dat de vegetatie al vroeg in het seizoen een gesloten structuur bereikt.
3. Positionering van het beheer. De resultaten van de analyses maken inzichtelijk wat de invloed van iedere factor is op het voorkomen van weidevogels. Het is echter ook mogelijk om de kaartlagen te stapelen, waardoor de geschiktheid van een locatie voor een bepaalde soort kan worden berekend op basis van alle factoren tezamen. Zo ontstaat een kaartbeeld waarmee de geschikte locaties van ongeschikte locaties kunnen worden onderscheiden, hetgeen zeer bruikbaar is bij de positionering van zowel nieuw als bestaand beheer.
4. Per gebied kan inzichtelijk worden gemaakt wat de grootste knelpunten zijn ten aanzien van de habitatkwaliteit: is dat de aanwezigheid van versturende elementen? Een gebrek aan extensief, kruidenrijk grasland? Een te grote drooglegging?

#### Mogelijkheden vervolgonderzoek

De mogelijkheden voor vervolgonderzoek zijn groot. De dataset is nog lang niet uitgeput. Zo kan bijvoorbeeld een analyse worden uitgevoerd op gebiedsniveau, waarbij voor gebieden die meerdere jaren zijn geteld de trend van weidevogels wordt gebruikt als afhankelijke variabele, in plaats van het aantal nesten/gezinnen per perceel.

---

### **Verkenning remote sensing droge dooradering, natte dooradering en open akker**

Een verkenning van de literatuur met betrekking tot de mogelijkheden om remote sensing in te zetten voor de monitoring van de habitatkwaliteit in de leefgebieden droge dooradering, natte dooradering en open akker leert dat er tal van mogelijkheden zijn. Voor het leefgebied open akker lijkt een tweetal factoren eenvoudig te monitoren: de mate waarin sprake is van een ecologische val en de gewasstructuur. Voor beide aspecten zijn technieken en algoritmes nodig die reeds worden toegepast voor grasland. Beide factoren vormen daarmee 'laaghangend fruit'.

Voor het leefgebied droge dooradering kan op korte termijn worden ingezet op de herkenning van landschapselementen, waarvoor de werking van remote sensing reeds is aangetoond. Monitoring hiervan kan een belangrijke bijdrage leveren aan borging en daarmee beloning, bijvoorbeeld binnen de biodiversiteitsmonitor melkveehouderij en/of akkerbouw.

Voor het leefgebied natte dooradering zijn de mogelijkheden momenteel beperkt. Dat heeft voornamelijk te maken met de resolutie van beschikbare remote-sensing-beelden; die zijn veelal te grof voor het monitoren van zeer smalle wateren zoals sloten en greppels. Toch zijn enige toepassingen wel interessant, zoals het voorkomen van krabbenscheer in sloten.

---

## 6 Conclusie

Dit onderzoek geeft specifiek aandacht aan het vaststellen van de habitatkwaliteit voor doelsoorten van het agrarisch natuurbeheer. Gerichte aandacht voor de feitelijke ontwikkeling van de habitatkwaliteit is tot dusverre een blinde vlek in het agrarisch natuurbeheer. Inzicht hierin is noodzakelijk om tot een effectiever agrarisch natuurbeheer te komen.

Wat betreft de validatie van de relatie tussen remote-sensing-data enerzijds en vegetatiekenmerken die medebepalend zijn voor habitatkwaliteit anderzijds, blijkt uit de analyses dat er een groot aantal remote-sensing-markers is dat als relevant wordt geselecteerd. Alles-dekkende markers lijken niet te bestaan, maar de remote-sensing-marker 'sz\_mean\_ratioVH\_VV\_WE' blijkt sterk samen te hangen met alle indicatoren die betrekking hebben op soortensamenstelling van de vegetatie (aantal soorten, kruidenrijkdom etc.). Deze marker is daarmee waardevol als element in de bepaling van de habitatkwaliteit, alhoewel vervolgonderzoek nodig is om het verband te doorgronden. De inzichten zouden aanzienlijk kunnen worden verrijkt bij beschikbaarheid van een grotere dataset.

Aan de hand van een zeer uitgebreide weidevogelanalyse is de relatie tussen remote-sensing-markers en abiotische kenmerken enerzijds en het voorkomen van vier soorten weidevogels (grutto, tureluur, Kievit, schouderster) anderzijds onderzocht.

De verkregen ecologische inzichten sluiten aan op de wetenschappelijke literatuur en op bestaande praktijkervaringen. Zo blijken de afstand tot bomen, de intensiteit waarmee het grasland wordt gebruikt (remote-sensing-marker S2REP), de drooglegging en de afstand tot versturende elementen zoals hoogspanningsmasten een grote invloed te hebben op de ruimtelijke verspreiding van weidevogels. De resultaten maken de invloed van een bredere set van twintig factoren inzichtelijk.

De kracht zit in het feit dat we op basis van de ontwikkelde kaartbeelden goed in staat zijn om de habitatkwaliteit van een grasland voor weidevogels geobjectiveerd in beeld te brengen. Indien deze kaartbeelden worden ontsloten richting de praktijk (bijvoorbeeld via een website), komt een krachtig hulpmiddel ter beschikking voor het optimaliseren van beheer en inrichting van weidevogelgebieden. Zo kan nieuw beheer worden gepositioneerd op voor weidevogels geschikte locaties, kan mozaïekbeheer worden afgestemd op het productieniveau van percelen, kan de effectiviteit van verschraving door de jaren heen worden gemonitord op basis van productiviteitskaarten en kan per gebied inzichtelijk worden gemaakt wat de grootste verbeteropgaven zijn.

Voor de leefgebiedtypen droge dooradering en open akker laat literatuuronderzoek zien dat gebruik van remote-sensing-data veel kan bijdragen aan inzicht in de habitatkwaliteit. Het betreft informatie die bijdraagt aan het signaleren van zogenaamde ecologische vallen, informatie over de structuur van de vegetatie en de aanwezigheid van landschapselementen. Deze informatie vormt als het ware het 'laaghangend fruit' dat op korte termijn zou kunnen worden geoperationaliseerd en kan worden gedeeld met de collectieven.

Voor habitatkwaliteitsbepaling van het leefgebiedtype natte dooradering laat gebruik van remote-sensing-beelden voorlopig nog weinig perspectief zien. De resolutie van de remote-sensing-beelden is voor sloten en andere kleine wateren nog te gering.

---

# Literatuur

- Aksoy, S., Akçay, H. G., & Wassenaar, T. (2009). Automatic mapping of linear woody vegetation features in agricultural landscapes using very high resolution imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(1), 511-522.
- Bekkema, M. E., & Eleveld, M. (2018). Mapping grassland management intensity using sentinel-2 satellite data. *GI\_Forum*, 2018(1), 194-213.
- Bell, G., Neal, S., & Medcalf, K. (2015). Use of remote sensing to produce a habitat map of Norfolk. *Ecological Informatics*, 30, 293-299.
- Besnard, A. G., Davranche, A., Maugenest, S., Bouzillé, J. B., Vian, A., & Secondi, J. (2015). Vegetation maps based on remote sensing are informative predictors of habitat selection of grassland birds across a wetness gradient. *Ecological Indicators*, 58, 47-54.
- Betbeder, J., Hubert-Moy, L., Burel, F., Corgne, S., & Baudry, J. (2015). Assessing ecological habitat structure from local to landscape scales using synthetic aperture radar. *Ecological Indicators*, 52, 545-557.
- Bock, M., Xofis, P., Mitchley, J., Rossner, G., & Wissen, M. (2005). Object-oriented methods for habitat mapping at multiple scales—Case studies from Northern Germany and Wye Downs, UK. *Journal for Nature Conservation*, 13(2-3), 75-89.
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., & Paulissen, D. (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII. Göttingen, Germany: Erich Goltze.
- Fauvel, M., Sheeren, D., Chanussot, J., & Benediktsson, J. A. (2012, July). Hedges detection using local directional features and support vector data description. In *2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 2320-2323). IEEE.
- Fassnacht, F. E., Latifi, H., Stereńczak, K., Modzelewska, A., Lefsky, M., Waser, L. T., ... & Ghosh, A. (2016). Review of studies on tree species classification from remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 186, 64-87.
- Harfenmeister, K., Spengler, D., & Weltzien, C. (2019). Analyzing temporal and spatial characteristics of crop parameters using Sentinel-1 backscatter data. *Remote Sensing*, 11(13), 1569.
- Hill, M. O., Mountford, J. O., Roy, D. B., & Bunce, R. G. H. (1999). *Ellenberg's indicator values for British plants. ECOFACT Volume 2 Technical Annex* (Vol. 2). Institute of Terrestrial Ecology.
- Hill, R. A., Smith, G. M., & Fuller, R. M. (2001). Mapping hedgerows in a landscape context using airborne remote sensing data. In *Hedgerows of the world: their ecological functions in different landscapes. Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Association for Landscape Ecology, held at Birmingham University, 5th-8th September 2001* (pp. 93-97). International Association for Landscape Ecology (IALE (UK)).
- Howison, R. A., Piersma, T., Kentie, R., Hooijmeijer, J. C., & Olff, H. (2018). Quantifying landscape-level land-use intensity patterns through radar-based remote sensing. *Journal of Applied Ecology*, 55(3), 1276-1287.
- Katzenberger, J. K., Brunken, H., & Zacharias, D. (2014). Habitat parameters affecting the distribution of breeding meadow birds in grasslands of Bremen.
- Koomen, A., Nieuwenhuizen, W., & Pedrolí, B. (2018). *Verkenning monitor landschap: naar een robuust en breed gedragen systeem voor monitoring van landschap* (No. 2890). Wageningen Environmental Research.
- Kruijne, A.A. & D.M. de Vries, 1968. Vegetatieve herkenning van onze graslandplanten. Veenman & zonen NV, Wageningen, 111 pags. <https://edepot.wur.nl/309603>
- Lim, K., Treitz, P., Wulder, M., St-Onge, B., & Flood, M. (2003). LiDAR remote sensing of forest structure. *Progress in physical geography*, 27(1), 88-106.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375.
- Rocchini, D., Marcantonio, M., & Ricotta, C. (2017). Measuring Rao's Q diversity index from remote sensing: An open source solution. *Ecological indicators*, 72, 234-238.
- Sanders, M. E., & Meeuwssen, H. A. M. (2019). *Basisbestand Natuur en Landschap* (No. 158). Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

- 
- Schaffers, A. P., & Sýkora, K. V. (2000). Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation science*, 11(2), 225-244.
- Schaminée, J. H. J., & Jansen, A. J. M. (1998). Wegen naar natuurdoeltypen; ontwikkelingsreeksen en hun indicatoren ten behoeve van herstelbeheer en natuurontwikkeling (sporen A en B).
- Schaminée, J. H. J., Jansen, A., Aggenbach, C., Haveman, R., Sierdsema, H., Smits, N. A. C., & van Veer, R. (2000). Wegen naar natuurdoeltypen 2; ontwikkelingsreeksen en hun indicatoren voor herstelbeheer en natuurontwikkeling (sporen B en C).
- Schippers, W., Bax, I., & Gardeniers, M. (2015). *Ontwikkelen van kruidenrijk grasland*.
- Schotman, A.G.M, Th.C.P. Melman, S.R. Hensen, M.A. Kiers, H.A.M. Meeuwsen, O.R. Roosenschoon & B. Vanmeulebrouk, 2008. *Het grutto-mozaiekmodel als kwaliteitstoets weidevogelbeheer; ontwikkelingen en toepassingen 2004-2008*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1408. 64 blz.; 12 fig.; 9 tab.; 44 ref.
- Scholefield, P., Morton, D., Rowland, C., Henrys, P., Howard, D., & Norton, L. (2016). A model of the extent and distribution of woody linear features in rural Great Britain. *Ecology and Evolution*, 6(24), 8893-8902.
- Sent, G., Biguino, B., Favareto, L., Cruz, J., Sá, C., Dogliotti, A. I., ... & Brito, A. C. (2021). Deriving Water Quality Parameters Using Sentinel-2 Imagery: A Case Study in the Sado Estuary, Portugal. *Remote Sensing*, 13(5), 1043
- Tansey, K., Chambers, I., Anstee, A., Denniss, A., & Lamb, A. (2009). Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas. *Applied geography*, 29(2), 145-157.
- Teunissen, W., Schotman, A. G. M., Bruinzeel, L., ten Holt, H., Oosterveld, E., Wymenga, E., & Melman, D. (2012). *Op naar kerngebieden voor weidevogels in Nederland: werkdocument met randvoorwaarden en handreiking* (No. 2012/21). Alterra, Wageningen-UR.
- Tian, Y., Jia, M., Wang, Z., Mao, D., Du, B., & Wang, C. (2020). Monitoring invasion process of *Spartina alterniflora* by seasonal Sentinel-2 imagery and an object-based random forest classification. *Remote Sensing*, 12(9), 1383.
- Van 't Veer, R., Sierdsema, H., Musters, C.J.M., Groen, N. & Teunissen, W. 2008b. Weidevogels op landsschapsschaal, ruimtelijke en temporele veranderingen Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; Directie Kennis Ede.
- Van 't Veer. (2020). Kruidenrijke graslanden in de Enge Wormer. Biodiversiteit, graslandherkenning en beheer. Van 't Veer & de Boer Ecologisch Advies & Onderzoeksbureau, Jisp, 80 pages. + bijlagen.
- Vergeer J.W., van Dijk A.J., Boele A., van Bruggen J. & Hustings F. 2016. Handleiding Sovon broedvogelonderzoek: Broedvogel Monitoring Project en Kolonievogels. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Westhoff, V., & Van Der Maarel, E. (1978). The braun-blanquet approach. In *Classification of plant communities* (pp. 287-399). Springer, Dordrecht.



# Bijlage 1    Bezochte locaties veldwerk habitatfactoren

Perceelsnummer origineel	Gebied	Latitude	Longitude
21	Bovenkerkerpolder	52.25735	4.860662
22	Bovenkerkerpolder	52.25544	4.876665
24	Bovenkerkerpolder	52.26003	4.855169
10	Hekslootpolder	52.41634	4.662883
8	Hekslootpolder	52.41511	4.661118
11	Hekslootpolder	52.41558	4.663918
7	Hekslootpolder	52.41463	4.659907
9	Hekslootpolder	52.41628	4.660527
26	Hooge Weide	52.53969	4.692642
25	Hooge Weide	52.53609	4.695976
28	Hooge Weide	52.542	4.682109
29	Hooge Weide	52.54166	4.682586
30	Hooge Weide	52.53641	4.689666
12	Ronde Hoep	52.26831	4.900598
17	Ronde Hoep	52.27056	4.892824
16	Ronde Hoep	52.2709	4.894176
18	Ronde Hoep	52.27216	4.887684
20	Ronde Hoep	52.27424	4.884368
19	Ronde Hoep	52.27244	4.887658
36	Spaarnwoude-Oost	52.39367	4.715
3	Spaarnwoudepolder	52.39894	4.685411
31	Spaarnwoudepolder	52.39451	4.689351
4	Spaarnwoudepolder	52.40014	4.684089
34	Spaarnwoudepolder	52.39184	4.685325
1	Spaarnwoudepolder	52.40464	4.690647
5	Spaarnwoudepolder	52.39275	4.682943
33	Spaarnwoudepolder	52.39279	4.686531
32	Spaarnwoudepolder	52.39397	4.688195
2	Spaarnwoudepolder	52.39818	4.687039
6	Spaarnwoudepolder	52.39207	4.68707

## Bijlage 2 Methodiek Q-waarde, voederwaarde, kruiden- en grassenindex

### Hoe is de Q-waarde berekend?

Bij het maken van een vegetatieopname wordt een soortenlijst gemaakt. Voor iedere soort is bekend met welk percentage de soort het telvlak bedekt. Aan iedere soort hangt een unieke Q-waarde (zie Tabel 2 voor de Q-waarde van de grassen en kruiden die in dit onderzoek zijn aangetroffen). Door de abundantie te vermenigvuldigen met de Q-waarde, kan vervolgens de gewogen Q-waarde voor een vegetatieopname worden berekend.

Zie Tabel B2.1 voor een fictief voorbeeld.

**Tabel B2.1** Voorbeeld van het berekenen van de Q-waarde voor een fictieve vegetatieopname.

Soort	Abundantie (% dekking)	Q-getal	Dekking*Q-waarde
A	75	1	75
B	10	2	20
C	10	2	20
D	10	2	20
E	5	3	15
F	5	3	15
<b>TOTAAL</b>	<b>115</b>	<b>-</b>	<b>165</b>

Q-waarde =  $165/115 = 1.43$

### Hoe is de voederwaarde (KV-getal) berekend?

De rekenwijze voor het berekenen van de voederwaarde is gelijk aan de rekenwijze voor de Q-waarde. Echter wordt gebruikgemaakt van de KV-getallen in plaats van de q-getallen. De KV-getallen per soort zijn terug te vinden in Tabel 2.

### Hoe zijn de kruiden- en grassenindex berekend?

De kruiden- en grassenindex zijn berekend door voor iedere vegetatieopname te berekenen welk aandeel van de vegetatie bestaat uit soorten die behoren tot de categorie 'kruid' en 'gras' zoals toebedeeld in Tabel B2.2.

**Tabel B2.2** Deze tabel toont voor alle soorten die zijn aangetroffen in dit onderzoek de Q-waarde, de voederwaarde (KV-getal) en de categorie waartoe de soort behoort (gras/kruid/storingssoort). Alle waarden zijn direct ontleend aan Van 't Veer (2020).

De Q-waarden zijn gebaseerd op de graslandfasen van Schippers et al. (2015), Schaminee & Jansen (1998) en Schaminee et al. (2000). Lage Q-waarden passen bij soorten die vooral voorkomen in soortenarme, intensief gebruikte graslanden. Voor hoge Q-waarden geldt het tegenovergestelde.

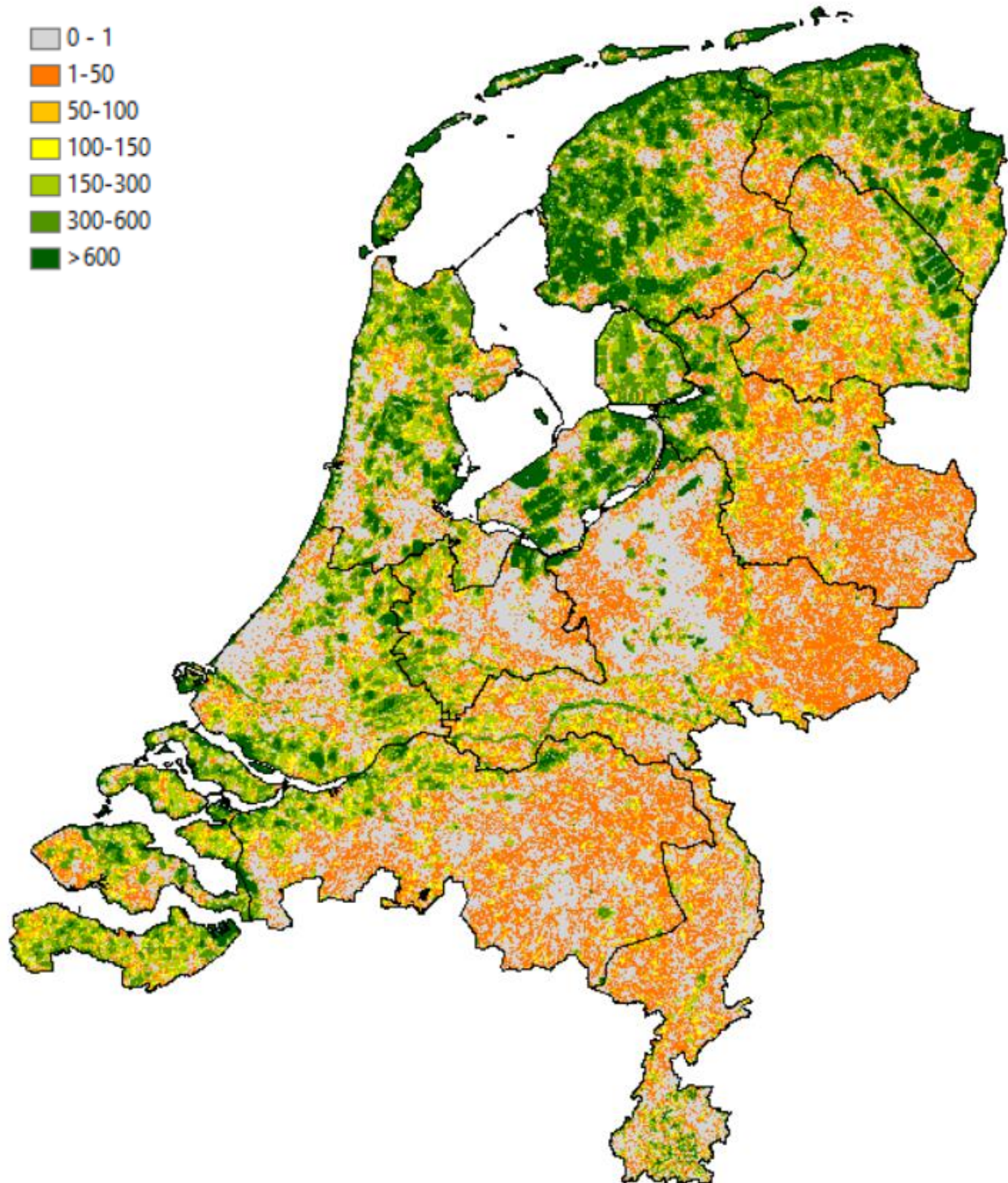
De KV-getallen zijn gebaseerd op werk van Kruijne & De Vries (1964). Des te hoger het getal, des te groter de voederwaarde (eiwitgehalte, verteerbaarheid).

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Q-waarde	Categorie (gras, kruid, storingssoort)	Voederwaarde (KV-getal)
Agrostis stolonifera	Fioringras	4	gras	5
Alopecurus geniculatus	Geknikte vossenstaart	3	gras	3
Alopecurus pratensis	Grote vossenstaart	3	gras	7
Anthoxanthum odoratum	Gewoon reukgras	5	gras	4
Arrhenatherum elatius	Glanshaver	3	gras	8
Bellis perennis	Madeliefje	4	kruid	1

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Q-waarde	Categorie (gras, kruid, storingssoort)	Voederwaarde (KV-getal)
Brachythecium rutabulum		5	kruid	0
Bromus hordeaceus		3	gras	3
Cardamine hirsuta	Kleine veldkers	3	storingsplant	2
Cardamine pratensis	Pinksterbloem	4	kruid	3
Carex disticha	Tweerijige zegge	6	kruid	2
Carex hirta	Ruige zegge	5	kruid	2
Carex species	Zegge (G)	4	kruid	2
Cerastium fontanum	Gewone hoornbloem s.l.	2	kruid	2
Cerastium glomeratum	Kluwenhoornbloem	2	kruid	1
Cirsium arvense	Akkerdistel	2	storingsplant	0
Crepis capillaris	Klein streepzaad	4	kruid	3
Cynosurus cristatus	Kamgras	5	gras	7
Dactylis glomerata	Kropaar	3	gras	6
Dactylorhiza majalis subsp. praetermissa	Rietorchis	6	kruid	2
Deschampsia cespitosa	Ruwe smele	3	gras	0
Elytrigia repens	Kweek	3	gras	5
Equisetum palustre	Lidrus	5	kruid	0
Festuca pratensis	Beemdlangbloem	4	gras	9
Festuca rubra	Rood zwenkgras	5	gras	4
Glechoma hederacea	Hondsdrif	3	kruid	0
Glyceria fluitans	Mannagras	3	gras	4
Glyceria maxima	Liesgras	3	gras	4
Gnaphalium uliginosum	Moerasdroogbloem	4	kruid	0
Heracleum sphondylium	Gewone berenklauw	3	storingsplant	2
Holcus lanatus	Gestreepte witbol	3	gras	5
Holcus mollis	Gladde witbol	3	gras	3
Juncus articulatus	Zomprus	5	kruid	2
Juncus bufonius	Greppelrus	4	kruid	1
Leontodon saxatilis	Kleine leeuwentand	5	kruid	2
Lolium perenne	Engels raaigras	1	gras	10
Matricaria species		2	Storingsplant	0
Myosotis laxa/scorpioides		5	Storingsplant	2
Persicaria amphibia	Veenwortel	2	Storingsplant	2
Phalaris arundinacea	Rietgras	3	Storingsplant	6
Phleum pratense s.l.		3	gras	9
Plantago lanceolata	Smalle weegbree	5	kruid	4
Poa annua	Straatgras	2	gras	4
Poa pratensis	Veldbeemdgras	1	gras	9
Poa trivialis	Ruw beemdgras	2	gras	8
Polygonum aviculare	Gewoon varkensgras	3	kruid	3
Potentilla anserina	Zilverschoon	3	kruid	1
Ranunculus acris	Scherpe boterbloem	4	kruid	0
Ranunculus repens	Kruipende boterbloem	3	kruid	1
Ranunculus sceleratus	Blaartrekkende boterbloem	2	storingsplant	0
Rhinanthus angustifolius	Grote ratelaar	6	kruid	0
Rorippa species		2	storingsplant	1
Rumex acetosa	Veldzuring	4	kruid	3
Rumex crispus	Krulzuring	3	storingsplant	2
Rumex obtusifolius	Ridderzuring	2	Storingsplant	1
Stellaria media	Vogelmuur	2	Storingsplant	1
Taraxacum species	Paardenbloem	2	kruid	4
Trifolium dubium	Kleine klaver	5	kruid	6
Trifolium pratense	Rode klaver	4	kruid	7
Trifolium repens	Witte klaver	3	kruid	8
Tripleurospermum maritimum	Reukeloze kamille	2	Storingsplant	0
Urtica dioica	Grote brandnetel	2	storingsplant	0
Veronica arvensis	Veldereprijs	4	kruid	1

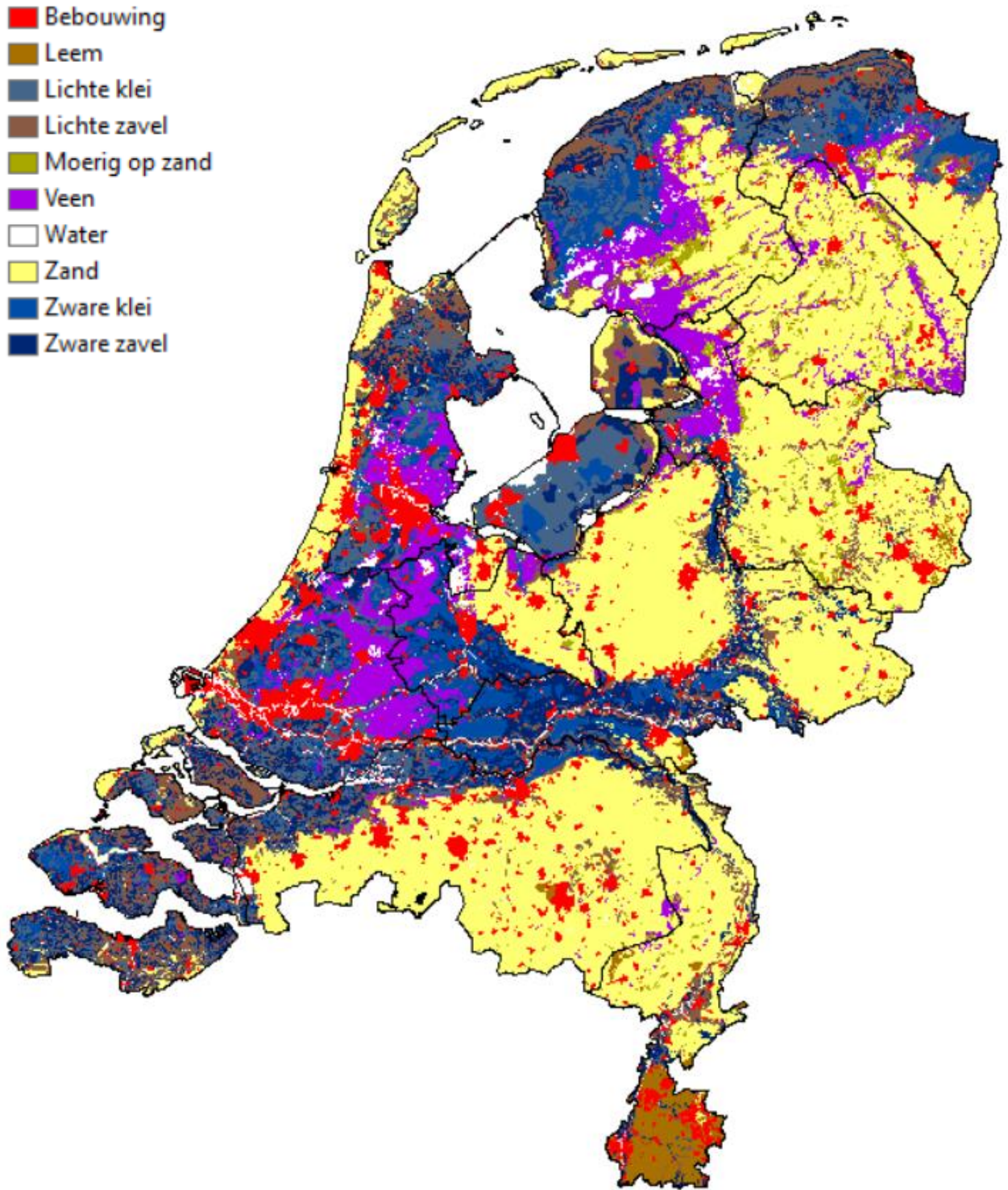
## Bijlage 3 Kaartbeeldenanalyse weidevogels

Openheid landschap (meters)



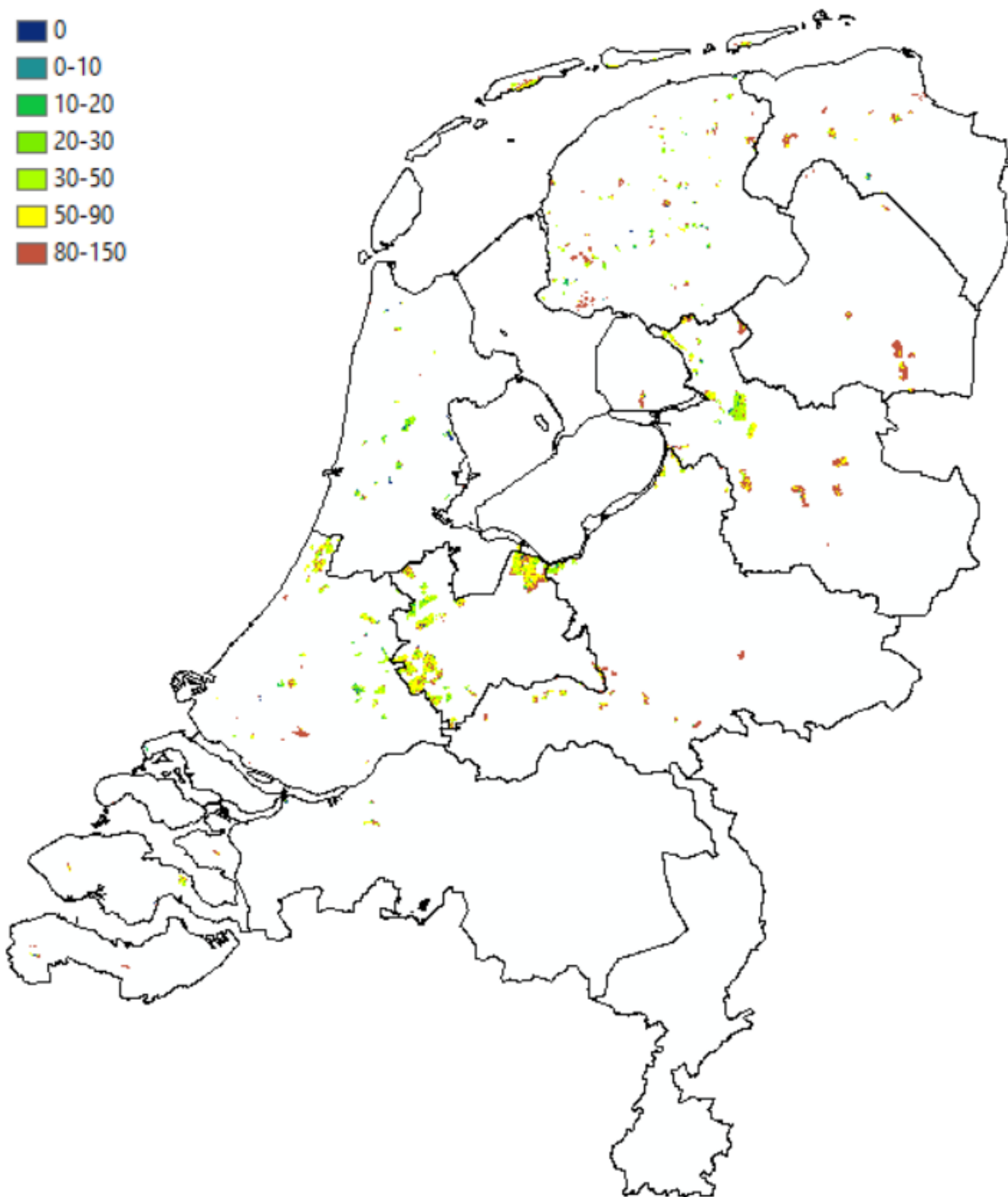
## Bodemtype

- Bebouwing
- Leem
- Lichte klei
- Lichte zavel
- Moerig op zand
- Veen
- Water
- Zand
- Zware klei
- Zware zavel

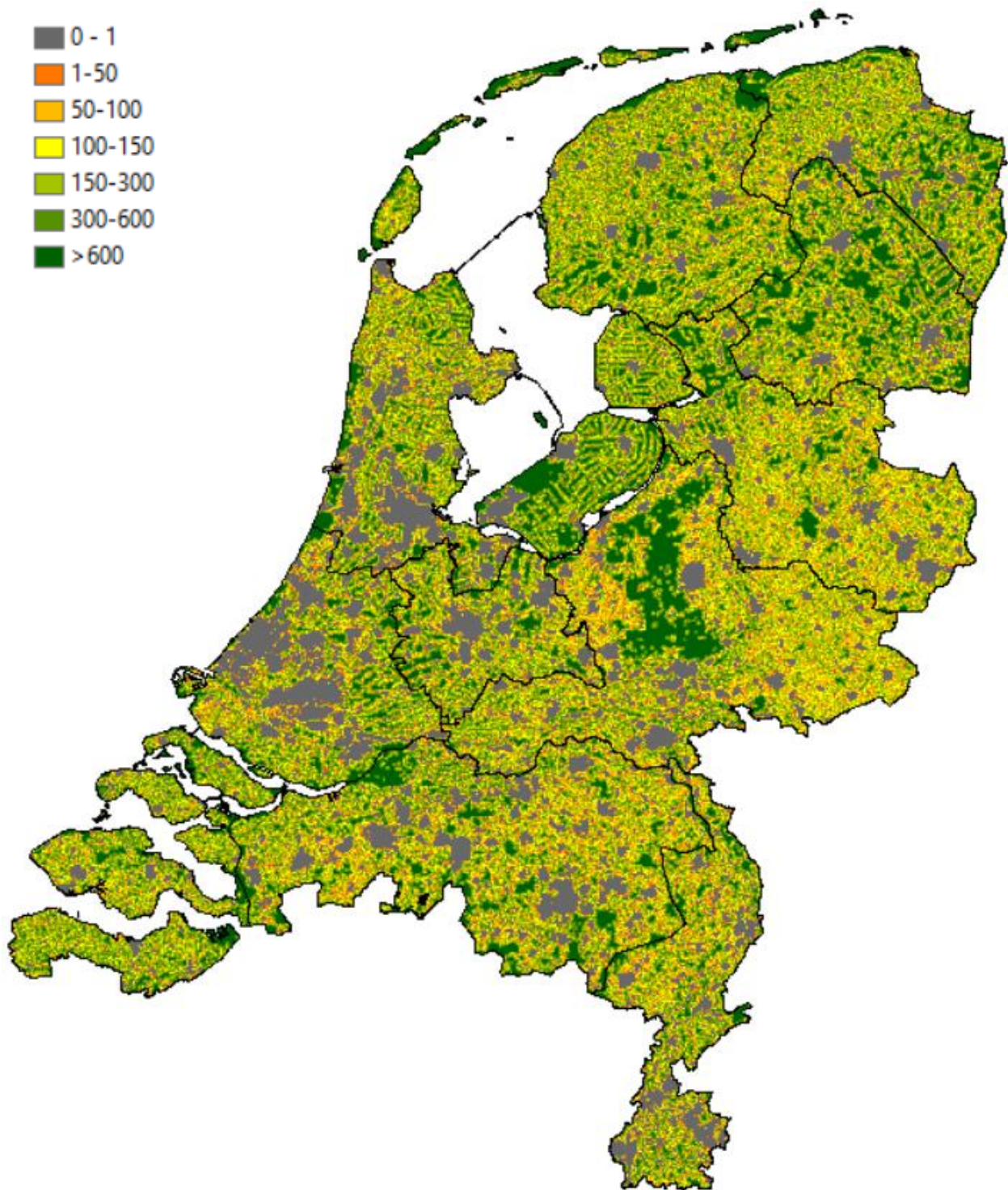




Drooglegging (centimeters)



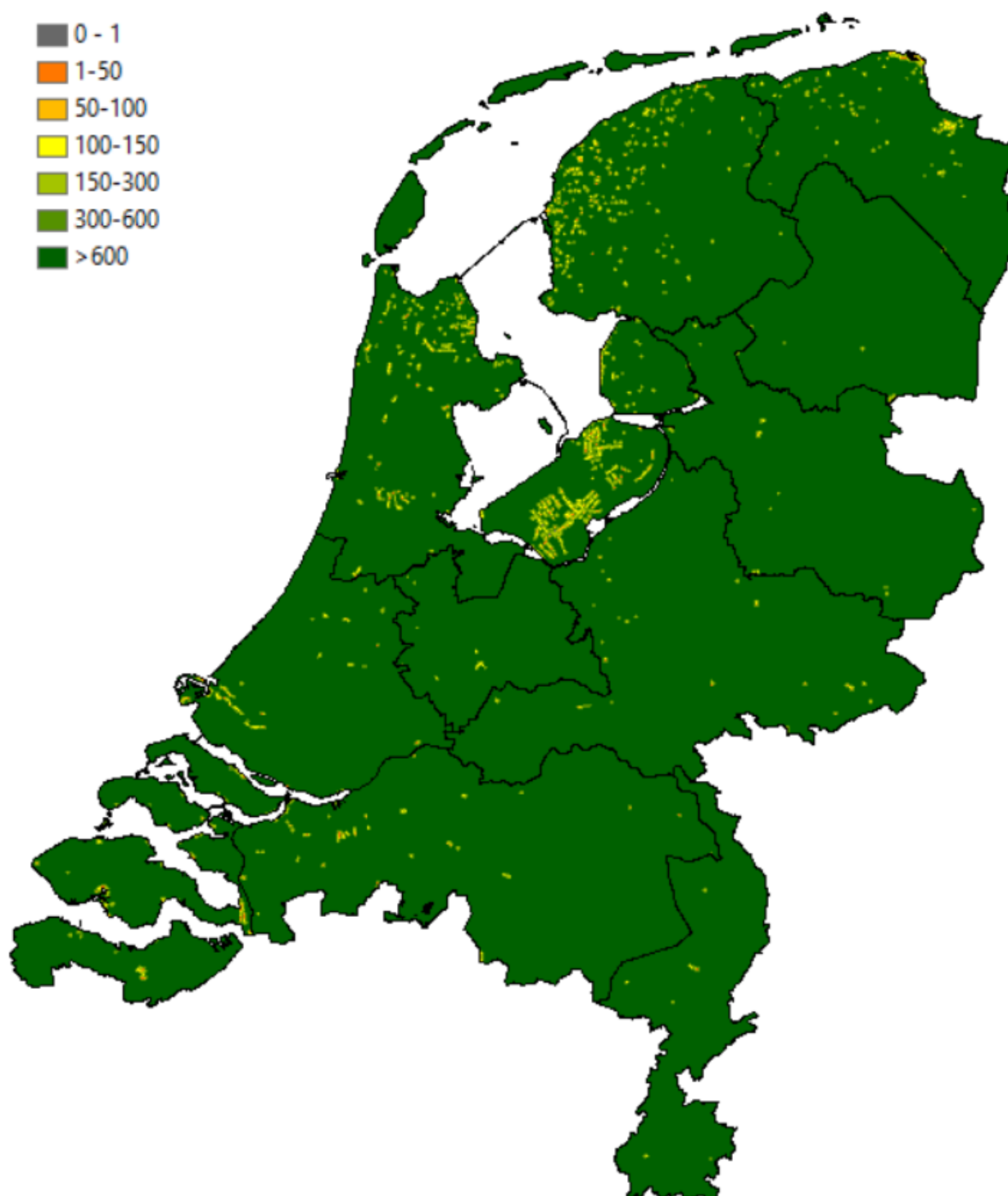
Afstand tot bebouwing (meters)





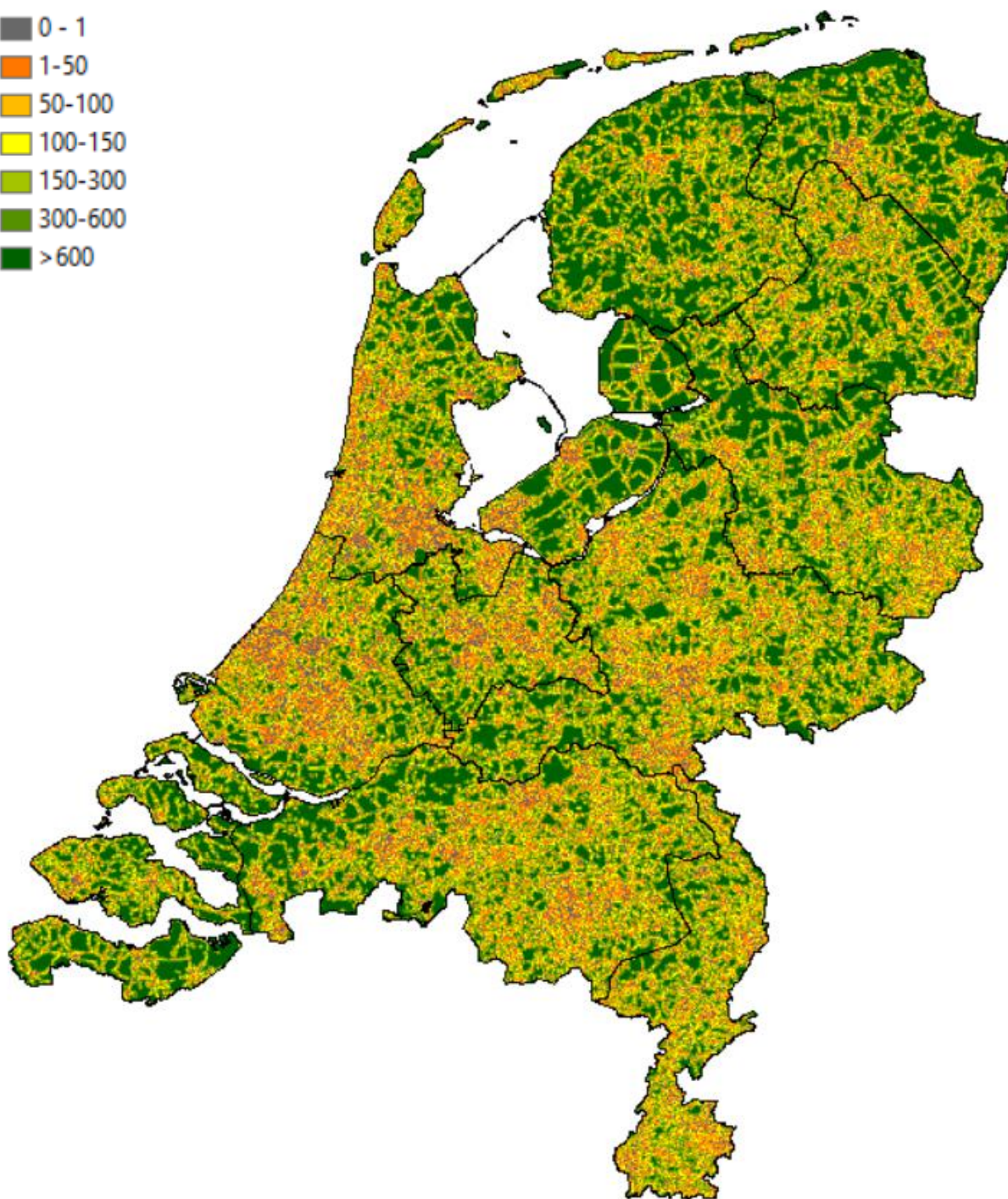
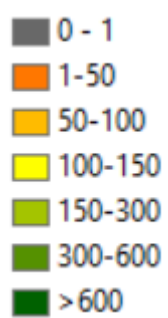
---

Afstand tot windmolen (meters)



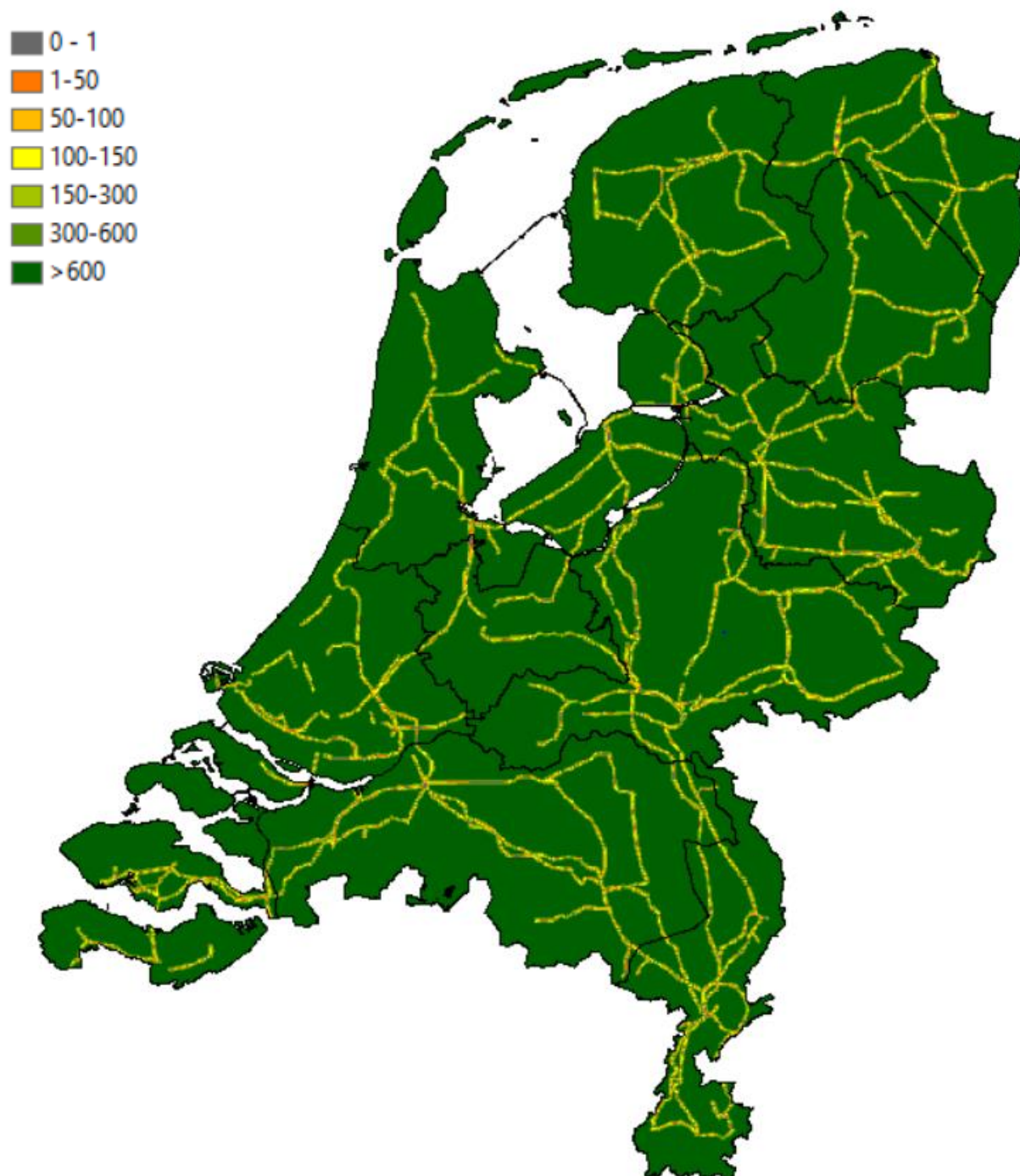
---

Afstand tot wandel- of fietspad (meters)



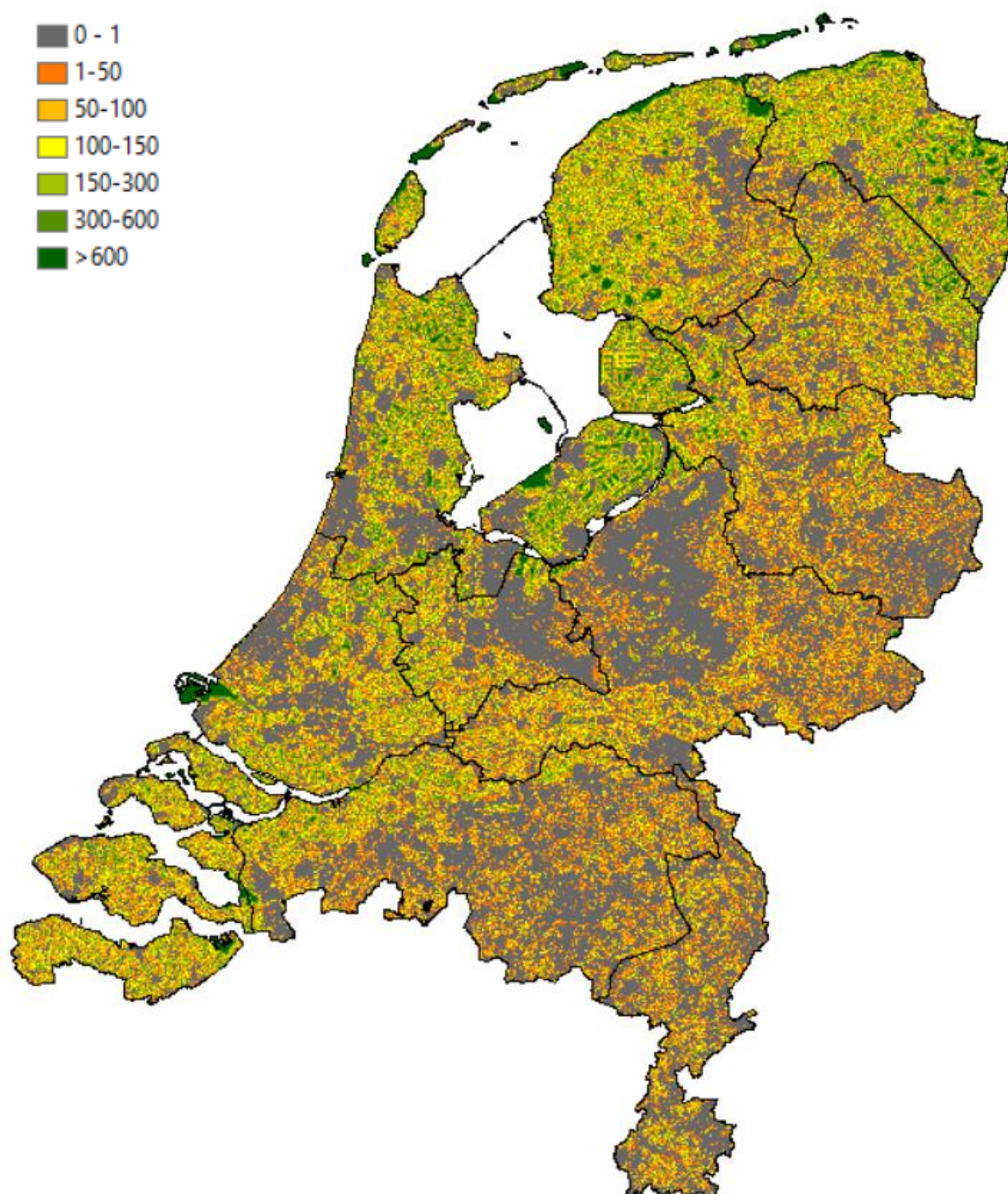
---

Afstand tot hoogspanningsmast (meters)

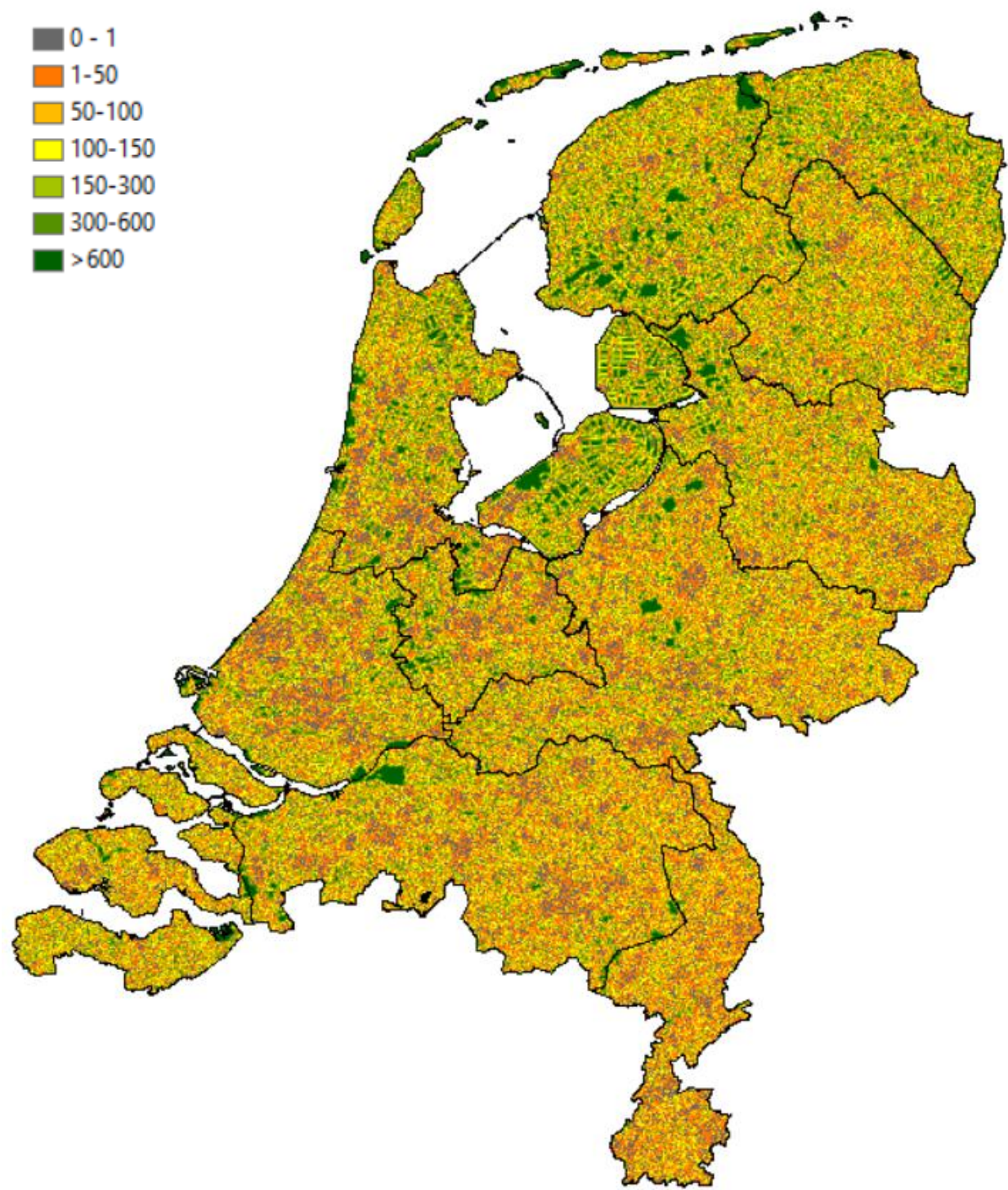




## Afstand tot boom (meters)



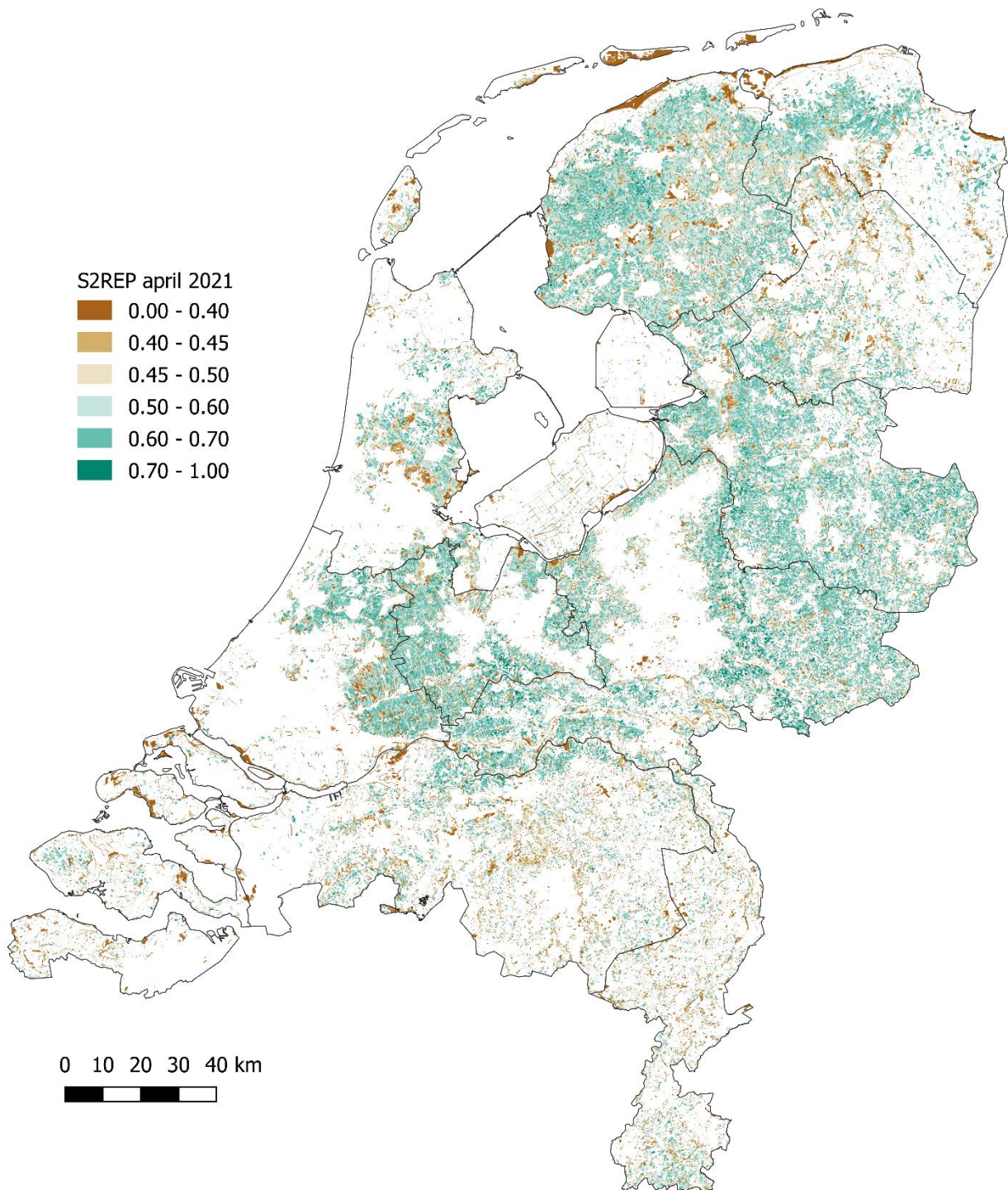
Afstand tot autoweg (meters)

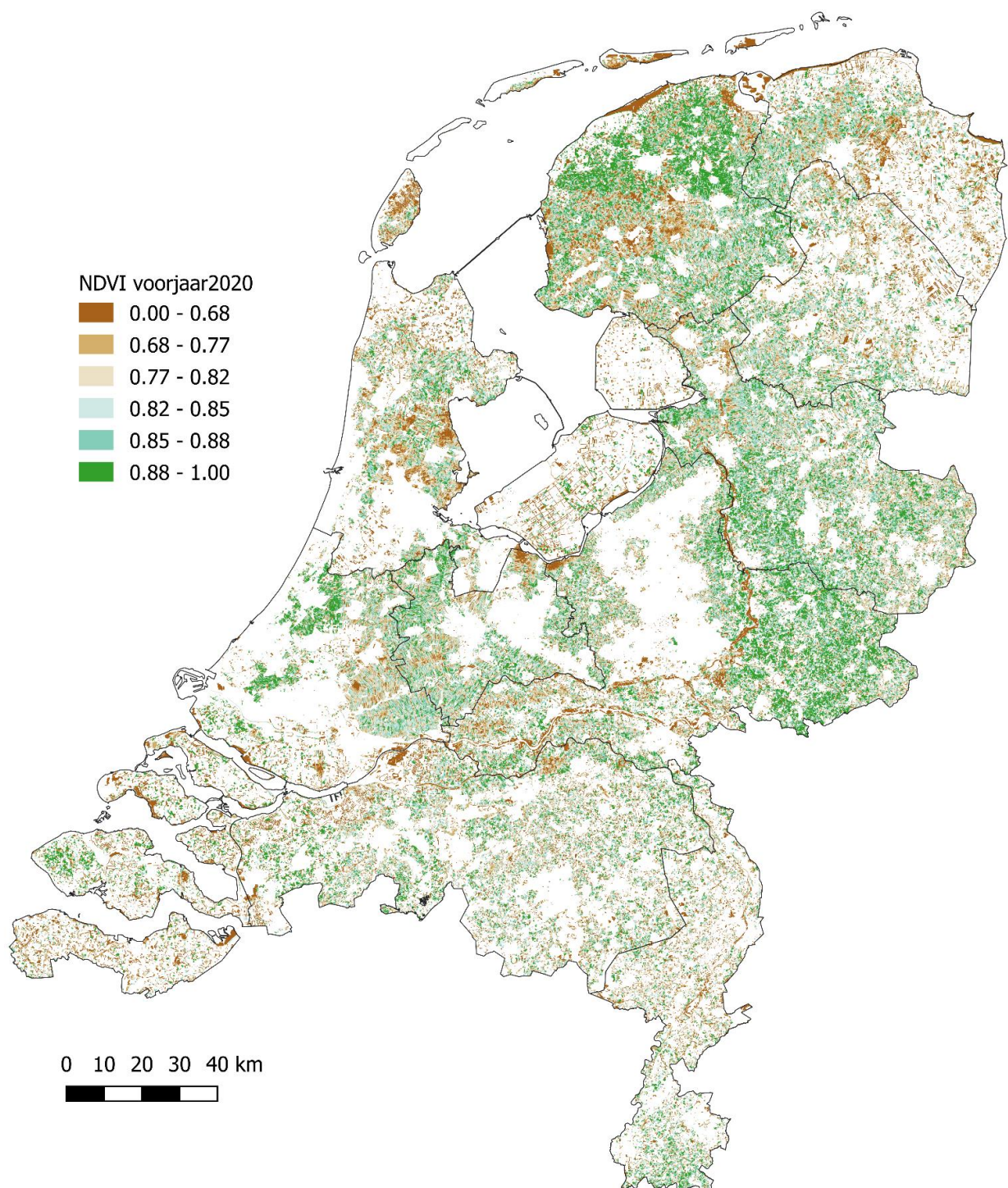




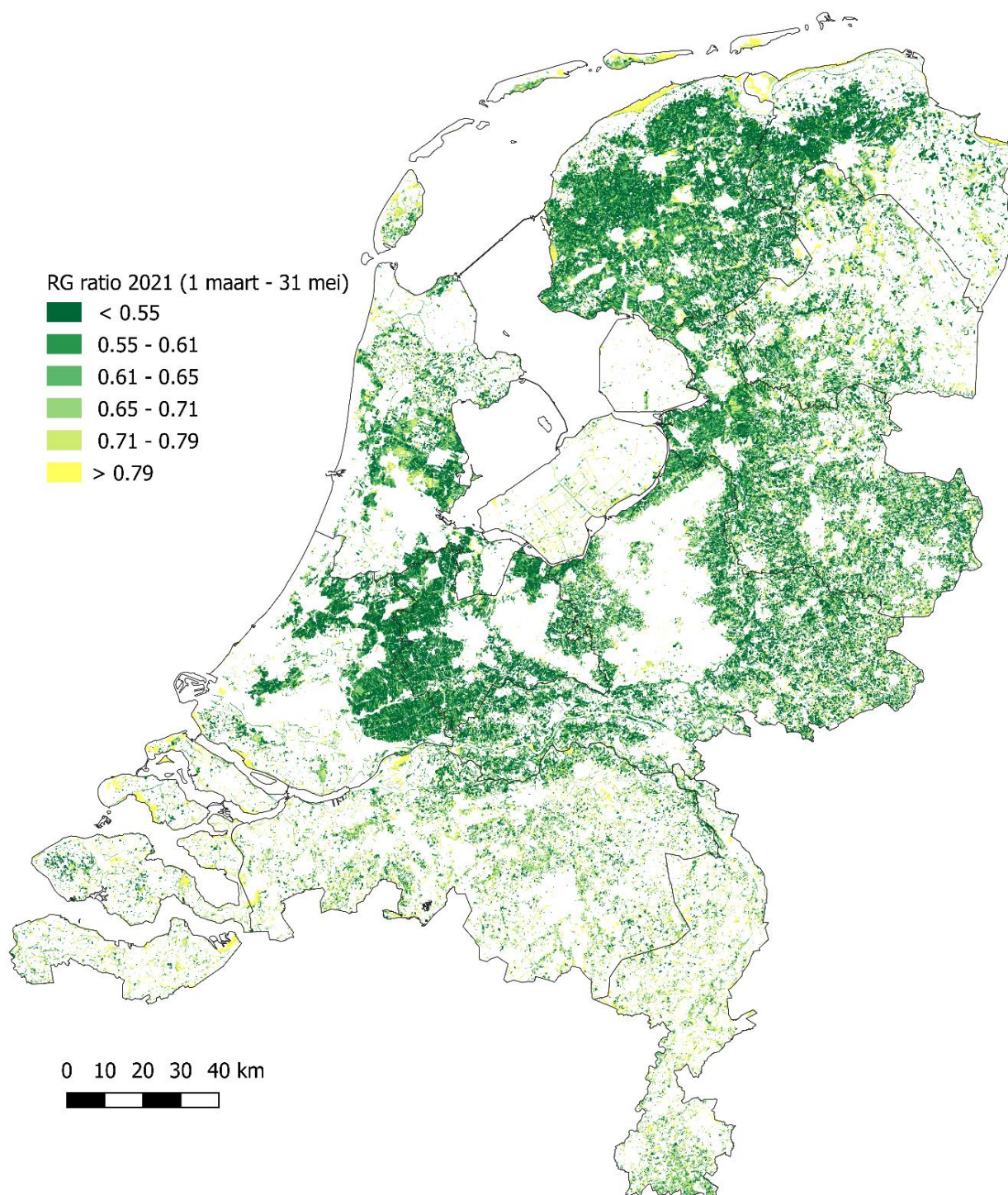
## Bijlage 4 Remote-sensing-kaarten

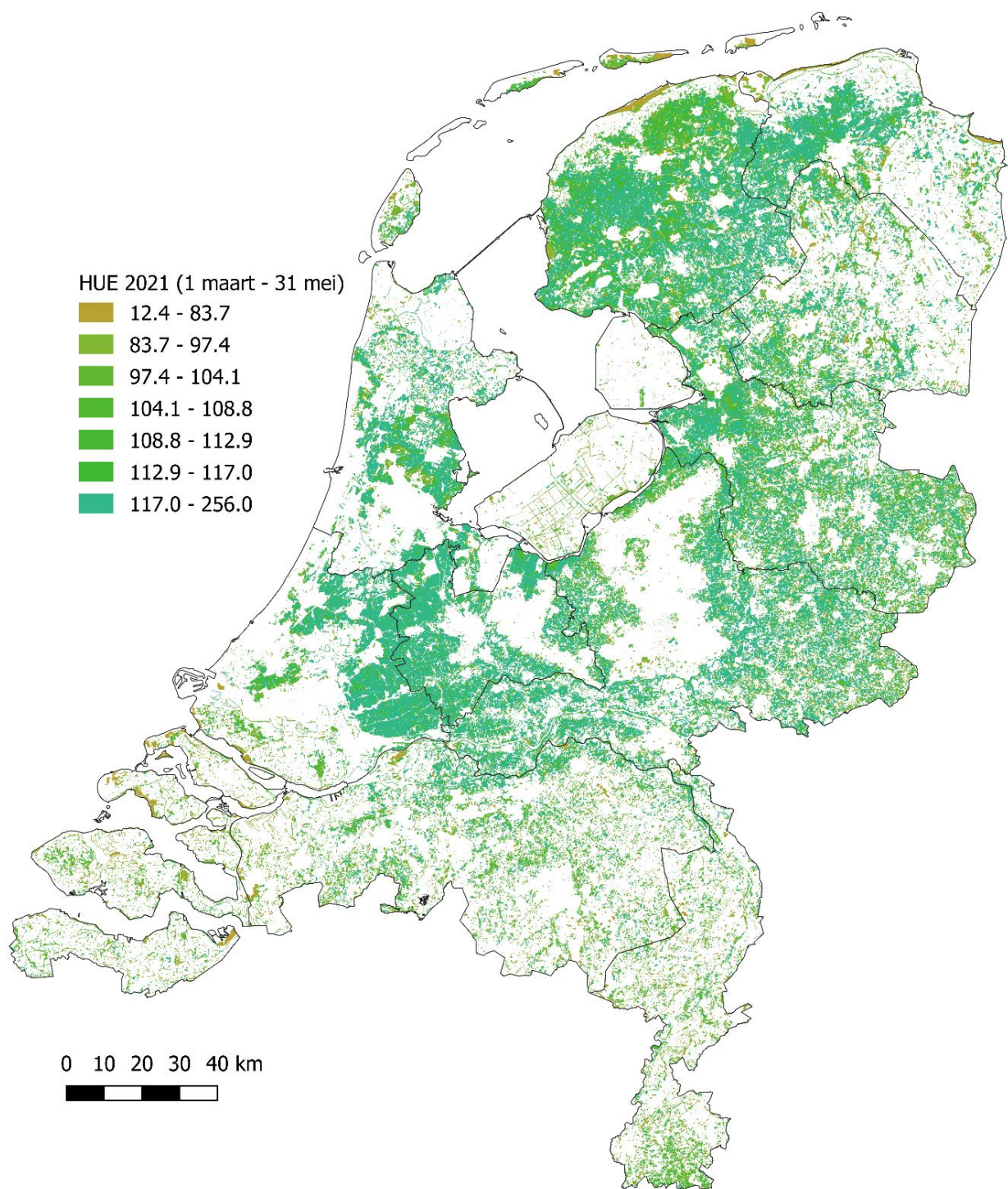
Hieronder volgt een aantal kaartbeelden die tot stand zijn gekomen middels remote sensing. De methodiek per kaartbeeld is beschreven in hoofdstuk 2. Hieronder worden uitsluitend de kaartbeelden getoond die een significant effect hadden binnen de uitgevoerde analyses.



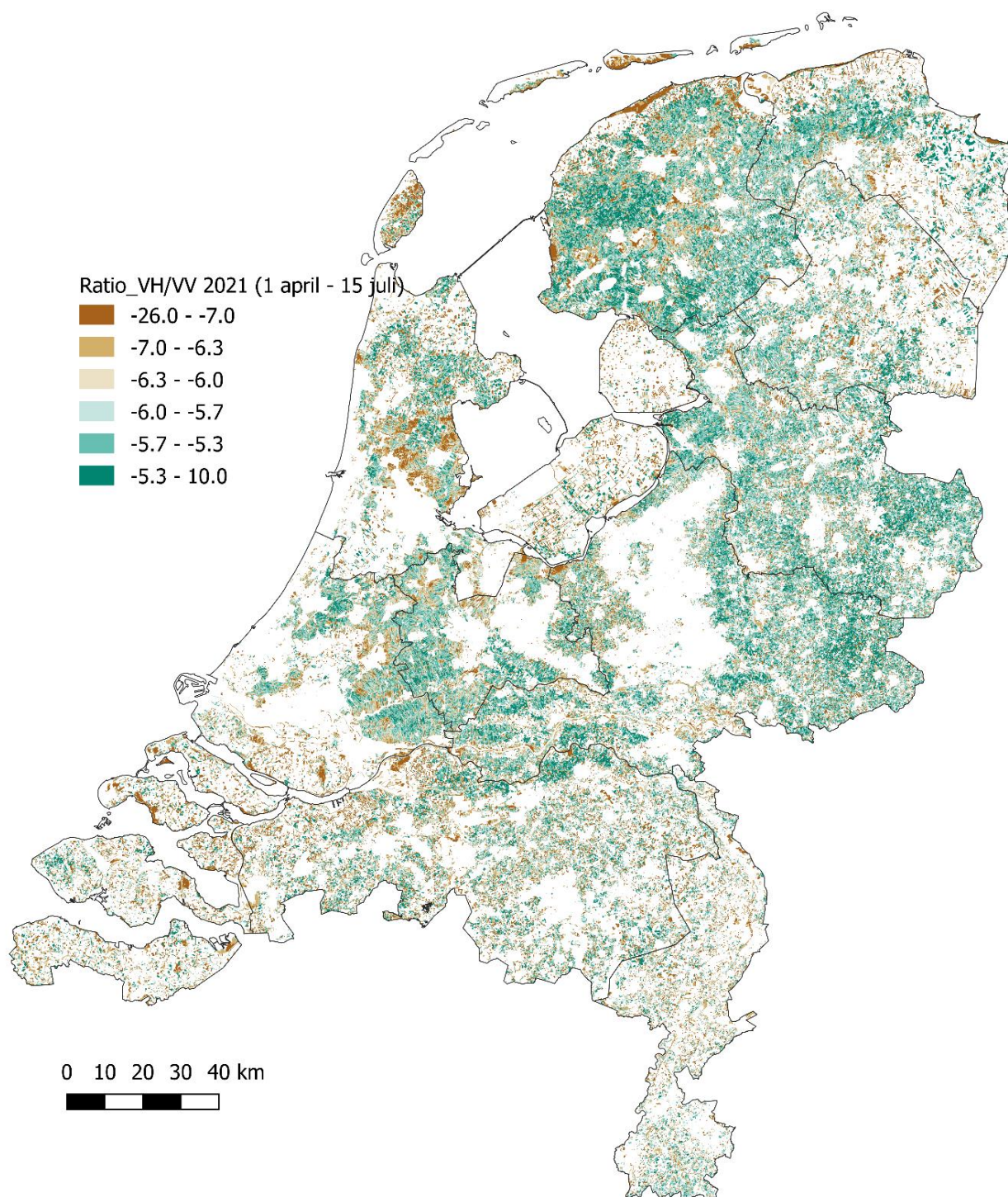












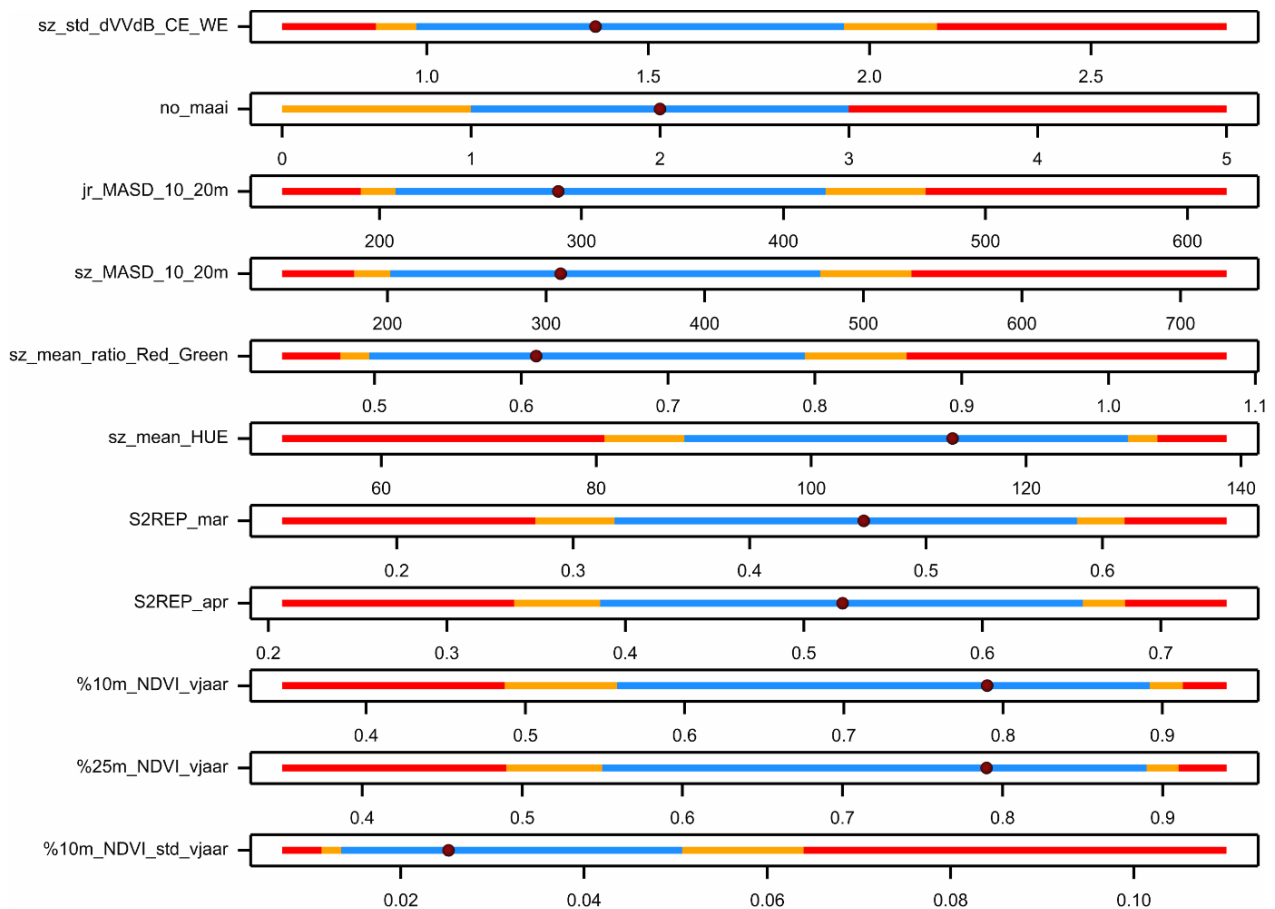
---

## Bijlage 5    BMP-telgebiedenanalyse weidevogels

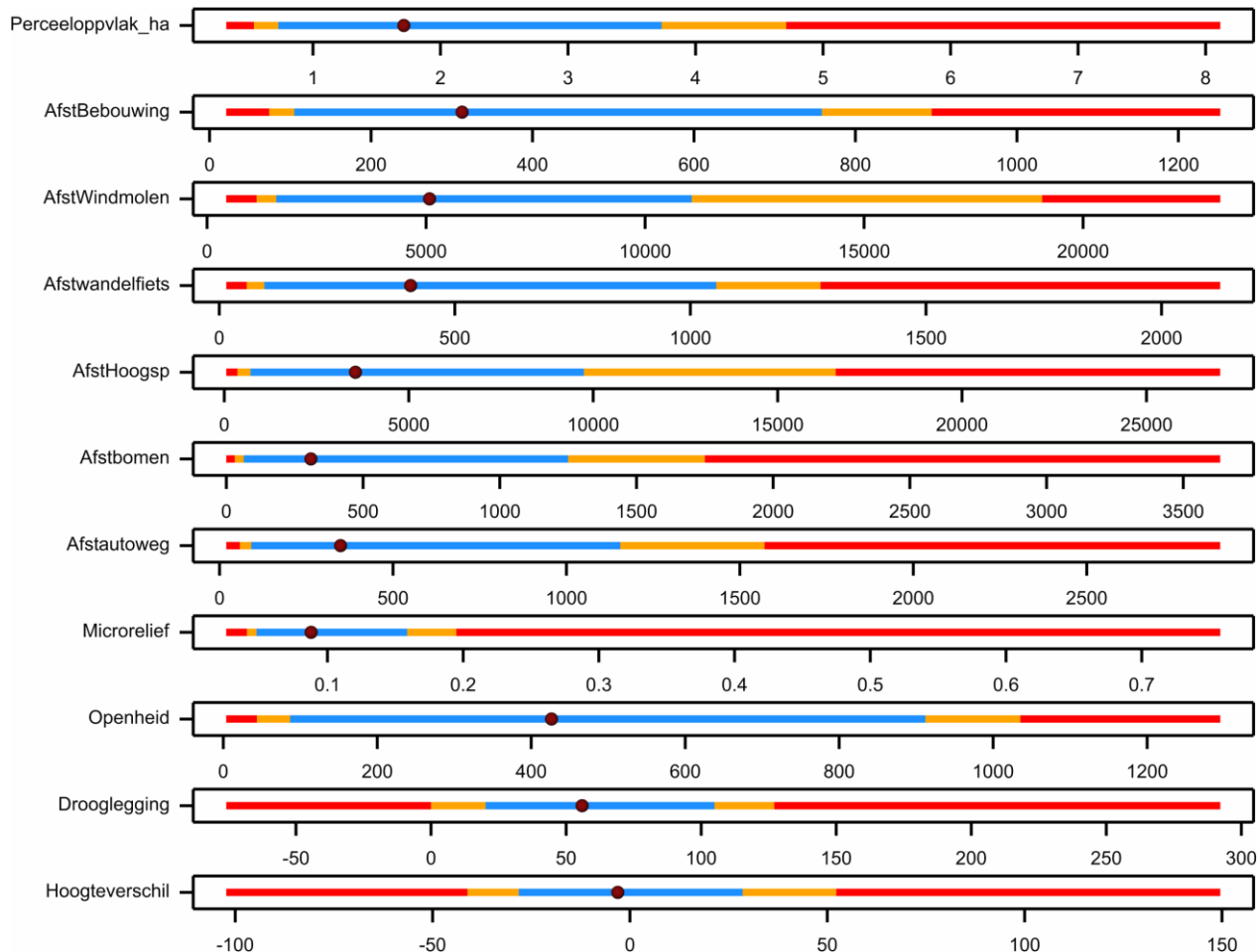
Onderstaande kaartbeeld toont de begrenzing (wit) van de weidevogelgebieden die zijn meegenomen in de analyse.



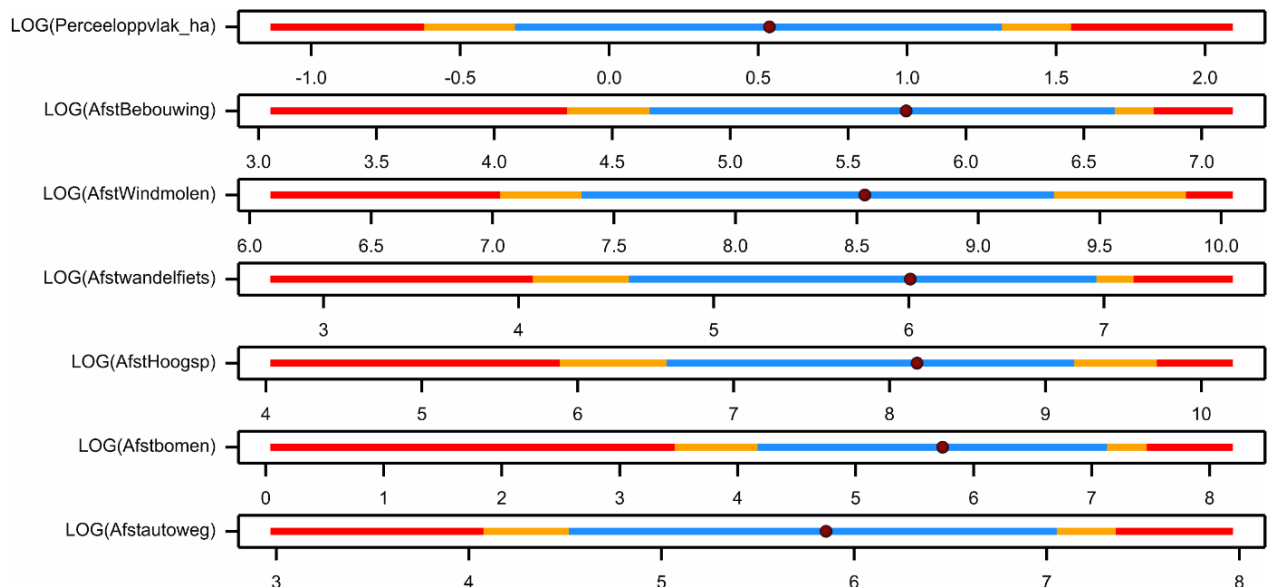
## Bijlage 6 Verdeling abiotische variabelen en remote-sensing-variabelen



**Figuur B6.1** Verdeling van NDVI-waarnemingen voor alle {perceel, jaar} combinaties. De blauwe lijn geeft het 80%-interval, de oranje lijn breidt dit uit naar het 90%-interval en de rode lijn naar het 99%-interval. De zwarte stip geeft de mediaan.



**Figuur B6.2** Verdeling van abiotische waarnemingen op perceelniveau. De blauwe lijn geeft het 80%-interval, de oranje lijn breidt dit uit naar het 90%-interval en de rode lijn naar het 99%-interval. De zwarte stip geeft de mediaan.



**Figuur B6.3** Verdeling van log-getransformeerde abiotische waarnemingen op perceelniveau. De blauwe lijn geeft het 80%-interval, de oranje lijn breidt dit uit naar het 90%-interval en de rode lijn naar het 99%-interval. De zwarte stip geeft de mediaan.



## Bijlage 7      Correlatie matrix weidevogelanalyse

**Tabel B7.1** Correlaties tussen verklarende abiotische variabelen. Abiotische variabelen op perceelniveau. Absolute correlaties groter dan 0.5 zijn geel gemarkeerd.

	Log(Perceelopp)	Log(AfstBebouwing)	Log(AfstWindmolen)	Log(Afstwandelfiets)	Log(AfstHoogsp)	Log(Afstbomen)	Log(Afstautoweg)	Microrelief	Openheid	Drooglegging	Hoogteverschil
Log(Perceelopp)	1										
Log(AfstBebouwing)	0.26	1									
Log(AfstWindmolen)	-0.04	-0.10	1								
Log(Afstwandelfiets)	0.16	0.15	-0.02	1							
Log(AfstHoogsp)	-0.01	0.02	0.01	-0.01	1						
Log(Afstbomen)	0.29	0.57	-0.10	0.16	0.05	1					
Log(Afstautoweg)	0.23	0.37	-0.11	0.12	-0.07	0.55	1				
Microrelief	-0.16	-0.16	0.04	-0.24	0.09	-0.22	-0.19	1			
Openheid	0.10	0.50	-0.17	0.09	0.20	0.59	0.23	-0.09	1		
Drooglegging	0.06	-0.17	0.09	-0.05	0.07	-0.17	-0.07	0.39	-0.11	1	
Hoogteverschil	-0.07	-0.19	0.0	0.15	-0.01	-0.21	-0.12	-0.43	-0.11	0.37	1

**Tabel B7.2** Correlaties tussen remote sensing variabelen op perceel-/jaarniveau. Absolute correlaties groter dan 0.5 zijn geel gemarkeerd.

	sz_std_dVVdB_CE_WE	no_maai	jr_MASD_10_20m	sz_MASD_10_20m	sz_mean_ratio_Red_Green	sz_mean_HUE	S2REP_mar	S2REP_apr	%10m_NDVI_vjaar	%25m_NDVI_vjaar	%10m_NDVI_std_vjaar
sz_std_dVVdB_CE_WE	1										
no_maai	0.03	1									
jr_MASD_10_20m	0.21	0.27	1								
sz_MASD_10_20m	0.22	0.24	0.80	1							
sz_mean_ratio_Red_Green	-0.11	-0.06	-0.24	-0.27	1						
sz_mean_HUE	0.13	0.02	0.22	0.27	-0.93	1					
S2REP_mar	0.21	0.07	0.18	0.27	-0.63	0.67	1				
S2REP_apr	0.18	0.27	0.23	0.34	-0.62	0.61	0.73	1			
%10m_NDVI_vjaar	0.15	0.04	0.07	0.21	-0.73	0.75	0.77	0.67	1		
%25m_NDVI_vjaar	0.15	0.04	0.11	0.22	-0.73	0.74	0.77	0.67	0.96	1	
%10m_NDVI_std_vjaar	-0.015	-0.05	-0.13	-0.15	0.18	-0.12	-0.15	-0.18	-0.07	-0.09	1



**Tabel B7.3** Correlaties tussen enerzijds de NDVI en anderzijds de abiotische variabelen, beide op {perceel, jaar} niveau. Absolute correlaties groter dan 0.5 zijn geel gemarkeerd.

		Log(Perceelopp)	Log(AfstBebouwing)	Log(AfstWindmolen)	Log(Afstwandelfiets)	Log(AfstHoogsp)	Log(Afstbomen)	Log(Afstautoweg)	Microrelief	Openheid	Drooglegging	Hoogteverschil
sz_std_dVVdB_CE_WE	51	-0.18	-0.05	0.01	0.03	-0.02	-0.10	-0.13	0.04	-0.03	0.04	0.01
no_maai	52	0.07	-0.04	0.04	0.05	0.00	-0.01	-0.04	0.02	-0.05	0.08	0.03
jr_MASD_10_20m	53	0.06	-0.04	0.10	-0.01	0.06	-0.06	-0.14	-0.06	-0.02	0.03	-0.04
sz_MASD_10_20m	54	0.09	-0.07	0.08	0.02	0.00	-0.07	-0.11	-0.08	-0.09	0.03	-0.04
sz_mean_ratio_Red_Green	55	-0.07	0.12	-0.06	-0.01	0.06	0.13	0.15	0.02	0.19	-0.09	0.01
sz_mean_HUE	56	0.04	-0.10	0.09	-0.01	-0.11	-0.16	-0.18	-0.01	-0.21	0.05	0.00
S2REP_mar	57	0.05	-0.24	0.11	0.01	-0.11	-0.29	-0.23	0.03	-0.33	0.10	0.04
S2REP_apr	58	0.13	-0.20	0.11	0.08	-0.15	-0.23	-0.20	0.00	-0.32	0.14	0.02
%10m_NDVI_vjaar	59	0.05	-0.20	0.08	0.02	-0.15	-0.21	-0.16	0.01	-0.30	0.09	0.04
%25m_NDVI_vjaar	60	0.06	-0.20	0.09	0.02	-0.13	-0.20	-0.16	-0.01	-0.29	0.09	0.03
%10m_NDVI_std_vjaar	61	0.12	0.01	-0.08	-0.04	0.02	0.06	0.11	0.01	0.04	-0.03	0.02

## Bijlage 8 Uitkomsten weidevogelanalyse

Grutto Nesten	estimates	s.e.	z-value	p-value
(Intercept)	-5.229e+00	6.367e-01	-8.21	0.0000
jaar [2019]	4.144e-01	4.936e-02	8.39	0.0000
jaar [2020]	2.754e-01	3.483e-02	7.91	0.0000
jaar [2021]	1.485e-01	4.066e-02	3.65	0.0003
bodem [overig]	1.124e-01	2.073e-01	0.54	0.5878
bodem [veen]	2.502e-02	6.350e-02	0.39	0.6936
bodem [zand]	2.065e-01	9.094e-02	2.27	0.0232
bodem [zavel]	-2.126e-01	6.663e-02	-3.19	0.0014
Perceeloppvlak_ha	9.186e-01	3.063e-02	29.99	0.0000
AfstBebouwing	1.996e-01	3.992e-02	5.00	0.0000
AfstWindmolen	-	-	-	-
Afstwandelfiets	6.949e-02	2.506e-02	2.77	0.0056
AfstHoogsp	3.299e-01	4.017e-02	8.21	0.0000
Afstbomen	4.799e-01	3.276e-02	14.65	0.0000
Afstautoweg	7.090e-02	2.582e-02	2.75	0.0060
Openheid	5.270e-04	1.405e-04	3.75	0.0002
Drooglegging	-6.820e-03	6.825e-04	-9.99	0.0000
Hoogteverschil	-5.446e-03	7.645e-04	-7.12	0.0000
sz_std_dVVdB_CE_WE	-	-	-	-
no_maai	-	-	-	-
jr_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_mean_ratio_Red_Green	-3.069e+00	3.106e-01	-9.88	0.0000
sz_mean_HUE	-1.184e-02	2.584e-03	-4.58	0.0000
S2REP_mar	-9.257e-01	1.871e-01	-4.95	0.0000
S2REP_apr	-2.302e+00	2.239e-01	-10.28	0.0000
X.10m_NDVI_vjaar	-	-	-	-
X.25m_NDVI_vjaar	-	-	-	-
X.10m_NDVI_std_vjaar	-	-	-	-

Kievit Nesten	estimates	s.e.	z-value	p-value
(Intercept)	-4.494e+00	3.694e-01	-12.17	0.0000
jaar [2019]	7.203e-01	4.714e-02	15.28	0.0000
jaar [2020]	2.947e-01	3.977e-02	7.41	0.0000
jaar [2021]	3.991e-01	4.111e-02	9.71	0.0000
bodem [overig]	-4.169e-01	1.899e-01	-2.20	0.0281
bodem [veen]	-1.840e-01	6.075e-02	-3.03	0.0025
bodem [zand]	-3.436e-02	8.223e-02	-0.42	0.6760
bodem [zavel]	-3.482e-01	6.094e-02	-5.71	0.0000
Perceeloppvlak_ha	8.719e-01	2.887e-02	30.20	0.0000
AfstBebouwing	1.646e-01	3.378e-02	4.87	0.0000
AfstWindmolen	-	-	-	-
Afstwandelfiets	-	-	-	-
AfstHoogsp	2.556e-01	3.610e-02	7.08	0.0000
Afstbomen	4.084e-01	2.688e-02	15.19	0.0000
Afstautoweg	-	-	-	-
Openheid	-	-	-	-
Drooglegging	-5.666e-03	6.117e-04	-9.26	0.0000
Hoogteverschil	-2.564e-03	6.815e-04	-3.76	0.0002
sz_std_dVVdB_CE_WE	-8.124e-02	3.136e-02	-2.59	0.0096
no_maai	-3.465e-02	1.313e-02	-2.64	0.0083
jr_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_mean_ratio_Red_Green	-	-	-	-
sz_mean_HUE	-1.000e-02	1.250e-03	-8.00	0.0000
S2REP_mar	-6.286e-01	1.604e-01	-3.92	0.0001
S2REP_apr	-1.967e+00	2.060e-01	-9.55	0.0000
X.10m_NDVI_vjaar	-	-	-	-
X.25m_NDVI_vjaar	-8.489e-01	1.802e-01	-4.71	0.0000
X.10m_NDVI_std_vjaar	4.836e+00	6.411e-01	7.54	0.0000

<b>Scholekster nesten</b>	<b>estimates</b>	<b>s.e.</b>	<b>z-value</b>	<b>p-value</b>
(Intercept)	4.989e-01	5.071e-01	0.98	0.3252
jaar [2019]	8.039e-01	6.849e-02	11.74	0.0000
jaar [2020]	2.457e-01	6.132e-02	4.01	0.0001
jaar [2021]	2.486e-01	5.198e-02	4.78	0.0000
bodem [overig]	-3.413e-01	1.576e-01	-2.17	0.0304
bodem [veen]	-1.675e-01	5.234e-02	-3.20	0.0014
bodem [zand]	-2.924e-01	6.695e-02	-4.37	0.0000
bodem [zavel]	-3.039e-01	4.611e-02	-6.59	0.0000
Perceeloppvlak_ha	7.850e-01	2.392e-02	32.81	0.0000
AfstBebouwing	-	-	-	-
AfstWindmolen	-	-	-	-
Afstwandelfiets	-6.088e-02	1.909e-02	-3.19	0.0014
AfstHoogsp	-	-	-	-
Afstbomen	1.710e-01	2.191e-02	7.80	0.0000
Afstautoweg	-	-	-	-
Openheid	9.148e-04	9.242e-05	9.90	0.0000
Drooglegging	-3.331e-03	5.511e-04	-6.05	0.0000
Hoogteverschil	-2.825e-03	5.801e-04	-4.87	0.0000
sz_std_dVVdB_CE_WE	-	-	-	-
no_maai	-9.554e-02	1.360e-02	-7.02	0.0000
jr_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_mean_ratio_Red_Green	-1.731e+00	3.083e-01	-5.61	0.0000
sz_mean_HUE	-1.557e-02	2.432e-03	-6.40	0.0000
S2REP_mar	-	-	-	-
S2REP_apr	-1.575e+00	2.059e-01	-7.65	0.0000
X.10m_NDVI_vjaar	2.674e+00	3.327e-01	8.04	0.0000
X.25m_NDVI_vjaar	-3.109e+00	2.941e-01	-10.57	0.0000
X.10m_NDVI_std_vjaar	-	-	-	-

<b>Tureluur nesten</b>	<b>estimates</b>	<b>s.e.</b>	<b>z-value</b>	<b>p-value</b>
(Intercept)	-3.727e+00	7.527e-01	-4.95	0.0000
jaar [2019]	7.437e-01	7.453e-02	9.98	0.0000
jaar [2020]	4.829e-01	5.928e-02	8.15	0.0000
jaar [2021]	3.993e-01	5.734e-02	6.96	0.0000
bodem [overig]	-2.178e-01	2.041e-01	-1.07	0.2860
bodem [veen]	-1.349e-01	7.349e-02	-1.84	0.0663
bodem [zand]	-2.321e-01	9.585e-02	-2.42	0.0154
bodem [zavel]	-3.755e-01	6.860e-02	-5.47	0.0000
Perceeloppvlak_ha	8.235e-01	3.326e-02	24.76	0.0000
AfstBebouwing	-	-	-	-
AfstWindmolen	-	-	-	-
Afstwandelfiets	-	-	-	-
AfstHoogsp	3.247e-01	4.658e-02	6.97	0.0000
Afstbomen	4.434e-01	3.178e-02	13.95	0.0000
Afstautoweg	-	-	-	-
Openheid	6.734e-04	1.443e-04	4.67	0.0000
Drooglegging	-3.650e-03	6.809e-04	-5.36	0.0000
Hoogteverschil	-5.058e-03	8.271e-04	-6.12	0.0000
sz_std_dVVdB_CE_WE	-	-	-	-
no_maai	-	-	-	-
jr_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_mean_ratio_Red_Green	-2.155e+00	4.101e-01	-5.25	0.0000
sz_mean_HUE	-8.561e-03	3.211e-03	-2.67	0.0077
S2REP_mar	-7.374e-01	2.093e-01	-3.52	0.0004
S2REP_apr	-2.597e+00	2.691e-01	-9.65	0.0000
X.10m_NDVI_vjaar	-	-	-	-
X.25m_NDVI_vjaar	-1.581e+00	2.433e-01	-6.50	0.0000
X.10m_NDVI_std_vjaar	9.419e+00	7.671e-01	12.28	0.0000

<b>Grutto kuikens</b>	<b>estimates</b>	<b>s.e.</b>	<b>z-value</b>	<b>p-value</b>
(Intercept)	-6.662e+00	7.017e-01	-9.49	0.0000
jaar [2019]	3.121e-01	3.709e-02	8.42	0.0000
jaar [2020]	-9.204e-02	3.421e-02	-2.69	0.0071
jaar [2021]	2.356e-01	3.052e-02	7.72	0.0000
bodem [overig]	1.463e-01	2.189e-01	0.67	0.5039
bodem [veen]	1.814e-01	6.330e-02	2.87	0.0042
bodem [zand]	3.609e-01	9.277e-02	3.89	0.0001
bodem [zavel]	-1.832e-01	6.938e-02	-2.64	0.0083
Perceeloppvlak_ha	8.941e-01	3.102e-02	28.83	0.0000
AfstBebouwing	2.549e-01	4.053e-02	6.29	0.0000
AfstWindmolen	-2.172e-01	6.640e-02	-3.27	0.0011
Afstwandelfiets	1.096e-01	2.557e-02	4.29	0.0000
AfstHoogsp	3.887e-01	4.106e-02	9.47	0.0000
Afstbomen	5.045e-01	3.276e-02	15.40	0.0000
Afstautoweg	-	-	-	-
Openheid	5.882e-04	1.489e-04	3.95	0.0001
Drooglegging	-6.176e-03	7.303e-04	-8.46	0.0000
Hoogteverschil	-4.424e-03	7.764e-04	-5.70	0.0000
sz_std_dVVdB_CE_WE	-	-	-	-
no_maai	-	-	-	-
jr_MASD_10_20m	-1.085e-03	2.390e-04	-4.54	0.0000
sz_MASD_10_20m	5.862e-04	1.739e-04	3.37	0.0007
sz_mean_ratio_Red_Green	-1.520e+00	1.618e-01	-9.40	0.0000
sz_mean_HUE	-	-	-	-
S2REP_mar	-	-	-	-
S2REP_apr	-3.014e+00	2.216e-01	-13.60	0.0000
X.10m_NDVI_vjaar	-	-	-	-
X.25m_NDVI_vjaar	-	-	-	-
X.10m_NDVI_std_vjaar	2.814e+00	6.795e-01	4.14	0.0000

<b>Kievit kuikens</b>	<b>estimates</b>	<b>s.e.</b>	<b>z-value</b>	<b>p-value</b>
(Intercept)	-3.913e+00	3.638e-01	-10.76	0.0000
jaar [2019]	6.463e-01	4.259e-02	15.17	0.0000
jaar [2020]	-7.958e-03	3.771e-02	-0.21	0.8329
jaar [2021]	5.980e-01	3.988e-02	15.00	0.0000
bodem [overig]	-2.937e-01	1.892e-01	-1.55	0.1206
bodem [veen]	-1.539e-01	6.183e-02	-2.49	0.0128
bodem [zand]	-1.712e-01	8.910e-02	-1.92	0.0546
bodem [zavel]	-2.915e-01	6.437e-02	-4.53	0.0000
Perceeloppvlak_ha	7.674e-01	2.910e-02	26.37	0.0000
AfstBebouwing	1.412e-01	3.403e-02	4.15	0.0000
AfstWindmolen	-	-	-	-
Afstwandelfiets	-	-	-	-
AfstHoogsp	2.075e-01	3.418e-02	6.07	0.0000
Afstbomen	3.828e-01	2.697e-02	14.19	0.0000
Afstautoweg	-	-	-	-
Openheid	-	-	-	-
Drooglegging	-3.585e-03	6.318e-04	-5.67	0.0000
Hoogteverschil	-3.924e-03	6.906e-04	-5.68	0.0000
sz_std_dVVdB_CE_WE	-2.316e-01	3.423e-02	-6.77	0.0000
no_maai	-4.155e-02	1.548e-02	-2.68	0.0073
jr_MASD_10_20m	-7.980e-04	1.856e-04	-4.30	0.0000
sz_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_mean_ratio_Red_Green	-	-	-	-
sz_mean_HUE	-9.967e-03	1.169e-03	-8.53	0.0000
S2REP_mar	-	-	-	-
S2REP_apr	-3.457e+00	2.082e-01	-16.60	0.0000
X.10m_NDVI_vjaar	-	-	-	-
X.25m_NDVI_vjaar	-	-	-	-
X.10m_NDVI_std_vjaar	9.187e+00	6.426e-01	14.30	0.0000

<b>Scholekster kuikens</b>	<b>estimates</b>	<b>s.e.</b>	<b>z-value</b>	<b>p-value</b>
(Intercept)	-3.786e+00	3.248e-01	-11.66	0.0000
jaar [2019]	3.471e-01	1.124e-01	3.09	0.0020
jaar [2020]	-3.254e-01	1.000e-01	-3.25	0.0011
jaar [2021]	1.924e-01	9.295e-02	2.07	0.0385
bodem [overig]	-6.698e-01	3.256e-01	-2.06	0.0397
bodem [veen]	-3.039e-01	9.667e-02	-3.14	0.0017
bodem [zand]	-4.860e-01	1.184e-01	-4.10	0.0000
bodem [zavel]	-4.663e-01	8.231e-02	-5.67	0.0000
Perceeloppvlak_ha	7.537e-01	4.451e-02	16.93	0.0000
AfstBebouwing	-	-	-	-
AfstWindmolen	-	-	-	-
Afstwandelfiets	-	-	-	-
AfstHoogsp	-	-	-	-
Afstbomen	1.999e-01	3.948e-02	5.06	0.0000
Afstautoweg	-	-	-	-
Openheid	6.146e-04	1.646e-04	3.73	0.0002
Drooglegging	-	-	-	-
Hoogteverschil	-4.706e-03	9.140e-04	-5.15	0.0000
sz_std_dVVdB_CE_WE	-3.647e-01	6.466e-02	-5.64	0.0000
no_maai	-1.275e-01	2.646e-02	-4.82	0.0000
jr_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_mean_ratio_Red_Green	-	-	-	-
sz_mean_HUE	-	-	-	-
S2REP_mar	-	-	-	-
S2REP_apr	-3.620e+00	3.879e-01	-9.33	0.0000
X.10m_NDVI_vjaar	4.858e+00	6.405e-01	7.59	0.0000
X.25m_NDVI_vjaar	-3.786e+00	5.472e-01	-6.92	0.0000
X.10m_NDVI_std_vjaar	-	-	-	-

<b>Tureluur kuikens</b>	<b>estimates</b>	<b>s.e.</b>	<b>z-value</b>	<b>p-value</b>
(Intercept)	-5.356e+00	5.567e-01	-9.62	0.0000
jaar [2019]	5.218e-01	7.318e-02	7.13	0.0000
jaar [2020]	2.556e-02	6.619e-02	0.39	0.6994
jaar [2021]	3.834e-01	5.547e-02	6.91	0.0000
bodem [overig]	-3.120e-01	2.369e-01	-1.32	0.1879
bodem [veen]	-1.161e-01	7.111e-02	-1.63	0.1025
bodem [zand]	-1.064e-01	9.647e-02	-1.10	0.2703
bodem [zavel]	-2.794e-01	6.830e-02	-4.09	0.0000
Perceeloppvlak_ha	8.126e-01	3.330e-02	24.41	0.0000
AfstBebouwing	1.626e-01	4.335e-02	3.75	0.0002
AfstWindmolen	-	-	-	-
Afstwandelfiets	-	-	-	-
AfstHoogsp	2.960e-01	4.649e-02	6.37	0.0000
Afstbomen	3.781e-01	3.435e-02	11.01	0.0000
Afstautoweg	-	-	-	-
Openheid	4.981e-04	1.517e-04	3.28	0.0010
Drooglegging	-4.588e-03	7.747e-04	-5.92	0.0000
Hoogteverschil	-5.447e-03	8.500e-04	-6.41	0.0000
sz_std_dVVdB_CE_WE	-	-	-	-
no_maai	-	-	-	-
jr_MASD_10_20m	-1.243e-03	2.030e-04	-6.12	0.0000
sz_MASD_10_20m	-	-	-	-
sz_mean_ratio_Red_Green	-1.068e+00	2.263e-01	-4.72	0.0000
sz_mean_HUE	-	-	-	-
S2REP_mar	-	-	-	-
S2REP_apr	-4.031e+00	2.616e-01	-15.41	0.0000
X.10m_NDVI_vjaar	1.403e+00	4.470e-01	3.14	0.0017
X.25m_NDVI_vjaar	-1.984e+00	3.765e-01	-5.27	0.0000
X.10m_NDVI_std_vjaar	8.092e+00	7.271e-01	11.13	0.0000

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 3156  
ISSN 1566-7197



---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Rapport 3156  
ISSN 1566-7197

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

