



Grutto's als indicator voor veranderingen in landgebruik in de Sahel

Tijdelijk wetland ten zuiden van Ross Bethio, Senegal, 7 juli 2019 (foto: Ruth Howison). *Ephemeral wetland south of Ross Bethio, Senegal.*

Satellietzenders maken het mogelijk trekvogels heel gedetailleerd te volgen, zowel tijdens hun trek als in hun overwinteringsgebied. Dat geeft inzicht in welke plekken belangrijk zijn voor de trekvogels buiten het broedgebied. Het zegt echter niets over hoe zo'n plek eruit ziet of hoe het erbij ligt. Dat is nu wel mogelijk, want satellieten verzamelen op gedetailleerd niveau en met grote regelmaat allerlei informatie van allerlei plekken ter wereld. Door de zendergegevens over de gedetailleerde satellietbeelden te leggen, wordt veel meer duidelijk over gebiedsgebruik van een trekvogel, zoals in dit artikel over de Grutto.

Ruth A. Howison, Jos C.E.W. Hooijmeijer & Theunis Piersma

"Nooit meer honger", was het adagium na de Tweede Wereldoorlog en dat was het begin van een ongekende landbouwintensivering in Nederland. We stonden daarin niet alleen: in de afgelopen decennia werd op steeds meer plaatsen in de wereld gekozen voor bedrijfsmodellen waarin wordt gestreefd naar een zo groot mogelijke opbrengst tegen een zo laag mogelijke kostprijs door een strak gereguleerd waterbeheer en het gebruik van veel (kunst)mest en chemische bestrijdingsmiddelen (Harvey 2011, van Grinsven & Kooman 2017). Inmiddels is duidelijk dat deze vorm van landbouw funest is voor de biodiversiteit, wat blijkt uit dramatische dalingen in aantallen bodemorganismen (Tsiafouli *et al.* 2015), vliegende insecten (Hallmann *et al.* 2017) en gelijktijdige dalingen van veel insectenetende vogelsoorten die in landbouwgebieden voorkomen (Donald *et al.* 2001, 2006, Kentie *et al.* 2016).

Ook in Afrika is de Grutto *Limosa limosa limosa* grotendeels een boerenlandvogel. In de landen van West-Afrika ten zuiden van de Sahara is door de groeiende bevolking in de stad en op het platteland een toenemende vraag naar

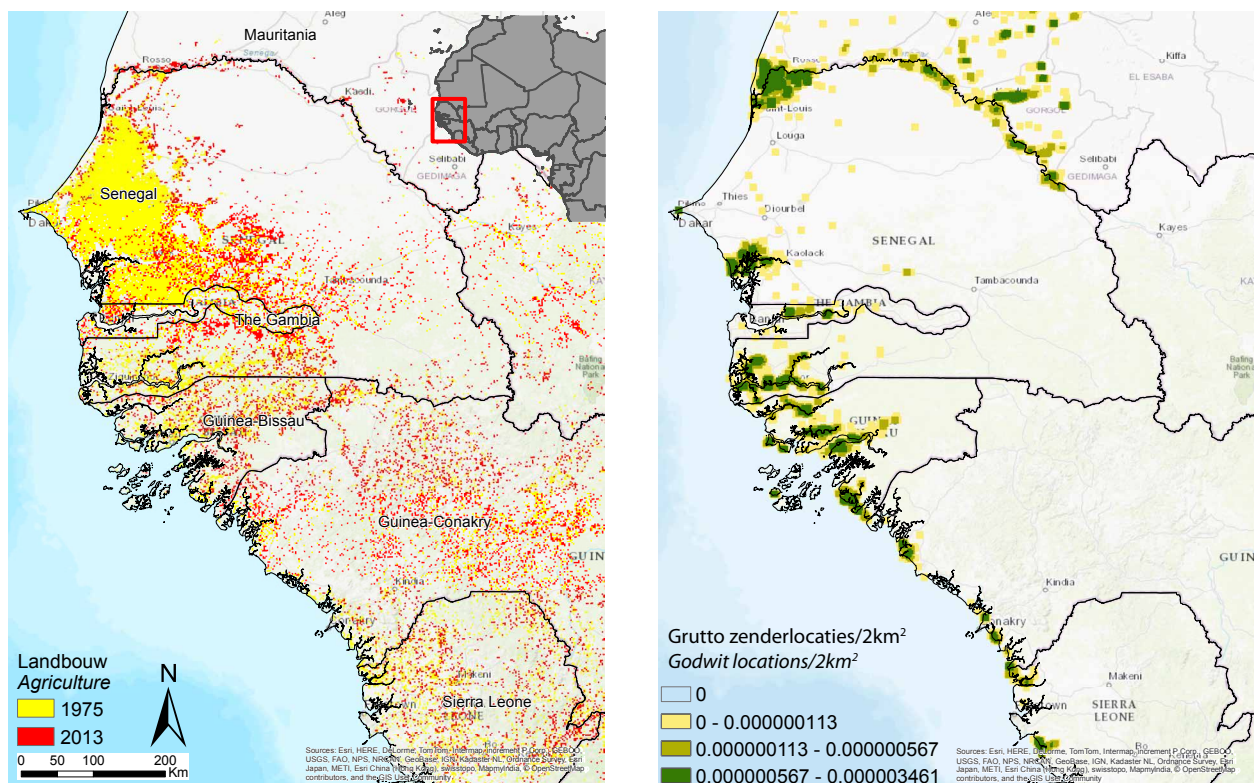
landbouwproducten, zoals rijst. Dit heeft net als in Europa geleid tot grootschalige omzetting van natuurlijke wetlands en traditionele landbouw naar commerciële, intensieve landbouw (Pendleton *et al.* 2012) en een snelle intensivering om de opbrengsten te verhogen (Tuttonell *et al.* 2016). Het is echter onduidelijk of deze regio nu geconfronteerd wordt met een vergelijkbare daling van de biodiversiteit op landbouwgrond als in West-Europa.

Miljoenen Palearctische trekvogels overwinteren en/of pleisteren in de Sahelzone (Bos *et al.* 2006, Hahn *et al.* 2009, Zwarts *et al.* 2009, Delany *et al.* 2010). Met name voor watervogels en steltlopers zijn waterrijke gebieden enorm belangrijk en hun aanwezigheid valt dan ook samen met de relatief korte tijd van overstromingen die zowel de plantengroei als de ontwikkeling van ongewervelde dieren stimuleren (Kaptué *et al.* 2013). Echter, in het huidige, sterk veranderende landschap, als gevolg van een intensiever menselijk gebruik, liggen geschikte wetlands steeds verder uit elkaar en is zowel de aanwezigheid als de kwaliteit van deze gebieden minder voorspelbaar geworden (Kaptué *et al.* 2013, Masero *et al.* 2017).

Het gebruik van satellietzenders maakt het mogelijk om de bewegingen van trekvogels te volgen, ook op moeilijk toegankelijke plekken (Hooijmeijer *et al.* 2013, Henry *et al.*

2016). We krijgen daardoor een veel gedetailleerder beeld van welke gebieden belangrijk zijn voor een soort, wat belangrijk is om hun leefgebieden beter te kunnen beschermen. Tegelijkertijd verzamelen satellieten steeds meer informatie over de milieuomstandigheden overal op aarde; niet alleen van het weer en klimaat, maar ook van b.v. vegetatiebedekking en landgebruik. De resolutie van zulke beelden is tegenwoordig hoog (10 tot 30 meter) en de intervallen tussen opeenvolgende beeldseries kort (12-16 dagen; Snoeij *et al.* 2009, Didan *et al.* 2015). Dit biedt ongekennde mogelijkheden om in beeld te krijgen met wat voor omstandigheden trekvogels geconfronteerd worden. We kunnen daardoor beter begrijpen wat de invloed is van veranderingen in het landschap op de verspreiding van trekvogels en of dat wellicht veranderingen in de populatie kan verklaren.

In deze studie analyseren we het biotoopgebruik van overwinterende Grutto's in de westelijke Sahel en de landen ten zuiden daarvan. Noordwest-Europese Grutto's broeden voornamelijk in Nederland en brengen de winter door in West-Afrika ten zuiden van de Sahara, met name in de Senegal Delta en Zuid-Mauritanië, en langs de kust van de Sine Saloum Delta, Casamance en in Guinee-Bissau (figuur 1; Beintema & Drost 1986, Zwarts *et al.* 2009, Kentie *et al.* 2017). Een deel van de populatie overwintert tegenwoordig ten



Figuur 1. Overzicht van het onderzoeksgebied met links de toename van landbouw tussen 1975-2013 en rechts de cumulatieve dichtheid van zenderlocaties per 2 km², waaruit een duidelijke voorkeur voor bepaalde regio's naar voren komt. *Overview of the study area showing the increase in agricultural land use in the period 1975-2013 (left); cumulative density of satellite locations per 2 km² showing a clear preference for certain regions (right).*

noorden van de Sahara in het zuiden van Portugal en Spanje (Lourenço & Piersma 2008a, Hooijmeijer *et al.* 2013, Márquez-Ferrando *et al.* 2014). De populatie is de afgelopen 50 jaar met 75% afgenomen (Gill *et al.* 2007, Kentie *et al.* 2016). Deze daling viel samen met een periode van intensivering van de landbouw in Noordwest-Europa (Donald *et al.* 2001, Lymbery & Oakeshott 2014, Newton 2017). Zou deze afname deels veroorzaakt kunnen worden door veranderd landgebruik in West-Afrika?

GEBIED EN METHODE

Ons studiegebied was de westelijke Sahel en de zone ten zuiden daarvan van 7° tot 18° N en -18° tot -3° W (figuur 1). De meren en overstromingsvlaktes van de Niger in Mali werden niet in dit onderzoek meegenomen omdat Nederlandse Grutto's daar waarschijnlijk maar weinig voorkomen (924 van de 28 134 satellietlocaties in de rest van het onderzoeksgebied, tabel 1).

Satellietzenders

In 2013-15 hebben we 58 volwassen Grutto's uitgerust met 5 en 9.5 g zware PTT-100 satellietzenders (Microwave Telemetry, Inc.). De vogels werden met mistnetten gevangen op slaapplekken tijdens de trek in Portugal en Spanje en in de broedgebieden in Nederland met een inloopval op het nest. We hebben deze vogels gevolgd over een periode van vijf jaar en deelden publiekelijk de gegevens via de website van 'Kening fan 'e Greide'. Locaties kwamen binnen via het CLS-volgsysteem (www.argosystem.org) en alleen de meest nauwkeurige plaatsbepalingen werden in de analyse gebruikt (tabel 1). Om te onderzoeken of de aanwezigheid van beschermde gebieden invloed had op de biotoopkeuze van Grutto's, hebben we gecheckt of locaties binnen of buiten beschermde gebieden lagen, zoals vermeld door de IUCN (IUCN UNEP-WCMC 2018).

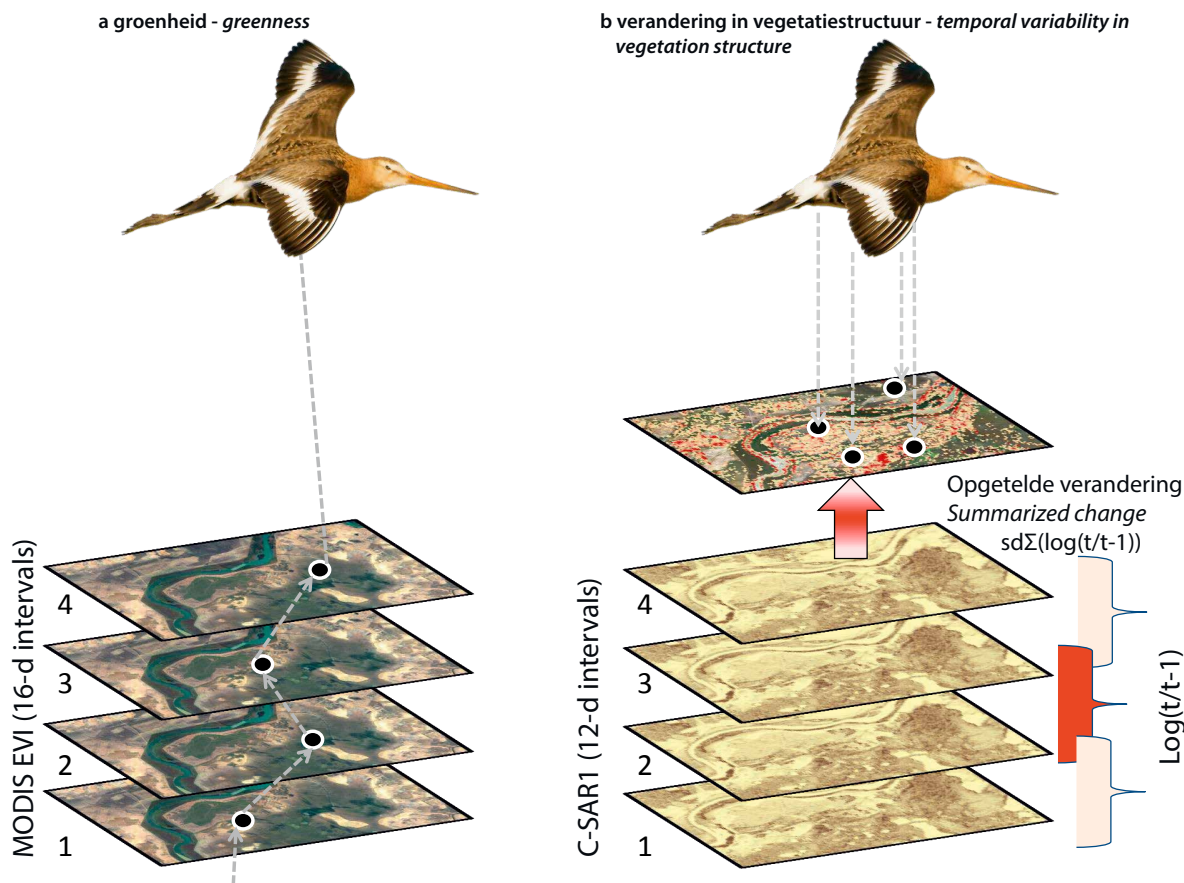
Biotoopbeschrijving door teledetectie

Om het biotoop te beschrijven dat door Grutto's gebruikt werd, gebruikten we 'groenheid' als maat voor productiviteit van de vegetatie (MODIS EVI; resolutie van 250m²; <https://search.earthdata.nasa.gov>; gegevens verzameld tussen 1 januari 2013 en 31 december 2017 met tussenpozen van 16 dagen). Dit is een maat voor biomassa van vegetatie, productiviteit en beschikbaarheid van water. Het laat zien of er vegetatie is en of deze een sterke groeicapaciteit heeft; hoe groener, des te productiever de vegetatie op dat moment. Daarnaast gebruikten we veranderingen van de 'vegetatiestructuur', als maat voor veranderingen in zowel vegetatiebedekking, heterogeniteit als biomassa. Deze werd berekend met behulp van C-SAR1 radargegevens (10 m² resolutie; <https://scihub.copernicus.eu>; gegevens die van 1 januari 2016 tot 31 december 2016 om de 12 dagen werden verzameld). Deze gegevens zijn pas vanaf 2016 beschikbaar en hebben als voordeel, in tegenstelling tot MODIS EVI, dat ook bij bewolkt weer de metingen worden verzameld omdat radar door de bewolking heen gaat. Het verschil met de groenheid is dat het hier gaat om de *verschillen* tussen opnamemomenten, samengevat in de standaarddeviatie van de verschillen tussen alle opeenvolgende opnamemomenten in 2016 (sd C-SAR1). Hierdoor worden landbewerkingen en veranderingen in biomassa, bijvoorbeeld door oogsten, goed in kaart gebracht en weten we na verloop van tijd hoe intensief dat stukje grond gebruikt wordt. De berekende veranderingen in vegetatiestructuur blijken een goede indicator te zijn van de intensiteit van het landgebruik in landbouwgebieden (Howison *et al.* 2018).

De biotopen werden in het veld beschreven en ingedeeld met hulp van de deskundige kennis van lokale gidzen en met behulp van satellietfoto's van de verschillende wetlandtypen met verschillende intensiteiten van landgebruik; de onderscheiden wetlandtypen staan in figuur 5 en 6. In West-Afrika is de overgang tussen wetlands en droge gebieden tamelijk abrupt. Aangrenzende, droge biotopen zoals semi-

Tabel 1. Aantal vastgestelde locaties op basis van satellietpeilingen per jaar tussen 2013–17 (alleen overwinteringsperiode: 30 juni-20 maart) van de 58 gezenderde Grutto's en het gemiddeld aantal locaties per individu $\pm$ SD. *Number of locations recorded per year between 2013–17 (wintering period only: 30 June-20 March), and summarized by the average number of locations per individual per year- $\pm$ SD.*

jaar - year	2013	2014	2015	2016	2017
aantal locaties per jaar <i>number of locations per year</i>	1778	2324	10 789	6636	2191
aantal individuen <i>number of individuals</i>	8	11	41	29	15
gemiddeld aantal locaties per individu ($\pm$ SD) <i>number of locations per individual ($\pm$ SD)</i>	222 ($\pm$ 74)	162 ($\pm$ 88)	43 ($\pm$ 104)	61 ($\pm$ 118)	119 ($\pm$ 68)



Figuur 2. Grafische weergave van de methoden die zijn gebruikt voor het kwantificeren van het biotoop van Grutto's, die vanuit de ruimte werden waargenomen met behulp van, (a) groenheid (biomassa van vegetatie, productiviteit en beschikbaarheid van water) vastgelegd door MODIS EVI (2013-17). Gruttolocaties werden gelinked aan de dichtstbijzijnde MODIS EVI op elke locatie. (b) Verandering in vegetatiestructuur ($= sd\sum(\log(t/t-1))$) vastgelegd door C-SAR1 (2016) als maat voor biomassaverandering en intensiteit landgebruik met daar over heen de Gruttolocaties (2015-17). *Graphical representation of the methods used to quantify the environmental conditions experienced by Black-tailed Godwits, which were remotely sensed using, (a) habitat greenness (vegetation biomass, productivity and water availability) captured by MODIS EVI (2013-17). Godwit locations were intersected with nearest MODIS EVI at each location. (b) Temporal variability in vegetation structure ($= sd\sum(\log(t/t-1))$) captured by C-SAR1 (2016) and spatially intersected with Godwit locations from 2015-17.*

natuurlijke graslanden en Acacia-bossen, evenals landbouwgewassen zoals gierst, suikerriet, mango's en pinda's werden daarom ook opgenomen in de analyse.

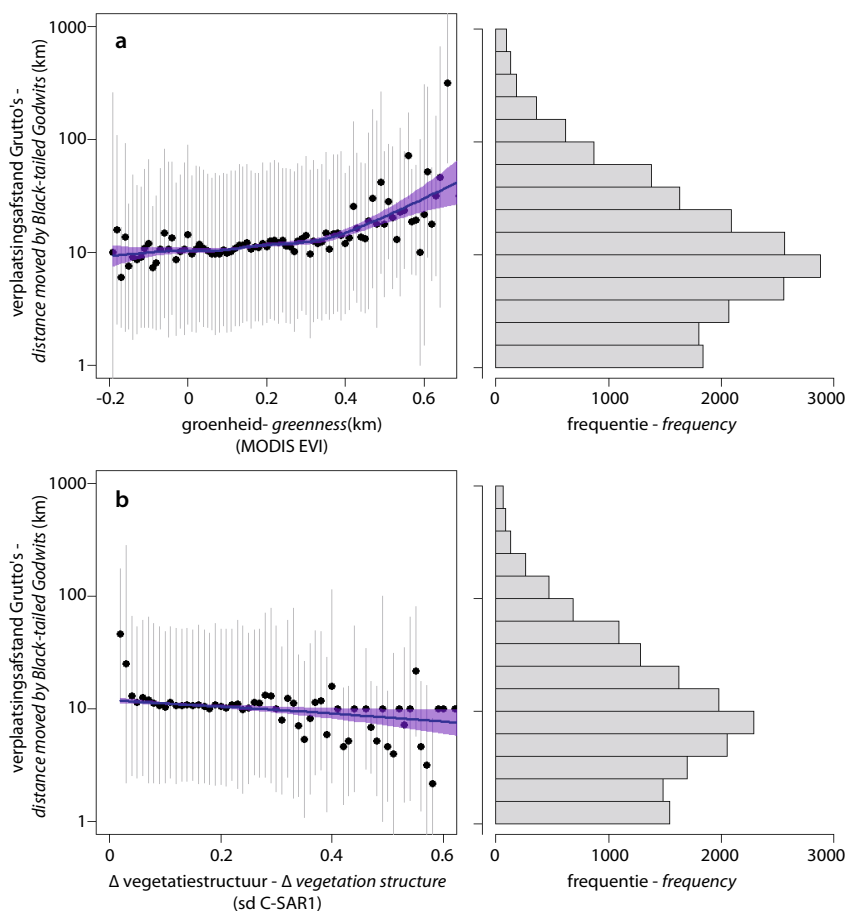
Analyse van de gegevens

De satellietlocaties van de vogels tijdens de overwinteringsperiode (30 juni-20 maart) werden gekoppeld aan de MODIS EVI-waarden (maat voor groenheid) op de dichtstbijzijnde datum (figuur 2a), en de radar-afgeleide verandering in vegetatiestructuur van die locatie in 2016 (C-SAR1; figuur 2b; maat voor verandering in biomassa en intensiteit landgebruik). Ook berekenden we de afstanden tussen opeenvolgende zenderlocaties. Meer informatie over de gebruikte methode is te vinden in Howison *et al.* (2018).

RESULTATEN

In de studieperiode van 2013-17 leverden de 58 gezenderde individuele Grutto's 23 718 locaties van goede kwaliteit op. Gemiddeld leverden individuen 121 ± 90 (gemiddelde $\pm$ SD) kwaliteitslocaties per jaar op (tabel 1). De belangrijkste gebieden (met de meeste satellietlocaties) waren de Senegal Delta, wetlands langs de Senegal Rivier en in het zuiden van Mauritanië, Saloum Delta, Casamance en de kustzone van met name Guinee-Bissau tot in Sierra Leone (figuur 1).

Uit de satellietzender-gegevens bleek dat Grutto's tijdens de overwinteringsperiode meestal relatief korte afstanden van 5.3 ± 29.8 km per vliegbeweging (gemiddelde $\pm$ SD) aflegden (figuur 3a & 3b). Grutto's gaven duidelijk de voor-



Figuur 3. De afstand waarover Grutto's zich verplaatsen afhankelijk van (a) groenheid (MODIS EVI, 2013 - 2017), en (b) verandering (Δ) in vegetatiestructuur, als maat voor biomassaverandering en intensiteit landgebruik (sd C-SAR1, 2016), zoals Grutto's die aantreffen tijdens de overwinteringsperiode 30 juni - 20 maart. Paarse banden weerspiegelen de 95% betrouwbaarheidsintervallen. De histogrammen geven de frequentieverdeling van verplaatsingsafstanden over de gehele dataset weer. *Dependence of distance moved by Black-tailed Godwits on (a) habitat greenness (MODIS EVI, 2013 - 2017), and (b) change (Δ) in vegetation structure, a proxy for land use intensity and change in biomass (sd C-SAR1, 2016), encountered by Black-tailed Godwits during the wintering period 30 June - 20 March. Purple bands reflect 95% credible intervals. The histograms reflect the frequency distribution of distances moved by Black-tailed Godwits across the whole dataset.*

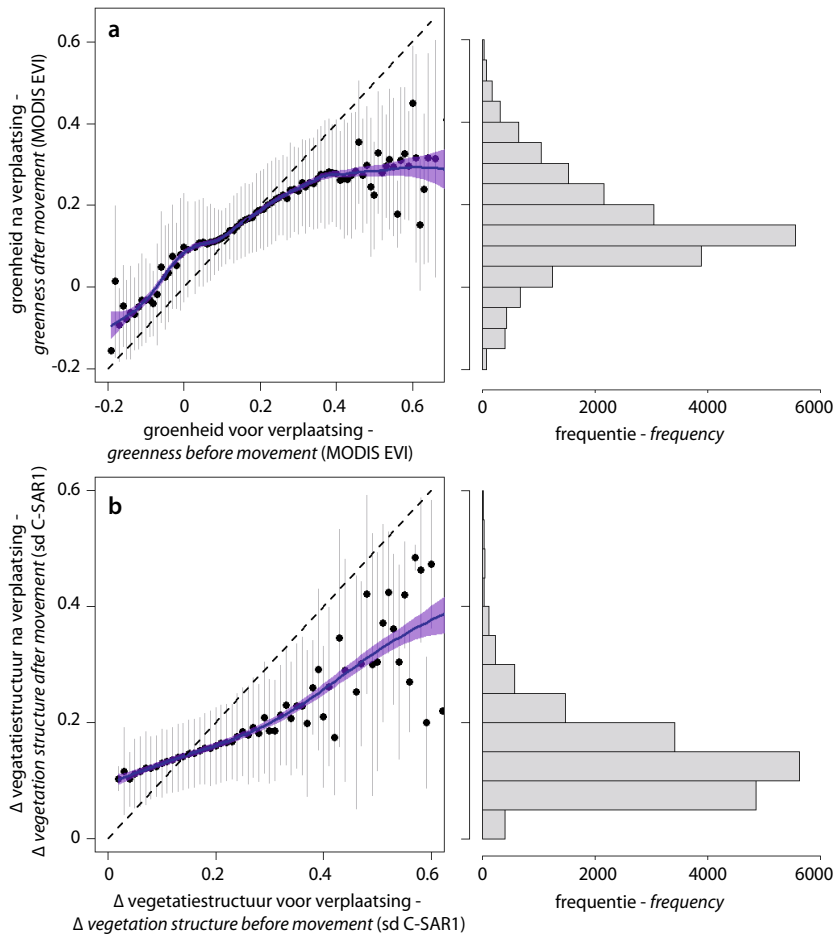
keur aan biotopen met intermediaire groenheid (MODIS EVI = 0.15 ± 0.11 SD). Denk daarbij aan ondiep water met weinig begroeiing, rijstpercelen die net zijn ingezaaid of waar het gewas slecht is opgekomen, of natte graslanden met korte vegetatie. Zodra de groenheid boven een drempelwaarde van MODIS EVI 0.22 kwam, verhoogden ze hun vliegafstand logaritmisch. Dat wil zeggen dat ze op zoek gingen naar een andere plek zodra de vegetatie sterk begon te groeien.

Evenzo gaven Grutto's de voorkeur aan stabiele biotopen met weinig verandering in vegetatiestructuur (sd C-SAR1 = 0.14 ± 0.07 SD), met gemiddelde verplaatsingen van $4.7 \text{ km} \pm 25.5$ SD. Boven de drempelwaarde (sd C-SAR1 > 0.17) werden de verplaatsingen onregelmatiger (figuur 3b). Grutto's die in een biotoop kwamen te zitten met een lage groenheid en weinig verandering in vegetatiestructuur (MODIS EVI < 0.1 en sd C-SAR1 < 0.09), denk bijvoorbeeld aan droge, schrale begroeiing, verhuisden naar een gebied met een iets hogere waarde (figuur 4a & b). Als groenheid of verandering in vegetatiestructuur de bovenste drempels bereikten (MODIS EVI = 0.22 en sd C-SAR1 = 0.17), verplaatsten ze zich juist weer naar plekken met lagere waarden. Met andere woorden: te schrale, maar ook te productieve gebieden werden geme-

den en Grutto's lijken steeds op zoek naar iets daar tussenin. Welke biotopen correspondeerden met deze waarden?

Sommige biotopen lieten sterke seizoenspatronen zien in productiviteit en groenheid. Het opkomen van het gewas, piekproductiviteit, oogst en periodes van rust waren heel goed te onderscheiden. Deze biotopen boden vaak geen of heel kortstondig geschikte omstandigheden voor Grutto's (figuur 5). Meer natuurlijke biotopen, zoals verzilde en traditionele rijstvelden, en meer natuurlijke waterrijke gebieden, zoals wetlands die na de regentijd tijdelijk nat zijn, vertoonden hoge eenmalige pieken in groenheid. Gebieden met commerciële rijst- en groenteproductie dichtbij grote gecontroleerde waterbronnen, zoals de Senegal Rivier, vertoonden meerdere pieken. Dit betekent dat er meerdere oogstmomenten waren, maar deze zijn waarschijnlijk niet of te kort geschikt voor Grutto's om als foerageerhabitat van betekenis te zijn. Slechts enkele natuurlijke biotopen, zoals overstromingsvlakten en waterbuffers, waren gedurende de gehele overwinteringstijd geschikt voor Grutto's (figuur 5).

Net als de mate van groenheid nam ook de mate van verandering in vegetatiestructuur toe in een gradiënt van semi-natuurlijke biotopen tot landbouwgewassen die meerdere



Figuur 4. Verplaatsingsreactie met 95% betrouwbaarheidsintervallen als gevolg van (a) groenheid van biotopen (MODIS EVI, 2013-17) en (b) verandering in vegetatiestructuur als maat voor biomassa-verandering en intensiteit landgebruik (sd C-SAR1, 2016), zoals Grutto's die aantrouwen tijdens de overwinteringsperiode 30 juni-20 maart. Zwarte diagonale lijn weerspiegelt een 1:1 relatie. De grafiek toont de relatie tussen de kenmerken van elke bezochte locatie ('vóór') en van de volgende bezochte locatie ('na'). Movement response with 95% credible intervals showing to (a) habitat greenness (MODIS EVI, 2013-17), and (b) change in vegetation structure (sd C-SAR1, 2016), encountered by Black-tailed Godwits during the wintering period 30 June-20 March. Black diagonal line represents a 1:1 relationship. The graph shows the relation between the characteristics of each visited location ('before') and of the next visited location ('after').

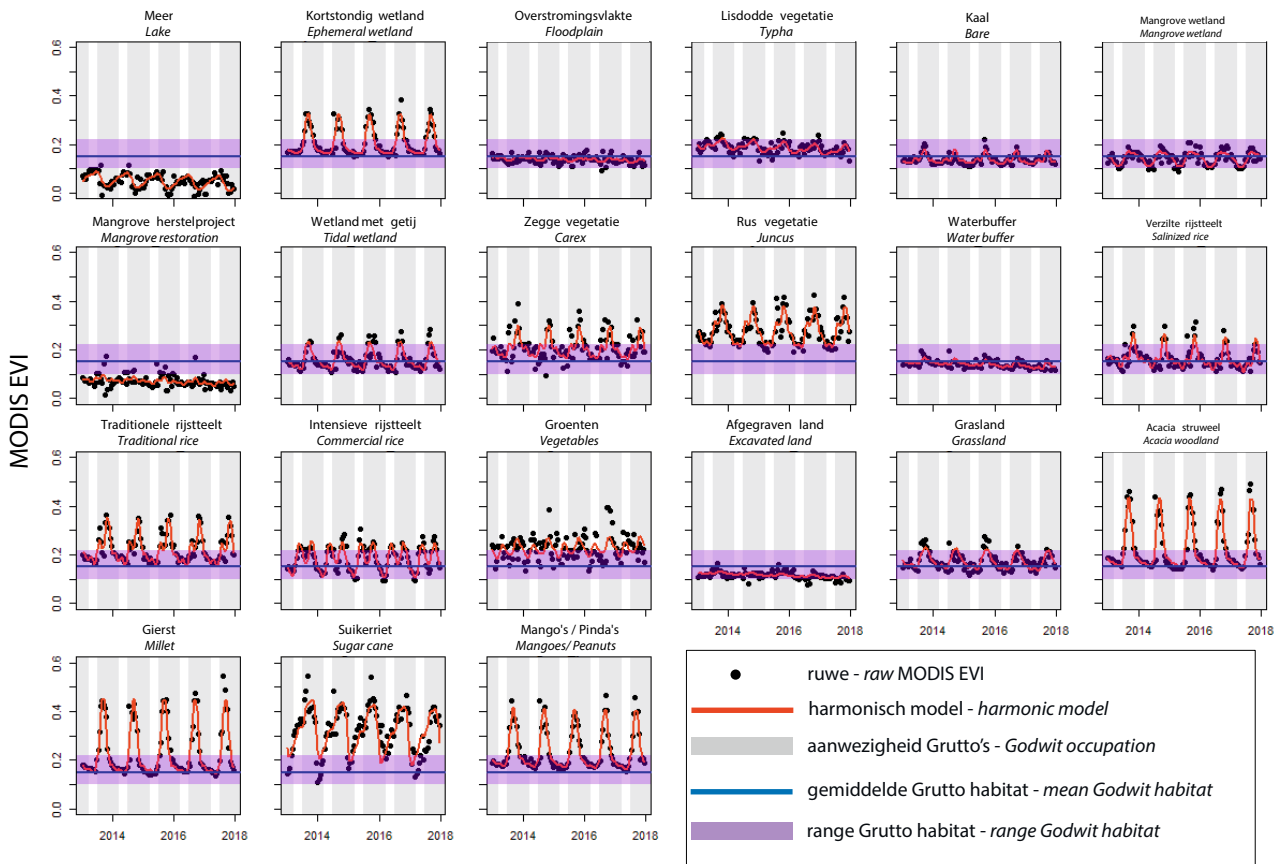
keren binnen één seizoen werden geoogst (1-Way ANOVA, $F_{21,391} = 152.9$, $R^2 = 0.89$, $P < 0.001$; figuur 6b). Dit heeft te maken met de hoeveelheid grondbewerking die vereist is om landbouwgewassen te verbouwen. Biotopen met geen of weinig bodemverstoring vertoonden een lage variatie in vegetatiestructuur. Denk hierbij aan (voormalige) overstromingsvlakten en waterbuffers. Een gemiddelde verandering van vegetatiestructuur werd gevonden in tijdelijke wetlands, lisdoddevelden en enkele landbouwgewassen. De grootste verandering in vegetatiestructuur werd gevonden in commerciële, traditionele en verlaten rijstvelden, en verschillende groentegewassen. Grutto's vinden de plekken met stabiele biotopen die hun voorkeur genieten, met weinig verandering in vegetatiestructuur, zowel binnen als buiten beschermde gebieden (figuur 6a).

DISCUSSIE

Door satellietzenderlocaties te koppelen aan satellietbeelden met een hoge resolutie, zowel in ruimte als tijd, konden we de verplaatsingen van zeer mobiele vogels als Grutto's

koppelen aan hun dynamisch veranderende omgeving in de Sahel. We ontdekten dat verplaatsingen tijdens de overwinteringsperiode meestal plaatsvinden over relatief korte afstanden. De afstanden die Grutto's aflegden komen overeen met situaties waarin dieren langzaam door biotopen bewegen die voldoende voedsel bieden (Fauchald & Tveraa 2006). Wanneer de omgevingsomstandigheden ongeschikt worden, duiden grotere bewegingen vaak op zoektochten naar nieuwe gebieden (Fauchald & Tveraa 2003, Henry *et al.* 2016); een voorbeeld hiervan is wanneer in traditionele rijstvelden, na de voorbereiding van het land, de rijst opkomt en Grutto's daar niet meer willen of kunnen foerageren. Grutto's maken blijkbaar steeds de afweging of de omstandigheden op een bepaalde plek nog voldoende gunstig zijn en ze kunnen daarop reageren door aanzienlijke afstanden te overbruggen totdat ze weer een geschikte plek vinden. Dat is ook bekend uit het voorjaar wanneer ze na aankomst in de broedgebieden geconfronteerd worden met winterse omstandigheden en terugvliegen naar plekken met milder weer (Senner *et al.* 2015).

Grutto's bleken opmerkelijk voorspelbaar op veranderingen in hun omgeving te reageren en hun aanwezigheid is



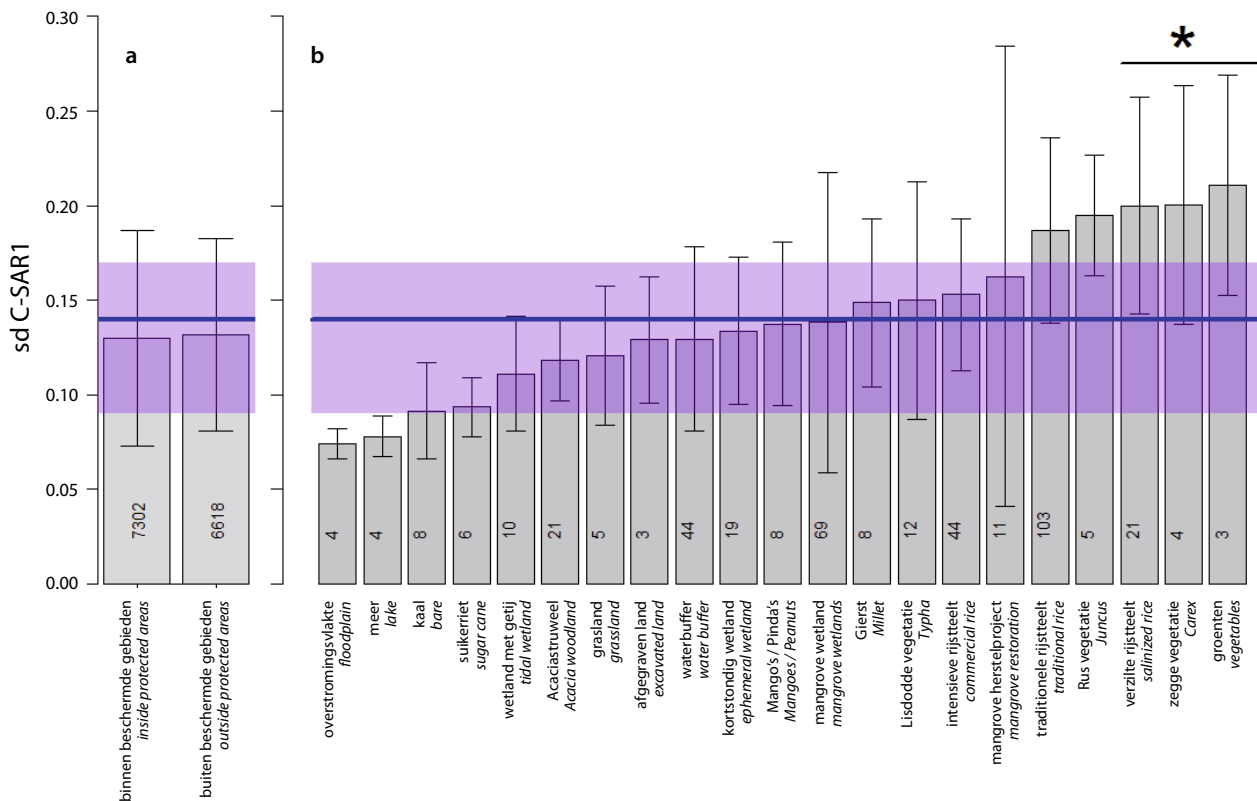
Figuur 5. Seizoenscycli van biotoopgroenheid (MODIS EVI) van de 21 in het veld onderzochte biotopen, met tijdreeksen over de vijf jaren van deze studie. Grijs gearceerde gebieden beslaan de periodes waarin de meeste Grutto's in West-Afrika te vinden zijn. De horizontale blauwe lijn geeft de gemiddelde groenheid (MODIS EVI) weer waarbij Grutto's worden aangetroffen (in paars de laagste 25% en hoogste 75% grenswaarden). *Seasonal cycles of habitat greenness (MODIS EVI) of the 21 ground surveyed habitat types, with time series harmonic curves over the five years of observation. Grey shaded areas represents the periods in which the majority of Godwits occupy habitats in the western and sub-Saharan region. The horizontal blue line represents mean habitat greenness (MODIS EVI) occupied by (suitable for) Black-tailed Godwits (in purple the lower 25% and upper 75% limits).*

een goede voorspeller van de omstandigheden ter plekke. Als het ergens schraal en droog is, hebben Grutto's daar niet veel te zoeken; op plekken met intensieve landbouw net zo min. Door blijkbaar zeer doelbewuste verplaatsingen bleven Grutto's in een veranderlijk landschap binnen hun 'comfort-zone'. Naarmate biotopen productiever werden (d.w.z. toenemende groenheid als gevolg van b.v. regenval of opkomende gewassen), namen bewegingsafstanden toe totdat op de nieuwe locatie dezelfde of lagere groenheid werd aangetroffen als op de voorgaande. Ze waren dus in staat om ondanks de seizoenscyclus in groenheid steeds weer een plek met dezelfde voorkeursomstandigheden te vinden. We zagen een vergelijkbare reactie op verandering in vegetatiestructuur. De voorkeursbiotopen kwamen overeen met natuurlijke of semi-natuurlijke wetlands met open ondiep water, zowel binnen als buiten beschermde gebieden, ter-

wij gebieden met intensieve landbouw werden gemeden.

Deze studie laat zien dat lang niet alle wetlands geschikt zijn voor Grutto's en dat Grutto's heel selectief zijn in de gebieden die ze gebruiken. Met deze techniek is het voor het eerst mogelijk langs de hele *flyway* deze gebieden en de veranderingen daarin gebiedsdekkend in kaart te brengen en knelpunten te signaleren.

Een overduidelijk knelpunt is de intensivering van met name de rijstbouw en het grootschalig omzetten van natuurlijke wetlands, zoals overstromingsvlaktes, in landbouwgrond. In wetlands die landbouwkundig worden gebruikt, zoals commerciële en traditionele rijstvelden, kunnen watervogels en steltlopers aan het begin van het groeiseizoen tijdelijk – wanneer het land onder water wordt gezet om het ontkiemen van zaailingen te bevorderen – profiteren van natte omstandigheden. Ze hebben opnieuw een kans



Figuur 6. (a) Biotoopkenmerken van de locaties van Grutto's binnen en buiten IUCN-beschermde gebieden, ingedeeld naar biotooptype en samengevat door verandering in vegetatiestructuur als maat voor biomassaverandering en intensiteit landgebruik (sd C-SAR1 $\pm$ SD). De paarse balk geeft de laagste 25% en hoogste 75% grenswaarden weer waarbij Grutto's worden aangetroffen. (b) Verandering in vegetatiestructuur als maat voor biomassaverandering (en intensiteit landgebruik) (sd C-SAR1 $\pm$ SD) van de onderscheiden biotopen tussen 1 januari-31 december 2016. De horizontale blauwe lijn weerspiegelt de gemiddelde verandering in vegetatiestructuur van biotopen waar Grutto's worden aangetroffen. Segment en asterisk boven staven duiden een groep biotopen aan die significant van de andere verschillen (Tukey HSD, $P < 0.05$). (a) *Habitat characteristics of the locations of Black-tailed Godwits inside and outside IUCN protected areas, classified by habitat type, and summarized by change in vegetation structure (sd C-SAR1 $\pm$ SD).* (b) *Ground surveyed wetland and dryland habitat types summarized by change in vegetation structure (sd C-SAR1 $\pm$ SD) between 1 Jan-31 Dec 2016. The horizontal blue line represents the mean change in vegetation structure occupied by Black-tailed Godwits, with upper Q0.25 and lower Q0.75 limits. Segment and asterisk above bars denote a group of habitats that differ significantly from the others (Tukey HSD, $P < 0.05$). Sd C-SAR1 = sd synthetic aperture radar Sentinel-1.*

aan het einde van het groeiseizoen, door zich te voeden met rijstkorrels die na de oogst op of in de grond zijn achtergebleven (Lourenço & Piersma 2008b, Zwarts *et al.* 2009, Wymenga & Zwarts 2010, Lourenço *et al.* 2011). We zagen echter dat door de snelle groei van het gewas deze biotopen het grootste deel van de overwinteringsperiode buiten het voorkeursbereik van overwinterende Grutto's lagen en daardoor grotendeels ongeschikt zijn.

We zagen ook dat de Grutto's consequent buiten de commerciële rijstproductiegebieden bleven en zich slechts schaars verspreidden in traditionele rijstvelden. Buiten beschermde gebieden vonden we Grutto's in de randzones van de traditionele rijstlandbouw en mangroves of agrarische waterbuffergebieden die zich onopzettelijk ontwikkelden tot semi-natuurlijke wetlands (Hooijmeijer *et al.* 2016, Masero *et al.* 2017). Het is nog onduidelijk of er op dit moment

nog voldoende habitat is voor Grutto's in West-Afrika of dat de landbouwintensivering en omzetting van wetlands in landbouwgrond nu al een probleem is. Op het eerste gezicht lijkt er voldoende habitat voor de sterk geslonken gruttopopulatie maar nu we weten wat hun voorkeur is, kunnen we dat ook berekenen. Daar hopen we later nog eens over te berichten.

Klopt het heersende idee nog steeds dat Grutto's ook buiten het broedeizoen de voorkeur geven aan agrarische landschappen? Of klopt dat niet meer voor Afrikaanse agrarische landschappen, die in toenemende mate worden ingericht voor een intensieve bedrijfsvoering naar Westers model, medegefinancierd door de Europese Unie? Hier en daar breekt langzamerhand het besef door dat deze vorm van landbouw niet toekomstbestendig is. Er wordt gezocht naar bedrijfstvormen waarin juist weer gebruik wordt gemaakt



Jos Hooijmeijer

Grutto's in een pas geploegd en aangeplant rijstveld bij Ziguinchor, Casamance, Senegal, 2 september 2018. *Black-tailed Godwits in recently ploughed and planted rice field near Ziguinchor, Casamance, Senegal.*

van natuurlijke processen, ruimte makend voor veel meer biodiversiteit. Laten we hopen dat men in West-Afrika wel zo verstandig is om dit voortschrijdend inzicht (Tittonell *et al.* 2016) in te passen in hun plannen voor plattelandsonwikkeling. Wellicht dat de analyse van zendergegevens van de kieskeurige Grutto's, zoals we die hier presenteerden, in dat proces een handje kan helpen!

DANKWOORD

We bedanken het Spaanse team (Pipe Abad Jorge Gutierrez, M. Parejo, Auxi Villegas, Jose Masero), Portugese team (Alfonso Rocha, Jose Alves, Sara Pardal, Pedro Gerales, Nuno Oliveira, Ana Coelho, Iván Ramírez) en het Nederlandse team (Wiebe Kaspersma, Mo Verhoeven, Jelle Loonstra, Nathan Senner, Alice McBride, Bingrun Zhu (Drew)) voor hun onmisbare rol bij het zenderen van de vogels. Lee Tibbitts van de USGS nam het veiligstellen van de satellietzendergegevens in de eerste jaren van het onderzoek voor haar rekening. Staatsbosbeheer, Sikke Venema †, Anton Stokman en Wiebe Nauta bedanken we voor de toegang tot hun land. Tijdens het veldonderzoek in West-Afrika hadden we hulp van Khady

Gueye, Idrissa Ndiaye, Wim Mullié, Theo Peters, toezichhouder van het Palmarin-Saloume Reserve, Pape Yamar Niang, Bocar Thiam, Ousseynpu Niang en Issa Sylla. De financiering voor deze studie kwam van de Spinoza Premium Award 2014 (NWO) en TOP Grant 'Shorebirds in Space' (NWO), beide toegekend aan Theunis Piersma, Global Flyway Network. Dit artikel is een bewerking van 'Migratory Black-tailed Godwits as effective sentinels for decline of natural wetlands in the western Sahel' (Howison *et al.* 2019 under review).

LITERATUUR

- Beintema A. & N. Drost 1986. Migration of the Black-tailed Godwit. *Le Gerfaut* 76: 37-62.
- Bos D., I. Grigoras & A. Ndiaye 2006. Land cover and avian biodiversity in rice fields and mangroves of West Africa, A&W-report 824. Altenburg & Wymenga, ecological research, Veenwouden / Wetlands International, Dakar.
- Delany S., S. Nagy & N. Davidson 2010. State of the world's waterbirds 2010. Wetlands International, Wageningen.
- Didan K., A.B. Munoz, R. Solano & A. Huete 2015. MODIS vegetation index user's guide MOD13 series, p. 1-32. Vegetation Index and Phenology Lab, Arizona.
- Donald P., R. Green & M. Heath 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 268: 25-29.
- Donald P.F., F.J. Sanderson, I.J. Burfield & F.P.J. van Bommel 2006. Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990-2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 116: 189-196.
- Fauchald P. & T. Tveraa 2003. Using first-passage time in the analysis of area-restricted search and habitat selection. *Ecology* 84: 282-288.
- Fauchald P. & T. Tveraa 2006. Hierarchical patch dynamics and animal movement pattern. *Oecologia* 149: 383-395.
- Gill J.A., R.H.W. Langston, J.A. Alves, P.W. Atkinson, P. Bocher, N.C. Vieira, N.J. Crookford, G. Gelinand, N. Groen, T.G. Gunnarsson, B. Hayhow, J.C.E.W. Hooijmeijer, R. Kentie, D. Kleijn, P.M. Lourenço, J.A. Masero, F. Meunier, P.M. Potts, M. Roodbergen, H. Schekkerman, J. Schroeder, E. Wymenga & T. Piersma 2007. Contrasting trends in two Black-tailed Godwit populations: a review of causes and recommendations. *Wader Study Group Bulletin* 114: 43-50.
- van Grinsven H. & K. Kooman 2017. Dit is uw land: Het einde van een boerenparadijs. Uitgeverij De Kring, Amsterdam.
- Hahn S., S. Bauer & F. Liechti 2009. The natural link between Europe and Africa - 2.1 billion birds on migration. *Oikos* 118: 624-626.
- Hallmann C.A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel, N. Hofland, H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hörren, D. Goulson & H. de Kroon 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *Plos ONE* 12: e0185809.
- Harvey G. 2011. The killing of the countryside. Random House, London.
- Henry D.A., J.M. Ament & G.S. Cumming 2016. Exploring the environmental drivers of waterfowl movement in arid landscapes using first-passage time analysis. *Movement Ecology* 4: 1-18.
- Hooijmeijer J.C.E.W., R.A. Howison & T. Piersma 2016. Describing habitat and finding colour rings of Black-tailed godwits *Limosa limosa*. between Casamance and Djoudj, Senegal, from 28 November - 11 December 2016. Expedition Report. University of Groningen, Global Flyway Network, Groningen.
- Hooijmeijer J.C.E.W., N.R. Senner, T.L. Tibbitts, R.E. Gill Jr, D.C. Douglas, L.W. Bruinzeel, E. Wymenga & T. Piersma 2013. Post-breeding migration of Dutch-breeding black-tailed godwits: timing, routes, use of stopovers, and nonbreeding destinations. *Ardea* 101: 141-152.
- Howison R.A., T. Piersma, R. Kentie, J.C.E.W. Hooijmeijer & H. Olff 2018. Quantifying landscape-level land-use intensity patterns through

- radar-based remote sensing. *Journal of Applied Ecology* 55: 1276-1287.
- IUCN UNEP-WCMC 2018. The world database on protected areas WDPA. UNEP World Conservation Monitoring Centre. Available at: www.protectedplanet.net.
- Kaptué A.T., N.P. Hanan & L. Prihodko 2013. Characterization of the spatial and temporal variability of surface water in the Soudan-Sahel region of Africa. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 118: 1472-1483.
- Kentie R., R. Marquez-Ferrando, J. Figuerola, L. Gangoso, J.C. Hooijmeijer, A. Loonstra, F. Robin, M. Sarasa, N. Senner & H. Valkema 2017. Does wintering north or south of the Sahara correlate with timing and breeding performance in black-tailed godwits? *Ecology and evolution* 7: 2812-2820.
- Kentie R., N.R. Senner, J.C.E.W. Hooijmeijer, R. Márquez-Ferrando, J.A. Masero, M.A. Verhoeven & T. Piersma 2016. Estimating the size of the Dutch breeding population of Continental Black-tailed godwits from 2007 – 2015 using resighting data from spring staging sites. *Ardea* 104: 213-225.
- Lourenço P.M., R. Kentie, J. Schroeder, N.M. Groen, J.C.E.W. Hooijmeijer & T. Piersma 2011. Repeatable timing of northward departure, arrival and breeding in Black-tailed godwits *Limosa l. limosa*, but no domino effects. *Journal of Ornithology* 152: 1023-1032.
- Lourenço P.M. & T. Piersma 2008a. Changes in the non-breeding distribution of continental Black-tailed godwits *Limosa limosa limosa* over 50 years: a synthesis of surveys. *Wader Study Group Bull* 115: 91-97.
- Lourenço P.M. & T. Piersma 2008b. Stopover ecology of Black-tailed godwits *Limosa limosa limosa* in Portuguese rice fields: a guide on where to feed in winter. *Bird study* 55: 194-202.
- Lymbery P. & I. Oakeshott 2014. *Farmageddon: the true cost of cheap meat*. Bloomsbury Publishing, London.
- Márquez-Ferrando R., J. Figuerola, J.C.E.W. Hooijmeijer & T. Piersma 2014. Recently created man-made habitats in Doñana provide alternative wintering space for the threatened Continental European black-tailed godwit population. *Biological Conservation* 171: 127-135.
- Masero J.A., J.M. Abad-Gómez, J.S. Gutiérrez, F. Santiago-Quesada, N.R. Senner, J.M. Sánchez-Guzmán, T. Piersma, J. Schroeder, J.A. Amat & A. Villegas 2017. Wetland salinity induces sex-dependent carry-over effects on the individual performance of a long-distance migrant. *Scientific Reports* 7: 6867.
- Newton I. 2017. *Farming and birds*. Harper Collins, London.
- Pendleton L., D.C. Donato, B.C. Murray, S. Crooks, W.A. Jenkins, S. Sifleet, C. Craft, J.W. Fourqurean, J.B. Kauffman & N. Marbà 2012. Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *Plos ONE* 7: e43542.
- Senner N.R., M.A. Verhoeven, J.M. Abad-Gómez, J.S. Gutiérrez, J.C.E.W. Hooijmeijer, R. Kentie, J.A. Masero, T.L. Tibbitts & T. Piersma 2015. When Siberia came to the Netherlands: the response of continental black-tailed godwits to a rare spring weather event. *Journal of Animal Ecology* 84: 1164-1176.
- Snoeijs P., E. Attema, M. Davidson, B. Duesmann, N. Floury, G. Levrini, B. Rommen & B. Rosich 2009. The Sentinel-1 radar mission: status and performance, p. 1-6. International Radar Conference “Surveillance for a Safer World” RADAR 2009.
- Tittonell P., L. Klerkx, F. Baudron, G.F. Félix, A. Ruggia, D. van Apeldoorn, S. Dogliotti, P. Mapfumo & W.A. Rossing 2016. Ecological intensification: local innovation to address global challenges. In: E. Lichtfouse (ed), *Sustainable Agriculture Reviews* 19, p. 1-34. Springer International Publishing, Basel.
- Tsiafouli M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett & M.V. Brady 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global change biology* 21: 973-985.
- Wymenga E. & L. Zwarts 2010. Use of rice fields by birds in West Africa. *Waterbirds* 33: 97-104.
- Zwarts L., R.G. Bijlsma, J. van der Kamp & E. Wymenga 2009. *Living on the Edge: Wetlands and birds in a changing Sahel*. KNNV Uitgeverij, Zeist.

Ruth A. Howison, Jos C.E.W. Hooijmeijer & Theunis Piersma, Conservation Ecology Group, Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), Rijksuniversiteit Groningen, Postbus 11103, 9700 CC Groningen; j.c.hooijmeijer@rug.nl

Theunis Piersma, NIOZ Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Afdeling Kustsystemen en Universiteit Utrecht, Postbus 59, 1790 AD Den Burg, Texel

The Black-tailed Godwit *Limosa limosa limosa* as an indicator of changes in land use in the Sahel

Afro-Palearctic migratory birds are the most rapidly declining group of European breeding birds. Millions of these migrants, amongst which Black-tailed Godwits, seem to depend on freshwater wetlands in sub-Saharan Africa during boreal winters. However, these wetlands are undergoing massive changes due to land conversion to agriculture. Agriculturally used wetlands, such as rice fields, could potentially provide alternative habitat but little is known about Godwit habitat usage in this region in contrast to the extensively studied European breeding range. Distinguishing between both

natural and agricultural African wetlands, we constructed novel spatiotemporal response models using remote sensing and ground surveys. We found that Godwits exhibit high fidelity to a narrow range of environmental conditions and avoid landscapes with intensified agriculture across the whole western Sahel. We recommend that future land-use planning should strive to conserve a functional network of wetland ecosystems, benefitting sustainable agriculture whilst providing essential habitat for bird species that depend on this habitat.