



Boeren tussen Boomwallen

Het effect van houtwallen en elzensingels
in de Noordelijke Friese Wouden

Eindrapport maart 2026, Burgum



Colofon

Dit rapport is tot stand gekomen als onderdeel van het project *Boeren tussen Boomwallen*. In dit project zijn bij zeven boerenbedrijven in de Noardlike Fryske Wâlden (NFW) de effecten van boomwallen onderzocht op het boerenbedrijf en het landschap. Met dit rapport geven we agrariërs inzicht in boomwallen voor een natuurinclusieve bedrijfsvoering waarin houtige gewassen zoals bomen en struiken worden gecombineerd met klassieke landbouwgewassen en veeteelt.

Dit project wordt mede mogelijk gemaakt door:

De Versnellings Agenda, Provinsje Fryslân en Fjildlab Noordoost Fryslân.

Dit project is in samenwerking uitgevoerd met:

Landschapsbeheer Friesland (LBF), de Friese Milieu Federatie (FMF), de Vereniging voor Agrarisch Natuur en Landschapsbeheer Achtkarspelen (VANLA), en het Louis Bolk Instituut (LBI), Hogeschool Van Hall Larenstein (HVHL), en de Noardlike Fryske Wâlden (NFW).

Auteurs:

Evert Prins, Jacco de Stigter, Waas Thissen (Louis Bolk Instituut)

Wiepk Voskamp-Harkema, Marieke Jelsma, Steven van Gils (Van Hall Larenstein)

Arjen Strijkstra, Ate Boerema, Rutger Boersma, Robert-Jan van Diepen (Van Hall Larenstein)

Gerrit Tuinstra (Landschapsbeheer Friesland)

Jelle Pilat (Noardlike Fryske Wâlden)

Met dank aan:

Alle bedrijven die hebben deelgenomen aan dit project en/of informatie beschikbaar hebben gesteld.

Vormgeving:

Vloghulp

© Noardlike Fryske Wâlden

Maart 2026

VERSNELLINGS Subsidieregeling
AGENDA Regiodeal
Noordoost-Fryslân

provinsje fryslân
provincie fryslân

Fjildlab
noordoost fryslân



Landschapsbeheer Friesland



Louis Bolk
Instituut

van hall
larenstein
university of applied sciences



Inhoudsopgave

Inleiding	5
Themasheet: Klimaatrobustheid	6
Inleiding	6
Methode & onderzoek	6
Resultaten	7
Conclusies	9
Themasheet: Biodiversiteit	10
Biodiversiteit I - Broedvogels en habitats	11
Inleiding	11
Het onderzoek	11
Resultaten en conclusies	12
Biodiversiteit II - Insecten biodiversiteit noord en zuid	13
Inleiding	13
Het onderzoek	13
Samenvatting en conclusie	17
Biodiversiteit III - Parameters van belang voor broedvogels	18
Inleiding en methodiek	18
Resultaten belangrijke parameters broedbiotoop	19
Resultaten inventarisatie broedvogels en wintervogels	22
Themasheet: Dierenwelzijn en diergezondheid	23
Inleiding	23
Materiaal en methode	24
Resultaten	26
Conclusie	30
Themasheet: Landschapskwaliteit	31
Inleiding	31
Methodiek	31
Resultaten kwantiteit	32
Resultaten kwaliteit lijnvormige elementen	33
Samenvatting en conclusie	38
Themasheet: Koolstofvastlegging	39
Inleiding	39
Methode	40

Resultaten	41
Conclusies.....	47
Themasheet: Stikstof(efficiëntie)	48
Inleiding.....	48
Methoden	50
Resultaten	51
Conclusie	52
Themasheet: Grasopbrengst	53
Inleiding.....	53
Methode van onderzoek.....	53
Resultaten	54
Conclusie	60
Integraal kosten-batenoverzicht.....	61
Inleiding.....	61
Bij optimale groeicondities	62
Bij droogte en hitte.....	63
Financiële doorrekening.....	64
Eindreflectie NFW	66
Literatuur.....	69
Bronnen: Biodiversiteit	69
Bronnen: Klimaatrobustheid	69
Bronnen: Koolstofvastlegging.....	69
Bijlagen	71
Bijlagen: Factsheets	71
Bijlage 1 – Landschapskwaliteit inventarisatie methodiek	72
Bijlage 2 – Onderzoeksrapport Koolstof	78
Bijlage 3 – Bodem en graskwaliteit.....	101

Inleiding

Het project *Boeren tussen Boomwallen* is uitgevoerd vanuit een groeiende belangstelling onder agrariërs in de Noardlike Fryske Wâlden (NFW) voor een meer natuurinclusieve bedrijfsvoering waarin houtige gewassen, zoals bomen en struiken, worden gecombineerd met klassieke landbouwgewassen en veeteelt. Deze vorm van agroforestry wordt gezien als een kansrijke aanvulling op het bestaande verdienmodel van melkveehouders, met potentiële bijdragen aan koolstofvastlegging, ecosysteemdiensten, diergezondheid, biodiversiteit en landschapskwaliteit. Tegelijkertijd sluit deze benadering aan bij maatschappelijke opgaven op het gebied van klimaat, natuur en toekomstbestendige landbouw, en bij het behoud van het karakteristieke coulisselandschap van de regio.

In de praktijk bleek dat agrariërs bij het toepassen en doorontwikkelen van elzensingels en houtwallen tegen verschillende knelpunten aanlopen. Het gaat daarbij om vragen over economische haalbaarheid, meetbare ecologische effecten, juridische consequenties en de inpasbaarheid binnen de bestaande bedrijfsvoering en regelgeving. Daarnaast is agroforestry als vakgebied nog relatief jong en ontbreekt het vaak aan robuuste, praktijkgerichte kennis en onderbouwde cijfers die boeren ondersteunen bij besluitvorming en investeringen.

Tegen deze achtergrond is het project *Boeren tussen Boomwallen* uitgevoerd. Gedurende een periode van circa 2,5 jaar is er uitgebreid veldonderzoek gedaan op 5 verschillende bedrijven. Ook is er literatuuronderzoek gedaan en zijn er externe partijen ingeschakeld om voor specifieke thema's verdiepend onderzoek te doen.

Het centrale doel van het project was het expliciet maken van de ecologische en economische waarde van een bedrijfsvoering waarin houtige gewassen worden gecombineerd met veeteelt, specifiek in de context van de melkveehouderij in de NFW. Door elzensingels en houtwallen aanvullend en functioneel te waarderen, beoogde het project bij te dragen aan het behoud van het historische cultuurlandschap en aan de ontwikkeling van ecosysteemdiensten met een financieel perspectief op de lange termijn voor de boer.

De uitvoering van het project is vormgegeven langs tien samenhangende thema's, waaronder gewas- en houtopbrengsten, melkopbrengst, koolstofvastlegging, dierenwelzijn en diergezondheid, biodiversiteit, stikstof, klimaatrobustheid, landschapskwaliteit en recreatie en educatie. Deze thema's zijn integraal benaderd, met aandacht voor onderlinge samenhang en synergie. Voor de deelnemende boeren stond centraal hoe meerdere thema's gezamenlijk kunnen bijdragen aan een gedragen en bedrijfsspecifiek verdienmodel.

Deze eindrapportage beschrijft de uitgevoerde activiteiten, de opzet van de experimenten en monitoring, en de belangrijkste resultaten en inzichten die gedurende het project zijn opgedaan. Daarnaast wordt gereflecteerd op de betekenis van deze resultaten voor de verdere ontwikkeling van agroforestry en natuurinclusieve melkveehouderij in de Noardlike Fryske Wâlden, en worden aanknopingspunten geboden voor vervolgonderzoek, beleid en praktijk.

Themasheet: Klimaatrobuustheid

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Evert Prins, Jacco de Stigter, Waas Thissen (Louis Bolk Instituut)



Inleiding

Binnen het project *Boeren tussen Boomwallen* wilden we beter grip krijgen op wat bomen en struiken voor invloed hebben op de klimaatrobuustheid van het bedrijf. Het project is opgeknipt in 10 thema's die door boeren belangrijk werden geacht. Klimaatrobuustheid is een overkoepelend thema waar veel andere thema's in samenkomen. Klimaatrobuustheid is daarom niet uit te drukken in een bepaald getal en kent geen eigen eenheden en grootheden. Klimaatrobuustheid is meer een verzameling van aspecten die uitdrukken hoe goed het bedrijf omgaat met extremere weersomstandigheden als wind, extreme neerslag, extreme droogte en extreme hitte. Op het melkveebedrijf komt dat tot uiting door wisselingen in grasopbrengst en voederkwaliteit en dierenwelzijn (met name hittestress). We behandelen hier daarom zowel het watersysteem en klimaatrobuustheid als systeem.

Methode & onderzoek

Het Actieprogramma klimaatadaptatie landbouw (Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit, 2020) noemt negen uitdagingen van klimaatverandering voor de landbouw, waarvan de volgende voor de Noordelijke Friese Wouden van belang kunnen zijn:

- Een dalend grondwaterpeil;
- Te veel water of wateroverlast;
- Verdroging van gewassen of verbranding van gewassen;
- Hittestress bij vee.

De eerste drie uitdagingen hebben betrekking op het watersysteem en hebben verband met de thema's grasopbrengst en stikstof en (bodem)koolstof. De effecten van bomen en struiken op het laatste punt worden behandeld in het thema over dierenwelzijn. Dit laat al zien dat klimaatrobuustheid een breed thema is, waarbinnen specifieke onderwerpen vallen die elders in deze rapportage uitgebreider worden uitgewerkt. Om verbanden tussen de thema's op klimaatrobuustheid als geheel aan te tonen, verzamelen we aan het eind van dit rapport de gevonden resultaten in het hoofdstuk integraal kosten- en batenoverzicht.

Hoe goed het bedrijf om kan gaan met extreme weersomstandigheden hangt dus samen met het effect van water op de bodem en andersom. In dit project is hieraan gemeten in de vorm van bodem- en luchtvochtmetingen en bovengrondse en ondergrondse temperatuurmetingen op verschillende afstanden van boomwallen en elzensingels. Ook zijn er bodemmonsters gestoken tot een diepte van 25 centimeter op verschillende afstanden van de bomenrij om het organische stofgehalte te beoordelen. Dicht zegt iets over het vermogen van de bodem om vocht vast te houden. Deze resultaten worden hier kort besproken en uitgebreider in de hoofdstukken over dierenwelzijn en koolstofvastlegging.



Resultaten

Vochthuishouding

We gaan hier iets verder in op het effect van bodem op water. De verwachte effecten die houtwallen (HW) en elzensingels (ES) kunnen hebben op het vasthouden van water worden in tabel 1 getoond. Het saldo van de effecten in de tabel kan zowel positief als negatief zijn en is afhankelijk van de context specifieke zaken als grondsoort, grondwaterstand, boomsoorten, boomdichtheid en oriëntatie van boomrijen.

De verwachting was dat schaduw en windremming helpen bij het verminderen van verdamping. Ook kan het laten liggen van bladafval helpen bij het verhogen van bodemorganische stof en daarmee het vasthouden van vocht. Vooraf werd ook verwacht dat de wortels van de boomwallen een liftende werking kunnen hebben van vocht voor omliggende planten en organismen. Daar tegenover werd ook verwacht dat de boomwallen en elzensingels zelf negatief bijdragen aan de vochthuishouding door hun eigen vochtconsumptie.

Verwachte effecten boomwal/elzensingel	Positief effect vochthuishouding	Negatief effect vochthuishouding
<i>Vochtopname</i>		Verhoogd door vochttopname van ES/HW
<i>Schaduwwerking</i>	Bijdrage aan minder verdamping	
<i>Windremming</i>	Bijdrage aan minder verdamping	
<i>Toename bodemorganische stof door bladval, wortelsterfte, etc.</i>	Vocht wordt langer vastgehouden	
<i>Betere infiltratie door wortels van HW/ES</i>	Betere infiltratie; Hydraulische lift:	
<i>Hydraulische lift</i>	Boomwortels halen vocht van diepere bodemlagen naar boven	

Tabel 1: Verwachte effecten van houtwallen en elzensingels op de waterbalans.

Samenhang onderzoeken

Binnen het project is bovengronds en ondergronds gekeken naar bodemvocht bodemtemperatuur, luchtvochtigheid, luchttemperatuur, graskwaliteit, voederwaarde en bodemkoolstof en bodemorganische stof op verschillende afstanden van boomwallen en elzensingels. Om herhaling te voorkomen worden de methoden en resultaten binnen andere thema's besproken. Hieronder kunnen we al een paar kernresultaten delen (zie tabel 2). Waarbij er grote verschillen zijn in effect per thema.

Uit het onderzoek blijkt dat er een positief effect is op het gebied van dierenwelzijn en biodiversiteit en een negatief effect op het gebied van grasopbrengst. Daarbij moet in acht worden genomen dat de grasopbrengst maar beperkt (gedurende één groeiseizoen) is gemonitord. Mogelijk wordt een licht positief effect verwacht in perioden van extreme droogte. Maar ook dan is het effect heel locatie specifiek. Boeren zien in de praktijk zowel méér als minder verdroging rondom de bomen in tijden van droogte.

Meting/onderwerp	Uitgebreid terug te vinden in	Conclusie
<i>Bodemvocht</i>	<u>Grasopbrengst</u>	Klein effect, droger bij de boom
<i>Bodemtemperatuur</i>	<u>Grasopbrengst</u>	Groot effect, koeler bij de boom
<i>Luchtvochtigheid</i>	<u>Dierenwelzijn</u>	Klein effect, dichtbij de boom hogere luchtvochtigheid
<i>Bovengrondse temperatuur</i>	<u>Dierenwelzijn</u>	Groot effect, koeler bij de boom
<i>Drogestofopbrengst gras</i>	<u>Grasopbrengst</u>	Slechtere opbrengst dicht bij de boomrij, hogere opbrengst verderop is niet vastgesteld.
<i>Voederwaarde</i>	<u>Grasopbrengst</u>	Slechtere voederwaarde dichterbij de bomenrij
<i>Bodemkoolstof/- OS</i>	<u>Koolstofvastlegging</u>	Vanaf 1m van de bomenrij geen effect
<i>Biodiversiteit</i>	<u>Biodiversiteit</u>	Positief effect dicht bij de boom

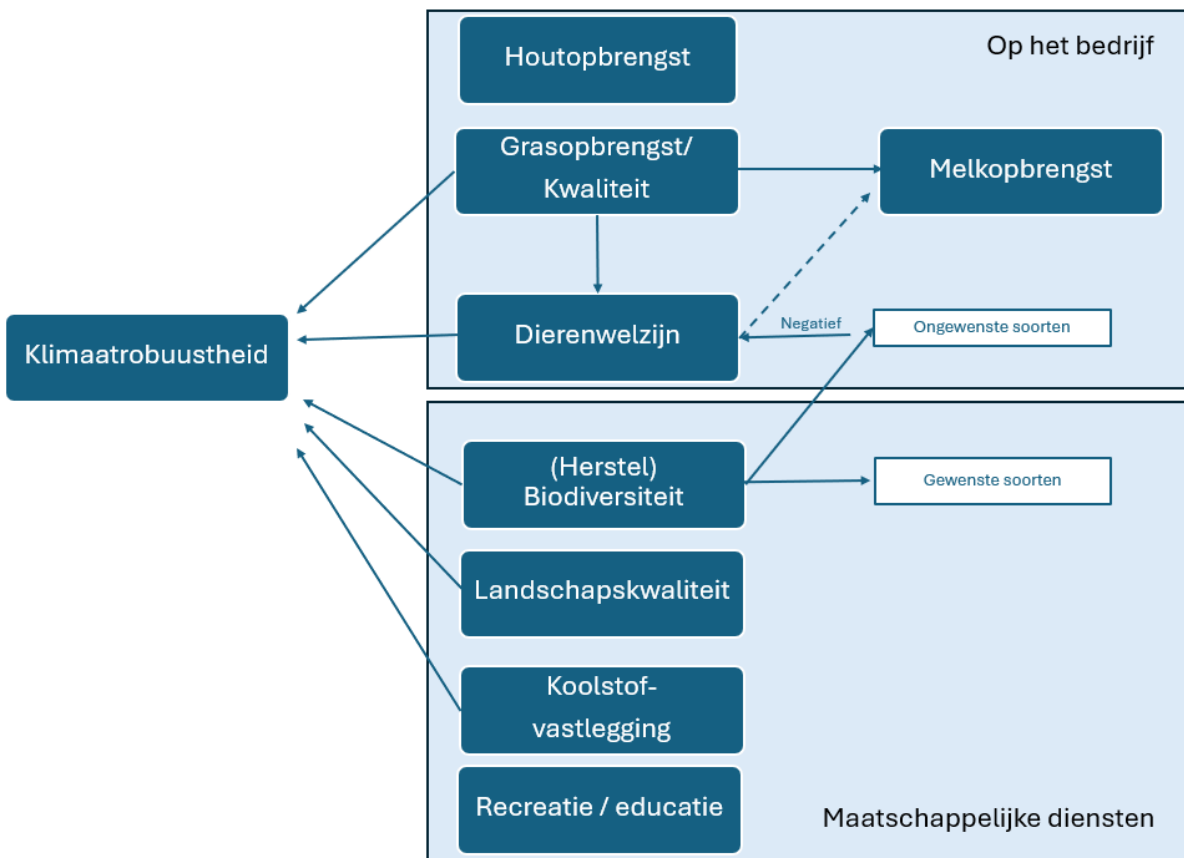
Tabel 2: Overzicht themasheets en resultaat per subonderzoek.

Conclusies

In het project is naar voren gekomen dat klimaatrobustheid een thema is wat voor boeren zeer belangrijk wordt geacht, maar moeilijk in één bepaald getal uit te drukken is. Veel van de andere thema's waaraan in dit project is gewerkt hebben een sterk verband met klimaatrobustheid. Dit verband wordt duidelijker gemaakt aan het eind van dit rapport in het vervolghoofdstuk integraal kosten- en batenoverzicht.

De verwachte effecten op de kosten en baten zijn tevens meegenomen in de thema's grasopbrengst, dierenwelzijn, melkopbrengst en koolstofvastlegging. In het kosten- en batenoverzicht wordt dit samengevat.

Om hier vorm aan te geven hebben we het verband in dit onderstaande figuur samengevoegd. Zoals je in het bovenste blok van dit figuur kan zien, zijn er deelaspecten die vooral voor het bedrijf zelf van belang zijn en geldelijk uitgedrukt zouden kunnen worden in de melkopbrengst of houtopbrengst. Maar minstens zo belangrijk is ook de maatschappelijke kant van klimaatrobustheid. Aangezien een boerenbedrijf onderdeel is van het overkoepelende klimaatsysteem waar het positief en negatief aan kan bijdragen. Hoe deze deelaspecten op elkaar inwerken, komt terug in het vervolg op deze themasheet aan het eind van dit rapport.



Figuur 3: Binnen het project is aan verschillende thema's gewerkt, waarbij veel thema's (grasopbrengst, dierenwelzijn, biodiversiteit, landschapskwaliteit en koolstofvastlegging) subonderdelen zijn van het overkoepelende thema klimaatrobustheid.

Themasheet: Biodiversiteit

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden



Binnen dit onderdeel van het project is ingezoomd op de biodiversiteit op de deelnemende bedrijven, door middel van de volgende drie onderwerpen, waarvan de resultaten hierna op beknopte wijze worden beschreven:

- Broedvogels en habitats – door Van Hall Larenstein
- Insecten biodiversiteit van noord en zuid – door Van Hall Larenstein
- Parameters van belang voor broedvogels – door Landschapsbeheer Friesland



Insecten op een schermbloemige in een slootkant.

Biodiversiteit I - Broedvogels en habitats

Wiepk Voskamp-Harkema, Marieke Jelsma, Steven van Gils (Van Hall Larenstein)

Inleiding

In de uitvoering van het project zijn op zeven locaties houtwallen en elzensingels in kaart gebracht in het landbouwlandschap van de Noardlike Fryske Wâlden.

In het voorjaar van 2023 hebben we op twee locaties specifiek de aanwezigheid van broedvogels en hun habitats onderzocht. In een houtwal en een elzensingel werd de biodiversiteit gemeten in termen van vegetatie en broedvogels. Extra aandacht ging uit naar zeldzame vogelsoorten en de aanwezigheid van vegetatie die bepalend is voor de kwaliteit van habitats van deze vogels.

Het onderzoek

De hoofdvraag in het onderzoek was: “Wat is de huidige waarde van houtwallen en elzensingels op gebied van biodiversiteit in vegetatie en broedvogels?”

Om deze hoofdvraag te beantwoorden zijn op twee proeflocaties *vegetatieopnames* en *vogeltellingen* uitgevoerd aan een houtwal en een elzensingel. Van beide zijn 25 meter in de lengte en 1 meter in de breedte geïnventariseerd.

Daarna zijn percelen geïnventariseerd, aan beide kanten van de houtwal/elzensingel één. Op elk perceel zijn zes vegetatieopnames gedaan van 1 m²: drie vegetatieopnames op twee meter van de houtwal/elzensingel en drie vegetatieopnames op 25 meter van de houtwal/elzensingel, met tien meter tussen elke plot.

Tot slot zijn er zes broedvogeltellingen gedaan, met telkens minimaal negen dagen tussen de tellingen. Er is vanaf zonsopkomst per gebied 1,5 uur geteld, hierbij is het gebied zo goed mogelijk doorlopen.



Foto 1: Boerenbedrijf met houtwallen en elzensingel.

Resultaten en conclusies

In de houtwallen en elzensingels werden respectievelijk 23 en 21 plantensoorten gevonden. Beide vegetaties verschilden sterk: slechts enkele soorten zoals enkele grassen, kleeftuif en grote brandnetel, kwamen in beide structuren voor.

De elzensingel ligt lager en is natter, waardoor soorten als gele lis, gewoon speenkruif en aalbes er groeien. De iets hoger gelegen houtwal heeft een vochthoudende bodem waar pitrus, wilde kamperfoelie en gewone hennepnetel goed gedijen.

Ook de graslanden naast deze elementen lieten een gevarieerde vegetatie zien. In proefvlakken van 1 m² werden soms meer dan tien gras- en kruidensoorten waargenomen. Sommige hiervan zoals witte klaver, pinksterbloem, kruipende boterbloem en paardenbloem, zijn belangrijk als voedselbron of waardplant voor insecten.

Andere soorten zoals Engels raaigras, zijn vooral van belang voor de agrarische functie van de percelen.

In en rond de houtwallen en elzensingels zijn meer dan 30 vogelsoorten herhaaldelijk waargenomen, overvliegende soorten zoals lepelaars niet meegeteld.

Meer dan 90% van de vogels bevond zich daadwerkelijk in deze landschapselementen. Zowel algemene soorten met een dalende trend, zoals de merel en spreeuw, als minder algemene soorten zoals de boomvalk, spotvogel en gekraagde roodstaart, maken er gebruik van. Voor hen vormt de combinatie van open veld en beschutting een aantrekkelijk leefgebied.

Vogelsoorten die op de Rode Lijst staan of van Fries belang zijn, werden niet vastgesteld. Deze soorten zijn doorgaans gebonden aan andere landschapstypen en komen daarom minder snel voor in de onderzochte gebieden.



Foto 2: Gele lis



Foto 3: Wilde kamperfoelie in houtwal

Biodiversiteit II - Insecten biodiversiteit noord en zuid

Arjen Strijkstra, Ate Boerema, Rutger Boersma (Van Hall Larenstein)

Inleiding

In dit onderzoek hebben we gekeken naar de insectenbiodiversiteit bij boomwallen in het landbouwlandschap van de Noardlike Fryske Wâlden. We hebben in vijf van de proeflocaties de biodiversiteit gemeten van bodem-bewonende lopende insecten, vliegende insecten en nachtvinders. Daarbij hebben we ons specifiek gericht op de verschillen tussen de noord- en zuidkant van boomwallen, vanwege de verschillen in zon en vochtigheid, wat verschillen in habitatkwaliteit met zich mee kan brengen. Daarmee kan het verschillende kansen bieden voor biodiversiteit in het algemeen.

Het onderzoek

We hebben drie typen metingen uitgevoerd: potvallen voor bodembewonende lopende insecten voor aantallen en families (waaronder loopkevers tot op soort gedetermineerd); plakvallen voor vliegende insecten voor aantallen en families (waaronder zweefvliegen tot op soort gedetermineerd); en LED-emmers voor aantallen en soorten nachtvinders.

De potvallen en plakvallen werden geplaatst in de boomwal zelf en op vijf meter en 20 meter afstand ten noorden en ten zuiden van de boomwal in grasland. Daarbij 1 potval en 1 plakval per situatie. De potvallen en plakvallen zijn uitgezet in drie meetrondes (van midden juni tot begin augustus). Twee vallen zijn uitgevallen wegens maaiactiviteit.

LED-emmers zijn geplaatst op drie meter ten noorden en ten zuiden van de boomwal, in vier meetrondes tussen juni en eind augustus. Dit resulteerde in 38 valnachten evenredig verdeeld over de noord- en zuidkant van de boomwallen.

Biodiversiteit van de insectengroepen zijn bekeken met accumulatiecurves voor rijkdom aan insecten families/soorten (*Species accumulation curve, SAC*), en voor hun algemene diversiteit (*Shannon index*), gebruikmakend van de online-tool voor het beschrijven van biodiversiteit INEXT.¹



Foto 1-2: Opzet van de proefmetingen (links), LED-emmer (rechts)

Resultaten aantal soorten

De vangsten van de metingen aan de noord- en zuidkant van 5 oost-west gelegen boomwallen zijn samengevat in tabellen 1-5. Opvallend daarbij zijn de resultaten hiernaast, waarbij op de zuidkant vaak de meeste insecten zijn waargenomen.

De zuidkant lijkt biodiverser in aantallen en soorten/soortgroepen. Maar dat moet eerst beter bekeken worden, want bij meer individuen heb je sowieso meer soorten.

Om meer te kunnen zeggen over soortenrijkdom en diversiteit is hierna ook gekeken naar assimilatiecurves (zie volgende pagina).

Potvallen:

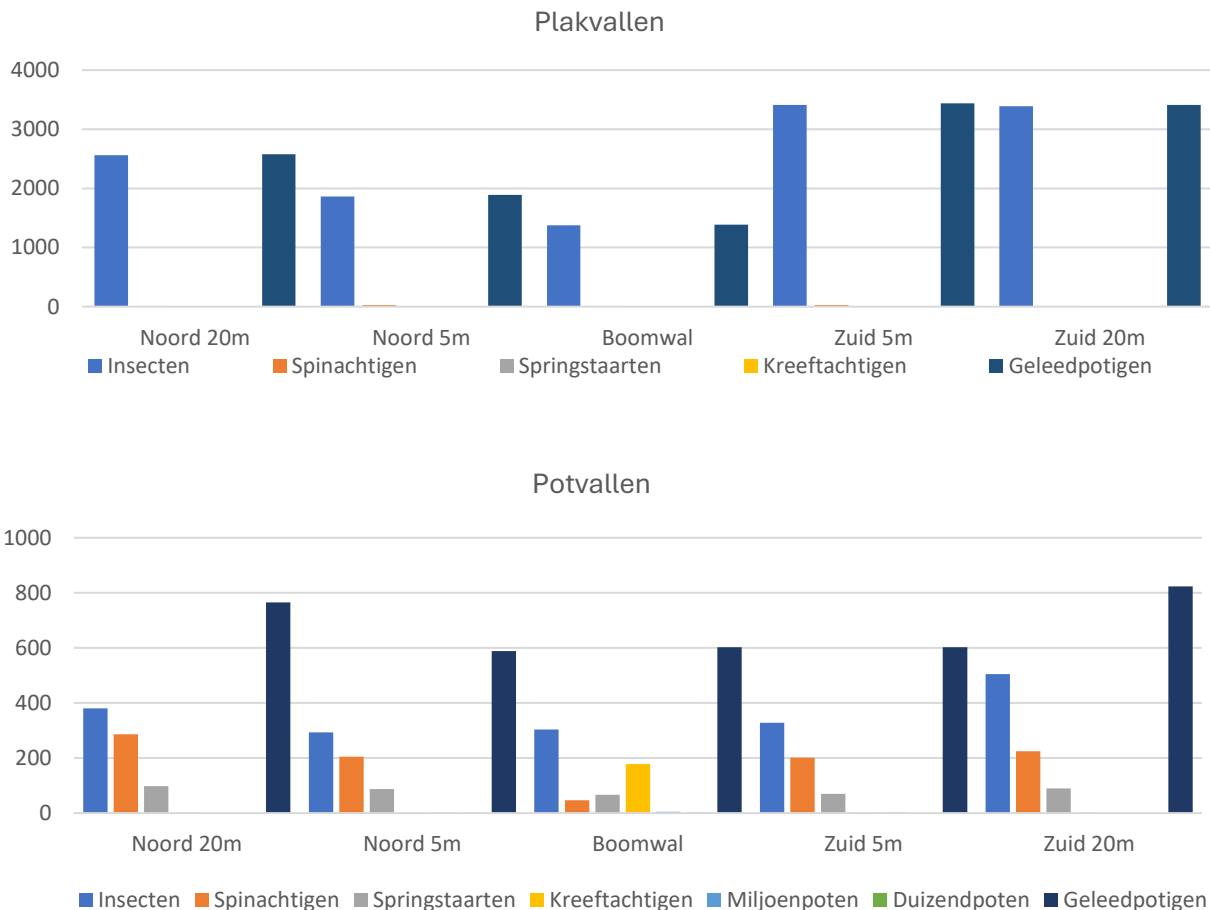
- meeste insecten aan de zuidkant
- meeste families aan de zuidkant
- iets meer loopkevers op noordkant

Plakvallen:

- meeste insecten aan de zuidkant
- meeste families aan de zuidkant
- iets meer zweefvliegen op noordkant
- meeste zweefvliegsoorten zuidkant

LED-emmers:

- meeste nachtvlinders aan zuidkant
- meeste nachtvlindersoorten op zuid



Tabel 1-2: Vangstresultaten van de potvallen en plakvallen (op 20m-5m-0m-5m-20m) aan de noord- en zuidkant van de boomwal. In de potvallen zijn naast veel insecten ook andere bodembewoners gevangen, met name spinnen in grasland en veel springstaarten en kreeftachtigen/pissebedden in de boomwal.

Resultaten biodiversiteit en soortenrijkdom

Biodiversiteit van de insectengroepen zijn bekeken met accumulatiecurves voor rijkdom aan insecten families/soorten (Species accumulation curve, SAC), en voor hun diversiteit (Shannon index), zie figuur 5-7.

De accumulatiecurves corrigeren voor effecten van verschillen in gevangen aantallen tussen samples. De punt op de curve geeft de uiteindelijke waarde van het hele monster weer. De doorgetrokken lijn laat het gemiddelde patroon zien, de stippellijn een extrapolatie op basis van het monster.

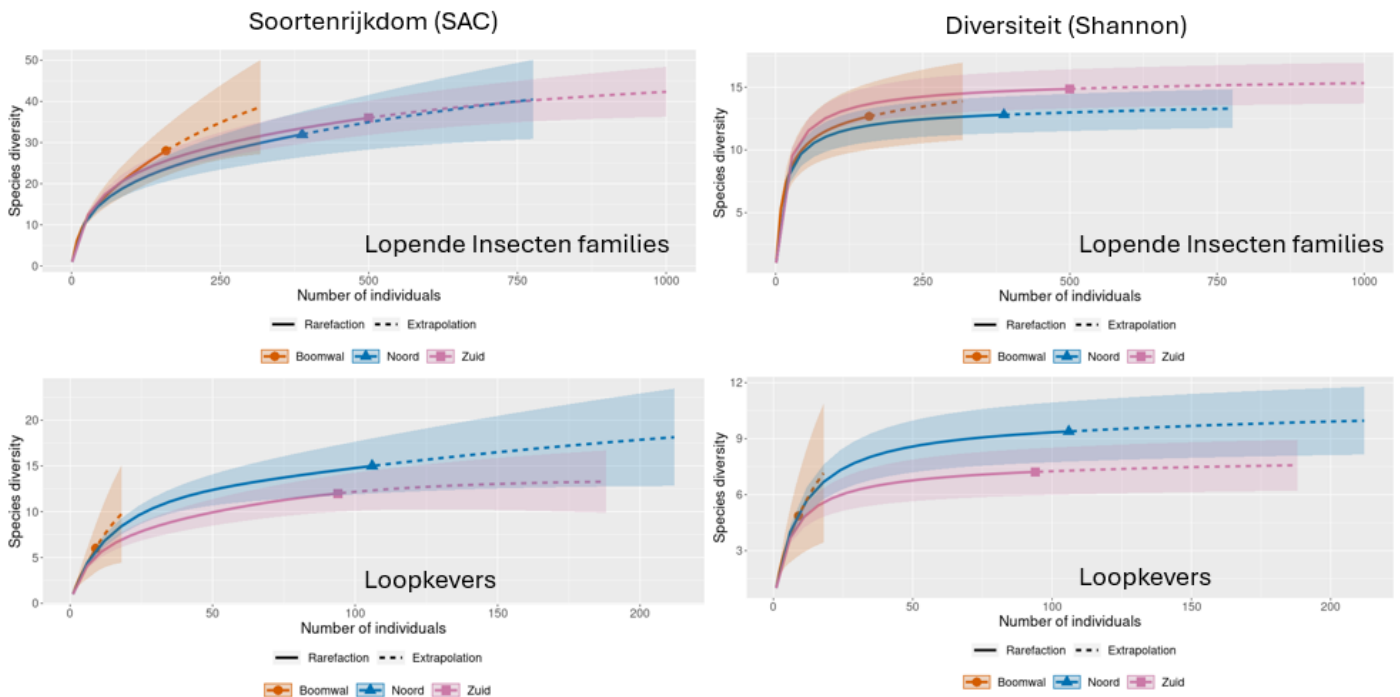
De vage kleur om de lijnen laat het 95% betrouwbaarheidsinterval zien. Als de 95% betrouwbaarheidsintervallen niet overlappen is er een statistisch significant verschil.

Er is een aantal verschillen te zien waarbij de 95% intervallen niet of weinig overlappen, met name bij de loopkevers (noord > zuid) en zweefvliegen (zuid > noord). Bij lopende insectenfamilies en vliegende insectenfamilies waren de verschillen minder duidelijk, zowel bij soortenrijkdom als diversiteit.

Resultaten potvallen – lopende insecten en loopkevers

De potvallen vangsten laten een duidelijk beeld zien. Voor lopende insecten en voor insecten families zien we dat de zuidkant vrijwel altijd meer individuen én meer families oplevert (tabel 3). De zuidkant lijkt daarmee gunstiger voor bodem actieve insecten. Dit kan samenhangen met hogere bodemtemperaturen en daarmee samenhangende hogere activiteit, of met een betere kwaliteit vegetatie.

Voor loopkevers ligt het patroon wat anders: het aantal loopkevers en het aantal loopkeversoorten ligt aan de noordkant iets hoger. De noordkant lijkt mogelijk geschikter voor loopkevers die voorkeur hebben voor vochtigere, koelere omstandigheden en/of een meer open vegetatie. De zuidkant heeft daarentegen meer soorten, wellicht door een grotere variatie aan microhabitats en voedselbeschikbaarheid.

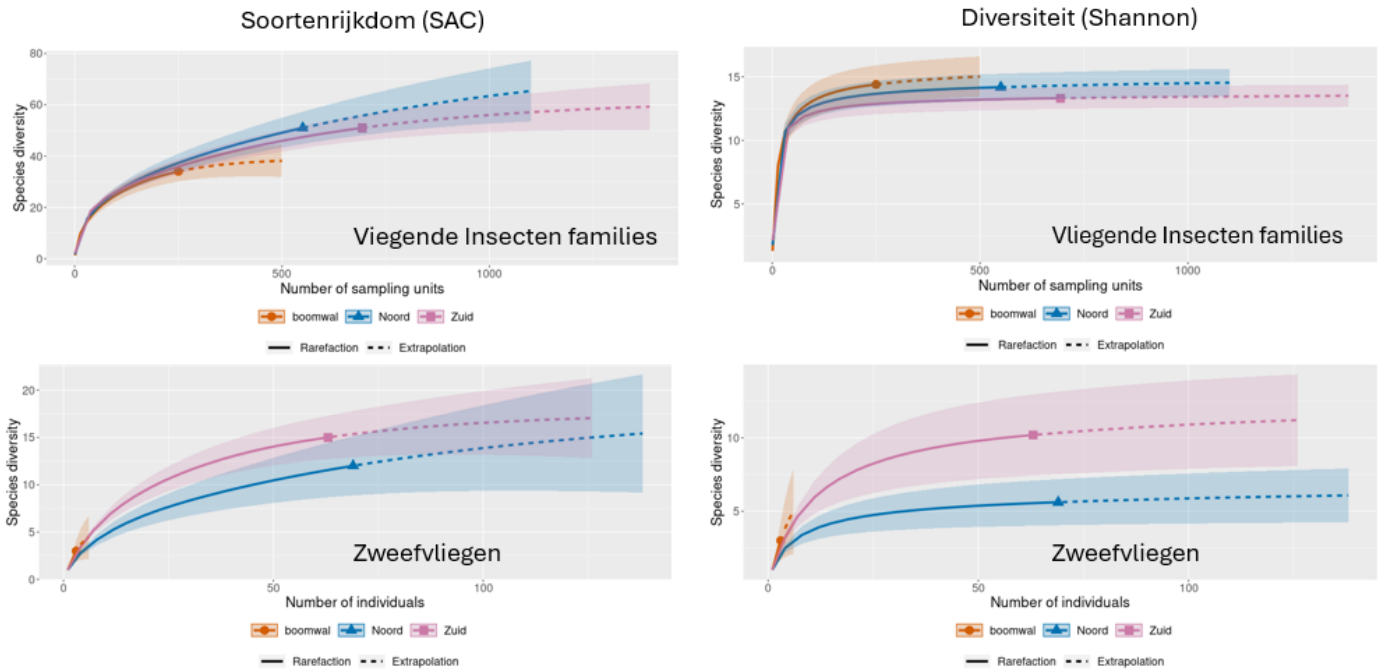


Figuur 2: Accumulatie curves voor soortenrijkdom en diversiteit van lopende insecten en loopkevers.

Resultaten plakvallen – vliegende insecten en zweefvliegen

Bij de vliegende insecten zien we een duidelijk patroon: de zuidkant heeft meer individuen en iets meer families. Voor de zweefvliegen is het patroon wat anders: er zijn iets meer individuen aan de noordkant, maar duidelijk meer soorten aan de zuidkant.

Dat patroon past goed bij zweefvliegen – veel soorten zijn afhankelijk van bloei voor hun nectar- en/of stuifmeelopname en houden van warm microklimaat.

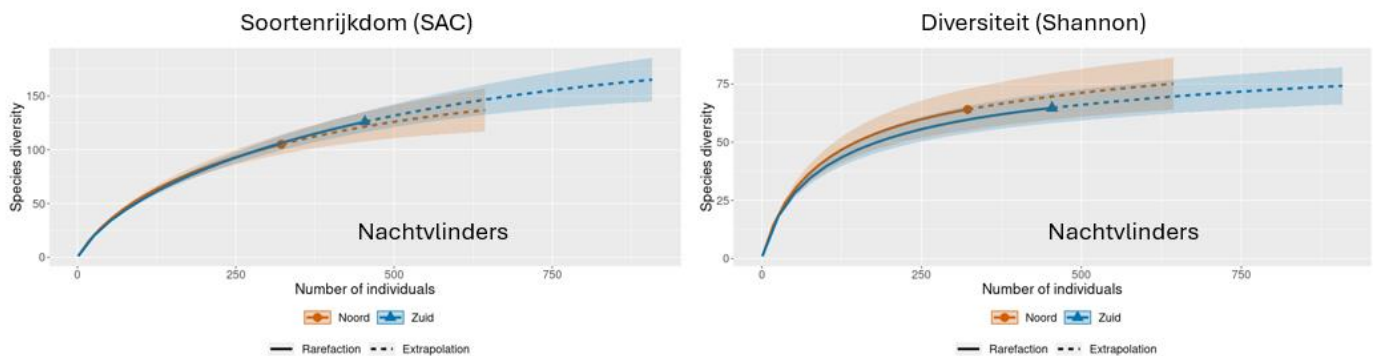


Figuur 3: Accumulatie curves voor soortenrijkdom en diversiteit van vliegende insecten en zweefvliegen.

Resultaten LED-emmers – nachtvlinders

Bij de nachtvlinders zien we meer individuen aan de zuidkant en iets meer soorten aan de zuidkant. Daarbij is er weinig verschil in diversiteit (Shannon) tussen noord en zuid. De verschillen in aantallen zijn groot ten opzichte van verschillen in soortenrijkdom.

Dat duidt erop dat vooral de activiteit en niet zozeer de soortensamenstelling verandert tussen noord- en zuidzijde, wellicht door temperatuurverschillen die nog merkbaar zijn in de nacht.



Figuur 4: Accumulatie curves voor soortenrijkdom en diversiteit van nachtvlinders.

Samenvatting en conclusie

De resultaten zijn kwalitatief samengevat in tabel 8. In aantallen zijn vrijwel alle bredere insectengroepen hoger aan de zuidkant (lopende insecten, vliegende insecten, nachtvlinders).

Voor soorten is het beeld genuanceerder. Het aantal loopkeversoorten was iets hoger aan de noordkant (koeler, vochtiger). Het aantal zweefvliegensoorten was wat hoger aan de zuidkant (warmer, droger), met een hogere diversiteit. Het aantal nachtvlindersoorten was marginaal hoger aan de zuidkant, met gelijke soortenrijkdom en diversiteit.

Noord- en zuidkant hebben daarmee invloed op insecten gemeenschappen, zowel in aantallen als in diversiteit, en daarmee ook de waarde voor insectendiversiteit.

Doorverwijzing resultaten

Vanuit het project is er een samenwerking geweest met het project 'Kruiden tussen de Coulissen'. Bij Kruiden tussen de Coulissen is veel meer insectenonderzoek gedaan dan in het *Boeren tussen Boomwallen* project. Er is daarom besloten een groot deel van de resultaten te bundelen in een separaat rapport.

Deze resultaten zijn te vinden via:

<https://www.noardlikefryskewalden.nl/kruiden-tussen-de-coulissen/>.

		Aantallen		Soortenrijkdom		Diversiteit	
		Noord	Zuid	Noord	Zuid	Noord	Zuid
Potvallen	Geleedpotigen	-	+				
	Lopende insecten	-	+	=	=	=-	=+
	Loopkevers	+	-	=+	=-	=+	=-
Plakvallen	Geleedpotigen	-	+				
	Lopende insecten	-	+	=	=	=	=
	Loopkevers	+	-	=-	=+	-	+
LED-emmers	Nachtvlinders	-	+	=	=	=	=

Tabel 6: Kwalitatieve verschillen tussen insectengroepen tussen potvalvangsten, plakvalvangsten en LED-emmer vangsten ten noorden en ten zuiden van boomwallen. Rood (-) geeft lagere waarden aan, groen (+) geeft hogere waarden aan, lichtgroen en lichtrood geven kleine effecten aan, het = teken verwaarloosbare verschillen.

Biodiversiteit III - Parameters van belang voor broedvogels

Gerrit Tuinstra (Landschapsbeheer Friesland)

Inleiding en methodiek

Tijdens de inventarisatie van de landschapselementen op de zeven bedrijven (zie thema [Landschapskwaliteit](#)) zijn er – buiten de parameters m.b.t. kwantiteit en kwaliteit – diverse extra parameters opgenomen, waarvan uit andere onderzoeken is gebleken dat ze belangrijk zijn in het broedbiotoop van vogels, in de houtwallen en (elzen)singels, of anderzijds belangrijk zijn voor biodiversiteit. Een beschrijving van de (ofwel alle) parameters is opgenomen in [bijlage 1](#).

Daarnaast is er een inventarisatie van broedvogels in vijf transecten van ieder 300 meter lang uitgevoerd, waarbij tijdens vijf bezoeken ('s morgens vroeg, vanaf een half uur voor zonsopkomst) in de periode april t/m half juni 2024 alle waarnemingen van broedvogels op kaart werden genoteerd en voorzien van een aantal waarden zoals soort en broedcode. In deze transecten is tevens een inventarisatie van habitat uitgevoerd.

Tot slot is er een 'eenvoudige' inventarisatie van 'wintervogels' uitgevoerd. Dit is gedaan tijdens de inventarisatie van de landschapselementen. Dit is niet een uitputtende inventarisatie geweest, maar simpelweg het noteren van soorten die tijdens het veldwerk voor de landschapselementen werden waargenomen. Het gaat daarbij om soorten die in het agrarisch cultuurlandschap kunnen broeden, maar juist ook om soorten die in dit landschap (of überhaupt in onze streken) uitsluitend overwinteren. Van broedvogels is inmiddels veel bekend, maar van de wintervogels nog maar weinig. De voorliggende 'eenvoudige' inventarisatie kan een aanzet zijn voor verder onderzoek.



Keep (fotograaf Kees Bergsma)

Resultaten belangrijke parameters broedbiotoop

Hieronder volgt een beknopte beschrijving van de resultaten van (slechts) een aantal van de parameters.

Aantal soorten

De aanwezigheid van een gevarieerde begroeiing, dus van meerdere soorten bomen en struiken (en lianen), is zowel landschappelijk als ecologisch van belang. Veel insecten zijn afhankelijk van één of enkele boom- of struiksoorten, met name voor de onvolwassen stadia, bijvoorbeeld de rupsen van vlindersoorten die van het blad van een bepaalde soort vreten.

Daarnaast is de structuur van verschillende soorten bomen en/of struiken anders en komt de ene soort eerder in het blad dan een andere en daarmee biedt een gevarieerde begroeiing ruimte aan onder andere een gevarieerde vogelpopulatie, bijvoorbeeld als het gaat om nestplek. Ook de bloeitijd is verschillend voor soorten. De een bloeit eerder in het jaar dan een andere en daarmee is variatie in soorten van belang in de voedsel- ofwel nectarvoorziening voor insecten en voor bijen, zweefvliegen en vlinders.

Tijdens het veldwerk zijn per element de waargenomen 'houtige gewassen' ofwel de soorten bomen en struiken, inclusief lianen als kamperfoelie, hop en klimop genoteerd. In totaal werden verspreid over de 7 bedrijven 51 soorten genoteerd.

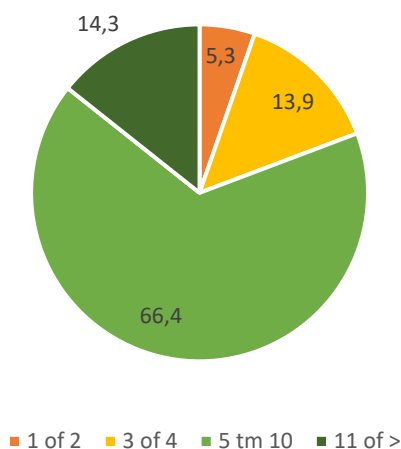
Over het algemeen gaat het om soorten die inheems en streekeigen zijn (dus van oudsher in het gebied voorkomen), maar er zijn ook soorten bij die dit niet zijn. En in ieder geval deze soorten zullen waarschijnlijk aangeplant zijn in de elementen, of als zaden aangevoerd door vogels. Circa 34 inheemse/ streekeigen soorten werden waargenomen waaronder wat zeldzamere soorten als trosvlir en viltroos.

Per element zijn dus alle waargenomen soorten genoteerd en daarnaast werd middels een viertal klassen het totaal aantal soorten per element genoteerd. Voor alle elzensingels, houtsingels en houtwallen op de zeven bedrijven gezamenlijk, gaat het om de volgende indeling in deze vier klassen:

- 1 of 2 soorten 5.129 meter – 5,3%
- 3 of 4 soorten 13.444 meter – 13,9%
- 5 t/m 10 soorten 64.053 meter – 66,4%
- 11 of meer soorten 13.810 meter – 14,3%

Deze indeling is tevens weergegeven in grafiek 1. Slechts 5% van de elementen is met 1 of 2 soorten 'soortenarm' te noemen. Het gros van de elementen heeft een veel gevarieerdere beplanting, met 5 t/m 10 verschillende soorten houtige gewassen. In iets meer dan 14% van de lengte aan lijnvormige elementen werden 11 of meer soorten waargenomen.

ALLE BEDRIJVEN



Grafiek 1: indeling in 'aantal soorten' (voor alle elzensingels, houtsingels en houtwallen op de 7 bedrijven gezamenlijk).



De zeldzame viltroos, die plaatselijk in de Noordlike Fryske Wâlden voorkomt.

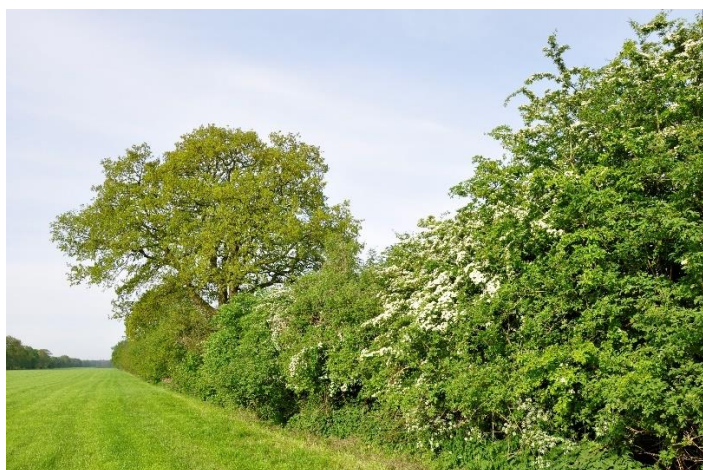
Bedekking struiklaag

De aanwezigheid van een struiklaag (van één of liefst meerdere struikvormende soorten) is van belang, omdat het een geschikte broedplek biedt aan bepaalde zangvogels en leefgebied aan tal van insecten. Tijdens de inventarisatie is specifiek naar de aanwezigheid van struiken ofwel de struiklaag gekeken (zie verder de beschrijving van de parameter in [bijlage 1](#)). De struiklaag is in het veld opgenomen in klassen van 10%, maar om hier een indruk te geven is er een klassenindeling gemaakt en deze is als volgt:

- (vrijwel) geen: bedekking met struiken is 0-10%
- weinig: bedekking met struiken is 10-40%
- middel: bedekking met struiken is 40-70%
- veel: bedekking met struiken is 70-100%

De struiklaag is dus per element bekeken. Voor alle elzensingels, houtsingels en houtwallen op de zeven bedrijven gezamenlijk, gaat het om de volgende indeling in de vier klassen:

- (vrijwel) geen 14.695 meter – 15,2%
- weinig 57.331 meter – 59,5%
- middel 22.703 meter – 23,5%
- veel 1.706 meter – 1,8%

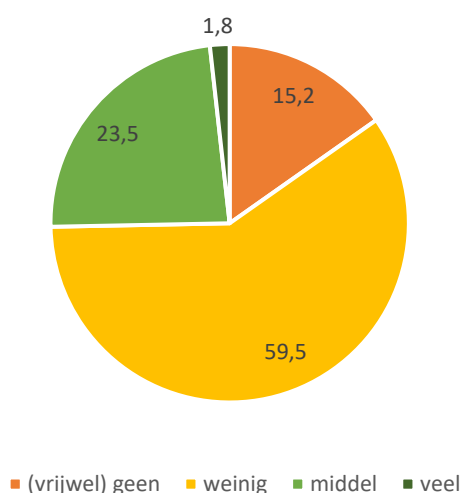


Struweelhaag.

Deze indeling is tevens weergegeven in grafiek 2. De struiklaag van het gros van de elementen kan als 'weinig' aangeduid worden, wat staat voor een bedekking van de struiklaag van 10-40%.

In ongeveer een kwart van de elementen is een uitgebreide(re) struiklaag aanwezig, die aangeduid kan worden met 'middel' of 'veel', met bedekkingen van respectievelijk 40-70% en 70-100%. Voor deze rapportage blijft een verdere behandeling van deze parameter achterwege, maar er is bijvoorbeeld ook gekeken naar de verdeling in de verschillende elementsoorten op de afzonderlijke bedrijven.

ALLE BEDRIJVEN



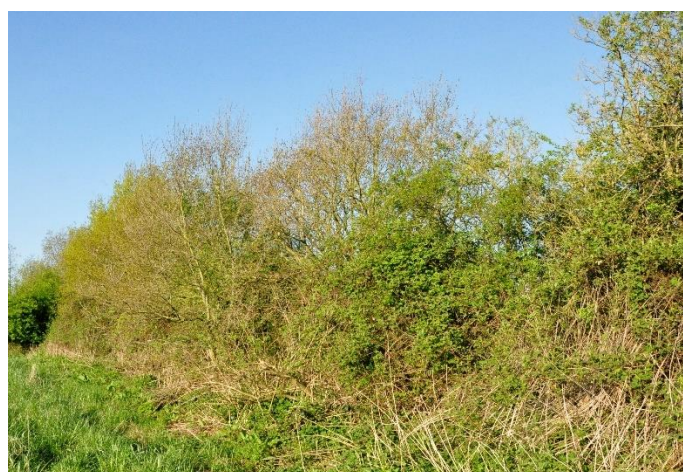
Grafiek 2: indeling in klassen voor aanwezigheid struiklaag (voor alle elzensingels, houtsingels en houtwallen op de 7 bedrijven gezamenlijk).

Bedekking braam/brandnetel

Naast de struiklaag is er specifiek gekeken naar de laag met braam en brandnetel. De begroeiing met deze soorten is van belang voor veel insecten, onder andere vanwege de holle stengels waarin insecten kunnen overwinteren en de nectarvoorziening (bloemen van braam worden veel bezocht door hommels, zweefvliegen en vlinders). Voor kleine zangvogels als grasmus, tuinfluiter en zwartkop is deze laag uitermate van belang als nestplek.

De bedekking braam/brandnetel (zie verder de beschrijving van deze parameter in [bijlage 1](#)) is in het veld opgenomen in klassen van 10%, maar om hier een indruk te geven is er een klassenindeling gemaakt en deze is als volgt:

- geen: bedekking braam/brandnetel is 0-10%
- weinig: bedekking braam/brandnetel is 10-40%
- middel: bedekking braam/brandnetel is 40-70%
- veel: bedekking braam/brandnetel is 70-100%



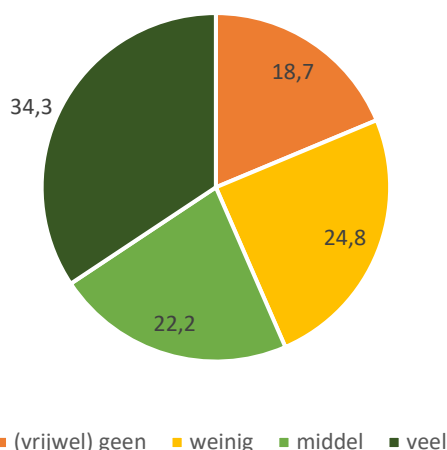
Houtwal met een waardevolle bramenmantel.

De bedekking braam/brandnetel is dus per element bekeken. Voor alle elzensingels, houtsingels en houtwallen op de zeven bedrijven gezamenlijk, gaat het om de volgende indeling in de vier klassen:

- (vrijwel) geen 18.041 meter – 18,7%
- weinig 23.882 meter – 24,8%
- middel 21.411 meter – 22,2%
- veel 33.105 meter – 34,3%

Deze indeling is tevens weergegeven in grafiek 3. Er is een redelijk gelijkmatige verdeling te zien over de verschillende klassen, voor de bedekking met braam/brandnetel. In het grootste deel van de lijnvormige elementen is veel braam/brandnetel aanwezig (bedekking 70-100%). In een redelijk beperkte lengte (18,7%) is (vrijwel) geen braam/brandnetel aanwezig. Ook voor deze parameter geldt dat er een uitgebreidere analyse gemaakt is, bijvoorbeeld voor de verschillende elementsoorten zoals elzensingels en houtwal en een vergelijking van de aanwezigheid van braam/brandnetel op de verschillende bedrijven, maar het gaat te ver om dit in deze rapportage op te nemen.

ALLE BEDRIJVEN



Grafiek 3: indeling in de klassen voor de bedekking braam/brandnetel (voor alle elzen-singels, houtsingels en houtwallen op de 7 bedrijven gezamenlijk).

Resultaten inventarisatie broedvogels en wintervogels

Broedvogels

In de broedvogeltransecten werden in totaal 152 waarnemingen van 27 vogelsoorten gedaan. Bij slechts vier waarnemingen werd een broedcode '0' genoteerd, dat wil zeggen dat het waarschijnlijk niet om broedvogels ging. Voor alle andere waarnemingen gaat het zeer waarschijnlijk om zogenaamde territoriumindicerende waarnemingen.

De waarneming van de appelvink is voor het agrarisch cultuurlandschap van de Noardlike Fryske Wâlden (NFW) vrij bijzonder. Er zijn een aantal waarnemingen van min of meer aan water gebonden soorten gedaan: krakeend, waterhoen en wilde eend. Alle waarnemingen werden gedaan in poelen grenzend aan de transecten. Alle andere soorten zijn bekende broedvogels van houtwallen en elzensingels in de Noardlike Fryske Wâlden. Soorten als braamsluiper, tuinfluiter en zwartkop broeden graag in dichte ondergroei, in de struiklaag of in braamstruiken, op geringe hoogte boven het maaiveld. Andere soorten broeden juist graag in oude beplantingselementen en veelal op grote(re) hoogte, zoals buizerd, grote bonte specht, grote lijster en vink.

Wintervogels

In totaal werden 37 soorten waargenomen. De barmsijs is een soort die hoofdzakelijk als wintergast in de Noardlike Fryske Wâlden voorkomt.



De waterral (foto: Kees Bergsma)

Dit geldt ook voor de 'gewone' sijs, die in de winter in grote aantallen aanwezig is in het gebied, waar ze zich dan tegoed doen aan de zaden van de zwarte els. Zowel het bokje als de watersnip werd gezien. Het bokje is een soort die niet in Nederland broedt. De watersnip is wel een broedvogel in ons land, maar in de broedtijd is het een kenmerkende weidevogel. In tegenstelling tot de paar waarnemingen van het bokje en de watersnip, werd de houtsnip zeer regelmatig waargenomen. Het is geen broedvogel in het agrarisch cultuurlandschap in de NFW, maar in de winter gebruiken ze het landschap juist veelvuldig, alwaar ze foerageren in en langs de elementen of in de slootkanten langs c.q. tussen de elzensingels. De grote gele kwikstaart kan in de winter op boerenerven aangetroffen worden.

De keep is een vinkachtige die slechts zeer zelden in Nederland broedt en in onze omgeving dus vrijwel uitsluitend als wintergast voorkomt, in sommige jaren in grote aantallen. Ditzelfde geldt voor de lijsterachtigen koperwiek en kramsvogel, hoewel deze laatste soort ook een zeer zeldzame broedvogel in ons land is. Interessant is de waarneming van een waterral, die (roepend) waargenomen werd in een dobbe met een moerasachtige vegetatie. Deze dobbe ligt op niet al te grote afstand van een groter gebied met moerasachtige vegetaties, wat het kenmerkende leefgebied is voor deze vogel, die maar zelden op zicht waargenomen wordt. Voor zover bekend is het de eerste waarneming van deze soort in het agrarische cultuurlandschap van de NFW!

Themasheet: Dierenwelzijn en diergezondheid

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Marieke Jelsma (Van Hall Larenstein)



Inleiding

In het project *Boeren tussen boomwallen* is onderzocht welke rol bomen en struiken (houtwallen en elzensingels) spelen in het diergezondheids- en welzijnsvraagstuk. Deze landschapselementen zijn kenmerkend voor de Noordelijke Friese Wouden en bieden natuurlijke schaduw, beschutting en aanvullende voeding voor melkvee.

Dierenwelzijn & diergezondheid

Dierenwelzijn en diergezondheid zijn belangrijke pijlers binnen de veehouderij. Internationaal worden hiervoor de vijf vrijheden gehanteerd: vrij van honger en dorst, ongemak, angst en stress, pijn en ziekte, en de vrijheid om natuurlijk gedrag te vertonen. Deze principes vormen de basis voor beleid en wetgeving, die in de toekomst verder worden aangevuld met aandacht voor de intrinsieke waarde van dieren.

Binnen de veehouderij worden welzijn en gezondheid steeds belangrijker, zowel vanuit de maatschappij als vanuit wet- en regelgeving. Boeren worden gestimuleerd om houderijsystemen meer af te stemmen op de behoeften van het dier en het medicijngebruik te beperken. Voor een optimale productie en een duurzame bedrijfsvoering is het essentieel dat dieren gezond zijn en zich prettig voelen. Natuurlijke beschutting is daar onderdeel van.

Uit literatuur blijkt dat schaduw leidt tot lagere lichaamstemperaturen, minder hittestress en een hogere melkproductie. Daarnaast foerageren runderen graag op houtige gewassen, die rijk kunnen zijn aan vitamines, mineralen en secundaire plantstoffen. Deze stoffen ondersteunen de gezondheid, spijsvertering en zelfs vruchtbaarheid. Variatie in plantensoorten draagt bovendien bij aan een natuurlijk zelfbehandelingssysteem, wat mogelijk kan leiden tot minder antibioticagebruik.

Tegenover de voordelen staan potentiële nadelen. Het dichte landschap kan insecten en parasieten aantrekken, waardoor de kans op ziekteverspreiding toeneemt, bijvoorbeeld via vliegen die mastitis kunnen overdragen. Ook microklimaten met hogere luchtvochtigheid kunnen invloed hebben op gezondheidsrisico's.

Voor het project is het daarom van belang om zowel positieve als negatieve effecten inzichtelijk te maken. Er is besloten om metingen te doen aan temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid, en bodemvocht, en om vee te monitoren op gedrag en signalen van hittestress. Deze inzichten dragen bij aan een beter begrip van de rol van houtwallen en elzensingels binnen de Noordelijke Friese Wouden, zodat boeren en beheerders weloverwogen keuzes kunnen maken voor een gezonde en toekomstbestendige veehouderij.



Materiaal en methode

Microklimaatmetingen met Farm21-sensoren

Onderzoekopzet en locaties

Op vier melkveebedrijven in het Noardlike Fryske Wâlden (Twijzel, Drogeham, Surhuizum) zijn in 2024 microklimaatmetingen uitgevoerd om de invloed van houtwallen en elzensingels op temperatuur- en vochtpatronen vast te stellen.

Per locatie zijn negen Farm21 FS11-sensoren geplaatst die luchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, bodemtemperatuur (10, 20, 30 cm) en bodemvocht (10 cm) registreren.

Sensoropstelling en plaatsing

De sensoren stonden in een transect loodrecht op het element (zie figuur 1):

- **Zuidzijde:** 20 m – 10 m – 5 m – 1 m
- **In de wal:** 0 m
- **Noordzijde:** 1 m – 5 m – 10 m – 20 m

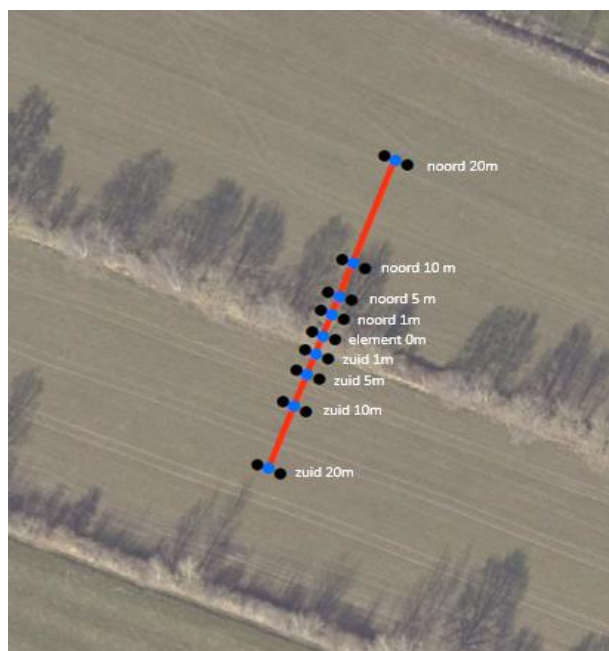
Afstanden zijn bepaald met GPS en een 20m-meetlint. De sensoren zijn volgens Farm21-instructies geplaatst: meetkop $\pm 7,5$ cm boven maaiveld, sondes loodrecht in de bodem met goed grondcontact, vegetatie vrijgehouden en alle sensoren identiek georiënteerd.

Meetperiode en dataverzameling

De sensoren maten elk uur via LoRa, gedurende april–december 2024. Dagen waarop sensoren tijdelijk uit het veld waren (landwerk) zijn geregistreerd. Sensoren zijn maandelijks in het veld gecontroleerd (batterij, verbinding, staat) en wekelijks digitaal (datadoorvoer).

Metadata en data-analyse

Per sensor zijn o.a. ID, afstand tot wal, zijde (N/Z), GPS-locatie, bodemtype en datum/tijd opgeslagen. Ruwe CSV-data zijn geback-up't en vervolgens opgeschoond (verwijderen foutwaarden) en geaggregeerd naar daggemiddelden, minima en maxima. Voor de analyse is per afstandspositie het microklimaat-effect berekend ten opzichte van de controlepositie (20 m).



Figuur 1: Transect waarop de Farm21 FS11 sensoren zijn geplaatst.

Gedragsonderzoek bij koeien

Onderzoekopzet en locaties

Op twee melkveehouderijen in Twijzel (bedrijf A, robots, gem. 73 koeien) en Drogeham (bedrijf B, melkstal, gem. 92 koeien) is het gedrag van melkkoeien onderzocht in relatie tot de aanwezigheid van boomwallen. Beide bedrijven hebben weidegang in de zomer, maar verschillen in toegang tot de stal. Op beide bedrijven hebben gedurende het gehele groeiseizoen sensoren gestaan.

Meetdagen en condities

Gedragsmetingen zijn uitgevoerd op:

- normale dagen (< 21 °C);
- hete dagen (≥ 27 °C, onbewolkt).

Regen en harde wind vormden uitsluitingscriteria. Er zijn vier hittemetingen en zes normale metingen gedaan. Metingen vonden plaats tussen 09:30–15:00 (normaal) en 12:00–16:30 (heet), afhankelijk van weidegang.

Gedragsobservaties

Zodra de koeien het perceel ingingen, begon de observatie. Elke 15 minuten werd de volledige kudde geregistreerd volgens scan sampling. Tijdens hittemetingen werd bovendien per gedragscategorie aangegeven hoeveel dieren zich in de schaduw van de boomwal bevonden. Gedragingen zijn geclassificeerd volgens een aangepast ethogram gebaseerd op Ewals & Maurer (2020).

Weergegevens

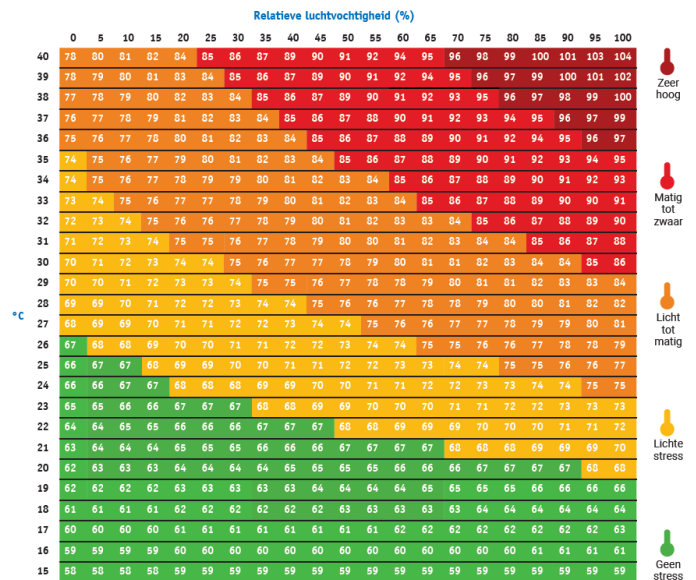
Voor elke meetdag zijn temperatuur, luchtvochtigheid en bewolking geregistreerd met de Apple Weather-app.

Data-analyse

Observaties zijn ingevoerd in Excel en per meetdag gestructureerd op tijdstip, gedragscategorie, aantallen en schaduwgebruik.

Vervolgstappen:

- Berekenen van percentages dieren per gedraging en per conditie;
- Beschrijvende statistiek en visualisaties (staaf- en lijngrafieken);
- Vergelijking tussen bedrijven en condities via een Generalized Linear Model (GLM) in SPSS (Wald Chi-Square-toets) en Microsoft Excel. Significante effecten zijn gevisualiseerd.



Figuur 2: THI-index (draaiboek hittestress, GD diergezondheid).

Resultaten

Het effect van boomwallen op (micro)klimaat en hittestress

Zomertemperatuur

Sinds het begin van de KNMI-metingen in 1906 is de gemiddelde maximum zomertemperatuur gestegen van 19,9°C naar 22,8°C (KNMI, 2025). Daarmee neemt ook het aantal zomerse dagen (>25°C in de Bilt) toe: begin 1900 ongeveer 11 dagen per jaar, tot 35 per jaar in 2024. Ongeveer een kwart van de dagen stijgt de temperatuur boven de 20°C.

Hittestress

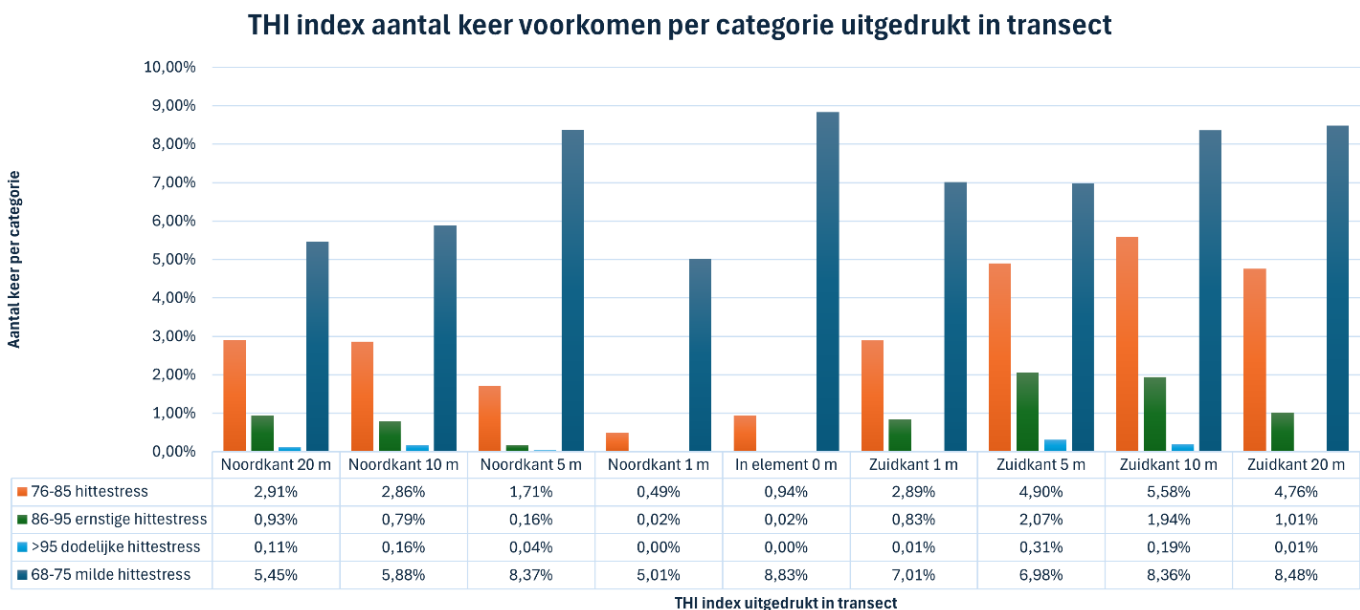
Onder Nederlandse omstandigheden (relatieve luchtvochtigheid 70%) begint lichte hittestress vanaf 20°C (GD diergezondheid, 2025) (zie figuur 2). Al wijzen recente studies uit dat vanaf een temperatuur van 12°C een producerende koe hittestress kan ervaren (Scheurwater, 2024). Voor de bepaling van de mate van hittestress wordt gebruik gemaakt van de Temperatuur Luchtvochtigheid Index (THI). Deze is onderverdeeld in de volgende categorieën (Timmerman, Reenen, Holster, & Evers, 2018) (zie tabel 3).

De **Temperature Humidity Index** (temperatuur luchtvochtigheidsindex) is een maat die temperatuur en relatieve luchtvochtigheid combineert om te bepalen hoe warm het daadwerkelijk aanvoelt. Hoe hoger de luchtvochtigheid bij een bepaalde temperatuur, hoe minder goed het lichaam kan afkoelen, en hoe hoger de THI.

De THI bestaat uit verschillende categorieën:

- <68 is geen hittestress
- 68-75 milde hittestress
- 76-85 hittestress
- 86-95 ernstige hittestress
- >95 dodelijke hittestress

Tabel 3: De THI-index en hittestress categorieën.



Figuur 3: THI-index uitgedrukt in afstand tot element per categorie.

Resultaten temperatuurmetingen

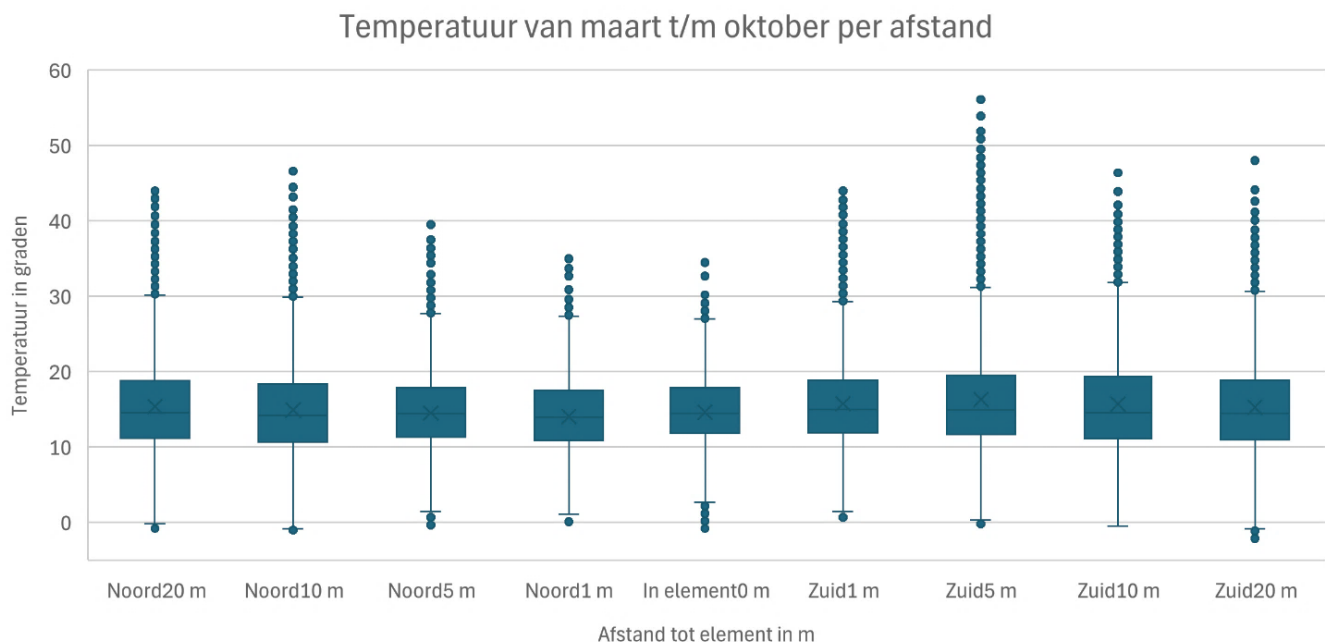
Figuur 4 geeft de temperaturen van maart t/m oktober 2024 weer. Op de verschillende afstanden (20-10-5-1-0 m) tot het element voor de 4 meetlocaties.

Opvallend is het verschil in spreiding bij de verschillende afstanden. Waarbij er minder spreiding is in de wal (0m) tot 5 m noordzijde. De zuidzijde en overige afstanden noordzijde laten juist een grote spreiding zien.

De hoogste gemeten temperatuur aan de zuidkant is 56 °C, op datzelfde tijdstip lag de temperatuur in de schaduw aan de noordkant van de boomwal 20 °C lager.

De grote spreiding in luchttemperatuur is ook te zien in de THI-index per afstand (figuur 4). Hierbij is de categorie *geen hittestress* voor de leesbaarheid niet weergegeven (aantal keer voorkomen totaal 105.000).

Hittestress kwam tijdens 13% van de metingen voor (maart-december, 4 bedrijven), 35% hiervan aan de noordkant, 10% in het element en 55% op de zuidkant van het perceel (zie figuur 3). Opvallend is dat het verloop van hittestress tot dodelijke hittestress over de verschillende afstanden eenzelfde beeld vertoont aan beide zijden van het element. Waarbij aan beide kanten op 10 meter de hoogste waarden worden gehaald.



Figuur 4: Luchttemperatuur van maart tot oktober (4 locaties).

Gedrag melkkoeien onder verschillende temperaturomstandigheden

Gedragsobservaties

Van begin juni tot eind oktober 2024 zijn er gedragsobservaties uitgevoerd bij de melkgevende koeien op 2 van de deelnemende bedrijven. Hierbij is onderzocht of de aanwezigheid van boomwallen het gedrag van koeien beïnvloed op hete dagen. Bedrijf A heeft robots en de koeien hebben vrije toegang tot de stal. Bedrijf B heeft een melkstal en de koeien hebben geen vrije toegang tot de stal.

Schaduw

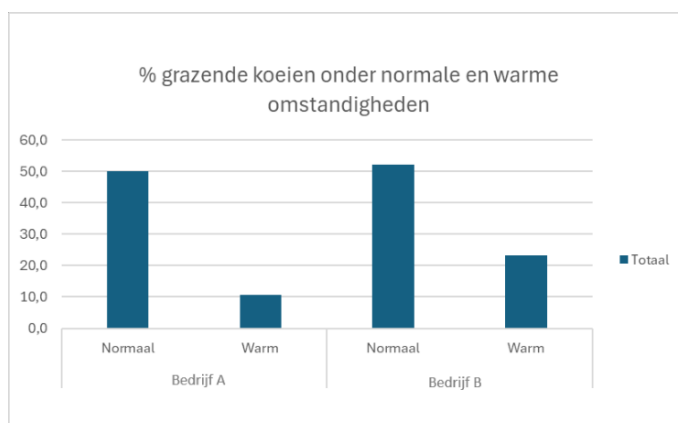
Het gedragsonderzoek geeft een indicatie vanaf welke temperatuur melkkoeien schaduw van houtige elementen of de stal opzoeken. De hoogst gemeten temperatuur op een meetdag, in de zon, was 50°C op bedrijf B en 42°C op bedrijf A. In de schaduw was de temperatuur op hetzelfde moment maximaal 25,5-25,8°C op beide meetlocaties (noordkant 1-5 m).

Stal

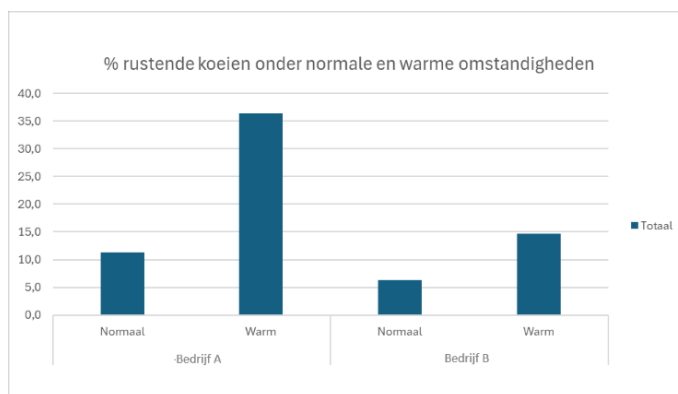
Op bedrijf A en B zoeken de dieren vanaf een temperatuur in de zon van circa 24°C (THI 74) de schaduw van bomen op. Bij een verdere stijging van de temperatuur in de schaduw naar circa 24°C (THI 74) verplaatsen de dieren op bedrijf A zich naar de stal. Rond 19:30 (THI <72, <22°C) verplaatsen zij zich weer naar de weide.

Activiteit

Onder warme omstandigheden neemt het aantal grazende koeien af 30-40% af (figuur 5). Waarbij dit verschil groter is op bedrijf A. Het aantal rustende, niet herkauwende, dieren neemt met 8-25% toe (figuur 6). Beide figuren komen overeen met eerdere onderzoeken naar hittestress (Timmerman, Reenen, Holster, & Evers, 2018).



Figuur 5: Gemiddeld percentage grazende koeien onder normale of warme omstandigheden.



Figuur 6: Gemiddeld percentage rustende koeien onder normale of warme omstandigheden.

Herkauwende koeien

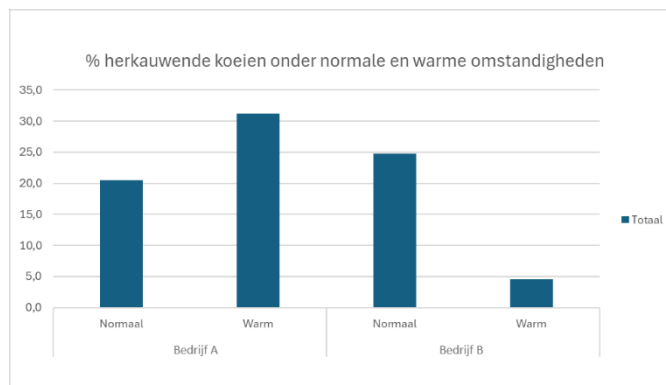
Figuur 7 geeft het aantal herkauwende dieren weer. De dieren op bedrijf B herkauwen 20% minder op warme dagen, waar de dieren op bedrijf A 10% meer herkauwen. Tijdens het onderzoek is niet de totale herkauwtijd per koe meegenomen. Hierdoor is niet bekend of het om koeien gaat die langer herkauwen op hete dagen of dat er in verhouding meer koeien herkauwen.

Snoepende koeien

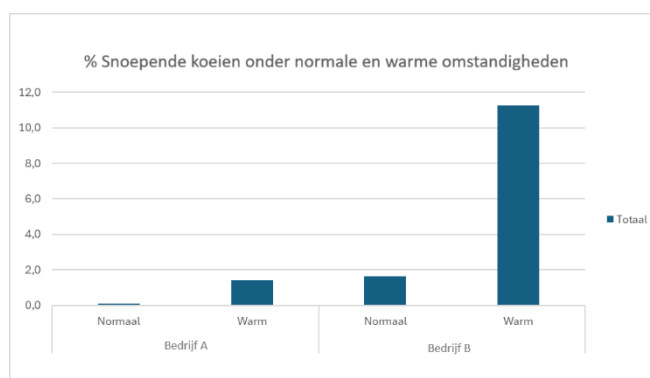
Op beide bedrijven neemt de hoeveelheid snoepende dieren toe (koeien die van bomen/struiken in de boomwal snoepen) (figuur 8). Op bedrijf A wordt minder gesnoept dan op bedrijf B. Bedrijf B laat ook de grootste stijging zien op warme dagen. Dit is te verklaren aan het aantal dieren op het perceel / in de schaduw. De dieren op bedrijf A hebben de gehele dag vrije toegang tot de stal en kunnen kiezen wat hun voorkeur heeft. De dieren op bedrijf B staan buiten tot het volgende melkmoment. Op hete dagen maken zij meer gebruik van de schaduw waardoor de kans op het waarnemen van snoeigedrag toeneemt.

Lopende koeien

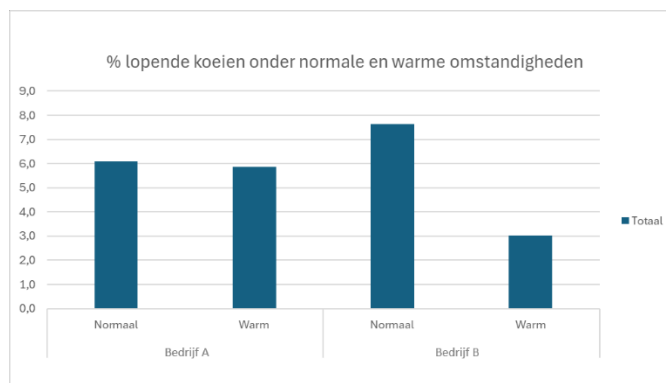
Op bedrijf B zijn de dieren minder in beweging op warme dagen (Figuur 9). Dit komt ook uit eerdere onderzoeken naar voren (Timmerman, Reenen, Holster, & Evers, 2018). Op bedrijf A neemt de hoeveelheid lopende dieren nauwelijks af. Dit komt doordat de dieren van en naar de stal liepen tijdens de observatieperiode.



Figuur 7: Gemiddeld percentage herkauwende koeien onder normale of warme omstandigheden.



Figuur 8: Gemiddeld percentage snoepende koeien onder normale of warme omstandigheden.



Figuur 9: Gemiddeld percentage lopende koeien onder normale of warme omstandigheden.

Conclusie

Samenvatting

Het onderzoek laat zien dat boomwallen invloed hebben op het microklimaat rondom percelen, maar dat deze invloed niet altijd leidt tot minder hittestress bij melkkoeien. De aanwezigheid van de boomwal zorgt voor minder temperatuurschommelingen dicht bij het element aan de noordzijde (0–5 meter), maar verder van de wal (10 meter) treden juist de hoogste THI-waarden op, zowel aan de noord- als de zuidzijde. Deze hoge THI-waarden komen vooral midden op de dag voor als de zon hoog staat.

Uit de gedragsobservaties blijkt dat melkkoeien duidelijk reageren op warmte:

zij grazen minder, rusten meer en vertonen vaker snoeigedrag (tenzij ze naar de stal kunnen). De invloed van de boomwal op gedrag hangt sterk af van de praktijksituatie. Op beide bedrijven zoeken de koeien de schaduw van de boomwallen op rond de 24°C in de zon. Op het bedrijf zonder vrije toegang tot de stal (bedrijf B) maken koeien logischerwijs veel langer gebruik van de schaduw van de boomwal en wordt ook meer snoeigedrag gezien. Op bedrijf A, waar koeien kunnen kiezen tussen stal en weide, is de invloed van de boomwal kleiner omdat dieren bij warmte de stal opzoeken. Zij doen dit vanaf een temperatuur van circa 24°C in de schaduw (1-5 m noordkant).

Discussie

De metingen laten zien dat boomwallen het microklimaat vooral dichtbij het element beïnvloeden, maar leidt niet altijd tot minder kans op hittestress. Op 10 meter afstand trad aan beide zijden de grootste kans op hittestress op. Mogelijk spelen wind, stralingswarmte en vegetatiestructuur hierbij een rol. Deze factoren zijn niet meegenomen.

In het gedragsonderzoek bleek dat koeien duidelijk reageren op warmte, maar dat het gebruik van schaduw sterk afhankelijk is van de praktijksituatie. Vooral op het bedrijf zonder vrije toegang tot de stal werd de schaduw van de boomwal veel gebruikt. Ondanks beperkingen zoals een laag aantal hitemetingen bevestigen de resultaten dat boomwallen waardevol kunnen zijn als aanvullende schaduwbron, maar dat effectief hittestressmanagement een combinatie van meerdere maatregelen vereist. De gedragsmetingen zijn op een beperkt aantal bedrijven (twee) uitgevoerd. Hierdoor kan er alleen tot een bepaalde hoogte uitspraak worden gedaan over de effecten van boomwallen op hittestress.

Praktische uitkomsten

De resultaten laten zien dat boomwallen bijdragen aan een koeler en stabiel microklimaat, maar hittestress niet altijd effectief kunnen verminderen. De praktijksituatie bepaalt voornamelijk hoe groot het effect is. Bedrijven zonder vrije toegang tot de stal profiteren meer van schaduw en beschutting dan bedrijven waar koeien vrije toegang tot de stal hebben (bijvoorbeeld robotbedrijven). Koeien maken vanaf een temperatuur van 24°C in de zon veel gebruik van de aanwezige boomwallen. Vanaf circa 24°C in de schaduw van boomwallen heeft weidend vee meer baat bij toegang tot de stal. Voor veehouders betekent dit dat boomwallen waardevolle, maar aanvullende maatregelen zijn om het voorkomen van hittestress te verminderen. Goed hitemanagement is tot slot altijd een combinatie van schaduw, water, stalcomfort en een aangepaste weideplanning.

Themasheet: Landschapskwaliteit

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Gerrit Tuinstra (Landschapsbeheer Friesland)



Inleiding

Om inzicht te krijgen in de kwantiteit en kwaliteit van de landschapselementen op de zeven deelnemende bedrijven, en daarmee het landschap als geheel, is er in het najaar van 2024 een landschapsinventarisatie uitgevoerd op de bedrijven.

Methodiek

Alle afzonderlijke landschapselementen zoals elzensingels, houtwallen, solitaire bomen en poelen zijn geïnventariseerd, dat wil zeggen in het veld bekeken en als punt, lijn of vlak op kaart ingetekend. Van alle individuele elementen zijn van tal van parameters de waarden opgenomen.

Dit betreft parameters zoals elementsoort, bedekkingsgraad, aantal soorten, leeftijd beplanting, onderhoud beplanting en kwaliteitsklasse. Diverse van deze parameters geven inzicht in zowel kwantiteit als kwaliteit van de bomen en struiken. Andere geven inzicht in de waarde voor bijvoorbeeld broedvogels en worden derhalve in de themasheet [Biodiversiteit](#) behandeld.

De methodiek ofwel de opgenomen parameters, worden nader beschreven in [Bijlage 1 – Landschapskwaliteit inventarisatie methodiek](#).



Elzensingel met lagere bedekkingsgraad.

Resultaten kwantiteit

Inventarisatie oppervlakte

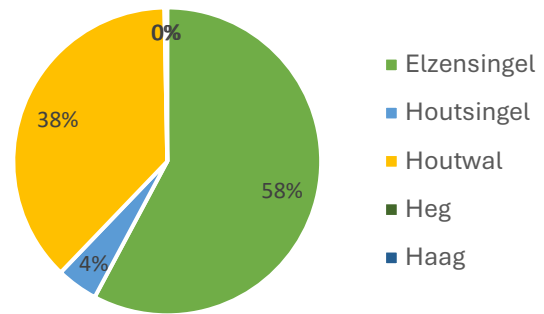
De totale oppervlakte waarop de landschapselementen geïnteriseerd werden bedraagt 346,2 hectare. De gemiddelde oppervlakte bedraagt 49,5 hectare per bedrijf. De oppervlakte van het kleinste en grootste bedrijf bedraagt resp. 12,5 en 84,8 hectare. In totaal werden 731 lijnvormige elementen geïnteriseerd met een totale lengte van bijna 97 kilometer.

De onderverdeling per elementsoort is als volgt:

• Elzensingel	428 stuks	55.916 meter
• Houtsingel	55 stuks	4.215 meter
• Houtwal	243 stuks	36.304 meter
• Heg	3 stuks	184 meter
• Haag	2 stuks	101 meter

Daarnaast werden de volgende aantallen punt- en vlakvormige landschapselementen geïnteriseerd:

- (Hakhout)bosje 3 stuks
- Solitaire bomen 344 stuks
- Poelen 77 stuks



Grafiek 1: indeling lijnelementen in totale lengte (km).



Houtwal met een hoge bedekkingsgraad en fraaie eiken als overstaanders.

Resultaten kwaliteit lijnvormige elementen

Diverse in het veld opgenomen parameters hebben betrekking op de kwaliteit van de elementen. Van een aantal van deze parameters is een beknopte analyse gemaakt die hieronder weergegeven wordt.

Kwaliteitsklassen

Als eerste is er een analyse gemaakt van de indeling in kwaliteitsklassen. Ieder landschapselement is beoordeeld met een kwaliteitsklasse, op basis van in eerste instantie bedekkingsgraad en daarnaast onderhoudstoestand (zie ook [bijlage 1](#) voor een toelichting op deze parameter). Elementen met een hoge kwaliteitsklasse hebben doorgaans een hogere waarde, bv. landschappelijk en ecologisch. Elementen met een lagere kwaliteitsklassen zouden in aanmerking kunnen komen voor verbetering.

Kwaliteitsklassen gezamenlijk

Deze analyse is gedaan voor alle soorten lijnvormige elementen maar het gaat te ver om dat hier als zodanig te presenteren. Als er niet naar elementsoort gekeken wordt dan is de indeling in kwaliteitsklassen als volgt:

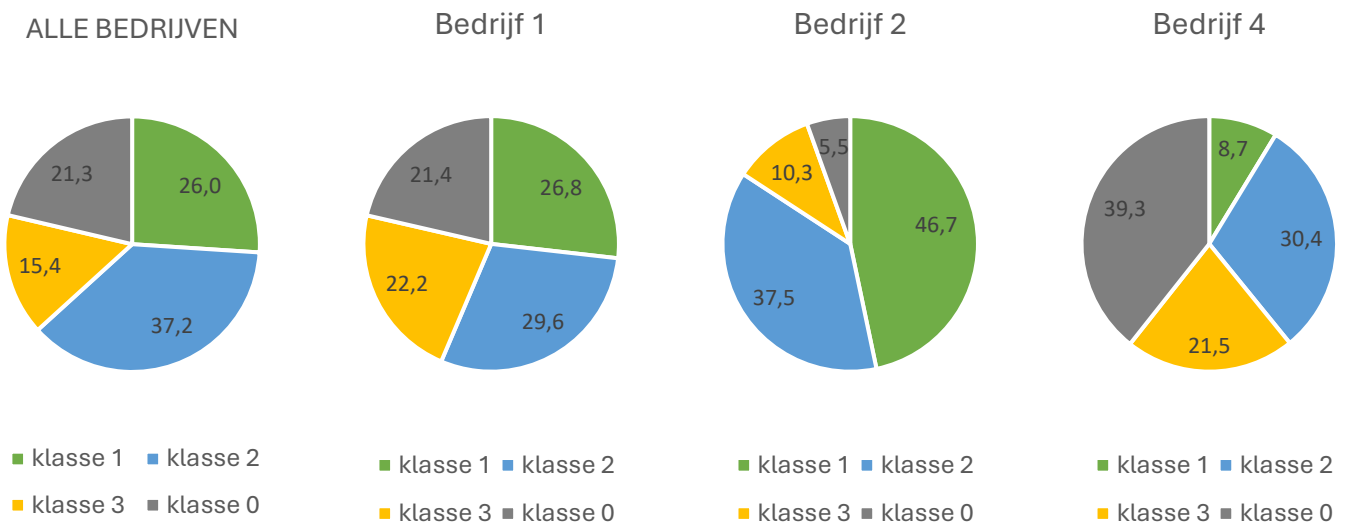
- Klasse 1 (hoogste) 25.178 meter – 26%
- Klasse 2 36.004 meter – 37,2%
- Klasse 3 14.898 meter – 15,4%
- Klasse 0 (laagste) 20.640 meter – 21,3%

De indeling van de lijnvormige elementen in kwaliteitsklassen wordt visueel weergegeven in grafiek 2a.

Kwaliteitsklassen per bedrijf

De indeling in kwaliteitsklassen verschilt per bedrijf. Zo is op bedrijf 1 een redelijk gelijkmatige verdeling over de vier kwaliteitsklassen te zien (grafiek 2b) en valt op bedrijf 2 het grootste deel in de hoogste kwaliteitsklasse (klasse 1; grafiek 2c). Op bedrijf 4 valt het grootste deel in de laagste kwaliteitsklasse (klasse 0; grafiek 2d).

Zoals eerder kort beschreven, is de indeling in kwaliteitsklassen gerelateerd aan in eerste instantie de bedekkingsgraad en daarna onderhoudstoestand. Dat er op bedrijf 4 een relatief grote lengte in kwaliteitsklasse 0 ingedeeld is, heeft enerzijds te maken met een (voor sommige elementen) lagere bedekkingsgraad, maar ook met factoren die te maken hebben met de onderhoudstoestand, bv. rasters die aan stammen genageld zijn en het hier en daar uitvoeren van een ‘dunningsbeheer’ i.p.v. een ‘eindkapbeheer’, wat niet gebruikelijk is in de Noordlike Fryske Wâlden.



Grafiek 2a t/m 2d: indeling lijnelementen in kwaliteitsklassen voor alle bedrijven tezamen (links) en afzonderlijk voor de bedrijven 1, 2 en 4 (rechts).

Bedekkingsgraad

Voor ieder afzonderlijk element is de bedekkingsgraad bepaald. De bedekkingsgraad geeft de hoeveelheid beplanting in een houtwal of singel weer en daarmee min of meer de hoeveelheid leefgebied voor soorten (bv. insecten, broedvogels). Doorgaans geldt: hoe hoger de bedekkingsgraad hoe waardevoller het element.

De totale lengte van de (op kaart) ingetekende lijnelementen bedraagt (zoals eerder genoemd) bijna 97 kilometer.

De lengte die bedekt is met bomen en struiken bedraagt bijna 68 kilometer. Dit getal is berekend door de lengte van ieder element te vermenigvuldigen met diens bedekkingsgraad. De gemiddelde bedekkingsgraad van alle lijnvormige elementen op de zeven bedrijven bedraagt 70,2%.

Per bedrijf is hieronder een berekening gemaakt van de totale lengte en de bedekte lengte en daarnaast een omrekening van het aantal meters lijnelement (totaal en bedekt) per hectare.

De resultaten van de bedekkingsgraad zijn als volgt:

• Bedrijf 1	261 m1/ha totaal	181 m1/ha bedekt	69,3% gem. bedekking
• Bedrijf 2	315 m1/ha totaal	257 m1/ha bedekt	81,4% gem. bedekking
• Bedrijf 3	298 m1/ha totaal	242 m1/ha bedekt	81,4% gem. bedekking
• Bedrijf 4	279 m1/ha totaal	164 m1/ha bedekt	58,7% gem. bedekking
• Bedrijf 5	282 m1/ha totaal	210 m1/ha bedekt	74,7% gem. bedekking
• Bedrijf 6	288 m1/ha totaal	196 m1/ha bedekt	68,0% gem. bedekking
• Bedrijf 7	279 m1/ha totaal	196 m1/ha bedekt	64,6% gem. bedekking

Leeftijd beplanting

Toelichting leeftijdsclassen

Voor biodiversiteit – de variatie aan soorten – is variatie in stadia ofwel in leeftijd van beplanting (bomen en struiken) belangrijk.

In veel elementen in het agrarische cultuurlandschap de Noordlike Fryske Wâlden vindt hakhoutbeheer plaats. In elzensingels wordt de beplanting eens per ca. 21 jaar afgezet en in houtwallen eens per ca. 25 jaar. Voor de variatie is het ook belangrijk dat er oude beplanting aanwezig is in het gebied, waar bijvoorbeeld weer andere vogel- en insectensoorten van profiteren. In dit licht is het interessant om te kijken naar de leeftijd van de beplanting in de elzensingels en houtsingels op de zeven bedrijven. De heggen en hagen worden hier achterwege gelaten om dat het voor deze elementsoorten om een (zeer) beperkte lengte gaat.

Tijdens de inventarisatie is voor ieder afzonderlijk element de leeftijd ingeschat en genoteerd. Voor de analyse van deze parameter is echter een indeling in klassen gehanteerd en deze is als volgt:

- Jong
 - elzensingels: 0 t/m 13 jaar
 - houtwallen/-singels: 0 t/m 15 jaar
- Middel
 - elzensingels: 13 t/m 25 jaar
 - houtwallen/-singels: 16 t/m 30 jaar
- Oud
 - elzensingels: 26 t/m 35 jaar
 - houtwallen/-singels: 31 t/m 40 jaar
- Zeer oud
 - elzensingels: >35 jaar
 - houtwallen/-singels: >40 jaar

Leeftijdsklassen gezamenlijk

De indeling in deze leeftijdsklassen voor alle elzensingels, houtsingels en houtwallen op de zeven bedrijven is als volgt:

- Jong 41.400 meter – 42,9%
- Middel 28.418 meter – 29,5%
- Oud 17.692 meter – 18,3%
- Zeer oud 8.926 meter – 9,3%

De indeling in leeftijdsklassen van de elzensingels, houtsingels en houtwallen (gezamenlijk) op de zeven bedrijven wordt visueel weergegeven in grafiek 3a.

Het grootste deel van de elementen op de bedrijven heeft dus een jonge beplanting. De beplanting in iets meer dan een kwart is oud of zeer oud.

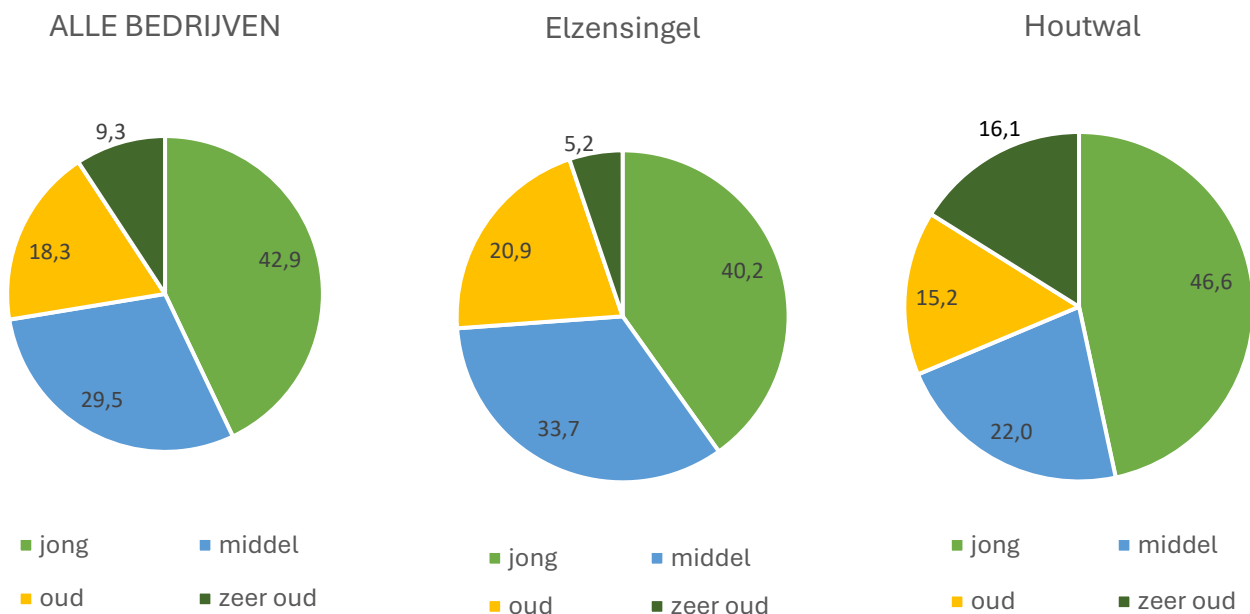
Leeftijdsklassen afzonderlijk

Als er gekeken wordt naar de leeftijd van de beplanting in elzensingels en houtwallen afzonderlijk, dan geeft dit het volgende beeld:

Resultaat leeftijdsklassen afzonderlijk:

- Jong
 - elzensingels: 22.453 m1/40,2%
 - houtwallen: 16.927 m1/46,6%
- Middel
 - elzensingels: 18.841 m1/33,7%
 - houtwallen: 8.001 m1/22,0%
- Oud
 - elzensingels: 11.714 m1/20,9%
 - houtwallen: 5.528 m1/15,2%
- Zeer oud
 - elzensingels: 2.909 m1/5,2%
 - houtwallen: 8.926 m1/16,1%

De indeling in leeftijdsklassen voor elzensingels en houtwallen afzonderlijk wordt visueel weergegeven in de grafieken 3a en 3b. Bijna de helft van de lengte aan houtwallen heeft een jonge leeftijd en bijna een derde van de lengte aan houtwallen heeft een oude of zeer oude beplanting. Bij de elzensingels is deze verhouding net even anders. Hier heeft iets meer dan een kwart van de elementen een oude of zeer oude beplanting.



Grafiek 3a t/m 3c: indeling in leeftijdsklassen van alle lijnelementen (links), de elzensingels (midden), en de houtwallen (rechts) voor alle bedrijven tezamen.

Leeftijdsklasse per bedrijf

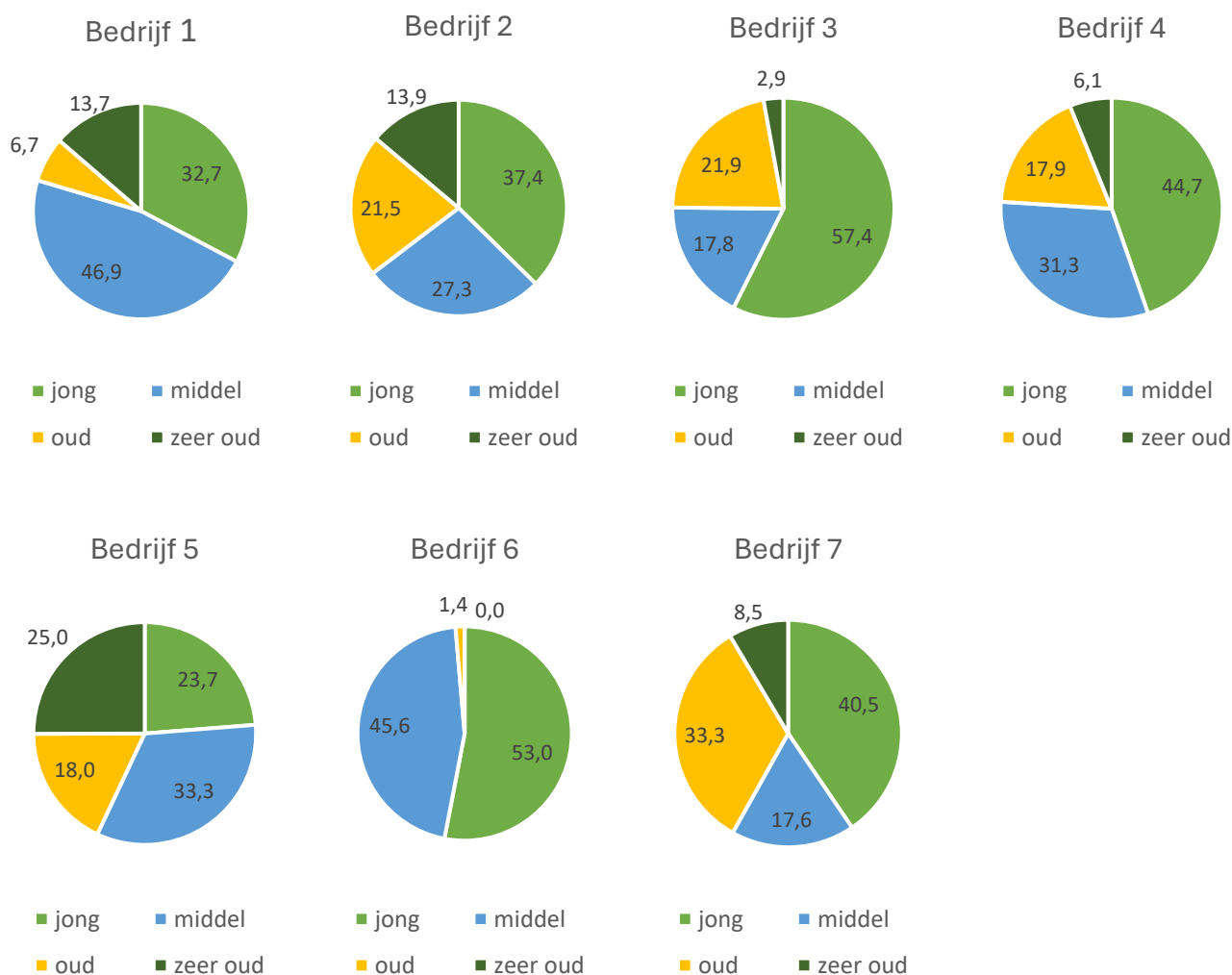
Het is ook interessant om te kijken naar de verschillen van de indeling in de leeftijdsklassen voor de verschillende bedrijven. Dit wordt gedaan in de grafieken 4a t/m 4g.

Op vijf van de zeven bedrijven heeft jonge beplanting de overhand. Op twee van de bedrijven (1 en 5) heeft het grootste deel een middelmatige leeftijd.

Opvallend zijn de verschillen tussen de bedrijven 5 en 6. Op bedrijf 5 zijn de vier leeftijdsklassen vrij evenredig verdeeld, terwijl dit op bedrijf 6 juist niet zo is. Hier heeft iets meer dan de helft een jonge leeftijd heeft en iets minder dan de helft een middelmatige leeftijd.

Op bedrijf 6 is slechts een zeer kleine lengte met een oude beplanting en zeer oude beplanting ontbreekt in het geheel. Op bedrijf 5 is juist een vrij grote lengte met een oude en zeer oude beplanting aanwezig, terwijl jonge beplanting – zeker in verhouding tot bedrijf 6 – veel minder aanwezig.

Let op: het gaat hier om de leeftijd van het hakhout ofwel de leeftijd van de staken/stammen op de stobben, die opnieuw gegroeid zijn na de laatste eindkap. De stobben waar deze staken/stammen op staan zijn doorgaans (veel) ouder. Daarnaast moet opgemerkt worden dat er bijvoorbeeld op bedrijf 6 toch ook oude bomen aanwezig zijn, in de vorm van overstaanders ofwel bomen (en/of struiken) die bij een eindkap zijn blijven staan.



Grafieken 4a t/m 4g: indeling in leeftijdsklassen (van alle lijnelementen gezamenlijk) op de 7 bedrijven.

Aanwezigheid Amerikaanse vogelkers

Amerikaanse vogelkers is een exoot, dus een soort die in onze streken van nature niet voorkomt. De ecologische waarde van deze soort is klein te noemen en omdat deze soort sterk kan woekeren verdient de Amerikaanse vogelkers speciale aandacht in het beheer.

In het zuidoosten van de provincie is Amerikaanse vogelkers al jaren een zeer algemene soort in bossen, wegbermen en ook in veel landschapselementen zoals houtwallen en (elzen)singels. Het beheer ofwel de bestrijding is intensief. Men moet volhoudend zijn om de soort weg te krijgen. Vooral bij groot onderhoud (eindkap) moet men bedacht zijn op de aanwezigheid van de soort, die gemakkelijk uit zaad opslaat nadat er (met een eindkap) veel licht op de bodem valt.

In de Noordlike Fryske Wâlden is de soort nog redelijk beperkt aanwezig, zeker in vergelijking met het zuidoosten van de provincie. Toch zien we de struik, die uit kan groeien tot een boom, ook in de NFW al op tal van plekken opduiken en her en der ook al in grote aantallen! Om te voorkomen dat de Amerikaanse vogelkers in de NFW een dominante soort wordt (zoals het in zuidoost Friesland vaak al is!) is het advies om de soort te bestrijden! Omdat de soort niet door iedereen herkend zal worden is voorlichting van groot belang.



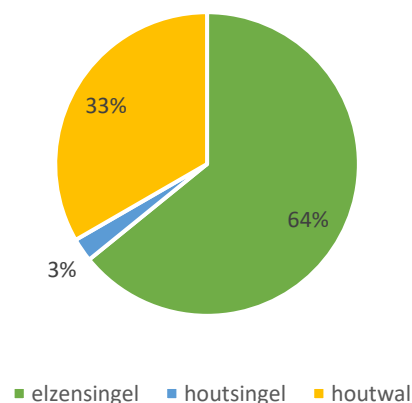
Amerikaanse vogelkers met onrijpe vruchten.

Tijdens de inventarisatie op de zeven bedrijven is er specifiek naar de aanwezigheid van Amerikaanse vogelkers gekeken en is de bedekkingsgraad genoteerd, indien aanwezig.

De totale (bedekte) lengte aan Amerikaanse vogelkers, op de zeven bedrijven bedraagt 279 meter. Dit is 0,4% van de totale (bedekte) lengte van de lijnvormige elementen op de zeven bedrijven. Dit is nog niet veel, maar zoals eerder gezegd kan de soort zich snel uitbreiden, bijvoorbeeld door verspreiding van de zaden (in de bessen) door vogels als merel, koperwiek en kramsvogel.

Amerikaanse vogelkers is op vijf van de zeven bedrijven waargenomen, meestal in een lage bedekking (0-10%), maar in een aantal gevallen in een wat hogere bedekking (10-20%). Over het algemeen is het een soort van wat drogere omstandigheden, maar ook in elzensingels is de soort al aanwezig. In grafiek 6 is de verdeling over de verschillende elementsoorten weergegeven.

Amerikaanse vogelkers



Grafiek 6: verdeling Amerikaanse vogelkers over de verschillende elementsoorten.

Samenvatting en conclusie

Op de zeven bedrijven – met een totale oppervlakte van 346 hectare – werden 731 lijnvormige landschapselementen, 3 bosjes, 344 solitaire bomen en 77 poelen geïnterpreteerd. De kwaliteit van de lijnvormige elementen is gemiddeld goed: slechts ca. een vijfde van de geïnterpreteerde lengte heeft de laagste kwaliteitsklasse gekregen, wat samenhangt met een lage(re) bedekkingsgraad en/of een slechte(re) onderhoudstoestand. De indeling in kwaliteitsklassen verschilt per bedrijf enigszins.

De totale lengte van de lijnvormige elementen, zoals ingetekend op kaart, bedraagt bijna 97 kilometer. Delen van de ingetekende singels en houtwallen zijn niet begroeid met bomen en struiken. De wél met bomen en struiken bedekte lengte (voor een afzonderlijke singels is dit de ingetekende lengte vermenigvuldigd met de bedekkingsgraad van die singel) bedraagt bijna 68 kilometer. De gemiddelde bedekkingsgraad van de lijnvormige elementen varieert van ca. 59% tot 81% per bedrijf. De gemiddelde bedekking voor alle 731 lijnvormige elementen bedraagt iets meer dan 70%. In ca. 43% van de lengte is de beplanting jong en ca. 18% en 9% van de lengte heeft een oude resp. zeer oude beplanting. Ook hierin zijn per bedrijf verschillen.

Zo zijn er op bedrijf 6 geen elementen met een (zeer) oude beplanting (overstaanders niet meegerekend), terwijl die er op bedrijf 5 juist wel zijn.

De (invasieve en ecologisch niet waardevolle) exoot Amerikaanse vogelkers werd op vijf van de zeven bedrijven aangetroffen in een (bedekte) lengte van in totaal bijna 280 meter! Dit is nog niet veel, maar de soort kan zich in korte tijd snel uitbreiden. Aandacht voor herkenning en bestrijding is zeer gewenst!

De resultaten van de inventarisatie, zowel als het om kwantiteit als kwaliteit, maar ook de parameters die onder de noemer 'biodiversiteit' behandeld zijn, zijn besproken met de beheerders ofwel de eigenaren van de bedrijven. Diverse resultaten grijpen in op beheer en waar nodig kan hier rekening mee gehouden bij toekomstige beheermaatregelen. Ook is er op de bedrijven gekeken naar versterking van het landschap, bv. door middel van nieuwe aanleg van landschapselementen. Een aantal concrete maatregelen kwamen hier al naar voren en mogelijk worden sommige al op korte termijn uitgevoerd binnen toekomstige landschapsherstelprojecten.



Gevarieerde houtwal met een hoge bedekkingsgraad.

Themasheet: Koolstofvastlegging

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Waas Thissen (Louis Bolk Instituut)



Inleiding

In het project *Boeren Tussen Boomwallen* is onderzocht hoeveel koolstofvastlegging de bomen en de bodem kunnen verzorgen in de Noardlike Fryske Wâlden (NFW). Ook is er gekeken of deze koolstofvastlegging financieel verwaard kan worden. Hieronder wordt eerst toegelicht wat we uit de wetenschap weten van koolstofvastlegging in de biomassa en in de bodem, en hoe dat relevant is voor houtwallen en elzensingels in de Noardlike Fryske Wâlden.

Koolstofvastlegging

Koolstofvastlegging in houtwallen en elzensingels vindt plaats doordat bij fotosynthese koolstofdioxide (CO_2) wordt opgenomen uit de lucht. De vuistregel is dat ongeveer de helft van de droge biomassa van de boom koolstof (C) is. Als delen van de boom afsterven (bijvoorbeeld het blad of de wortels) wordt dit verteerd door het bodemleven. Zo komt de koolstof ook in de bodem terecht. Door vertering door het bodemleven komt ook een deel van deze C weer als CO_2 in de lucht, terwijl een ander deel voor korte of langere tijd in de bodem verblijft.

Biomassa

Elke elzensingel of houtwal is net weer anders. De groei van de individuele boom bepaalt hoeveel koolstof er wordt opgeslagen. De groei van een boom wordt bepaald door de standplaats (grondsoort, grondwater, wind, andere bomen). Wil je precies weten hoeveel koolstof er in een boom opgeslagen is, dan is de meest betrouwbare methode de boom omhakken en hem (in stukjes) wegen. En wil je de ondergrondse biomassa ook weten, dan zul je de wortels ook moeten uitgraven. Deze "destructieve methode" is natuurlijk niet altijd wenselijk of praktisch haalbaar. Uiteraard zijn er in de wetenschappelijke literatuur echter wel getallen beschikbaar uit vergelijkbare systemen. Deze kunnen we gebruiken om een inschatting te krijgen van de koolstofvastlegging in elzensingels en houtwallen.

Als je goed wil begrijpen hoe koolstofvastlegging werkt, dan is het van belang om twee basisprincipes te begrijpen. Deze worden uitgelegd in box 1 en 2.



Methode

Biomassa

Om een inschatting te maken van de hoeveelheid koolstof in de bovengrondse biomassa van elzensingels en houtwallen is gebruik gemaakt van een bestaande velddataset uit het project *Energie uit Hout* uit 2015. Hierbij is bij verschillende landschapselementen in de NFW een opbrengstmeting gedaan van tussentijdse snoei en eindkap; 1 houtwal en 13 elzensingels gingen in eindkap. Hiervan is de hoeveelheid verse houtsnippers bepaald om een inschatting te maken van de aanwezige koolstof. Voor het verduidelijken van de berekeningen die daarvoor nodig zijn, zie box 1 t/m 4.

Ook is een inventarisatie van de hele NFW uit 2012 beschikbaar. Deze data is gebruikt om de bevindingen uit *Energie uit Hout* te vertalen naar het hele gebied. Initieel was het doel ook om een koppeling te maken met *remote sensing* data. Dat kan data zijn afkomstig van bijvoorbeeld satellieten of drones. Door de velddata te gebruiken als “ware” data en die te koppelen aan *remote sensing* data, kan je de data die op enkele punten is verzameld, extrapoleren naar bijvoorbeeld een heel gebied. Echter omdat de exacte locatie van de velddata uit *Energie uit Hout* niet achterhaald kon worden, beperkte dit de koppeling met *remote sensing* data.

Bodem

Op 5 locaties bij boeren in de NFW zijn bodemmonsters verzameld. De bodemmonsters werden geanalyseerd op een variëteit van fysische, chemische en biologische eigenschappen, waaronder het organische koolstofgehalte in de bodem (C-org).

Er is bij twee typen landschapselementen bemonsterd: elzensingels en houtwallen. Monsternamen vond plaats op 0, 1, 5, 10 en 20 meter afstand. Dit gebeurde aan beide kanten van de bomenrij: noord en zuid. Bodemmonsters werden gestoken als mengmonster van 30 steken over een afstand van 10 meter parallel aan het element. De bemonsterde diepte is de laag 0-25 centimeter.

Bij 1 van de 5 locaties is er een elzensingel en een houtwal, bij 4 van de 5 locaties is er een elzensingel óf een houtwal. Het eventuele effect van het type landschapselement is daarom lastig te ontwarren van de locatie. Grondslag en beheer kunnen heel anders zijn per locatie. Ook is het perceel aan de noordkant soms heel anders qua grondslag en grondwater dan het perceel aan de zuidkant. Het effect van de oriëntatie is daarom ook lastig te ontwarren van de locatie. Bij 4 bomenrijen is er tevens een herhaling voor de bodemmonsters en bij 2 bomenrijen niet. De dataset is daarom niet “gebalanceerd” omdat niet alle combinaties van de factoren even vaak voorkomen.

Voor bodemorganische koolstof is een ANOVA uitgevoerd met een post-hoc test (Tukey's HSD) om onderlinge verschillen tussen de afstanden te onderscheiden. Ook is door uitsplitsen van de data gekeken naar een eventueel effect van het type landschapselement (elzensingel/houtwal) en oriëntatie (noord/zuid), ook al zijn deze dus lastig te ontwarren van de locatie.

Resultaten

Wat weten we uit de literatuur?

Biomassa

Er zijn eigenlijk wereldwijd weinig systemen vergelijkbaar met de houtwallen en elzensingels in de NFW. Toch kunnen we een aantal wetenschappelijke bronnen uit het buitenland gebruiken om een beeld te krijgen van de te verwachten koolstofvoorraad in elzensingels en houtwallen. Met name in Duitsland en tot op een zeker hoogte in Engeland komen enigszins vergelijkbare systemen voor waar onderzoek naar is gedaan. Aanbevolen literatuur is: Drexler, Gensior & Don, (2021) die een meta-analyse uit literatuur rondom koolstofvastlegging in heggen uit Engeland bekeken en deze aangevuld hebben met eigen data uit Duitsland. Er werden in dat onderzoek duidelijke verbanden gevonden tussen de hoeveelheid koolstof en het aantal jaren sinds de laatste eindkap en de hoogte van de heg. Waar de eindkap meer dan 15 jaar geleden had plaatsgevonden zat de mediane vastlegging rond de 50 ton C/ha. En waar de heg hoger dan 6 meter was, zat de vastlegging rond de 60 ton C/ha. Interessant is om dit te vergelijken met de resultaten van dit project.

Een andere bron is Ligner et al., (2018) die drie methodes voor het in kaart brengen van de bovengrondse biomassa van heggen onderzochten in Noord-Duitsland. In dit onderzoek werden heggen in een houtkap versnipperd en het drooggewicht bepaald. Dit is vervolgens omgerekend naar koolstof.

Bodem

Mayer et al., (2022) kijken in een meta-analyse naar het effect van agroforestry in gematigde klimaten op bodemorganische koolstof. Hieruit blijkt dat percelen met agroforestry (rijenteelt, heggen, boomweides) over het algemeen een hogere hoeveelheid bodemorganische koolstof hebben dan een “controle” perceel zonder agroforestry.

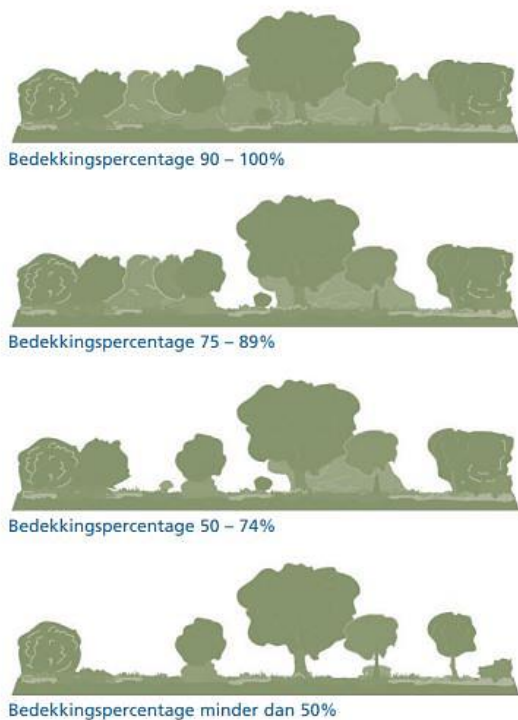
Heggen hadden gemiddeld rond de 50 ton C/ha in de bovengrond (0-20 cm), echter met een hele grote spreiding, en rond de 40 ton C/ha in de ondergrond (20-40 cm). Onderzoek van Drexler, (2021) vond echter geen verschil tussen bodemorganische koolstof bij vergelijkbare bodems onder grasland en heggen.

Biffi et al., (2025) vonden juist weer wel verschillen tussen bodems onder grasland en heggen. De bodems onder heggen (0-50cm diep) hadden structureel een hogere koolstofvoorraad, variërend van 108 tot 217 ton C/ha. Jongere heggen (<10 jaar) hadden gemiddeld 132 ton C/ha, en oudere heggen (>20 jaar) gemiddeld 144,8 ton C/ha. Grasland had gemiddeld 103 ton C/ha. De hogere koolstofvoorraad was met name te wijden aan een hogere toevoer van grovere nog onverteerde blad- en wortelresten.

Van tevoren waren er een aantal hypothesen (verwachtingen) rondom de uitkomsten van ons onderzoek. De verwachtingen waren:

- Afstand maakt uit:
 - Hoe verder weg van het landschapselement, hoe minder bodemkoolstof
- Oriëntatie (noord/zuid) maakt uit:
 - De noordkant ontvangt meer bladval dan de zuidkant en heeft meer bodemkoolstof
- Het type landschapselement maakt uit:
 - Elzensingels leggen stikstof vast terwijl houtwallen mogelijk meer biomassa hebben, beiden kunnen effect hebben op de bodemorganische koolstof

Toelichting bij resultaten



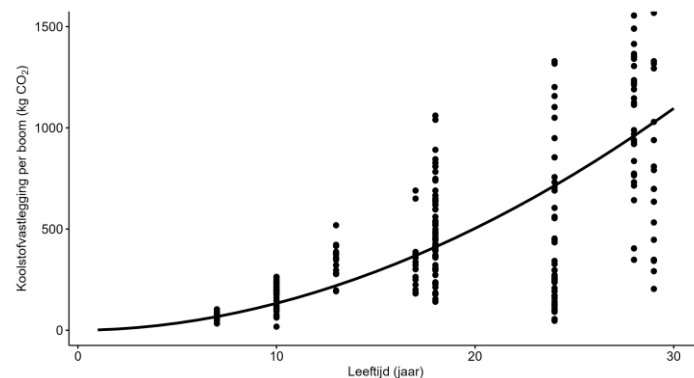
Figuur 1: Bedekkingspercentage o.b.v. veldonderzoek.

Box 1: Koolstof of koolstofdioxide?

Het koolstofatoom (C) is een bouwsteen van het molecuul koolstofdioxide (CO₂). Soms wordt koolstofvastlegging uitgedrukt in termen van tonnen C (ton C), en soms in termen van tonnen CO₂ (ton CO₂). In de vrijwillige koolstofmarkt, waar met verhandelbare certificaten wordt gewerkt, is de handelseenheid als volgt: 1 certificaat = 1 ton CO₂ (SNK). Om de omrekening te maken van C naar CO₂ moet je de hoeveelheid C vermenigvuldigen met (44/12), dus ongeveer 3,67. Dit heeft te maken met het gewicht van koolstof ten opzichte van het hele gewicht van het molecuul. Wil je van CO₂ naar C, dan moet je dus delen door (44/12).

Box 2: Hoe wordt koolstofvastlegging uitgedrukt?

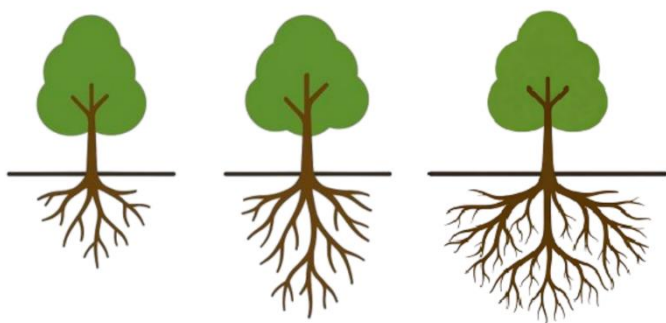
Wil je koolstofvastlegging goed begrijpen, dan is het goed om te benoemen dat koolstofvastlegging soms wordt uitgedrukt als *voorraad* (ton per hectare: ton/ha; of ton per kilometer: ton/km) en soms als *verandering* (ton per hectare per jaar: ton/ha/jaar; of ton per kilometer: ton/km/jaar). Een ton wordt ook weleens uitgedrukt als Megagram (Mg). Het is belangrijk om je te realiseren dat koolstofvastlegging uitgedrukt in t/ha/jaar altijd een *gemiddelde* vastlegging is over een periode van bijvoorbeeld de verwachte levensduur van de boom. De jaarlijkse vastlegging kan echter veel afwijken omdat bomen niet lineair groeien. Versimpeld gezien volgt de groei van de boom namelijk niet een rechte lijn maar een *curve* volgens een eenvoudige machtsfunctie: $B = b \times D^a$. Hierbij is B de biomassa, D de diameter, en vormen a en b de gevonden parameters van het model (Picard, Saint-André, & Henry, 2012).



Figuur 2: Voorbeeld van het verloop van koolstofvastlegging in een boom over langere tijd in jaren. Op basis van Thissen et al., (2025).

Box 3: De relatie tussen bovengrondse en ondergrondse biomassa

Een van de Engelse onderzoeken die Drexler et al., (2021) hebben bekeken heeft ook de ondergrondse biomassa (de wortels) van drie heggen gemeten tot een diepte van 1 meter. Deze kwamen uit op een verhouding tussen de bovengrondse en ondergrondse biomassa van gemiddeld wel bijna 1 staat tot 1 (0,94)! (Axe, Grange, & Conway, 2017). Dat wil zeggen dat de wortels bijna net zoveel biomassa hebben als wat er bovengronds zichtbaar is. Deze verhouding wordt ook wel de *root-shoot ratio* (R) genoemd (zie figuur 3). In bossen in een gematigd klimaat is de R vaak een stuk lager, namelijk tussen 0,3 en 0,46 (Mokany, Raison, & Prokushkin, 2006). De IPCC gebruikt ook deze waarden als richtlijn voor R in een gematigd klimaat (IPCC, 2006). Drexler et al., (2021) noemen als verklaring voor de relatief hoge R dat regelmatig snoeien en een eindkap kan leiden tot een hogere R (Mokany et al., 2006; Axe et al., 2017). Het gebruiken van een waarde voor R afkomstig uit de kennis over bossen zou de hoeveelheid ondergrondse biomassa ten opzichte van bovengrondse biomassa weleens flink kunnen onderschatten. Er is meer onderzoek nodig naar de root-shoot ratio onder landschapselementen die vaak worden gesnoeid of in eindkap zijn.



Figuur 3: Voorbeeld van verschillende root-shoot ratio's (0,5 en 1 en 2).



Box 4: De koolstoffractie in droog hout

De vuistregel is dat de helft van het drooggewicht van de boom koolstof (C) is. De IPCC hanteert 0,47 als standaardfractie voor gematigde bossen (IPCC, 2006). Echter in de realiteit kunnen hier kleine verschillen in zitten. Het kan bijvoorbeeld variëren op basis van de houtsoort. Onderzoek van Biffi et al., (2023) uit het noordwesten van Engeland keek specifiek ook naar de koolstoffractie per aanwezige soort in de heg. In dit onderzoek had bijvoorbeeld zwarte els een koolstoffractie van 0,514 (514,3 g C/kg DS) en zomereik 0,499 (499,8 g C/kg DS) in het stamhout. Statistisch waren er echter geen aantoonbare verschillen tussen koolstoffracties in stam of tak voor een reeks aan soorten (zwarte els, zomereik, sleedoorn, hazelaar, hondsroos, es, etc.). De verschillen zijn dusdanig klein en verwaarloosbaar, waardoor een fractie van 0,5 een goede vuistregel is. Opmerkelijk is wel dat in dit onderzoek in de wortels wel een significant lagere koolstoffractie werd gevonden voor meidoorn en sleedoorn, 468,3 en 484,5 respectievelijk (Biffi et al., 2023). Dit kan van belang zijn voor nauwkeurigere berekeningen van de koolstofvastlegging in de ondergrondse biomassa. Echter is deze data nog voor weinig boom- en struiksoorten bekend.

Resultaten berekeningen

Koolstof in de biomassa

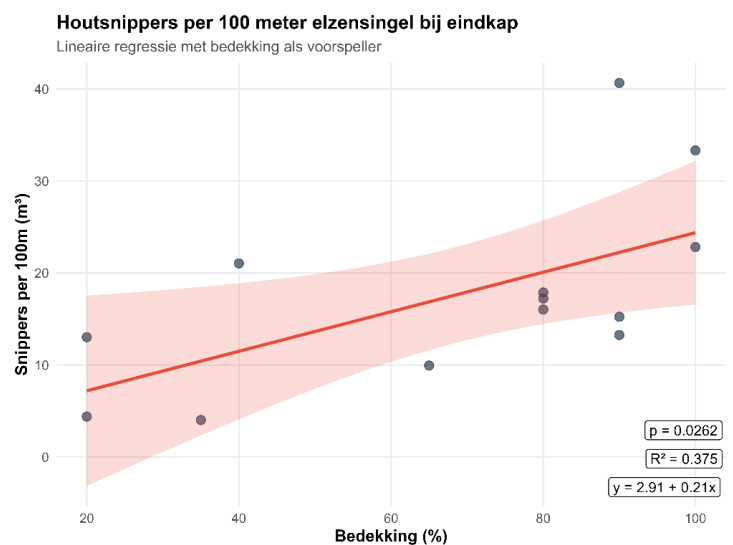
Op basis van de data uit *Energie uit Hout* (2015) kan al gekeken worden naar de relatie tussen de “bedekking” zoals deze in het veld wordt geschat, op basis van een visueel zijaanzicht van de elzensingel of houtwal (de Boer, 2014) (zie figuur 1). Per element wordt een percentage bedekking gescoord. Omdat er 13 elzensingels zijn gekapt met allemaal een andere bedekkingsgraad, kan er gekeken worden naar de relatie tussen bedekkingsgraad en het volume aan houtsnippers. Omdat de leeftijd van de elzensingels nagenoeg hetzelfde is (25-30 jaar, gemiddeld 25,1 jaar) geeft de leeftijd geen extra toegevoegde waarde om de hoeveelheid snippers te voorspellen. Ook de hoofdhoutsoort is in alle geoogste elzensingels overwegend zwarte els.

Figuur 4 toont het lineaire verband tussen de bedekkingsgraad en de hoeveelheid houtsnippers per 100 meter elzensingel. De lage p-waarde van 0,02 geeft aan dat de bedekkingsgraad een significant effect heeft, maar de R^2 van 0,37 geeft aan dat de bedekking alléén geen hele goede voorspeller is van de hoeveelheid houtsnippers. Zoals verwacht geeft een lagere bedekking een lagere opbrengst aan houtsnippers. Er is helaas maar 1 houtwal in eindkap geweest waardoor er voor dit landschapselement geen verband kan worden gelegd met de bedekkingsgraad.

Op basis van de gehele inventarisatie van landschapselementen in de NFW uit 2012 kunnen de geschatte waardes voor de houtsnippers uit elzensingels in de leeftijdscategorie 25-30 jaar opgeschaald worden naar het hele gebied. Dit kan omdat in deze inventarisatie ook de bedekking is meegenomen. De berekening van de hoeveelheid snippers wordt gedaan via de gevonden vergelijking $y = 2,91 + 0,21x$, waarbij y de hoeveelheid houtsnippers per 100 meter is, en x de bedekkingsgraad (figuur 4). Overstaanders, bomen die bij de eindkap bespaard zijn gebleven, zijn in deze berekening niet meegenomen.

Om het om te rekenen naar koolstof moeten een aantal assumpties worden gedaan. Een eerste assumptie is de hoeveelheid versgewicht per m^3 . Hiervoor geldt de vuistregel: $3 m^3$ staat gelijk aan 1000 kg (van der Meer, persoonlijke communicatie). Vervolgens moet het aandeel drooggewicht worden geschat. Op basis van (Ligner et al., 2018) die een eindkap doen in de winter wordt het drooggewicht geschat tussen de 47 en 62% droge stof. Op basis hiervan wordt ingeschat dat 50% van het versgewicht vocht is. Dit getal wordt ook genoemd in een rapportage van *Energie uit hout* (van der Meer, persoonlijke communicatie).

Dan moet een root-shoot ratio (R) gekozen worden om de ondergrondse biomassa te berekenen. Er is gekozen voor een “conservatieve” 0,5 (zie ook box 3). Vervolgens wordt aangenomen dat 50% van de droge stof koolstof is (zie ook box 4) en vervolgens wordt de omrekenfactor naar CO_2 gebruikt (zie box 1). Passen we dit toe op alle elzensingels in de NFW in 2012 tussen de 25 en de 30 jaar, dan kom je uit op 32.308 ton CO_2 voor 480 kilometer elzensingel. In zowel de bovengrondse als ondergrondse biomassa is dat dan bijna **67 ton CO_2 per kilometer volwassen elzensingel**. Ter vergelijking, het gemiddelde Nederlandse huishouden stoot volgens Milieucentraal 17 ton CO_2 per jaar uit (Milieucentraal).



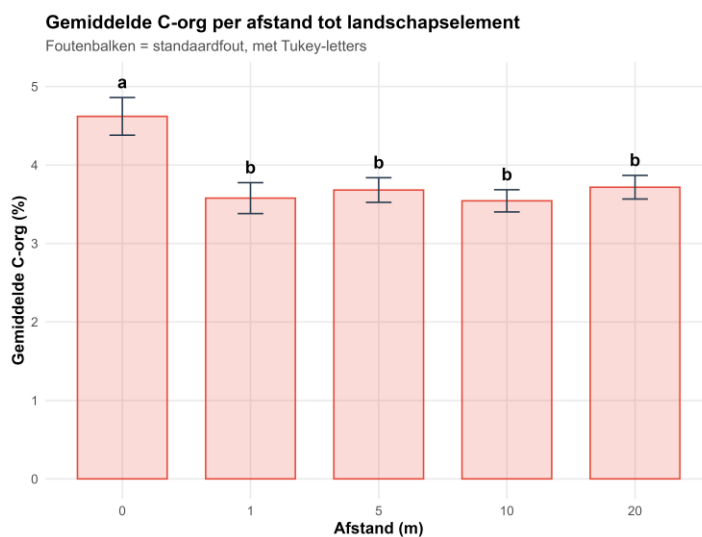
Figuur 4: Statistisch significant verband tussen de bedekkingsgraad (%) en het volume houtsnippers bij de eindkap van 13 elzensingels.

Koolstof in de bodem

Het is op basis van de testresultaten duidelijk dat direct in het landschapselement (0 meter) de organische koolstof hoger is (zie figuur 6).

Opmerkelijk is dat er geen significant effect werd gevonden van afstand (1 tot 20 meter) tot het landschapselement op koolstof in de bodem. Het effect van het landschapselement op de bodemkoolstof lijkt dus heel lokaal.

Organische koolstof is tweemaal door Eurofins geanalyseerd met de pakketten “Gronddiversen” (methode: COR6) en “BemestingsWijzer” (methode: NIRS), maar beiden geven hetzelfde beeld: de hoeveelheid bodemorganische koolstof is op alle andere afstanden (1, 5, 10, 20 meter) gemiddeld heel vergelijkbaar en varieert op alle afstanden ook evenveel. Er werd bij uitsplitsing van de data geen effect gevonden van oriëntatie (noord/zuid) of type landschapselement (elzensingel/houtwal) (figuren niet weergegeven in dit rapport).



Figuur 6: Verband tussen de afstand tot het landschapselement en de gemiddelde organische koolstof (C-org) geanalyseerd volgens Eurofins methode COR6. Een verschil in letters (a,b) geeft een statistisch significant verschil aan bij $\alpha = 0,05$



Vrij recent afgezette en weer mooi uitgelopen elzensingel met essen als overstaanders.

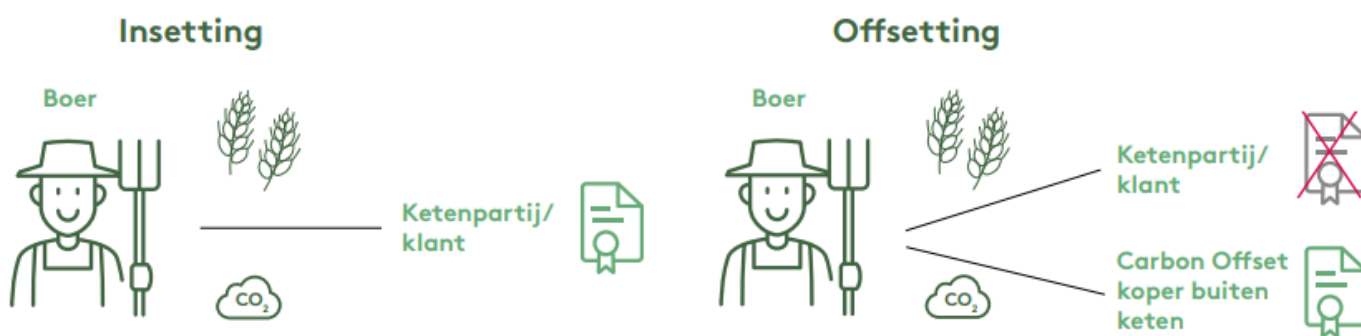
Verwachte effecten kosten en baten

We kunnen een kwalitatieve inschatting maken van het effect op de kosten en de baten voor de boer. De verwachting op voorhand was dat er ook daadwerkelijk perspectief was op verwaarding van koolstofvastlegging via de vrijwillige koolstofmarkt. Bijvoorbeeld door een project in te dienen bij de Stichting Nationale Koolstofmarkten (SNK). Helaas, omdat de bomen er al staan, is het niet mogelijk om via de weg van *offsetting* via de vrijwillige koolstofmarkt de waarde van de koolstofvastlegging te verzilveren. Volgens het principe van "additionaliteit" moet er een nieuwe maatregel plaatsvinden ten opzichte van de huidige situatie. De redenering is als volgt: omdat de bomen er al staan, is er geen financiële prikkel nodig. De koolstofcertificaten zijn bedoeld als prikkel om *nieuwe* klimaatmaatregelen te nemen.

Mogelijk is het via de weg van *insetting* wel mogelijk om de huidige koolstofvoorraad te verwaarden (figuur 7). Op basis van een Levenscyclusanalyse (LCA) wordt er bijvoorbeeld op jaarbasis een balans gemaakt van uitstoot van broeikasgassen en koolstofvastlegging op bedrijfsniveau. De "voetafdruk" van een product kan zo verlaagd worden, wat een klant van jouw producten als toegevoegde waarde kan meenemen en kan doorrekenen in de prijs (van den Berg et al., 2025).

Zou de vastlegging van koolstof in landschapselementen op deze wijze bijvoorbeeld meegenomen kunnen worden in de KringloopWijzer? Het is wel mogelijk om een theoretische waarde toe te kennen aan de koolstofvoorraad van landschapselementen in de NFW. Dit kan op veel verschillende manieren gebeuren. Bijvoorbeeld op basis van een prijs van koolstofcertificaten met als verkoopprijs 100 euro per certificaat (ton CO₂) (Hillewaere et al., 2025). Dit is wel een hele smalle manier om naar de waarde te kijken. Een bredere manier is om de "maatschappelijke" waarde te nemen op basis van de vele ecosystemediensten die landschapselementen met zich meebrengen.

Ten slotte is het gebruik van het hout zelf uiteraard ook een mogelijk verdienmodel voor de boer. Een onderzoek naar de verwaarding van hout is los uitgewerkt door de Friese Milieu Federatie (FMF). Dit onderzoek is toegevoegd als bijlage bij het rapport (zie [bijlage 2](#)).



Figuur 7: Insetting versus offsetting voor het belonen van koolstofvastlegging (van den Berg et al., 2025). In geval van insetting wordt het certificaat binnen de keten verrekend en krijgt het product een kleinere voetafdruk. Via de productprijs of door partijen in de keten wordt hier een vergoeding voor betaald. In geval van offsetting wordt een certificaat verkocht. Het product krijgt dus geen kleinere voetafdruk, maar het leidt tot een verlaging van de voetafdruk elders. In de regelgeving rond koolstofcertificaten is het zaak dat er geen dubbeltellingen plaatsvinden.

Conclusies

Samenvatting

Koolstofvastlegging is één van de vele ecosysteemdiensten verzorgd door elzensingels en houtwallen in de Noordelijke Friese Wouden. Dit onderzoek laat zien dat dit naar verwachting in de ordergrootte ligt van 67 ton CO₂ per kilometer volwassen elzensingel. Vervolgonderzoek, bijvoorbeeld met satellietdata, zou deze voorspelling waarschijnlijk kunnen verbeteren. In de bodem lijkt heel lokaal ook hoger van een hogere concentratie organische koolstof. Echter omdat de bulk dichtheid van de bodem nog ontbreekt is het niet mogelijk dit om te rekenen naar ton CO₂/ha.

Wat betreft de verwaardiging van koolstofvastlegging blijkt het op dit moment nog niet mogelijk om via certificaten (*offsetting*) de huidige koolstofvoorraad op waarde te zetten. Dat komt omdat via de vrijwillige koolstofmarkt alleen nieuwe aanplant beloond kan worden. Mogelijk is er potentie om de waarde van de koolstofvastlegging door te rekenen in de prijs van een product afkomstig van het bedrijf (*insetting*), bijvoorbeeld via de melk. Dit vereist meer onderzoek naar koolstofvastlegging in landschapselementen van verschillende soortensamenstellingen, plantdichtheden, leeftijd van de beplanting, beheer, etc. Door een slimme koppeling tussen velddata en *remote sensing* data kan er met behulp van *remote sensing* in de toekomst naar verwachting gemakkelijker inschattingen van de koolstofvoorraad gemaakt worden. Velddata met bijbehorende coördinaten zijn echter onmisbaar als primaire databron.

Suggesties voor vervolgonderzoek

Biomassa

De berekening van de koolstofvastlegging kan waarschijnlijk verbeterd worden met gebruik van *remote sensing* data, bijvoorbeeld met satellietdata en/of drone data. Het Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN) zou een zeer bruikbare bron kunnen zijn. Het AHN gebruikt zogenoemde LiDAR data, die wordt verzameld met behulp van laserscanners gemonteerd aan een vliegtuig.

Deze laserscanners maken 3D puntenwolken van het aardoppervlak. Uit deze puntenwolken valt allerlei bruikbare informatie te destilleren die iets vertelt over bijvoorbeeld de hoogte en de breedte van vegetatie. In recente jaren worden wel 10-14 punten per m² verzameld (AHN). Er zijn inmiddels meerdere inwinningsrondes geweest met tussenpauzes van een aantal jaar. De meest recente is AHN6, waarvan de data nu gedeeltelijk beschikbaar komt (AHN, 2025). AHN kan zeer bruikbaar zijn voor het inwinnen van informatie over vegetatie. Een voorbeeld zijn 25 bruikbare vegetatie variabelen die gemakkelijk uit de AHN-datasets kunnen worden gehaald (Shi, Wang, & Kissling, 2025). Deze variabelen zouden, net zoals de bedekkingsgraad die visueel wordt bepaald in het veld, gekoppeld kunnen worden aan de opbrengst van houtsnippers om een voorspellend model te maken. Hiervoor is echter de locatie van de geogoste landschapselementen van belang, welke ontbrak in de dataset van het project *Energie uit Hout*.

Bodem

Om de hoeveelheid koolstof in de bemonsterde bodemlaag te berekenen ontbreekt nog een getal: de bulk dichtheid. Dit getal drukt de dichtheid van de bodem uit, bijvoorbeeld in gram/cm³. De bulk dichtheid wordt vaak verzameld met zogenoemde Kopecky ringen. De bulk dichtheid onder agroforestry kan behoorlijk anders zijn dan onder grasland. Biffi et al., (2025) vonden onder heggen een lagere bulk dichtheid (1,15 g/cm³ t.o.v. 1,28 g/cm³), maar een hogere concentratie organische koolstof (2,9% t.o.v. 2,0%) dan bij grasland. Ook al is de bulk dichtheid soms lager, omdat de concentratie van C hoger kan zijn, kan dit elkaar netto weer wegstrepen. Door namelijk de bulk dichtheid te vermenigvuldigen met de concentratie kan je tot een berekening van de bodemkoolstofvoorraad op een per hectare basis komen (over een bepaalde bodemdiepte). De bulk dichtheid is in dit project echter niet verzameld. In een vervolgonderzoek zou deze verzameld kunnen worden met behulp van Kopecky ringen of als alternatief de RhoC sensor, die relatief betrouwbaar met minder arbeid meer data kan verzamelen (Pepers et al., 2024).

Themasheet: Stikstof(efficiëntie)

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Evert Prins (Louis Bolk Instituut)

Inleiding

In het project is bekeken wat het effect van de bomen op de stikstofkringloop in de Noordelijk Friese Wouden is. Daarbij is er alleen gekeken naar de invloed van bomen op uitspoeling. Hieronder wordt eerst weergegeven welke factoren een positieve- of negatieve invloed hebben op uitspoeling. Daarna volgen de onderzoeksresultaten.

De stikstofkringloop

Op een melkveehouderij dient stikstof efficiënt gebruikt te worden ten behoeve van doelen van de boer én de maatschappij. Als boer wil je dat de beschikbare stikstof wordt opgenomen door het gras, zodat deze omgezet kan worden in eiwit en melk.

Als maatschappij willen we ook niet dat stikstof uitspoelt, om de kwaliteit van oppervlakte en grondwater op orde te houden en willen we verliezen naar de lucht zo laag mogelijk houden om natuur te beschermen. De stikstofkringloop van een boerenbedrijf is vrij complex (zie figuur 1). De grootste inputs van een systeem zijn bemesting, depositie en eventuele vastlegging door klaver. Stikstof verlaat het systeem doordat het door het gewas wordt opgenomen en dan wordt afgevoerd in het product, en door verliezen naar de lucht en het grond- en oppervlaktewater. Wanneer op of direct naast het graslandperceel bomen aanwezig zijn, verandert de stikstofkringloop.



Figuur 1: Bron NMI (op basis van IFA, 2018 Agenda 2030 Helping to Transform our World).

Effecten uitspoeling

De volgende effecten verhogen mogelijk de uitspoeling van stikstof.

Toelichting negatief effect

Schaduwwerking	Door een lagere lichtintensiteit onder bomen groeit gras minder sterk, waardoor minder stikstof opgenomen wordt. Schaduw zorgt er bovendien voor dat de vegetatie van het grasland kan veranderen, omdat sommige soorten (zoals bijvoorbeeld witte klaver) schaduw niet goed verdragen.
Risico van puntmissie	Wanneer het vee dicht bij elkaar op één plek onder bomen verblijven treedt puntmissie op: veel mest en urine op dezelfde plek. Als op zo'n plek al minder gras groeit door een combinatie van schaduw, bodemverdichting en vertrapping is er een groot risico op uitspoeling van stikstof. Onder natte omstandigheden kan dit echter ook deels denitrificeren (het gaat de lucht in als N ₂ of N ₂ O). De concentratie van nutriënten zou bovendien kunnen zorgen voor een snellere afbraak van de organische stof en daardoor wat hogere stikstofuitspoeling.
N-binding Elzen	Sommige bomen, zoals de zwarte els, zijn in staat om net als vlinderbloemigen in samenwerking met bacteriën stikstof uit de lucht te binden in hun wortels. Elzen zullen daarom weinig concurreren met gras om stikstof en kunnen extra stikstof beschikbaar maken.

Daarnaast hebben de bomen en struiken effecten op grasland die uitspoeling kunnen voorkomen.

Toelichting positief effect

Toename organische stof	Onder bomen wordt veel blad en wortelresten afgezet, wat zorgt voor een hoger organisch stofgehalte (Cardinael et al., 2017). Organische stof is in staat om vocht vast te houden en nutriënten te binden en kan zo voorkomen dat stikstof uitspoelt.
Nutriëntenpomp	Bomen in grasland kunnen fungeren als nutriëntenpomp, waarbij de bomen nutriënten als stikstof uit diepere lagen omhoog pompen en door bladafval in ondiepe lagen beschikbaar kunnen maken voor het gewas.
Bufferstrook voor oppervlaktewater	Houtige elementen kunnen uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater verminderen en drift van ammoniak tegengaan, door bijvoorbeeld langs waterwegen een fysieke barrière te vormen. Ook kunnen bomen langs stallen ammoniakemissie uit de stal afvangen. Boomwortels kunnen dienst doen als een vangnet door uitspoelende nutriënten op te nemen, met name als de bomen dieper geworteld zijn dan het gewas (Allen et al 2004, Nair en Kalmbacher 2005). De opgenomen stikstof kan op een later moment weer vrijgegeven worden door bladval en wortelsterfte.

Methoden

In het project is bekeken wat het effect van de bomen op de stikstofkringloop in de Noordelijk Friese Wouden is. Daarbij is er alleen gekeken naar de invloed van bomen op uitspoeling, op het bedrijf van een boer die bijzondere interesse toonde in dit onderwerp. Het betreft een noord-zuid-georiënteerde elzensingel.

Aan de zuidkant werd vrijwel geen effect van de bomen op grasproductie waargenomen, waardoor de effecten van de bomen op de stikstofkringloop in de bewortelde zone hoogstwaarschijnlijk ook verwaarloosbaar zijn.

Aan de noordkant was wel een groot effect op de drogestofopbrengst te zien. Daar is de invloed van de bomen dus het hoogst. Om die reden is de stikstofuitspoeling op dit stukje van het perceel berekend op 1, 5, 10 en 20m van de elzensingel (zie figuur 2).

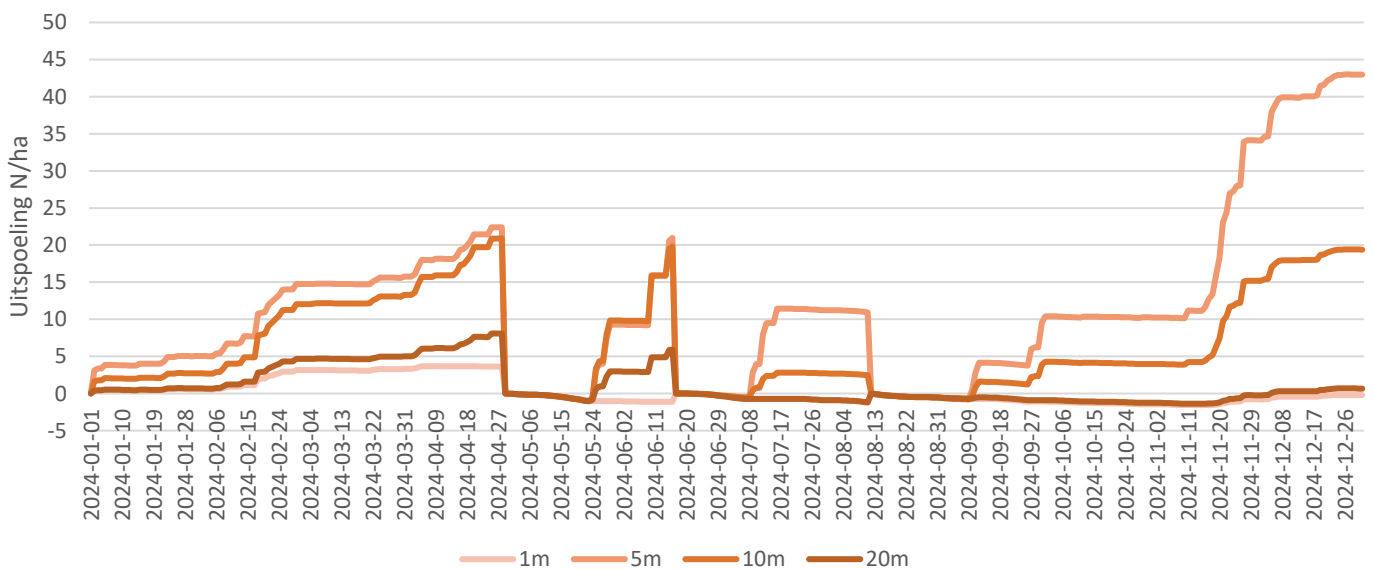
Om de uitspoeling te benaderen is het model NDICEA gebruikt. Dit model modelleert stikstof- en koolstofprocessen in landbouwpercelen. Koolstof en stikstof in de bodem staan nooit los van elkaar. De dynamiek van deze twee elementen verloopt grotendeels via de bodem-organische stof.

Mineralisatie van stikstof uit meer stabiele bodem-organische stof en uit sneller afbreekbare organische stof, zoals gewasresten en bemesting is een ingewikkeld proces. Per soort organische stof rekent het programma in stappen van één dag uit wanneer welke hoeveelheid stikstof beschikbaar komt.

Het model is gevoed met metingen uit het veld. Eind 2023 zijn op 1m, 5m, 10m en 20m van de elzensingels bodemmonsters genomen waaruit o.a. pH, organische stof, bodemkoolstof, minerale stikstof en bodemtextuur zijn bepaald. In 2024 zijn opbrengstbepalingen gedaan (zie themasheet [grasopbrengst](#)).

In gesprek met de ondernemer zijn bemestingsmomenten, hoeveelheden en type bemesting bepaald. Voor de samenstelling van drijfmest is uitgegaan van standaardwaarden. De dagelijkse hoeveelheden neerslag zijn overgenomen van een nabijgelegen weerstation.

Uitspoeling op verschillende afstanden van de elzensingel



Figuur 2: Uitspoeling op verschillende afstanden van de elzensingel in 2024.

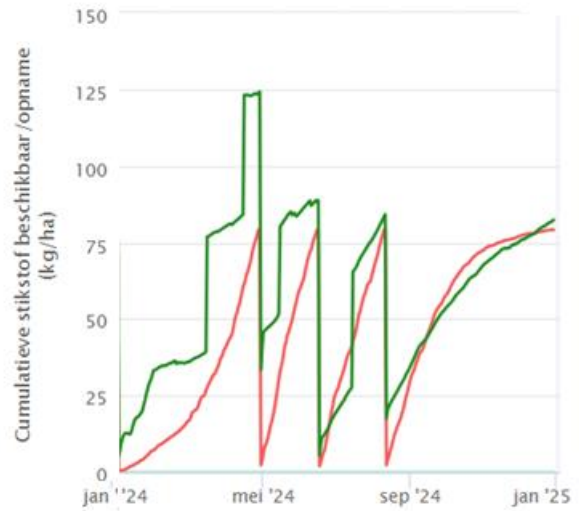
Resultaten

Op basis van de beschreven input heeft het model voor alle organische stoffracties in het systeem de koolstofopbouw en afbraak en beschikbare stikstof berekend. Het resultaat van deze berekeningen is de hoeveelheid beschikbare stikstof. Vanuit de totale geschatte opbrengst van het gras op de verschillende afstanden van de bomen is de opname door gras door het seizoen heen berekend. Het model gaat standaard uit van 4 grassneden, wat natuurlijk niet altijd gelijk is aan de praktijk. Het laat echter wel een mogelijk en realistisch verloop van de stikstofprocessen in de bodem zien (zie figuur 3).

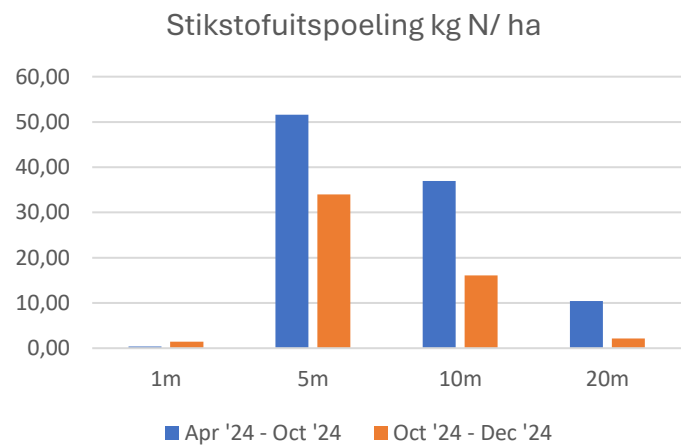
Vanuit deze waarden wordt - rekening houdend met zaken als bodemtextuur, organische stof en dagelijkse neerslag - berekend wat de stikstofverliezen zijn. De eenheid waarin stikstofuitspoeling (ook wel nitraatuitspoeling of stikstofverliezen naar grondwater) wordt uitgedrukt is meestal: kg N per hectare per jaar (kg N/ha/jaar). Dit geeft aan hoeveel kilogram stikstof per hectare per jaar via het bodemwater naar het grondwater verdwijnt (figuur 4).

Gemiddeld zien we door monitoring in de praktijk dat bij goed beheerd blijvend grasland ongeveer 10–30 kg N/ha/jaar uitspoeling optreedt. Op zand zit dit vaak rond de 20-30kg. In de voorbeeldcasus zien we dat de uitspoeling op 20m en op 1 meter van de elzensingel is zeer laag. Op 20 meter is de uitspoeling laag vanwege de relatief hoge opname door hoge grasproductie. Op 1 meter is de uitspoeling laag, omdat er niet wordt bemest en dus maar zeer beperkte aanvoer van stikstof is. Op sommige momenten is voor deze afstanden zelfs sprake van een negatieve uitspoeling door capillaire opstijging. Tussen de afstanden 20m, 10m en 5m ontstaat een duidelijk gradiënt van toenemende uitspoeling, veroorzaakt door een gelijke bemesting en steeds teruglopende grasopbrengst dichterbij de bomen.

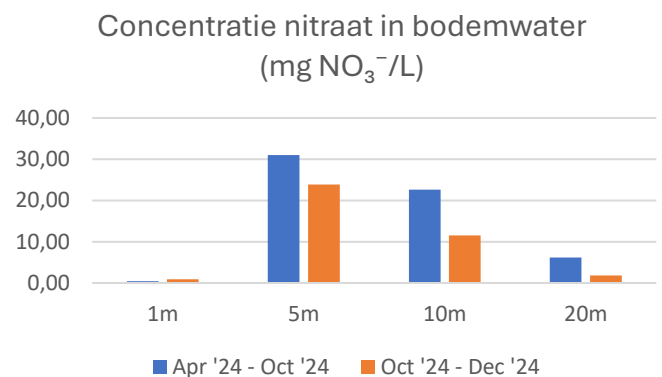
De EU-norm voor nitraat in grond- en oppervlaktewater uit de **Europese Nitraatrichtlijn** is: **50 mg NO₃⁻/l** (wat neerkomt op ongeveer **11,3 mg N/l**). In de testcasus rekent NDICEA de volgende waarden uit (zie figuur 5), met een maximum van 30 mg NO₃⁻/l op 5m afstand.



Figuur 3: Gemodelleerde beschikbaarheid (groen) en opname door gras (rood) van stikstof op 20m van de bomen.



Figuur 4: Stikstofuitspoeling in en buiten het groeiseizoen.



Figuur 5: Concentratie nitraat in en buiten het groeiseizoen. Ondanks de lagere opname van stikstof door gras in de nabijheid van bomen, wordt de (zeer) lokale nitraatconcentratie in bodemwater niet overschreden.

Conclusie

De bomen en struiken hebben op de locatie die is geanalyseerd een groot effect op de stikstofefficiëntie. Op 5 en op 10m van de bomen werd bleef veel stikstof onbenut door minder opname van het gras, door de schaduw van de bomen. Hierdoor is de uitspoeling van stikstof op deze afstand het grootst. Echter, dit is zelfs als we deze kleine perceelstukken los doorrekenen nog steeds lager dan de Europese nitraatrichtlijn. Daarbij komt dat het effect op het hele systeem beperkt is:

- Aan de zuidkant van dezelfde elzensingel werd geen opbrengstverlies waargenomen;
- Bij oost-west georiënteerde elzensingels wordt veel minder effect verwacht (zie ook themasheet [grasopbrengsten](#)).

Met name omdat de uitspoeling elders in het perceel zeer laag was, wordt ingeschat dat op perceelsniveau het effect beperkt zal zijn.

De theorie dat dichterbij de bomen de uitspoeling lager is vanwege meer organische stof gaat in het geval de permanente graslanden van de Noordelijke Friese Wouden niet op. De bodem lijkt verzadigd van organische stof, ook op grotere afstand van de bomen.

De stikstofefficiëntie kan verhoogd worden door de opname van gras te bevorderen en groei limiterende factoren op te lossen, zoals ontbrekende bodemmineralen. Dat zal zeer perceelsafhankelijk zijn en waarschijnlijk niet opwegen tegen de effecten van schaduw. Daarom zal beter afstemmen van de mestgift op de opname (minder bemesten op schaduwrijke plekken) het meest effect hebben. In de praktijk wordt er vaak minder drijfmest uitgereden op schaduwrijke plekken.

De schaduwrijke plekken waar minder bemest wordt en minder productie bereikt wordt, zijn mogelijk kansrijk om (andere) ecologische doelen te verwezenlijken. Het gaat dan alleen de eerste paar meter aan noordkant van houtige lijnelementen.

Er dient benadrukt te worden dat de bovenstaande analyse maar een klein deel van het (overwegend negatieve) effect van de bomen op de stikstofkringloop laat zien (zie ook inleiding). Positieve effecten zoals het nutriëntenpompeffect van bomen, en voorkomen dat stikstof in het grondwater terecht komt door diepere beworteling en water en stikstofopname vanuit grotere diepte, zijn niet meegenomen in de analyse maar zeer het onderzoeken waard.

Themasheet: Grasopbrengst

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Robert-Jan van Diepen (Van Hall Larenstein)



Inleiding

In deze themasheet hebben we de opbrengst van gras (kwantiteit) en de kwaliteit van gras en bodem in kaart gebracht in relatie tot de afstand tot de boomwal. In dit rapport worden voornamelijk de resultaten van kwantiteit besproken. Aansluitend hebben we de opbrengstderiving van gras uitgedrukt in euro.

Methode van onderzoek

Bij 4 veehouders in de Noordelijke Friese Wouden zijn wekelijks grashoogtemetingen op aangewezen percelen verricht van 19 juli tot en met 18 oktober 2024. In totaal zijn er 12 meetmomenten geweest.

De grashoogtemetingen zijn uitgevoerd op zowel de noord- als zuidzijde van de boomwal op het perceel. De grashoogtemetingen zijn verricht met een TES-Grashoogtemeter. De grashoogtemetingen zijn zoveel mogelijk systematisch verricht op 1, 5, 10 en 20 meter afstand van de boomwal. Dus op ieder wekelijks meetmoment is er 30 keer een grashoogtemeting verricht op respectievelijk 1, 5, 10 en 20 meter. Alle percelen betroffen blijvend grasland.

Op 8 augustus en 16 oktober 2024 zijn er versgrasmonsters genomen en geanalyseerd door Eurofins op voederwaardekwaliteit en sporenelementen.



Resultaten

Kwaliteit

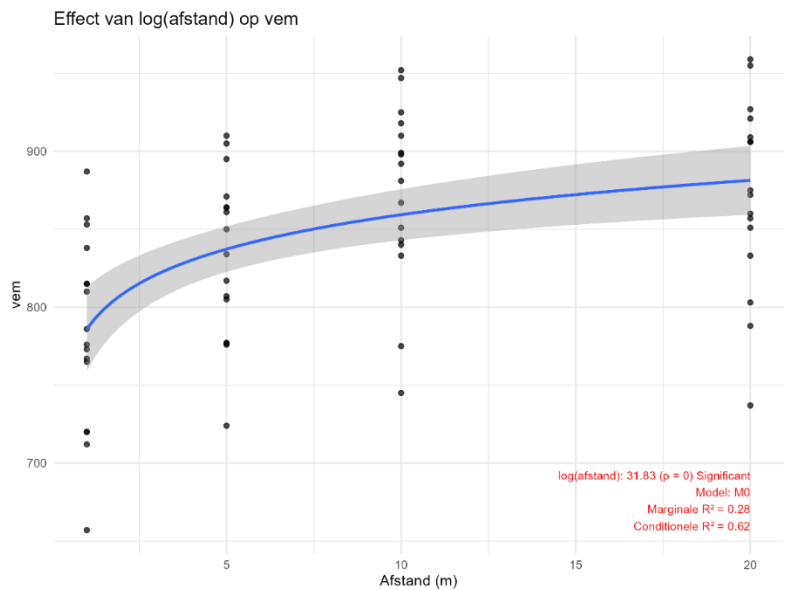
Op 8 augustus en 16 oktober 2024 zijn bij de 4 deelnemende veehouders versgrasmonsters verzameld en geanalyseerd op inhoudsstoffen en sporenelementen om inzicht te krijgen of de afstand tot de boomwal effect heeft op de kwaliteit van het gras.

Hiernaast zijn twee grafieken getoond die de VEM en DVE-waarde representeren. We hebben voor VEM en DVE gekozen omdat dit belangrijke kengetallen zijn voor het berekenen van een rantsoen voor melkkoeien.

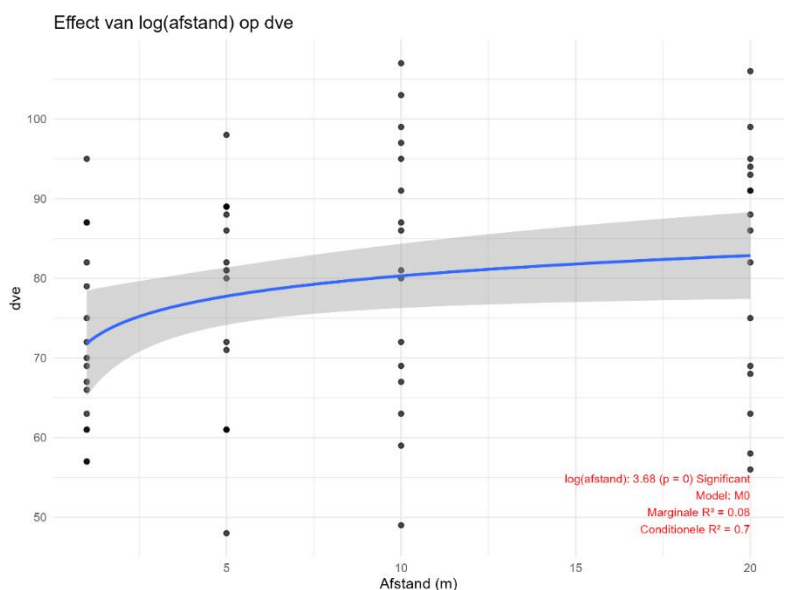
De afstand tot het landschapselement verklaart 28% van de variatie in VEM (figuur 1). Op 1 en 5 meter is een lagere VEM zichtbaar in vergelijking met 10 en 20 meter. Het verschilt zo'n 25 tot 50 VEM. Voor DVE verklaart de afstand tot de boomwal of elzensingel 8% van de variatie (zie figuur 2).

Doordat er maar op 2 momenten in het groeiseizoen een voederwaarde-analyse is uitgevoerd, kunnen de verschillen die te zien zijn als niet significant worden beschouwd. Dat betekent dat de verschillen berusten op toeval. Dit geldt eveneens voor de andere onderzochte parameters.

In [bijlage 3](#) wordt een analyse van bodem- en graskwaliteit besproken. Deze analyse kan inzicht bieden voor een vervolgonderzoek.



Figuur 1: Kwaliteit versgrasmonsters uitgedrukt in VEM (op 0-20m afstand).



Figuur 2: Kwaliteit versgrasmonsters uitgedrukt in DVE (op 0-20m afstand).

Kwantiteit

Grashoogtemetingen

Alle grashoogtemetingen zijn verzameld per afstand (1, 5, 10 en 20 m) tot de boomwal en zowel voor de noord- als zuidzijde is een gemiddelde grashoogte berekend. Als we alle gemiddelden van de grashoogten in de tijd uitzetten, ontstaat er een onduidelijk beeld in hoeverre de afstand tot de boomwal effect heeft op de grashoogte en daarmee de opbrengst. Dat komt doordat er op een bepaald moment in de tijd wordt ingeschaard dan wel wordt gemaaid. Er is daarom gekozen om perioden uit de tijdreeks te kiezen waar het gras ongestoord heeft kunnen groeien. Ofwel, van het moment dat er geen koeien meer worden geweid of wanneer gemaaid is tot en met het moment dat er opnieuw geweid is of dat het perceel is gemaaid. Op deze wijze ontstaat er een zuiver beeld van de toename in grashoogte.

Statistische analyses grashoogtemetingen

Om te bepalen of deze grashoogte significant hoger is verder van de boomwal en niet op toeval berust is een statistische analyse uitgevoerd. Hiervoor is een Post Hoc test (Tukey HSD) uitgevoerd om te identificeren welke specifieke groepen van elkaar verschillen, waardoor een dieper inzicht ontstaat in de aard van het waargenomen verschil.

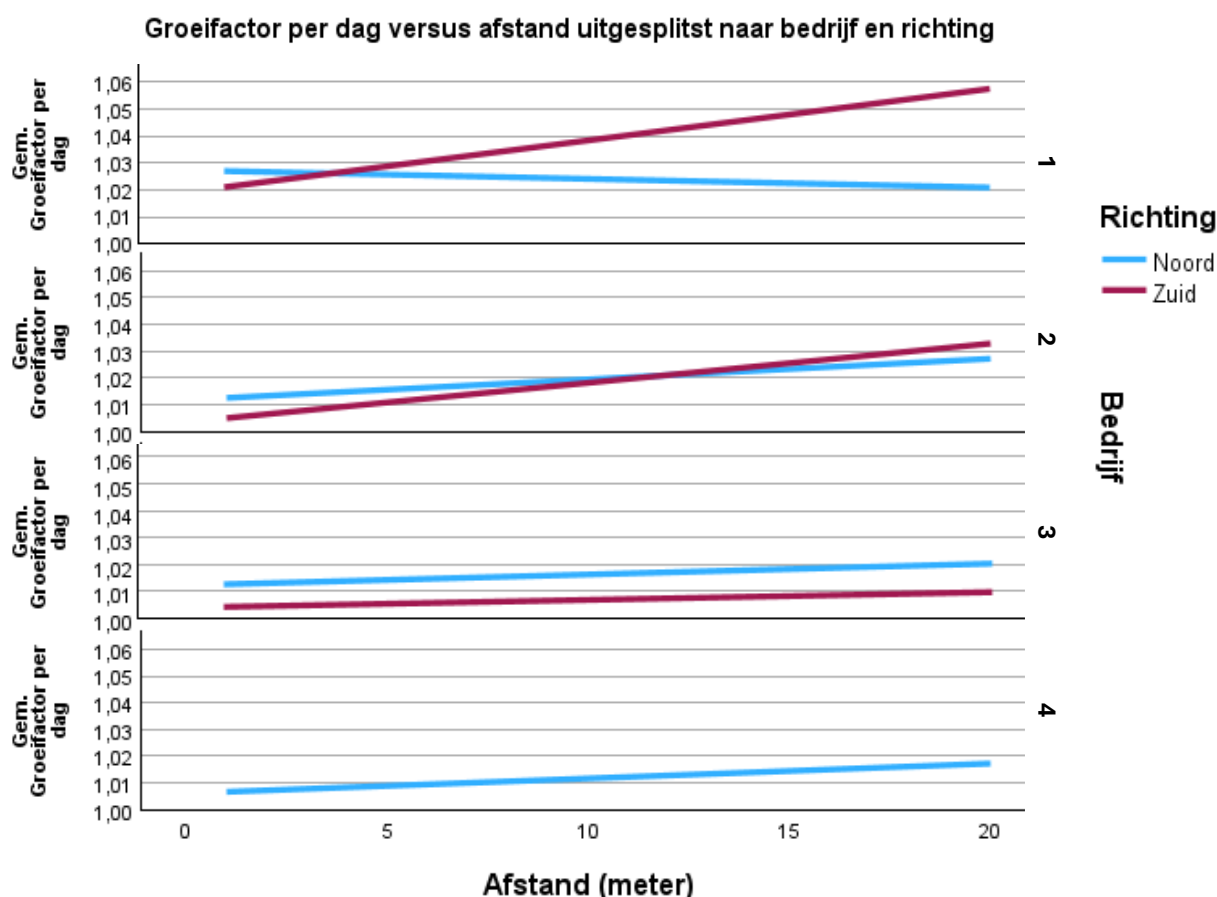
Voor de 4 bedrijven is een periode van ongestoorde groei bepaald voor zowel de noord- als de zuidzijde behalve bij Veehouder 4. Daar hebben we geen periode van ongestoorde groei kunnen selecteren om daarmee te gaan rekenen.

Bij alle percelen, behalve bij Veehouder 3 Noord, is er een significant verschil in gemiddelde grashoogte gemeten tussen de afstanden. De gemiddelde grashoogte neemt toe met de afstand. Uitzonderingen hierop zijn de geselecteerde perioden bij Veehouder 1 Noord op 10 en 20 meter (op 10 m een hogere gemiddelde grashoogte) en bij Veehouder 1 Zuid op 1 en 5 meter (op 1 m een hogere gemiddelde grashoogte).

Groeisnelheid per dag

Om inzicht te krijgen in de groeisnelheid van het gras verder van de boomwal af, is een groeifactor per dag berekend. Voor deze analyse is wederom de grashoogtedata gebruikt van de geselecteerde perioden van de bedrijven met uitzondering van Veehouder 4 Zuid waar geen geschikte periode geselecteerd kon worden. Er is gekozen om deze analyse middels General Linear Model uit te voeren vanwege de aanname dat de afstand tot de boomwal effect heeft op de groeisnelheid per dag. Hiervoor zijn een aantal bewerkingen op de data toegepast. Weliswaar zijn de metingen niet in dezelfde periode van het jaar geweest bij de verschillende percelen, maar voor de factor tijdsduur is gecorrigeerd in groeifactor per dag.

In figuur 3 is de groeifactor per dag te zien. Hoe hoger de groeifactor (y-as) des te harder groeit het gras. In het algemeen neemt de groeifactor toe met afstand, conform verwachting. Behalve bij Veehouder 1 Noord, maar de afname is minimaal. Het model veronderstelt een lineaire relatie met afstand, dat model lijkt niet goed bij Veehouder 1 Noord te passen.



Figuur 3: Groefactor per dag versus afstand naar bedrijf en richting voor de 4 bedrijven.

Grasopbrengst selectie

Voor de geselecteerde perioden van ongestoorde grasgroei van de percelen is vervolgens de grasopbrengst in kaart gebracht. De grashoogten zijn gemeten middels een TES-grashoogtemeter. De gemeten grashoogten op het perceel corresponderen met een grasopbrengst per kg ds volgens de tabel behorende bij de TES-grashoogtemeter. Op deze wijze kunnen we bepalen hoeveel kg ds er staat op een bepaald moment in de geselecteerde periode waarin het gras ongestuurd heeft kunnen groeien.

De grasopbrengst is alleen berekend voor:

- Veehouder 1 Zuid
- Veehouder 2 Noord & Zuid
- Veehouder 3 Zuid
- Veehouder 4 Noord

Voor de Veehouder 3 Noord en Veehouder 1 Noord is geen grasopbrengstberekening gemaakt vanwege afwijkende grashoogtemetingen. Voor Veehouder 4 Zuid is geen berekening gemaakt omdat daar geen geschikte periode van ongestoorde grasgroei kon worden bepaald.

Grasopbrengst berekening

Om inzicht te krijgen in de opbrengst op de onderhavige percelen gegeven de geselecteerde periodes, is er van ieder perceel gemeten hoe groot de oppervlaktes zijn op de gradiënten 1, 5, 10 en 20 meter. In figuur 5 is een illustratie te zien hoe dat is uitgewerkt voor perceel 1. Door middel van Google Maps is steeds de oppervlakte gemeten van een vlak op de verschillende gradiënten.

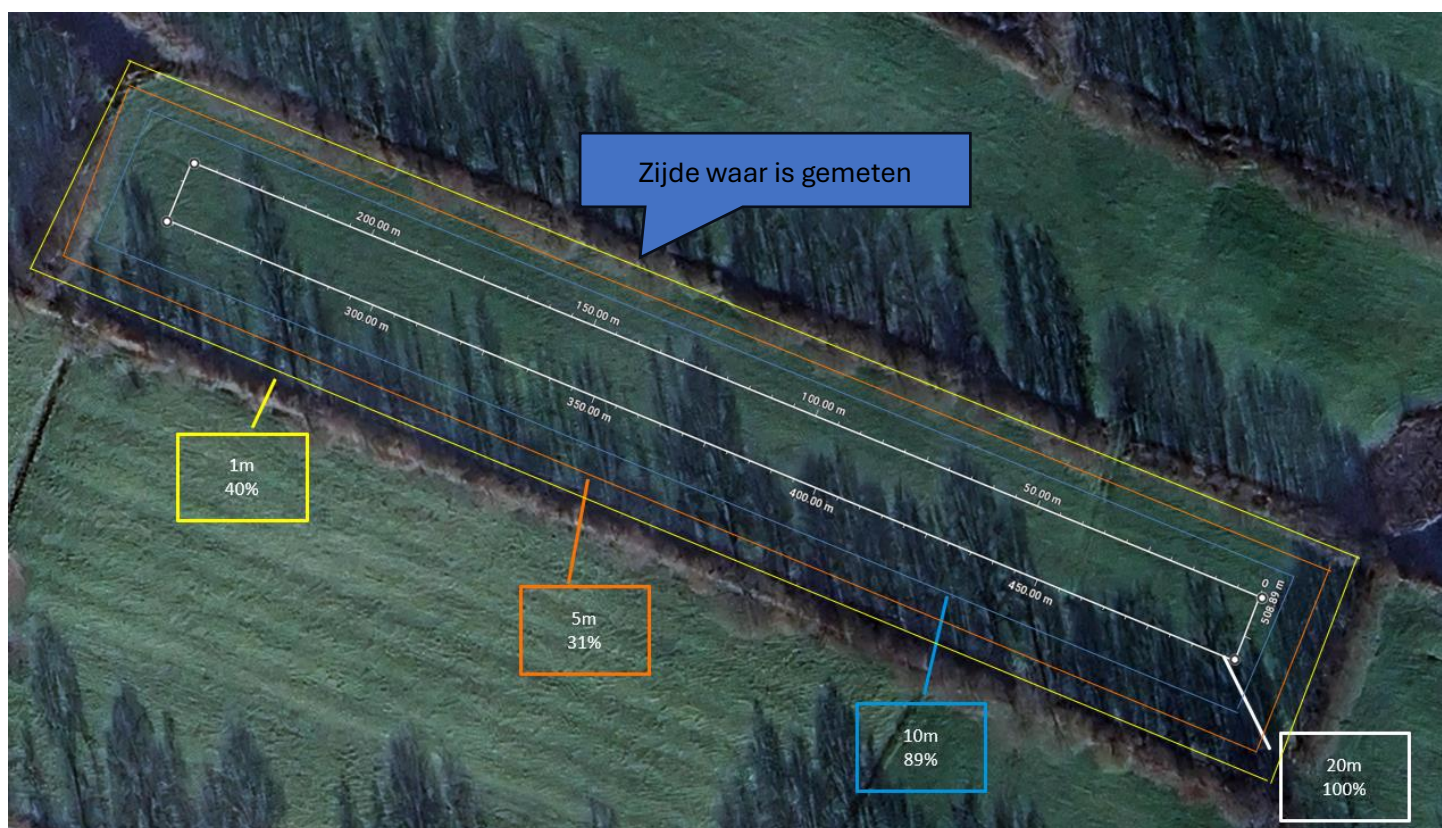
Het perceel van Veehouder 1 Zuid heeft een totale oppervlakte van 1,37 ha. Door de grashoogten van de verschillende gradiënten om te rekenen naar kg ds en de oppervlaktes van dit perceel te berekenen op 1,5 10 en 20 meter, kunnen we berekenen hoeveel kg ds er aan het einde van de meetperiode aan grasopbrengst is.

De hoogte van de bomen en de situering (noord of zuid) hebben invloed op de schaduwvorming op het perceel. De vorm van het perceel heeft ook invloed op de schaduwwerking.

Lange smalle percelen met aan weerszijden een boomwal hebben meer last van de schaduwvorming dan meer vierkante en rechthoekige percelen.

Als grootste afstand is 20 meter gekozen, omdat ervan uit kan worden gegaan dat de grasopbrengst dan geen hinder ondervindt van schaduwvorming. De gemeten grasopbrengst op 20 meter is daarmee de referentieopbrengst in berekeningen en wordt daarom op 100% gezet. De grasopbrengst zelf wordt daarbij uitgedrukt in kg ds.

Aangezien van elk perceel de grashoogtes zijn gemeten op de noord óf zuidkant, kunnen we niet vaststellen of de opbrengst aan de zijde waar geen grashoogtes zijn gemeten overeenkomen met de zijde waar wel is gemeten.



Figuur 5: Grasopbrengst perceel Veehouder 1 Zuid (1,37 ha), grasopbrengst van 16-8 t/m 30-08-2024.

Grasopbrengst resultaten

Perceel Veehouder 1 Zuid periode 16 augustus t/m 30 augustus 2024

Op basis van de berekening zou er 1.642 kg ds op stam staan op het hele perceel (71% van wat er zou moeten staan). Stel dat de grashoogte op het hele perceel even groot zou zijn als wat er op 20 meter zou staan, dan zou er 2.292 kg ds op stam staan. [Dit is een verschil van bijna 650 kg ds opbrengst](#), wat er niet is omdat er op de afstanden 1,5 en 10 meter minder gras staat.

Perceel Veehouder 2 Noord periode 16 augustus t/m 30 augustus

Op basis van de berekening zou er 1.709 kg ds op stam staan op het hele perceel (83% van wat er zou moeten staan). Stel dat de grashoogte op het hele perceel even groot zou zijn als wat er op 20 meter zou staan, dan zou er 2.060 kg ds op stam staan. [Dit is een verschil van ongeveer 350 kg ds opbrengst](#), wat er niet is omdat er op de afstanden 1,5 en 10 meter minder gras staat.

Perceel Veehouder 2 Zuid periode 20 september t/m 11 oktober 2024

Op basis van de berekening zou er 1.240 kg ds op stam staan op het hele perceel (76% van wat er zou moeten staan). Stel dat de grashoogte op het hele perceel even groot zou zijn als wat er op 20 meter zou staan, dan zou er 1.630 kg ds op stam staan. [Dit is een verschil van ongeveer 390 kg ds opbrengst](#), wat er niet is omdat er op de afstanden 1,5 en 10 meter minder gras staat.

Perceel Veehouder 3 Zuid periode 9 augustus t/m 13 september 2024

Op basis van de berekening zou er 977 kg ds op stam staan op het hele perceel (81% van wat er zou moeten staan). Stel dat de grashoogte op het hele perceel even groot zou zijn als wat er op 20 meter zou staan, dan zou er 1.206 kg ds op stam staan. [Dit is een verschil van ongeveer 229 kg ds opbrengst](#), wat er niet is omdat er op de afstanden 1,5 en 10 meter minder gras staat.

Perceel Veehouder 4 Noord periode 19 juli t/m 13 september 2024

Op basis van de berekening zou er 2.687 kg ds op stam staan op het hele perceel (88% van wat er zou moeten staan). Stel dat de grashoogte op het hele perceel even groot zou zijn als wat er op 20 meter zou staan, dan zou er 3.060 kg ds op stam staan. [Dit is een verschil van ongeveer 373 kg ds opbrengst](#), wat er niet is omdat er op de afstanden 1,5 en 10 meter minder gras staat.

In onderstaande tabel zijn deze waarden samengevat.

	Periode	Oppervlakte (ha)	Gemeten opbrengst (kg ds)	Ideale opbrengst 100% op 20 m (kg ds)	Gederfde opbrengst (kg ds)
Veehouder 1					
Zuid	16-8 t/m 30-8	1.37	1.642	2.292	650
Veehouder 2					
Noord	16-8 t/m 30-8	1.61	1.709	2.060	350
Zuid	20-9 t/m 11-10	1.10	1.240	1.630	390
Veehouder 3					
Zuid	9-8 t/m 13-9	0.82	977	1.206	229
Veehouder 4					
Noord	19-7 t/m 13-9	1.88	2.687	3.060	373

Tabel 6: Samenvatting grasopbrengsten en grasopbrengstenderving (in kg ds).

Opbrengstderving gewas in euro's

In tabel 6 hebben we voor de noord- of zuidzijde van verschillende percelen de gewasopbrengstderving in kaart gebracht. Deze gewasopbrengstderving is uitgedrukt in kg ds.

Om de opbrengstderving te vertalen naar een geldelijk verlies wordt deze vermenigvuldigd met de waarde per kg ds. Voor 2024 stelde BIJ12 de prijs voor gangbare zomersneden vast op €0,27 per kg ds en voor biologische zomersneden op €0,55 per kg ds. De gehanteerde gelden voor faunaschadeberekeningen worden hier als zodanig toegepast.

Zoals in tabel 6 is aangegeven is er op de verschillende percelen een gewasopbrengstderving gemeten op de noord- óf zuidzijde. In de berekening van tabel 7 wordt daarom uitgegaan van de helft van de opbrengstderving en vermenigvuldigd met de prijs per kg ds.

Opbrengstderving gehele groeiseizoen

Bij veehouder 1 is bepaald dat in de gemeten periode gemiddeld 29% minder grasopbrengst is op het perceel (er stond gemiddeld 71% van wat er had moeten staan aan grasopbrengst).

Stel over het gehele groeiseizoen verwacht men ongeveer 10.000 kg ds per hectare te oogsten en de oogst bedraagt 29% minder, dan is er voor dat perceel een opbrengstderving van 2.900 kg ds / ha. Dit is een kostenpost van 2.900 kg ds x € 0,27 / kg ds = € 783 / ha.

Stel dat een veehouder 50 ha grasareaal heeft, dan ontstaat er een jaarlijkse kostenpost van (50 ha x €783 / ha) van ruim 39.000 euro. Dit bedrag is indicatief en kan meer of minder zijn afhankelijk van in hoeverre het perceel omgeven is door een boomwal.

	Periode	Oppervlakte (ha)	Gederfde opbrengst heel perceel (kg ds)	Gederfde opbrengst half perceel (kg ds)	Prijs per kg ds (€)	Opbrengstderving (€)
Veehouder 1						
Zuid	16-8 t/m 30 -8	1,37	650	325	0,27	87,75
Veehouder 2						
Noord	16-8 t/m 30 -8	1,61	350	175	0,27	47,25
Zuid	20-9 t/m 11-10	1,10	390	195	0,27	
Veehouder 3*						
Zuid	9-8 t/m 13-9	0,82	229	114,5	0,55*	62,98
Veehouder 4						
Noord	19-7 t/m 13-9	1,88	373	186,5	0,27	50,40

Tabel 7: Opbrengstderving in euro (*voor veehouder 3 geldt de prijs van een biologische bedrijfsvoering).

Conclusie

Samenvatting

Als we kijken naar de voederwaardekwaliteit van het bemonsterde gras in relatie tot de afstand tot de boomwal dan vinden we daar geen significante verschillen. Daarvoor zou dan uitgebreider onderzoek moeten plaatsvinden.

Op basis van de gemeten grasopbrengsten in perioden van ongestoorde grasgroei hebben we geconcludeerd dat de grasopbrengsten verder van de boomwal hoger zijn. In de gemeten perioden is een grasopbrengst-derving tussen de 12 en 29% geconstateerd. Als deze grasopbrengstderving zou worden geëxtrapoleerd over het gehele groeiseizoen dan kan, wanneer er wordt uitgegaan van een jaarproductie van 10.000 kg ds, er een derving ontstaan van tussen de 1.200 en 2.800 kg ds per ha. Wanneer je deze berekening maakt voor alle hectares en dit uitdrukt in euro dan ontstaat er een 'kostenpost' van duizenden euro's afhankelijk van het totale areaal grasland per bedrijf.

Discussie

Om een beter inzicht te krijgen in of de voederwaardekwaliteit in relatie tot de afstand tot de boomwal significant verschilt, zouden door het gehele groeiseizoen versgrasmonsters genomen moeten worden om de voederwaardekwaliteit te bepalen.

Er zou dan eveneens op controlepercelen zonder boomwal dezelfde analyse van grasmonsters moeten plaatsvinden om objectief te kunnen vergelijken. Een eventueel verlies aan voederwaardekwaliteit dichterbij de boomwal zou dan in euro uitgedrukt kunnen worden. In [bijlage 3](#) wordt een nadere analyse van bodem- en graskwaliteit besproken. Deze analyse kan inzicht bieden voor een vervolgonderzoek.

Voor het onderzoek naar gewasopbrengsten in relatie tot de afstand tot de boomwal zou ten eerste de meting vanaf het begin van het groeiseizoen uitgevoerd moeten worden op het perceel zelf zowel ten noorden als ten zuiden zodat het schaduw effect ook gemonitord worden. Ten tweede zouden dan controlepercelen zonder boomwal aangewezen moeten worden waar eveneens grasopbrengsten gemeten worden zodat verschillen in beeld gebracht kunnen worden.

Dit tezamen met bodemsensordata zodat verbanden gelegd kunnen worden waardoor eventuele verschillen in graskwaliteit- en grasopbrengsten kunnen ontstaan. Door zowel de graskwaliteit en de gewasopbrengsten inclusief bodemsensordata te monitoren, op zowel percelen omgeven door boomwallen en zonder boomwallen kan er een objectieve vergelijking worden gemaakt.

Integraal kosten-batenoverzicht

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Evert Prins (Louis Bolk Instituut)



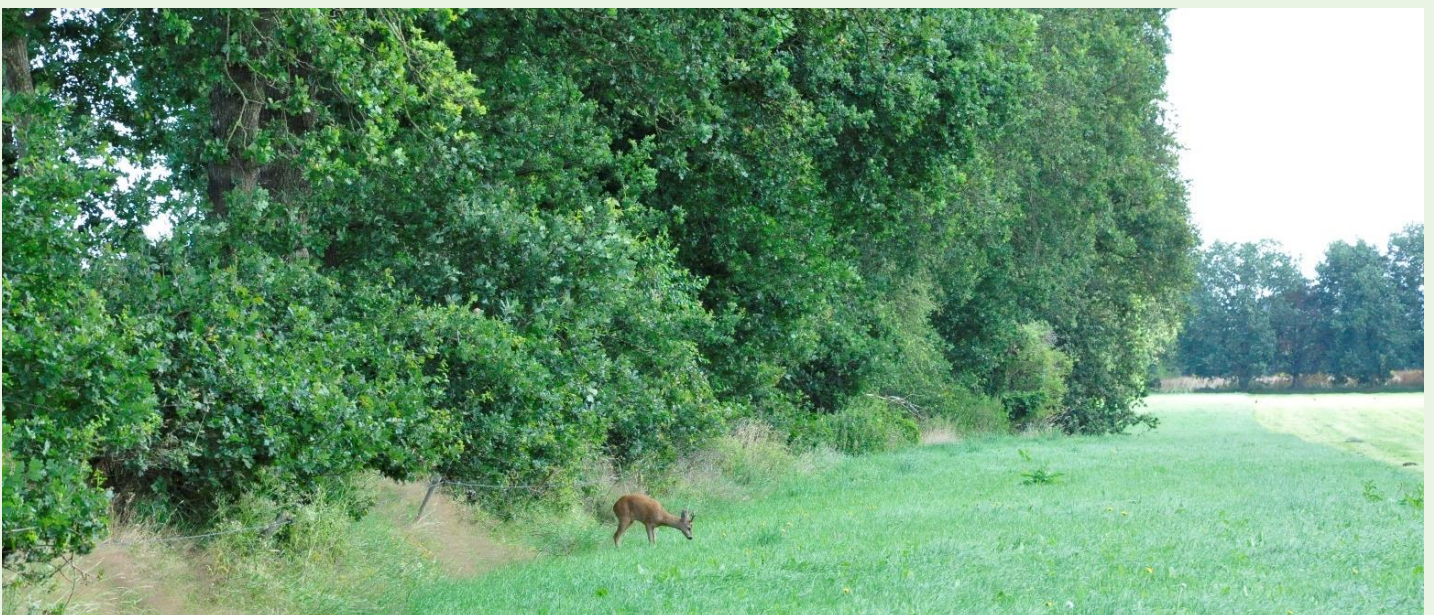
Inleiding

Aan de start van het project zijn tien thema's vastgesteld waarvan melkveehouders inzicht wilden krijgen in de invloed van bomen en struiken op hun bedrijf. Het project richtte zich op het kwantificeren van deze effecten binnen de specifieke context van de Noordelijke Friese Wouden (NFW) en de vraag of deze thema's aanknopingspunten bieden om het verdienmodel van het bedrijf te versterken.

Voor dit doel is gekozen voor een brede dataverzameling. Dat wil zeggen dat gegevens zijn verzameld over een groot aantal uiteenlopende onderwerpen, met in totaal meer dan tachtig meetparameters. Deze aanpak maakte het mogelijk om voor alle tien thema's relevante informatie te verzamelen op de onderzochte meetlocaties, onder de daar en dan geldende beheerpraktijken en weersomstandigheden. De metingen geven daarmee een gedetailleerd beeld van de situatie op deze bedrijven in de onderzochte periode.

De dataverzameling vond grotendeels plaats tijdens een vrij nat meetseizoen. Deze omstandigheden zijn niet representatief voor een gemiddeld jaar en wijken sterk af van de weerspatronen die op basis van klimaatverwachtingen in de toekomst waarschijnlijker worden. Naar verwachting zullen in de toekomst langere perioden van droogte steeds vaker voorkomen en worden afgewisseld met korte, intensieve neerslagmomenten. Hierdoor zijn de meetgegevens uit de seizoenen 2023 en 2024 slechts in beperkte mate geschikt om uitspraken te doen over de effecten van bomen en struiken op de langere termijn.

Door de meetgegevens te combineren met praktijkobservaties van boeren en inzichten uit bestaande wetenschappelijke literatuur kan echter wel een meer algemeen en robuust beeld worden gevormd. Uiteraard hebben de bomen en struiken een positief effect op koolstofvastlegging, biodiversiteit, landschap en recreatie & educatie. Voor de andere thema's is de invloed van bomen en struiken op de tien thema's sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Met name tijdens droge en hete perioden verschillen de effecten wezenlijk van die in perioden met gematigde temperaturen en voldoende neerslag.



Bij optimale groeicondities

Optimale groeicondities (zie figuur 1) betreffen omstandigheden met voldoende bodemvocht (door regelmatige neerslag) en een maximale temperatuur van 25 graden. In deze omstandigheden hebben de bomen en struiken door schaduwwerking en koelere temperaturen een negatief effect op de grasgroei, zoals uit de metingen binnen dit onderzoek werd gevonden.

De invloed van bomen en struiken op de melkopbrengst kon binnen dit onderzoek niet worden vastgesteld, mede doordat deze wordt bepaald door heel veel factoren, wat het lastig maakt om in te schatten of de balans uiteindelijk positief of negatief is. Minder oppervlakte voor grasproductie en een lagere voederwaarde zijn de belangrijkste negatieve invloeden en een beter dierenwelzijn en zijn positieve invloeden.

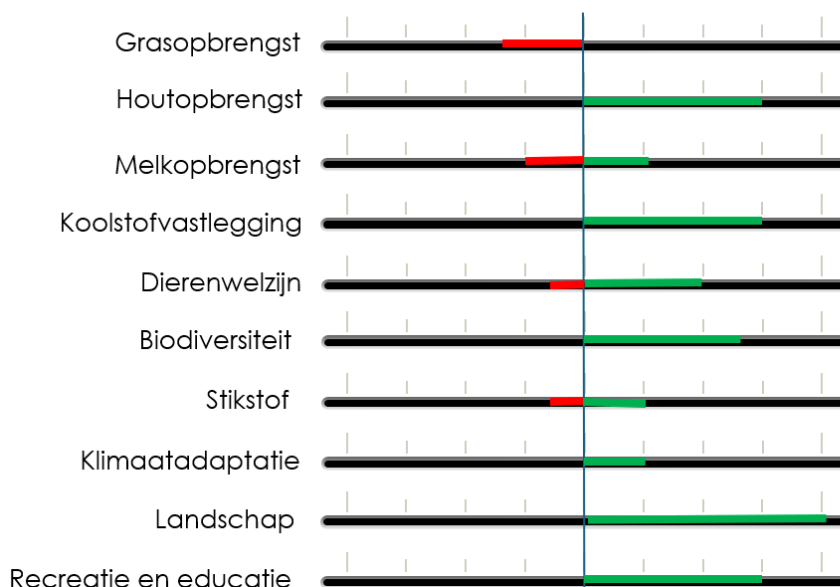
De invloed van bomen en struiken op dierenwelzijn is overmatig positief vanwege het stimuleren van natuurlijk gedrag, inname van nutriënten en secundaire plantstoffen en het bieden van schaduw.

Met name het laatste effect kon binnen deze studie vastgesteld worden door de meetgegevens om te zetten in Temperatuur-Hitte indexen. Zoals in figuur 1 is af te lezen is onder optimale groeicondities een negatieve invloed op dierenwelzijn echter niet uit te sluiten, omdat de boomwallen en elzensingels habitat kunnen bieden aan plaaginsecten zoals dazen, knutten en steekvliegen.

De invloed van bomen en struiken op de stikstofkringloop wordt over het algemeen als positief gezien, met name doordat bomen en struiken stikstof uit diepere bodemlagen en langs watergangen kunnen opnemen, waarbij uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater voorkomen kan worden. De modelberekening die binnen dit project is ondernomen laat echter wel het belang van aangepaste bemesting op minder productieve delen van het perceel zien. Waar de schaduw van bomen en struiken zorgt voor beperkte grasgroei, zorgt stikstofbemesting al snel voor uitspoeling.

Invloed bomen en struiken bij optimale groeicondities

In vergelijking met grasland zonder bomen en struiken



Figuur 1: Het effect van optimale groeicondities op de 10 onderzochte thema's.

Bij droogte en hitte

Onder droge en hete omstandigheden verandert de invloed van bomen en struiken voor de meeste thema's.

Omdat binnen dit project de meeste gegevens zijn verzameld onder vrij natte omstandigheden, is deze uitwerking van de invloed van bomen en struiken onder droge en hete condities met name gebaseerd op de praktijkkennis en inschatting van boeren en literatuurstudie.

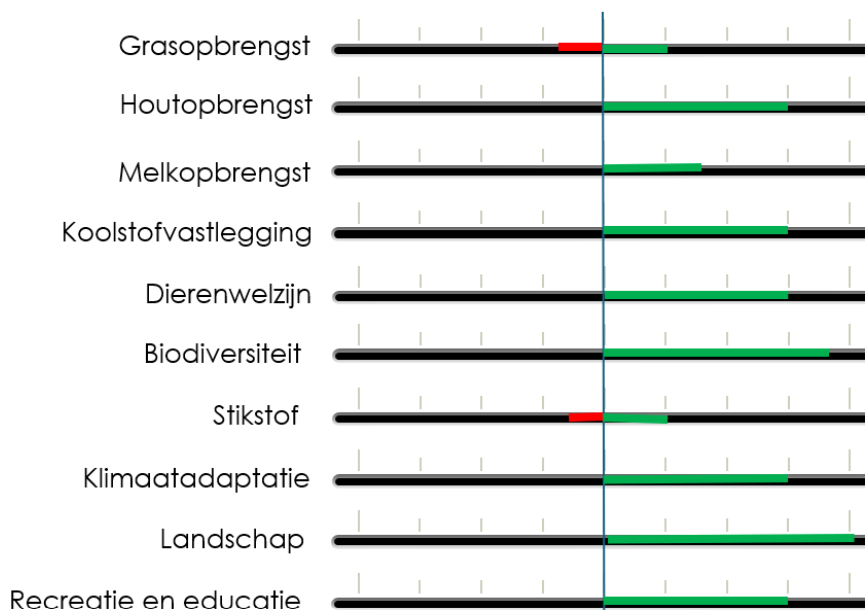
Onder droge en warme omstandigheden blijft de invloed van bomen op houtopbrengst, koolstof, landschap en recreatie & educatie onveranderd, tenzij het hele lange droge perioden betreft die de groei van bomen en struiken op lange termijn beïnvloed.

De invloed op bomen en struiken op de grasopbrengst wordt in het geval van droogte en hitte iets positiever, omdat de bomen en struiken zorgen voor wat koelte en verdamping voorkomen, waardoor het gras wat langer kan blijven groeien. Bij langere perioden van droogte en hitte ebt dit effect weg, waardoor de totale invloed op grasopbrengst en melkopbrengst klein is.

Verwacht wordt dat de positieve invloed op dierenwelzijn bij hitte verder vergroot door het bieden van schaduw en lagere temperaturen. Vanwege dezelfde onderliggende factoren wordt onder droge en warme omstandigheden een positief effect verwacht op de biodiversiteit: de overlevingskans van insecten wordt vergroot door schaduwwerking en een hogere luchtvochtigheid. In algemene zin wordt vergroten de bomen en struiken dus de klimaatadaptatie.

Involed bomen en struiken **bij droogte en hitte**

In vergelijking met grasland zonder bomen en struiken



Figuur 2: Het effect van droogte en hitte op de 10 onderzochte thema's.

Financiële doorrekening

Uit bovenstaande samenvatting blijkt dat de invloed van bomen en struiken divers is en kan doorwerken en invloed kan hebben op perceelsniveau, bedrijfsniveau en landschappelijk niveau. Met name de landschappelijke (en dus maatschappelijke) effecten zijn overwegend positief, terwijl de effecten op (perceels- en) bedrijfsniveau zowel positief als negatief kunnen zijn.

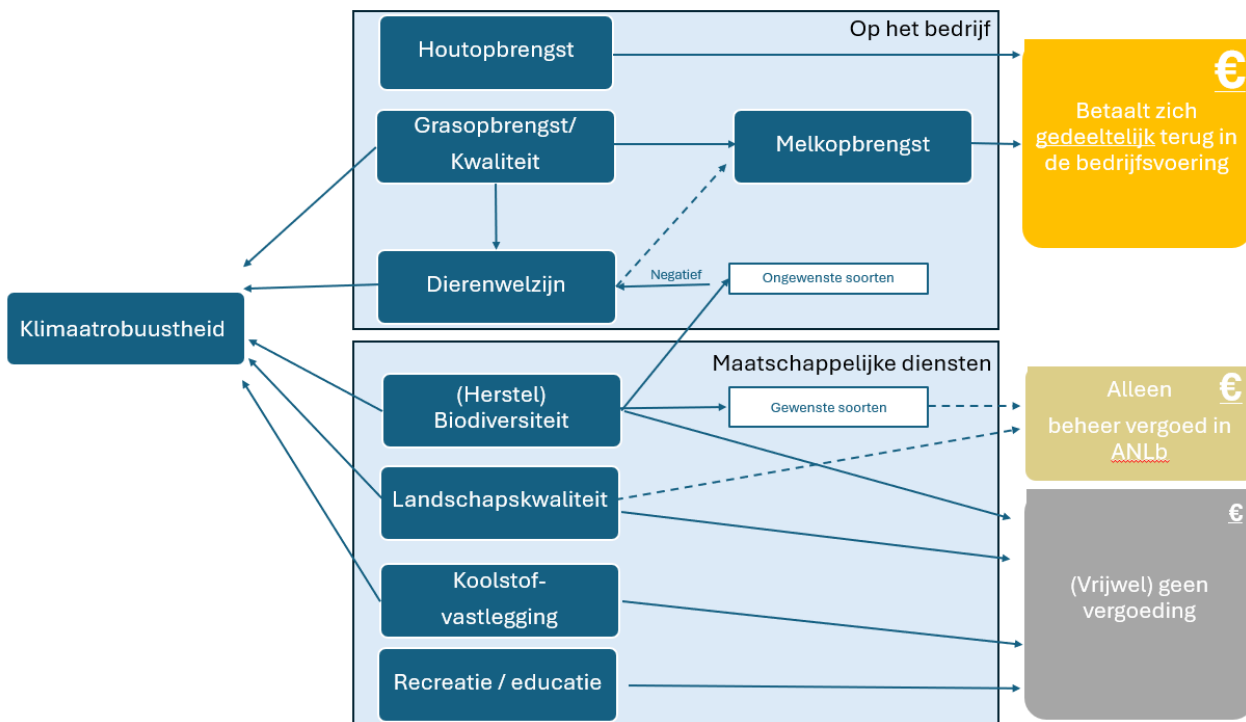
Een volgende stap is om te bekijken of de positieve effecten op bedrijfsniveau en maatschappelijk niveau ook een positief effect financieel effect hebben. Met andere woorden: worden de boeren met bomen en struiken op hun land vergoed voor de diensten die zij leveren?

Effecten op het bedrijf

Het onderstaand figuur doet daartoe een aanzet: op bedrijfsniveau (bovenste blok) beïnvloeden bomen en struiken verschillende productieprocessen. Ze leiden tot direct te vermarkten houtopbrengst en hebben daarnaast invloed op de grasopbrengst en -kwaliteit.

De kwaliteit en beschikbaarheid van gras werken door in het dierenwelzijn en daarmee indirect in de melkopbrengst. Een goede grasgroei en voldoende beschutting kunnen het welzijn van de dieren verbeteren, terwijl ongewenste soorten zoals plaaginsecten, juist een negatieve invloed kunnen hebben op het dierenwelzijn en daarmee op de melkproductie.

Ondanks dat de bomen en struiken op veel manieren invloed hebben op de bedrijfsvoering, zijn de enige concrete extra inkomstenbronnen de (beperkte) inkomsten uit houtopbrengst en een mogelijke meeropbrengst van melk (oranje blok). De crux is dat het effect van de bomen en struiken op de melkopbrengst extreem lastig uit te drukken is in aantal kilogram per jaar, waardoor het verdienmodel nog steeds onduidelijk blijft. Een aantal invloeden op bedrijfsniveau leiden tot klimaatrobuustheid, wat meer een bescherming is tegen extreme omstandigheden dan dat het direct voor inkomsten zorgt.



Figuur 3: Klimaatrobuustheid en het effect op de financiële doorrekening.

Maatschappelijke effecten

Naast directe effecten op het productieve elementen van het bedrijf, leveren bomen en struiken ook een reeks maatschappelijke diensten (onderste blauwe blok). Het gaat hierbij onder andere om het behoud en herstel van biodiversiteit, verbetering van de landschapskwaliteit, vastlegging van koolstof en kansen voor recreatie & educatie. Binnen de biodiversiteit wordt onderscheid gemaakt tussen gewenste soorten, die bijdragen aan natuurdoelen en ecosysteemdiensten, en ongewenste soorten, die juist nadelige effecten kunnen hebben op dierenwelzijn daarmee melkproductie.

Hoewel deze maatschappelijke diensten bijdragen aan publieke doelen en aan de klimaatrobustheid van het gebied, ontvangen boeren hiervoor slechts beperkt een financiële vergoeding.

In de huidige situatie wordt het beheer van landschapselementen gedeeltelijk beloond, bijvoorbeeld via het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb).

Koolstofvastlegging kan in de praktijk ook vergoed worden. Dit geldt echter niet voor reeds vastgelegde koolstof, waardoor het voor de melkveehouders niet mogelijk is om de koolstofvastlegging te verzilveren. Voor andere diensten, zoals landschapskwaliteit en recreatie, is er (vrijwel) geen structurele vergoeding.

Het figuur laat daarmee zien dat bomen en struiken een belangrijke bijdrage leveren aan zowel bedrijfsresultaten als maatschappelijke opgaven en klimaatrobustheid, maar dat de economische baten voor de boer niet in verhouding staan tot de brede maatschappelijke waarde die zij genereren.

Het is belangrijk dat meer data wordt verzameld over de effecten van bomen en struiken, zodat bomen en struiken nog functioneler toegepast kunnen worden in de melkveehouderij. Daarnaast kan beter kwantificatie van maatschappelijke diensten leiden tot directe beloning voor ecosysteemdiensten. Een belangrijke stap die daarvoor gemaakt moet worden is dat ecosysteemdiensten op waarden moeten worden gezet, wat duidelijk buiten de scope van dit project viel.



Kramsvogel (fotograaf Jeroen Kramer)

Eindreflectie NFW

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Jelle Pilat (Noardlike Fryske Wâlden)



Het **Boeren tussen Boomwallen**-project heeft veel nieuwe inzichten opgeleverd die relevant zijn voor de regio. De transitie naar een natuurinclusieve landbouw met bijbehorende verdienmodellen is met dit project een stap verder gekomen. Tegelijkertijd concluderen we dat niet alle bekende sporen naar waardering direct tot nieuwe verdienmodellen leiden. Het aanvullend en functioneel waarderen van het landschap stond centraal in dit project. Hieronder geven we per thema het perspectief weer vanuit vereniging NFW.

Klimaatrobuustheid en waterhuishouding

De vele parameters die onder dit thema zijn onderzocht, geven een duidelijk gezamenlijk beeld. Dicht langs de landschapselementen treedt verzuring van de bodem op, zijn de fosfaatvoorraden in de bodem en de -gehalten in het gras lager en is de kans op vertrapping groter.

De grasopbrengst en -kwaliteit langs landschapselementen is zoals verwacht lager dan richting het midden van een perceel. De inzichten laten zien dat met name de **zuidzijde** significant lagere opbrengsten geeft dicht langs landschapselementen, met de nodige gevolgen voor zowel stikstofefficiëntie als de kostprijs van melk. We hebben bovendien zicht op de orde van grootte hiervan, waardoor we agrariërs beter kunnen informeren.

Dit inzicht kan helpen bij de toepassing van **kruidenrijk randenbeheer** langs landschapselementen, onder meer in het kader van de ambitie voor de **Groenblauwe Dooradering (GBDA)**, waarbij in 2050 10% van het agrarische gebied groenblauw dooraderd moet zijn. Vanuit onder andere NFW loopt een verkenning naar het huidige aandeel per deelgebied om de huidige status in kaart te brengen.

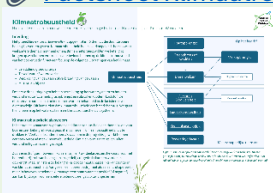
Koolstofvastlegging

De huidige methodieken voor het vastleggen en waarderen van koolstof zijn op dit moment niet aantrekkelijk, omdat uitsluitend **additionele** koolstofopslag wordt gewaardeerd (methodieken in te zien via <https://nationaleco2markt.nl/>). Toch bestaan er wereldwijd voorbeelden waarbij behoud en vastlegging in bestaande elementen — zoals regenwouden — wél worden gewaardeerd. Ook tijdelijke vastlegging via kapcycli wordt elders erkend.

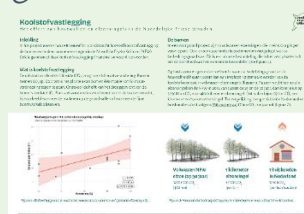
Voor het werkgebied van NFW is het belangrijk om inzicht te krijgen in de **koolstofvoorraad van het gehele coulisselandschap** en in de invloed van kapcycli hierop. In dit project is dat inzicht verdiept. Een vervolgstap is het waarderen van die koolstofvoorraad, die binnen het agrarisch natuurbeheer via kapcycli wordt gebufferd en in stand wordt gehouden.

Kansrijk is daarnaast regionale verwerking op een duurzamere manier dan verbranden, waarmee koolstof eveneens langdurig kan worden vastgelegd. Vanuit het project is er geïnventariseerd wat alternatieve routes er lokaal zijn en in hoeverre deze op grotere schaal kunnen worden uitgerold. We nemen dit mee in vervolgonderzoek en gesprekken met lokale overheden om de alternatieven voor verbranden van snoemateriaal scherp te stellen.

Factsheet Klimaatrobuustheid



Factsheet Koolstofvastlegging



Landschapskwaliteit en herstel biodiversiteit

Landschapskwaliteit staat hoog in het vaandel bij NFW. Meer informatie over de veldsituatie helpt ons om het beheer te verbeteren. Kwaliteit komt voort uit diversiteit, maar kan ook worden gestuurd via bijvoorbeeld de leeftijd van landschapselementen (zoals het behouden van oude bomen) en het stimuleren van een goede kruid- en struiklaag. Dit biedt stof tot nadenken over hoe het agrarisch natuur- en landschapsbeheer effectiever kan worden ingezet om doelsoorten te stimuleren.

Een belangrijke constatering is de explosief groeiende aanwezigheid van **Amerikaanse vogelkers** in het landschap. Deze exoot is ongewenst en vraagt mogelijk om een gezamenlijke aanpak met verschillende gebiedspartijen. We agenderen dit punt en gaan hierover in gesprek.

Dierenwelzijn en -gezondheid

Dierenwelzijn en diergezondheid zijn belangrijk en worden vanuit de Wet Dieren geborgd. Hittestress zal in de nabije toekomst een groeiend probleem worden, waardoor vee bij hoge zomertemperaturen vaker op stal zal staan. Tegelijkertijd willen we het vee zo veel mogelijk in het land zien.

Boomwallen en elzensingels bieden verkoeling. Vanuit dit onderzoek hebben we een stap gezet richting verantwoord weiden in de zomerperiode, waarbij niet alleen gekeken is naar de omstandigheden die hittestress veroorzaken, maar ook naar het gedrag van het vee. Als de temperatuur in het land 24 graden in de zon bereikt, gaan de koeien zich verplaatsen naar de schaduw. Als de temperatuur dicht bij de boomwallen (1-5 meter aan de noordkant) ook 24 graden bereikt, dan verplaatst het vee zich naar de koelere stal. Vooral midden op de dag zijn er grote verschillen gemeten. Dit zijn belangrijke inzichten, ook in relatie tot melkproductie omdat vee bij hoge temperaturen in de schaduw gaat rusten en vaak minder graasgedrag vertoont. Er is nog veel meer te leren over dit onderwerp, waarmee we verantwoord en toekomstbestendig kunnen boeren — zowel vanuit productiviteit als vanuit diergezondheid.

Factsheet Landschapskwaliteit

Landschapskwaliteit
Het effect van boomwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden.

Inleiding
Het effect van boomwallen en elzensingels op de landschapskwaliteit wordt onderzocht in de Noordelijke Friese Wouden. Dit onderzoek richt zich op de effecten van boomwallen en elzensingels op de biodiversiteit en de landschapskwaliteit. Het onderzoek is uitgevoerd door de NFW en de provincie Fryslân.

Kwaliteit & herstel
Landschapskwaliteit wordt bepaald door de aanwezigheid van verschillende soorten planten en dieren. Het herstel van de landschapskwaliteit kan worden gestimuleerd door het behouden van oude bomen en het aanplanten van nieuwe bomen.

Leefstijl boerderij
De leefstijl van de boerderij heeft invloed op de landschapskwaliteit. Het gebruik van pesticiden en herbiciden kan de biodiversiteit schaden. Het gebruik van natuurlijke bestrijdingsmiddelen kan de biodiversiteit behouden.

Alle bodkeien
De bodkeien worden onderzocht op de aanwezigheid van verschillende soorten bodemorganismen. Dit helpt bij het begrijpen van de bodemkwaliteit.

Planten
De aanwezigheid van verschillende soorten planten wordt onderzocht. Dit helpt bij het begrijpen van de plantensoortenrijkdom.

Dieren
De aanwezigheid van verschillende soorten dieren wordt onderzocht. Dit helpt bij het begrijpen van de dierenrijkdom.

Factsheet Biodiversiteit

Biodiversiteit
Het effect van boomwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden.

Inleiding
Biodiversiteit is de diversiteit in de levensvormen op aarde. Het behouden van biodiversiteit is belangrijk voor de gezondheid van het ecosysteem.

Biodiversiteit en habitat
Biodiversiteit wordt gesteund door verschillende soorten habitats. Het behouden van oude bomen en het aanplanten van nieuwe bomen kan de biodiversiteit verbeteren.

Insectenbiodiversiteit van noord en zuid
De insectenbiodiversiteit wordt onderzocht op de aanwezigheid van verschillende soorten insecten. Dit helpt bij het begrijpen van de insectenrijkdom.

Voorlopige conclusies
Het onderzoek heeft laten zien dat boomwallen en elzensingels de biodiversiteit verbeteren. Het behouden van oude bomen en het aanplanten van nieuwe bomen kan de biodiversiteit verder verbeteren.

De rol van de bodem
De bodem speelt een belangrijke rol in de biodiversiteit. Het gebruik van natuurlijke bestrijdingsmiddelen kan de bodemkwaliteit verbeteren.

Factsheet Dierenwelzijn

Dierenwelzijn
Het effect van boomwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden.

Inleiding
Dierenwelzijn is de zorg voor het welzijn van dieren. Het behouden van dierenwelzijn is belangrijk voor de gezondheid van het vee.

Het effect van boomwallen op (melk)maat en hittestress
Het onderzoek heeft laten zien dat boomwallen de melkproductie verbeteren en hittestress verminderen. Dit helpt bij het verbeteren van het dierenwelzijn.

Onderzoeksmethoden en locatie microklimaatmetingen
Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van verschillende methoden. De locatie van de microklimaatmetingen is belangrijk voor het begrijpen van de hittestress.

Conclusies
Het onderzoek heeft laten zien dat boomwallen de melkproductie verbeteren en hittestress verminderen. Het behouden van oude bomen en het aanplanten van nieuwe bomen kan de melkproductie verder verbeteren.

Grasopbrengst

Hoewel er vanuit het project beperkt is gekeken naar de opbrengst van gras langs landschapselementen en er ook een paar aannames moesten worden gedaan bij de berekeningen van opbrengst, is er wel een duidelijk verschil te zien. In de praktijk is wel bekend dat de gewasopbrengst langs landschapselementen lager is, maar door dit te berekenen naar droge stofopbrengst en wat dit betekent qua inkomstenderving, kunnen we een beter beeld geven van wat deze gewasopbrengst op verschillende afstanden van landschapselementen is. Deze informatie helpt ons op verschillende manieren. Enerzijds is hiermee beter onderbouwd aan te geven waarom bedrijven voor randenbeheer zouden kunnen kiezen, waarmee er een agrarisch natuurbeheerpakket kan worden afgesloten op randen langs percelen. Hiermee wordt de biodiversiteit versterkt en krijgt de boer een vergoeding voor gedeelde inkomsten. Ook helpt het om voor de toekomst de ontwikkeling van de Groenblauwe Dooradering vorm te kunnen geven, we willen hierin graag het kleinschalige landschap gaan waarderen. Deze cijfers over gewasopbrengst ondersteunen het feit dat er voor kleinschalig landschap een vorm van derving plaatsvindt waar nu nog geen vergoeding tegenover staat.

Stikstofefficiëntie

Op het gebied van stikstofefficiëntie kunnen we stellen dat de uitspoeling in de regio langs landschapselementen meevalt. Met de bufferstroken is er sowieso vaak een rand van een meter of breder onbemest en hier is vrijwel geen risico te verwachten op uitspoeling. Van belang is wel dat er tussen één en vijf meter een verhoogd risico bestaat als hier een volledige bemestingsgift plaatsvindt. De gewasgroei is namelijk lager door de schaduwwerking, wat opname mogelijk vertraagt en waardoor er potentieel uitspoeling zou kunnen optreden. Ook kan er puntemissie optreden als weidend vee in groten getale in deze randen verblijven. Dit is een aandachtspunt en belangrijke les uit dit project.

Integrale kosten en baten

Het is natuurlijk lastig uit te drukken wat voor impact het landschap financieel heeft op een bedrijf, dit is per bedrijf verschillend. Toch is het goed aan te geven op welke thema's het landschap een positief- of juist negatief effect heeft. Negatieve effecten zien we vooral terug in gewasopbrengst en daaraan gerelateerde melkopbrengst. Maar positief is een reeks groenblauwe diensten die wordt geleverd, denk aan koolstofvastlegging, biodiversiteit en recreatie. En ook dierenwelzijn heeft een belangrijke rol. Zeker als we kijken naar de klimaatverandering waarbij we meer droogte en hoge temperaturen verwachten. Een belangrijke constatering is dat er voor klimaatrobuustheid eigenlijk nog helemaal geen verdiensten zijn, terwijl deze wel steeds belangrijker worden. Onderdelen die van belang zijn, maar nu nog ondergewaardeerd worden voor klimaatrobuustheid, zijn koolstofvastlegging en landschapskwaliteit en ook het stukje recreatie/educatie.

Factsheet Grasopbrengst

Grasopbrengst
Het effect van buurten en elementen op de opbrengst van gras op de Noordelijke Friese Wouden.

Inleiding
In dit factsheet wordt de opbrengst van gras op de Noordelijke Friese Wouden onderzocht. Het doel is om te kijken hoe de opbrengst van gras op de Noordelijke Friese Wouden wordt beïnvloed door de aanwezigheid van buurten en elementen. Dit factsheet is bedoeld voor boeren en landbouwers die op zoek zijn naar manieren om de opbrengst van gras te verbeteren.

Opbrengst
De opbrengst van gras wordt gemiddeld 10% lager op de Noordelijke Friese Wouden dan op andere locaties. Dit is vooral te wijten aan de aanwezigheid van buurten en elementen die de opbrengst van gras beïnvloeden.

Conclusie
De opbrengst van gras op de Noordelijke Friese Wouden wordt beïnvloed door de aanwezigheid van buurten en elementen. Het is belangrijk om deze factoren in overweging te nemen bij het beheren van de Noordelijke Friese Wouden.

Beslistool Silvopastorale Systemen

Beslistool Silvopastorale Systemen (Agroforestry op grasland)

De tool helpt bij het maken van beslissingen over de opbouw van silvopastorale systemen op grasland. Het biedt informatie over de verschillende stappen in het proces, van de keuze van de boomsoort tot de opbouw van het systeem.

Stap 1: Kies een boomsoort
De tool biedt informatie over de verschillende boomsoorten die geschikt zijn voor silvopastorale systemen op grasland. De keuze van de boomsoort is belangrijk voor de opbouw van het systeem.

Stap 2: Kies een boomsoort
De tool biedt informatie over de verschillende boomsoorten die geschikt zijn voor silvopastorale systemen op grasland. De keuze van de boomsoort is belangrijk voor de opbouw van het systeem.

Stap 3: Kies een boomsoort
De tool biedt informatie over de verschillende boomsoorten die geschikt zijn voor silvopastorale systemen op grasland. De keuze van de boomsoort is belangrijk voor de opbouw van het systeem.

Literatuur

Bronnen: Biodiversiteit

Hsieh, T.C., Ma, K.H. & Chao, A. (2016) iNEXT: An R package for interpolation and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, **7**, 1451. Beschikbaar via: <https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>.

Bronnen: Klimaatrobustheid

KNMI (2023) *De staat van ons klimaat 2022: steeds vaker extremer weer door klimaatverandering*. Beschikbaar via: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-staat-van-ons-klimaat-2022-steeds-vaker-extremer-weer-door-klimaatverandering>.

Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (2020) *Actieprogramma klimaatadaptatie landbouw*. Den Haag. Beschikbaar via: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/publicaties/2020/01/30/actieprogramma-klimaatadaptatie-landbouw/Actieprogramma+klimaatadaptatie+landbouw+-+januari+2020.pdf>.

Bronnen: Koolstofvastlegging

Actueel Hoogtebestand Nederland. (z.j.). *Kwaliteitsbeschrijving*. Geraadpleegd op 1 december 2025, van <https://www.ahn.nl/kwaliteitsbeschrijving>.

Actueel Hoogtebestand Nederland. (2025, 13 oktober). *Eerste deel AHN 6 beschikbaar*. Geraadpleegd op 1 december 2025, van <https://www.ahn.nl/eerste-deel-ahn-6-beschikbaar>.

Axe, M. S., Grange, I. D., & Conway, J. S. (2017). Carbon storage in hedge biomass—A case study of actively managed hedges in England. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **250**, 81-88.

Biffi, S., Chapman, P. J., Grayson, R. P., & Ziv, G. (2023). Planting hedgerows: Biomass carbon sequestration and contribution towards net-zero targets. *Science of the Total Environment*, **892**, 164482.

de Boer, J. J. (2003/2014). *Veldgids landschapselementen Noordlike Fryske Wâlden*. Stichting Landschapsbeheer Friesland.

Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (Eds.). (2002). *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. New York, NY: Springer New York.

Drexler, S., Gensior, A., & Don, A. (2021). Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. *Regional Environmental Change*, **21**(3), 74.

Hillewaere, L., Heeman, P., Bouwman, S., Thissen, W., & Van Koullil, E. (2025). *Project Verdienen met Carbon Farming: Evaluatierapport verdienmodellen (WP1) (Rapportnummer 2025-6340-LbD)*. BoerenNatuur Brabant West; Louis Bolk Instituut; ZLTO.

IPCC, 2006. Chapter 4 forest land. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 4.1 CHAPTER 4 FOREST LAND Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, Kyoto.

IPCC, 2019. Chapter 4 forest land. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 4.1 CHAPTER 4 FOREST LAND Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, Kyoto.

Lavallee, J. M., Soong, J. L., & Cotrufo, M. F. (2020). Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global change biology*, 26(1), 261-273.

Lingner, S., Thiessen, E., Müller, K., & Hartung, E. (2018). Dry Biomass Estimation of Hedge Banks: Allometric Equation vs. Structure from Motion via Unmanned Aerial Vehicle. *Journal of Forest Science* (1212-4834), 64(4).

Milieu Centraal. (z.j.). *Wat is je CO2-voetafdruk?* Geraadpleegd op 4 december 2025, van <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/klimaatverandering/wat-is-je-co2-voetafdruk/>

Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., De Frenne, P., Coussement, T., ... & Verheyen, K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 98-111.

Mokany, K., Raison, R. J., & Prokushkin, A. S. (2006). Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global change biology*, 12(1), 84-96.

Pepers, K. H., van Egmond, F., Koomans, R., Teuling, K., Staats, G., & van Os, G. (2024). Validation of a new gamma ray soil bulk density sensor. *European Journal of Soil Science*, 75(4), e13542.

Picard, N., Saint-André, L., & Henry, M. (2012). Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction (pp. 215-pp).

Schmidt, F., Kruse, M., & Paulsen, H. M. (2023). Hecken in der Landwirtschaft= effiziente Kohlenstoffspeicher. *Praxiswissen Hecken*.

Schindler, Z., Morhart, C., Sheppard, J. P., Frey, J., & Seifert, T. (2023). In a nutshell: exploring single tree parameters and above-ground carbon sequestration potential of common walnut (*Juglans regia* L.) in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 97(6), 1007-1024.

Stichting Nationale Koolstofmarkten (SNK). Veelgestelde vragen. <https://nationaleco2markt.nl/veelgestelde-vragen/>.

Van den Berg, L., Koopmans, C., Thissen, W., Den Toonder, J., & Van Schie, T. (2024). Koolstofvastlegging in bodem, bomen en bouw materiaal (herdruk): Hoe werkt carbon farming? (Rapport 2024-6247-LbP). Louis Bolk Instituut, ZLTO, & BoerenNatuur.

Waas Thissen, Bram Avezaat, Zarah Omesen. 2025. Technische rapportage pilot C – Agroforestry. 2025-6342-LbD. BoerenNatuur Brabant West, Louis Bolk Instituut, ZLTO. Beschikbaar via: [Technische rapportage pilot C – Agroforestry | Louis Bolk Instituut](#).

Bijlagen

Bijlagen: Themasheets

[Bijlage 1 – Landschapskwaliteit inventarisatie methodiek](#)

[Bijlage 2 – Onderzoeksrapport Koolstof](#)

[Bijlage 3 – Bodem en graskwaliteit](#)

Bijlagen: Factsheets

[Factsheet Beslistool Silvopastorale Systemen](#)

[Factsheet Biodiversiteit](#)

[Factsheet Dierenwelzijn](#)

[Factsheet Grasopbrengst](#)

[Factsheet Klimaatrobustheid](#)

[Factsheet Koolstofvastlegging](#)

[Factsheet Landschapskwaliteit](#)

[Factsheets Totaal](#)



Vereniging Noardlike Fryske Wâlden

Florynwei 3h

9251 MP Burgum

Telefonisch bereikbaar tussen 9:00 en 12:00 uur

via telefoonnummer 0511-745200.

info@noardlikefryskewalden.nl

www.noardlikefryskewalden.nl

Bijlage 1 – Landschapskwaliteit inventarisatie methodiek

INVENTARISATIE KWANTITEIT EN KWALITEIT LANDSCHAPSELEMENTEN

In het najaar van 2024 werd op de zeven deelnemende bedrijven een landschapsinventarisatie uitgevoerd. Tijdens het veldwerk zijn alle individuele landschapselementen in het veld bekeken, op kaart ingetekend en per element zijn diverse waarden m.b.t. kwantiteit en kwaliteit genoteerd. In deze paragraaf worden de in het veld opgenomen parameters op beknopte wijze beschreven. Dit wordt gedaan per soort landschapselement of groep van soorten, te beginnen met de lijnvormige elementen.

Beschrijving parameters lijnvormige elementen

Parameter: Elementsoort

Van ieder element is het ‘elementsoort’ genoteerd:

- Elzensingel
 - Lijnvormig element met (één rij) opgaande beplanting langs een sloot, met zwarte els als hoofdhoutsoort en veelal meerdere andere soorten; omdat in het midden van tussen elzensingels liggende sloten liggen, zijn – indien van toepassing – elzensingels aan beide zijden van de sloot altijd als afzonderlijke lijnen op kaart ingetekend; ook bij de analyse zijn dan beide singels als afzonderlijke elementen beschouwd.
- Houtsingel
 - Lijnvormig element met (vaak één rij, soms meerdere) opgaande beplanting al dan niet langs een sloot, met vaak een bepaalde hoofdhoutsoort en veelal meerdere andere soorten.
- Houtwal
 - Lijnvormige element met opgaande beplanting op een aarden wallichaam, met vaak zomereik als hoofdhoutsoort en veelal meerdere andere soorten; houtwallen zijn altijd als twee vlak naast elkaar liggende lijnen op kaart ingetekend en per lijn zijn ook de parameters geïventariseerd; dit heeft te maken met de eigendomsscheidingen die in de NFW veelal op het midden van een houtwal ligt; ook bij de analyse zijn beide zijden van de houtwal als afzonderlijke elementen beschouwd.
- Heg
 - Ook wel knipheg of scheerheg genoemd; het gaat in veel gevallen om vrij smalle en lage lijnvormige elementen (ca. 0,5-1 meter breed en 1-1,5 meter hoog), veelal bestaande uit één hoofdhoutsoort (van oudsher vaak meidoorn), die jaarlijks minimaal één keer geknipt of geschoren wordt.
- Haag
 - Ook wel struweelhaag genoemd; het gaat hierbij om hagen met een extensiever beheer, waarbij de beplanting eens per 10-15 jaar op een halve meter boven de grond afgezet wordt.

Parameter: Bedekkingsgraad

Bij deze parameter is gekeken naar zowel de horizontale als verticale bedekking in een element. Een element met daarin een aaneengesloten kronendak, maar waarin de onder- c.q. struiklaag ontbreekt, heeft dus een onvolledige bedekking. Pas wanneer er in de gehele singel zowel, in de horizontale als verticale lijn, begroeiing aanwezig is, is de bedekking volledig. De bedekkingsgraad is in het veld op zicht ingeschat en genoteerd in klassen van 10% (dus 0-10%, 10-20% enz.). Van dubbele (elzen)singels (dus een (elzen)singel aan weerszijden van een sloot) is de bedekking afzonderlijk genoteerd (zie 'elementsoort'). Omdat ook de beide zijden van houtwallen als afzonderlijke elementen geïventariseerd zijn (zie eveneens 'elementsoort'), is ook hier voor beide zijden afzonderlijk de bedekkingsgraad genoteerd.

Parameter: Aantal soorten

Bij deze parameter is het aantal soorten bomen en struiken (exclusief braam, inclusief 'lianen' kamperfoelie en hop) genoteerd, dat in het element waargenomen is, tijdens het bij langs lopen van het element. Er is niet heel gedetailleerd gezocht naar alle voorkomende soorten en in theorie kan een bepaalde soort gemist zijn, indien er bv. slechts een enkel exemplaar van die soort in het element voorkwam, zeker in de winter, op het moment dat er geen blad aan de boom zit. Toch is de verwachting dat het overgrote deel van de soorten waargenomen en genoteerd is.

Parameter: Leeftijd beplanting

Inschatting op zicht van de leeftijd van de houtige beplanting. In gevallen van hakhout gaat het om de leeftijd van de uitlopers op de stobben (dus niet van de stobben zelf en/of de eventuele overstaanders). In gevallen waar een divers beheer heeft plaatsgevonden (dus bv. uitdunnen i.p.v. een eindkap) kan er een gevarieerde leeftijd van de beplanting zijn en dan is de leeftijd van de overheersende beplanting opgenomen.

Parameters: Onderhoud beplanting

Deze parameter geeft aan hoe de onderhoudstoestand van de beplanting is, bv. of de beplanting op de juiste wijze afgezet is (en bv. niet te hoog) en/of te rigoureus opgesnoeid en/of uitgedund is. Tevens is er gekeken naar evt. schade door vee, of er rasterdraden aan de stammen genageld zijn e.d. Bij deze parameter is 'goed', 'matig' of 'slecht' genoteerd.

Parameter: Onderhoud raster

Deze parameter geeft aan of er een veekerend raster staat en wat de onderhoudstoestand ervan is. Een van de volgende aanduidingen is genoteerd:

- Goed (er staat een raster en het verkeert in goede staat van onderhoud).
- Matig (er staat een raster, het is nog wel veekerend, maar het vertoont gebreken (bv. draden los, palen kapot e.d.).
- Slecht (er staat een raster, maar het vertoont grote gebreken en is daarmee (vrijwel) niet veekerend (meer).
- Afwezig (er staat geen raster maar het zou er (in theorie) wel moeten staan omdat er grasland langs het element ligt waar geweid kan worden).
- N.v.t. (er staat geen raster en dit hoeft ook niet omdat er niet geweid zal worden, bv. in geval van mais/bouwland).

Parameter: Onderhoud wallichaam

Bij houtwallen is er gekeken naar de onderhoudstoestand van het wallichaam en dit is aangeduid middels 'goed' (het wallichaam is (vrijwel) overal intact), 'matig' (verspreid zitten er gaten in het wallichaam, bv. vanwege vertrapping door vee) of 'slecht' (het wallichaam is over grotere lengte (flink) beschadigd).

Parameter: Kwaliteitsklasse

De kwaliteitsklasse is een eindbeoordeling van het landschapselement op basis van in eerste instantie de bedekkingsgraad en daarnaast de onderhoudstoestand. In principe geldt de volgende indeling van kwaliteitsklassen:

- Klasse 1 bedekkingsgraad 90-100%
- Klasse 2 bedekkingsgraad 70-90%
- Klasse 3 bedekkingsgraad 50-70%
- Klasse 0 bedekkingsgraad 0-50%

Bij een matige of slechte onderhoudstoestand (van beplanting en/of raster en/of wallichaam) kan een singel of houtwal met een hoge bedekkingsgraad toch een lagere kwaliteitsklasse gekregen hebben.

Parameter: Overgangsgebied

Bij deze parameter is aangeduid of een (elzen)singel al dan niet in het gebied ligt dat als overgangsgebied aangemerkt kan worden, ofwel het gebied waar het maaiveld op dusdanige hoogte ligt waarbij het geen optimale groeiplaats is voor zwarte els en andere soorten (ruwweg beneden de 0-meter hoogtelijn). Van nature is de bedekkingsgraad van singels in het overgangsgebied lager dan gewoonlijk. Een singel in het overgangsgebied kan een hogere kwaliteitsklasse gekregen hebben dan de bedekkingsgraad in feite toeliet (zie vorige parameter).

Parameter: Opmerkingen

Eventuele opmerkingen m.b.t. de bovenstaande parameters en/of andere opmerkingen m.b.t. het betreffende landschapselement.

Bovenstaande parameters behoren tot de 'oorspronkelijke methodiek' voor de inventarisatie van landschapselementen in het agrarisch cultuurlandschap. De hierna beschreven parameters gaan in dieper in op de aanwezige begroeiing in de landschapselementen en zijn aanvullend op de 'oorspronkelijke methodiek'.

Parameter: Hoofdhoutsoort 1 en 2

Voor elzensingels is de hoofdhoutsoort (gebruikelijk) zwarte els en in houtwallen in veel gevallen zomereik. In houtsingels is er veelal een andere soort die overheerst, bv. zomereik of gewone es. Bij deze parameter is de overheersende soort ofwel hoofdhoutsoort genoteerd. Het kan zijn dat er twee soorten zijn die (duidelijk) het meest aanwezig zijn. Deze tweede soort is dan 'hoofdhoutsoort 2'.

Parameter: Soorten bomen en struiken

Bij deze parameter zijn d.m.v. (in hoofdzaak) afkortingen de in het element waargenomen soorten bomen en struiken genoteerd. In alfabetische volgorde zijn de volgende afkortingen veel gebruikt: avk: Amerikaanse vogelkers, bb: brem (bezembrem), bk: beuk, boswg: boswilg, br: (ruwe en

zachte) berk, ed: (gewone) esdoorn, ek: (zomer)eik, el: (zwarte) els, evk: Europese vogelkers, ge: (gewone) es, geowg: geoorde wilg, gr: Gelderse roos, grwg: grauwe wilg, gv: gewone vlier, hl: hulst, hp: hop, hr: hondsroos, hz: hazelaar, kp: wilde kamperfoelie, lb: lijsterbes, md: (eenstijlige) meidoorn, ned: Noorse esdoorn, rpo: ratelpopulier, sa: Spaanse aak (veldesdoorn), schietwg: schietwilg, sd: sleedoorn, vb: vuilboom, wg: wilg (algemeen), zkers: zoete kers.

Parameters: Aantallen struiken en bomen

Voor een aantal soorten (m.n. struikvormers) is per element aangegeven hoeveel exemplaren er in het betreffende element staan. Het gaat om soorten die gebruikelijk in (elzen)singels en houtwallen in het agrarisch cultuurlandschap in Friesland voorkomen. De struiken worden pas geteld als ze een redelijke omvang hebben, van minimaal ca. twee meter doorsnede (van de kroon). Duidelijk afzonderlijke struiken die bij elkaar staan zijn als meerdere exemplaren geteld. Het kan voorkomen dat de kroon gevormd wordt door een aantal kleinere, dicht tegen elkaar staande stammen/struiken, die samen een kroon vormen. Tot een doorsnede van ca. vijf meter werd een dergelijk geval als één exemplaar geteld. Het tellen van exemplaren is gedaan voor de volgende soorten:

- Meidoorn (meest gebruikelijk is eenstijlige meidoorn; evt. andere soorten)
- Gewone lijsterbes
- Vlier (meest gebruikelijk is gewone vlier; evt. andere soorten)
- Roos (meest gebruikelijk is hondsroos, maar het kan ook gaan om andere soorten zoals de regelmatig voorkomende heggenroos of zeldzamere soorten zoals viltroos)
- Sleedoorn
- Wilg (diverse soorten)
- Vuilboom
- Gelderse roos
- Berk (zachte en/of ruwe berk)
- Eik (zomereik) (veelal in geval van elzensingels waarin eiken groeien)
- Andere soort 1 (indien niet een van de hierboven genoemde) (in twee parameters: aantal en de soort)
- Andere soort 2 (indien niet een van de hierboven genoemde) (idem)

Parameter: Bedekking struiken

Voor ieder element is een inschatting gemaakt van de bedekking van de struiklaag, ofwel het aandeel struikvormers ten opzichte van de totale opgaande beplanting. Het gaat hierbij dus om het deel van het element waar bomen en struiken groeien – dus niet per definitie de totale lengte van de ingetekende singel of houtwal, omdat hierin ook delen onbegroeid en/of alleen begroeid met braam kunnen zijn. De ‘bedekking struiken’ is genoteerd in klassen van 10% (geen, 0-10%, 10-20% etc.). Er is niet in het veld gemeten o.i.d. Het gaat hier om een inschatting die gemaakt is nadat een goed beeld van het element verkregen is, bijvoorbeeld n.a.v. het tellen van de soorten struikvormers.

Parameter: Bedekking braam/brandnetel

Per element is daarnaast een inschatting gemaakt van de bedekking van de laag waarin bramen en/of brandnetel groeien. Let op: bij deze parameter gaat het om het percentage van de totale lengte van het betreffende landschapselement, ofwel de volledige ingetekende lijn. Ook als daarin

delen zijn die onbedekt (met bomen/struiken) zijn of delen die alleen bedekt zijn met braam/brandnetel.

Parameters: Bedekking Amerikaanse vogelkers en Ratelpopulier

Per element is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid Amerikaanse vogelkers en ratelpopulier. Het gaat hierbij (net als bij 'bedekking struiken') weer om het aandeel van Amerikaanse vogelkers c.q. ratelpopulier ten opzichte van de totale aanwezige opgaande beplanting (bomen/struiken).

Parameters: Aantal en beschrijving overstaanders

Per element is er gekeken of er overstaanders in het element staan (bomen en/of struiken die bij een eindkap zijn blijven staan en daarmee duidelijk ouder en groter zijn dan de rest van de beplanting). Genoteerd is het aantal overstaanders alsook de soort en de (gemiddelde) diameter.

Parameter: Opmerkingen bomen en struiken

Eventuele (diverse) opmerkingen specifiek over de begroeiing in het element.

Parameter: Monitoring 2024 t.o.v. 2012

In 2011/2012 is er een inventarisatie van alle landschapselementen binnen de begrenzing van het Nationale Landschap Noardlike Fryske Wâlden uitgevoerd, aan de hand van de hierboven genoemde 'oorspronkelijke methodiek'. Deze inventarisatie is als basis genomen voor de inventarisatie binnen het voorliggende project. Eventuele veranderingen die hierin t.o.v. 2012 waargenomen zijn, qua afmetingen van de elementen, zijn genoteerd bij deze parameter. Voor ieder element is een van de volgende waarden aangegeven:

- Min of meer gelijk gebleven: indien het element in 2024 nog steeds aanwezig was en min of meer dezelfde afmetingen had als in 2012; indien een element aan een of beide uiteinden iets korter geworden is, bv. door de verbreding van een dam, dan is het element nog steeds 'min of meer gelijk gebleven'.
- Kortere geworden: het element is wezenlijk kortere geworden.
- Langer geworden: het element is wezenlijk langer geworden.
- Element verdwenen: het element is in het geheel verdwenen; deze elementen zijn niet opgenomen in de tabel met inventarisatiegegevens omdat ze niet meer aanwezig zijn; in het GIS-bestand zijn ze nog wel aanwezig.
- Nieuw element: het element is in het geheel nieuw t.o.v. 2012.
- Nieuw maar fout vorige meting: het element is in 2024 nieuw ingetekend, maar heeft er in 2009 wel al gelegen, maar is toen niet opgemerkt, wellicht anders geïnterpreteerd; zo zijn er in 2024 bv. nogal wat solitaire bomen ingetekend die in 2009 niet ingetekend waren, maar er toen al wel degelijk stonden, mogelijk zijn ze destijds als 'overstaanders' aangemerkt.
- Vervangen: een element dat in 2009 ingetekend is, is in 2024 vervangen door een of meer andere elementen, om wat voor reden dan ook; elementen die als zodanig aangemerkt zijn, zijn niet opgenomen in de tabel met inventarisatiegegevens, maar nog wel in het GIS-bestand; in de kolom 'opmerkingen monitoring' zijn dan hierover opmerkingen gemaakt.
- Anders (opmerkingen): indien een van bovenstaande opties niet paste; hierover is dan iets opgemerkt in de kolom 'opmerkingen monitoring'.

Parameter: Monitoring opmerkingen

Een eventuele opmerking m.b.t. de vorige parameter.

Parameter: Lengte

Dit is de lengte van het betreffende element, in en afgerond op hele meters.

Parameter: Nr op kaart

Ieder element heeft een nummer gekregen dat ook op kaart weergegeven wordt.

Parameters waarden inventarisatie 2011/2012

De waarden die 2011/2012 opgenomen werden zijn in deze kolommen weergegeven (elementsoort, bedekkingsgraad, aantal soorten, leeftijd beplanting, onderhoud beplanting, onderhoud raster, onderhoud wallichaam, kwaliteitsklasse, opmerkingen, jaar, periode).

Andere elementen

Naast de lijnvormige elementen zijn ook de (hakhout)bosjes, solitaire bomen en poelen geïnterpreteerd.

(Hakhout)bosjes

Voor de (hakhout)bosjes geldt dat er vergelijkbare parameters opgenomen als bij de lijnvormige elementen. Voor de beschrijving ervan wordt verwezen naar de eerdere tekst. Bij de parameter 'elementsoort' wordt aangegeven of het betreffende element een bosje of een hakhoutbosje betreft. Het verschil tussen beide heeft in hoofdzaak betrekking op het gevoerde beheer. Het beheer in 'hakhoutbosjes' is min of meer vergelijkbaar met het hakhoutbeheer in veel houtwallen en (elzensingels) ofwel het eens per x jaar afzetten van (vrijwel) de gehele beplanting. Het beheer in bosjes is veelal extensiever, waarbij in de regel een 'dunningsbeheer' uitgevoerd wordt, ofwel het eens in de x jaar uitdunnen van de beplanting in het bosje. (Hakhout)bosjes zijn als vlakken ingetekend op kaart.

Solitaire bomen

De meeste parameters die voor solitaire bomen opgenomen zijn vertonen overeenkomsten met die van de lijnvormige elementen. Alleen de kwaliteitsklasse is anders aangeduid, in dit geval d.m.v. 'goed', 'matig' of 'slecht' en deze klasse is gerelateerd aan de onderhoudstoestand. Solitaire bomen zijn als punten op kaart ingetekend.

Poelen

Tot slot zijn ook de poelen geïnterpreteerd. Per poel zijn een aantal parameters geïnterpreteerd zoals de onderhoudstoestand van de poel en van het raster. Daarnaast is het percentage 'open water' ingeschat. Het gaat hier om een percentage van de poel waarin onder normale omstandigheden water staat (dus niet de bovenzijden van de oevers/taluds) en het betreft het deel dat niet verland is en/of dichtgegroeid met vegetatie. Bij de parameter 'ligging' is aangegeven of het om een vrijliggende poel gaat of een poel die grenst aan een sloot. Bij de parameter 'doorzicht' is een inschatting gegeven van het doorzicht ofwel de helderheid van het water d.m.v. een van de volgende klassen: 'troebel', 'helder', 'tot op bodem', 'niet zichtbaar' en 'geen water'. Poelen zijn als punt ingetekend op kaart.

Bijlage 2 – Onderzoeksrapport Koolstof



WP3, Verwaarding hout uit boomwallen NFW: deskstudy en interviews belangenpartijen en netwerkorganisaties



Friese Milieu Federatie

Aanleiding: Het noordoostelijke deel van Fryslân staat bekend als de “Noardlike Fryske Wâlden” afgekort NFW. Het gebied heeft een oppervlakte van ca. 25.000 hectare en beslaat een groot deel van de gemeenten Achtkarspelen, Dantumadiel, Kollumerland ca., Smallingerland en Tytsjerksteradiel. Binnen het gebied zijn een zestal verenigingen voor natuur- en landschapsbeheer actief verenigd onder de koepelorganisatie Noardlike Fryske Wâlden, afgekort NFW die circa 800 boeren en een groeiend aantal niet-agrariërs vertegenwoordigen (14). Dit gebied omvat een uniek cultuurlandschap bestaande uit relatief kleinschalige percelen die worden omzoomd door deels dykswâllen en deels elzensingels. Naast jaarlijks onderhoud waarbij veelal takken worden afgevoerd kunnen bij de tussen- en eindkap zowel stammen als takken beschikbaar komen.

Ondanks een landelijk verbod wordt in de NFW nog steeds in het veld verbrand maar de verwachting is dat in de toekomst het door de gemeente als bedrijfsafval wordt beschouwd en niet meer openbaar verbrand mag worden zonder vergunning. Zowel energetisch en ook vanuit de duurzaamheidsgedachte is de huidige situatie op termijn dus niet langer houdbaar en zijn er werkbare alternatieven nodig.

Een voorgaand project verkende of hout uit landschapsonderhoud effectief kon worden ingezet voor productie van houtsnippers en houtpellets. Het bleek echter dat de houtsnippers te veel bast en verontreiniging bevatten en tijdens verbranden de pellets daardoor te veel as/slak produceerde (14). Voorgaande inventarisatie in het kader van het huidige project toonde ook aan dat het merendeel van de elzensingels en houtwallen in de NFW van oudsher al beheerd worden. Hierdoor voldoet deze beheervorm niet aan de additionaliteitsnorm van Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK) en kan CO₂ vastlegging dus geen verdienmodel vormen (15). Vandaar dat we in dit document verkennen welke andere toepassingen mogelijk zijn die effectieve verwaarding van reststromen en/of langdurige koolstofopslag mogelijk maken.

Algehele doelstellingen: 1) bundelen van kennis, praktijk en inzichten uit regionale, landelijke en internationale literatuur m.b.t. toepassingen van hout uit boomwallen als biograndstof; 2) inventariseren van relevante SNK-methode voor biomassa in het kader van biobased bouwen; 3) bepalen van kansen en knelpunten voor het verwaarden van houtachtig materiaal uit houtwallen in de NFW d.m.v. interviews van belanghebbend en netwerkorganisatie. Bij het laatste ligt het accent met name op schaal, haalbaarheid (vereiste volumes, kwaliteitsnormen) en doelbereik.

Werkwijze: Eerst vond er een uitvraag plaats naar kennis binnen lokale netwerken (rapporten, documenten en publicaties). Tijdens een werksessie met projectpartners werd er een eerste inventarisatie gemaakt van de meest voor de hand liggende houtachtige materialen en mogelijke toepassingen. Vanuit deze informatie vond er een inventarisatie plaats van kennishiaten die vervolgens werd aangevuld door regionale, landelijke en internationale kennis en ervaring m.b.t. huidige innovaties en mogelijke toepassingen binnen de EU met laagwaardige hout en bijbehorende verdienmodellen (deskstudy). Ten slotte werd er d.m.v. een aantal (n=12) interviews bestaande kennis en inzichten m.b.t. toepassingen en mogelijke businessmodellen getoetst. Dit door gerichte vragen te stellen aan diverse betrokken partijen en belanghebbend binnen en buiten

de regio. In afstemming met Jelle Pilat (NFW) werd hierbij een inventarisatie en selectie gemaakt van lokale en nationale belangenpartijen en netwerkorganisaties (zie Appendix I). Tijdens een kort telefoongesprek of persoonlijk e-mail bericht werd er een korte toelichting gegeven over het algehele project en de specifieke doelstellingen van de interviews. Tijdens een gesprek (fysiek of via teams) werd een korte reeks van vragen doorlopen (zie Appendix II). Hierbij werden korte notities gemaakt en meteen na het beëindigen van het interview werden notities digitaal uitgewerkt. N.a.v. van de vragen werd er geïnventariseerd welke vragen er spelen bij zowel de vraag als aanbod kant en gekeken naar innovaties en landelijke ontwikkelingen. Als deel van de rapportage hebben we informatie per thema gebundeld waarbij we d.m.v. een voetnoot (hoofdletters) verwijzen naar een specifieke partij zoals vermeld in Appendix II.

Communicatie: Met dit rapport willen we bestaand kennis en ervaring bundelen, duurzaamheidsthema's en lokaal gebruik van reststromen voor biobased bouwen verder agenderen. Dit rapport is een eerste verkenning als basis voor vervolganalyse waar de vereiste financiële en technische ondersteuning gedurende het groene transitie proces verder wordt uitgewerkt. Kennis en ervaringen opgedaan in dit projectpakket worden gebundeld en gedeeld via een factsheet.

Trefwoorden: *agrarisch landschap beheer, agroforestry, biobouwstoffen, biobased bouwen, circulair grondstoffen gebruik, koolstofopslag, verdienmodel*

1.1 Context

Sinds de ruilverkaveling is er een omslag geweest naar grotere trekkers en wijde percelen en tevens wordt het kaphout uit boomwallen niet langer effectief op waarde gezet. Boomwallen vormen vanwege het vereiste landschapsonderhoud een kostenpost en is er op termijn ook sprake van vergunningsverplichting voor lokale verbranding. Beheer van houtwallen vormt hierdoor in toenemende mate een beperking in de bedrijfsvoering. Het landschap is echter van grote ecologische en landschappelijke waarde en geniet een beschermde status als "Nationaal Landschap". In 2024 bedragen de beheervergoedingen voor jaarlijks onderhoud €2105-2635, terwijl de vergoeding voor een combi met groot onderhoud €5635-6575 of combi met eindkap €6450-7130 bedragen (23). In de praktijk blijken beheervergoedingen binnen de NFW voor onderhoud van houtachtige landschapselementen niet kostendekkend hetgeen resulteert in achterstallig onderhoud daarnaast is er bij gemeentes en lokale ondernemers groeiende interesse in circulair gebruik van reststromen en groene energie.

Momenteel wordt slechts deel van de grovere houtdelen gebruikt/verkocht als haardhout terwijl voor de bulk van het snoeiafval veelal nog geen rendabele afzetmogelijkheid bestaat (14). Landelijke gezien is de afzet van houtige biomassa in 2022 circa 1.268.000 ton dus vormt de NFW minder dan 1% van het landelijke volume. In 2021 werd 84,2% van de Nederlandse biomassa in Nederland afgezet en werd 15,4% geëxporteerd. In de periode 2017-2022 is de afzet van houtige biomassa binnen Nederland geleidelijk gegroeid door 28% toename van houtige biomassa in biomassacentrales (22). Het totale primaire houtproducten (rondhout, gezaagd hout, plaatmaterialen, papier- en karton, energiepellets en houtige biomassa) gebruik in Nederland was in 2022 18,7 miljoen m³ rindhoutequivalenten. De zelfvoorzieningsgraad voor het totale verbruik is 15,4%. In primaire houtproducten voor materiaaltoepassing was Nederland in 2022 slechts 5,8% zelfvoorzienend. Voor energietoepassing daarentegen, was Nederland in 2022 voor 27,9% zelfvoorzienend en energiehout omvatte 43% van het totale verbruik. Gezaagd hout en plaatmateriaal hebben een aandeel van respectievelijk 16,9% en 11,7% binnen het totale landelijk verbruik (22).

De teelt, verwerking en toepassing van biograndstoffen levert een directe bijdrage aan de verduurzaming van de landbouw, industrie en de gebouwde omgeving, en ondersteunt de circulaire economie d.m.v. invulling van woonbehoefte op een duurzame wijze (2). Binnen de provincie is er met name interesse in de teelt van lisdodde (10), vezelhennepe en olifantsgras (*miscanthus*) en met name dit laatste gewas kan veel biomassa leveren (6). De aanplant van de laatste soort is kostbaar en vergt extra land dus is het wenselijk optimaal gebruik te maken van bestaande reststromen inclusief houtmateriaal uit het coulisselandschap. Met name vanuit de rijksoverheid bestaat er de ambitie op termijn over te schakelen naar hernieuwbare en lokale grondstoffen voor biobased bouwen (2).

1.2 Belang van circulaire verwaarding van reststromen binnen de regio

Circulair gebruik van lokale bestaande reststromen materialen voor biobased bouwen en andere toepassingen binnen de regio biedt meerwaarde voor diverse belanghebbende. Lignine uit hout kan al worden ingezet als vervanger van bitumen in bio-asfalt en daarnaast zijn er vele andere toepassingen (A). Zowel bij innovatieve bedrijven als voor de kritische consument speelt imago (duurzaamheid glamour), sociale identiteit (authentiek Fries product) en het beperken van transport beweging een rol als het gaat om lokale verwaarding (A). De gemeente Smallingerland gaat snoei en kapafval in het veld beschouwen als bedrijfsafval en voor het lokaal verbranden van dit product moet er vervolgens een kostbare vergunning moeten worden aangevraagd (L). Het is dus van belang om reststromen beter te benutten om emissies en kosten te beperken.

Composteren van houtsnippers biedt kans voor duurzame opslag van koolstof in de bodem. Behalve C-opslag is er ook een positief effect op het microleven in de bodem. Agricycling is met SNK in gesprek over kunstmest reductie certificaten. De productie van kunstmest vergt 10.7 CO₂ equivalent per kg stikstof. Vervanging van kunstmest door compost levert per saldo dus een aanzienlijke CO₂ besparing op. Hierbij staat natuurlijk wel centraal dat houtsnippers gekoppeld worden aan andere restmaterialen die een lagere C:N verhouding hebben (H). Het probleem van houtsnippers is dat je er veel verschillende dingen mee kan doen (“competing claims”) zoals verbranding, verwerking tot plaatmateriaal (I). Anderzijds kan door het produceren van compost op eigen erf een boer op diverse manieren bijdragen aan maatschappelijke doelstellingen: 1) invulling geven aan circulair gebruik van reststromen; 2) CO₂ reductie door transport verminderen; 3) minder inzet van kunstmest en de fossiele brandstof nodig om deze te maken; 4) bewerkstelligen van CO₂ opslag in de bodem. Diverse boeren in de regio zijn actief lid van Agricycling een collectief dat zich inzet voor verwerking en verwaarding van reststromen op het eigen erf via een intensive composteertechniek (H).

Staatsbosbeheer probeert optimaal gebruikt te maken van alle houtachtige materialen en is een van de grootste hout leveranciers in W-Europa. Er is een centrale afdeling die kijkt naar volume, kwaliteitsklasse en transport en vanuit daar worden materiaal stromen zo efficiënt mogelijk afgezet, verwaard en circulair gebruikt. Er wordt gekeken naar optimaal gebruik en maximale benutting waarbij men in zet om hout in de hoogst mogelijke productklasse (totaal zijn er 8 klasse) te verwaarden. Dus Staatsbosbeheer wil maximaal inzetten om zo veel mogelijk hout in de hoogste kwaliteit zaaghout te verwaarden. Hierbij zijn er wel verschillende duurzaamheid klasse. Tevens zijn er ook lagere hout keuzes (voor b.v. pallets) en rondhout. Vervolgens komt verwerking tot plaatmateriaal, decoratief plaatmateriaal, MDF/spanplaat in zicht. Houtsnippers voor stookhout aan particulieren is al gestopt en ook levering aan bedrijven en biomassa levering aan stookinstallaties worden op termijn uit gefaseerd i.v.m. fijnstof uitstoot (J).

Om lokale aanvoer en verwerking te borgen zijn er echter wel ketenafspraken nodig. Momenteel wordt b.v. vezelhennep in Friesland verbouwd maar in het buitenland verwerkt en vervolgens als isolatiematten weer geïmporteerd. De ambitie is om op termijn een faciliteit in Leeuwarden te bouwen dat mensen zich meer bewust zijn van de meerwaarde van een lokaal en hoogwaardig product (B). Innovatieve bouwbedrijven zijn al actief betrokken bij pilots voor gebruik van b.v. lisdodde als isolatiemateriaal en maatschappelijk gezien is er zeker interesse met name bij klimaatbewuste klanten (E). Het belang van biobased bouwen in de regio neemt toe en er zijn ook voor lokale ondernemers een opdracht om daarop in te zetten (F). Er zijn binnen bedrijven wel ambities om met biobased bouwen aan de slag te gaan maar het blijft in eerste instantie een niche markt (G). Uitdaging hierbij is dat de meeste klanten met name eerst naar de prijs kijken. Slechts een op de tien klanten willen investeren in duurzaamheid (E). De prijspremie voor productie van lokale biobased bouwproducten d.m.v. circulaire verwaarding weegt in de meeste gevallen nog niet op tegen de extra kosten.

Vanuit het Groenfonds is er recent een gezamenlijk initiatief met LNV gestart om productie en teelt van vezelgewassen te bevorderen door aanvullende verdienmodellen via CO₂ verwaarding te ontwikkelen (28). Vanuit diverse ministeries is er de ambitie om in 2030, 50000 ha biobased gewassen te telen in Nederland terwijl in 2050 30% van de bouwmaterialen biobased moet zijn. Een uitdaging hierbij is dat dit wel potentieel ten koste gaat van voedselproductie. Ondanks dat Staatsbosbeheer een landelijk beheerstrategie heeft die gericht is op uitfasering van biobrandstoffen is het wenselijk om regionaal andere accenten te leggen. Er is behoefte aan verbeterde samenwerking binnen de regio en hierbij zouden NFW samen kunnen optrekken met Staatsbosbeheer (K). Vanuit diverse maatschappelijke opgaves is het dus wenselijk om sterker in te zetten op circulaire verwaarding van snoeihout uit houtwallen in de NFW gekoppeld met reststromen van b.v. Staatsbosbeheer (B).

2 Toepassingen en Innovaties

2.1 Biobased bouwen

De term “biobased” verwijst naar hernieuwbare grondstoffen die (deels) bestaan uit natuurlijke materialen- zoals vezels, suiker(s), micro-organismen, of eiwitten van plantaardige en dierlijke oorsprong. Een criteria is dat de gebruikte materialen op natuurlijke wijze en op korte termijn kunnen terug laten groeien (algemeen binnen een termijn van 10 jaar). De vorming van minerale grondstoffen vergt veelal duizenden jaren en zijn meestal niet hernieuwbaar maar in Nederland vormen leem en klei een uitzondering hierop omdat ze door natuurlijke aanwasprocessen accumuleren (12).

Biobased bouwen omvat diverse componenten: ontwerp (van materialen en bouwtechnieken), vormgeving (materialen en gebouwen) en vertaling hiervan naar de praktijk gebaseerd op maatschappelijke doelstellingen en gewenste functionaliteit. Vaak gaat het hierbij om het toepassen van biobased bouwtechnieken (skeletbouw) en het gebruik van natuurlijke en hernieuwbare biobased bouwmaterialen, zoals hout, of verschillende vezelgewassen/ grassoorten. Effectief gebruik van natuurlijke materialen (biograndstoffen) uit plantaardige bronnen en/of reststromen kan voorzien in de stijgende behoefte aan bouwmaterialen op een duurzame wijze. Integraal gebruik van biobased technieken en ontwerpprincipes kan bijdragen aan verbeterde biodiversiteit, waterkwaliteit, landschap beleving maar ook emissies van CO₂ en stikstof terugdringen (2). Dit omdat productie van beton, bitumen of steenwol energie-intens is en gepaard gaan met hoge CO₂ emissie. Bij biobased bouwen wordt CO₂ daarentegen langdurig

vastgelegd in functionele bouwwerken en voorziet hierdoor op duurzame wijze in een essentiële levensbehoefte. In de landbouwsector kan de teelt van biograndstoffen een aanvullend verdienmodel vormen en biedt het ook mogelijkheden voor gewasdiversificatie. Biobased materialen lenen zich voor zowel constructieve als isolerende toepassingen en materiaal kunnen ook worden gebruikt als grondstof voor samengestelde producten en/of vervangingsmateriaal voor fossiele grondstoffen (b.v. Biocomposiet).

In 2023, werd er landelijk zo'n 146.000 m3 hout gewonnen. Hiervan werd 27% verwerkt tot zaaghout en emballage (pallets), 56% verwerkt in plaatmateriaal, 10% verwerkt tot papier en andere industriële toepassingen en 7% gebruikt als brandhout. Van de 35.000 ton biomassa kwam de helft uit het bos en de rest uit maai en natuurbeheer/herstel. In Nederland wordt 16 miljoen m3 hout gebruikt voor constructie, brandstof en timmer materiaal waarvan slechts 3% door staatsbos beheer kan worden geleverd. De verwachting is dat de vraag naar hout op termijn vanuit biobased bouwen ambities alleen maar verder zal toe nemen (J).

2.2 Biobased bouwmaterialen

2.2.1 Isolatiematerialen

Gebruik van biomassa als natuurlijke grondstof voor isolatie heeft met name in de context van biobased bouwen internationaal een vlucht genomen (24). Binnen de regio is er al kennis en ervaring met de teelt en verwaarding van Lisdodde (10). Het rapport over marktpotentie van de lisdodde geeft handvaten die ook relevant kunnen zijn voor de verwaarding van houtsnippers als bron voor bouw materiaal. Gedurende de oogst en verwerking zijn de volgende logistieke stappen relevant: A) Oogst; B) Sorteren; C) Primaire bewerking (schoonen/hakselen/drogen); D) Zeven; E) Opslag; F) Kwaliteitscontrole; G) Transport naar centrale verwerkingsfaciliteit. Gebaseerd op dit rapport en informatie uit interviews geeft de onderstaande tabel een globaal overzicht welke factoren van belang kunnen zijn voor een haalbaarheidsstudie en een daaropvolgende kosten/baten analyse.

Factor	Sturende factor
Opbrengst (ton ds/ha)	Structuur en samenstelling boomwal, beheer (snoei/selectie) en omgevingsfactoren
Vezel fractie geschikt voor isolatie/bouw materiaal	Samenstelling houtwal, snoeitechniek/frequentie, toetsingsnorm, eindproduct
Prijs biograndstof	Markt (vraag vs aanbod), prijsvorming binnen waardeketen, subsidies, kosten van alternatieven
Beheer kosten/subsidies	Landschapsontwerp, schaal, mechanisatie, logistiek, beleid
Oogst, verwerkings en transport kosten	Mechanisatie, schaal, afstand, kennis/ervaring, organisatie (logistiek)
Biomassa volume vertaald in carbon credits	SNK methodologie
Prijs carbon credits	Marktwerking vrijwillige CO ₂ markt
Subsidie en ondersteuning	Subsidie beleid diverse overheden m.b.t. innovatie en biobased bouwen
Opzetten van een verbonden keten	Innovatienetwerk, afspraken ketenpartijen (prijs, kwaliteit, volume), investeerders, infrastructuur

Uit deze tabel blijkt dat er veel zaken spelen die rentabiliteit en haalbaarheid van een waardeketen bepalen. Hierbij is een keten niet sterker is dan zijn zwakste schakel. Praktische gezien moet er dus aan diverse eisen gelijktijdig worden voldaan terwijl er met name rond prijsvorming vaak veel onvoorspelbare factoren spelen. Er zijn al een aantal pilots verricht met het oogsten en verwerken van lisdodde materiaal als isolatiemateriaal en voor verschillende productie en prijsscenario's duiden erop dat er een positief bedrijfsresultaat kan worden behaald (12). Binnen de regio zien met name innovatieve bouwbedrijven kansen om in te zetten op circulair gebruik binnen de bouw met

name voor isolatiemateriaal en deze bedrijven zijn ook bereid deel te nemen aan procesontwikkeling en innovatie (E). Het voordeel van gebruik van biograndstoffen voor isolatiemateriaal is dat de verwerking tot isolatiemateriaal vrij eenvoudig is en met name het inblazen van b.v. lisdodde snippers is technisch makkelijk toepasbaar. Voor houtachtige materialen is de verwerking tot isolatiemateriaal minder kansrijk omdat de isolatiewaarde van houtachtige materialen veelal te laag is. Verwerking tot constructiemateriaal lijkt daarom meer voor de hand liggend en kansrijk vanuit dit perspectief.

2.2.2 Constructie platen

Er is een verschil tussen OSB (houtsnipperplaat met grotere > 2mm houtstukjes) en fiber board (Hardboard/ zachtboard met kleinere < 2mm vezels). De laatste zijn met name zeer gevoelig voor vocht. Bij gebruik van fijner materiaal (twijgen) is met name fiberboard productie mogelijk terwijl bij dikkere takken er ook vezelplaat kan worden gemaakt. Om platen te maken wordt het houtmateriaal eerste versnipperd. Vervolgens worden de vezels aan elkaar gelijmd waarbij er een synthetisch resin (b.v. urea- of phenol-formaldehyde) gebruikt wordt en dit materiaal tot platen geperst onder hoge druk en temperatuur. OSB-plaat is sterker dan vezelplaat. Gebruik van fijner materiaal resulteert in minder sterkplaat materiaal omdat het soortelijk gewicht van fijner materiaal lager is en dit materiaal ook minder goed verlijmd kunnen worden (5).

In Japan werd eerder al aangetoond dat snoeihout succesvol kan worden toegepast als grondstof voor OSB (Oriented Strand Board) plaatmateriaal. In deze toepassing werd composiet plaat gemaakt met vergruisd porselein (< 2 mm) en houtvezels (> 2mm) gemengd met een harsachtige lijmstof (resin). Bij deze toepassing kon afvalmateriaal gerecycled worden en was het plaatmateriaal sterker, brandveiliger en meer resistent tegen vochtzwellings i.v.m. standaard vezelplaat (4).

Recent onderzoek aan de WUR (6,7) laat zien dat snoeiafval ook kan worden geperst zonder chemische toevoegingen van synthetische lijmstoffen die zowel schadelijk zijn voor milieu en gezondheid en waar de productie afhankelijk is van fossiele grondstoffen. Dit onderzoek is een vervolg op een wereldbankproject waar kokosnootvezel verwaard werd voor lokale productie van constructieplaten in ontwikkelingslanden. Deze techniek wordt nu doorontwikkeld en toegepast met Europese reststromen voor de productie van verschillende hoogwaardige vezelplaten. Bij het proces worden houtenvezels vernalen en in een mal geperst onder hoge druk en temperatuur waarbij lijmstoffen uit natuurlijke lignine ontstaan. Deze techniek wordt “binderless processing” genoemd waardoor inzet van giftige stoffen (formaldehyde) en fossiele brandstoffen kan worden beperkt. Door de samenstelling van de mix te veranderen kunnen de eigenschappen van het eindproduct ook veranderen (C). Bij deze techniek kan b.v. ook vezelhennepe, olifantsgras en snoeihout worden gebruikt om plaatmateriaal te maken. Door geavanceerde materiaal analyse kan er worden gestuurd op optimale mengsels van verschillende grondstoffen (b.v. houtsnippers en olifantsgras) die geperst kunnen worden zonder toevoeging van extra lijmstoffen. Hierbij wordt natuurlijke lignine in het materiaal door verhitting vloeibaar gemaakt en kan er onder hoge druk plaatmateriaal worden gemaakt zonder toevoeging van synthetische lijmstoffen die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid. Door de samenstelling en vezelafmeting te variëren kunnen op deze manier plaatmateriaal worden geperst wat qua sterkte en structuur een vervanging kan bieden voor huidige bouw en meubelmateriaal zoals MDF, HPF, HPL, Multiplex en Trespa (6). Deze materialen zijn getest en bleken te voldoen aan de norm voor sterkte, dichtheid, uniformiteit, brandveiligheid en waterbestendigheid. Er is momenteel interesse in dit innovatieprogramma vanuit Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en Rijkswaterstaat (6).

Vanuit de praktijk zijn er ook al commerciële toepassingen Oldenboom Holding (8) in Harlingen biedt bijvoorbeeld Elka Strong Board (ESB) aan (A). Dit is een ecologisch alternatief voor de OSB-plaat en is speciaal voor de constructieve houtbouw en geprefabriceerde woningbouw ontwikkeld. Het bestaat uit 100% verse houtsnippers, is geschikt voor luchtdicht en dampopen bouwen en garandeert een gunstige invloed op het binnenklimaat en dus gezond wonen. Dit product is formaldehyde-arm, buigvast, heeft een hoge dwarse trekvastheid, lage opzwellende en staat garant voor een gezond binnenklimaat. Momenteel wordt deze plaat nog uit Duitsland geïmporteerd maar de ambitie zou kunnen zijn om deze lokaal te produceren door circulair gebruik van reststromen (A).

Ook in de productie van meubelplaat en binnen toepassingen zijn er innovaties gaande. SAM (Sustainable Advanced Materials) is een duurzaam, gifvrij materiaal gemaakt van gerecycled organisch restmateriaal, zoals gras, hennepstof, en koemest. Het is sterker en biedt meer ontwerpvrijheid dan traditionele plaatmaterialen, waardoor het geschikt is voor een breed scala van producten. De productie van SAM is milieuvriendelijk, daar uitsluitend cellulosevezels, water (waarvan 99,5% wordt gerecycled), druk en warmte wordt gebruikt. De productie vindt plaats in Venlo, Limburg. SAM-technologie zet cellulose vezelrijke reststromen om in veelzijdige, niet-toxische producten, draagt bij aan reductie van reststromen en is 100% biobased en recyclebaar. Het materiaal dat wordt gemaakt is met name voor binnen toepassingen (meubelplaat, deuren, tafels en dakbeschot). Qua kwaliteit kunnen ze hoogwaardige producten leveren. Het materiaal heeft een hoge soortelijke dichtheid (950 kg/m³). Qua dikte van het plaatmateriaal zijn er drie productlijnen: pure (2-4 mm), solid (5-20 mm) en light (honinggraat structuur 10-140 mm). De plaat wordt zonder lijnstof geproduceerd (alleen warmte en druk) en de faciliteit is tot nu toe de enige in Nederland die commercieel platen kan persen met reststromen (D).

2.3 Reststromen inzet binnen de landbouw

Historisch gezien diende de landbouw als de centraal verwaardingsplek van alle reststromen. Door de industrialisatie en verstedelijking gekoppeld aan verbeterde sanitaire voorzieningen en introductie van kunstmest is dit kringloopprincipe overbodig geworden. En momenteel wordt het gebruik van humane en dierlijke mest zelfs gezien als bedreiging voor de omgevingskwaliteit en volksgezondheid (18). Direct toediening van houtachtig materiaal aan de bodem kan na versnippering ook als bodemverbeteraar worden ingezet als het om beperkte volumes gaat. Bij hogere dosering kan echter een zgn. een mulching effect ontstaan hetgeen een negatieve invloed heeft op grasland/gewasproductie. Houtachtige materiaal dat bovengronds wordt toegediend verteert minder snel en er bestaat tevens het risico van stikstof immobilisatie vanwege de hoge C:N ratio van snoeiafval. Vandaar dat verbranden en/of composteren in de praktijk veelal noodzakelijk is om het volume te verkleinen en de beschikbaarheid van nutriënten te verhogen (18).

3 Mogelijke toepassingen voor snoei en kaphout uit houtwallen NFW

3.1 Energie uit Hout (snippers)

Uit interviews bleek dat een aantal partijen (L en M) energie uit hout nog steeds als een kansrijke optie beschouwen. Hierbij werd aangegeven dat met name in grotere nieuwbouwwijken er kansen bestaan voor efficiënte en emissiearme stookinstallaties gestookt met resthout uit boomwallen. Gedurende 2010-2012 liep het “energie uit hout” project in de NFW-regio dat zich richtte op praktische toepassingen voor effectief en rendabel gebruik van kaphout uit boomwallen in de NFW

(13,14,15,16). De aanleiding hiertoe was dat gemeentes niet langer veldverbranding van kap en snoeihout wilden gedogen en deze reststromen effectiever wilde inzetten voor bio-energie in het kader van de groene energietransitie. Voor boeren was er de behoefte aan een aanvullend verdienmodel om de kosten voor het beheer van houtwallen beter te dekken. De projectopzet was om efficiency te vergroten d.m.v. verbeterde samenwerking tussen de belangrijkste spelers in de houtketen en het gebruik van ‘slimme’ combinaties van oogstmethodes, transportmiddelen, verwerking en afzet van hout uit landschapsonderhoud binnen de regio. Het project beoogde om onderhoud van houtwallen te verbeteren, afzetvolume van reststromen effectiever te verwaarden via hoogwaardige verbrandingsinstallaties en hierdoor het verbranden van restanten in de openlucht terug te dringen (14). Uit een verkennend onderzoek bleek dat 64 v.s. 78% van de boeren zelf het onderhoud en eindkap verricht al dan niet met burens, De helft van de boeren zouden onderhoudswerkzaamheden het liefst willen uit besteden (13). Gebruik van innovatieve onderhoudsapparatuur kan hierbij arbeidskosten voor onderhoud verlagen waarbij het tijdig opruimen van containers en snoeihout en het voorkomen van schade aan het grasland centrale aandachtspunten zijn (13). Circa twee derde van de boeren gaf (deel van) het snoeihoutweg of verbrande het in het veld.

Bij centrale verwerking en verwaarding van reststromen bleek dat door vergaande mechanisatie in 2010 de kosten per ton natte (50% vocht) houtsnippers circa €65-75/ton bedroegen voor de eindkap. Het drogen en/of verwerken tot pellets kan transportkosten verlagen en is relevant voor verwaarding buiten de regio (16). Binnen de regio is volop vraag naar natte houtsnippers bij semi-industriële afnemers en afhaalprijzen fluctueren tussen de € 20 en € 25 /ton natte snippers in 2012 (14) en prijzen in 2024 liggen rond de € 20-40 afhankelijk van de samenstelling. Er is ook een potentiële lokale markt voor lucht gedroogde houtsnippers (<30 % vocht, fractie 25-35 mm) met een opbrengstprijs in 2012 van € 50 - 60/ton droge snippers, Franco geleverd maar het drogen kost circa 6 maanden. In Nederland is er een beperkte markt voor dit product en prijzen liggen aanzienlijk lager dan in omliggende landen (14). Verdere verwerking tot houtpellets vergt extra energie en een pelleteerinstallatie. Tien jaar geleden was de verkoopprijs van pellets voor particulieren circa €0.28/kg (20). Het project rekende in 2012 circa € 250 tot € 350 per ton voor particulieren en € 150 per ton voor commerciële toepassingen (14). Voor de eerste categorie geldt wel een veel hogere kwaliteitsnorm en mag het as gehalte niet meer dan 2.5% bedragen. Dit as gehalte is gerelateerd aan de fractie bast en deze is hoger voor dunnere/jongere houtelementen (14).

Uit het project energie uit hout kunnen wel een aantal lessen getrokken worden: De collectieve aanpak mb.t. landschapsonderhoud werkt i) kostenverlagend d.m.v. mechanisatie en verbeterde logistiek; ii) levert een kwaliteitsverbetering d.m.v. gebruik van optimale oogst- en versnippertechniek; iii) keuze van de juiste apparatuur kan de het risico op schade aan de stobbe, vervuiling van grond en eindproduct en insporing op het land beperken; iv) aanwezigheid van blad en bast heeft een sterk effect op samenstelling en kwaliteit van de houtsnippers en mogelijke toepassingen van de reststroom; v) het collectief en machinaal uitvoeren van de tussenkap is gezien de geringe tonnage veelal onrendabel; vi) er is behoefte aan een innovatief verdienmodel waardoor lokale reststromen effectiever op waarde kunnen worden gezet; vii) de focus dient hierbij op NFW reststromen als ‘niche-markt’ . Deze beperkte markt dient te worden versterkt met een bijdrage of participatie door derden (bijvoorbeeld overheidsinstellingen) in de organisatie van een gebiedsdekkende aanpak (14,16).

Er werd destijds gekeken naar Bio Energie Fryslân in Terwispel als mogelijke pellet producent die een kostprijs voor het pelletteren van € 100 per ton zou rekenen waardoor de totale productiekosten (in 2012 prijzen) € 225/ton pellets zouden bedragen. Een aanvulling hierbij is dat productie van briketten goedkoper is en met name voor industriële toepassingen relevant kan zijn (14). Destijds was de conclusie dat kostentechnisch de productie van pellets op zich niet uit kon, dat de kwaliteit van de pellets vaak niet aan de hoogste eisen voldeed en Bio Energie Fryslân is daarbij in 2020 ook failliet gegaan. Ondanks dat het verwaarden van houtreststromen op zich niet kostendekkend was, is er wel degelijk sprake van een besparing in landschapsonderhoudskosten door het vermarkten van de houtsnippers van omgerekend € 1386 -2653 per km houtwal. Tevens was de tijd toen nog niet rijp was voor het beoogde transitie en bewustwordingsproces mede omdat lokale ondernemers er destijds weinig animo om een meerprijs te betalen voor lokale energiebronnen. In 2022 stegen energieprijzen enorm en ook pellet prijzen op de particuliere markt bereikte een piek van €0.72/kg maar zijn inmiddels gedaald naar circa €0.40/kg (21). Prijzen van houtpellets zijn in het algemeen echter relatief stabiel en veel minder onderhevig aan prijschommelingen t.o.v. aardgas. Pellets vormen tevens een hernieuwbare en betrouwbare lokale energiebron. In 2024 was het stoken op pellets vs. hardhout als voorbeeld voor particulieren circa 29 en 37% goedkoper dan stoken op aardgas (19). Ook lokale overheden kunnen inzetten op zelfvoorziening vanuit groene energiestromen en daar vanuit beleidsvorming ondersteuning aan bieden (14).

Omdat boomverbanden verspreid zijn over een groot gebied is transport duur en is lokale verwerking (b.v. snippers of pellets) noodzakelijk om kostenbesparing te realiseren. Verwerking via centrale stadsverwarming centrales zijn kansrijk daarnaast is er ook mogelijkheid voor composteren van rest stromen. Voor Staatsbosbeheer zijn transport en versnipperingskosten dermate hoog dat er op sommige plaatsen achterstallig onderhoud ontstaat. Er zijn ook reserves van riet en grasmateriaal die niet effectief kunnen worden verwaard. Verbranden is qua kostprijs het goedkoopste en heeft ook ecologische voordelen voor het bevorderen van bepaalde organisme. Versnipperen en/of composteren is wellicht wenselijk maar in de meer afgelegen/moeilijk toegankelijk gebieden is verbranden praktisch gezien vaak de enige werkbare optie (K).

Gemeentes kunnen ook inzetten op bijstook installaties om lokaal (aanvullende) energie op te wekken uit reststromen van laagwaardig hout (J). Traditioneel was de energieprijs erg laag maar met hogere energieprijzen worden alternatieven zoals biomassa gestookte energiecentrales voor stadsverwarming steeds relevanter. Op deze manier ontstaat er wellicht kans om reststromen in te zetten voor groene energieopwekking. Dit is met name relevant voor nieuwe groeikernen in de meer stedelijke gebieden in Drachten, Dokkum en in mindere mate in Buitenpost en Surhuisterveen. In veel gebieden zijn de huizen te verspreid om dit soort van energiestructuur op te zetten. Ook past het beter bij nieuwbouwwijken waar klimaatambities makkelijker inpasbaar zijn (L). Stookhout voor particulieren of eigen gebruik is ook een optie maar b.v. Staatsbosbeheer is al uit die markt gestapt (J). De verwachting is dat de normen voor fijnstofuitstoot verder worden aangescherpt en er tevens steeds meer maatschappelijke weerstand ontstaat tegen het individueel stoken met hout.

3.2 Houtsnippers en compostering

Agricycling is een agrarisch coöperatief van boeren die verwaarding van lokale en groene reststromen op eigen erf via een effectieve compostering techniek bewerkstelligen. Dit initiatief is in Friesland gestart maar is nu via een federatie structuur ook actief in andere provincies. Door collectief reststromen aan te trekken, te verwerken en te verdelen op basis van de behoefte van de bodem en potentiële afnemers, wordt zowel het economisch als het ecologisch optimale resultaat

behaald en geeft boeren kans om extra inkomsten /kostenbesparing te realiseren genereren. Hierbij is de ambitie dat rond 2030 circa 10% van het verdienvermogen van aangesloten bedrijven uit circulaire afvalverwerking komt (18). Finer snoeiafval zou na versnippering gemengd kunnen worden met andere lokale reststromen waarbij de C:N ratio van diverse materialen wel bepalend is voor het optimaal verlopen van het composteringsproces (H).

Inrichting van een (kosten) effectief compostering proces op het erf vereist: i) onafhankelijke ketenregie van beschikbare lokale reststromen; ii) een centrale positie van de landbouwer in het algehele proces; iii) een effectieve bijdrage van de landbouw aan maatschappelijke opgaven; iv) dat er ook meerwaarde ontstaat d.m.v. verbetering bodemkwaliteit en productie; v) het sluiten van nutriëntenkringlopen binnen de regio zich vertaalt in verbeterde omgevingskwaliteit en extra netto CO₂ opslag (18).

Als proces is het wel wenselijk om de diverse houtelementen te scheiden Bij grover materiaal zoals boomstronken kan het worden versnipperd tot een materiaal dat verkocht kan worden als b.v. houtsnippers of compost. Een andere optie is gebruik van houtsnippers gecombineerd met andere materialen als een vervanging voor turf voor kwekers en tuincentra (K). Bij lagere kwaliteit en indien er b.v. ook grond door heen zit kan het worden ingezet als een strooisel materiaal in ligboxen gemengd met stro en kalk. Een andere toepassing in dit geval het mengen met andere reststromen en het vervolgens composteren of via Bokashi techniek verwerken op eigen bedrijf. In Leeuwarden is er hier al veel ervaring mee (Geert Draaistra) en er zijn soortgelijke plannen hiervoor in Opsterland (H). Verwerking via composteerdere (b.v. Agricycling) is goed mogelijk maar met name houtachtig materiaal verteert vrij traag (K). Dus kan het met name voor bladrijk materiaal en twijgen uitkomst bieden (J). Bij composteren is het wel van belang dat het zo veel mogelijk op het eigen bedrijf plaats zou kunnen vinden om transport kosten en transportbewegingen te beperken (L). Door de hoge C:N verhouding is menging met andere reststromen (drijfmest en bermmaaisel ook wenselijk (H). Qua verdienmodel zou het mogelijk een besparing kunnen opleveren m.b.t. gebruik van kunstmest en tevens is het mooi dat een boer kringlopen op eigen bedrijf kan sluiten. Als het product op eigen bedrijf wordt gecomposteerd kan er via de GLB-regeling mogelijk een vergoeding ontstaan in het kader van de ekoregeling. In het kader van ANLB-programma is er wellicht een mogelijkheid om vergoeding te krijgen net zoals bij b.v. ruige mest nu het geval is (L). De toepassing van houtsnippers als strooisel voor ligboxstal is mogelijk wel beperkt tot jongvee. Houtsnippers zijn veelal te scherp en kunnen verwondingen aan met name uiers veroorzaken van melkkoeien. Riet en bermmaaisel is w.s beter geschikt voor ligbox strooisel voor volwassen koeien (I).

De bestaande economische/institutionele inrichting is nog niet gericht op circulaire inzet van grondstoffen maar is met name georiënteerd op doorvoer van producten en dat is met name van toepassing voor de landbouw. Maar daar liggen ook de kansen voor efficiënter omzetting en benutting van reststromen binnen de regio waarbij de landbouw een centrale rol kan spelen. Voor effectieve compostering is er veel kennis en praktijkervaring nodig. Dus een collectieve aanpak is essentieel waardoor een borging van het proces (effectiviteit en efficiency) en kwaliteit van het eindproduct kan worden geoptimaliseerd. Voor een individuele boer is dat ingewikkeld. Er is een stuk organisatie, kennisbundeling, praktijkervaring (wat materiaal in welke combinatie/verhouding, processturing /optimalisatie/installatie (I).

Snoei en kapafval aanbod vindt met name gedurende de natte maanden plaats dus transport uit het veld kan een uitdaging vormen. Bij Agricycling worden ook reststromen van buiten het eigen bedrijf verwerkt en de ambitie is om daar een verdienmodel aan te koppelen net zoals de commerciële compostindustrie dat doet. Maar in de Friese wouden zal het met name gaan om

snoeihout lokaal te recyclen. Tevens zijn er ook uitdagingen voor het composteren van externe reststromen in de NFW. In ZW Friesland is de gemeente veelal welwillend en staan open voor het gedogen van compostering op het erf. Maar in Smallingerland is de verwachting dat de vergunningverlening met name initieel stroever zal verlopen en moeten beleidmakers ook gemotiveerd worden om het proces te ondersteunen (Het moet aansluiten bij het gemeentebestuur en uitvoering daarvan).

In vele gevallen is compostering in het veld goedkoper en makkelijker. Het aanleggen van een extra betonplaat is duurder en vereist in veel gevallen een extra vergunning (L). Het heeft w.s. de voorkeur als materiaal op het eigen bedrijf kan worden verwerkt en toegediend (kringloop sluiten op eigen bedrijf) ook mede vanuit logistiek en transportbewegingen tenzij een bedrijf op grotere schaal gaat inzetten op compostering als aanvullend verdienmodel. Hout versnipperen kost ook energie en zijn er extra kosten voor de huur van een hakselaar en/of loonwerker. Met name het fijnere materiaal verteert redelijk snel (1-2 jaar) en kan een positief effect hebben op grasland beheer (L).

3.3 Biobased materiaal

3.3.1 Klimaatpositieve meubelplaat

Voor het proces dat SAM in Venlo gebruikt is er pure cellulose nodig dus hout zelf kan niet direct worden toegepast omdat de houtvezels eerst ontsloten moet worden. Maar het zou wel kunnen dienen als grondstof voor groenvergister en het digestaat daarvan zou mogelijk wel geschikt kunnen zijn. Vanuit de logistiek is het dan wel wenselijk om een productiefaciliteit in de regio te bouwen. Een voordeel van deze insteek is dat er wel voldoende kennis en capaciteit aanwezig is om een productieproces snel en efficiënt op te starten. Dit zou eventueel gekoppeld kunnen worden aan plannen voor grootschalige uitrol van digestaat installaties voor groen gasproductie uit drijfmest in de regio. De bedrijfsleider van SAM stond in feite open voor vragen en is ook bereid mee te denken en een bijdrage te leveren aan innovatieprocessen (D)

3.3.2 Isolatie uit houtsnippers

Er zijn twee mogelijke toepassingen van houtachtig isolatiemateriaal. i) Versnipperen en dan inblazen; ii) Versnipperen en dan persen tot isolatiepakketten. Vanuit de bouwsector zijn er al pilots verricht met lisdodde waarbij het met name draait om het behalen van de isolatie (lambda) waarde (E). Des te lager deze waarde is des te hoger is de isolatiewaarde en voldoet een relatief dunnere isolatielaag om de bouwnorm te halen. In de bouw is PIR-plaat veelal de state of the art en deze heeft een isolatiewaarde van 0.02. Lisdodde heeft een waarde van 0.04 dat betekent dat je een twee keer zo dik isolatiepakket moet hebben om de bouwnorm te halen waarbij een waarde van 0.04 voor een bouwbedrijf nog acceptabel is. Voor houtvezels wordt verwacht dat het een isolatiewaarde van 0.08 heeft. Dus het hangt ervan af hoe je het materiaal verwerkt en de toepassing (dak vs. muur) of je de bouwnorm kunt halen. Voor lisdodde is het b.v. nog niet duidelijk of er genoeg aanbod/aanvoer kan worden ontwikkeld en wat de productiviteit en verdienmodel wordt (H). Voor houtsnippers zijn er realistische schattingen om welke productievolumes en wat de verwerkingskosten zijn maar vindt de aanvoer met name plaatst gedurende de winter. Vanuit de bouw ziet men wel kansen voor inblazen van isolatiemateriaal maar het persen van matten (houtwol) is kostentechnisch w.s. niet haalbaar vanwege extra investering in installaties, bewerking en verpakkingskosten (E). Een ander bouwbedrijf gaf aan dat biobased materialen binnen grote projecten niet past omdat het qua budget en belang moeilijk verkoopbaar is. Dit omdat men goedkoop grote huizen wil bouwen en men met name naar opleverkosten per m² kijkt. Bij kleinere

opdrachten door particulier is er meer interesse en wordt er b.v. al gebruik gemaakt van b.v. isovlas maar het probleem is wel dat dit een stuk duurder materiaal is (G).

3.3.3 Biobased constructiemateriaal

Het blijkt dat er veelal wel een hele grote stap bestaat tussen techniek en toepassing. Tot nu toe wordt er bij de WUR-plaatmateriaal op A4 formaat geperst en getest. Er bestaat de mogelijkheid om groter plaatmateriaal aan te leveren voor een eventuele pilot met bouwbedrijven. Naast OSB platen is er ook potentie om een biobased hoogwaardig weersbestendig materiaal te maken dat als vervanging van Trespa platen zou kunnen dienen. Vanuit het werkconcept van de WUR is de ambitie dit te vertalen naar een werkbaar productielijn. Waarbij kennis over houtvezels, samenstelling en procestechnieken kunnen worden vertaald naar een finished product. In eerste instantie kan dit op pilotschaal worden uitgevoerd en getoetst (proof of concept). Vervolgens kunnen reststromen (qua volume en samenstelling in de tijd) worden gekoppeld aan een centraal en lokaal productieproces dat logistiek werkbaar en kosten dekkend is. Hierbij is de ambitie om op een niche markt te richten van een hoogwaardig en uniek (biobased, circulair, lokaal en CO₂neutraal) product dat voldoet aan de technische normen van lokale bouwbedrijven (C). Dit vergt wel dat alle partijen om tafel gaan en er vanuit de hele productie keten wordt gedacht en gewerkt. In het kader van een innovatie subsidie zijn er wellicht kansen om vervolgens ook een gedetailleerde haalbaarheidsstudie en ook naar passende “economies of scale” te kijken (inclusief potentiële afzetmarkt en prijsvorming). Voor bulkplaten zoals OSB wordt dit wellicht een moeilijk verhaal om te concurreren met dominante marktpartijen. Voor hoogwaardig kwaliteitsproducten zoals Trespa met unieke eigenschappen kan dit economisch wellicht wel uit met name als er lokale duurzaamheid subsidies en CO₂ valorisatie via certificaten hieraan worden gekoppeld (28).

Vanuit de bouwsector zelf werd aangegeven dat in veel gevallen project woningen worden gebouwd. Hierbij gaat het met name om het uitvoeren van een bouwopdracht volgens de vigerende normen m.b.t. constructie, brandveiligheid, isolatienorm etc. binnen een specifiek budget. In de meeste gevallen wordt er wel over ontwerp en functionaliteit nagedacht maar hebben opdrachtgevers geen duidelijk ambities richting biobased bouwen. Hierbij speelt wellicht mee dat het soms duurder en moeilijker is om biobased te bouwen. Voor kleinere opdrachten van particulieren bestaat er wellicht wel een nichemarkt maar dat zijn b.v. 3 woningen t.o.v. 250 woningen binnen een projectopdracht (F).

4 Ketenbenadering

De bestaande keten voor boomwallen onderhoud bestaat al uit een aantal partijen. Naast eigenaren van landschapselementen (boeren, particulieren en gemeenten) dragen loonwerkers, werkvoorzieningsinstellingen, machinebouwers en transporteurs bij aan landschapsonderhoud. Deze partijen maken integraal deel uit van de aanlever structuur en bepalen voor een groot deel de kosten van zowel landschapsonderhoud als potentiële biograndstoffen. Vanwege hoge arbeidskosten en waarborgen van kwaliteit is het machinaal uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden vereist voor het hoogste rendement en laagste kostprijs voor b.v. houtsnippers. Dit vergt soms aanpassing van bestaande machines, werkwijze en een goed doordachte logistiek. Afhankelijk van de toepassing kunnen houtsnippers vers of gedroogd worden. Lokale grasdrogerijen beschikken over de techniek en kennis om houtpellets of gedroogde grondstoffen te maken. Deze toepassing complementeert de huidige productiecyclus waarbij hout uit landschapsonderhoud effectief kan worden ingezet voor het droogproces (15).

Faciliteiten en kennis ontwikkelen kost veel tijd en geld. Tijdig investeringen aantrekken en geschikte marktpartijen vinden is dus een eerste vereiste (D). Vanuit een waardeketen is er vervolgens ook een duidelijke volumevraag: afzetgarantie en aanlevergarantie, kwaliteitsborging (voor zowel grondstof en eindproduct) en zekerheid (constante toestroom, volume en een goed verhaal m.b.t. bijdrage aan een duurzaamheidsdoelstelling) (A,J). Vanuit verwaarding van grondstoffen voor biobased bouwen moeten volumes van reststromen dus worden gekoppeld aan proces logistiek waarbij krachten en kennis van diverse belanghebbende worden gebundeld. Voor verwaarding als biobased grondstof moeten reststromen schoon en relatief uniform zijn en voldoen aan de vastgestelde certificeringsnorm voor de bouw zodat het eindproduct aan kwaliteitsnormen zoals COMO voldoet (B). Dus is het vooraf sorteren in kwaliteitsklassen wellicht noodzakelijk (compost vs snippers vs hout) maar dit brengt ook weer extra kosten en logistieke uitdaging met zich mee om transport kosten zo laag mogelijk te houden (H,J).

De belangrijkste voorwaarde voor succes is dat je verzekerd bent van een of meerdere goede en betrouwbare afnemer(s). Daarnaast moeten ook diverse marktpartijen en investeerders tijdig worden aangetrokken. Deze investeringen zijn gerelateerd aan infrastructuur en faciliteiten maar ook in productontwikkeling en testen van technieken (D). Hierbij moeten alle partijen betrokken worden gedurende het gehele innovatieproces. Vanuit onderzoek en productontwikkeling moet b.v. de WUR deels in eigen kosten kunnen voorzien en bij een innovatiesubsidie aanvraag is het essentieel om dit proces te starten met de juiste partijen om aan co-financieringseisen te voldoen. Er is hierbij meerwaarde om b.v. met het bedrijfsleven en ketenpartijen zoals Circulair Friesland op te trekken (C).

Vanuit de bouwsector ziet men kansen voor het verwaarden van reststromen voor lokale biobased bouwmaterialen en men ziet zeker meerwaarde om formaldehyde arme producten te ontwikkelen. In veel constructieplaten wordt circa 10% lijmstof toegevoegd en dit materiaal is schadelijk voor de gezondheid zowel tijdens het verwerken als voor de leefomgeving. Met name kort na oplevering van de woning kan dit materiaal vrijkomen. Er moeten hierbij wel standaardmaten worden aangeleverd (122 x 244cm) omdat kleinere elementen te arbeidsintensief om effectief te verwerken in constructiebouw. Vezelplaat die vrij is van formaldehyde is met name voor binnen afwerking wenselijk maar voor buitenafwerking is het van minder belang omdat gezondheid issues daar minder spelen. Het kan zijn dat voor alternatieve toepassingen er niche markten zijn maar dat is meestal een zoektocht en kansarm. Ligninerijk houtmateriaal kan w.s. wel worden gebruikt als toevoeging om vezelplaat met b.v. miscanthus en hennep te maken omdat het als vervanger van lijmstof kan worden ingezet. Dus is er interesse om dit verder te verkennen met nadere belanghebbende (E).

Vanuit Staatsbosbeheer is er al bestaande kennis en ervaring vanuit hun eigen productie/verwerkingsketen (A). Door als collectief (NFW) samen op te trekken met Staatsbosbeheer kan zowel aanvoer van materiaal en productie van b.v. isolatie of constructiemateriaal (mogelijk in samenwerking met een commercieel bedrijf) effectiever worden opgeschaald (B). Maar logistiek is dat nl. wel een hele puzzel. Partnership met b.v. Heijmans B.V. voor gebruik en afzet van biobased producten als bouw materiaal en verwerking van eindproducten in bouwprojecten zou ook nieuwe kansen bieden (A, B). Daarnaast zijn er al diverse lokale (kleinere) bouwbedrijven die een bijdrage kunnen leveren aan innovatie, productontwikkeling en verwaarding van eindproducten (E, G). Via de WUR lopen al wat lijntjes richting verwerkingsindustrie. Vanuit de NFW en LBF zou er informatie kunnen worden aangeleverd hoeveel hout, wanneer en waar beschikbaar zou kunnen komen. Ook vanuit die context is een koppeling met Staatsbosbeheer wenselijk om voldoende volume en kwaliteit te waarborgen. Mogelijk is er

ook een link naar vezelhennepe en miscanthus productie en is het wenselijk om lokaal voldoende diverse vezelbronnen ter beschikking te hebben (C). Vanuit een operationeel bedrijf (SAM) is er bereidheid te investeren in duurzame toelevering van lokale grondstoffen en te betalen voor grondstoffen. Maar ook hier is het een kwestie van schaal en efficiency (D).

Communicatie en promotie zijn belangrijk bij het ontwikkelen van een groene groeiemarkt. Boeren zijn momenteel op zoek naar werkbare alternatieven en vezelhennepe biedt perspectief als rustgewas. De teelt van vezelhennepe is b.v. makkelijk voor een veehouder mede omdat er geen gewasbeschermingsmiddelen aan te pas komen en er alleen gezaaid en geoogst hoeft te worden. Bij vezelteelt voor hennepe staat b.v. wel centraal dat je loonwerkers hebt die boeren ontzorgen door het materiaal te oogsten met speciale apparatuur (B). Ook bij onderhoud van houtwallen spelen dit soort zaken een rol. Daarnaast is een samenwerking met staats bosbeheer essentieel zijn omdat zij de kennis in huis hebben hoe je het materiaal oogst en verwerkt tot een plaatmateriaal en de logistiek hiervoor al in de benen hebben dus er geen extra investering kosten zijn (A). CarbonCoop (29) heeft in de regio b.v. al kennis en ervaring met CO₂ verwaarding via SNK uit vezelhennepe vanuit een collectieve werkgedachte. Dus wellicht goed om te kijken naar het businessmodel voor vezelhennepe en vervolgens verkennen hoe zich dit mogelijk vertaalt naar Agroforestry systemen zoals in de NFW.

4.1 Randvoorwaarde lokale biobased bouwketen

4.1.1 Volume

Per boer zal er jaarlijks circa 100m³ houtsnippers kunnen worden geproduceerd. Aangezien er een kapcyclus is van circa 21 jaar en er ook regelmatig snoei plaats vindt is de schatting dat er per jaar circa 10000 ton hout vrij komt (14,15). Collectief is dat een aanzienlijk volume met name als dit gekoppeld kan worden aan dat van Staatsbosbeheer (K). De productiecapaciteit in andere regio's zoals Duitsland is echter vele male groter en zodoende kan men daar veel efficiënt werken. Door omvang en efficiency kan de kostprijs laag en concurrerend los van vervoerskosten (E). De vraag is dus in eerste instantie of er voldoende aanbod van grondstoffen bestaat om efficiënt en op schaal lokaal betaalbaar isolatie en hoogwaardig constructiemateriaal kan worden geproduceerd (G). Binnen Nederland is het houtvolume uit Friesland momenteel erg beperkt: landelijk wordt jaarlijks zo'n 120,000-150,000 m³ hout gekapt/verwerkt waarvan slechts 5,000 m³ uit Friesland komt. De grote hout provincies zijn: Brabant, Gelderland en Drenthe. Voor hout uit Drenthe is het verwerken in N-Duitsland vanwege transport kosten het meest voor de hand liggend (J). Combinatie van houtsnippers met ander reststromen zoals bij diverse processen wordt toegepast biedt wellicht wel nieuwe kansen voor complementaire verwaarding omdat daar niet per se stamhout voor nodig is.

Het hout volume in Friesland is te gering, de afstand is te groot naar centrale faciliteiten voor laagwaardige houtstromen. Vanuit het FPLG is de ambitie om 40 ha bos bij te planten en dat gaat de situatie dus ook niet veranderen. Subsidie voor een lokale productiefaciliteit zou wellicht een uitkomst kunnen bieden maar voldoende volume blijft een aandachtspunt tenzij men samen met Drenthe gaat optrekken (J).

4.1.2 Kwaliteit en samenstelling

Bij kwaliteit en samenstelling gaat het in eerste instantie over de grondstof maar ook over de toepassing en kwaliteitsnorm van het eindproduct. Productie van isolatie is op zich het meest eenvoudig en kansrijk omdat het makkelijker inpasbaar is omdat er alleen aan een isolatiewaarde

(labda waarde) moet worden voldaan (G). Voor constructiehout is het materiaal uit de NFW ongeschikt qua volume, dikte en kwaliteit. Momenteel wordt plaatmateriaal met name in Duitsland geproduceerd. Er zijn wel innovaties richting bioplastics en Staatsbosbeheer is hierbij actief betrokken (J). Voor plaatmateriaal zijn er misschien kansen maar dan moet deze wel gecertificeerd zijn en nieuwe materialen moeten voldoen aan de COMO normen en certificering is kostbaar en traag (G).

4.1.3 Logistiek en infrastructuur

Productie van b.v. houtwol zou eigenlijk ideaal zijn maar de procedure om het te maken is w.s. technische complex en ook wellicht duur (E). Productie van plaatmateriaal vergt nog grotere investering in installaties en bedrijfsgebouwen. Doordat de productiefaciliteiten duur zijn moeten deze efficiënt worden benut om kosten te drukken waardoor constante aanvoer van grote volumes grondstoffen essentieel is. Voor laagwaardig materiaal kan er in de regio w.s. niet concurrerend worden geproduceerd om dat de volumes en marges te laag zijn. Productie van hoogwaardige materialen zoals Trespa vervanger waar met name wordt in gezet op innovatie en techniek zou wellicht wel kansen bieden (C). In Friesland is er momenteel een kleine zagerij in Oosterwolde, maar in Nederland is er sinds 2016 geen grootschalige zagerij meer en is er verder momenteel ook geen enkele installatie voor plaatmateriaal productie voor constructieplaat. Er zijn plannen om een centrale en moderne houtzagerij en faciliteit in Delfzijl op te zetten waar ook plaatmateriaal zou kunnen worden gemaakt. In deze faciliteit zou behalve zaaghout ook reststromen moeten worden verwerkt tot plaatmateriaal en/of grondstof voor de industrie (J).

4.1.4 Kosten, investeringen en beleid

Gezien een vergunning voor verbranden van snoei afval enkele duizenden euro's gaat kosten, is het wenselijk om naar werkbare alternatieven te kijken. Een combi van gebruik van grover houtmateriaal voor verwarming van eigen woning of verkoop als hardhout en/of toelevering aan een lokaal houtverbrandingsinitiatief kan een optie zijn. Maar vanwege fijnstof emissies ligt het voor de hand dat lokale overheden biomassaverbranding willen afbouwen hetgeen subsidie en vergunningsverlening w.s. op termijn negatief zullen beïnvloeden (L).

In het geval van SAM is deze fabriek circa 10 jaar geleden gestart en bedroegen de investeringen circa 50 miljoen (D). Deze bedragen zijn te groot om door een enkele partij te worden gedragen en is er een consortia nodig met groen/groefondsen, duurzame beleggers en banken die willen investeren en zich toekomstbestendig willen profileren. Recente ontwikkelingen laten zien dat een samenspel tussen diverse ministeries en b.v. een groenfondsen innovaties en initiatieven rondom biobased bouwen kan versterken en versnellen waar marktwerking nog niet afdoende is ontwikkeld (28). Hierbij is er vanuit de overheid (landelijke en lokaal) ook duidelijk ambitie en sturing nodig voor het behalen productiedoelstellingen (b.v. 30% biobased bouwmaterialen in 2050). Ook zijn er vanuit lokaal bestuur ambities om lokale verbranding in het veld drastisch terug te schalen dus is er een prikkel om te investeren in lokale verwaarding. Het is hierbij wel wenselijk om diverse beheervormen naast elkaar te laten bestaan: afbranden als het niet anders kan, composteren en verwerken tot constructiemateriaal indien mogelijk en rendabel (K). Hoge transportkosten zijn een knelpunt daarnaast is er een overkoepelend orgaan nodig om de logistiek te verzorgen. De tijd is wellicht nog niet rijp omdat we voor biobased bouwen concurreren met andere spelers die veel goedkoper kunnen leveren en de marges voor producten veelal laag zijn. Als het accent meer komt te liggen op opzetten van een lokale waardeketen voor biobased bouwmaterialen en daar ook innovatiegelden voor beschikbaar zijn zal de situatie op termijn wel veranderen. Hiervoor moeten diverse partijen en belangen wel eerst op een lijn moeten komen te zitten (K).

4.1.5 Ketenaafspraken

Effectieve communicatie rondom een goed onderbouwde centrale visie en een duidelijke toezegging van alle partijen binnen de keten zijn een eerste vereiste. Hierdoor kan er wederzijds vertrouwen, meerwaarde door positieve synergie en verbeterde samenwerking en een concurrerende marktpositie worden verkregen. Kijk hierbij ook naar bestaande en vereiste infrastructuur, een effectief netwerk van verzamelpunten en een centrale verwerkingslocatie binnen de regio (A). Je moet de gemeentes en grote bedrijven wel vooraf meekrijgen. Deze zijn nodig voor investeringen maar ook vanuit beleid en vergunningverlening voor b.v. installaties voor verwerking en productie en afname van b.v. compost of plaatmateriaal (K). Gedurende de opstart is een vergoeding voor reststromen uit boomwallen als biograndstof w.s. relatief laag maar op termijn als de ontwikkelkosten zich hebben terugverdiend is er meer ruimte om winst te delen binnen de keten (D). Drijfsma heeft in het verleden interesse getoond om in te spelen op innovatie en wil daar ook in investeren d.m.v. installaties en mankracht (E). Vereiste is echter wel dat er afdoende garanties ontstaat voor zowel afname als levering en prijsvorming. Er is dus een conglomeraat van partijen nodig en een afzetmarkt via lokale bouwbedrijven. Kostenbesparing op verwerking en transport zijn essentieel omdat de volumes groot zijn en de toegevoegd waarde vaak beperkt (K).

4.2 Biobased bouwen en verdienmodel

4.2.1 Toelevering en risicospreiding

Efficiënte toelevering en verwaarding is een logistiek vraagstuk dat voldoende planning en opslagcapaciteit vereist. Ten eerste is de productiecyclus van kap en snoeihout w.s. relatief kort (November-Februari) terwijl voor effectieve verwaarding en benutting van productiecapaciteit continue productie een vereiste is. Bundelen en mengen van diverse reststromen biedt soms kansen om toeleveringsvolume te vergroten, productkwaliteit te verbeteren en het productieproces efficiënter te laten verlopen (C,D). Binnen een te ontwikkelen waardeketen is de markt en prijswerking vaak nog niet afdoende ontwikkeld. Voor continue productie is ook afzetplanning en garantie nodig om opslag kosten van eindproducten te beperken. Dus moeten er d.m.v. afnamegaranties en prijsafspraken productie en afzetrisico's zoveel mogelijk worden ingedekt en worden gedragen door de gehele keten.

4.2.2 Positioning, prijsvorming en promotie

Ondanks dat er met name bij diverse ministeries ambities zijn om biobased bouwen te stimuleren zijn met name de kosten/baten analyse aspecten nog niet duidelijk. Subsidie stromen worden nu sterker ingezet om met name biobased bouwen d.m.v. circulaire verwaarding van lokale reststromen te ondersteunen (C). Kijk naar prijs en kosten/baten analyse. Maak het groot (economies of scale), maak het zichtbaar/tastbaar. Speel in op lokale trots en geef mensen een podium om hun bijdrage aan duurzaamheidsdoelstellingen zichtbaar te maken en daar aan een verdienmodel te koppelen. Kijk naar kansen m.b.t. design en streekproducten (Made in Fryslân) als deel van een promotiecampagne (A). Bij enkele bouwopdrachten is er meerwaarde voor speciaal materiaal maar bij de bulk van de opdrachten gaat het om prijskwaliteit verhoudingen en prijzen zijn meestal vrij laag en veel producten komen uit b.v. Duitsland of andere regio's waar grote volumes hout wordt verwerkt (D).

Bij het ontwikkelen van een gedegen verdienmodel voor biobased bouw materiaal moet je de hele keten betrekken: boeren, beheersorganisaties maar ook vanuit een marktverkenning duidelijke afspraken maken met de bouwsector, grote opdrachtgevers en consumenten. Momenteel krijgen

consumenten 10% extra subsidie als ze inzetten op een biobased isolatieproduct. Veel consumenten weten echter niet dat je met natuurlijke producten circulair kunt isoleren door beter gebruik van lokale reststromen en dat het ook gezond is voor mens en milieu (B). Subsidie voor een lokale productiefaciliteit zou wellicht een uitkomst kunnen bieden maar voldoende volume blijft een aandachtspunt tenzij men samen met Drenthe gaat optrekken en er lokale afzetmarkten met een goed verdien model ontstaan (J).

Vanuit de biobased grondstoffenmarkt kan met name vezel hennep kostentechnische niet concurreren met hoog salderende gewassen terwijl bij miscanthus de initiële investering hoog zijn en de terug verdienstermijn relatief lang is (28). Voor onderhoud van boomwallen is het verdienmodel w.s. anders omdat er slechts in beperkte mate sprake is van zgn. opportunity costs. De boomwallen zijn er al, er is een verplichting om ze te behouden, en een niet-kosten dekkende vergoeding voor onderhoud. Daarnaast zijn er beperkte alternatieve verwaardingsmechanismes. Dus in feite gaat het om kostenbeperking voor klimaatpositieve afvoer van een reststroom als duurzaam alternatief voor veldverbranding (14). Dus naast verplichtingen biedt dit ook kansen met name als het ter plekke verbranden van reststromen niet langer mogelijk of kostenvrij is. Vanuit de bouwsector ziet men meerwaarde voor verwaardiging van lokale reststromen voor biobased bouwmaterialen maar de extra marge zou w.s. niet meer dan 5-10% kunnen bedragen (E). De meerprijs van lokale biobased producten kan op zich dus niet al te hoog zijn tenzij er vanuit gemeentes een voorwaarde wordt gesteld dat er specifiek met bepaald soort materiaal moet worden gebouwd of daar een subsidie tegenover staat (G). Vanuit die context is er w.s. stapeling van regionale duurzaamheids subsidies, CO₂ certificaten en prijspremie nodig. Dit eventueel gecombineerd met gefaseerde toeleveringseis (b.v. 30% materiaal lokaal en biobased in 2050 voor gemeenteprojecten). Dit alles om een product kostendekkend en/of concurrerend in de markt te kunnen zetten. Dus is het van belang dat er een lange termijnvisie en langdurige prijsgarantie ontstaat i.s.m. diverse belanghebbende zodat er werkbaar en helder toekomstperspectief ontstaat voor reststroom verwaardiging. Dit alles om de vereiste investeringen in faciliteiten en infrastructuur renderend te maken hetgeen weer een eerste vereiste vormt voor mogelijke externe financiering.

Qua gebiedsprocessen is het een kwestie van vallen en opstaan. Er was een houtverwerking faciliteit in Heereveen maar dat initiatief lijkt niet succesvol te zijn geweest (C) en ook Bio Energie Fryslân is in 2020 failliet gegaan. Het ontbreekt aan voldoende kennis en praktische invulling zijn nog steeds beperkt en is er een sterkere ketenaanpak vereist. Nu het voortbestaan van Bowin onduidelijk is speelt de vraag welke partij praktijkkennis gaat bundelen, afstemming tussen bedrijven gaat versterken en een mogelijke ketenaanpak gaat promoten (F). Circulair Friesland tikkert sinds 2016 aan de weg om bedrijven en belangen rondom biobased bouwen te bundelen en innovaties te ondersteunen en te promoten (30). Sinds corona en de energiecrisis lijken te baken te zijn verzet en is er meer draagvlak en scope voor nieuwe lokale duurzame initiatieven waarbij Agricycling en CarbonCoop inspirerende voorbeelden zijn (18, 29). Ook de oorlog in Oekraïne heeft een impact gehad om in grotere mate zelfvoorzienend te zijn voor energie en diverse grondstoffen. Ook zijn lokale bedrijven meer doordrongen van maatschappelijke opgave rondom klimaat en energie en sterker betrokken bij het promoten van duurzame bouwtechnieken (E,F,G). Bedrijven zijn bereid een gebiedspilot te draaien als er b.v. materiaal wordt aangeleverd. Ze kunnen het eventueel ook bewerken (versnipperen). Er bestaat vanuit diverse bedrijven een verbondenheid met de NFW heeft en dat er ook een commitment is om samen te verkennen waar kansen liggen (E, G).

4.2.3 Certificering

Voor teelt van vezelgewassen zoals hennep en miscanthus als grondstof voor biobased bouwen is er recent een stimuleringsprogramma opgezet waarbij boeren collectieven op kunnen inschrijven en een deel voorfinanciering kunnen krijgen (28). Voor deze gewassen zijn er ook al bestaande SNK-methode documenten (3) en een verdienmodel waarbij er sprake is van een extra vergoeding van circa €75-90/ ton CO₂ (28). Hout en reststromen uit boomwallen voldoen (nog) niet aan de additionaliteitseis van SNK. Maar in feite vormen houtwallen in de NFW een soort van coppicing systeem en is er wel terdege sprake van nieuwe productie en extra koolstof vastlegging. Deze extra koolstof vastlegging gecombineerd met langdurige opslag door verwerking van reststromen tot biobased materialen verschilt in feite dus niet met b.v. de teelt van miscanthus. Dus t.o.v. veldverbranding of afwezigheid van houtwallen wordt er terdege wel extra koolstof vastgelegd en zou deze ook verwaard moeten kunnen worden al dan niet via SNK. Certificering van kunstmestvervangingscertificaten via compostering op het eigen bedrijf via SNK zou een extra verdienmodel kunnen vormen maar dit proces is vrij kostbaar en complex bij kleinere oppervlakte/volumes van materiaal. Om het proces voor een groep van boeren te organiseren is het misschien haalbaar om een collectief van boeren te certificeren maar dan wordt het monitoren en bijhouden van compoststromen een stuk ingewikkelder (K).

Het bouw besluit maakt toepassing van biobased materialen moeilijk en vormt een extra kostenpost. Voor constructieve bouw (plaatmateriaal en balken) moet er worden voldaan aan sterkte normen die ook terugkomen in constructieve berekeningen. De indruk bestaat dat vezelplaat van alternatieve materialen inferieur is qua sterkte en doorbuiging. Producten moeten door KOMO (31) worden gecertificeerd om de bouwkwaliteit te waarborgen. Dit is een duur en tijdrovend proces. Voor brandwerendheid worden er met biobased isolatiematerialen wel al met lokale brandweer proeven gedaan maar ook dit kost veel moeite en tijd (G).

4.3 Belemmerende factoren/knelpunten (15,16)

- 1) De kosten van de onderhoudswerkzaamheden vereisen vergaande mechanisatie en optimalisatie.
- 2) Verschillen in samenstelling /kwaliteit van producten vanuit tussentijds onderhoud en eindkap) zijn vaak te groot om tot een kwalitatief goed eindproduct te komen
- 3) Transport en verwerkingskosten vormen een logistieke uitdaging.
- 4) Regionale afzetmogelijkheden zijn met name gedurende de opstart te beperkt
- 5) Draagvlak bij leden van de vereniging NFW is afhankelijk van het rendement van het algehele proces en vergt w.s. schaalvergroting en goede centrale coördinatie.
- 6) Aanzienlijk investeringen en draagvlak vereist bij (lokale) overheden en ondernemers om de vereiste infrastructuur en innovaties te ondersteunen.
- 7) Nog geen eenduidig verdienmodel in zicht totdat een verwaardings systeem volledig operationeel is.
- 8) Bij de compostering op eigen erf is er veel interesse vanuit boeren maar er is vanuit de compostindustrie weerstand omdat daar veel geld wordt verdiend met afvalverwerking (H).

5 Conclusies

Effectieve verwaarding van reststromen uit kap en snoeiwerkzaamheden in de NFW is noodzakelijk op relatief korte termijn. Dit omdat er rond 2026 een einde komt aan het gedogen van veldverbranding door lokale gemeentes. Beheervergoedingen zijn momenteel niet voldoende om kostendekkend te zijn voor onderhoud van boomwallen. Indien via afvalregelingen afvoer van reststromen er extra kosten voor agrarische ondernemers ontstaan, gaat dit ten koste van het onderhoud, behoud en kwaliteit van boomwallen in de NFW. Verwaarden van reststromen vergt veel coördinatie, is logistiek complex en vereist stapeling van inkomsten om het beheer van houtwallen kostendekkend en effectief te maken. Verwaarding van bestaande reststroom kan via diverse processen plaats vinden: composteren, productie van houtchips als eindproduct of als grondstof voor isolatie en constructieplaten of stookinstallaties. Slechts een uiterst klein deel van het hout is geschikt voor bouw of meubelhout en m.u.v. kleinschalige initiatieven verder niet relevant in het groter geheel. Het houtvolume uit de NFW is dermate klein zodat samenwerking met Staatsbosbeheer noodzakelijk is om kennis en reststromen effectief te bundelen. Productie en verwaarding van houtchips is niet kostendekkend maar kan kostenverlagend werken en gekoppeld met hogere beheervergoedingen kan het een werkbare oplossing bieden. Deze hout chips kunnen op diverse manieren worden ingezet afhankelijk van volume, samenstelling en kwaliteit. Lokale productie van biobased bouw materiaal vergt veel logistieke planning en coördinatie tussen diverse partijen. Tevens vereist het aanzienlijke investeringen in samenwerkingsverbanden, innovaties, marktafspraken, prijsondersteuning, procesontwikkeling, infrastructuur en installaties. Hierbij moeten een aantal actoren samen optrekken en ook bereid zijn om langdurig te investeren in duurzame verwaarding en toepassingen. Technisch lijkt het proces van verwaarding van reststromen uitvoerbaar maar organisatorisch vergt het aanzienlijke inspanningen, coördinatie en investeringen. Hierbij is koppeling met CO₂ verwaarding essentieel om het verdienmodel zowel maatschappelijk als economisch aantrekkelijker te maken.

6 Aanbevelingen en vervolg

Tijdens deze verkenning blijkt dat belanghebbende doordrongen zijn van zowel de nut als noodzaak om tijdig te investeren in duurzame verwaarding van restromen uit snoei en kaphout in de NFW. Het handhaven van de huidige Status Quo ” is binnenkort geen optie meer. Interventies en innovaties zijn w.s. duur, complex en tijdrovend en kunnen niet eenzijdig door diverse actoren als individu worden uitgevoerd. Dus moeten diverse partijen tijdig de handen in elkaar slaan waarbij diverse verwerking/verwaarding strategieën en processen worden doorgerekend. Vanuit interviews blijkt dat bij zowel beheerders, onderzoekers, ondernemers en fabrikanten er voldoende animo bestaat om via een ronde tafel overleg te verkennen of er werkbare alternatieven kunnen worden ontwikkeld en welke toepassingen hierbij het meest kansrijk zijn. Als er een waardeketen moet worden opgezet voor de verwaarding van lokale reststromen zou je kunnen beginnen met een brainstormsessie waar diverse partijen om tafel komen om te onderzoeken a) waar loop je tegen aan? b) wie en wat heb je daarvoor nodig? c) is het productieproces opschaalbaar? d) hoe krijg je het financieel kloppend? (G).

Deze studie vormt een uitgangspunt voor het verkennen en verder ontwikkelen van diverse verandervaden. Het vertalen van inzichten in werkbare oplossingen en hierbij een duidelijk handelingsperspectief bieden voor ondernemers vergt veel tijd en inspanningen. Dus is het van belang om tijdig voldoende geld en middelen te investeren in een gedegen verkenning en diverse haalbaarheid analyses als basis voor verdere gebiedsontwikkelingen.

Bronnen

1. G. Tuinstra, J. Hanenburg F. van der Meer 2014. De Noardlike Fryske Wâlden – een bijzonder landschap. Entomologische Berichten 74 (6): 206-21
2. H. de Jong, V. Heijnen, P Adema, R. Jetten M. Adriaansen. 2023. Nationale Aanpak Biobased Bouwen. Rapport Rijksoverheid
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/11/08/nationale-aanpak-biobased-bouwen>
3. Gaast, W v.d., T. v.d. Wijst. 2024. Methode voor vaststelling van emissiereductie CO₂-eq. Projecttype langdurige koolstof opslag via biobased bouwen. Stichting Nationale Koolstofmarkt werkdocument. https://nationaleco2markt.nl/wp-content/uploads/2024/03/SNK-methodedocument-Biobased_05022024.pdf
4. Hermawan, A. T. Ohuchi, N. Fujimoto, Y. Murase 2008. Manufacture of composite board using wood prunings and waste porcelain stone. J. Wood Sci. 55:74-79.
5. Alamsyah, E.M. Sutrisno, J. Sumarid, A. Darwis, Y. Suhaya, Y. Hidayat. 2020. The possible use of surian tree (Tvona sinensis Roem) branches as an alternative raw material in the production of composite board. J. Wood Sci. 66:25.
6. Didde, R. 2023. The latest building materials come from the farm. WUR Longread <https://www.wur.nl/en/show-longread/the-latest-building-materials-come-from-the-farm.htm>
7. Gosselink, R.J.A. 2023. Researchers make high-quality building boards from pruning waste without added glue. WUR research article. <https://www.wur.nl/en/article/researchers-make-high-quality-building-boards-from-pruning-waste-without-added-glue.htm>
8. Oldenboom Holding. Duurzaam bouwen-Biobased en ecologisch bouwen. <https://www.oldenboom.nl/duurzaam-bouwen/biobased-ecologisch-bouwen/>
9. Tetteroo, K. en D. Vansteenkiste. 2024. Koolstofvastlegging o.b.v. bermvegetatie en stam- en tophout van Rijkswaterstaat. Nationale Koolstofmarkt werkdocument. https://nationaleco2markt.nl/wp-content/uploads/2024/06/SNKmethodedocument-Bermgras_070624-1.pdf
10. Belle, J. van, P. van der Maas, S. Masselink, T. Veenhoven, C. Verboom en J. Wagenaar. 2022. Ontwikkeling van alternatieve waardeketens op natte veenbodem. Definitief Eindrapport Better Wetter Fase 2, deelproject Veenmarktplaats, HVHL, Leeuwarden, 80 p.
- 11) Kennisbank biobased bouwen. <https://www.biobasedbouwen.nl/>
- 12) Ecochain. Wat is biobased bouwen en wat zijn de voor- en nadelen. <https://ecochain.com/nl/blog/de-voordelen-van-biobased-bouwen/>
- 13 Beiboer, J. 2011. Energie uit hout. Onderzoeksrapport Hogeschool van Hall Larenstein, Leeuwarden. 51 pp.
14. Vereniging Noorderlijk Fries Wouden 2012. Businessplan energie uit hout. 21 pp.
15. Drooge G. van. 2012. Energie uit hout. Uitgave NFW. 8 pp.
16. Feenstra, S. 2011. Energie uit hout. Conceptrapport voor werkgroep NFW. 18 pp.
- 17, Friese Milieu Federatie (FMF). 2023. Boeren tussen boomwallen: Resultaten en scope wijziging, pakket koolstofverwaarding. 15 pp.

18. Agricycling. De route naar een sterke en circulaire landbouw. <https://www.agricycling.nl/wp-content/uploads/2023/06/Brochure-Agricycling.pdf>
19. Nordic Fire 2023. Prijsvergelijking stoken met houtpellets. <https://nordicfire.nl/informatie/extra-informatie-pelletkachels/prijs-van-pellets-sterk-gedaald>
20. Passie voor pallets. 2014 Prijsontwikkeling <https://passievoorpellets.nl/prijzen-houtpellets/>
21. Pelletstock, 2024 Prijsontwikkeling <https://www.pelletstock.be/nl-BE/news/117-de-prijs-van-pellets-blijft-dalen-momenteel-de.aspx>
22. Teeuwen, S., G. op den Kleder, G. van Maren en J. Velthuis. 2024. Houtgebruik en productie in Nederland in 2022. Probos, Wageningen, 57 pp.
23. NFW. 2022. Beheerpakket 20ANLb vergoedingen voor houtwal/singel. https://www.noardlikefryskewalden.nl/wp-content/uploads/2022/12/Pakket-20_Houtwal-singel_20221206.pdf
24. European Commission. 2024. Biobased products. https://ec.europa.eu/growth/sectors/biotechnology/bio-based-products_en
25. Well, Erik van, E. Vermeulen, J. Penninkhof. 2022. Bomen, landbouw, klimaat en bodem. CLM Publicatie 1111, CLM, Culemborg, 33pp.
26. Steenbeek, R. 2023. Houtachtige landschapselementen en Natuur Inclusieve Landbouw: Stagerapport Hogeschool van Hall Larenstein (VHL), 38 pp.
27. Boer, J. de Veldgids landschapselementen. Noardlike Fryske Wâlden, Landschap Beheer Friesland (LBF), 196 pp. <https://www.noardlikefryskewalden.nl/wp-content/uploads/2017/02/Veldgids-NFW.pdf>
28. Nationaal Groenfonds. 2024. Pilots stimulering vezelteelt <https://www.nationaalgroenfonds.nl/nieuws/ministerie-lvvn-start-i-s-m-het-nationaal-groenfonds-pilot-stimulering-vezelteelten/>
29. CarbonCoop. 2024. Een boerencoöperatie van melkveehouders en akkerbouwers. <https://carboncoop.nl/>
30. Circulair Friesland. 2024. <https://circulairfriesland.fr/het-ontstaan-van-circulair-friesland/>
31. Komo. 2024. Bouwkeurmerk. <https://www.komo.nl/>

Appendix I - Overzicht van gesprekspartners van diverse belanghebbende en netwerkorganisaties (hoofdletters voor naam verwijst naar citering in de tekst).

Gesprekken met partijen die al betrokken zijn met verwaarding houtachtig materiaal

A	Nick	Boersma	Circulair Friesland	Biobased bouwen
B	Lorain	Westerneng	Green Inclusive/Building balance	Productie vezel hennep
C	Richard	Gosselink	WUR	Food & biobased research
D	John	Smits	Sustainable Advanced Materials	Persen platen van reststromen
E	Coen	Verboom	Dijkstra Draisma	Bouwbedrijf werkt met biobased bouwen
F	Cor	Hager	Bowin	Innovatie campus bouw
G	Jan	v Meer	VDM bouw	Bouwbedrijf werkt met biobased bouwen

Gesprekken met belangenpartijen in de regio (boeren, collectieven, Staatsbosbeheer)

H	Jan	Woudstra	Woudstra Pleats	Composteren reststromen
I	Pieter	vd Valk	Agricycling	Verwerken reststromen
J	Jelle	de Boer	Staatsbosbeheer	Toelevering houtachtig materiaal
K	Jeffrey	Huizinga	Staatsbosbeheer	Toelevering houtachtig materiaal
L	Albert	vd Ploeg	NFW	Voorzitter NFW

Appendix II - Interview vragen die gebruikt werden als richtlijn voor vraaggesprekken met belanghebbende en netwerkorganisaties

Interview Boeren Tussen Boomwallen: inzet houtstromen voor biobased bouwen

Datum

Naam

- 1 Wat is het belang van circulair gebruik van lokale bestaande reststromen materialen voor biobased bouwen/ andere toepassingen binnen de regio?
- 2 Wat zijn mogelijke toepassingen voor snoei en kaphout uit houtwallen uit de Friese Wouden
- 3 Zijn er fabrikanten die interesse hebben in productie van klimaatpositieve vezelplaat of isolatiematten uit houtsnippers?
- 4 Wat zijn de randvoorwaarde voor het opzetten voor een korte keten voor biobased bouwketen (Volume, kwaliteit, afstand, meerprijs en imago?)
- 5 Wat zijn de belemmerende factoren/knelpunten?
- 6 Aanvullende suggesties

Bijlage 3 – Bodem en graskwaliteit

Het effect van houtwallen en elzensingels in de Noordelijke Friese Wouden

Waas Thissen, Louis Bolk Instituut

Introductie

Agroforestry in Nederland is een relatief nieuw concept maar geniet groeiende interesse onder boeren, beleidsmakers, en burgers. Met name ook bij melkveehouders is er interesse in de functie van landschapselementen voor zowel de landbouwpraktijk (bijv. grasproductie, bodemgezondheid, dierenwelzijn) als voor het leveren van ecosysteemdiensten die voor de maatschappij van belang zijn (bijv. klimaat, biodiversiteit, water). Met de groeiende interesse in agroforestry komt ook meer vraag naar betrouwbare en lokaal-verworven data. Echter is er in Nederland nog maar beperkt empirische data beschikbaar die het effect van bomen op de landbouwpraktijk of ecosysteemdiensten in kaart brengt. Daarom is er in dit onderzoek data verzameld in de Noordelijke Friese Wouden (NFW). Dit gebied is uniek in Nederland omdat traditionele houtige landschapselementen (elzensingels en houtwallen) nog wijdverspreid zijn. Om het effect van de bomenrij op de bodem en het gras te meten zijn op verschillende afstanden bomenrij bodem- en grasmonsters genomen.

Methode

Op 5 locaties bij boeren in de Noordelijke Friese Wouden zijn monsters verzameld. Van zowel bodem als gras zijn monsters genomen en deze zijn geanalyseerd bij Eurofins. Ook werd de indringingsweerstand gemeten met een penetrologger, waarbij de gemiddelde weerstand over bodemlagen werd bekeken. De bodemmonsters werden geanalyseerd op een variëteit van fysische, chemische, en biologische eigenschappen, en de grasmonsters met name op voederwaarde en inhoudsstoffen. Er is bij twee typen bomenrijen/elementen bemonsterd: elzensingels en houtwallen. Monsternamen vond plaats op 0, 1, 5, 10 en 20 meter afstand en aan beide kanten van de bomenrij. In totaal werden bij 4 punten aan de noordkant en 4 punten aan de zuidkant bodem- en grasmonsters genomen. Bij bodemmonsters werd ook een monster in de rij genomen (0 meter). Bodemmonsters werden gestoken als mengmonster van 30 stekken over een afstand van 10 meter parallel aan het element.

Bij 1 van de 5 locaties is er een elzensingel en een houtwal, bij 4 van de 5 locaties is er een elzensingel óf een houtwal. Bij 4 bomenrijen is er tevens een herhaling, voor de bodemmonsters, bij 2 bomenrijen niet. De dataset is daarom niet “gebalanceerd” (d.w.z. dat alle combinaties van de factoren even vaak voorkomen). Voor de grasdata is er ook een herhaling in de tijd. Er zijn monsters genomen op 18 augustus 2024 en 16 oktober 2024. Omdat er maar bij 1 locatie zowel een elzensingel als een houtwal is, is het moeilijk om het effect van het type bomenrij te ontwarren van het effect van de locatie. Hierbij moet ook in de data-analyse rekening mee worden gehouden. Omdat de herhalingen voor de bodemmonsters per bomenrij bij dezelfde bomenrij bemonsterd zijn, en de herhalingen voor de grasdata door de tijd op dezelfde plek bemonsterd zijn, kunnen ze worden gezien als pseudo-herhalingen. Een optie zou zijn om het gemiddelde van de herhaling te nemen, echter raakt er dan informatie verloren. Daarom is op basis van de locatie en herhalingen een kolom `plot_id` gemaakt en is deze opgenomen als *random effect*. Voor de grasdata is echter niet voor alle variabelen data in herhaling beschikbaar.

Vanwege de ongebalanceerde dataset is voor de data-analyse gekozen voor *linear mixed effects models*, omdat deze analyse goed om kan gaan met ongebalanceerde datasets. Hierbij worden *fixed effects* en *random effects* onderscheiden. De aanname is dat afstand (0, 1, 5, 10, 20), het type bomenrij (elzensingel/houtwal), en de oriëntatie (noord/zuid) *fixed effects* zijn, en dat de locatie een *random effect* is. Hiermee wordt gezegd dat er verwacht wordt dat het effect van afstand, type element, en de oriëntatie hetzelfde is per locatie, maar dat - door bijvoorbeeld een ander bodemtype of ander beheer - er verschillen tussen boeren kunnen zijn. Tien modelcombinaties zijn getoetst door het toevoegen van nieuwe *fixed effects* en interactie. Het beste model werd geselecteerd op basis van onderlinge vergelijking van de *Akaike information criterion (AIC)* (Burnham & Anderson, 2002). Bij $\Delta AIC \leq 10$ werd het meest eenvoudige model geselecteerd (d.w.z. met het minste aantal verklarende variabelen), tenzij er sprake was van een groot verschil ($\Delta AIC > 10$), wat wijst op duidelijk betere modelprestaties.

Om het effect van afstand te bekijken wordt het natuurlijk logaritme van afstand genomen. Dit omdat de aanname is dat het effect van afstand snel afneemt zodra de afstand oploopt. De verachting is dat op bijv. 5 meter het effect van afstand veel zwakker is dan op 1 meter afstand, en dat op 20 meter afstand er geen effect meer is van de bomenrij. Bij het opstellen van de *linear mixed effects* is er ook gekeken of de assumpties van homoscedasticiteit en normaliteit van de *residuals* niet worden geschonden middels visuele inspectie van een *residuals vs fitted* plot een *QQ-plot* en met de Breusch-Pagan en Shapiro-Wilk test. Deze figuren zijn niet weergegeven maar zijn opvraagbaar bij de auteur. Alle resultaten zijn geanalyseerd in RStudio.

Resultaten

De volgende modellen zijn in R met elkaar vergeleken:

Model	<i>Fixed effects</i>	Interactie-termen	<i>Random effects</i>
M0	log(afstand)	-	(1 boer), (1 plot_id)
M1	log(afstand), orientatie	-	(1 boer), (1 plot_id)
M2	log(afstand), orientatie	log(afstand) × orientatie	(1 boer), (1 plot_id)
M3	log(afstand), element	-	(1 boer), (1 plot_id)
M4	log(afstand), element	log(afstand) x element	(1 boer), (1 plot_id)
M5	log(afstand), orientatie, element	-	(1 boer), (1 plot_id)
M6	log(afstand), orientatie, element	orientatie x element	(1 boer), (1 plot_id)
M7	log(afstand), orientatie, element	log(afstand) × orientatie	(1 boer), (1 plot_id)
M8	log(afstand), orientatie, element	log(afstand) x element	(1 boer), (1 plot_id)
M9	log(afstand), orientatie, element	log(afstand) × orientatie × element	(1 boer), (1 plot_id)

Tabel 1 - Tien lineaire mixed models met toenemende complexiteit in fixed effects en interacties. Alle modellen bevatten een random intercept voor 'boer' en 'plot_id' om rekening te houden met clustering op locatie en herhaling.

Bodem

In de tabellen 2 en 3 staan de modellen waarbij de marginale $R^2 > 0.1$. Ook werd er gekeken naar modellen waar minstens een effect was van $\log(\text{afstand})$ of een interactie-effect met $\log(\text{afstand})$ bij ($\alpha = 0,05$). Hierna werden er een aantal variabelen uitgekozen die voor de landbouwpraktijk relevant kunnen zijn. Ook werd er gekeken of de assumpties voor homoscedasticiteit en normale verdeling van de *residuals* niet werd geschonden. Hierbij gaf visuele inspectie de doorslag boven de Breusch-Pagan test en de Shapiro-Wilk test, omdat deze bij kleine steekproefgroottes een lage *power* hebben (Gujarati & Porter, 2009; Razali & Wah, 2011). De variabelen werden geordend met bovenaan de hoogste marginale R^2 , d.w.z. hoe goed de variabele wordt voorspeld door de *fixed effects*.

Variabele	Beste model	Marginal R^2	Conditional R^2	Estimate $\log(\text{afstand})$	p-waarde $\log(\text{afstand})$	Andere significante fixed-effects en interacties
Indringingsweerstand 0-10 cm	M6	0.48	0.54	-0.03	0.009	orientatie; orientatie x element
Natrium plant-beschikbaar	M6	0.41	0.75	-2.12	0	orientatie; element; orientatie x element
Cation exchange capacity (CEC)	M3	0.4	0.78	2.87	0.045	element
Bodemvocht	M3	0.34	0.76	0.04	0.036	element
Calcium bodemvoorraad	M3	0.34	0.75	176.87	0.02	element
Fosfaat bodemvoorraad	M0	0.3	0.37	3.73	0	
Magnesium plant-beschikbaar	M3	0.2	0.47	7	0.035	element
pH	M0	0.17	0.31	0.13	0	
Schimmel/bacterie ratio	M0	0.12	0.35	0.04	0	
Indringingsweerstand 30-60 cm	M0	0.11	0.37	-0.18	0.001	

Tabel 2. Bodemvariabelen waarvoor een significant effect werd gevonden voor $\log(\text{afstand})$ (of een interactie met $\log(\text{afstand})$), waar de marginale $R^2 > 0.1$, en waar de assumpties voor homoscedasticiteit en normale verdeling niet werden geschonden op basis van visuele inspectie.

De meest duidelijke resultaten wat betreft de bodem is het effect van afstand op de pH, op de bodemvoorraad fosfaat, de schimmel-bacterie ratio, en de indringingsweerstand in de laag 30-60 cm (M0). Soms lijkt er ook een effect van afstand te zijn maar tevens een effect van het type element (M3, M6). Deze modellen zijn lastiger te interpreteren omdat, zoals eerder genoemd, het effect van het type element (elzensingel/houtwal) in de interpretatie ook lastig te ontwarren blijft van de locatie. Voor een aantal modellen geldt ten slotte dat het effect van *outliers* soms sterk lijkt (bijvoorbeeld bij Natrium, CEC, het vochtgehalte, en de calciumvoorraad).

Bij visuele inspectie van de plots wordt het duidelijk dat het effect van de bomenrij lokaal is, op 1 meter afstand, maar dat na 5 meter afstand eigenlijk al verwaarloosbaar wordt. Het model voorspeld een verhoging van de pH van ongeveer 4.8 naar 5.1 tussen 1 naar 5 meter afstand (figuur 1). De bodemvoorraad fosfaat loopt van ongeveer 15 naar 20 mg P₂O₅/100 g tussen 1 en 5 meter (206 naar 275 kg P/ha bij de gemiddelde bulk dichtheid van 1263 kg/m³ over 0-25 cm) (figuur 2). De schimmel/bacterie ratio loopt van ongeveer 0.71 naar 0.77 tussen 1 en 5 meter (figuur 3). De indringingsweerstand in de laag 30-60 cm neemt af met afstand van de bomenrij (figuur 4).

Verder lijkt er een effect van afstand op de indringingsweerstand in de laag 0-10 cm en 30-60 cm, die dichter bij de rij hoger lijkt te zijn. Het effect is zichtbaar tot op 5 meter afstand (figuur 5). Ook lijkt er een effect te zijn van afstand op plant-beschikbaar natrium (figuur 6), de CEC (figuur 7), het vochtgehalte (figuur 8), en de calciumvoorraad (figuur 9), alhoewel er veel outliers zijn (met name bij de elzensingels/locaties met elzensingels) die een sterk effect op de modellen lijken te hebben. Stikstof uit nitraat (NO₃-N) lijkt bij elzensingels/locaties met elzensingels af te nemen met afstand, terwijl het bij houtwallen lijkt toe te nemen met afstand, ook hier zijn echter outliers die mogelijk de resultaten beïnvloeden (figuur 10). Ook lijkt er een effect te zijn van afstand op het plant-beschikbare magnesium, alhoewel het effect alleen op lijkt te treden bij elzensingels/locaties met elzensingels (figuur 11).

Gras

Variabele	Beste model	Marginal R ²	Conditional R ²	Estimate log(afstand)	p-waarde log(afstand)	Andere significante fixed-effects en interacties
Vertering Organische Stof (VOS)	M0	0.35	0.63	21.78	0	
Acid Detergent Lignin (ADL)	M0	0.33	0.39	-4.41	0	
Verteringscoëfficiënt van de organische stof (VCOS)	M0	0.3	0.63	2.34	0	
Neutral DetergentFibre (NDF) verteerbaarheid %	M0	0.28	0.42	5.3	0	
Voeder Eenheid Melk (VEM)	M0	0.28	0.62	31.83	0	
Fermenteerbare organische stof pens (FOSp)	M0	0.24	0.37	8.2	0	
Verzadigingswaarde	M0	0.23	0.62	-0.02	0	
Fosfor (P)	M0	0.19	0.44	0.26	0.003	
Zwavel (S)	M0	0.14	0.5	0.19	0.006	
Suiker	M0	0.1	0.43	10.83	0.001	

Tabel 3. Grasvariabelen waarvoor een significant effect werd gevonden voor log(afstand) (of een interactie met log(afstand)), waar de marginale R² > 0.1, en waar de assumpties voor homoscedasticiteit en normale verdeling niet werden geschonden op basis van visuele inspectie.

De resultaten van de grasvariabelen zijn duidelijker te interpreteren dan de bodemvariabelen. Het gekozen model is altijd M0, wat erop duidt dat er voornamelijk een effect van afstand te vinden is, los van de oriëntatie (noord/zuid) en het type element (elzensingel/houtwal).

Met name is er te zien dat de kwaliteit van het gras dicht bij de bomenrij slechter is dan op afstand; de VOS en VCOS (veteerbaarheid) is lager (figuur 12, figuur 14), de moeilijk af te breken delen (ADL) hoger (figuur 13), de verteerbaarheid van de celwand (NDF verteerbaarheid) is lager (figuur 15), de energie-inhoud van het gras voor de melkproductie (VEM) dan wel vleesproductie (VEVI) is lager (figuur 16, figuur 17), de pensbenutting van organische stof (FOSp) is lager (figuur 18), de verzadiging van het voedermiddel hoger (figuur 19), en de suikers lager (figuur 22). Voor al deze variabelen geldt dat dit effect tot en met 5 tot 10 meter afstand nog zichtbaar is, terwijl tussen 10 en 20 meter er bijna geen verschillen meer zijn. Ook valt het op dat fosfor (P) en zwavel (S) in het gras lager zijn dicht bij de bomenrij dan verder weg alhoewel de variatie niet gelijk verdeeld is over de afstanden, wat deze resultaten minder betrouwbaar maakt (figuur 20, figuur 21).

Discussie

Bodem

Het algemene beeld uit de resultaten is dat de bodem lokaal naast de bomenrij met zekerheid zuurder is met minder fosfaat en een verdichtere ondergrond. Zoals eerder gezegd kunnen de ogenschijnlijke verschillen tussen elzensingels en houtwallen moeilijk toegeschreven worden aan het type element omdat er op slechts 1 locatie beide elementen aanwezig waren. Bij magnesium lijkt het er in elk geval op dat er een inverse relatie met afstand is bij de locaties met elzensingel en bij de locaties met houtwallen.

Gras

Het algemene beeld is dat de kwaliteit van het gras tot tussen de 5-10 meter van de bomenrij minder gunstig is dan op 10 en 20 meter afstand. De verschillen tussen 10 en 20 meter zijn steeds kleiner en worden verwaarloosbaar.

Relatie bodem-gras

De lagere hoeveelheid fosfor dicht bij de bomenrij is zichtbaar in zowel de bodem als de gras data. Een waarschijnlijke verklaring zou kunnen zijn dat de fosfaatbemesting dicht bij de bomenrij niet evenveel is als verder van de bomenrij.

Bronnen

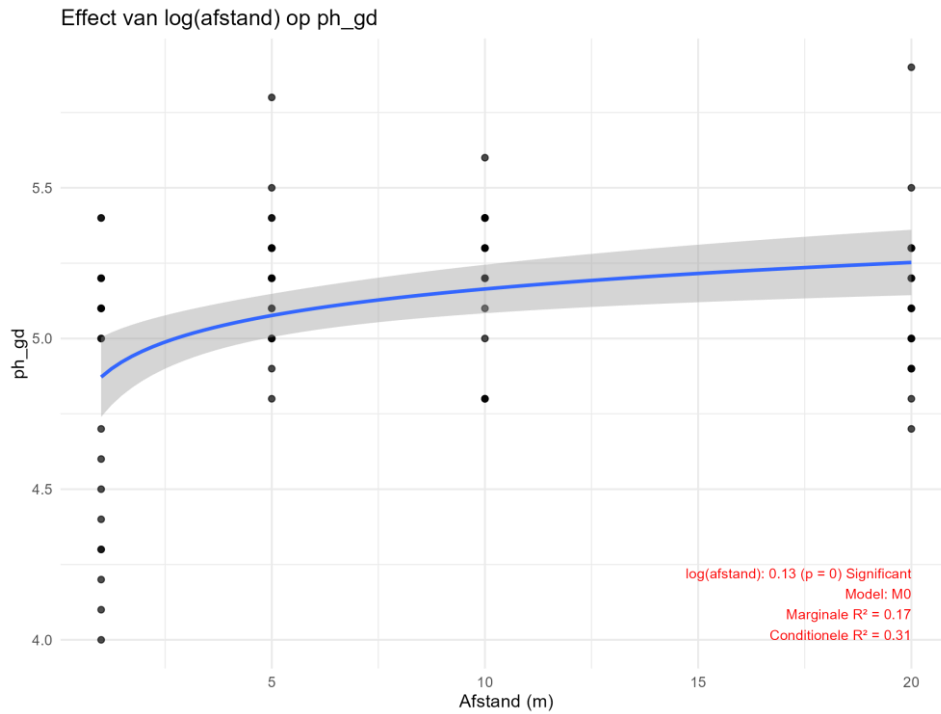
Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (Eds.). (2002). Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. New York, NY: Springer New York.

Gujarati, D. N. , & Porter, D.C. (2009). Basic econometrics. Fifth Edition.

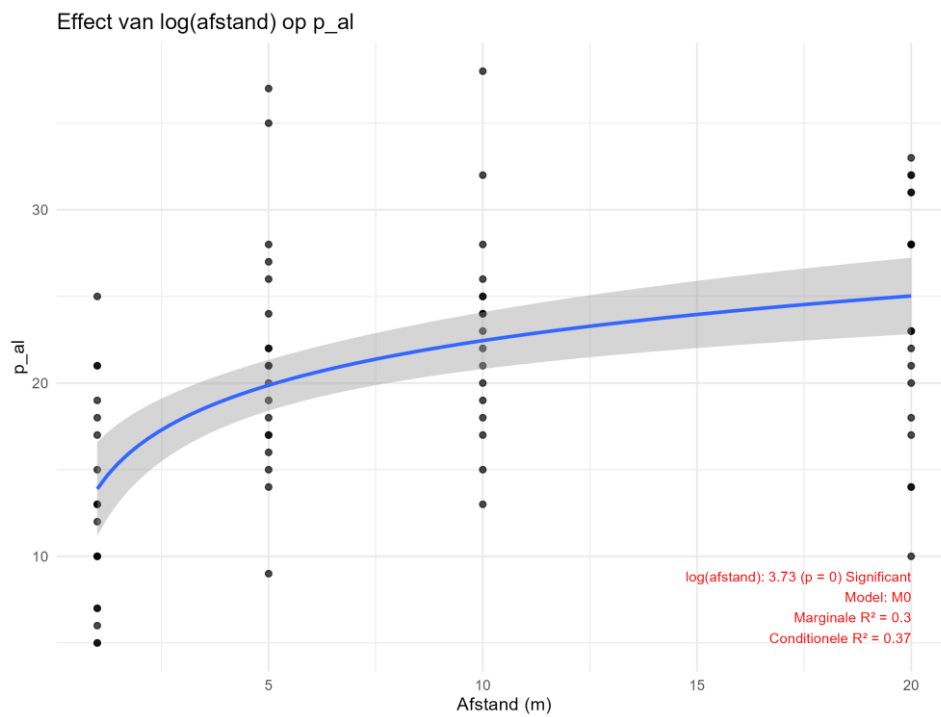
Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33.

Figuren

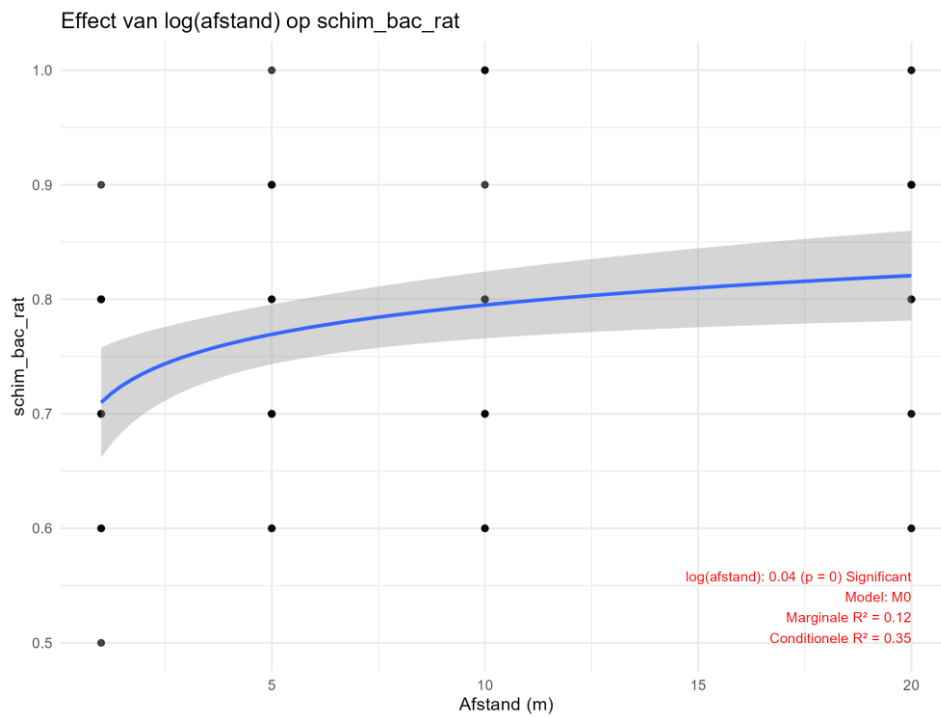
Bodem



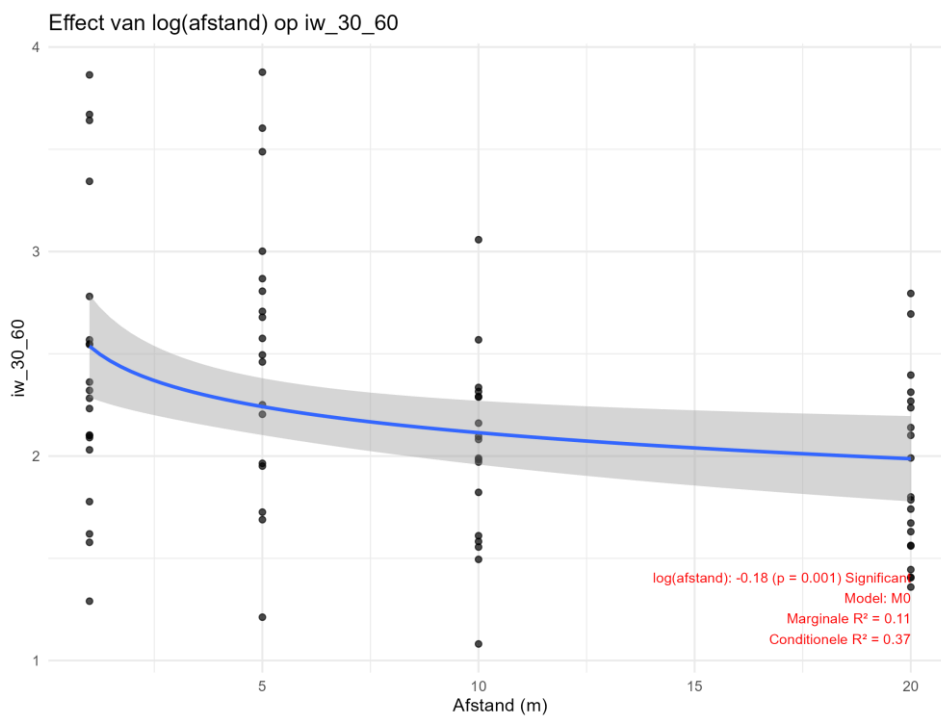
Figuur 1 – pH



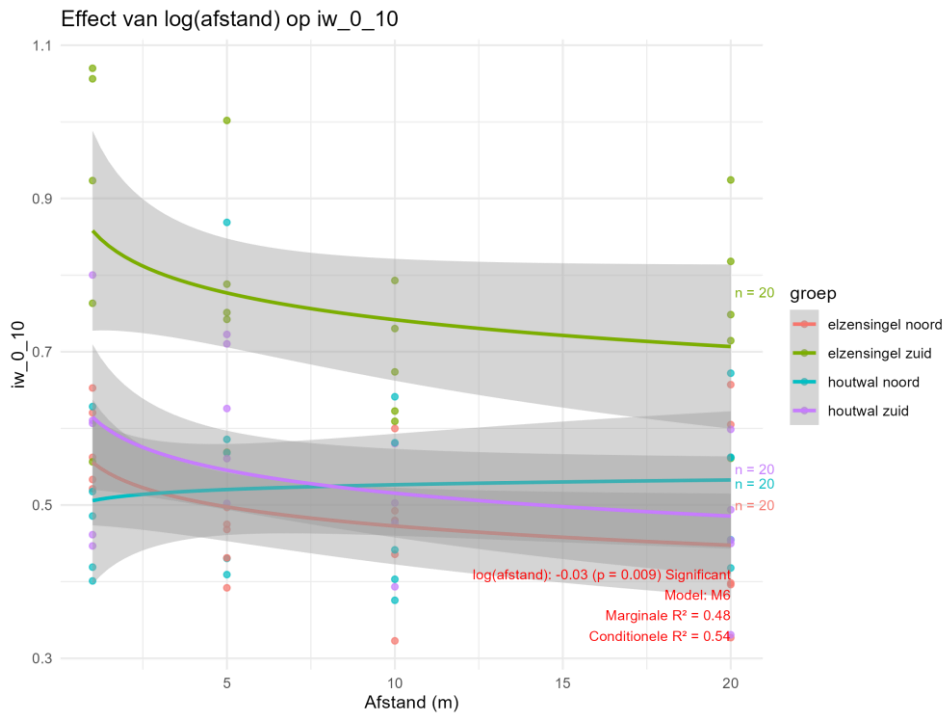
Figuur 2 – Bodemvoorraad fosfaat in mg P₂O₅/100 g bodem



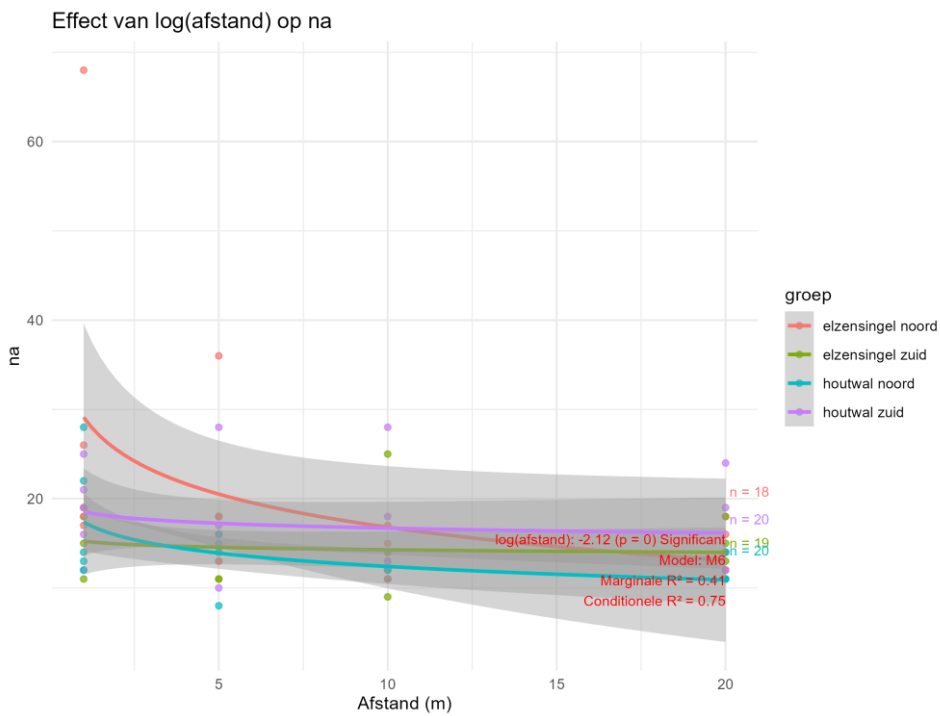
Figuur 3 – Schimmel-bacterie ratio



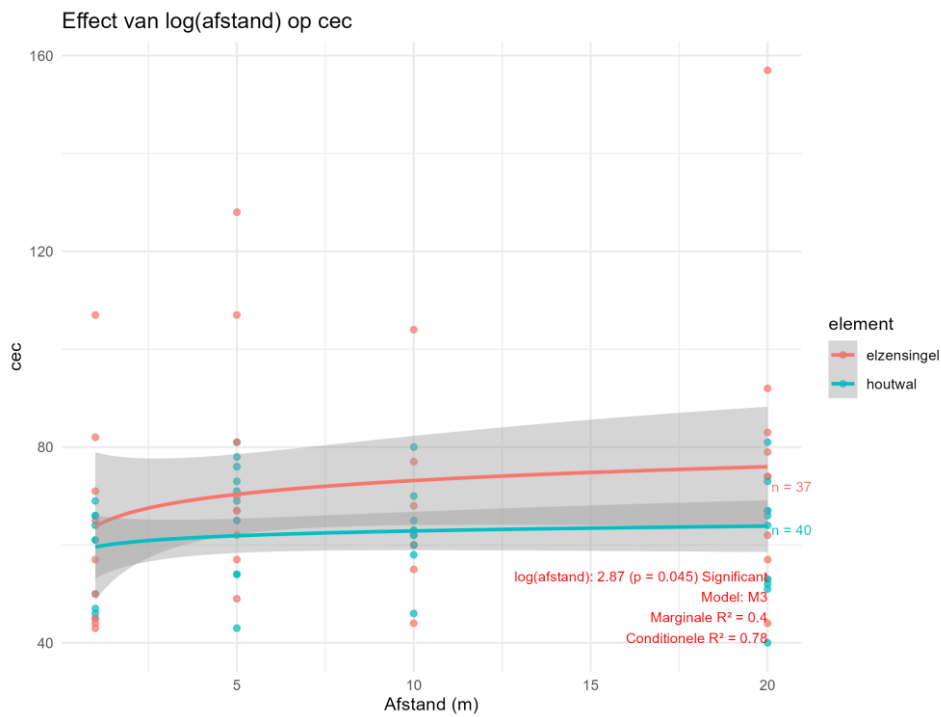
Figuur 4 - Gemiddelde indringingsweerstand in de laag 30-60 cm in MPa



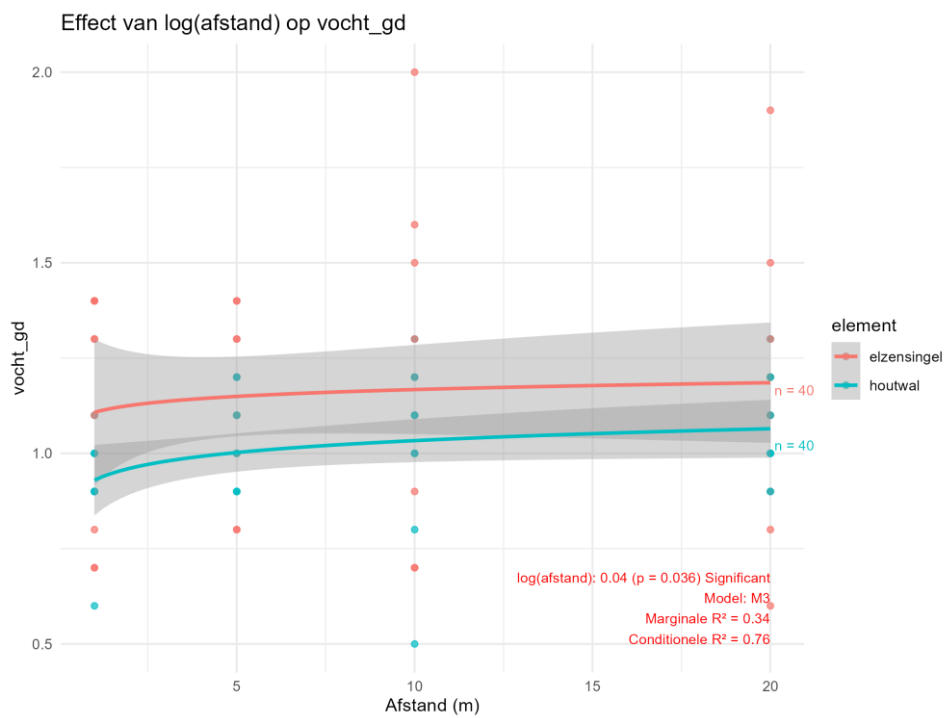
Figuur 5 – Gemiddelde indringingsweerstand in de laag 0-10 cm in MPa



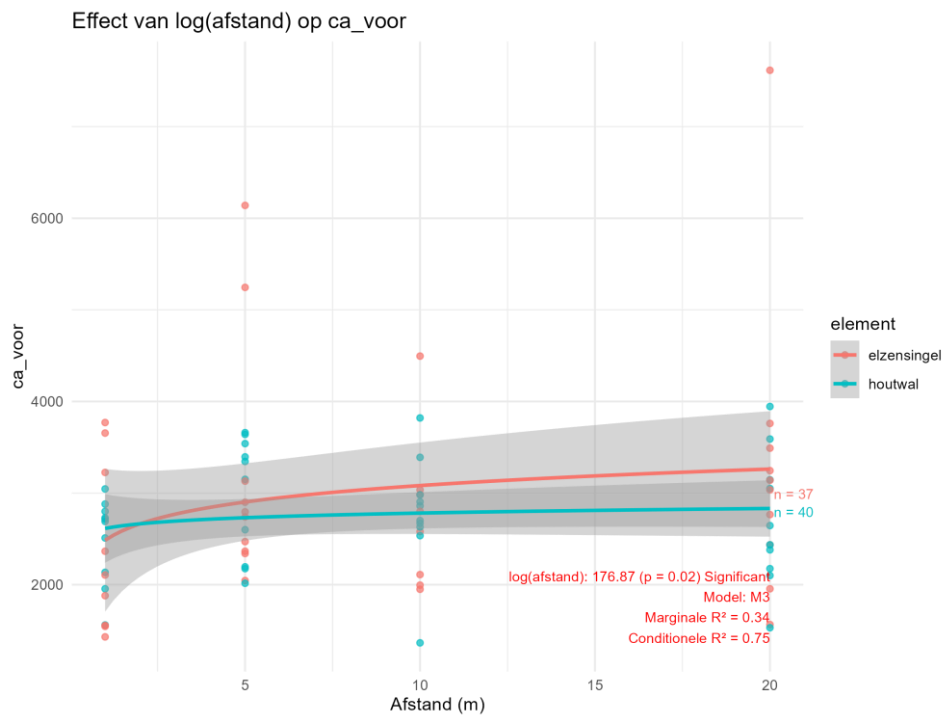
Figuur 6 – Plant-beschikbaar Natrium in mg Na/kg



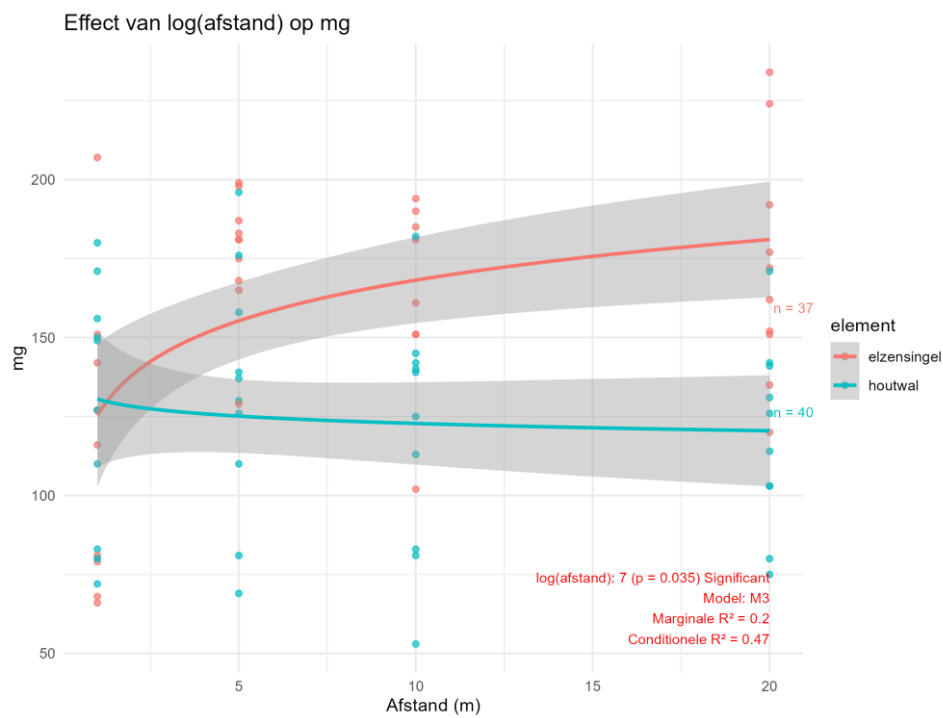
Figuur 7 – CEC in mmol+/kg



Figuur 8 – Vocht in g H₂O/100 g luchtdr.

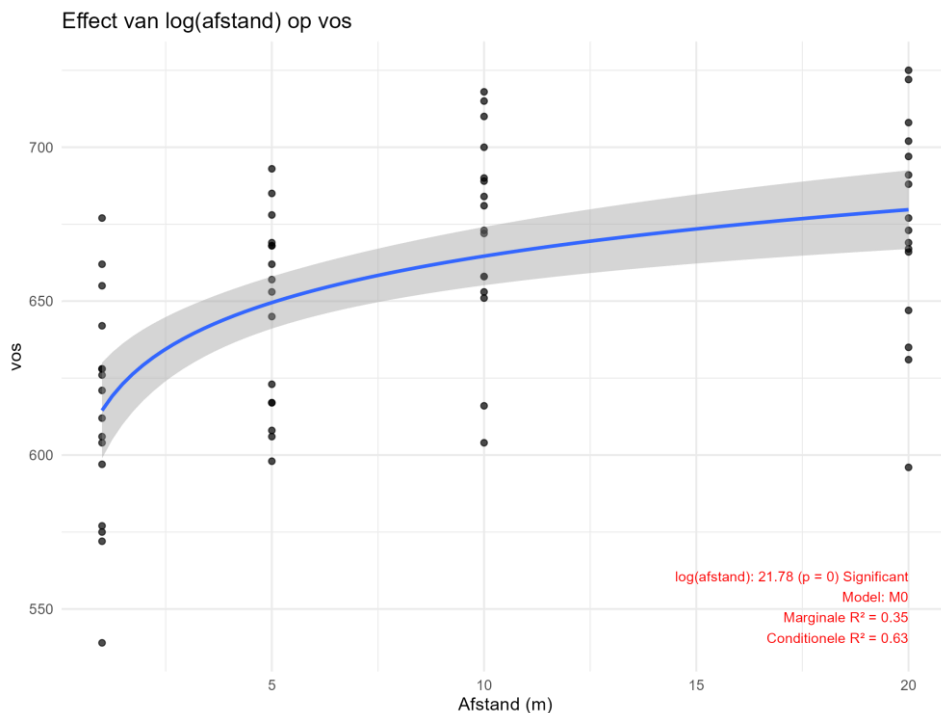


Figuur 9 – Calciumvoorraad in kg Ca/ha

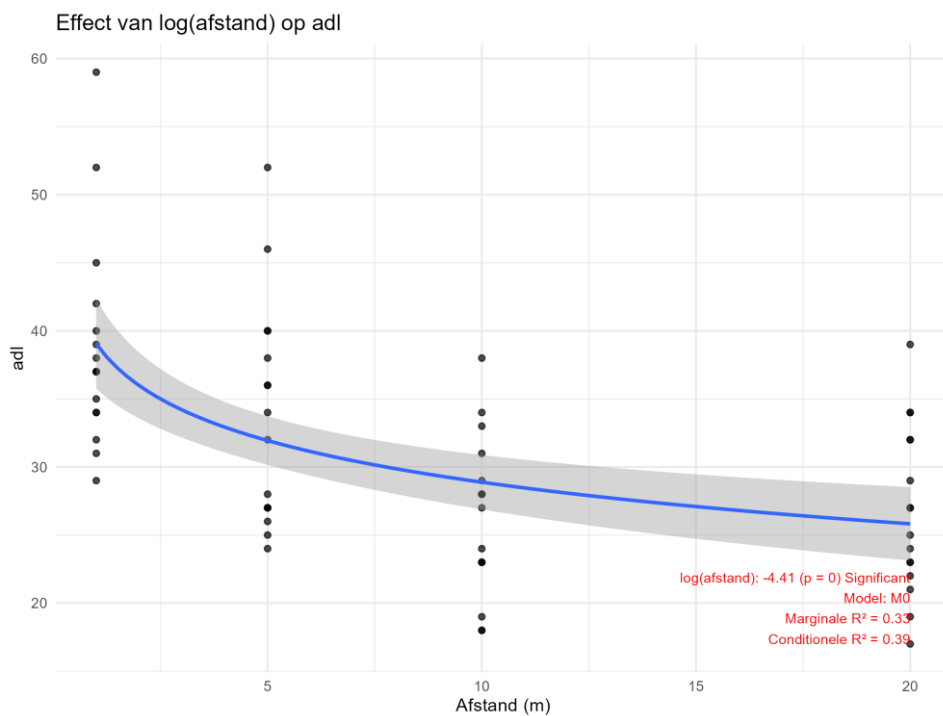


Figuur 11 – Plant-beschikbare magnesium in mg Mg/kg

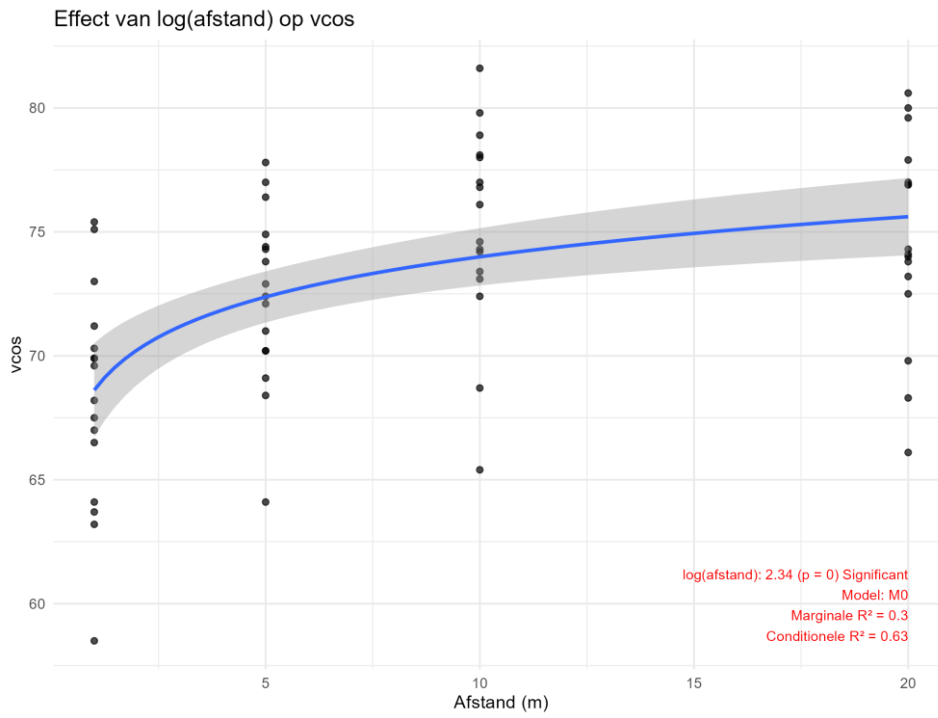
Gras



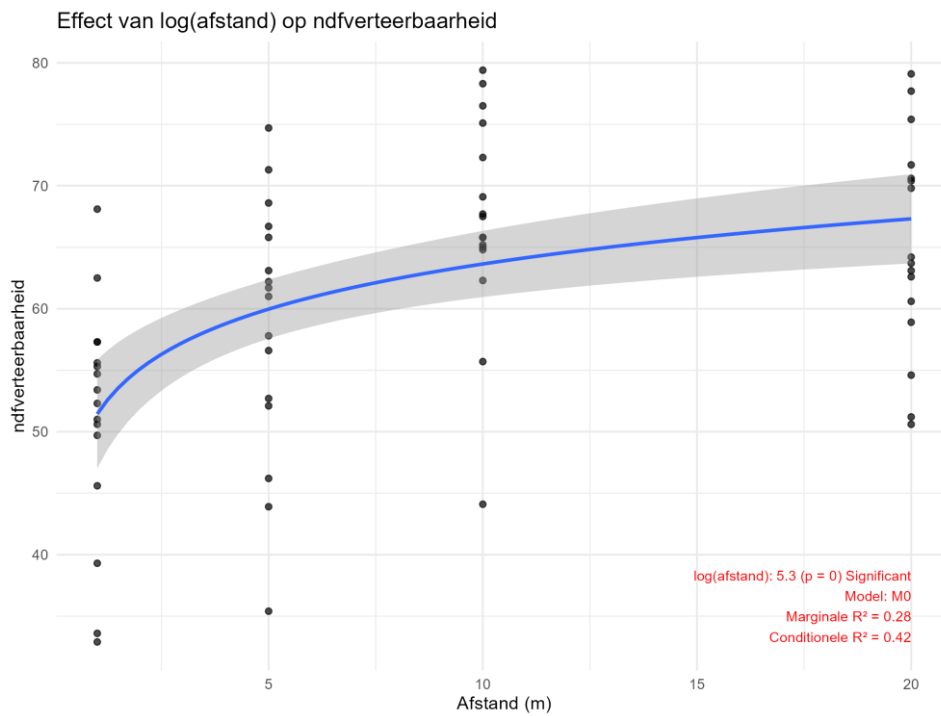
Figuur 12 – Vertering Organische Stof (VOS) in g/kg droge stof



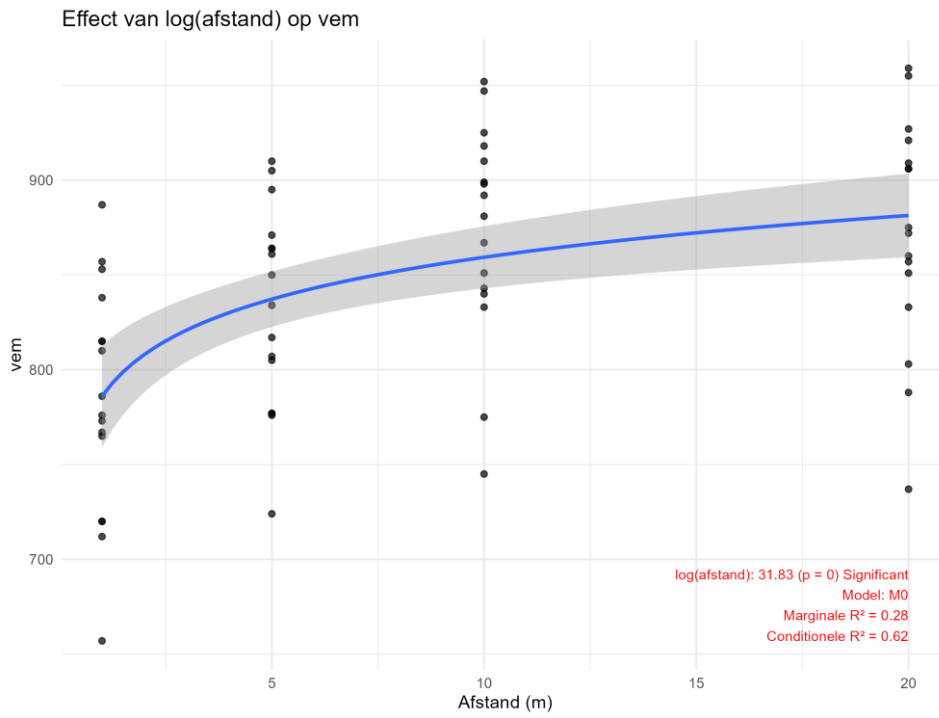
Figuur 13 – Acid Detergent Lignine (ADL) in g/kg droge stof



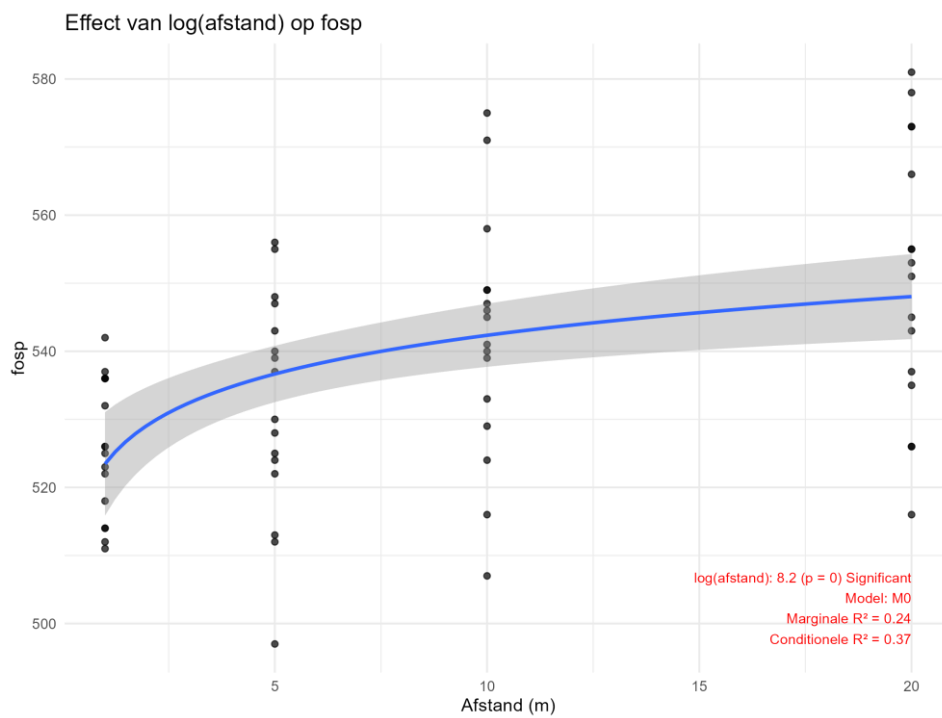
Figuur 14 – Verteringscoëfficiënt van de organische stof in % OS



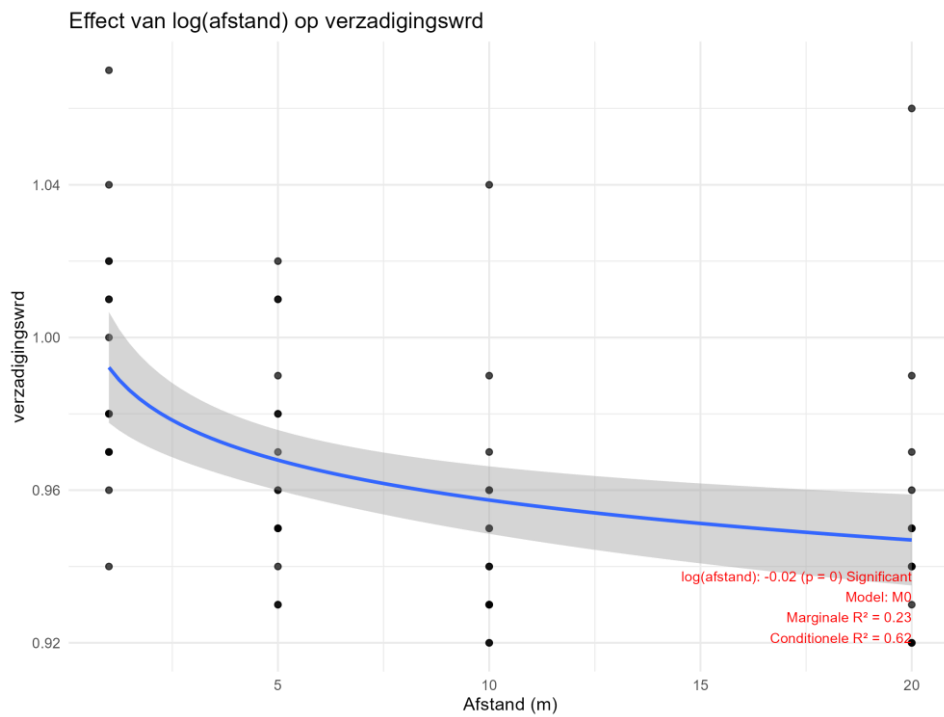
Figuur 15 – Neutral Detergent Fibre (NDF) verteerbaarheid in %



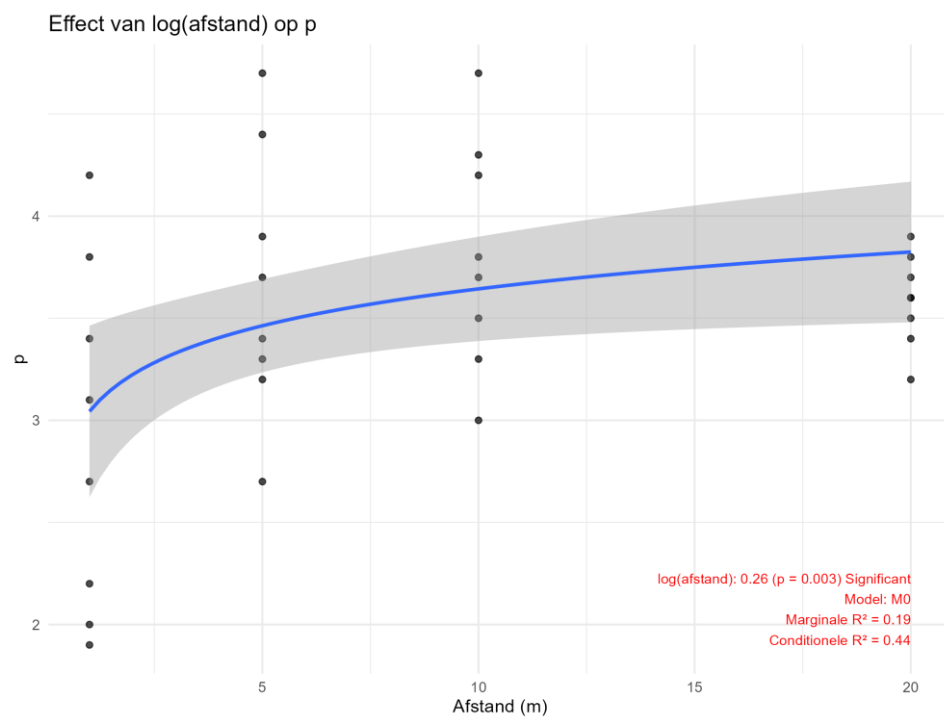
Figuur 16 – Voeder Eenheid Melk (VEM)



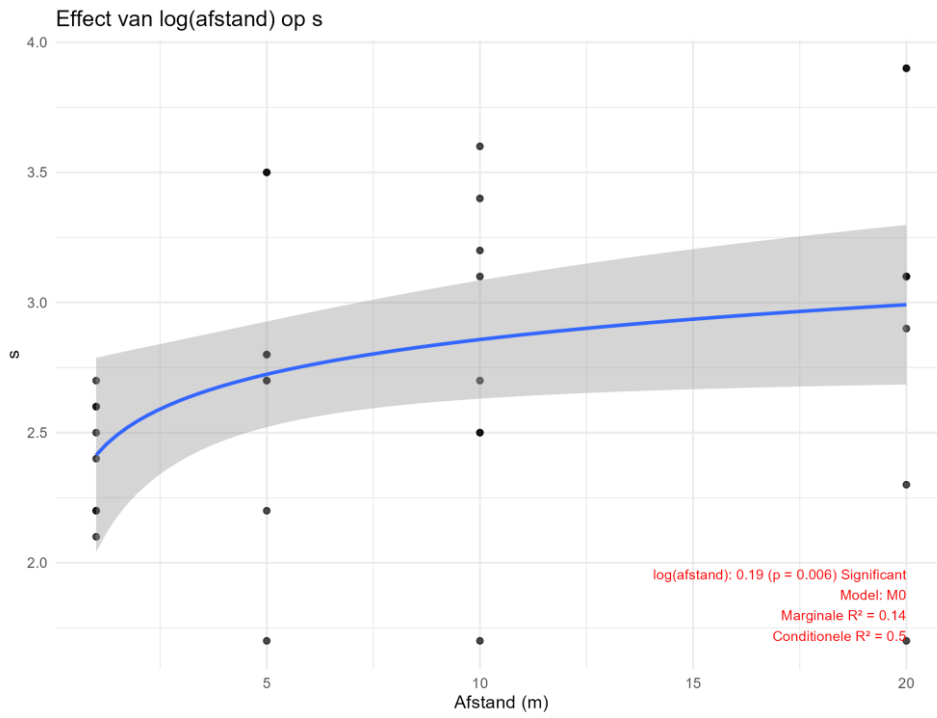
Figuur 17 – Fermenteerbare organische stof pens (FOSP) in g/kg droge stof



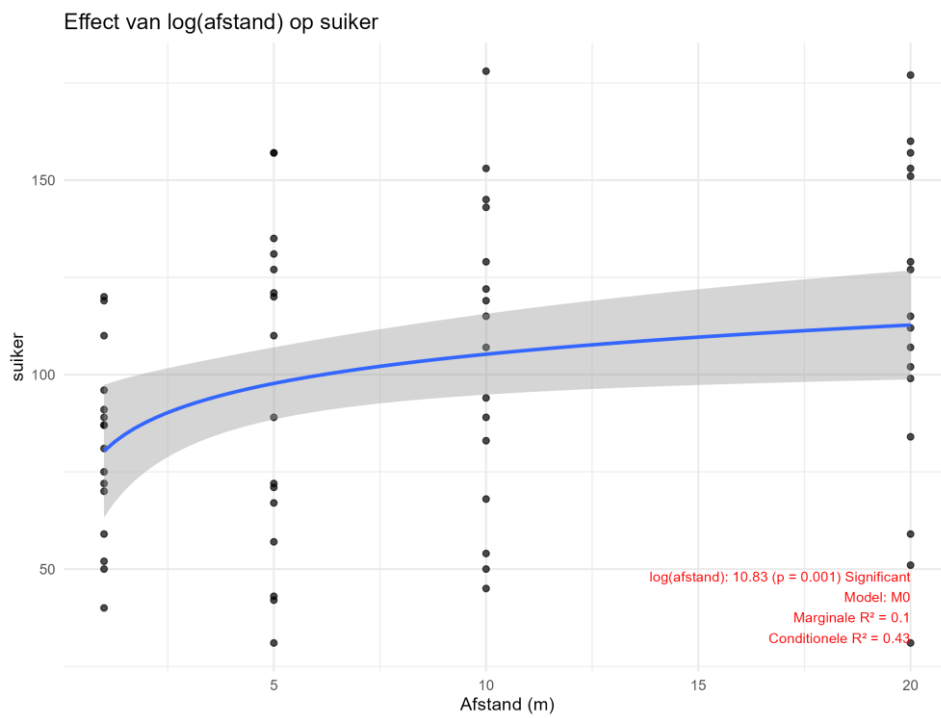
Figuur 18 – Verzadigingswaarde



Figuur 19 – Fosfor (P) in g/kg droge stof



Figuur 20 – Zwavel (S) in g/kg droge stof



Figuur 21 – Suiker in g/kg droge stof