

Oud gras- en greppelland in beeld

Remote sensing analyse voor het in kaart brengen en ecologisch waarderen van (oud) grasland en greppelland in Friesland



in opdracht van

provinsje fryslân
provincie fryslân 

Oud gras- en greppelland in beeld

Remote sensing analyse voor het in kaart brengen en ecologisch waarderen van (oud) grasland en greppelland in Friesland

A&W-rapport 22-021

M. Bekkema
E. Wymenga
J. Loonstra

Foto Voorplaat

Oud greppelland in de Lionserpolder, 6 mei 2022 , foto: E. Wymenga (A&W)

M. Bekkema, E. Wymenga, J. Loonstra 2022.

Oud gras- en greppelland in beeld. Remote sensing analyse voor het in kaart brengen en ecologisch waarderen van (oud) grasland en greppelland in Friesland. A&W-rapport 22-021. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Opdrachtgever**Provincie Fryslân**

Tweebaksmarkt 52
8911 KZ Leeuwarden

Uitvoerder**Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv**

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Science Park 400, Matrix II, k. 1.08/1.09
1098 XH Amsterdam
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl
www.altwym.nl

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer

22-021

Projectleider

E. Wymenga

Status

Eindrapport

Autorisatie

Goedgekeurd

Paraaf

R. de Jong

**Datum**

26 oktober 2022

Kwaliteitscontrole

E. Oosterveld

Paraaf

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Oud grasland en greppelland als cultuurhistorisch erfgoed	1
1.2	Doel en vraagstelling van dit onderzoek	1
1.3	Leeswijzer	2
2	Ecosysteemdiensten van (oud) gras- en greppelland	3
3	Aanpak en werkwijze	7
3.1	Aanpak algemeen	7
3.2	Onderscheid naar grondbewerking en landgebruik	8
3.3	Methoden ecologische waardering	13
4	Graslandleeftijd en grondbewerking	15
4.1	Bodemrust	15
4.2	Presentatie van de kaarten	17
4.3	Analyse	20
5	Graslandgebruik	23
5.1	Intensief en extensief gebruikte graslanden	23
5.2	Presentatie van de kaarten	26
5.3	Analyse en toelichting	28
6	Greppelland	33
6.1	Greppelland	33
6.2	Presentatie van de kaarten	35
6.3	Analyse	41
7	Ecologische betekenis	45
7.1	Inleiding	45
7.2	Landgebruik en graslandvegetatie	45
7.3	Landgebruik en weidevogels	48
7.4	Terreingebruik kieviten	49
8	Samenvattende conclusies en aanbevelingen	52
8.1	Samenvattende conclusies	52
8.2	Aanbevelingen	53
9	Literatuur	56
	<i>Bijlage 1 Landsat data</i>	<i>59</i>

Dankwoord: Het onderzoek werd mogelijk gemaakt door de toestemming van boeren en Natuurmonumenten om vegetatieopnamen op hun percelen te mogen maken, en het beschikbaar stellen van weidevogelgegevens door de BFVW, Natuurmonumenten en de Gebiedscoöperatie It Lege Midden.

1 Inleiding

1.1 Oud grasland en greppelland als cultuurhistorisch erfgoed

In het kader van de Erfgoed Deal heeft de Provincie Fryslân een aanvraag ingediend die zich richt op oud greppelland en oud grasland in Friese veen- en kleiweiden, en dit in te zetten voor nieuwe, actuele opgaven. De Erfgoed Deal is een samenwerkingsverband tussen de overheden en maatschappelijke organisaties actief in de ruimtelijke ordening en erfgoedzorg (<https://www.erfgoeddeal.nl/>). Het doel is het cultuurhistorisch en landschappelijk erfgoed in Nederland te waarderen, en in te zetten voor drie nieuwe grote landelijke ruimtelijke opgaven: klimaatadaptatie, verduurzaming en krimp/stedelijke groei. Greppelland is van oudsher kenmerkend voor de Friese graslanden en heeft een grote cultuurhistorische waarde (ontginning, waterstaatkundige geschiedenis). Oud greppelland en grasland heeft ook een grote betekenis voor biodiversiteit, natuur en landschap, en levert meerdere 'ecosysteemdiensten' waaronder het vastleggen van koolstof (Isselstein & Kaiser 2014, Schils *et al.* 2022). De hiervoor genoemde aanvraag heeft betrekking op verschillende gebieden in Fryslân waaronder het veenweidegebied Aldeboarn - De Deelen en kleiweidegebieden in de greidhoeke (voormalig Baarderadeel).

In 2021 is op basis van satellietbeelden een voorloper gemaakt van een graslandkaart (Bekkema & Wymenga 2021), met als doel deze te gebruiken als instrument in gebiedsprocessen, in het bijzonder Aldeboarn - De Deelen (hier verder ADD genoemd). Bijvoorbeeld om percelen te selecteren die minder intensief worden gebruikt en waar weinig grondbewerking heeft plaatsgevonden. De voorlopige kaarten zijn al waardevol gebleken bij het waarderen van graslanden en om meer inzicht te krijgen in het gebruik, in heden en verleden. De methodiek behoeft evenwel nog aanscherping om de kaarten breder in te zetten.

De genoemde kaarten vormen een belangrijke ondersteunende rol spelen bij de uitwerking van de aanvraag voor de Erfgoed Deal. Daarvoor is het nodig om de methodiek voor het onderscheid van verschillende typen graslanden verder aan te scherpen, een link te maken met greppelkaarten (AHN4 LiDAR data) en daarnaast concrete waarde aan de verschillende typen graslanden toe te kennen (in termen van biodiversiteit, landschappelijk kwaliteit etc.). Deze stappen worden in deze rapportage toegelicht.

1.2 Doel en vraagstelling van dit onderzoek

Het doel van dit rapport is het presenteren van kaarten met oud grasland en greppelkaarten voor de aanvraag van de Erfgoed Deal. De focus ligt in dit rapport daarom op het gebied Aldeboarn – De Deelen (veenweidegebied) en kleiweidegebied van de voormalige gemeente Littenseradiel, waaronder voormalig Baarderadeel valt. De meerwaarde van de ruimtelijke analyse is, dat met de kaarten op gebiedsniveau de omvang van oud gras- en greppelland kan worden getoond, en daarmee prioriteiten kunnen worden gelegd voor herstelmaatregelen. Bovendien kan in het kader van de Erfgoed Deal – maar ook andere projecten – aangegeven worden in hoeverre herstel en behoud van oude graslanden ook andere opgaven (bijv. klimaat, bodemvruchtbaarheid, biodiversiteit, koolstofvastlegging, landschap) kan bedienen.

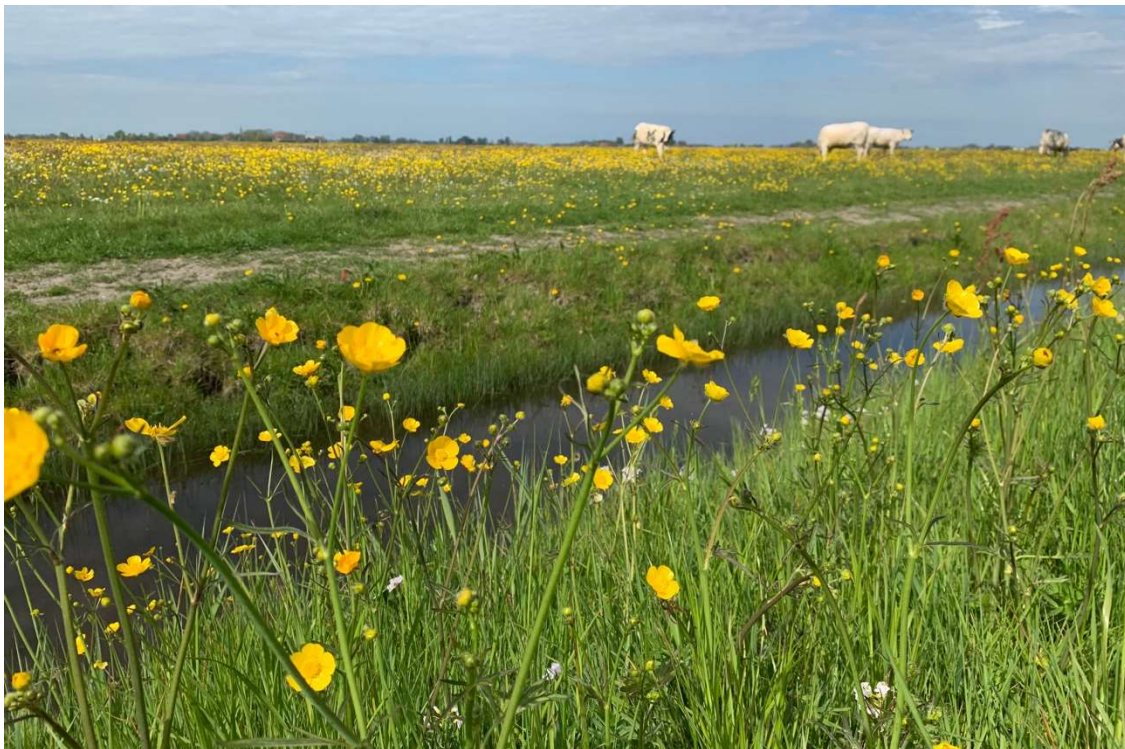
Daarnaast is het doel om de ecologische betekenis van oud grasland nader te bepalen, zodat op basis daarvan waarde aan deze oude graslanden kan worden toegekend. Deze stap vindt deels plaats aan de hand van literatuur en deels aan de hand van velddata verzameld in het kader van dit onderzoek.

1.3 Leeswijzer

Alvorens de kaarten en gegevens te presenteren wordt in hoofdstuk 2 als achtergrond een korte schets gegeven van de ecosysteemdiensten van oude graslanden. Vervolgens wordt in hoofdstuk drie de aanpak van het onderzoek uitgewerkt, met een korte beschrijving van de aanvullende stappen voor de remote sensing analyse en de verzameling van velddata. De gedetailleerde aanpak van de remote sensing-analyse op basis van satellietbeelden is opgenomen in A&W rapport 20-477 'Blijvend grasland in laag Friesland' (Bekkema & Wymenga 2021). In hoofdstuk vier en vijf wordt ingegaan op resp. de kaarten met bodembewerking en graslandgebruik. De kaarten worden toegelicht, en op basis van een ruimtelijke analyse worden relaties gelegd en verschillen tussen gebieden benoemd. Daarbij wordt op ADD en Litterseradiel (waaronder Baarderdeel) ingezoomd. Hoofdstuk zes betreft de toelichting op de greppelkaart. De ruimtelijke analyse richt zich hier vooral op de relaties met grondbewerking, graslandleeftijd en graslandgebruik.

De volgende stap (hoofdstuk zeven) is het toekennen van waarde aan oud gras- greppelland. We doen dat aan de hand van nieuwe verzamelde velddata van de vegetatie, bestaande gegevens over verspreiding van weidevogels en het terreingebruik van kieviten. Kieviten zijn bij uitstek bodemfauna-eters (regenwormen) en zijn op dat punt indicatoren van de ecologische kwaliteit van graslanden. Het rapport sluit af met samenvattende conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk acht.

Voor een toelichting van de termen intensief en extensief gebruikte graslanden zie pagina 25.



Kruidenrijk grasland, Lionserpolder, mei 2022. Foto A&W.

2 Ecosysteemdiensten van (oud) gras- en greppelland

De waarde van permanent, oud grasland is al lange tijd bekend (o.a. Isselstein & Kaiser 2014, Plantureux *et al.* 2016), ook al werd dat in het verleden meer als gegeven beschouwd. In feite was de melkveehouderij in de Greidhoeke en het Lage midden van Fryslân tot in de jaren '70 van de vorige eeuw gebaseerd op een systeem van permanente graslanden. Deze graslanden waren onder relatief extensief landgebruik, beperkte bemesting en een goed ingerichte detailontwatering (greppels!) voldoende productief om 's zomers de koeien te laten grazen maar ook om voldoende ruwvoer voor de winter te produceren.

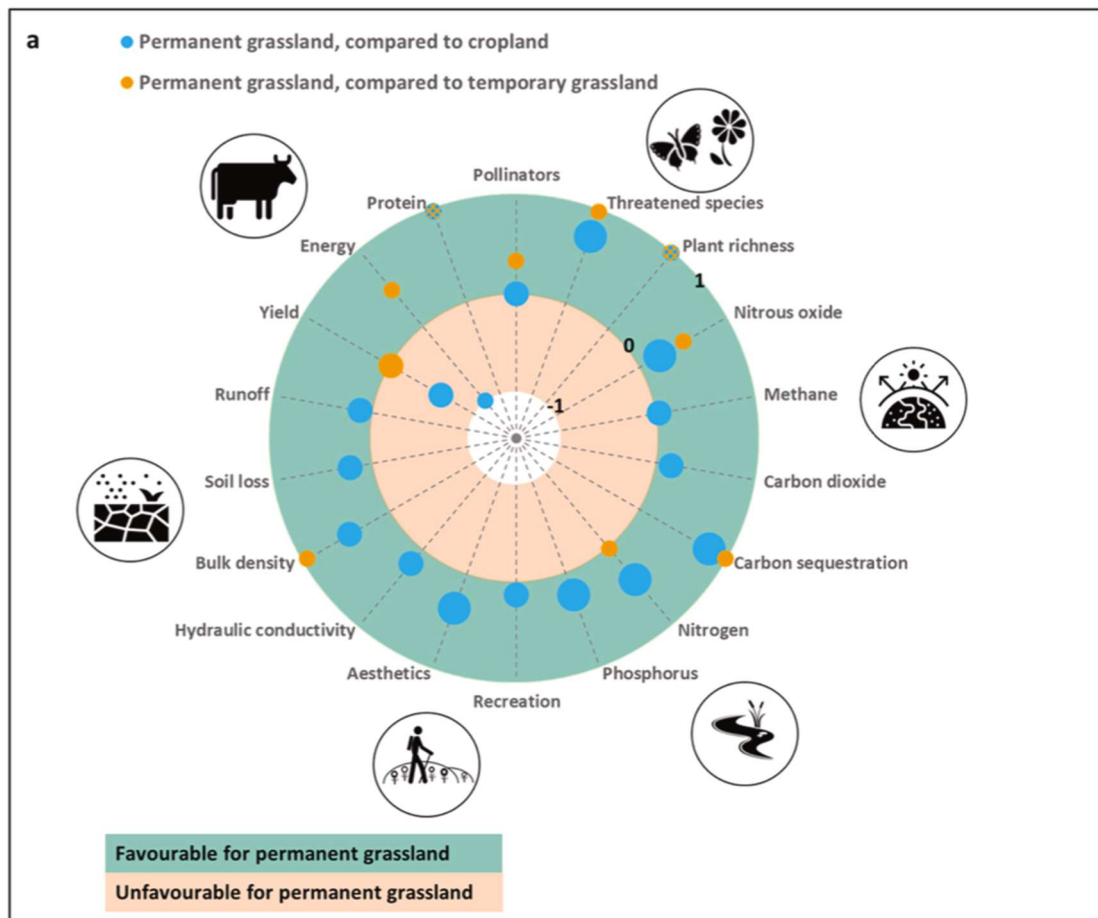
De graslanden waren goed bestand tegen winterse overstromingen en leverden veel biodiversiteit (bodemfauna, vegetatie, insecten, weidevogels), al was dat besef er toentertijd nauwelijks. Sindsdien is met de introductie van de ruilverkavelingen (al vanaf de jaren '50), intensivering en diepontwatering het graslandbeeld in alle opzichten veranderd. Tegenwoordig bestaat het overgrote deel van de gangbare boerengraslanden uit beemdgras-raaigrasweiden, waar enkele soorten grassen domineren die sterk afhankelijk zijn van een hoge nutriënteninput (N, P, K), een grote drooglegging en periodieke graslandvernieuwing. Met de verandering in landgebruik en de samenstelling van de graslanden is de levering van andere diensten dan ruwvoer sterk afgenomen (Schils *et al.* 2022).

In een uitgebreide review van onderzoeken naar ecosysteemdiensten van graslanden hebben Schils *et al.* (2022) een samenvattend overzicht gemaakt van deze diensten, en daarbij ook het verschil aangegeven tussen permanente graslanden (>5 jaar grasland), tijdelijk grasland (< 5 jaar grasland) en akkerland. Bij blijvend grasland gaat het dan vaak om relatief extensief gebruikt grasland, en bij tijdelijk grasland om relatief intensief grasland; naast leeftijd speelt daar dus ook het gebruik in mee. Schils *et al.* onderscheiden 18 verschillende ecosysteemdiensten (figuur 2.1). Zestien daarvan scoren aanmerkelijk hoger voor blijvend grasland. Aan de hand van figuur 2.1 benoemen we hier de ecosysteemdiensten van blijvend grasland, en het verschil met tijdelijk, intensief gebruikt grasland en akkerland. In het geval voor de graslanden in ons onderzoeksgebied aanvullende diensten zijn te onderscheiden, of specifiek voor oud greppelland, worden die benoemd.

Biodiversiteit

In figuur 2.1 staan drie indicatoren voor biodiversiteit, nl. bestuivers (insecten), aanwezigheid van beschermde, vaak kritische soorten en de soortenrijkdom aan planten. In alle gevallen scoort blijvend grasland hoger ten opzichte van tijdelijk grasland en akkers. Vooral de veel hogere score voor beschermde soorten en plantenrijkdom geeft wel aan, dat het in het onderzoek van Schils *et al.* (2022) bij blijvend grasland om een relatief extensief gebruik gaat.

Buiten de bestuivers geldt dat de insectenrijkdom in oudere, kruidenrijkere graslanden ook hoger is dan in intensief gebruikte, soortenarme graslanden. Ook de bodemfauna is vaak beter ontwikkeld, met name de soortenrijkdom. Voor de Friese graslanden kunnen we aanvullend de grote betekenis voor weidevogels noemen van kruidenrijk grasland. Vrijwel de gehele populatie van weidevogels is tegenwoordig afhankelijk van kruidenrijk grasland, dat later gemaaid of beweid wordt en belangrijk is al foerageergebied voor kuikens. De aanwezigheid van greppels is een extra plus voor weidevogels. Greppels bieden aanvullende variatie in omstandigheden (vocht, begroeiing) en vormen een belangrijk aanvullend foerageergebied, vooral in drogere perioden. Daarbij komt dat greppels voor kuikens erg belangrijk zijn als schuilplaats bij dreigend



Figuur 2.1. Overzicht van ecosystemendiensten van graslanden in het bijzonder de verschillen daarin tussen blijvend grasland en akkerland (blauwe stippen) en tussen blijvend grasland en tijdelijk, intensief gebruikt grasland (oranje stippen). Bron: Schils et al. (2022). Per indicator is een score berekend tussen -1 en 1. De grens tussen de buitenste (groene) en binnenste (beige) zones vertegenwoordigt een gemiddelde score van 0. Deze beige zone begint om visuele redenen niet in het centrum van de figuur. De groene buitenste zone vertegenwoordigt een gunstige score voor blijvend grasland (0 tot 1), de beige binnenste zone een ongunstige score (0 tot -1). De grootte van de punten geeft het aantal onderliggende studies aan (klein: <5 studies, middelgroot: 5-9 studies, groot: >9 studies). Voor een toelichting en de achterliggende data zie Schils et al. (2022).

onraad. Steeds vaker wordt greppelplasdras ingezet om weidevogelgebieden een extra impuls te geven (Melman et al. 2020). Ook voor foeragerende steltlopers op doortrek of overwintering is greppelland van belang (o.a. Kievit, Goudplevier, Watersnip). Vooral watersnippen hebben in winterpolders een grote voorkeur voor greppels en slootkanten (Nijland & Timmerman 2017).

Klimaatregulatie

Er worden in figuur 2.1 in totaal vier indicatoren genoemd die een rol spelen in de klimaatregulatie. Dat betreft emissies van Lachgas, Methaan, CO₂ en de opslagcapaciteit van koolstof (C). Uit de literatuuranalyse blijkt (figuur 3), dat qua emissies blijvend grasland iets beter scoort, maar voor wat betreft het vastleggen van koolstof veel beter scoort dan tijdelijk grasland en akkerland. Volgens een studie van D'hose & Ruyschaert (2017) fungeert grasland als koolstofsink; hoe ouder, hoe meer koolstof wordt opgebouwd. Zij noemen een gemiddelde snelheid van 0,5 tot 1 ton C ha⁻¹ jaar⁻¹ in 'gematigde' graslanden (gematigd is in dit verband relatief extensief gebruik). Soussana et al. (2009) noemen een opbouw van 5 g C/m² per jaar (+/- 30 g), wat veel lager is.

Waterkwaliteit

Grasland levert ook diensten op het gebied van waterkwaliteit. Schils et al. (2022) onderscheiden als indicatoren: het vasthouden van stikstof en fosfaat, waardoor minder van deze nutriënten naar het grondwater lekken; dat kan ook voor pesticiden gelden. Voor beide nutriënten geldt, dat blijvend grasland beter scoort dan tijdelijk grasland en akkerland. Het is niet uit te sluiten dat daarin ook meespeelt dat blijvend grasland vaak extensiever wordt gebruikt. Daarbij komt, dat graslandvernieuwing of omploegen voor akkerbouw (mais) kan leiden tot veel runoff naar het slootmilieu en stoffen vrijkomen die in het grondwater terecht komen, terwijl dat niet het geval is in een stabiele bodem.

Cultuurhistorie en beleving

Hiervoor worden twee indicatoren benoemd, nl. de recreatie waarde en de esthetische waarde. Beide scores hoger voor blijvend grasland, hoewel het verschil voor de recreatieve waarde niet groot is. Beleving is wel een belangrijk aspect van kruidenrijke graslanden, en kleurrijke graslanden wordt over het algemeen hoger gewaardeerd dan monotone graslanden.

Naast genoemde indicatoren is de cultuurhistorische waarde van oud grasland en oud greppelland groot. Ze vertegenwoordigen een historisch patroon van landgebruik en geschiedenis van waterbeheer, dat zich uit in reliëfrijk grasland met een bijzonder landschappelijke signatuur (o.a. van Slochteren 2020, Wiersma 2021).

Waterhuishouding

Er worden door Schils *et al.* vier indicatoren onderscheiden, nl. de waterdoorlatendheid (poreusheid van de bodem), bodemdichtheid (compactie), gevoeligheid voor erosie en run-off. De eerste twee indicatoren zijn belangrijk in het kader van de klimaatopgave, omdat ze bijdragen aan het waterbergend vermogen van de bodem en droogte-resistentie. Ook in deze gevallen scoren alle indicatoren beter bij blijvend grasland, vooral de bodemdichtheid ten opzichte van tijdelijk grasland. Na graslandvernieuwing gaat er tijd overheen voor zich een goed bewortelde zone heeft ontwikkeld en een goed functionerende bodemfauna met verschillende soorten regenwormen (bijv. Iepema *et al.* 2020). Uit een studie van Iepema *et al.* (2021) blijkt, dat in blijvend grasland meer organisch koolstof wordt opgeslagen en sprake is van een hogere bodemvochtigheid en lage bodemdichtheid. Oude graslanden bleken ook beter bestand tegen hevige regenval, alle factoren die bijdragen aan klimaatbestendigheid.

Tot slot is de laatste jaren greppelinfiltratie steeds meer in beeld als natuurlijke maatregel om bodemdaling tegen te gaan en CO₂-emissie te verminderen (i.p.v. drukdrainage of onderwaterdrainage).

Opbrengst

Een van de hoofddoelen van grasland vanuit agrarisch perspectief is het leveren van ruwvoer, hetzij voor beweiding hetzij als vers gras, kuil of hooi. Hier worden in figuur 2.1 drie indicatoren onderscheiden, nl. de opbrengst per ha, de energie-opbrengst en het eiwitgehalte. De laatste twee zijn belangrijk in termen van kwaliteit van het gewas. Het is opmerkelijk, dat in de figuur blijvend grasland voor alle drie indicatoren relatief goed scoort. We verwachten dat in de Friese veenweiden en kleiweiden juist de hoog-productieve graslanden met een hoge input van N, P, K hoog scoren. Dat kan om blijvend grasland gaan, maar dan alleen wanneer sprake is van een hoge bemesting. Zo bedraagt de opbrengst van raaigrasweiden in Nederland over het algemeen rond de 10 ton per ha, en daalt die naar 4-7 ton per ha voor kruidenrijk grasland (Mettrop *et al.* 2021; figuur 5.1).

Samenvattend

In tabel 2.1 zijn de verschillende diensten samengevat, aangevuld met voor Friese graslanden relevante aspecten. Daaruit blijkt de grote meerwaarde van oud grasland en oud greppelland ten opzichte van intensief gebruikte graslanden, die regelmatig worden vernieuwd. Greppelland heeft aanvullend, naast de belangrijke cultuurhistorische waarde, vooral ook betekenis voor de weidevogels en doortrekkende steltlopers.

Tabel 2.1. Ecosysteemdiensten voor oud grasland en oud greppelland. Toelichting zie de tekst.

Categorie	Ecosysteemdienst	Blijvend (oud) grasland – extensief gebruikt	Oud greppelland
Biodiversiteit	Insectenrijkdom	+	+
	Beschermde soorten	+	+
	Plantenrijkdom	+	+
	Bodemfauna	++	++
	Weidevogels	++	+++
	Foerageergebied steltlopers	+	++
Klimaatregulatie	Emissies, Lachgas, Methaan, Co2	+	++*
	Vastleggen koolstof	++	++
Waterkwaliteit	Vasthouden nutriënten	+	+
Cultuurhistorie	Recreatieve waarde/ beleving	+	++
	Esthetische waarde	+	++
	Cultuurhistorische waarde	+	++
Waterhuishouding	Waterdoorlatenheid	++	++
	Bodemdichtheid	++	+
	Gevoeligheid erosie	+	+
	Run-off	+	+
Opbrengst	Opbrengst (ton d.s./ha)	- / +**	- / +**
	Energie	-	-
	Eiwit (VEM)	-	-

* in geval van greppelinfiltratie

** de opbrengst in termen van ton droge stof/ha is vooral een functie van bemesting. Bij aanhoudende droogte kan de productie op blijvend, oud grasland hoger liggen dan op vernieuwde graslanden

3 Aanpak en werkwijze

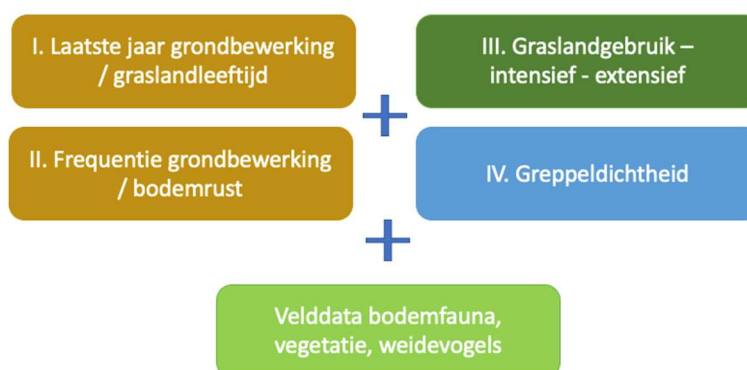
3.1 Aanpak algemeen

Het in kaart brengen van gebieden vond en vindt meestal plaats aan de hand van een kartering in het veld, waarbij de terreinkenmerken ter plaatse worden genoteerd en ingeschat. Voor sommige doelen wordt echter steeds meer luchtfotografie ingezet en remote sensing met satellietbeelden. Satellietbeelden zijn tegenwoordig gratis beschikbaar en de Europese Sentinel-satelliet levert een keer per 5 dagen een beeld (bruikbaarheid afhankelijk van het wolkendeck). Dit biedt niet alleen de mogelijkheid om gebieden van grotere schaal in kaart te brengen maar ook om tussen perioden en jaren te vergelijken. Er zijn ook beperkingen: satellieten kunnen niet alles detecteren en de ruimtelijke resolutie is beperkt (maar wordt steeds hoger).

In dit onderzoek hebben we gebruik gemaakt van remote sensing technieken en voortgebouwd op de methodiek en aanpak van Bakkema & Wymenga (2021). Met behulp van satellietbeelden en LiDAR data hebben we vier basiskaartlagen geconstrueerd, nl. I. het laatste jaar van grondbewerking (graslandleeftijd), II. de frequentie van bodembewerking in de loop van de tijd, III. de aanwezigheid en dichtheid van greppels (aangeleverd door de provincie), en IV. de intensiteit van het graslandgebruik. Aan de hand van deze kaarten zijn we in staat om in gebieden percelen met ouder grasland te selecteren, waar in het verleden weinig grondbewerking is geweest, en die relatief extensief worden gebruikt. Door die kaarten te combineren met de aanwezigheid van greppels ontstaat een beeld van ouder greppelland (figuur 3.1). In paragraaf 3.2 en 3.3 wordt dit verder uitgewerkt. Vervolgens zijn ecologische gegevens gebruikt om de betekenis aan te geven van verschillende typen grasland (paragraaf 3.4).

Met de term oud, blijvend of permanent grasland wordt grasland bedoeld dat niet regelmatig wordt vernieuwd of omgeploegd voor akkerbouw (vooral mais). De EU houdt als definitie voor blijvend grasland aan, dat het land tenminste vijf jaar of langer geen deel uitmaakt van de vruchtwisseling van een bedrijf. Ook het CBS houdt die definitie aan. Van Uytvanck & Decler (2017) geven aan, dat dat veel te kort is omdat veel bodemprocessen zich pas over langere tijd ontwikkelen. In dit rapport werken we met de leeftijd van het grasland.

Met de termen intensief en extensief gebruikt grasland wordt in dit rapport het landgebruik geduid, vooral de mate van bemesting en daarmee samenhangend de frequentie van maaien en weiden. Er is geen duidelijke definitie en in die zin zijn het subjectieve termen. In hoofdstuk 5.1 wordt het gebruik van deze termen nader onderbouwd.



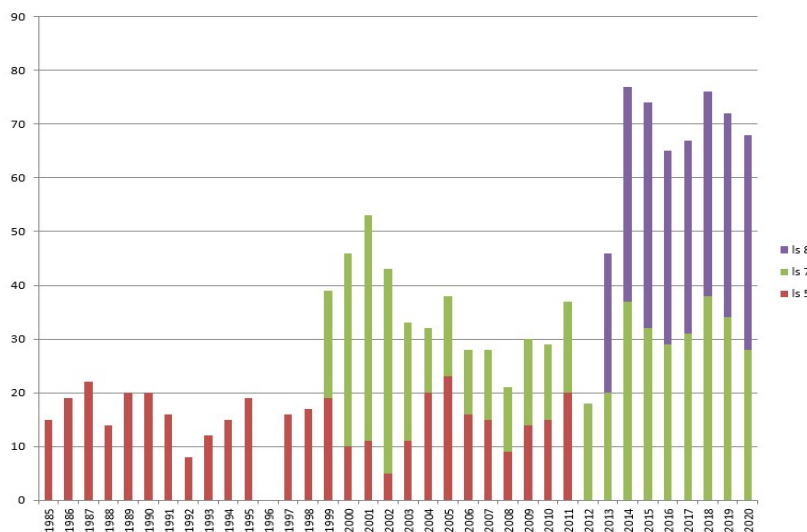
Figuur 3.1. Vereenvoudigd beeld van de aanpak van dit onderzoek. Met remote sensing zijn vier basis kaartbeelden gemaakt, en aanvullend zijn ecologische gegevens gebruikt voor het waarderen van de typen grasland.

3.2 Onderscheid naar grondbewerking en landgebruik

In dit hoofdstuk wordt kort een beschrijving gegeven van de methode die gebruikt is om grondbewerking en intensiteit van graslandbeheer met behulp van satellieten in beeld te brengen. Aanvullende informatie over de achtergrond en techniek van Remote Sensing en de gedetailleerde aanpak van de remote sensing-analyse op basis van satellietbeelden is opgenomen in A&W rapport 20-477 Blijvend grasland in laag Friesland (Bekkema & Wymenga 2021). In dit rapport ligt de nadruk op de stappen die zijn gezet om de analyses aan te scherpen.

Detectie kale grond – grondbewerking

Om de historie en frequentie van grondbewerking in Friesland in kaart te brengen is gebruik gemaakt van detectie van kale grond op Landsat-satellietbeelden voor de periode 1985 - 2020. Aangezien het hier om een grote hoeveelheid data gaat, is de methodiek deels in Google Engine uitgevoerd (Google Engine 2021). Er is gebruik gemaakt van de Surface Reflectance data uit de Landsat 5, 7 en 8 collecties. In totaal zijn 1.233 satellietbeelden gebruikt (figuur 3.2; zie Wymenga & Bekkema 2021 voor de detailgegevens over de gebruikte data). Voor 1996 was er onvoldoende data van goede kwaliteit beschikbaar. Daarom is dat jaar niet meegenomen. Tussen 1985 en 1999 is er alleen Landsat 5 data beschikbaar. Van 1999 tot en met 2011 is Landsat 5 en 7 data beschikbaar, en na 2011 Landsat 7 en 8 data.

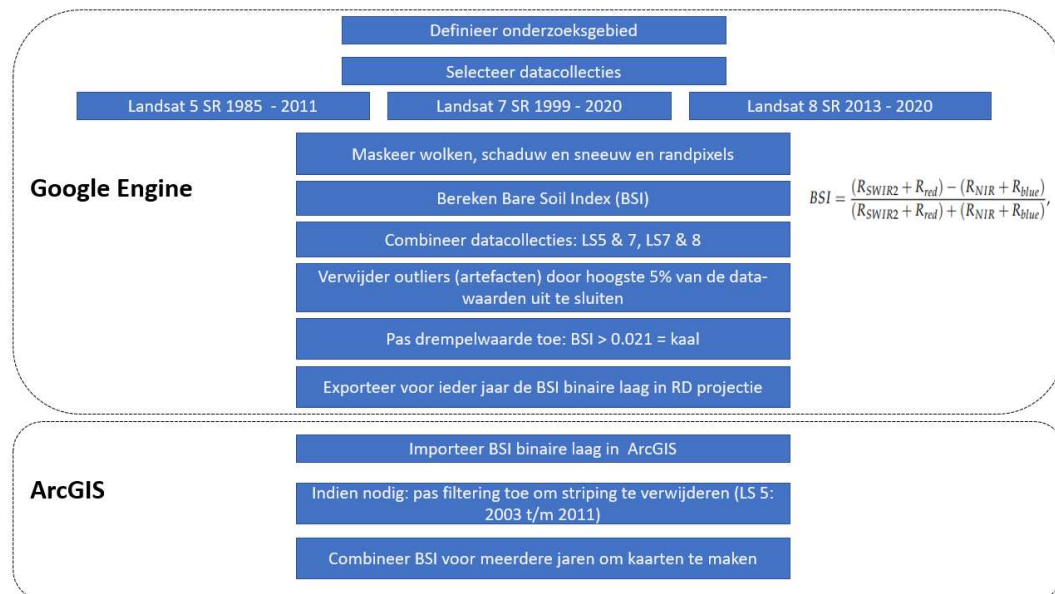


Figuur 3.2. Aantal beschikbare satellietbeelden per jaar in Google Engine voor de analyse.

Google Engine is een cloud-based platform waarin door middel van javascripts analyses op grote hoeveelheden data gedaan kunnen worden zonder dat de gebruiker de data hoeft te downloaden. De Google Engine databibliotheek omvat o.a. alle Landsat-data, Sentinel-2 data, maar ook hoogtemodellen. Voor de vervolgstappen is ArcGIS Pro gebruikt (figuur 3.3). In grote lijnen is de methodiek van Diek *et al.* (2017) toegepast. Per jaar worden alle beschikbare beelden gecombineerd en wolken worden gemaskeerd. De Bare Soil Index (BSI) wordt berekend voor alle pixels. Vervolgens wordt een drempelwaarde toegepast om te bepalen of een pixel kaal is geweest. Dit levert een binaire kaart op waarin op jaarbasis te zien is of een pixel in dat jaar wel of niet kaal is geweest. De kaarten voor afzonderlijke jaren zijn gecombineerd tot een rasterkaart waarin de frequentie van kale grond/grondbewerking per pixel is berekend tussen 1985 en 2020.

Aanscherping methode

Uit een nadere analyse in het kader van dit onderzoek bleek de methode voor kale grond detectie die is gebruikt door Wymenga & Bekkema (2021) geschikt en is niet verder aangescherpt. Een



Figuur 3.3. Werkwijze voor het maken van de kaarten voor grondbewerking / kale grond.

belangrijke aanvulling is evenwel, dat via een aanvulling nu de leeftijd van de graslanden in kaart is gebracht. Op basis van de binaire kaarten is een aanvullende rasterkaart gemaakt die per pixel het jaar van meest recente grondbewerking/kale grond laat zien tussen 1985 en 2020.

Beperkingen in gebruik - betrouwbaarheid

Op basis van groundtruthing (controles in het veld en met recente luchtfoto's) is bepaald dat de betrouwbaarheid van de kale grond detectie varieert tussen 86 en 96% (Wymenga & Bekkema 2021). De volgende aspecten kunnen resulteren in een misclassificatie:

- Perceel te smal (pixelbreedte groter dan perceel); gemengde pixels op randen van percelen;
- Het perceel is maar kort volledig kaal geweest (groenbemesters);
- Geen satellietdata van de locatie als gevolg van wolken;
- Minder data beschikbaar van de betreffende locatie (in sommige delen van Friesland is overlap in de footprint van de Landsat satelliet waardoor er relatief meer data beschikbaar is dan van andere delen; In het oostelijk deel van Littenseradiel zit een strook waar geen overlap is, waardoor grondbewerking kan zijn gemist).

De pixelresolutie van Landsat data is 30x30 m. Smalle percelen worden hierdoor niet altijd goed gedetecteerd. Dit betreft vooral percelen waarvan de naastliggende percelen niet omgeploegd zijn. Zodra er een groter gebied kaal is, worden ook de smalle percelen goed gedetecteerd. Maar in geval van graslandvernieuwing van een enkel perceel, kan dit gemist worden. Wat verder nog van belang is, is dat de databeschikbaarheid tussen 2013 en 2020 heel hoog is (tot wel 3 beelden per maand) in vergelijking tot de periode 1985 - 1998 (zie grafiek databeschikbaarheid). Dit kan betekenen dat de detectiekans in eerdere jaren lager is dan in latere jaren. Toch is er zelfs tussen 1985 en 1998 vaak wel 1 beeld per maand beschikbaar. Daarmee is de kans groot dat grondbewerking voor graslandvernieuwing wordt gedetecteerd, omdat dergelijke percelen tenminste 2-3 weken vrijwel kaal zijn (zie echter de opmerking hiervoor).

Intensiteit van het landgebruik

Om de intensiteit van het graslandbeheer in kaart te brengen is gebruik gemaakt van Sentinel-2 data (ESA 2017); Howinson *et al.* (2018) gebruiken daarvoor bijvoorbeeld radar data. De hier

toegepaste methodiek is uitgebreid beschreven door Bekkema & Eleveld (2018) en wordt hier kort toegelicht. Figuur 3.4 geeft een overzicht van de stappen. Uit het onderzoek is gebleken dat de reflectiewaarden voor intensief en extensief beheerd grasland in het voorjaar significant verschillen. Echter, nadat de intensief beheerde graslanden voor het eerst gemaaid zijn (ca. eind april-begin mei), zijn de verschillen niet langer zo duidelijk. Voor het in kaart brengen van het graslandtype is het daarom belangrijk om satellietbeelden uit het voorjaar te gebruiken (vóór de eerste snede). Een tweede vereiste is, dat er een satellietbeeld zonder wolken beschikbaar is. De methode maakt gebruik van twee vegetatie indices, namelijk de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) en de Sentinel-2 Red-Edge Position (S2REP).

De NDVI is gebaseerd op het verschil in reflectie tussen 'nabij-infrarood' en rood licht en wordt vaak gebruikt om gebieden met vegetatie te analyseren (Rouse *et al.* 1974). Vegetatie heeft een hoge NDVI omdat het 'nabij-infrarood' licht reflecteert en rood licht absorbeert. De S2REP vegetatie index kan gebruikt worden als indicator voor het chlorofyl gehalte en is daardoor ook gerelateerd aan de mate van bemesting (Frampton *et al.* 2013; Sibanda *et al.* 2017; 2015). Monocultuur grasland heeft in het voorjaar een significant hogere S2REP dan extensief grasland; dit is waarschijnlijk gerelateerd aan de mate van bemesting (en deels inzaai). Intensief grasland wordt bemest met drijfmest en eventueel kunstmest terwijl extensief grasland in mindere mate wordt bemest. Drijfmest zorgt voor een hoge beschikbaarheid van stikstof, een belangrijk element in de moleculen van bladgroenkorrels en ook in enzymen voor fotosynthese. Als er veel bladgroen aanwezig is, neemt de absorptie van rood licht toe en verschuift de red-edge positie naar de langere golflengten, oftewel de Sentinel-2 sensoren meten een hogere S2REP waarde.

Op basis van veldonderzoek zijn percelen gekozen die representatief zijn voor intensief en extensief graslandbeheer (Bekkema 2017). Er zijn percelen voor zowel klei- als veengrond gekozen. Percelen in weidevogelreservaten, zoals Skrok en Skrins in Littenseradiel en De Burd bij Grou, dienden als voorbeeld voor extensief kruidenrijk grasland. Goede voorbeelden van intensief graslandbeheer zijn percelen met monoculturen Engels raaigras (voornamelijk graslanden met >75% bedekking met Engels raaigras). Binnen deze percelen zijn random samplepoints gegenereerd. Voor deze samplepoints zijn vervolgens de NDVI en S2REP vegetatie-indices geanalyseerd met het machine learning algoritme See5. See5 levert vervolgens de decision trees met beslisregels om te bepalen of pixels als intensief en extensief geclassificeerd moeten worden.

Correctie voor maaïen

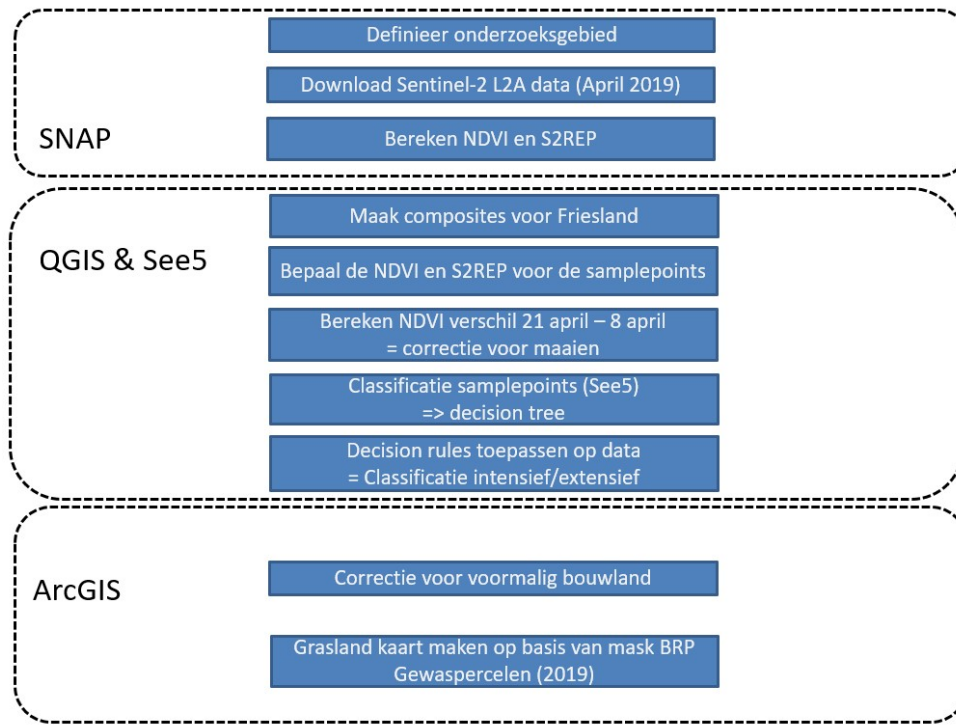
Ook maaïen kan op perceelniveau vastgesteld worden met behulp van Sentinel-2 data. Hierbij is een goede timing van de satellietopname een vereiste. In geval van maaïen neemt de NDVI -waarde sterk af, maar deze is na 14 dagen weer volledig hersteld. Percelen die vroeg gemaaid zijn, kunnen foutief geclassificeerd worden als extensief gebruikt grasland. Hiervoor is gecorrigeerd door het verschil in NDVI tussen begin april en eind april te berekenen. Een afname in NDVI van groter dan of gelijk aan 0,1 tussen beide momenten is representatief voor maaïen; hiervoor is derhalve gecorrigeerd.

Classificatie in QGIS

In de QGIS Semi-automatic classification plug-in kunnen de beslisregels ingevoerd worden. Naast de Decision Tree die uit See5 is gekomen, wordt ook de afname in NDVI tussen begin en eind april meegenomen als beslisregel. Resultaat is een raster met pixels met waarde 1 voor extensief grasland en waarde 2 voor intensief grasland.

Correctie voor bouwland

Percelen die in het jaar van onderzoek grasland zijn, maar in het voorgaande jaar maisland waren, blijven soms achter qua grasgroei en worden dan onterecht als extensief geclassificeerd. Op basis van de Gewaspercelen-datasets zijn deze bouwland percelen geïdentificeerd en indien nodig omgezet naar intensief grasland.



Figuur 3.4. Werkwijze voor het maken van de kaarten voor intensiteit graslandbeheer.

Aanscherping methode

Voor het oud grasland onderzoek is het beheer voor 2019 met deze methode bepaald (Bekkema & Wymenga 2021). In het huidige onderzoek is op dezelfde wijze ook het beheer voor 2018 en 2020 bepaald, zodat er een dataset voor 3 jaar beschikbaar is. Een beperking voor 2018 is hierbij dat er geen data voor begin april beschikbaar is; 18 april 2018 is de eerst beschikbare dataset zonder wolken. Dit betekent dat maaien voor 18 april niet gedetecteerd is. Voor 2018 zouden dus vroeg gemaaide percelen ten onrechte als extensief geclassificeerd kunnen worden.

Op basis van meerderheid is de definitieve beheerklasse toegewezen. Hierbij zijn percelen die 3x als intensief gedetecteerd worden als intensief geclassificeerd, en 3x als extensief, als extensief. Percelen die bijvoorbeeld 2x als extensief gedetecteerd zijn en 1x intensief, worden als waarschijnlijk extensief geclassificeerd. Percelen die als 2x intensief en 1x extensief geclassificeerd zijn, als waarschijnlijk intensief. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de afwijkende classificatie een misclassificatie betreft. Er zou ook sprake kunnen zijn van een plotselinge omslag van extensief naar intensief (bv. graslandvernieuwing), maar om dat vast te stellen is een

Tabel 3.1. datums voor Sentinel-2 data voor analyse intensiteit beheer

2018	2019	2020
18 april 2018	8 april 2019	5 april 2020
21 april 2018	21 april 2019	22 april 2020

langere tijdreeks nodig. Percelen die in 2021 volgens de gewaspercelendataset als tijdelijk grasland of als bouwland zijn geregistreerd zijn in de categorie intensief geplaatst. Percelen met agrarisch natuurmengsel zijn in de categorie waarschijnlijk intensief geplaatst. Aanvullend aan de analyse zijn op basis van de beschikbare beelden ook kaarten gemaakt met de maaidatum in 2018 en 2020 (niet getoond in dit rapport). Deze kaarten zijn gebruikt als ondersteuning voor controle van de kaarten (vooral 1^e maaidatum). Ze zijn een extra hulpmiddel om de intensiteit verder in te schatten; en ook om te zien of het om een beweide perceel gaat.

Beperkingen in gebruik- betrouwbaarheid

Tijdens eerder onderzoek is de nauwkeurigheid van de classificatie in detail gevalideerd aan de hand van veldonderzoek in Littenseradiel (Bekkema 2017). Van de totale hoeveelheid pixels werd 84,3% juist geclassificeerd. Daarmee is 15,7% niet goed geclassificeerd. Door naar gegevens van 3 jaar te kijken, is een deel van de misclassificaties gecorrigeerd. Het is echter niet te zeggen wat de exacte betrouwbaarheid nu is, aangezien dan op grote schaal een nieuwe groundtrthing gedaan zou moeten worden. Wel is de betrouwbaarheid op perceelsniveau op beperkte schaal in het veld gecontroleerd, o.a. aan de hand van de graslandvegetatie (zie hoofdstuk 5.2). De kaarten met landgebruik geeft de situatie weer voor de periode 2018 – 2020. Het kan natuurlijk zo zijn – en in het veld is vastgesteld dat dat ook werkelijk zo is - dat er inmiddels wijzigingen zijn als gevolg van ploegen en opnieuw inzaaien.

Aan de hand van de veldcontroles voor het vegetatie-onderzoek (hoofdstuk 7.2) is aanvullend een indruk van de betrouwbaarheid verkregen. Van de als intensief geclassificeerde percelen viel één opname volledig uit de toon. Van de als extensief geclassificeerde percelen vielen vier opnamen uit de toon, in die zin dat het aandeel aan ‘extensieve soorten’ zeer laag was. In totaal gaat het om een percentage van 8,7% van de vegetatie-opnamen waarvan het perceel anders is getypeerd dan op grond van de vegetatie was verwacht. Daarnaast zijn 98 percelen visueel gescoord op kruidenrijkdom en is naderhand gekeken tot welk type zij behoorden. Van de 46 als intensief geclassificeerde percelen (163,7 ha) vielen 3 percelen uit de toon (wel kruiden, niet verwacht), en van de 52 als extensief geclassificeerde percelen (177,7 ha) vielen 2 percelen anders uit (geen of nauwelijks kruiden, wel verwacht). In totaal gaat dat om 5,1%.

Greppelkaart

Greppelland is een belangrijk thema in de aan te vragen Erfgoed Deal. Om die reden is het belangrijk na te gaan in hoeverre kaarten met oud grasland gekoppeld kunnen worden aan kaarten met greppelstructuren. Provincie Fryslân heeft op basis van analyse van gegevens uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN4) bepaald of er binnen een perceel in Friesland wel of geen greppels aanwezig zijn. De hoogtedata voor het Hoogtebestand zijn ingewonnen vanuit een vliegtuig met behulp van LiDAR (Light detection and ranging). De AHN4 geeft de hoogte van het maaiveld in meters en heeft een pixelresolutie van 0.5 x 0.5 m. De AHN4 gegevens voor Friesland zijn ingewonnen in 2020 (website AHN4 2022).

De gebruikte methode wordt hier kort beschreven (op basis van aangeleverde informatie van H. Deurhof, Provincie Fryslân). Als eerste is voor elke pixel binnen de AHN4 rasterdata de waarde voor “slope” en “aspect” berekend. “Slope” is de hellingsgraad en “aspect” de kompasrichting van de helling. De combinatie van deze waarden is gebruikt om te bepalen of een pixel wel of geen greppelpixel is. De rasterpixels zijn gekoppeld aan de landbouwpercelen dataset van Rijkswaterstaat (Agrarisch Areaal Nederland (AAN data)). Zowel “slope” als “aspect” moeten aan een specifieke drempelwaarde voldoen voordat een perceel als “greppelperceel” wordt geclassificeerd. Percelen met een sterke hellingsgraad in een specifieke richting worden als “greppelpercelen” geclassificeerd. Als er weinig hellingsgraad is, is het perceel “vlak”. Bij een

sterke hellingsgraad die in veel verschillende richtingen verloopt wordt het perceel als “grillig” geclassificeerd.

Beperkingen in gebruik- betrouwbaarheid

De classificatie heeft een nauwkeurigheid van ca. 85%. Dit betekent dat ca. 15% van de percelen die zijn aangeduid als greppelperceel dat in werkelijkheid niet is. Dit is een relatief groot aandeel. Het is niet uit te sluiten dat smalle, enigszins dichtgegroeide greppels in vlak land worden gemist. Ten opzichte van de voorgaande greppelkaart op basis van AHN2 is de huidige kaart op basis van de AHN4 meer gedetailleerd, zeker in de mate waarin microreliëf kan worden aangegeven, ook al komen ze op perceelsniveau niet altijd exact overeen (mogelijk greppelland verdwenen).

3.3 Methoden ecologische waardering

De remote sensing analyse biedt de mogelijkheid om onderscheid te maken in de mate van bodemrust, leeftijd van het grasland en de intensiteit van het gebruik. Het verschil tussen een intensief gebruikt, regelmatig vernieuw grasland enerzijds en een oud grasland dat extensief wordt gebruikt is anderzijds is groot. Zoals uit verschillende studies is gebleken levert permanent (blijvend), grasland een keur aan ecosysteemdiensten (Isselstein & Kaiser 2014, hoofdstuk 2), en neemt het aantal ecosysteemdiensten sterk af bij een intensiever gebruik (Schils *et al.* 2022).

Met die wetenschap kunnen we daarom waarde toekennen aan de oudere, extensief gebruikte graslanden. We doen dat in dit onderzoek voor ecologische gegevens. Daartoe zijn vegetatiegegevens in het veld verzameld, en is voorts gebruik gemaakt van weidevogelgegevens en van data van gezenderde kieviten. Aanvankelijk was het doel om bodemfauna-monsters te nemen van verschillende typen grasland. Echter, in het voorjaar van 2022 (april, mei), en wederom in de zomer, was sprake van een langdurige droogte, waardoor de bovengrond sterk indroogde. Behalve dat het nemen van bodemmonsters lastig was in uitgedroogde bodems, trekken regenwormen zich ook terug in de ondergrond. Herstel van bodemfauna in zo'n situatie heeft langere tijd nodig. Daarom is afgezien van het nemen van bodemfauna-monsters, aangezien de kans op bruikbare resultaten klein was. In plaats daarvan is gebruik gemaakt van zenderdata van kieviten. Kieviten zijn bij uitstek bodemfauna-eters, vooral regenwormen, en zijn in die zin een indicator van de aanwezigheid van bodemfauna (zie hierna).

Opnamen graslandvegetatie

In totaal zijn verspreid over verschillende veenweide- en kleiweidegebieden in Fryslân 57 vegetatie-opnamen gemaakt van de graslandvegetatie van percelen. De opnamen besloegen 1x1 m, en zijn gemaakt met de decimale schaal van Londo (Hennekens 2009), waarmee de bedekking van alle soorten in detail is vastgelegd. Een deel van de opnamen is in 2021 gemaakt en de resterende opnamen in eind april - mei 2022. De geschikte periode voor het maken van opnamen is relatief beperkt aangezien op gangbaar boerenland vaak al begin mei wordt gemaaid, en dan geen kruiden meer zijn te zien. De opnamen moeten daarom van de eerste snede worden gemaakt. Een nadeel daarvan is dat relatief laatbloeiende kruiden en grassen nog nauwelijks zichtbaar zijn (bijvoorbeeld Beemdlangbloem).

Naast de vegetatie-opnamen is van een groot aantal (n = 109, oppervlakte 371,9 ha) percelen in ADD en in Littenseradiel – maar ook elders in het Friese veenweide en kleiweidegebied - de aanwezigheid van goed zichtbare kruiden als Paardenbloem, Pinksterbloem, Scherpe boterbloem, Veldzuring en grassen als Gestreepte witbol en Grote vossenstaart gescand. De gekozen soorten zijn alle zeer herkenbaar en goed zichtbaar, ook vanaf de rand van percelen. Voor deze kartering is een eenvoudige score-reeks aangehouden, op basis van de abundantie-

schaal van Tansley (Hennekens 2009): 0 niet aanwezig, 1 zeldzaam, 2 occasional, 3 frequent, 4 abundant, 5 dominant. De percelen zijn vanaf de rand ingeschat, en er zijn alleen ongemaaide en grotendeels onbeweide percelen meegenomen. Percelen derhalve waar op basis van de eerste snede nog een goede inschatting kon worden gedaan van de aanwezigheid van genoemde soorten. Percelen zijn random gekozen, en later is aan de hand van de kaarten de gebruikintensiteit bepaald.

Weidevogels

Weidevogels zijn een van de meest prominente waarden van de graslanden in Friesland, en daar wordt door boeren, vogelwachter en overheid ook veel energie in gestoken. Weidevogels gebruiken de graslanden om te foerageren, te broeden en om kuikens op te laten groeien. Vooral in de broed- en opgroeifase is het landgebruik van groot belang, vooral omdat de vogels dat 'gebonden' zijn aan het betreffende perceel waar ze verkeren. Voor de foerageerfunctie zijn ze minder sterk gebonden aan een perceel, maar kunnen ze ook gemakkelijk elders foerageren. Om die reden is nader in beeld gebracht hoe de verspreiding van broedende weidevogels in de onderzochte gebieden zich verhoudt tot het landgebruik, in het bijzonder de intensiteit van het graslandgebruik.

Om dit te kunnen doen zijn weidevogelgegevens gebruikt van ADD, over de jaren 2019-2020, beschikbaar gesteld door de gebiedscoöperatie It Lege Midden. Tevens zijn gegevens gebruikt van de BFVW en Natuurmonumenten over dezelfde jaren voor het grondgebied van Littenseradiel (ten tijde van het schrijven van dit rapport nog niet binnen).

Terreingebruik volwassen Kieviten

Volwassen kieviten zijn benthivore vogels, dat wil zeggen dat ze vooral bodem- en oppervlak fauna eten, in de praktijk veelal regenwormen en aanvullend emelten. Kieviten foerageren veelvuldig 's nachts, omdat regenwormen dan naar de oppervlakte komen (Onrust & Piersma 2017). Ze hebben grote oorschelpen, die hen in staat stelt regenwormen te horen. De aanwezigheid van foeragerende kieviten geeft een indicatie van de aanwezigheid van bodemfauna, waarbij we aannemen dat de vogels de betere locaties uitzoeken om te foerageren. Door het terreingebruik van kieviten in de nazomer en het winterhalfjaar in kaart te brengen, worden verspreidingseffecten van maaien grotendeels uitgefilterd.

Om het terreingebruik van volwassen Kieviten buiten het broedseizoen (1 juli-1 februari) in kaart te brengen is gebruik gemaakt van een reeds lopende studie waarbij in het voorjaar van 2021 een 14-tal volwassen Kieviten uitgerust zijn met een GPS-zender (zie voor details: Loonstra *et al.* 2021). Om te voorkomen dat andere factoren (bv. broedplek) invloed hebben op de verspreiding is een selectie gemaakt van verzamelde locatiegegevens. Voor deze studie zijn alleen locatiegegevens gebruikt welke verzameld zijn tussen 1 juli 2021 en 1 februari 2022. Tevens zijn alleen locaties gebruikt welke gelinkt konden worden aan een perceel met bekende historie. In totaal betroffen dit 12.539 locaties, van een 10-tal individuen. Om een evenredige verdeling tussen individuen en het seizoen te hebben is van alle individuen slechts 1 gerandomiseerde locatie per dag gebruikt. Dit resulteerde in 501 unieke dag-individuele locaties.

Door middel van een chi-kwadraattoets is vervolgens gekeken of de verdeling van deze locaties gelijk of anders was ten opzichte van de verdeling in gedetecteerde kale grond/grondbewerking van percelen in heel Friesland. Ook is gekeken of kieviten vaker of minder vaak voorkwamen op percelen met greppels dan vergeleken met het aanbod in heel Friesland, en of kieviten tijdens de winterperiode zich evenredig naar het aanbod in heel Friesland verdeelden over de verschillende typen landgebruik.

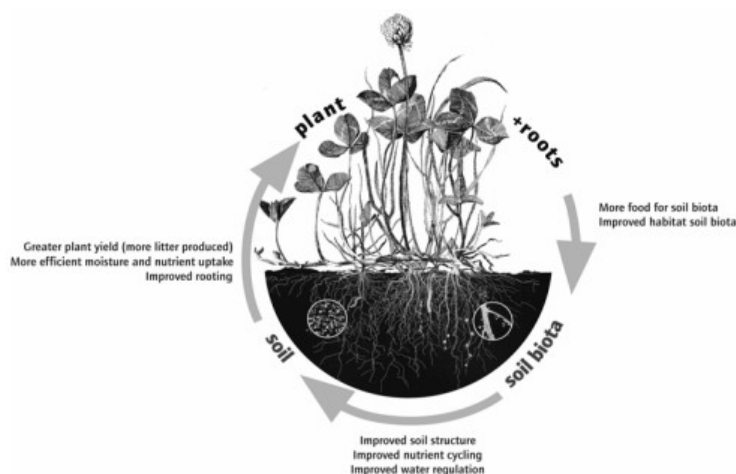
4 Graslandleeftijd en grondbewerking

Vrijwel alle graslandareaal in Fryslân wordt gebruikt voor de melkveehouderij. Het gaat overwegend om blijvend grasland, ook al is sprake van periodieke graslandvernieuwing. Een klein deel van het areaal wordt gebruikt voor de maisteelt, waarbij jaarlijks sprake is van grondbewerking. In dit hoofdstuk brengen we aan de hand van een remote sensing analyse, voor zover dat kan, in kaart in hoeverre sprake is geweest van bodembewerking in het recente verleden. Bodembewerking kan doorwerken in bodemkwaliteit en andere factoren zoals de bovengrondse biodiversiteit.

4.1 Bodemrust

Het belang van bodemrust

De letterlijke en figuurlijke basis van graslanden is de bodem. Daarbij gaat het niet alleen om het bodemtype en de bodemstructuur maar om het gehele bodemecosysteem. Het bodemecosysteem is een complex geheel waarin bodemorganismen als bacteriën, schimmels, mijten, aaltjes en regenwormen een sleutelrol spelen voor de bodemkwaliteit. Graslandsystemen zijn van nature stabiele, meerjarige systemen waar in hoge mate sprake is van plant-bodem interacties en interacties met bodemorganismen (Murray *et al.* 2012). Van Eekeren *et al.* (2010) beschrijven de ecosysteemdiensten van bodemorganismen ten aanzien van de nutriëntencyclus, verbetering van de bodemstructuur en daarmee samenhangend de waterhuishouding (waterretentie, droogteresistentie), en de plant-bodem interacties (figuur 4.1). Al die processen dragen in hoge mate bij aan het vasthouden van koolstof in de bodem (organisch koolstof) en verbetering van het poriënvolume (Iepema *et al.* 2021), beide ecosysteemdiensten die vandaag de dag veel aandacht krijgen in het licht van klimaatverandering.



Figuur 4.1. Cyclische interacties tussen planten/wortels, bodembiota en bodemeigenschappen (chemisch en fysisch). Overgenomen uit van Eekeren *et al.* (2010).

In het huidige landgebruik voor de melkveehouderij zijn graslanden essentieel voor de ruwvoerwinning. Dat heeft in de loop der tijd geleid tot een intensief gebruik met, zeker in de Friese veen- en kleiweiden, een relatief grote drooglegging, een sterke bemesting (>250 kg N/ha/jr) en een intensief maai- en weideregime. Daarnaast is sprake van periodieke graslandvernieuwing (vooral inzaaien) en toenemende mate van teelt van mais op voorheen permante graslanden. De daarvoor benodigde bodembewerking heeft grote invloed op het bodemecosysteem, door mechanische en fysische schade en predatie na grondbewerking (o.a. van Eekeren *et al.* 2010, Wardle 1995), met doorwerkende effecten op de bodemfauna.

In feite wordt met grondbewerking als ploegen en inzaaien het bodemecosysteem teruggebracht in een pioniersfase (o.a. Coulibaly *et al.* 2022) en is weer een lange ontwikkeltijd nodig voor herstel van bodemstructuur en bodem. Verschillende studies (genoemd in review van Eekeren *et al.* 2010, ook van Eekeren *et al.* 2022) laten zien, dat herstel van het bodemecosysteem na grondbewerking jaren kan duren (5-10 jaar of langer). Bodemrust – en daarmee blijvend grasland – is in die zin van groot belang voor de ontwikkeling van de bodemstructuur en het bodemecosysteem (o.a. van Eekeren *et al.* 2008, Postma-Blauw *et al.* 2010, Murray *et al.* 2012, Cassani *et al.* 2021, van Eekeren *et al.* 2022).

Bodemrust in beeld

Zoals in de aanpak in hoofdstuk 2.2 is uitgelegd kunnen met remote sensing technieken pixels met kale (= zwarte) grond worden onderscheiden van niet kale grond. Daarmee kan grondbewerking als ploegen en eggen in kaart worden gebracht voor de jaren waarin voldoende data beschikbaar zijn (grotendeels 1985-2020; zie hoofdstuk 2.2. en Wymenga & Bekkema 2021). Naast perceelsdekkende grondbewerking voor graslandvernieuwing, herinrichting (vooral in het kader van ruilverkavelingen en landinrichtingen in de jaren '80 en '90) en akkerbouw kunnen er ook andere redenen zijn voor het ontstaan van zwarte, kale grond op percelen. Daardoor kan het beeld wat vertroebeld raken, en betekent dat bij de interpretatie voorzichtigheid geboden is.

Gebeurtenissen waardoor op percelen zwarte grond kan ontstaan, zonder dat sprake is van perceelsdekkende grondbewerking, zijn bijvoorbeeld het deponeren van bagger op de perceelsranden. Daardoor kan lange tijd een brede rand kaal zijn, ook als de baggerspecie is verwijderd. Hetzelfde geldt voor het verspreiden van hekkelspecie. De ruimtelijke resolutie van de methodiek speelt daarbij ook een rol, omdat voor Landsat data de pixelgrootte 30x 30 is. Een andere belangrijke reden voor kale grond kunnen lokaal excessieve muizenplagen zijn, waardoor in het najaar hele percelen kaal kunnen worden. Dat was onder meer het geval in 2005, 2015 en 2019-2020 (Wymenga *et al.* 2021). Tenslotte geldt, dat waterstagnatie op het maaiveld voor kale, zwarte grond kan zorgen. Dit speelt vooral in natuurgebieden waar boezemlanden en zomerpolders geregeld onder water staan. Ook elders kan langdurige waterstagnatie, bijvoorbeeld in plas-dras percelen voor weidevogels voor kale grond zorgen, meestal niet perceelsdekkend maar soms over een wat grotere oppervlakte. In natuurgebieden kan ook geplagd zijn als maatregelen om de voedselrijke bovenlaag te verwijderen. In de meest natuurgebieden evenwel is grondbewerking niet aan de orde, en bij detectie van kale grond gaat het in de lagere delen vrijwel altijd om waterstagnatie.

De bovengenoemde 'ruis' kan niet met satellietdata worden uitgefilterd. Dat betekent dat in de interpretatie daar rekening mee gehouden moet worden. Aangezien landbewerking voor inzaai van graslanden of teelt van gewassen (incl. mais) perceelsdekkend is, betekent dat wanneer perceelsdekkend kale grond is gedetecteerd, er vrijwel altijd sprake is van landbewerking.

Zoals is aangegeven in hoofdstuk 2.2 zijn jaargegevens beschikbaar voor de periode 1985-2020. Op basis daarvan geven we twee aspecten van bodemrust aan: I. de frequentie (aantal keren op jaarbasis in de genoemde periode) waarmee kale grond is gedetecteerd, ofwel grondbewerking heeft plaatsgevonden, en II. het laatste jaar waarin kale grond is gedetecteerd, ofwel grondbewerking heeft plaatsgevonden. Het laatste kaartbeeld toont derhalve de 'leeftijd' van grasland. Voor percelen waarop geen kale grond is gedetecteerd, en dus geen grondbewerking zou hebben plaatsgevonden, is voorzichtigheid op zijn plaats: de kans dat grondbewerking is gemist in een bepaald jaar is klein, maar niet uitgesloten, zeker in de beginperiode met relatief weinig satellietbeelden (hoofdstuk 3). Gezien de betrouwbaarheid van de kale-grond detectie (zie hierna) gaan we er vanuit dat op het merendeel van deze percelen inderdaad geen grondbewerking heeft plaatsgevonden.

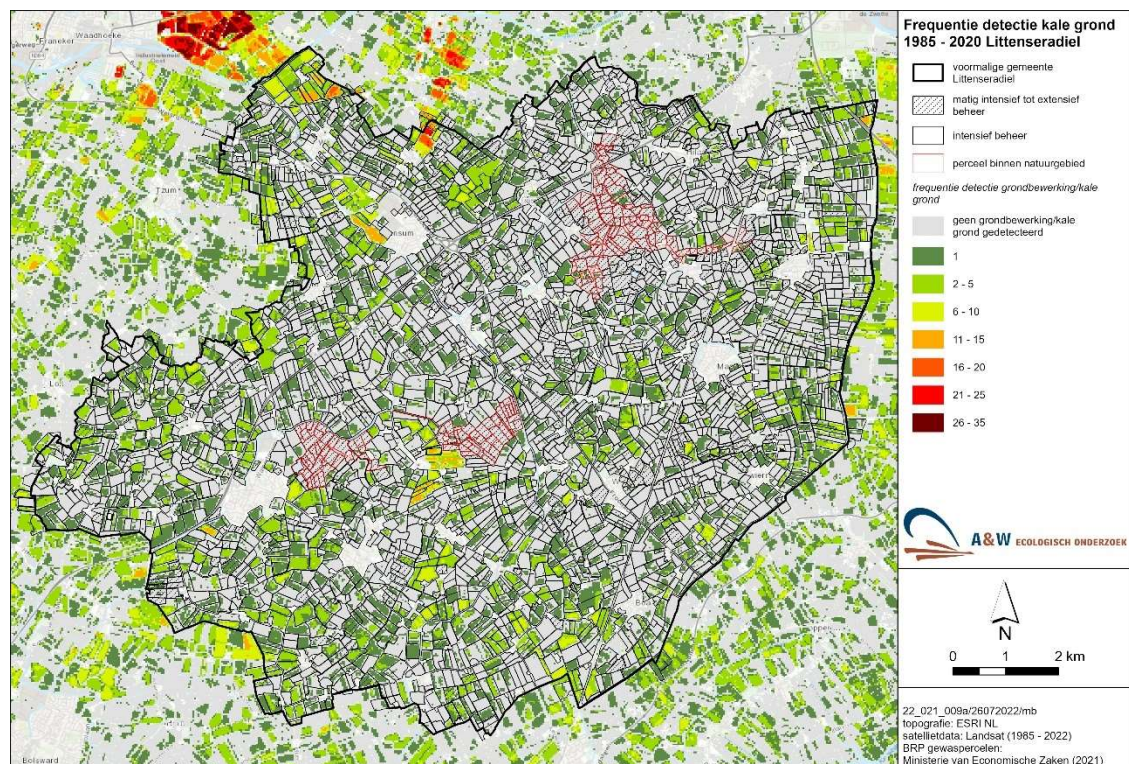
4.2 Presentatie van de kaarten

De kaarten met de frequentie en het laatste jaar van kale grond detectie/grondbewerking zijn opgenomen in de figuren 4.2-4.5. Hoewel de analyse voor het grootste deel van de provincie is gemaakt, zijn hier de kaarten gepresenteerd van het veenweidegebied Aldeboarn – De Deelen en het kleiweidegebied van de voormalige gemeente Littenseradiel, waaronder voormalig Baarderdeel. Beide gebieden zijn onderdeel van de aanvraag voor de Erfgoed Deal, waar in dit onderzoek de nadruk op ligt.

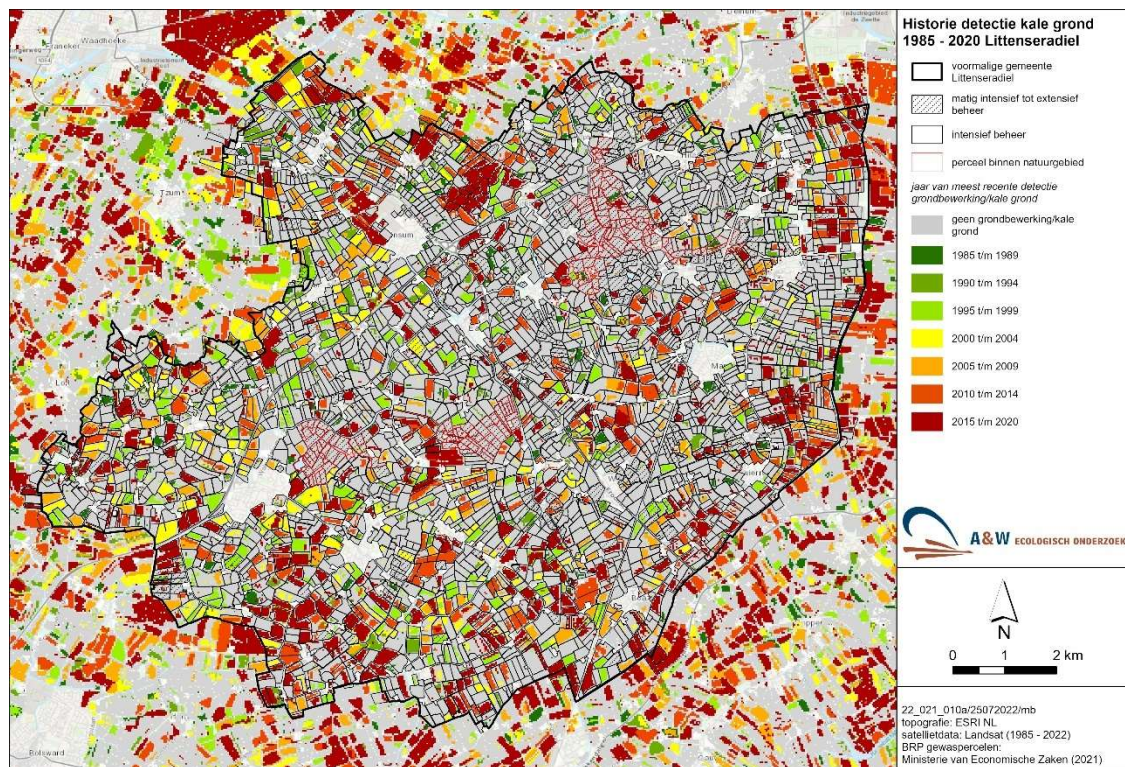
Op de kaarten met de frequentie van kale grond detectie/grondbewerking is voor de leesbaarheid een indeling aangehouden in zeven klassen. Op de kaarten met het laatste jaar van kale grond detectie/grondbewerking is dat voor vijfjaarlijkse perioden aangegeven om de kaart overzichtelijk te houden (de gegevens zijn wel per jaar beschikbaar). Alle percelen die in natuurgebieden liggen en als grasland zijn opgenomen in de basisregistratiekaart, zijn in rood omcirkeld.

Littenseradiel, waaronder voormalig Baarderdeel – figuur 4.2 en 4.3

Het grondgebied van de voormalige gemeente Littenseradiel, waaronder het grondgebied van Baarderdeel bestaat vrijwel geheel uit grasland. Bouwland komt vooral op de klei voor ten noorden van het gebied, zoals ook blijkt uit figuur 4.2 (hoge frequentie: bouwland). Over het algemeen is sprake van een lage frequentie van detectie van kale grond/grondbewerking, meestal 1 keer in de beschouwde periode of in het geheel niet. In natuurgebieden is helemaal geen sprake van grondbewerking. Ten westen van de N359 (Leeuwarden – Winsum), in het voormalige Middelzee gebied (ostrand) en aan de zuidkant van het gebied is wat vaker sprake van grondbewerking. Lokaal gaat het om maisland, zoals in het Middelzee-gebied, bij Hinnaard en in het noorden tegen het van Harinxmakanaal. Lokaal kan een hoger frequentie ook op bouwland duiden.



Figuur 4.2. Frequentie (aantal jaren) van detectie van kale grond/grondbewerking in de periode 1985-2020 in het grondgebied van de voormalige gemeente Littenseradiel. Voor een uitgebreide toelichting zie de tekst.



Figuur 4.3. Periode van meest recente detectie van kale grond/grondbewerking in de periode 1985-2020 in het grondgebied van de voormalige gemeente Littenseradiel. Voor een uitgebreide toelichting zie de tekst.

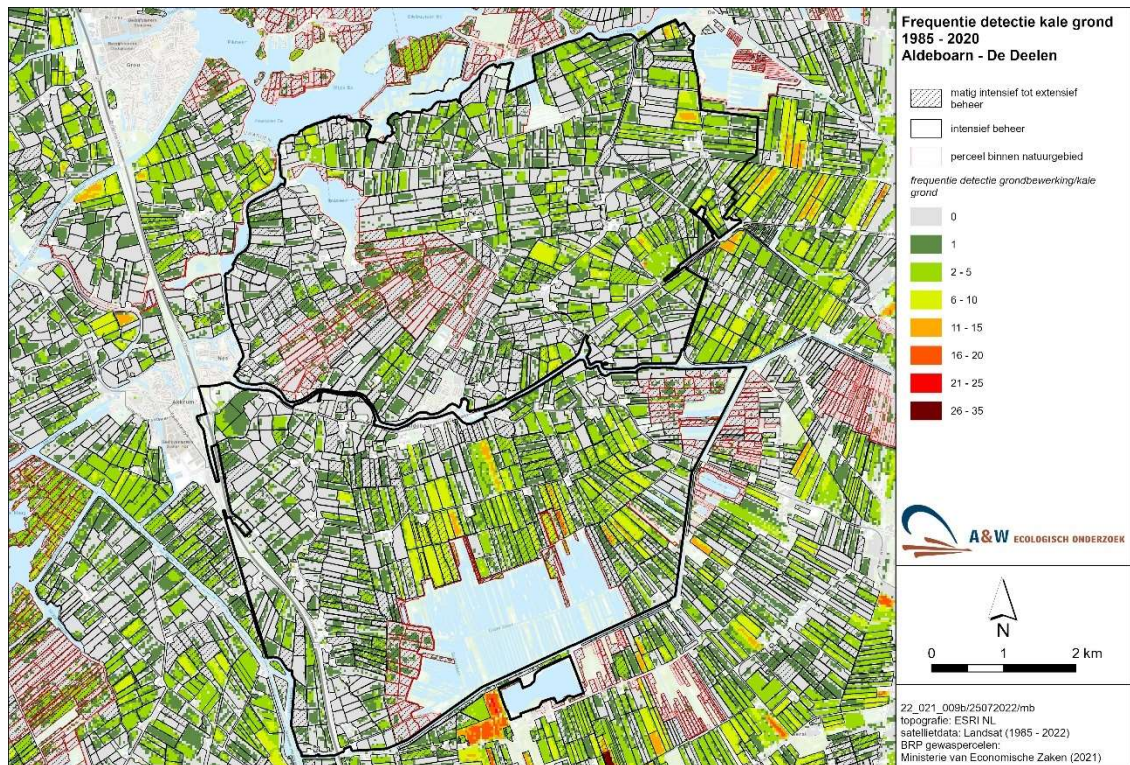
Uit de analyse van de meest recente jaar van kale grond/grondbewerking in Littenseradiel blijkt (figuur 4.3), dat de locaties waar de meeste grondbewerking is gedetecteerd relatief van recente datum zijn, zoals westelijk van de N359, in het voormalige Middelzee gebied (ostrand) en aan de zuidkant van het gebied. Dit wijst op vooral maisteelt (vanwege frequentie), en graslandvernieuwing omdat aan de ostrand in 2019/2020 en 2014-15 ook uitgebreide muizenschade is geweest. Elders, vooral de gebiedsdelen met weinig grondbewerking, dateert de grondbewerking van tien jaar of meer terug.

In hoofdstuk 2 is al aangegeven, dat in het oostelijk deel van Littenseradiel geen overlap in de Landsat-data zit, waardoor aan die kant minder beelden zijn en grond/grondbewerking kan zijn gemist. Dat is echter niet het beeld dat uit de kaarten komt, omdat aan de oostkant (Middelzee) juist relatief veel grondbewerking is geconstateerd, maar mogelijk wordt het aan die kant nog onderschat.

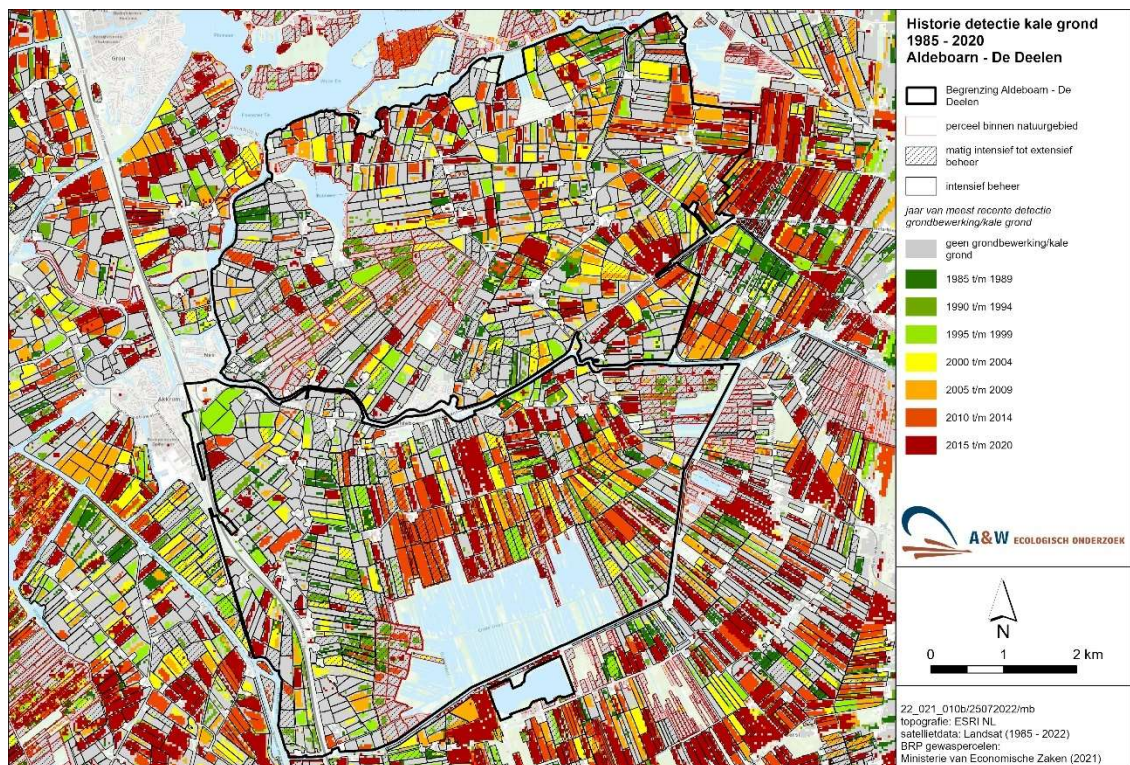
ADD – figuur 4.4 en 4.5

ADD is een veenweidegebied, met langs de stroomdraad van de Boarn kleigronden, vooral aan de westkant, en elders dikke veenpakketten. Evenals Littenseradiel bestaat het landgebruik in het gebied vrijwel geheel uit grasland voor de melkveehouderij.

In het gebied is blijkens figuur 4.4 aanmerkelijk meer grondbewerking uitgevoerd dan in Littenseradiel, vooral aan de noordoostkant van het gebied (ten zuiden van de Kraanlannen) en in het gebied ten noorden en noordoosten van De Deelen. Veel percelen zijn hier 2-5 keer bewerkt, en gezien het perceelsdekkende karakter lijkt van een artefact geen sprake. Bij percelen die 6-10 keer of meer zijn bewerkt is in veel gevallen sprake (geweest) van maisteelt; bouwland



Figuur 4.4. Frequentie (aantal jaren) van detectie van kale grond/grondbewerking in de periode 1985-2020 in het 2020 in het gebied van ADD. Voor een uitgebreide toelichting zie de tekst.



Figuur 4.5. Periode van meest recente detectie van kale grond/grondbewerking in de periode 1985-2020 in het gebied van ADD. Voor een uitgebreide toelichting zie de tekst.

komt in ADD niet voor. Maisteelt komt vooral voor in de zone ten noorden van De Deelen, zowel ten noorden als zuiden van de Fjurlânswai. Op de locaties waar de frequentie van grondbewerking relatief hoog ligt, is die meestal ook van een recente periode (figuur 4.5).

In grote delen van het gebied is de frequentie van detectie van kale grond/grondbewerking laag, zoals aan de oostkant rond de Van Sminiawei (veel kleigrond) en in het noordwestelijke deel, in het gebied van de Soarremoarre. Hier ligt veel grond onder particulier natuurbeheer met weidevogelbeheer als doel. Het kan zijn dat een deel van de grondbewerking hier al heeft plaatsgevonden vóór de overstap op particulier natuurbeheer, getuige de periode van laatste grondbewerking (figuur 4.5). In natuurgebieden is over het algemeen geen sprake van grondbewerking, maar toch zien we hier aan de westkant van De Deelen en in de Lytse Deelen pixels die duiden op eenmalige detectie van kale grond/grondbewerking. Dat kan te maken hebben met langdurig water op het land (plas-dras), waardoor tijdelijk (nagenoeg) kale grond is ontstaan, maar ook met muizenschade (2020) of excessieve ganzenvraat.

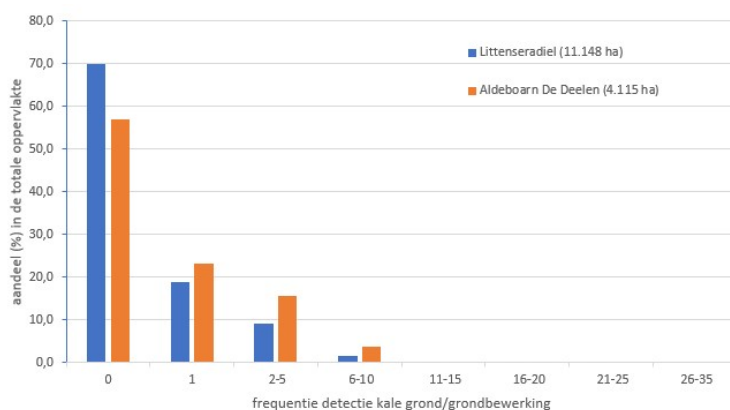
Gebruik van de kaarten : beperkingen en betrouwbaarheid

De kaarten geven voor het veenweidegebied ADD en het kleiweidegebied Littenseradiel op gebiedsniveau inzicht in de mate waarin in de afgelopen periode grondbewerking heeft plaatsgevonden. Daarmee geven de kaarten inzicht in de belangrijke factor bodemrust.

4.3 Analyse

In figuur 4.6 is voor beide gebieden aangegeven in hoeveel jaren van de beschouwde periode van 35 jaar (1985-2020) kale grond/grondbewerking is gedetecteerd. Daarbij is de frequentie in dezelfde klassen ingedeeld als in de kaartbeelden, en per klasse is de oppervlakte uitgedrukt als het percentage van de totale oppervlakte (dus alle klassen samen is 100%). Daarmee kunnen beide gebieden onderling worden vergeleken. Het eerste dat opvalt, is dat in beide gebieden op meer dan de helft van de oppervlakte geen grondbewerking/kale grond is gedetecteerd in de periode 1985-2020. Voor Littenseradiel is dat percentage bijna 15% hoger dan ADD.

Het is niet uit te sluiten dat er op die percelen daadwerkelijk geen grondbewerking heeft plaatsgevonden. Met name in de eerste jaren van de beschouwde periode (1985-1998) was het aantal beschikbare satellietfoto's bijna tweemaal zo laag als daarna, maar toch nog altijd 10-20 op jaarbasis (figuur 3.2). Alleen voor 1996 ontbreken geschikte beelden. Ook vroegere ruilverkavelingen spelen mogelijk een rol (grondbewerking vóór 1985 – zie blz. 35-39).

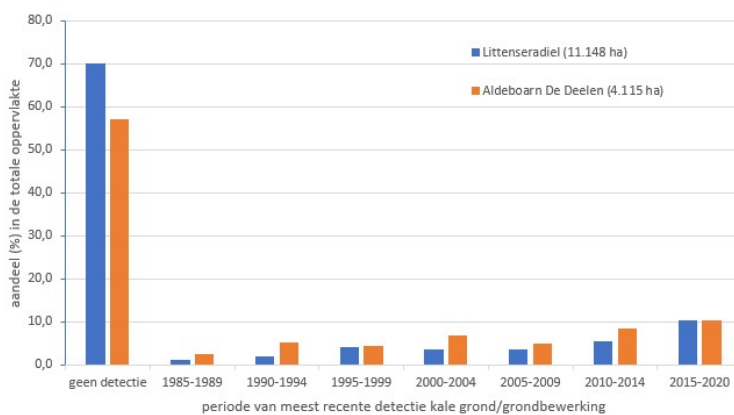


Figuur 4.6. Frequentie van detectie van kale grond/grondbewerking in de periode 1985-2020 (35 jaar) in het grondgebied van de voormalige gemeente Littenseradiel en ADD. De data zijn uitgedrukt als percentage van de totale oppervlakte. Voor uitleg van de methodiek, zie de tekst.

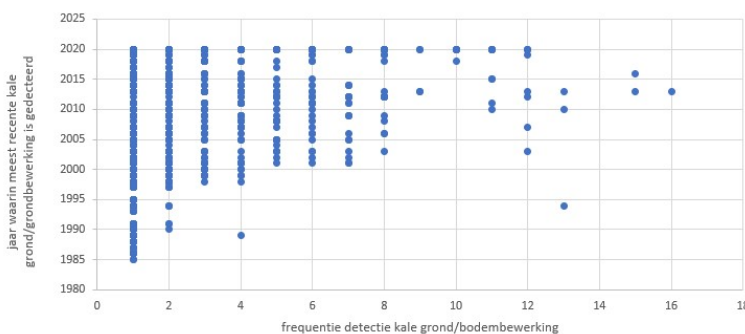
In de jaren negentig startte ook de uitvoering van zowel de ruilverkaveling Baarderadeel als de landinrichting Swette–De Burd (in ADD; c. halverwege de jaren negentig), maar in Littenseradiel zijn veel ruilverkavelingswerken al van oudere datum. Figuur 4.7 geeft aan dat de oppervlakte kale grond/grondbewerking in die periode (1985-1989, 1990-1994, 1995-1999) vergelijkbaar maar iets lager ligt dan daarna. Het kan daarom zijn dat enige grondbewerking is gemist (vooral in de jaren 1992-1993 vanwege ontbreken voldoende goede beelden). Naar verwachting is dat zeer beperkt en speelt dit vooral in de beginperiode. Na 1998 is het aantal gebruikte satellietbeelden op jaarbasis namelijk veel hoger (40-70; m.u.v. 2012 met 18), en de kans op detectie daarmee ook veel hoger (vgl. figuur 3.2). Bovendien kwam maisteelt pas in de tweede helft van de jaren '90 opzetten, wat ook mede kan verklaren dat daarna meer grondbewerking is gedetecteerd.

De frequentieverdeling en verdeling over de jaren is voor Littenseradiel en ADD grotendeels vergelijkbaar, al ligt het aandeel grondbewerking in ADD wel steeds hoger. Buiten de categorie waar geen kale grond is gedetecteerd, heeft op het merendeel van de graslanden eenmaal (c. 20% van de oppervlakte) tot 2-5 maal (10-15%) grondbewerking plaatsgevonden. Op veel van de percelen met een frequentie van 6-10 keer is maisteelt aan de orde. Bouwland komt binnen de gebieden nauwelijks voor; bouwland op de klei (bv. ten noorden van Littenseradiel) valt in hoogste frequentie-klassen (rood-oranje deel aan de bovenkant van figuur 4.2).

In figuur 4.8 is het jaar van meest recente detectie uitgezet tegen de frequentie, voor alle percelen in beide gebieden samen. Daaruit blijkt, dat frequente bodembewerking vooral van na 2000 is. De opkomst van de maisteelt speelt daarin een rol. Weinig frequente bodembewerking (1-2 in de periode 1985-2020) komt over de hele periode voor en heeft vrijwel zeker betrekking op graslandvernieuwing. Frequente bodembewerking is van recentere datum; voor een klein deel speelt daarin de verminderde beschikbaarheid van satellietbeelden een rol.



Figuur 4.7. Periode van meest recente detectie van kale grond/grondbewerking in de periode 1985-2020 (35 jaar) in het grondgebied van de voormalige gemeente Littenseradiel en ADD. De data zijn uitgedrukt als percentage van de totale oppervlakte. Voor uitleg van de methodiek, zie de tekst



Figuur 4.8. Jaar van meest recente detectie van kale grond/grondbewerking uitgezet tegen de frequentie voor percelen in beide gebieden samen. Elke stip is een perceel. Percelen met geen detectie zijn niet meegenomen.



Graslanden aan de oostkant van De Deelen, mei 2021. Foto A&W.

5 Graslandgebruik

In dit hoofdstuk presenteren we de kaarten met de intensiteit van het graslandgebruik, op basis van een analyse van satellietbeelden. Daarbij zijn de graslanden, al naar gelang de lichtreflectie van het gewas (graslandvegetatie) ingedeeld in enkele categorieën. We lichten toe hoe die samenhangen met de intensiteit van het graslandgebruik. Daarnaast laten we zien hoe deze typen graslanden samenhangen met de status van de percelen (gangbaar agrarisch gebruik, agrarisch natuurbeheer, natuurgebied). Ook gaan we in op de relaties met bodemrust en andere relevante factoren.

5.1 Intensief en extensief gebruikte graslanden

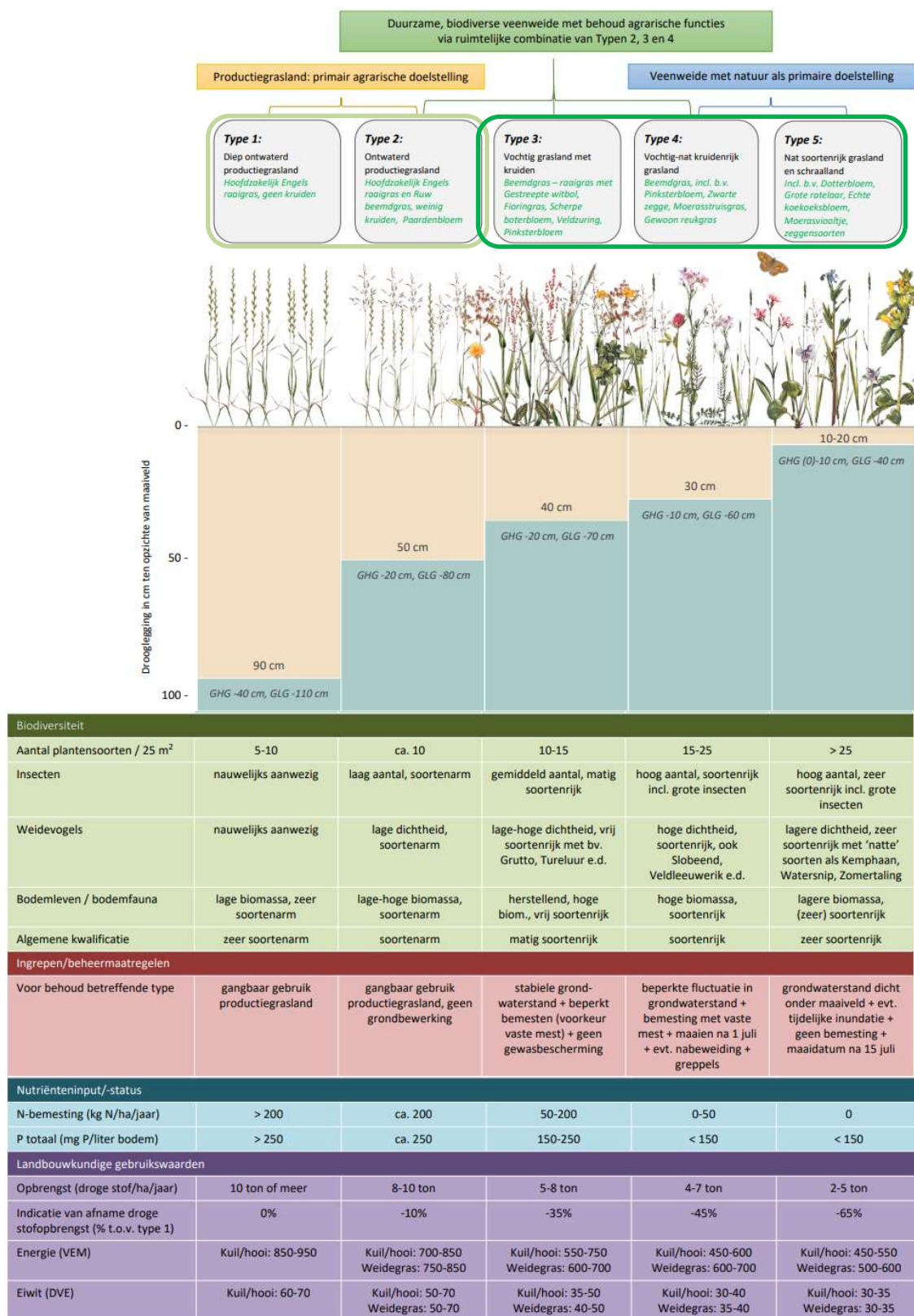
Indeling in intensiteit van het graslandgebruik

De samenstelling van het gewas – de graslandvegetatie – wordt bepaald door een aantal factoren. Naast bodem en waterhuishouding (drooglegging) zijn dat de mate van bemesting, graslandvernieuwing (grondbewerking in combinatie met inzaai van nieuwe grasmata), de maaifrequentie en de mate van beweiding. Van al die factoren zijn bemesting en ontwatering verreweg de belangrijkste (o.a. Korevaar 1986, van Strien *et al.* 1988, Altenburg & Wymenga 1991). Bij een hoge bemesting en landbouwkundige optimale ontstaan hoog-productie raaigrasweiden, waarbij de graslandvegetatie bestaat uit vooral Engels raaigras, Ruw beemdgras en enkele andere soorten. Bij een extensiever gebruik – lees: lagere bemesting, hogere waterpeilen, latere en lagere maa- en beweidingenfrequentie – gaan andere grassoorten domineren, en neem het aantal soorten kruiden toe (o.a. Mettrop *et al.* 2021; figuur 5.1). In hoofdstuk 7.3 wordt hier uitgebreid op ingegaan.

De remote sensing methodiek die we hebben toegepast meet de lichtreflectie van het gewas, en *niet* de intensiteit van het graslandgebruik (zie hoofdstuk 2.1). Echter, uit onderzoek is bekend, dat de verschillen in lichtreflectie in hoge mate samenhangen met bemesting en eiwitrijkdom van de grasmata (o.a. Bekkema 2017). Sterk bemeste, doorgaans intensief gebruikte (lees: frequent gemaaid en/of beweide, ontwaterd) graslanden zijn daarmee te onderscheiden van minder intensief dan wel extensiever gebruikte graslanden.

Er is geen scherpe definitie van intensief of extensief gebruikt grasland; doorgaans wordt met intensief gebruikt grasland hoog-productief raaigrasland bedoeld, dat over het algemeen een bemesting krijgt van >200 kg N/ha/jaar en meerdere gewassneden per jaar produceert. De grasmata wordt gedomineerd door Engels raaigras en daarnaast vooral Ruw beemdgras. Vandaar dat deze graslanden vaak raaigras- of beemdgras-raaigrasgraslanden worden genoemd (zie verder hoofdstuk 7.3). Met extensief grasland wordt vaak kruidenrijk grasland bedoeld, dat aanmerkelijk minder wordt bemest (<<150 kg N/ha/jaar) en 2-3 sneden per jaar kent (figuur 5.1). Het gangbare agrarisch gebruik kent een brede range aan gebruik, maar het merendeel van de graslanden in Friesland wordt gebruikt als bedoeld onder intensief gebruikte graslanden. Dat past bij het doel van de gangbare melkveehouderij om eiwitrijk ruwvoer te produceren.

De intensiteit van het landgebruik – mate van ontwatering, bemesting, frequentie van maaien, beweiden, mate van graslandvernieuwing – varieert van bedrijf tot bedrijf en ook binnen bedrijven van perceel tot perceel. Er is zoals gezegd geen scherpe, absolute grens tussen intensief en minder intensief gebruikte percelen. Er is een gradueel verschil tussen percelen, maar ook tussen jaren van hetzelfde perceel, door bijvoorbeeld verschraving of graslandvernieuwing.



Figuur 5.1. Indeling in graslandtypen in veenweiden in Friesland tbv. een stappenschema voor de ontwikkeling van kruidenrijke graslanden. Bron Mettrop et al. (2021). Dit is een deel van het stappenschema, bedoeld om te laten zien hoe biodiversiteit, gebruik, bemesting en landbouwkundige gebruikswaarde per type verschillen. De lichtgroen omkaderde typen komen overeen met de groep intensief gebruikte graslanden zoals die in dit onderzoek zijn geclassificeerd, en de donkergroen omkaderde typen met de groep matig intensief tot extensief gebruikte graslanden.

Indeling

De gebruikte methodiek maakt op pixelniveau onderscheid in twee typen, nl. graslanden met een reflectie die duidt op een hoge stikstofgehalte - in de praktijk de sterk bemeste beemdgras-raaigrasweiden - en daarnaast graslanden met een reflectie die duiden op een lager stikstofgehalte, in de praktijk minder bemeste, vaak kruidenrijke graslanden. Uit ons vegetatie-onderzoek (Wymenga & Bekkema 2021, hoofdstuk 7.3) blijkt dat de grens tussen beide typen ligt bij een bedekking van >80% aan grassen die thuishoren in sterk bemeste graslanden, nl. vooral Engels raaigras en Ruw beemdgras (hoofdstuk 7.3.).

De grote meerderheid van de percelen is daarmee goed te karakteriseren. Op een deel van de percelen komen evenwel pixels met beide classificaties voor; meestal zijn dit percelen die zich qua bemesting en gebruik tussen beide typen bevinden maar het kan ook gaan om misclassificaties (bv. bij vroege beweiding, zie Wymenga & Bekkema [2021] voor een uitgebreide beschouwing). In de eindclassificatie naar perceel is uitgegaan van de meerderheid van pixels. Om de resultaten van de remote sensing niet op één jaar te laten rusten, zijn de analyses voor dit onderzoek voor drie jaren (2018, 2019, 2020) uitgevoerd (zie hoofdstuk 2.1). Bij verschillen tussen jaren is in dat geval op de gepresenteerde kaart de classificatie aangehouden die het meest voorkwam (dus tweemaal). Wel is daarbij rekening gehouden met enige onzekerheid, en zijn percelen als *waarschijnlijk* intensief of extensief getypeerd. Aldus komen we daarbij tot de volgende, vereenvoudigde indeling:

- I. Intensief gebruikte graslanden
- II. Waarschijnlijk intensief gebruikte graslanden
- III. Matig intensief tot extensief gebruikte graslanden
- IV. Waarschijnlijk matig intensief tot extensief gebruikte graslanden
- V. Mais of akkerland
- VI. Overige percelen (vooral percelen <1 ha)

Intensief gebruikte graslanden

Dit zijn graslanden die over het algemeen sterk bemest worden, d.w.z.. met een bemesting van >200 kg N/ha/jaar. Het betreft vooral productiegraslanden voor de melkveehouderij. De grasmat bestaat grotendeels uit Engels raaigras en Ruw beemdgras, en kruiden en grassen van minder voedselrijke omstandigheden komen nauwelijks voor. Ze komen overeen met de typen 1 en 2 in het schema in figuur 5.1. Alleen in uitzonderingsgevallen komen in deze groep ook graslanden van type 3 voor (zie hoofdstuk 7.3).

Extensief gebruikte graslanden

Dit zijn graslanden die over het algemeen minder of veel minder bemest worden, d.w.z.. met een bemesting van <150 kg N/ha/jaar. Het betreft hier een brede range aan graslanden, waaronder deels graslanden met nog een tamelijk intensief gebruik maar waar de bemesting wat lager is, en soms ook al kruiden komen, bv. langs de greppels. Daarnaast horen hier graslanden bij die al langere tijd extensief worden gebruikt en ook graslanden in natuurgebieden. Ze komen overeen met de typen 3-5 in het schema in figuur 5.1. Alleen in natuurgebieden zijn graslanden van type 5 te vinden (zie hoofdstuk 7.3), en zelfs daar zijn lang niet alle graslanden te rekenen tot de goed ontwikkelde soortenrijke graslanden. Dat heeft te maken met ontwikkelingstijd maar ook met factoren als lokale waterhuishouding en voormalig landgebruik op die percelen.

Mais of akkerland

Een deel van de percelen is als akkerland in gebruik of wordt gebruikt voor het telen van mais. Het gebruik als akkerland is over het algemeen vrij stabiel, het gebruik voor mais kan van jaar op jaar wisselen, en in sommige jaren meer dan andere zijn.

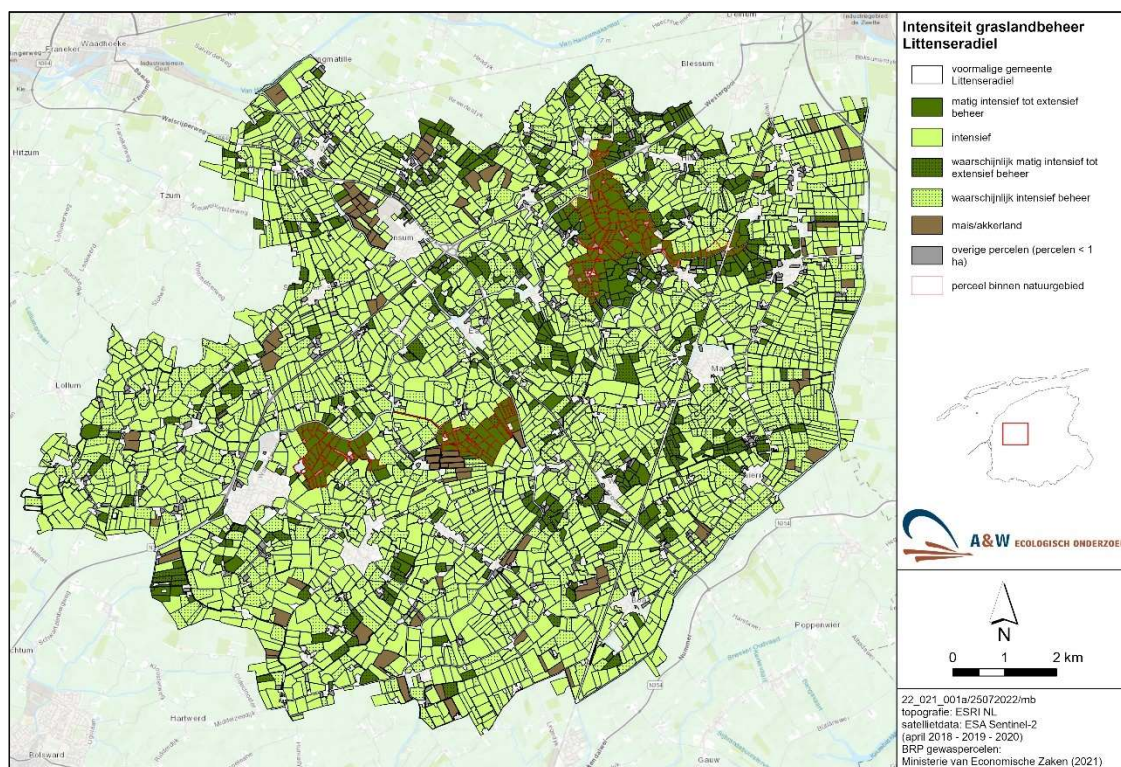
5.2 Presentatie van de kaarten

De kaarten met de intensiteit van het graslandgebruik zijn opgenomen in de figuren 5.2 en 5.3. Hoewel de analyse voor het grootste deel van de provincie is gemaakt, zijn hier de kaarten gepresenteerd van het veenweidegebied Aldeboarn – De Deelen en het kleiweidegebied van de voormalige gemeente Littenseradiel, waaronder Baarderdeel. Beide gebieden zijn onderdeel van de aanvraag voor de Erfgoed Deal, waar in dit onderzoek de nadruk op ligt.

Op de kaarten is van alle percelen groter van 1 ha aangegeven hoe het gewas op basis van de classificatie door de Sentinel satellieten wordt ingeschaald. Dat is gebaseerd op gegevens van de jaren 2018, 2019 en 2020. Alle percelen die in natuurgebieden liggen en als grasland zijn opgenomen in de basisregistratiekaart, zijn in rood omcirkeld.

Littenseradiel, waaronder Baarderadeel – figuur 5.2

Het grondgebied van de voormalige gemeente Littenseradiel, waaronder het grondgebied van Baarderdeel (oostelijk deel van Littenseradiel) is onderdeel van het westelijke kleiweidegebied. Het bestaat vrijwel geheel uit grasland voor de melkveehouderij. Op de kaart is te zien dat het areaal akkerland op de schaal van het totale gebied zeer gering is; lokaal ligt een cluster rond Winsum en in het zuidelijke deel boven Sneek komen verspreid percelen voor. In de meeste gevallen heeft dat betrekking op maisteelt. Ook de akkerlandpercelen aan de oostkant, in het voormalige gebied van de Middelzee, worden voor maisteelt gebruikt en de percelen bij Hinnaard (aan de zuidwestkant van Skrips).



Figuur 5.2. Intensiteit van het graslandgebruik in de periode 2018-2020 in het grondgebied van de voormalige gemeente Littenseradiel, zoals afgeleid van een remote sensing analyse. Voor een uitgebreide toelichting zie de tekst.

Matig intensief tot extensief grasland komt verspreid over het gebied voor met grote eenheden in de natuurreervaten van Natuurmonumenten, Skrok en Skrins en de Lionserpolder. Binnen de natuurgebieden komen geen intensief gebruikte graslanden voor. Zeer soortenrijke, goed ontwikkelde graslanden komen in de natuurgebieden op kleine schaal voor in de vorm van kamgrasweiden met soms veel Kamgras, Grote ratelaar en Veldgerst, en bij de greppels en in lage delen Moeraszoutgras, Zilte rus, (zeldzaam) en Muizestaartje (Ybema 2020, 2021).

Aansluitend aan de Lionserpolder, met name langs de Jorwerter Feart aan de kant van Jorwert en Bears, en in de Sudhoeke bij Wommels zijn ook meerdere percelen met extensief gebruik te vinden. In veel gevallen is in dergelijke situaties op die percelen al langere tijd sprake van agrarisch natuurbeheer, en liggen er zwaardere beheerpakketten. Dat is bijvoorbeeld het geval bij Blessum (Hilaarder Feart), de Jorwerter Feart, bij Wiuwert, de Easterein en het gruttoland ten noorden van Burgwerd. Op kleine schaal komen echter ook matig intensief tot extensief gebruikte percelen voor zonder dat er sprake is van een daarop gericht beheer. Dat kan gaan om lage terreindelen, land op afstand (veldkavels) of omdat er minder intensief wordt geboerd.

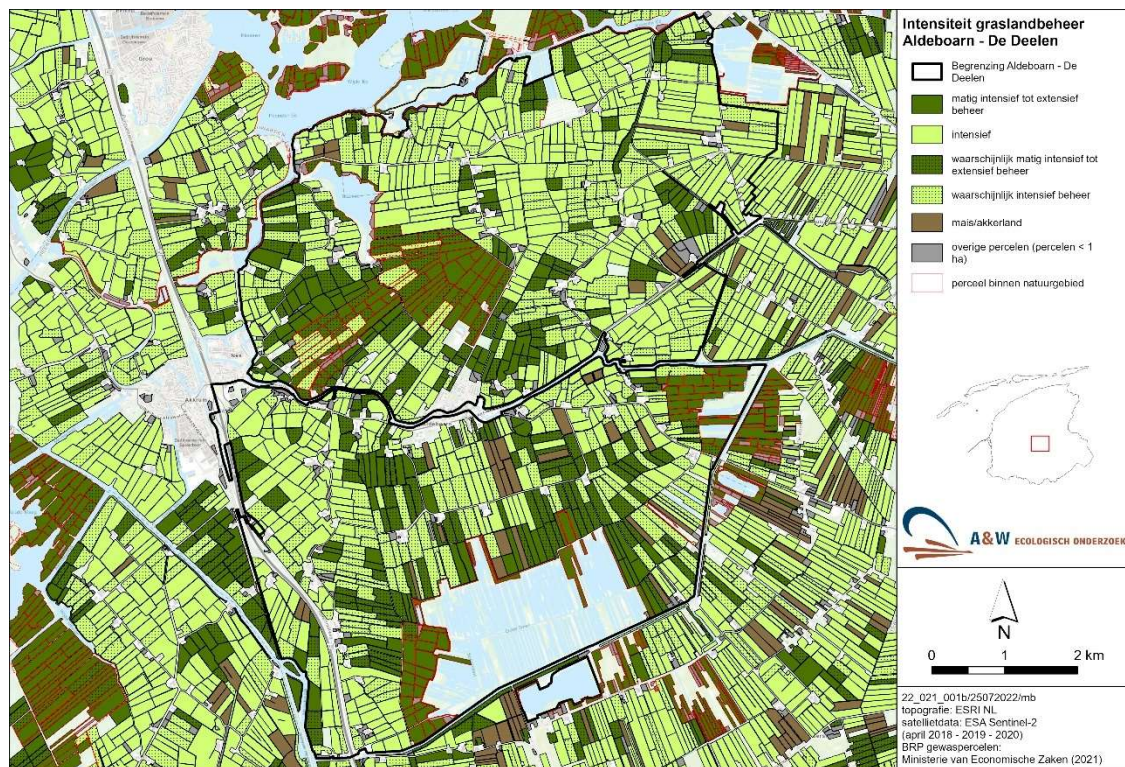
ADD – figuur 5.3

Evenals Littenseradiel bestaat het veenweidegebied ADD vrijwel geheel uit grasland voor de melkveehouderij. In het zuiden ligt echter het Natura 2000-gebied De Deelen, dat een grote oppervlakte in beslag neemt, zeker met inbegrip van de andere natuurgebieden langs de Heafeart (Lytse Deelen). Ook vergelijkbaar met het kleiweidegebied is dat de oppervlakte akkerland op de schaal van het totale gebied zeer gering is. Het betreft vrijwel allemaal percelen die gebruikt worden voor maisteelt.

Het merendeel van de graslanden is op basis van de analyse geclassificeerd als intensief of waarschijnlijk intensief gebruikt grasland. Die laatste categorie is qua oppervlakte nogal groot, zeker in verhouding tot het kleiweidegebied. Dat wijst er op dat het gebruik in dit veenweidegebied minder intensief is dan in het kleiweidegebied van Littenseradiel, vooral in termen van bemesting. Grotere arealen intensief gebruikt grasland komen voor onder Nes en Akkrum (grotendeels zware kleigrond), en in het noorden waar in het kader van de landinrichting Swette – De Burd (gestart in 1993) een voor de landbouw efficiënte waterhuishouding, verkaveling en structuur is ontstaan.

Matig intensief tot extensief grasland komt met grote eenheden in gebied voor, vooral in de randzone van De Deelen, de Lytse Deelen en in het gebied van de Soarremoarre. Deels gaat het om natuurgebied van Staatsbosbeheer (west- en oostkant van De Deelen), deels om in het kader van de relatienota aangewezen beheergebied (polder Henswoude) en deels om gronden die al langere tijd onder particulier natuurbeheer vallen. Dat laatste geldt voor de gronden ten zuiden van polder Henswoude (ten zuiden van de Botmar), waar verschillende boeren al jarenlang succesvol aan weidevogelbeheer werken. Hier zijn ook nog een aantal percelen als 'waarschijnlijk intensief' geclassificeerd; dat kan te maken hebben met vroege beweiding van huiskavels. Ook de gronden ten westen van de Lytse Deelen (ten zuiden van de Nijfeart) vallen onder particulier natuurbeheer. Ze zijn in beheer bij een biologisch melkveehouderijbedrijf, en de laatste jaren loopt op de gronden een proef met Valuta voor Veen (*carbon credits*: reduceren van de CO₂ uitstoot door een verhoogd waterpeil).

Aansluitend op bovengenoemde matig intensief tot extensief gebruikte percelen zijn dergelijke graslanden ook elders aan te treffen, ook in wat grotere oppervlakten. Dat geldt bijvoorbeeld in de zone ten noorden van De Deelen, ten zuiden van Aldeboarn (biologisch melkveehouderij) en op andere plaatsen (zie figuur 5.3). Evenals in Littenseradiel is in veel gevallen in dergelijke situaties op die percelen al langere tijd sprake van agrarisch natuurbeheer, en liggen er



Figuur 5.3. Intensiteit van het graslandgebruik in de periode 2018-2020 in het grondgebied van het veenweidegebied ADD, zoals afgeleid van een remote sensing analyse. Voor een uitgebreide toelichting zie de tekst.

zwaardere beheerpakketten. Niet altijd is dat echter zo. Op enkele plaatsen komen zeer soortenrijke graslanden (type 5 in figuur 5.1) voor in de natuurgebieden: blauwgraslandpercelen in het ûnlân fan Jelsma en in de Deelen. Het gaat maar om kleine oppervlakten maar wel met een zeer hoge biodiversiteit. Ze zijn in figuur 5.3. niet aangegeven, omdat de percelen vaak kleiner dan 1 ha zijn.

Gebruik van de kaarten : beperkingen en betrouwbaarheid

De gekozen indeling leidt visueel tot een tweedeling in graslandtypen. Het is nogmaals belangrijk zich te realiseren dat het werkelijke graslandgebruik gradueel is (zie hiervoor). Aangezien het landgebruik op bedrijfsniveau meestal vrij stabiel is, laat de indeling de patronen uitstekend zien. De aangegeven intensiteit van graslandgebruik is gebaseerd op 2018 t/m 2020. Het kan dus zo zijn dat er in 2021 of 2022 een perceel dat voorheen extensief was, is omgeploegd en opnieuw ingezaaid en nu intensief. In de praktijk gebeurt dat ook. Dat maakt ook, dat de situatie in het gebied nu (anno 2022) gewijzigd kan zijn ten opzichte van de kaart. Dat zal niet gelden voor het algehele patroon maar kan wel spelen bij sommige percelen.

5.3 Analyse en toelichting

Oppervlakten landgebruik

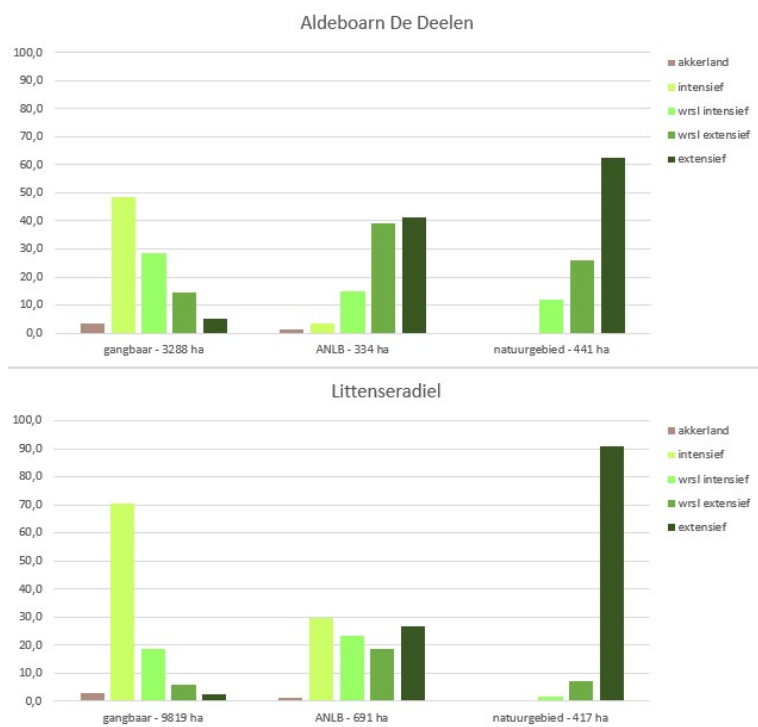
In tabel 5.1 is de oppervlakte van de verschillende typen landgebruik op basis van de remote sensing analyse gepresenteerd per gebied, waarbij deze per gebied zijn uitgesplitst voor resp. het totaal, gangbaar agrarisch gebruik (geen ANLB, geen natuurgebied), ANLB 2020 (beheerpakketten van agrariërs; legselbeheer niet meegenomen) en natuurgebied. Daaruit

Tabel 5.1. Oppervlakte (ha) van verschillende typen landgebruik voor ADD en Littenseradiel, per gebied uitgesplitst voor het totaal, gangbaar agrarisch gebruik (geen ANLB, geen natuurgebied), ANLB 2020 (beheerpakketten van agrariërs; legselbeheer niet meegenomen) en natuurgebied. Merk op dat in de totale oppervlakte alleen de percelen grasland en akkerland zijn meegenomen en geen overige terreintypen als wegen, bebouwing, bos en overige natuur.

	ADD				Littenseradiel			
	totaal	gangbaar	ANLB	natuur	totaal	gangbaar	ANLB	natuur
Akkerland/mais	111,9	107,8	4,1	0,0	284,6	275,4	9,2	0,0
Intensief	1.601,2	1.589,4	11,7	0,0	7.115,2	6.910,7	204,5	0,0
WrsI Intensief	1.035,6	933,6	50,3	51,7	1.980,4	1.811,2	162,0	7,2
WrsI extensief	726,1	481,4	130,3	114,4	736,9	576,3	130,0	30,5
extensief	588,6	175,1	138,3	275,1	809,9	245,5	185,1	379,3
Totaal	4.064,3	3.623,1	334,7	441,3	10.927,3	10.510,3	690,8	417,0

komen de patronen die hiervoor beschreven zijn per gebied duidelijk tot uiting, en nog beter wanneer deze gegevens in figuren worden getoond. In figuur 5.4 zijn de relatieve aandelen van het landgebruik (dus % van de oppervlakte) aangegeven voor resp. gangbaar agrarisch gebruik, ANLB en natuurgebied. Uit de figuur blijkt, dat conform verwachting de gangbaar gebruikte graslanden grotendeels intensief gebruikt worden. In Littenseradiel is dat beeld wat sterker dan in ADD, waar het aandeel waarschijnlijk intensief gebruik, en (waarschijnlijk) extensief gebruik hoger is bij gangbaar gebruik.

Op gronden waar boeren agrarisch natuurbeheer onder de ANLB-regeling voeren is vaak sprake van matig intensief tot extensief gebruikt grasland. Ook daar geldt dat vooral in Littenseradiel. In ADD is het aandeel (waarschijnlijk) intensief nog vrij hoog; deels kan dat betrekking hebben op



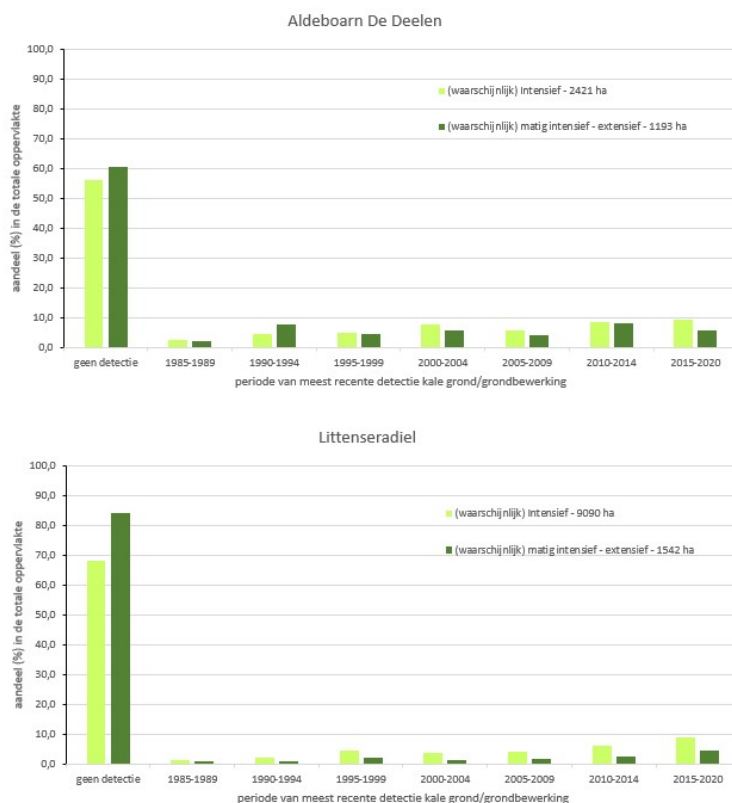
Figuur 5.4. Relatief aandeel van de verschillende typen onderscheiden landgebruik, uitgedrukt als % van de oppervlakte gangbaar agrarisch gebruik, ANLB 2020 (legselbeheer niet meegenomen) en natuurgebied (per categorie 100%). ANLB is op basis van de ligging van de pakketten in 2020.

grasland in een overgangsfase, deels ook om grasland dat nog vrij recent onder particulier natuurbeheer is gekomen (of waar vroege beweiding wordt toegepast in het weidevogelmozaïek, zoals in Soarremoarre). In natuurgebieden is vrijwel alleen sprake van extensief grasland. Andersom geredeneerd, de graslanden waarvan het gebruik als matig intensief tot extensief is geclassificeerd, vallen grotendeels onder een beheerregime of zijn onderdeel van een natuurgebied. Daarbuiten komt die categorie (extensief en waarschijnlijk extensief) relatief weinig voor. Echter, absoluut gaat het in ADD om een oppervlakte van 656 ha en in Littenseradiel om 821 ha, in beide gevallen beduidend meer dan de oppervlakte ANLB en natuurgebied.

In z'n algemeenheid valt op, dat het gebruik buiten natuurgebieden en de ANLB in het veenweidegebied ADD gemiddeld genomen minder intensief is dan in het kleiweidegebied Littenseradiel.

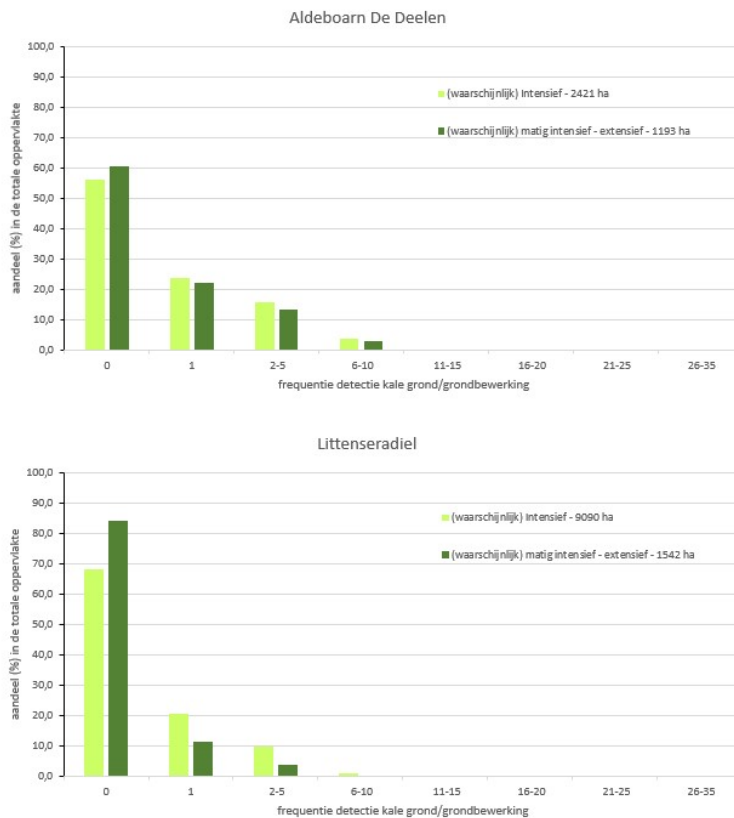
Relaties met bodemrust

Op basis van de kaarten met de frequentie van kale grond/bodembewerking en de meest recente periode kan een vergelijking worden gemaakt met het geclassificeerde landgebruik. Deze gegevens zijn samengevat weergegeven in de figuren 5.5 en 5.6. Voor zowel (waarschijnlijk) intensief en extensief gebruikte graslanden is de verdeling over de perioden van meest recente detectie (figuur 5.5.) en frequentieklassen (figuur 5.6) aangegeven.



Figuur 5.5. Periode van meest recente detectie van kale grond/grondbewerking voor intensief en extensief graslanden in de periode 1985-2020 (35 jaar) in Littenseradiel en ADD. De data zijn uitgedrukt als percentage van de totale oppervlakte.

NB. In deze figuur is de verdeling per type landgebruik 100%.



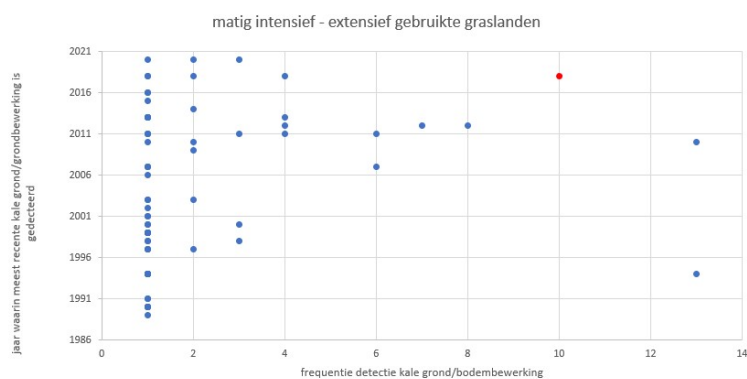
Figuur 5.6. Frequentie van detectie van kale grond/grondbewerking voor intensief en extensief graslanden in de periode 1985-2020 (35 jaar) in Littenseradiel en ADD. De data zijn uitgedrukt als percentage van de totale oppervlakte.

NB. In deze figuur is de verdeling per type landgebruik 100%.

Uit deze figuren kunnen we opmaken, dat de verdeling in beide figuren over de typen landgebruik grotendeels vergelijkbaar is, en dat dat geldt voor beide gebieden. Wel zien we dat in de groep matig intensief tot extensief gebruikte graslanden verhoudingsgewijs minder sprake is van kale grond/grondbewerking, en een groter aandeel valt in de klassen waar geen grondbewerking/kale grond is gedetecteerd. Daarbij moet bedacht worden, dat in natuurgebieden vaak om zwarte grond gaat als gevolg van langdurige inundatie en niet om grondbewerking. Zo is in ADD aan de westkant van De Deelen en in de Lytse Deelen wel detectie te zien maar het vlekkepatroon wijst daar op langdurig waterstagnatie (met als gevolg kale grond). Het verschil is wat grondbewerking betreft in werkelijk daarom nog groter.

Voor wat betreft de historie van detectie kale grond/grondbewerking (figuur 5.5) zijn er geen grote verschillen tussen de typen landgebruik, met dien verstande dat voor de groep intensieve graslanden een groter aandeel meer recent is bewerkt. Ook ten aanzien van de frequentie waarmee kale grond/grondbewerking is gedetecteerd lopen de verschillen tussen de typen niet veel uiteen, en ook dat geldt voor beide gebieden (figuur 5.6). De verdeling per type landgebruik laat wel zien, dat extensieve graslanden een hoger aandeel hebben bij geen detectie van grondbewerking, en dat dat voor intensieve graslanden juist geldt voor de frequentie-klassen 1, 2-5 en 6-10. Dat beeld is voor Littenseradiel sterker dan voor ADD.

Om na te gaan of het verband tussen de frequentie en het jaar van meest recente detectie voor extensief gebruikte graslanden anders is dan voor intensief gebruikte graslanden, is die analyse gemaakt voor alleen extensief gebruikte graslanden (waarschijnlijk extensief weggelaten). Het patroon in figuur 5.7 wijkt in zoverre af van het algemene beeld (figuur 4.8), dat frequente bewerking over het algemeen langer geleden is bij extensieve graslanden (op één artefact na, waarschijnlijk een perceel waar in het verleden mais werd geteeld).



Figuur 5.7. Jaar van meest recente detectie van kale grond/grondbewerking uitgezet tegen de frequentie voor extensief gebruikte percelen in beide gebieden samen. Elke stip is een perceel. Percelen met geen detectie zijn niet meegenomen. Het rood gemarkeerde perceel loopt uit de pas; zie tekst.



Oud, reliëfrijk greppelland in de Lionserpolder, mei 2022. Foto A&W.

6 Greppelland

De aanwezigheid van greppels in vochtige graslanden is lange tijd een vanzelfsprekendheid geweest om een teveel aan water af te voeren en het land voldoende droog te houden. Met de opkomst van drainage is dat veranderd en veel greppelland verdwenen, maar nog steeds komt het voor. Recent wordt de aanwezigheid van greppels in toenemende mate gewaardeerd, vanuit cultuurhistorisch perspectief maar ook vanwege andere functies. In dit hoofdstuk brengen we greppelland in beeld, evenals de samenhang met andere factoren.

6.1 Greppelland

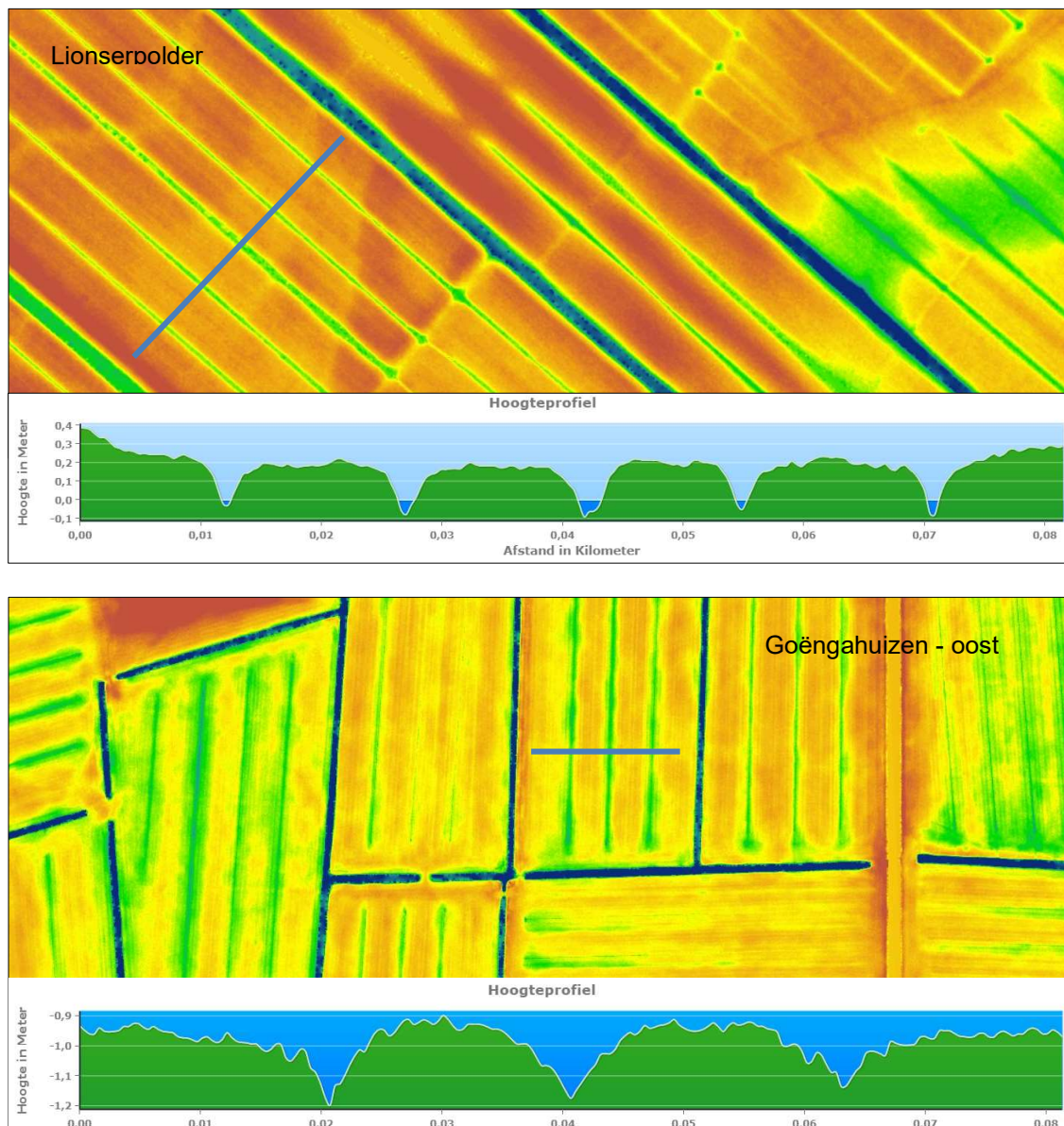
Greppels en (oud) greppelland

Greppels zijn al zo oud als de landbouw in de lage delen van Nederland omdat ze onontbeerlijk waren om het land voldoende droog te houden om te bewerken. Kaden en sloten waren nodig voor het bemalen van polders, greppels om de percelen te ontwateren. De primaire functie van een greppel is dan ook drainage. Op gedetailleerde hoogtekaarten is greppelland goed te zien (figuur 6.1). De dichtheid van greppels (afstand tussen de greppels; breedte van de akkers) is in natte gebieden vaak hoog en in andere gebieden lager, vaak 15-20 m, tegenwoordig samenhangend met de werkbreedte van machines. De diepte en breedte van greppels varieert van gebied naar gebied, vaak 20-30 cm, maar als ze pas zijn aangelegd kan dat ook dieper zijn.

In het Friese veenweidegebied komt relatief veel greppelland voor, in het kleiweidegebied minder. Een deel van de percelen is gedraineerd. Ook komt een combinatie van greppels en drainage voor, waarbij de greppels belangrijk zijn voor de oppervlakkige detailontwatering. Vaak gaat het dan niet om cultuurhistorisch waardevol grasland maar om greppels in lage dichtheden en brede, vlakke akkers zonder karakteristieke bolling. De aanwezigheid van greppels alleen is daarom niet per sé een aanwijzing dat het om ouder grasland gaat of dat grondbewerking niet heeft plaatsgevonden. Ook na graslandvernieuwing, soms met diepploegen om waterkerende bodemlagen te doorbreken zoals met schalterveen, worden greppels opnieuw aangelegd. Vaak wordt bij nieuwe aanleg wel rekening gehouden met een werkbreedte van 20 m of meer.

Greppels hebben naast de afwaterende functie ook een belangrijke functie voor bodem en biodiversiteit. Aanwezigheid van greppels zorgt in het perceel voor meer kleinschalige milieuvariatie, zeker wanneer de akkers bol lopen. Rond de greppel is sprake van een vochtig-nat leefmilieu, en die condities bieden bodem- en oppervlaktefauna gunstige omstandigheden, en bijvoorbeeld weidevogels de mogelijkheid tot foerageren. Dit wordt versterkt omdat langs greppels vaak minder mestinjectie plaatsvindt, en meer uitspoeling van meststoffen, waardoor de voedselrijkdom er vaak ook wat minder groot is. Als bestaande greppels bij doorzaai en inzaai gehandhaafd blijven, ontstaat er ook een net wat minder voedselrijke, meer kruidenrijke vegetatie. Overigens kan in greppels ook run-off van meststoffen plaatsvinden.

In de greppel zelf is sprake van een sterke droog-nat dynamiek, soms staan greppels langdurig in het water. Daarmee ontstaat een leefmilieu voor allerlei bodemfauna (ook zoetwaterslakjes, gastheer van Leverbot), die op de akkers niet voorkomt. Niet voor niets foerageren watersnippen en tureluurs veelvuldig in greppels. Langdurige inundatie, zoals bij greppel plas-dras, heeft evenwel een negatief effect op bodemfauna en mogelijk ook bodemstructuur (de Wit 2019). Bij bolle akkers ontstaat een gradiënt in vochtigheid van greppel naar het hoogste punt van de akker. Voor bv. regenwormen is dit gunstig omdat ze zich in droge perioden kunnen terugtrekken in de lagere, vochtige delen, en andersom in natte periode de droge koppen kunnen opzoeken.



Figuur 6.1. Twee uitsneden van greppelland op basis van de AHN4 bodemkaart. De bovenste doorsnede is van een reliëfrijk, oud greppelland in de Lionserpolder, westelijk van Jorwert, de onderste van percelen in ADD – noord, oostelijk van Goëngahuizen. Naast een uitsnede van de kaart is een hoogteprofiel van een perceel (blauwe lijn) weergegeven van 80 m. Door de hogere dichtheid van greppels in de Lionserpolder is het reliëf daar sterker.

Voor weidevogels zijn greppels van groot belang. Naast de functie als foerageergebied geldt dat kieviten vaak een voorkeur hebben om langs greppels te broeden. Daarnaast zijn de greppels een belangrijke vluchtplaats voor kuikens van weidevogels, zowel in het geval van dreigend onraad als wanneer er gemaaid wordt. Op percelen zonder greppels die gemaaid worden is de overlevingskans van weidevogelkuikens zeer gering.

De grote cultuurhistorische waarde van oud greppelland, zeker in het licht van de landbouwkundige en waterhuishoudkundige geschiedenis, is uitgebreid beschreven door van Slochteren (2021) en Wiersma (2017).

Greppelland in beeld

Op basis van de AHN4 hoogtekaart is greppelland op perceelsniveau in beeld gebracht, nl. via de aanwezigheid van greppels en de via mate van microreliëf op een perceel. De ouderdom van greppelland – visueel vaak herkenbaar aan de grillige structuren en kleinschalig reliëf – kan niet rechtstreeks in beeld worden gebracht. De aanwezigheid van greppels zegt namelijk nog niets over de ouderdom en cultuurhistorische kwaliteit van het greppelland, omdat greppels na landbewerking weer opnieuw kunnen zijn aangebracht. Dat kan ook in hetzelfde patroon maar vaak in een lagere dichtheid voor een grotere werkbreedte, en zonder bolling van de akkers. Op de klei is een belangrijk deel van de greppels al verdwenen in de jaren '70 en in eerste helft van de jaren '80¹ (vgl. Wiersma 2021; figuur 6.7). Dat vroegere proces komt niet tot uiting in de data in deze rapportage. De mate van microreliëf geeft wel een indicatie voor ouder greppelland, omdat na grondbewerking vaak greppels worden rechtgetrokken en hoogteverschillen worden afgevlakt. Daarbij moet bedacht worden, dat in het kleiweidegebied oorspronkelijk reliëf mogelijk langer blijft bestaan dan in het veenweidegebied, gezien de maaiveldaling in het veen.

6.2 Presentatie van de kaarten

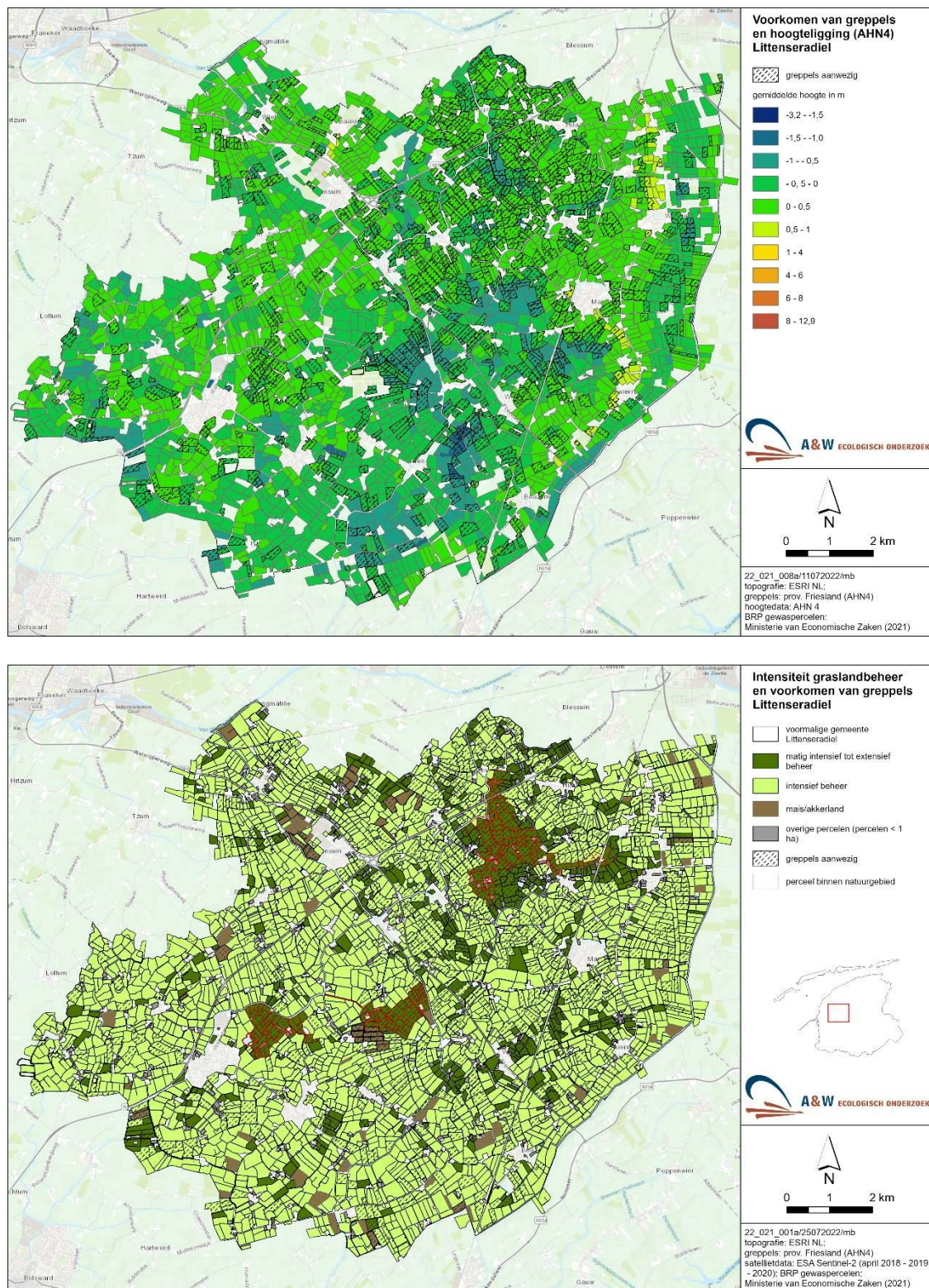
De kaarten met de aanwezigheid van greppels zijn opgenomen in de figuren 6.2-6.6. Per gebied is een kaart gepresenteerd van de aanwezigheid van greppels in combinatie met de intensiteit van het landgebruik en in combinatie met de hoogteligging. De laatste is interessant, omdat het idee is dat in relatief hooggelegen gebieden minder noodzaak voor greppels is. Overigens speelt dit alleen voor Littenseradiel, omdat het veenweidegebied van ADD vrij vlak is. In de figuren 6.3 en 6.4 is de mate van microreliëf per perceel aangegeven, in combinatie met het landgebruik. Microreliëf heeft betrekking op greppels en alle andere kleinschalige hoogteverschillen in het terrein e.d. Het microreliëf is op de kaarten met een relatieve indicatiewaarde aangegeven. Alle percelen die in natuurgebieden liggen en als grasland zijn opgenomen in de basisregistratiekaart, zijn in rood omcirkeld. Het is belangrijk te benadrukken, dat de greppel classificatie een nauwkeurigheid van ca. 85% heeft. Het patroon wordt daarmee goed weergegeven, maar voor gebruik op perceelsniveau is voorzichtigheid op zijn plaats.

Littenseradiel, waaronder Baarderadeel – figuur 6.2-6.4

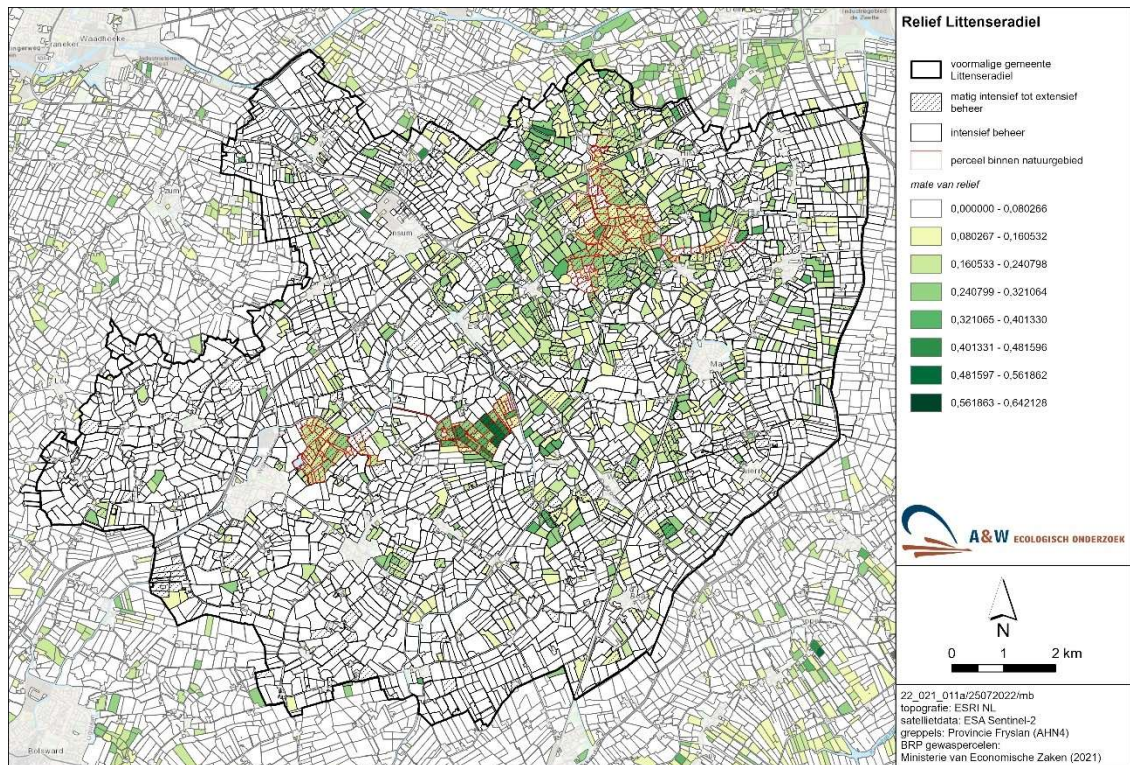
In het bovenste paneel van figuur 6.2 is de aanwezigheid van greppels weergegeven op een hoogtekaart. Het eerste dat opvalt is dat greppelland lang niet overal voorkomt. Het areaal aan percelen met greppels bedraagt 3.413 ha (31%) en zonder greppels 7.513 ha (69%). Uit de kaart van greppelland in combinatie met het landgebruik blijkt dat in het overgrote deel van het extensieve grasland greppels aanwezig zijn. Van het areaal (waarschijnlijk) extensief grasland van 1.546 ha is 61,4% greppelland en van het areaal (waarschijnlijk) intensief grasland inclusief akkerland van 9.580 ha is 27,8% greppelland in Littenseradiel. Bij het extensieve grasland gaat het vaak ook om ouder grasland.

Op veel hogere terreindelen komen geen greppels voor, maar er lijkt geen duidelijk verband met de hoogteligging. Ook in sommige lagere delen ontbreken greppels, maar vaak gaat dat dan wel om percelen die intensief gebruikt zijn. Of daar in het verleden greppels zijn verdwenen is niet goed te achterhalen op basis van de grondbewerking zoals die in dit onderzoek is gedetecteerd. Naar verwachting is al in de jaren '70 en eerste helft van jaren '80 door schaalvergroting en intensivering een groot deel van de greppels verdwenen, en zijn sloten gedempt (zie ook Wiersma 2017). In het gebied begon de eerste ruilverkaveling (Baarderadeel/Hennaarderadeel) al in 1966 en werd afgerond in 1984; de tweede begon in 1975 duurde tot 1990¹.

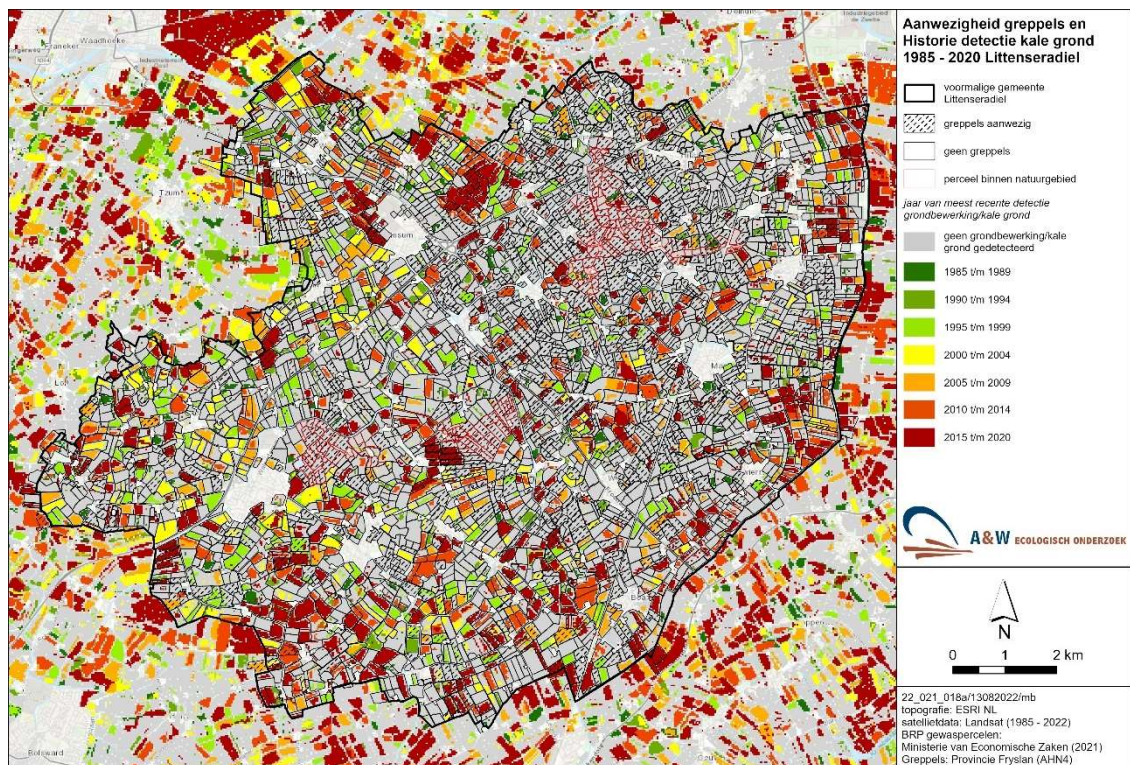
¹ <http://landschapsgeschiedenis.nl/deelgebieden/4-Westergo.html>



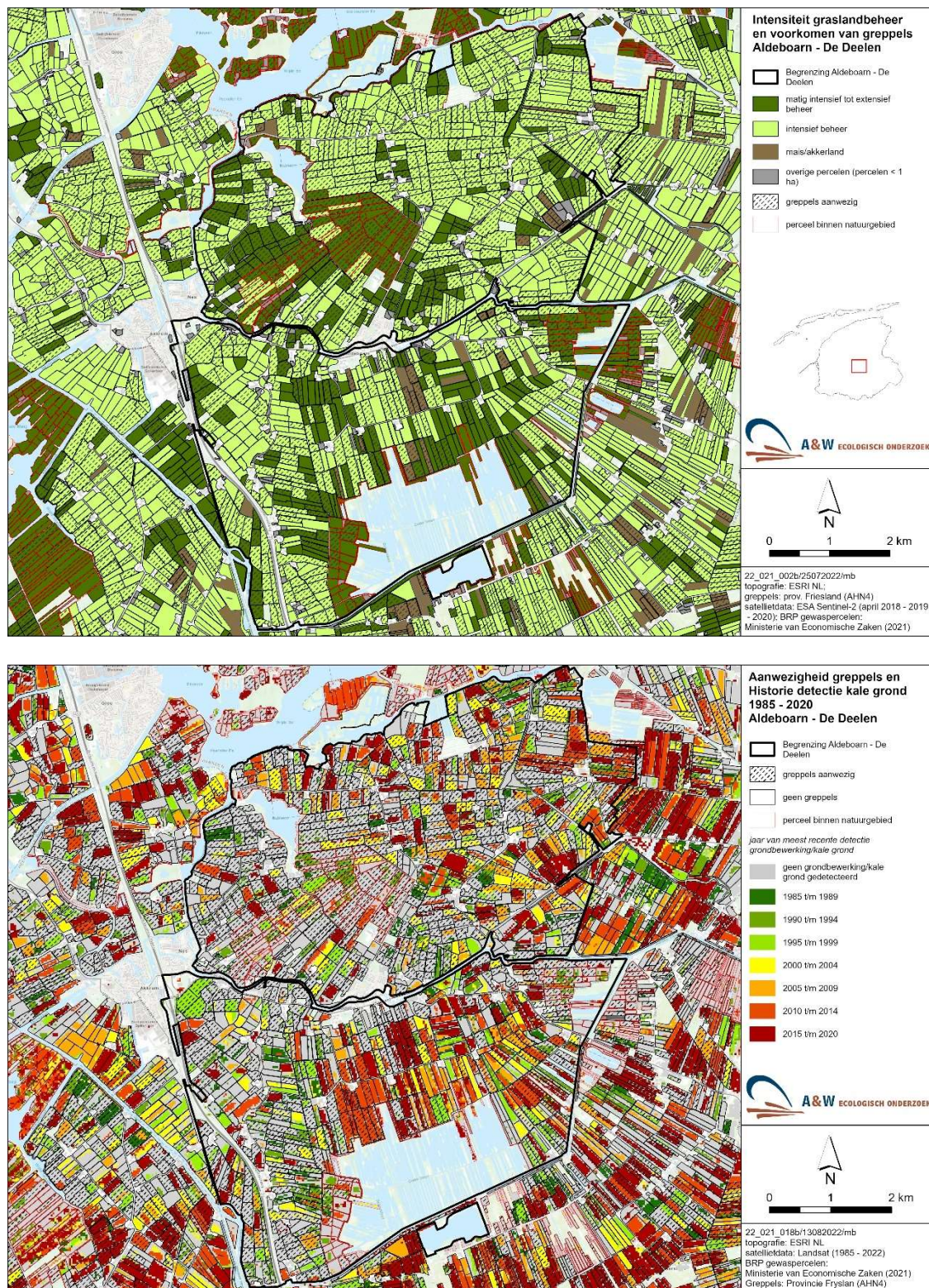
Figuur 6.2. Aanwezigheid van greppelland in het grondgebied van de voormalige gemeente Littenseradiel, boven in combinatie met landgebruik, en onder in combinatie met de hoogteligging. Per perceel is aangegeven of op basis van de AHN4-bestanden wel of geen greppels zijn gedetecteerd.



Figuur 6.3. Mate van microreliëf in percelen, weergegeven voor Litteraseradiel, in combinatie met landgebruik. De mate van microreliëf is met een relatieve indicator aangegeven, hoe donkerder hoe meer microreliëf.



Figuur 6.4. Aanwezigheid van greppelland in het grondgebied van de voormalige gemeente Litteraseradiel, in combinatie met de historie van detectie kale grond/grondbewerking.



Figuur 6.5. Aanwezigheid van greppelland in percelen in ADD, resp. in combinatie met landgebruik (boven) en in combinatie met de historie van detectie kale grond/grondbewerking.

Wat ook opvalt is, dat het areaal greppelland in het noorden, vooral in het gebied tussen Mantgum-Wiuwerd-Winsum-Blessum – met daarin de Lionserpolder – groot is, veel groter dan aan de oostkant (voormalige Middelzee), west- en zuidkant van het gebied. Op de kaart met microreliëf (figuur 6.3) komt dat patroon nog sterker naar voren. Bovendien zien we daarin ook de natuurreservaten Skrok en Skrins, en de lage percelen rond de Jorwerter Feart er uitspringen. We zien ook, dat een groot deel van de percelen met een groot microreliëf aangewezen zijn als natuurgebied; ongetwijfeld heeft in de landinrichting deze kwaliteit van de percelen daarin een rol gespeeld (Wiersma 2017). Echter, ook buiten natuurgebieden zijn nog arealen greppelland met veel microreliëf, vaak aansluitend aan de natuurgebieden.

Figuur 6.4 toont de combinatie van de aanwezigheid van greppels met de historie van detectie kale grond/grondbewerking, voor zover betrekking hebbend op de periode 1985-2020. Daarbij zijn de eerdere opmerkingen van belang, dat greppels en sloten al voor een belangrijk deel zijn verdwenen in deze streek bij voorgaande ruilverkavelingen. De kaart laat zien, dat op veel percelen met recente aanwijzingen voor grondbewerking er geen greppels aanwezig zijn. In het centrale, noordelijke deel van het gebied is veel greppelland aanwezig zonder (recente) grondbewerking, vaak gaat het daarbij ook om een extensief landgebruik; hier liggen mogelijkheden voor de Erfgoed Deal (zie aanbevelingen in hoofdstuk 8).

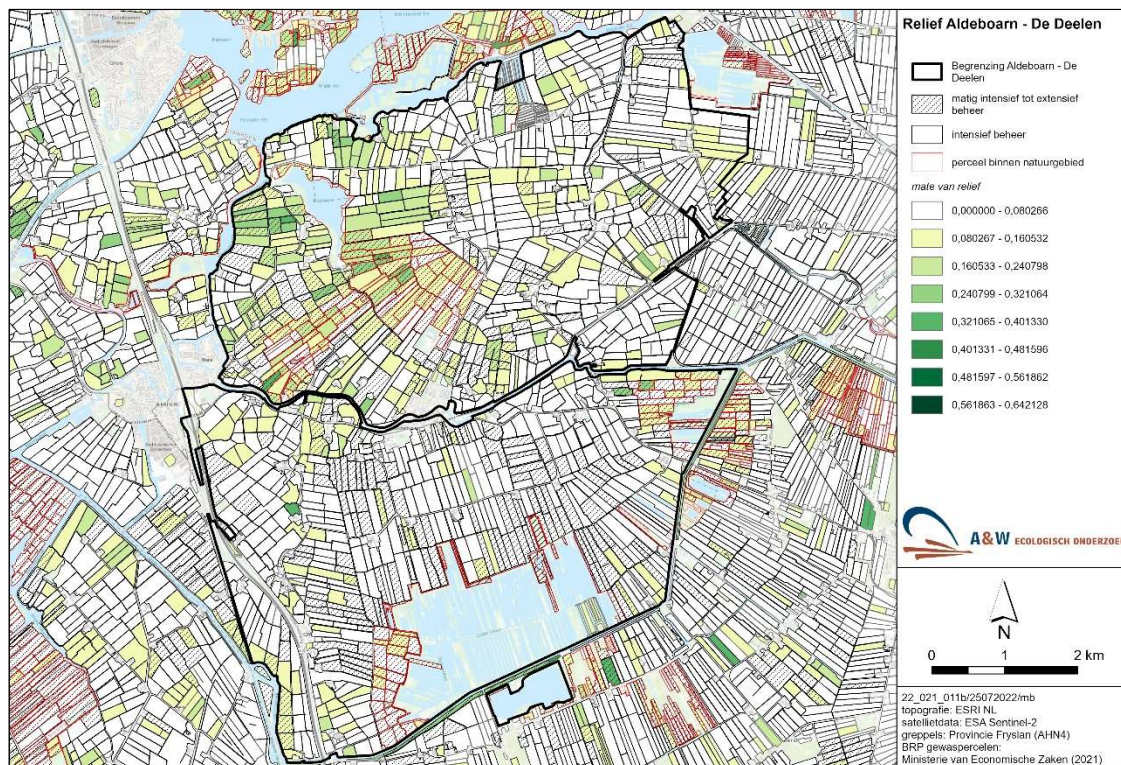
ADD – figuur 6.5-6.6

Voor ADD zijn in figuur 6.5 twee kaarten aangegeven met de aanwezigheid van greppelland, resp. in combinatie met de intensiteit van landgebruik en de historie van grondbewerking. De kaart met hoogteligging is niet opgenomen, omdat het hier een relatief vlak veenweidegebied betreft. Figuur 6.6 toont de kaart microreliëf, in combinatie met de intensiteit van landgebruik.

In tegenstelling tot Littenseradiel blijkt greppelland in ADD over een relatief groot deel van het gebied voor te komen. Het areaal aan percelen met greppels bedraagt 2.776 ha (69%) en zonder greppels 1.258 ha (31%). In Littenseradiel ligt die verhouding precies andersom. Voor een deel heeft dat te maken met de noodzaak om de detailontwatering in percelen in het veenweidegebied goed op orde te hebben. Naast drainage wordt toch nog van greppelstructuren gebruikt gemaakt. Mogelijk zijn in het verleden in Littenseradiel meer greppels verdwenen dan in ADD, omdat er gemiddeld genomen wat intensiever wordt geboerd en er eerder ruilverkavelingen zijn uitgevoerd. Uit de kaart van greppelland in combinatie met het landgebruik blijkt dat in het overgrote deel van het extensieve grasland greppels aanwezig zijn. Van het areaal (waarschijnlijk) extensief grasland van 1.285 ha is 64,4% greppelland, net wat hoger dan in Littenseradiel. Van het areaal (waarschijnlijk) intensief grasland inclusief akkerland van 2.749 ha is 70,9% greppelland in ADD, veel hoger dan in Littenseradiel.

De combinatiekaart van greppels en de historie van detectie kale grond/grondbewerking laat zien, dat ondanks recente grondbewerking toch vaak greppels aanwezig zijn. Zoals eerder opgemerkt, duidt dit er op dat in ADD na graslandvernieuwing greppelstructuren opnieuw worden aangebracht. Vaak is dan wel sprake van grotere akkers en gaat het om relatief vlakke percelen.

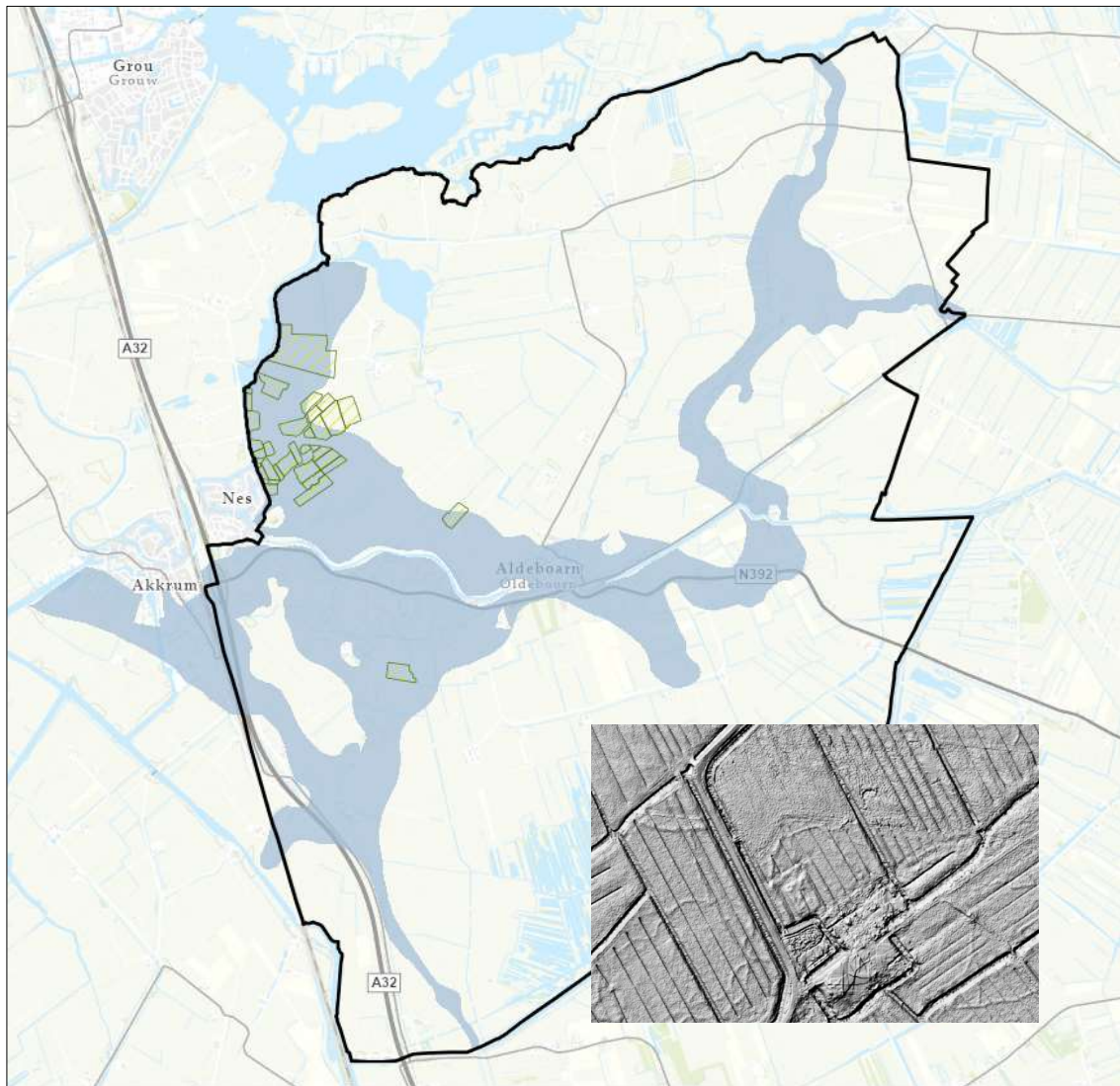
De kaart met een relatieve indicatie van het microreliëf, en daarmee van greppels en andere structuren, geeft een opvallend beeld in ADD. In het zuidelijke deel (bezuiden de Boarn) zijn er naar verhouding weinig percelen met veel microreliëf, met uitzondering van de Lytse Deelen. Ook langs de stroomdraad van een vroegere zijrivier van de Boarn, nu grotendeels de van Sminiawei aan de westkant van het gebied, zijn deze percelen te vinden. Deze stroomdraad wordt gekenmerkt door kleiafzetting, mogelijk dat dit bodemaspect een rol speelt. In het zuidelijk deel lijkt er geen relatie te zijn met de intensiteit van het landgebruik.



Figuur 6.6. Aanwezigheid van microreliëf in percelen in ADD, in combinatie met landgebruik. Per perceel is een relatieve indicatie gegeven van de mate van microreliëf.

In het noorden zien we op de kaart vooral veel microreliëf aan de westkant, in het natuurgebied Henswoude en de aanpalende Soarremoarre en rond de Botmar. Dit heeft in elk geval deels met oude greppelpatronen te maken, bijvoorbeeld in de vorm van een hoge dichtheid aan greppels. Aan de westkant van de Botmar – ook met een kleiafzetting van de Boarn – is uit onderzoek gebleken dat daar nog oude kleinschalige afzetting in percelen zijn te vinden, door Wiersma (2021) ‘spataderen’ genoemd (figuur 6.7). Deze komen deels ook naar voren in de percelen met veel microreliëf, maar niet op elk perceel. Dat kan met de foutenmarge in de detectie te maken hebben, of met de situatie dat de spataderen met boringen in het veld wel zijn te traceren, maar aan de oppervlakte niet tot veel kleinschalig reliëf leiden. Dat verschilt van perceel tot perceel; soms is het heel duidelijk op de hoogtekaart te zien (en dan vaak ook aangeduid als veel microreliëf) en soms is het veel vager.

In zijn algemeenheid is het minste microreliëf te vinden aan de oostkant van het gebied; dat is ook het deel van het gebied waar verhoudingsgewijs het meeste grondbewerking is gedetecteerd. Er lijkt op basis van de ruimtelijke patronen geen duidelijke relatie te zijn met de intensiteit van het landgebruik, vanwege de grote verschillen tussen het noordelijke en zuidelijke deel van ADD. Voor de Erfgoeddeal zijn clusters van percelen met veel microreliëf interessant, zeker in combinatie met ouder grasland en een relatief extensief gebruik (zie hoofdstuk 8).



Figuur 6.7. Aanwezigheid van zogenaamde 'spataderen' in percelen in ADD, in combinatie met de kleiafzettingen rond de stroomdraad van de Boarn en zijrivieren. Gebaseerd op Wiersma (2021). Inzet: spataderstructuur zoals bedoeld door Wiersma (2021); deze zijn vaak goed – niet altijd – op de hoogtekkaart waar te nemen.

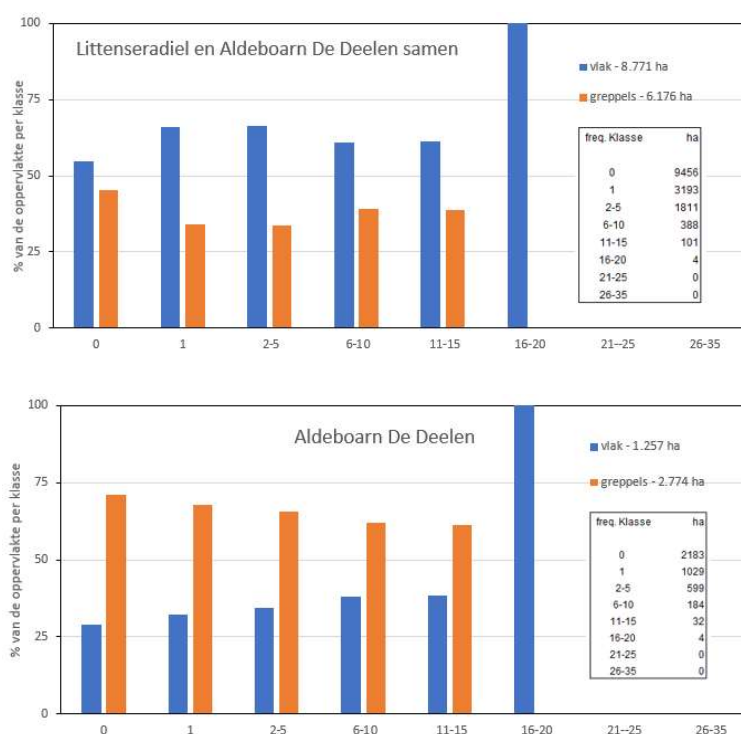
6.3 Analyse

Uit het voorgaande blijkt dat er een duidelijk verschil is tussen het kleiweidegebied en het veenweidegebied. Het areaal greppelland is in het veenweidegebied ADD meer dan tweemaal zo groot terwijl het gebruik minder intensief lijkt te zijn en er meer grondbewerking is geweest (o.a. figuur 4.6). Dit duidt er op, dat in het veenweidegebied na grondbewerking voor bv. graslandvernieuwing greppels opnieuw worden aangebracht. Vaak worden percelen daarbij afgevlakt en wordt het aantal greppels beperkt (voor een grote werkbreedte). Daardoor is de aanwezigheid van greppels, zeker in het veenweidegebied, niet per sé een indicator van oud greppelland. Wel kan de dichtheid van greppels een rol spelen.

Dit zijn de algemene patronen. De situatie op perceelsniveau wordt bepaald door aspecten die te maken hebben met de bodem, gebruiksgeschiedenis, de mate van grondbewerking en het huidige gebruik. De vraag is dan ook, of er in de beschouwde periode (1985-2020) en op basis

van de beschikbare dataset een relatie is tussen grondbewerking en de aanwezigheid van greppels. Voor die analyse hebben we de data van de gebieden samengevoegd en gekeken wat de relatieve verhouding (%) is tussen de oppervlakte aan greppel- en vlak land per frequentieklasse (figuur 6.8, bovenste paneel). Uit de samengevoegde gegevens blijkt, dat in de klassen met veel grondbewerking het areaal greppelland verhoudingsgewijs lager is, maar nog steeds greppelland voorkomt. Echter, wanneer we deze analyse voor alleen ADD doen (figuur 6.8 onderste paneel) blijkt de situatie precies andersom. Wel wordt het aandeel greppelland in ADD per frequentieklasse wat lager, naarmate de frequentie van grondbewerking groter is.

Dit laat twee dingen zien. In de eerste plaats dat we de beide gebieden, die zo verschillen in bodem, waterhuishouding, landschap en historie (Wiersma 2017, 2021), niet op een hoop mogen gooien. In de tweede plaats dat in veenweidegebieden als ADD grondbewerking in de afgelopen periode niet automatisch betekent dat ook greppels verdwijnen, vooral omdat na grondbewerking greppels bij graslandvernieuwing vaak opnieuw worden aangebracht. Zoals eerder aangegeven: hier is de aanwezigheid van greppels per sé geen aanwijzing voor oud greppelland. Wel kan grondbewerking leiden tot mindere greppels en verlies van microreliëf (Wiersma 2021). In het kleiweidegebied zien we wel dat bij een hoge frequentie van grondbewerking verhoudingsgewijs weinig greppelland aanwezig is; dat kan ook met intensivering en het dichten van greppelland in het verleden te maken hebben (in het kader van eerder rvk's).

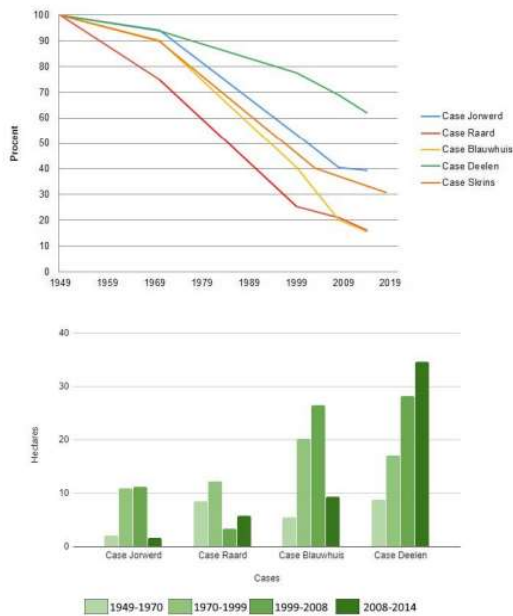


Figuur 6.8. Procentuele verdeling van de oppervlakte greppelland en vlak land per frequentie-klasse van detectie van kale grond/grondbewerking in de periode 1985-2020. NB. De som per frequentieklasse is 100%.

Boven : beide gebieden samen, onder: ADD.

Wiersma (2021) en van Slochteren (2020) hebben een gedetailleerde analyse gedaan van het verdwijnen van microreliëf en oud greppelland in verschillende casestudiegebieden in Fryslân, in het bijzonder in deelgebieden op de klei (Jorwerd, Raard, Skrins, Blauhûs) en in het gebied van De Deelen (onderdeel ADD). Daaruit blijkt, dat op de klei al in het verleden veel microreliëf en daarmee oud greppelland is verdwenen. In het gebied van De Deelen is dat tamelijk recent het geval (figuur 6.9: groene lijn). Dat sluit in zoverre aan bij de gedetecteerde grondbewerking in het kader van dit onderzoek, dat in ADD tamelijk recent relatief veel grondbewerking

plaatsvond, vooral aan de westkant van het gebied en ten noorden van De Deelen (figuur 4.5). In het gebied van Littenseradiel is dat veel minder het geval (figuur 4.4).



Figuur 6.9. Ontwikkeling van het areaal grasland met microreliëf in vijf detailstudies in Fryslân. Boven procentuele ontwikkeling van het areaal, onder oppervlakte aan grasland met microreliëf dat verdween per periode voor vier casestudies. *Uit: Wiersma (2021). Zie voor een uitgebreide toelichting en uitwerking Wiersma (2021) en van Slochteren (2020).*



Opnameformulier voor vegetatieopnamen. Foto A&W, mei 2022.

7 Ecologische betekenis

7.1 Inleiding

Uit de samenvatting van ecosysteemdiensten van oud gras- en greppelland in hoofdstuk 2 blijkt al, dat vooral permanente, extensieve graslanden van groot belang zijn in ecologisch opzicht. Dat heeft met het bodemsysteem en de bodemecologie te maken alsmede met de vegetatie, en de soorten (planten, insecten, vogels) die daarvan afhankelijk zijn.

Ecologisch onderzoek aan de functie en rol van oud grasland is complex, vergt een lange termijn en meerdere disciplines, zoals het wetenschappelijk onderzoek in het kader van het Grutto Landschap Project van de Rijksuniversiteit van Groningen laat zien (Hooijmeijer *et al.* 2021). Een dergelijke diepgang is in het kader van het onderhavige project niet mogelijk. Om de ecologische meerwaarde van verschillende typen graslanden in kaart te brengen, binnen de context van dit project, is daarom gebruik gemaakt van een beperkt vegetatiekundig veldonderzoek, en ecologische data die op de schaal van de onderzochte gebieden aan de kaarten met bodemrust, landgebruik en greppels gekoppeld kunnen worden. Dat laatste is gedaan, aan de hand van verspreidingsgegevens van weidevogels en het terreingebruik van kieviten.

7.2 Landgebruik en graslandvegetatie

In hoofdstuk 2 zijn in kort bestek de ecosysteemdiensten van oud grasland en oud greppelland samengevat. Op basis van het veldonderzoek dat eerder en specifiek voor dit onderzoek is uitgevoerd kunnen we de ecologische waarde van dergelijke graslanden nog beter in kaart brengen. In deze paragraaf doen we dat voor de vegetatie. We focussen daarbij op het landgebruik, omdat landgebruik via bemesting een allesbepalende invloed heeft op de graslandvegetatie. Overigens blijkt uit de analyse van de gebruiksintensiteit en de gedetecteerde grondbewerking wel dat matig intensief – extensief gebruikte graslanden vaak al een wat langer periode van bodemrust kennen (paragraaf 4.3).

Het veldonderzoek naar de graslandvegetatie had twee doelen, nl. 1) vaststellen waar qua gewassamenstelling de grens ligt tussen de als intensief en als extensief geclassificeerde graslanden, en 2) het bepalen van de diversiteit van de vegetatie in de verschillende gebruiksklassen. Daartoe is een aantal vegetatie-opnamen gemaakt op als intensief of als extensief geclassificeerde percelen. Daarnaast is random in verschillende gebieden in het veenweidegebied en kleiweidegebied op een groot aantal percelen de kruidenrijkdom gescoord.

Samenstelling van de graslandvegetatie op basis van opnamen

In totaal zijn 29 vegetatie-opnamen gemaakt van als intensief geclassificeerde percelen en 28 van als extensief geclassificeerde percelen. Daarbij is gekeken naar de classificatie op basis van drie jaren (2018-2020), maar bij afwijkend landgebruik is het meest recente jaar leidend (2020), voorafgaand aan de opname (2021, 2021). Er zijn opnamen gemaakt van agrarisch gebruikte percelen en van percelen in natuurgebieden waar sprake is van weidevogelbeheer. Er zijn geen opnamen gemaakt van zeer soortenrijke graslandvegetaties in natuurgebieden. De bedekking van alle soorten kruiden en grassen is vastgelegd. Aangezien de opnamen al in eind april - mei moesten worden gemaakt vanwege de maaiperiode op gangbaar boerenland, kan het zijn dat relatief laat bloeiende grassen en kruiden (bv. Beemdlangbloem, Rood zwenkgras, Rode klaver) zijn gemist, maar naar verwachting is dat beperkt.

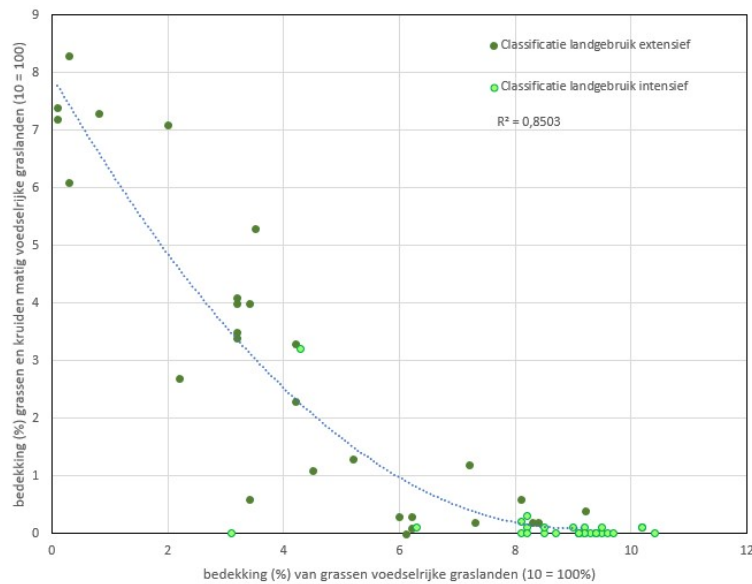


Kruidenrijke graslandvegetatie, Lionserpolder, 3 mei 2022.

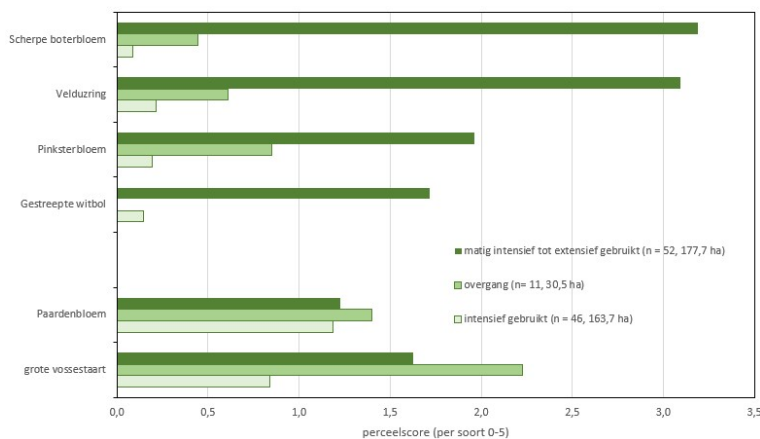
De gemiddelde soortenrijkdom in de intensieve graslanden was 6,5 soorten per m², overeenkomend met type 1 en 2 in figuur 5.1. Vrijwel altijd betrof dat zeer algemene soorten die kenmerkend zijn voor sterk bemeste, vroeg gemaaide en beweide beemdgras-raaigras graslanden: Engels raaigras, Ruw beemdgras, Geknikte vossenstaart, Fioringras, Italiaans raaigras, Timothee, Kweek en Straatgras. Andere soorten die regelmatig voorkwamen waren Paardenbloem, Grote vossenstaart, Vogelmuur, Witte klaver en Herderstasje.

De gemiddelde soortenrijkdom in de als extensief geclassificeerde graslanden was 8,9 soorten per m². Dat is lager dan genoemd voor de kruidenrijke typen 3 en 4 in figuur 5.1, maar dat heeft onder meer te maken met het vroege tijdstip in het voorjaar van het maken van de opnamen. Daarnaast gaat het hier om opnamen van 1 m² terwijl het aantal soorten genoemd in figuur 5.1 betrekking heeft op 25m². Naar verwachting komen veel opnamen van extensief grasland buiten natuurgebieden overeen met type 3 in figuur 5.1, en binnen natuurgebieden met type 3 of 4. Naast soorten van intensieve graslanden, en in vochtig-natte graslanden Kruipende boterbloem, zijn de meest voorkomende soorten kenmerkend voor de Klasse van matig voedselrijke graslanden (*Molinio-Arrhenatheretea*; Schaminée *et al.* 2017): Witbol, Gewoon reukgras, Kropaar, Gewoon struisgras, Pinksterbloem, Gewone hoornbloem, Veldzuring, Scherpe boterbloem, Smalle weegbree en in veel minder gevallen ook Rode klaver.

In figuur 7.1. is per opname de bedekking (% van de oppervlakte van 1 m²) van kenmerkende kruiden en grassen van de Klasse van matig voedselrijke graslanden uitgezet als functie van de bedekking met kenmerkende grassen van (zeer) voedselrijke beemdgras-raaigrasweiden. Buiten enkele afwijkingen blijkt het onderscheid dat gemaakt wordt met de door ons gehanteerde methodiek bij c. 80% bedekking van intensieve grassen te liggen, in de praktijk veelal Engels raaigras en Ruw beemdgras, soms met Italiaans raaigras, Timothee en Kweek. Soorten van de *Molinio-Arrhenatheretea* komen in intensieve graslanden niet of nauwelijks voor. Waar het afwijkingen betreft gaat het vrijwel altijd om percelen waar sprake is van een overgang (van intensief naar matig intensief), en in een enkele keer om een misclassificatie (zie hoofdstuk 5).



Figuur 7.1. Bedekking (in % van oppervlakte van 1 m²) van soorten van de klasse van matig voedselrijke graslanden uitgezet als functie van de bedekking van soorten van voedselrijke omstandigheden, op basis van Londo-opnamen zoals opgenomen in 57 graslanden. Er is onderscheid gemaakt naar als 'intensief' en 'extensief' geclassificeerde graslanden.



Figuur 7.2. Gemiddelde perzeelscore (op basis van de Tansley-schaal van 1-5) van vier goed zichtbare soorten van de klasse van matig voedselrijke graslanden, en Paardenbloem en Grote vossenstaart. De score is gebaseerd op in totaal 109 percelen (372 ha), in vooral ADD en Littenseradiel, maar ook elders.

Kruidenrijkdom aan de hand van een perzeelscore

Op een groot aantal random geselecteerde percelen is van eind april – begin mei de aanwezigheid van goed zichtbare kruiden en enkele typische grassen gescoord met de abundantieschaal van Tansley². Nadien is aan de hand van de kaart met landgebruik vastgesteld hoe het betreffende perceel was geclassificeerd. 11 percelen met zowel 'intensieve' als 'extensieve' pixels zijn als 'overgang' benoemd in figuur 7.2, en horen op de kaart thuis bij 'waarschijnlijk intensief/extensief'.

De figuur laat overtuigend zien, dat algemene kruiden als Scherpe boterbloem, Pinksterbloem en Veldzuring, en daarnaast Gestreepte witbol, inderdaad hoog scoren op matig intensief tot extensief gebruikte percelen, en nauwelijks voorkomen op intensieve graslanden (gemiddelde score zeer laag; 1 = rare, zeldzaam). Opvallend genoeg komen Paardenbloem en Grote vossenstaart bijna evenveel voor in beide typen landgebruik, maar scoren ze juist hoger in de 11 percelen die een overgang vormen. Kennelijk komen deze soorten toch wat meer voor in graslanden die wat minder intensief worden gebruikt (vooral minder bemesting).

² De Tansley-schaal wordt gebruikt om de abundantie van soorten te scoren: r = rare (1), o = occasional (2), f = frequent (3), a = abundant (4) en d = dominant (5). De gemiddelde score in de figuur is per soort bepaald door de scores voor elke categorie van gebruiksintensiteit te middelen.

Samenvattend

De opnamen en perceelscores laten beide zien, dat de als (waarschijnlijk) extensief geclassificeerde graslanden op basis van verschillen in lichtreflectie inderdaad gekenmerkt worden door soorten die kenmerkend zijn voor weinig bemeste, matig voedselrijke graslanden. Ze zijn niet alleen soortenrijker maar hebben ook een (veel) hogere bedekking van kruiden en grassen van matig voedselrijke graslanden. Dat werkt ook door in de insectenrijkdom en de bodemstructuur (beworteling).

7.3 Landgebruik en weidevogels

Van weidevogels is bekend dat deze optimaal voorkomen in zeer open, vochtige-natte graslandgebieden met weinig tot geen storingsbronnen en een afwisselend (maaïen, weiden), grotendeels extensief graslandgebruik. Een belangrijke voorwaarde voor een hoog broedsucces is een relatief lage predatiedruk. Met betrekking tot de landschappelijke opbouw en ruimtelijke context zijn weidevogels nogal gevoelig voor verstoring, zowel door wegen, fietspaden en bebouwing als door opgaande begroeiing. Om de aanwezigheid van weidevogels tussen verschillend typen landgebruik te vergelijken moet daarom rekening gehouden worden met de verstoringsafstanden van verschillende objecten, dit is de afstand waarop nog maar weinig verstoring optreedt³. Deze verstoringsafstanden verschillen per object (groter voor een drukke weg dan voor een rustige landweg) en per soort. Bovendien is het niet zo dat buiten de verstoringsafstand geen verstoring meer optreedt, maar in elk geval veel minder dan daar binnen. Om pragmatische redenen zijn daarom deze verstoringsafstanden gebruikt om de vergelijking tussen typen landgebruik te verbeteren (immers, extensief gebruikt land ligt vaker op grotere afstand van de boerderij).

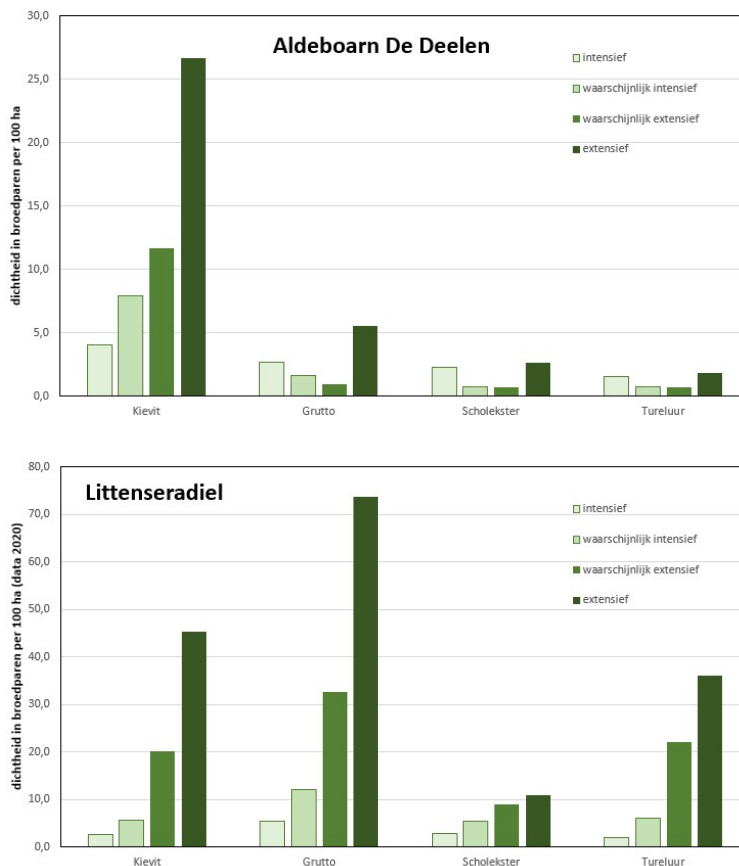
Om dit te doen zijn de weidevogelgegevens (stippenkaarten) van ADD en van Littenseradiel gebruikt (beide van 2020). Als eerste is de verstoringscontour bepaald rond bebouwing, wegen, paden en opgaande begroeiing. Daarmee is het gebied verdeeld in een verstoord en onverstoord of minder verstoord deel. Dit is gedaan op basis van een GIS-model, waarbij de verstoringsafstanden zijn gehanteerd die door de provincie worden gebruikt voor het bepalen van de mate van openheid en rust (Bruinzeel & Schotman 2011). Vervolgens is op basis van het landgebruik en de verspreiding van weidevogels uitgerekend hoeveel weidevogels in het niet verstoorde gebied broeden op resp. intensief en extensief gebruikt grasland (figuur 7.3). Voor broedende weidevogels geldt, dat het landgebruik in de zin van vroeg maaïen en weiden, bepalend is voor de vraag of op een perceel succesvolle vestiging en broeden mogelijk is. De ouderdom van grasland, voor zover al niet samenhangend met het landgebruik, is vooral interessant in het licht van beschikbaar voedsel. Voor die vraag hebben we gebruik gemaakt van gezenderde kievitenvogels (zie volgende paragraaf).

Aan de hand van het GIS-model zijn de aantallen (van de vier steltlopers) buiten de verstoringszone bepaald per type landgebruik, en zijn die aantallen op basis van de oppervlakte onverstoord gebied omgerekend naar dichtheden per 100 ha. Daarmee kunnen de typen landgebruik en de gebieden ADD en Littenseradiel met elkaar worden vergeleken. Het belang om rekening te houden met verstoring wordt geïllustreerd aan de dichtheid per 100 ha van de vier bekeken soorten samen in Littenseradiel: 40,5 steltlopers per 100 ha in onverstoord gebied tegen 9,2 steltlopers per 100 ha in verstoord gebied. De resultaten zijn samengevat in figuur 7.3.

³ Over verstoringsafstanden en verstoring is in het verleden veel kennis verzameld (zie voor referenties Bruinzeel & Schotman 2011) maar dat is deels op verouderde kennis gebaseerd. De essentie is, dat weidevogels niet dicht bij een verstoring object broeden, en dat dit effect met de afstand kleiner wordt. Verstoringsafstanden verschillen per soort en per gebied, en vele andere factoren spelen een rol (dichtheid, habitat, combinatie van verstoring, herhalings e.d.).

Uit de analyse blijkt, dat weidevogels een duidelijk voorkeur tonen voor extensief gebruikt grasland. Dat blijkt voor alle soorten in ADD maar de verschillen in dichtheden per type landgebruik zijn in Littenseradiel is nog veel groter. Op (waarschijnlijk) intensief gebruikte percelen zijn de dichtheden van alle soorten zeer laag, maar in ADD wat hoger dan in Littenseradiel. De gevonden patronen passen bij het al eerder geconstateerde minder intensief gebruik in het veenweidegebied ADD.

Alle soorten halen de hoogste dichtheden op extensief gebruikt grasland. Voor de Kievit is het verschil zeer groot in ADD, mede door het uitgekiende weidevogelbeheer dat gevoerd wordt in het Soarremoarre-gebied. Dit is het gebied ten noorden van Aldeboarn, grotendeels extensief grasland onder particulier natuurbeheer en ANLB. Opmerkelijk genoeg ligt de dichtheid op maisland in ADD nog veel hoger bij de Kievit (in Littenseradiel ook hoog maar iets lager dan extensief grasland), passend bij de grote aantrekkingskracht van kale grond op kieviten. Overigens is het broedsucces op maisland doorgaans mager.



Figuur 7.3. Dichtheid van vijf soorten weidevogels in ADD (boven) en in Littenseradiel (onder) in 2020 (voor ADD deels aangevuld met data uit 2019 voor polder Henswoude) per categorie van landgebruik. Gegevens Gebiedscoöperatie It Iege Midden, Natuurmonumenten en de BFVW. NB. Let op het schaalverschil in dichtheden op de verticale assen.

7.4 Terreingebruik kieviten

Als resultante van het gevoerde beheer is de verwachting dat de verspreiding van weidevogels buiten het broedseizoen gerelateerd is aan het historische en hedendaagse gebruik en inrichting van een graslandperceel. Daarbij gaat het vooral om de vraag of percelen aan weidevogels, in dit geval de Kievit, voedsel biedt in de vorm van bodem- en oppervlaktefauna. Uit lopend onderzoek van A&W aan kieviten is bekend dat kieviten bij keuzes van terreingebruik een selectieve keuze maken voor locaties met een hogere dichtheid en biomassa aan bodemfauna

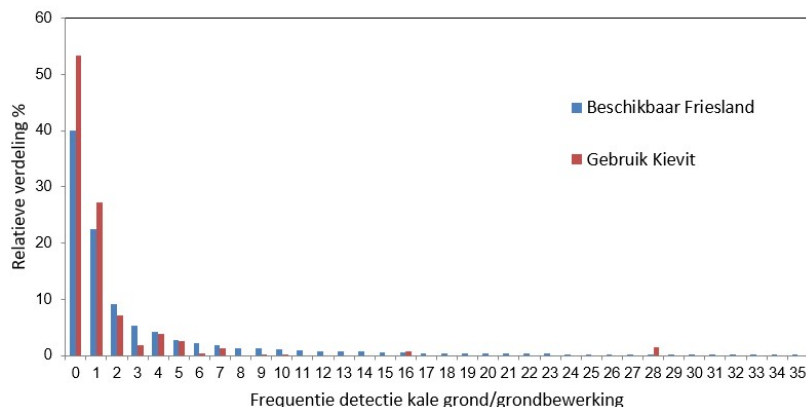
(Loonstra in prep.). De locatiekeuze van kieviten, of in andere woorden, het gebruik van een perceel door kieviten kan dus gebruikt worden om de ecologische kwaliteit van een perceel te duiden. Immers wanneer er geen voedsel, of alleen onbereikbaar voedsel aanwezig is, zal een individu minder vaak gebruik maken van een dergelijk perceel.

Om deze analyse uit te voeren hebben we de data van 14 in Friesland gezenderde kieviten gebruikt. Daarbij is nagegaan, op welke percelen die buiten het broedseizoen foerageren. Daarbij is gekeken naar alle graslandpercelen in Friesland.

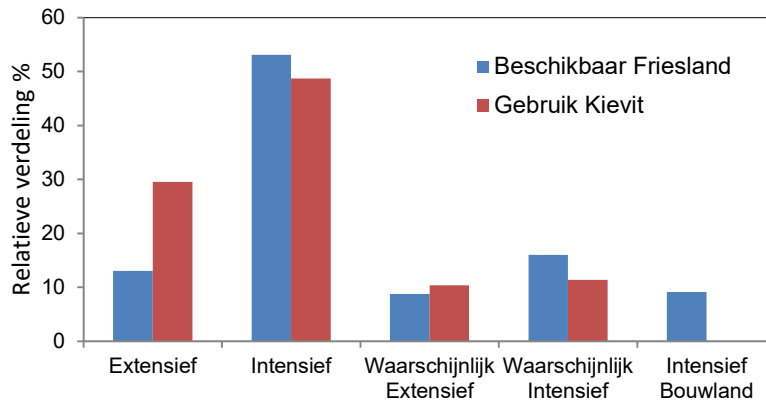
Resultaten

Inderdaad, wanneer we de gemiddelde frequentie in bodemberoering van alle graslandpercelen in Friesland in de afgelopen 35 jaar (gemiddeld 3,01 keer) vergelijken met de gemiddelde frequentie in bodemberoering van de door Kieviten gebruikte percelen is dit met 1,42 keer significant lager ($X^2(35, n = 1404) p = <0.001$; figuur 7.4). Daarnaast zien we dat de door kievit gebruikte percelen een ander beheer hebben dan alle beschikbare percelen ($X^2(4, n = 790) p = <0.001$; figuur 7.5). Ten opzichte van het aantal beschikbare percelen met extensief beheer worden deze veel vaker gebruikt door volwassen kieviten. Grasland met weinig grondbewerking dat extensief gebruikt wordt heeft de voorkeur van de vogels.

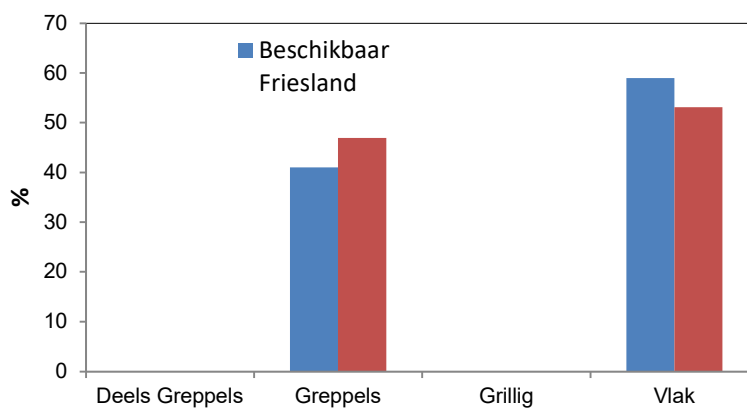
In tegenstelling tot de gevonden voorkeur van kieviten voor percelen met betrekking tot het aantal grondbewerkingen vinden we geen verschil in de laatste bodemverstoring van alle graslandpercelen in Friesland en de door Kievit gebruikte graslandpercelen ($X^2(35, n = 1404) p = 0.56$). Tenslotte lijken Kieviten ook geen voorkeur te hebben voor percelen met greppels, ook al maken Kieviten 5% vaker gebruik van een perceel met greppels ten opzichte van de beschikbaarheid, dit is evenwel niet significant verschillend ($X^2(3, n = 701) p = 0.06$; figuur 7.6).



Figuur 7.4. Relatieve verdeling in de frequentie van bodemberoering van alle beschikbare percelen in Friesland (blauw) en de door Kieviten gebruikte percelen (rood).



Figuur 7.5. Relatieve verdeling in het beheer van alle beschikbare grasland-percelen in Friesland (blauw) en de door Kieviten gebruikte percelen (rood).



Figuur 7.6. Relatieve verdeling in de aanwezigheid van alle greppels op alle grasland-percelen in Friesland (blauw) en de door Kieviten gebruikte percelen (rood).

De analyses laten op de schaal van een groot gebied zien dat kieviten gemiddeld genomen een voorkeur hebben voor percelen met meer bodemrust en een gemiddeld genomen extensiever gebruik. Vaak is dat ouder greppelland, maar niet altijd. Het is aannemelijk, dat op die percelen ook sprake is van een hogere voedselopname, hetzij door een grotere biomassa van de regenwormen waarop kieviten foerageren hetzij doordat de beschikbaarheid van prooien groter is, bijvoorbeeld door een hoger waterpeil. Dit zijn zaken die wel vaak samengaan (hoger waterpeil, extensiever gebruik, blijvend grasland). In deze fase van het onderzoek is (nog) geen multivariate analyse uitgevoerd om na te gaan, welke van de factoren het meeste invloed heeft.

8 Samenvattende conclusies en aanbevelingen

8.1 Samenvattende conclusies

In dit rapport wordt ingezoomd op de aanwezigheid en ecologische betekenis van oud gras- en greppelland in Fryslân, in het bijzonder in het veenweidegebied ADD en het kleiweidegebied van Littenseradiel. Met behulp van satellietbeelden zijn vier basiskaartlagen geconstrueerd, nl. I. het laatste jaar van grondbewerking (graslandleeftijd), II. de frequentie van bodembewerking in 1985-2020, III. de aanwezigheid van greppelland en microreliëf en IV. de intensiteit van het graslandgebruik. Met behulp van deels nieuw verzamelde ecologische data is de betekenis van deze graslanden nader geanalyseerd.

De kracht van deze exercitie zit vooral in 1) het ruimtelijk overzicht van grasland met kwaliteit en 2) de combinatie van kaartbeelden, die behulpzaam is bij het stellen van prioriteiten voor bescherming en beheer. Samenvattend kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

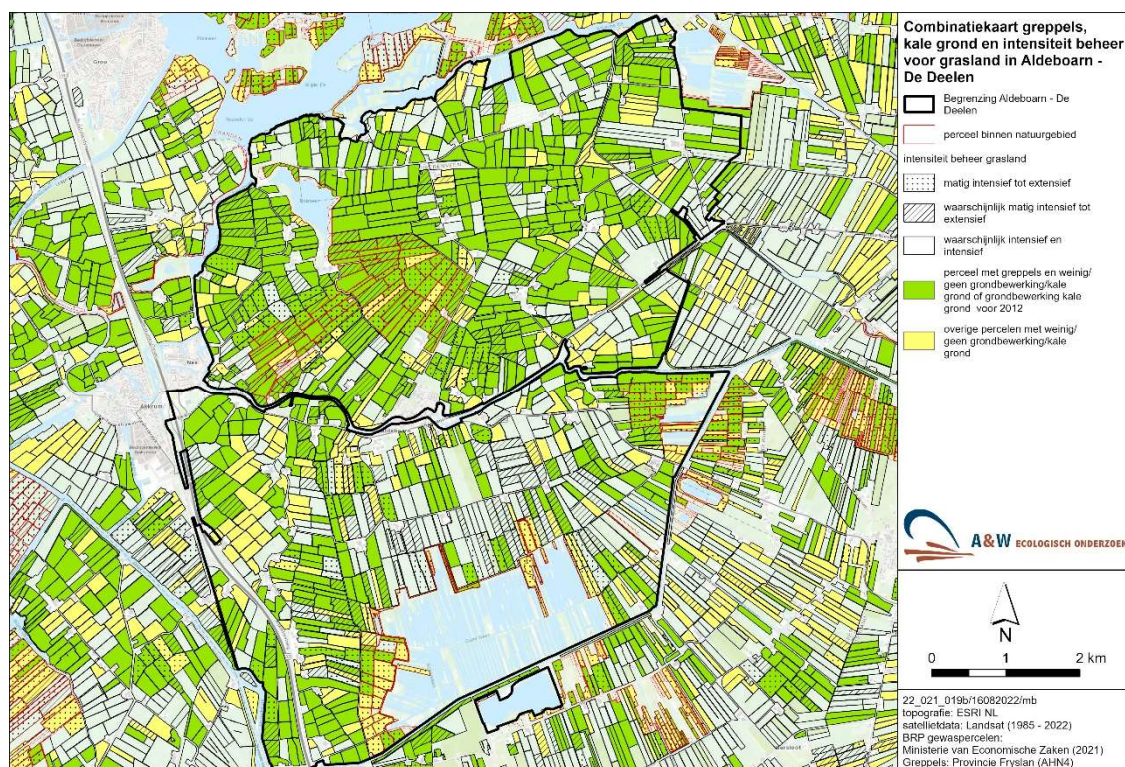
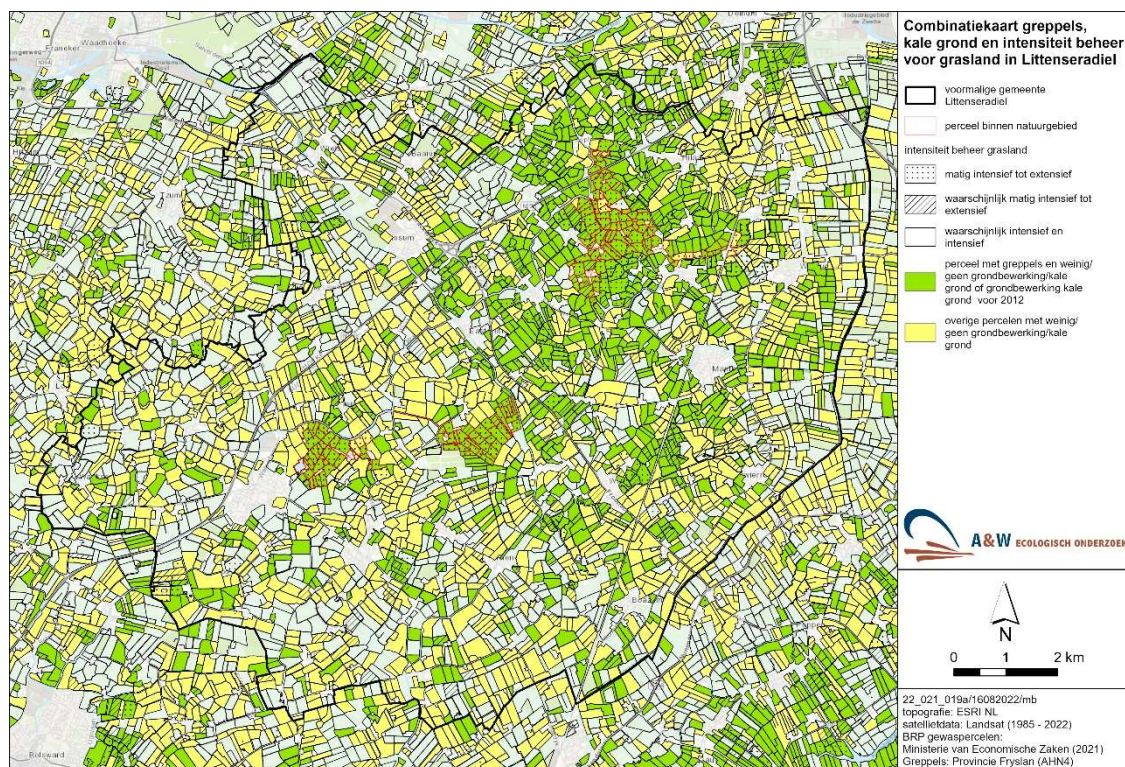
- Over de periode 1985-2020 is op 30% (Littenseradiel) tot 43% (ADD) van de totale oppervlakte kale grond/grondbewerking gedetecteerd, veelal voor graslandvernieuwing of maisteelt. Op 10% van het areaal in zowel Littenseradiel als ADD is in de laatste tien jaar nog kale grond/grondbewerking gedetecteerd. Frequente grondbewerking (in 6-10 jaren van de beschouwde periode) heeft meestal van recente periode en heeft betrekking op maisteelt;
- Op een belangrijk deel van de graslanden is geen grondbewerking gedetecteerd; in de beginperiode (vóór 1999) kan grondbewerking op percelen zijn gemist, omdat in die periode minder satellietbeelden beschikbaar waren.
- Over de periode 2018-2020 is het landgebruik op 65% (ADD) tot 83% (Littenseradiel) van de totale oppervlakte als (waarschijnlijk) intensief geclassificeerd. Het aandeel akkerland (vooral maisteelt) was met 3% vergelijkbaar in beide gebieden. Een kwart van het landgebruik in ADD werd als 'waarschijnlijk' intensief getypeerd, hoger dan in Littenseradiel (18%), en duidend op een gemiddeld genomen minder intensief gebruik in het veenweidegebied.
- Grasland waarvan het gebruik als (waarschijnlijk) extensief is geclassificeerd valt grotendeels onder een beheerregime (ANLB) of ligt in natuurgebied. Daarbuiten komt die categorie relatief weinig voor (ADD 16% en Littenseradiel 7,5% van de totale oppervlakte). Echter, absoluut gaat in ADD om 656 ha en in Littenseradiel om 821 ha, in beide gevallen beduidend meer dan ANLB en natuurgebied;
- Ten aanzien van bodemrust zijn de verschillen tussen intensief en matig intensief grasland niet groot. Het areaal waar geen kale grond/grondbewerking is gedetecteerd is wel hoger in de groep matig intensief tot extensief gebruikte graslanden. In de groep intensieve graslanden is een groter aandeel meer recent nog bewerkt.
- Er zijn grote verschillen in de aanwezigheid van greppelland. In Littenseradiel bedraagt het areaal met greppels 31% van de oppervlakte en zonder greppels 69%. In ADD is dat precies andersom. Het areaal greppelland is in het veenweidegebied meer dan tweemaal zo groot terwijl het gebruik minder intensief lijkt te zijn en er meer grondbewerking is geweest. Dit duidt er op, dat in het veenweidegebied na grondbewerking voor bv. graslandvernieuwing greppels opnieuw worden aangebracht, overigens vaak in lagere dichtheden. De aanwezigheid van greppels is, zeker in het veenweidegebied, niet per sé een indicator van oud, cultuurhistorisch waardevol greppelland;

- Uit de combinatie van greppelland met landgebruik blijkt dat in het overgrote deel van het extensieve grasland greppels aanwezig zijn. In ADD geldt dit ook voor intensief grasland (op 70,9% van de oppervlakte) maar niet in Littenseradiel (27,8%).
- De locaties met veel microreliëf (hoge greppeldichtheid en andere microreliëf) blijken zowel in ADD als Littenseradiel vaak aangewezen te zijn als natuurgebied. Echter, ook buiten natuurgebieden zijn nog arealen greppelland met veel microreliëf, vaak aansluitend aan de natuurgebieden. Niet altijd maar vaak wel is het landgebruik extensief; hier liggen goede mogelijkheden voor de Erfgoed Deal.
- Oud grasland en oud greppelland voorziet in een groot aantal ecosystemendiensten, in het bijzonder voor de opslag van koolstof, klimaatregulatie, waterkwaliteit, waterhuishouding, biodiversiteit, cultuurhistorie en de landbouwkundige opbrengst; Deze graslanden hebben een grote meerwaarde ten opzichte van intensief gebruikte graslanden. Greppelland heeft naast de belangrijke cultuurhistorische waarde, vooral ook betekenis voor broedende weidevogels en doortrekkende steltlopers (Watersnip);
- Uit de analyses blijkt, dat de intensiteit van het landgebruik in het veenweidegebied in ADD gemiddeld genomen minder intensief lijkt te zijn dan in Littenseradiel, terwijl meer bodemwerking heeft plaatsgevonden.
- Het veldonderzoek naar de graslandvegetaties laat zien, dat de (waarschijnlijk) extensieve graslanden gekenmerkt worden door soorten van weinig bemeste, matig voedselrijke graslanden. Ze zijn niet alleen soortenrijker maar hebben ook een (veel) hogere bedekking van kruiden en grassen van matig voedselrijke graslanden. Dat werkt ook door in de insectenrijkdom en de bodemstructuur (beworteling);
- Uit de verspreiding van weidevogels (nesten en broedparen) blijkt, dat de hoogste dichtheden worden bereikt in extensief gebruikt grasland, voor de Kievit 6,6x en de Grutto 2x hoger dan op intensief gebruikt grasland. Voor andere soorten is het verschil kleiner;
- Analyse van het terreingebruik van kieviten – als indicator van de kwaliteit van de graslanden (bodem, bodem- en oppervlaktefauna) – laat zien, dat kieviten vooral percelen gebruiken met een lagere frequentie van bodembewerking en een duidelijk voorkeur hebben voor extensieve graslanden; vaak zijn dat greppellanden. Wanneer we alleen kijken naar de factor greppels maken ze niet significant meer gebruik van greppelland dan vlak land. Het land- en bodemgebruik speelt hierin dus ook een belangrijke rol. Overigens is de steekproef van gezenderde kieviten nog klein.
- Uit de analyses in dit rapport ontstaat het beeld, dat de kwaliteiten van oud grasland bij een hoge mestgift (drijfmest en kunstmest) en intensief gebruik (vroeg in het voorjaar maaien) overvleugeld worden door de intensiteit van het gebruik. Andersom neemt de kwaliteit van grasland met een extensief gebruik met de jaren toe, doordat het bodemecosysteem tot rust komt, en vegetatie en bodemfauna zich kunnen ontwikkelen.

8.2 Aanbevelingen

De aanvraag die de Provincie Fryslân heeft gedaan in het kader van de Erfgoed Deal richt zich op het beschermen en herstel van oud greppelland en oud grasland in Friese veen- en kleiweiden, en dit in te zetten voor nieuwe, actuele opgaven. De in dit rapport gepresenteerde (en digitaal aangeleverde) kaarten hebben een ondersteunende rol bij de aanvraag gespeeld en de uitwerking. En dat geldt in het bijzonder voor ADD en Baarderadeel, onderdeel van de voormalige gemeente Littenseradiel.

De gepresenteerde kaarten geven – binnen de aangegeven marges van betrouwbaarheid - inzicht in de mate van bodemrust (detectie kale grond/bodembewerking), intensiteit van het landgebruik en de aanwezigheid van greppelland en de delen met veel microreliëf. In zijn algemeenheid is het aan te bevelen om voor de Erfgoed Deal de prioriteit te leggen bij percelen



Figuur 8.1. Combinatiekaarten voor resp. Littenseradiel (boven) en ADD (onder) van de aanwezigheid van greppelland op percelen met geen of weinig detectie van kale grond/grondbewerking (tenminste tien jaar geleden) en de intensiteit van het landgebruik.

met veel microreliëf, in het bijzonder waar deze relatief extensief worden gebruikt, er geen sprake is van recente of frequente bodembewerking en het om grotere eenheden gaat aansluitend bij reeds beschermde gebieden. Op die wijze is het mogelijk om deze ook in te zetten voor nieuwe, actuele opgaven, zoals weidevogels (Aanvalsplan Grutto!) en klimaatdoelen (waterhuishouding). Daarbij moet in hoge mate rekening gehouden worden met de grote verschillen tussen de gebieden, zoals die uit de analyses in dit rapport naar voren komen.

In figuur 8.1 zijn voor resp. Littenseradiel en ADD combinatiekaarten gemaakt van de aanwezigheid van greppelland op percelen met geen of weinig of grondbewerking (tenminste tien jaar geleden en de intensiteit van het landgebruik. Voor Littenseradiel valt op dat vooral in de driehoek Leeuwarden – Winsum – Wiuwerd een groot areaal ligt, rond de Lionserpolder, dat interessant is in dat verband. De bestaande natuurgebieden – inclusief Skrok en Skrins - vormen het hart van dit gebied. Juist in dit gebied liggen veel mogelijkheden om de kwaliteiten van relatief extensief gebruikt, ouder greppelland in te zetten voor bijvoorbeeld het Aanvalsplan Grutto en andere opgaven.

In ADD lijken de kansen vooral groot in het gebied van de Soarremoarre, ten noorden en noordwesten van Aldeboarn en bij de Botmar. Ook liggen er interessante mogelijkheden aan de westkant van De Deelen. Dat zijn de grotere arealen, maar lokaal zijn er ook mogelijkheden zoals bij Warniahuizen. Daarbij geldt, dat niet alle cultuurhistorisch belangwekkende sporen op deze kaarten naar voren komen, soms bijvoorbeeld omdat percelen intensief worden gebruikt. Daarom is het aan te bevelen om de kaart in figuur 8.1 voor gebruik te combineren met de kaart met microreliëf en op die wijze percelen te vergelijken. Een voorbeeld is de situatie bij Warniahuizen, ten zuiden van de vroegere stroomdraad van de Boarn. Percelen waar op basis van veldonderzoek (J. van der Vaart, maart 2021) oude cultuurhistorische sporen zijn gevonden, komen wel tot uiting op de kaart met microreliëf maar niet op de combinatiekaarten, vanwege het relatief intensieve gebruik en tamelijk recente grondbewerking.

De analyses laten zien, dat genoemde zaken vaak samengaan. Dat is echter niet altijd het geval op perceelsniveau. Daarom dient bij de aanvraag ook altijd rekening gehouden te worden met gebiedsspecifieke informatie (Wiersma 2017, 2021) en de geomorfologische kaart, om zo cultuurhistorisch en landschappelijk waardevolle percelen te selecteren (vooral in de kleiweidegebieden). De meerwaarde van oud gras- en greppelland is uitgewerkt in hoofdstuk 6. Daar zitten duidelijke handvatten in om in het kader van de Erfgoed Deal aannemelijk te maken, dat oud en extensief gebruikt gras- en greppelland een toegevoegde waarde hebben, in het bijzonder ook voor de biodiversiteit.

9 Literatuur

- Altenburg, W., Wymenga, E., 1991. Beheersovereenkomsten in veenweiden; mogelijke effecten op vegetatie en weidevogels. *Landschap* 8/1: pp. 33-45.
- Bekkema, M.E. & Eleveld 2018. Mapping Grassland Management. Intensity Using Sentinel-2 Satellite. Data. *GI_Forum* 2018, Issue 1. Page: 194 - 213. Full Paper.
- Bekkema, M.E. 2017. The potential of Sentinel-2 data for detecting grassland management intensity to support monitoring of meadow bird populations. UNIGIS Msc thesis. VU Amsterdam. 126 p.
- Bruinzeel, L.W. & A.G.M. Schotman 2011 Onderbouwing verstoringsafstanden werkplan weidevogels in Fryslân, A&W rapport 1624/Alterra rapport 2184 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden/Alterra Wageningen.
- Coulibaly, S.F.M., M. Aubert, N. Brunet, F. Beau, M. Legas & M. Chauvat 2022. Short-term dynamic responses of soil properties and soil fauna under contrasting tillage systems. *Soil & Tillage Research* 215: 105191. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105191>
- D'hose T. & Ruyschaert G. (2017). Mogelijkheden voor koolstofopslag onder gras- en akkerland in Vlaanderen. ILVO mededeling 231, 76 pp. Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek, Merelbeke.
- De Wit, J. 2019. Effecten van greppel plas-dras. Publicatienummer 2019-029 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Hooijmeijer J., E. van der Velde , R. Fokkema, R. Howison , J. Onrust , E. Rakhimberdiev , A. Saarloos , E. Groenhof , T. Zeegers & T. Piersma 2021. Grutto-LandschapProject Jaarverslag 2020. Rapport van Conservation Ecology Group, Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), Rijksuniversiteit Groningen, 2. Division of Toxicology, Wageningen University, 3. EIS Kenniscentrum Insecten.
- Diek van et al. 2017; [Remote Sensing | Free Full-Text | Barest Pixel Composite for Agricultural Areas Using Landsat Time Series \(mdpi.com\)](https://www.mdpi.com/RemoteSensing/FreeFullText/BarestPixelCompositeforAgriculturalAreasUsingLandsatTimeSeries))).
- Frampton, W.J., Dash, J., Watmough, G. and E.J. Milton (2013). Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 82, pp. 83-92.
- Google Engine 2021: <https://earthengine.google.com/platform/>
- Hennekens, S. 2009. Protocol vegetatie-opnamen. Alterra, Wageningen. [Microsoft Word - Protocol Vegetatieopname.docx \(ndff.nl\)](https://www.alterra.nl/sites/default/files/2019-01/Protocol_Vegetatieopname.docx).
- Howison R.A., Piersma T., Kentie R., Hooijmeijer J.C.E.W., Olf H. 2018. Quantifying landscape-level land-use intensity patterns through radar-based remote sensing. *J Appl Ecol.* 2018; 55: 1276– 1287. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13077>.
- Iepema G., Deru J.G.C., Bloem J., Hoekstra N., de Goede R., Brussaard L. & van Eekeren N. 2020. Productivity and topsoil quality of young and old permanent grassland: an on-farm comparison. *Sustainability* 12, 2600.
- Iepema G., Hoekstra N.J., de Goede R., Bloem J., Brussaard L. & van Eekeren N. 2021. Extending grassland age for climate change mitigation and adaptation on clay soils. *European Journal of Soil Science* 73, e13134.
- Isselstein, J. & Kayser, M. 2014. Functions of grassland and their potential in delivering ecosystem services. *Grassland Science in Europe* 19, 199–214.
- Korevaar, H. (1986). Produktie en voederwaarde van gras bij gebruiks- en bemestingsbeperkingen voor natuurbeheer. (diss.) Rapport 101. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad.
- Loonstra, A.H.J., M. Terpstra, M. Bekkema 2021 Opgroeiomstandigheden van kievitkuikens op braakstroken in grasland. A&W-rapport 21-089. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden/Amsterdam.

- Melman, D., E. Kleyheeg, T. Visser, E. Oosterveld, M. Roodbergen & W. Teunissen 2020. Greppel-plasdras: bouwsteen voor beter weidevogelbeheer? *De Levende Natuur* 121: 181-185.
- Mettrop, I, J. Loonstra & E. Wymenga 2021. Ontwikkeling van kruidenrijke graslanden bij hoog grondwater in Friese veenweiden. Een overzicht van beschikbare kennis. A&W-rapport 20-326. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden /Amsterdam.
- Murray, P., Crotty, F. V., and Eekeren, N. V. 2012. *Management of Grassland Systems, and Soil and Ecosystem Services*. In: *Soil Ecology and Ecosystem Services*, New York, NY: Oxford University Press. doi: 10.1093/acprof:oso/9780199575923.003.0024
- Nijland, F. & A. Timmerman 2017. Terreinkeuze van pleisterende watersnippen op vochtige graslanden tijdens de voor- en najaarstrek. *Limosa* 90: 118-127.
- Onrust J. & T. Piersma, 2017. The hungry worm feeds the bird. *Ardea* 105: 153–161
- Plantureux, S., A. Bernues, O. Huguenin-Elie, K.A. Hovstad, J. Isselstein, et al. 2016. Ecosystem Service indicators for grasslands in relation to ecoclimatic regions and land use systems. The Multiple Roles of Grassland in the European Bioeconomy - 26th General Meeting of EGF, Trondheim, European Grassland Federation, Sep 2016, Trondheim, Norway. hal-03052688.
- Postma-Blaauw, R.G.M. de Goede, J. Bloem, J.H. Faber & L. Brussaard 2010. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology* 91: 460-473.
- Rouse Jr., J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and D.W. Deering (1974). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Presented at Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, NASA, Washington D.C., pp. 309-317.
- Schaminée, J., Haveman, R., Hommel, P. W. F. M., Janssen, J. A. M., de Ronde, I., Schipper, P. C., Weeda, E. J., van Dort, K. W., & Bal, D. (2017). *Revisie vegetatie van Nederland*. Westerlaan Publisher.
- Schils, R.L.M., C. Bufe, C.M. Rhymer, R.M. Francksen, V.H. Klaus, M. Abdalla, F. Milazzo, E. Lellei-Kova, H. ten Berge, C. Bertora, A. Chodkiewicz, C. Dămățircă, I. Feigenwinter, P. Fernandez-Rebollo, S. Ghiasi, S. Hejduk, M. Hiron, M. Janicka, R. Pellato, K.E. Smith, R. Thorman, T. Vanwallegheem, J. Williams, L. Zavattaro, J. Kampen, R. Derkx, P. Smith, M. Whittingham, N. Buchmann, J.P. Newell Price 2022. Permanent grasslands in Europe: Land use changes and intensification decrease their multifunctionality. *Agriculture, Ecosystems and environment* 330: 3-10. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107891>
- Sibanda, M, Mutanga. O. and M. Rouget 2015. Examining the potential of Sentinel-2 MSI spectral resolution in quantifying above ground biomass across different fertilizer treatments. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 110, pp. 55-65.
- Sibanda, M., Mutanga, O. and M. Rouget 2017. Testing the capabilities of the new WorldView-3 space-borne sensor's red-edge spectral band in discriminating and mapping complex grassland management treatments. *International Journal of Remote Sensing* 38(1), pp. 1-22.
- Slochteren, F. van 2021. Van greppel tot drainagebuis. Een interdisciplinair onderzoek naar het verleden en de toekomst van detailontwatering in het noordelijke kleilandschap. Rapport RUG, Groningen.
- Soussana, J.F., T. Tallec & V. Blanfort 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal* (2010), 4:3, pp 334–350. doi:10.1017/S1751731109990784
- Van Eekeren, N., E. Jongejans, M. van Agtmaal, Y. Guo, M. van der Velden, C. Versteeg & H. Siepel 2022. Microarthropod communities and their ecosystem services restore when permanent grassland with mowing or low-intensity grazing is installed. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 323: 107682.

- Van Eekeren, N., L. Bommel  , J. Bloem, T. Schouten, M. Rutgers, R. de Goede, D. Reheul & L. Brussaard 2008. Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *Applied Soil Ecology* 40: 432-446.
- Van Eekeren, N., P.J. Murray & F.W. Smeding 2010. Soil biota in grassland, its ecosystems and the impact of management. In: *Permanent and Temporary Grassland: plant, environment and economy*. Proceedings of the 14th Symp. of the European Grassland Federation 2007. Gent. Pp. 247-258.
- van Strien, A. J., Th. C. P. Melman, J. L. H. de Heiden 1988. Extensification of dairy farming and floristic richness of peat grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 36 (1988) 339-355
- Van Uytvanck, J. & K. Decl  er 2017. Advies betreffende de impact van het verbod op het scheuren van ‘permanent grasland’ in het Vlaams Ecologisch Netwerk en het ecologisch belang van ‘oud grasland’. Advies nr. INBO.A.3595. INBO.
- Wardle D.A. 1995. Impact of disturbance on detritus food-webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances in Ecological Research*, 26, 105-185.
- Wiersma, J. 2017. De Greidhoeke. Cultuurhistorie van een rijk weidevogelgebied. Utrecht: Stichting Matrijs.
- Wiersma, J. 2021. Cultuurhistorische verdieping Aldeboarn De Deelen. Rapport de Herontdekkingsreiziger. Provincie Fryslân/ Stichting Nije Boarn.
- Wymenga, E. & M. Bekkema 2021. Blijvend grasland in laag Friesland. Analyse van grondbewerking en gebruiksintensiteit van graslanden in laag Friesland met satellietbeelden . A&W-rapport 20-477. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Wymenga, E. , N. Beemster, D. Bos, M. Bekkema & E. van der Zee 2021. Recurring outbreaks of common vole (*Microtus arvalis*) in grasslands in the low-lying parts of the Netherlands. *Lutra* 64: 81-101.
- Ybema, K. Planteninventarisatieverslag 2021. Hoptille, Jorwert, Bears, Lionserpolder. Verslag Natuurmonumenten.
- Ybema, K. Planteninventarisatieverslag 2021. Oudemirdum, Skrok, Skrins. Verslag Natuurmonumenten.

Bijlage 1 Landsat data

jaartal	ls 5	datum range	ls 7	datum range	ls 8	datum range	totaal	
1985	15	27-1 t/m 19-10	0		0		15	
1986	19	6-4 t/m 16-11	0		0		19	7; 6-4 t/m 23-6; 12; 3-8 t/m 16-11
1987	22	2-2 t/m 3-11	0		0		22	
1988	14	29-1 t/m 21-11	0		0		14	4; 29-1 t/m 27-4; 10; 1-8 t/m 21-11
1989	20	9-2 t/m 22-11	0		0		20	
1990	20	19-2 t/m 18-11	0		0		20	15; 19-2 t/m 20-7; 5; 8-9 t/m 18-11
1991	16	28-1 t/m 5-11	0		0		16	
1992	8	9-2 t/m 24-5	0		0		8	Alleen gegevens voor eerste deel van het jaar; de rest van het jaar te slechte kwaliteit
1993	12	27-2 t/m 19-11	0		0		12	3; 27-2 t/m 15-3; 9; 9-5 t/m 19-11
1994	15	7-2 t/m 10-9	0		0		15	
1995	19	21-3 t/m 29-9	0		0		19	
1996	0	14-3 t/m 8-9 (14)	0		0		0	minder data voor westelijke deel fri; oostelijke deel afwijkende BSI waardes; niet meenemen in analyse
1997	16	15-2 t/m 18-9	0		0		16	geen smoothing nodig
1998	17	31-1 t/m 21-9	0		0		17	geen smoothing nodig
1999	19	27-1 t/m 4-11	20	7-7 t/m 28-11	0		39	geen smoothing nodig
2000	10	30-1 t/m 19-9	36	31-1 t/m 14-11	0		46	geen smoothing nodig
2001	11	10-2 t/m 9-11	42	17-1 t/m 15-11	0		53	geen smoothing nodig
2002	5	13-2 t/m 5-6	38	18-1 t/m 20-11	0		43	geen smoothing nodig
2003	11	8-7 t/m 14-10	22	11	0		33	1x smoothing toegepast, op ls7 mist een brede baan tussen ameland en lemmer
2004	20	25-1 t/m 24-11	12	27-2 t/m 23-11	0		32	1x smoothing toegepast
2005	23	21-2 t/m 18-11	15	31-3 t/m 27-11	0		38	1x smoothing toegepast
2006	16	30-1 t/m 22-11	12	10	0		28	1x smoothing toegepast
2007	15	27-2 t/m 29-8	13	30-3 t/m 18-11	0		28	1x smoothing toegepast
2008	9	8-3 t/m 2-10	12	11	0		21	1x smoothing toegepast
2009	14	14-2 t/m 28-11	16	19-3 t/m 20-11	0		30	1x smoothing toegepast

		25-1 t/m 24-		14-4 t/m 27-			
2010	15	10	14	10	0	29	1x smoothing toegepast
2011	20	28-1 t/m 25-9	17	2-3 t/m 20-11	0	37	2x smoothing toegepast
				27-3 t/m 22-			
2012	0		18	11	0	18	
					30-3 t/m		
2013	0		20	5-3 t/m 25-11	26	26-11	46
				28-1 t/m 28-		27-1 t/m	
2014	0		37	11	40	13-11	77
				22-1 t/m 22-		16-1 t/m	
2015	0		32	11	42	23-11	74
				25-1 t/m 26-		17-1 t/m	
2016	0		29	11	36	25-11	65
				20-1 t/m 13-		19-1 t/m	
2017	0		31	11	36	28-11	67
				30-1 t/m 16-		7-2 t/m 1-	
2018	0		38	11	38	12	76
				11-2 t/m 19-		18-1 t/m	
2019	0		34	11	38	25-11	72
						21-1 t/m	
2020	0		28	7-2 t/m 5-11	40	29-11	68
Totaal	401		536		296		1233

Adres

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl

www.altwym.nl

Adres Amsterdam

Gebouw Matrix II,
Science Park 400/K1.08/1.09
1098 XH Amsterdam