

De Potentie voor Broeikasgasemissiereductie binnen het Veenweidegebied Duurswold en de Impact op het Cultuurlandschap

Masterscriptie | 2023

Julia Brink

RIJKSUNIVERSITEIT GRONINGEN

CULTURAL GEOGRAPHY – CLIMATE ADAPTATION GOVERNANCE

Colofon

Titel: De Potentie voor Broeikasgasemissiereductie binnen het Veenweidegebied Duurswold en de Impact op het Cultuurlandschap

Scriptie begeleider en beoordelaar:

E.W.Meijles

Auteur:

Julia Brink

Studentnummer:

S3784118

Datum:

04.06.2023

Product:

Master scriptie

Studieprogramma:

Culturele Geografie

Rijksuniversiteit Groningen

Samenvatting

In het Groningse veenweidegebied ligt een opgave tot broeikasgasemissiereductie. Door de, in de middeleeuwen gestarte, systematische drooglegging oxideert het veen en stoot het CO₂ en N₂O uit. In academisch onderzoek is het verband tussen verschillende methoden van veenherstel die leiden tot emissiereductie en hun invloed op het huidige landschap en op de restanten van het cultuurlandschap uit het verleden, welke belangrijk zijn voor het erfgoed voor toekomstige generaties, onderbelicht. Door in een literatuuronderzoek en expertinterviews specifiek te kijken naar het Duurswold, ten oosten van Groningen, is ingezoomd op de technische haalbaarheid van CO₂-eq-emissiereductie en de gerelateerde impact op het cultuurlandschap. Het cultuurlandschap is geassocieerd met openheid, het boerengebruik en de dynamische grootschalige veranderingen door de tijd. Vernatting wordt als essentieel gezien om veenoxidatie-emissies in te perken, waarbij CH₄ uitgestoten wordt. Dit onderzoek ontwikkelt de volgende scenario's: het toepassen van onderwater- en druk-drainage, het introduceren van natte landbouw en het creëren van natte natuur. Hierin worden de technische haalbaarheid van veenherstel, hun CO₂-eq-emissiereductie en de impact op het cultuurlandschap onderzocht. Zowel het veenontginningslandschap als het ruilverkavelingslandschap zijn onderdeel van het verhaal van de regio en zullen in verschillende mate beïnvloed worden door de vernattings-scenario's. De CO₂-eq-reducerende effectiviteit van onderwater- en druk-drainage is onzeker en in het beste geval kan het een korte termijn oplossing vormen om het boerengebruik en de weidsheid in stand te houden. Natte landbouw leidt tot een combinatie van boerengebruik en vernatting en is geassocieerd met een grote bandbreedte aan emissiereducties van 17,1-33,6 tCO₂-eq/ha/jaar, waarbij CO₂- en N₂O-emissies afnemen en CH₄-emissies toenemen. In vergelijking ondervindt de ontwikkeling van natte natuur meer hinder van de aanwezige nutriënten. Waar de manier van beheer grote invloed heeft op de emissiereducties die variëren van 20,4-35,4.tCO₂-eq/ha/jaar Vervolg onderzoek kan deze scenario's op een groter detailniveau uitwerken waarbij het gesprek met de landeigenaren noodzakelijk is, omdat de cultuurhistorie inwoners met elkaar en met het gebied verbindt.

Voorwoord

Het schrijven van deze masterscriptie was de afronding van mijn masteropleiding *Cultural Geography - Climate Adaptation Governance* aan Campus Fryslân van de Rijksuniversiteit Groningen. Door het volgen van deze master is mijn kennis rondom culturele geografie in brede zin en wereldwijde klimaatadaptatie-opgaven verbreed. In deze scriptie wordt deze sociale kant verbonden aan de klimaatopgave. Naar mijn mening zijn zowel de culturele kant van de ruimtelijke ordening als de grote complexe opgaven, zoals de omgang met klimaatverandering en de bijbehorende emissies, van belang. Hoewel deze aspecten zowel een technisch als een sociaal verhaal vertellen, ben ik van mening dat het maken van een verbinding tussen deze aspecten noodzakelijk is om grote ruimtelijke opgaven aan te vliegen.

Ik wil Roos en Roelof van Platform Groeningen bedanken voor het aanreiken van de kans om op een praktisch probleem af te studeren. Bedankt voor jullie enthousiasme, vertrouwen en de vrijheid die jullie mij hebben gegeven in het formuleren van een onderzoeksvraag.

Ik wil ook mijn scriptiebegeleider Erik Meijles bedanken voor zijn begeleiding gedurende deze scriptie. Bedankt voor de kritische blik en vragen die me aan het denken hebben gezet. Bedankt voor het vrijmaken van je tijd om mij te begeleiden en voor de opbouwende feedback.

Daarnaast wil ik alle experts bedanken die zo vrij waren om tijd vrij te maken om deel te nemen aan mijn onderzoek. Door jullie bijdrage aan mijn onderzoek hebben jullie bijgedragen aan mijn afstuderen.

Ook wil ik graag mijn familie en vrienden bedanken op wie ik altijd terug kon vallen in mijn studententijd.

Met het afronden van deze masterscriptie rond ik ook mijn studententijd af. Ik sta te popelen om mijn opgedane kennis in de praktijk toe te passen en om in het werkveld heel veel nieuwe informatie tot me te nemen en nieuwe uitdaging aan te gaan.

Beste lezer, ik wens u veel leesplezier en hoop dat ik u kan laten zien dat de technische interventies in het landschap direct verbonden zijn aan het cultuurlandschap. De keuzes die wij nu maken over het landschap zijn noodzakelijk om antropogene klimaatverandering in te perken, toekomstige gevolgen van klimaatverandering beter op te kunnen vangen en vormen tegelijk het erfgoed van de toekomst.

-

Julia Brink, 4 juni 2023
Groningen

Inhoudsopgave

1. Introductie	5
2. Theoretisch kader	7
2.1 Functioneren van veen en broeikasgasemissies	7
2.2 Veengebieden als cultuurlandschap	9
3. Methode	10
3.1 Onderzoeksmethoden	10
3.2 Ethische overwegingen	13
3.3 Positionaliteit	13
4. Resultaten	14
4.1 Karakteristieken van het cultuurlandschap in het Duurswold	14
4.2 De relatie tussen broeikasgasemissies en veenherstel/behoud	20
4.3 Potentie tot veenbehoud en/of herstel in het Duurswold	24
5. CO₂-eq-reducerende scenario's voor het Duurswold	27
5.1 Scenario 1 - Landbouw met onderwater- of druk-drainage	28
5.1.1 Technische haalbaarheid	28
5.1.2 Impact op het cultuurlandschap	30
5.2 Scenario 2 - Natte landbouw	31
5.2.1 Technische haalbaarheid	31
5.2.2 Impact op het cultuurlandschap	34
5.3 Scenario 3 - Natuurontwikkeling	36
5.3.1 Technische haalbaarheid	36
5.3.2 Impact op het cultuurlandschap	39
6. Discussie	40
6.1 Reflectie op de methoden en data	44
7. Conclusie en aanbevelingen	45
8. Bronnen	47
9. Bijlagen	57
A. Geïnterviewde experts	57
B. Interview vragen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
C. Codeboom	58
D. Als ongeschikt beoordeelde scenario's	60
E. Achtergrondinformatie model	61
F. Berekeningen model overwegingen	61

1. Introductie

Hoewel veenbodems slechts 2,8% van het wereldwijde landoppervlak beslaan, wordt 600 gigaton (25%) van de wereldwijde koolstofvoorraad en 44% van de bodemkoolstof opgeslagen in deze vegetaties en bodems (IUCN, 2021; UN Environment Programme, 2021; Xu et al., 2018; Yu et al., 2010; Yu et al., 2011). Wereldwijd is 50 miljoen hectare veengrond drooggelegd, warmt het veen op en wordt de natuurlijke vegetatie verstoord (Robinson et al., 2023; UN, 2022). Hierdoor neemt de koolstofopslag af en worden ongeveer 5% van de antropogene koolstofemissies uitgestoten (Appulo, 2017). De broeikasgasuitstoot door veenoxidatie kan 12-41% bijdragen aan het emissiebudget om de opwarming van de aarde voor het jaar 2100 onder 1,5-2 °C te houden (Leifeld et al., 2019). De broeikasgasuitstoot is verbonden aan een verandering in de veenlandshapvegetatie en het hydrologische functioneren welke is veroorzaakt door progressieve interacties tussen mensen en het fysieke landschap (Kaiser et al., 2012; Zak en McInnes, 2022). Naast koolstofput kunnen veengebieden beschouwd worden als stikstofput waar een lage grondwaterstand leidt tot de productie van lachgas (N₂O) (Hatano, 2016; Pärn et al., 2018). Zonder veenbehoudende en, waar mogelijk, herstellende acties te ondernemen zullen de koolstof- en stikstofbalansen van veengebieden de komende eeuw verschuiven van een put naar een bron (Loisel et al., 2020; Pärn et al., 2018). Het remmen of omdraaien van oxidatie vraagt om vernatting, waarbij methaan (CH₄) vrij kan komen, met name wanneer de veengrond gekenmerkt wordt door intensief graslandbeheer (Huth et al., 2020; Mitsch et al., 2012; Wageningen University, 2022). De interactie tussen deze geassocieerde broeikasgassen moet dus overwogen worden in veenherstel en broeikasgasemissiereductie.

Door de lage grondwaterstanden wordt in Nederland 4 Mton koolstofdioxide (CO₂) per jaar uitgestoten, waar wordt gestreefd naar een broeikasgasreductie uit veenbodems met 1 Mton CO₂-equivalenten (CO₂-eq) per jaar (Hessel, 2022; Lippmann et al., 2022; Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2019; PBL en Wageningen Universiteit, 2010). Een CO₂-equivalent is een metrische maatstaf waarlangs broeikasgassen op basis van hun opwarmingspotentieel gelegd worden naast een equivalente hoeveelheid CO₂ met hetzelfde opwarmingspotentieel (Eurostat, n.d.). Het opwarmingspotentieel van CH₄ is bijvoorbeeld 21 wat betekent dat de uitstoot van 1 ton CH₄ gelijk staat aan de uitstoot van 21 ton CO₂ (European Environment Agency, n.d.).

In Nederland startte in de middeleeuwen de systematische drooglegging van veengebieden om landbouwopbrengsten te verhogen (Anderson et al., 2016; Stroeken et al., 2009). Veenlandschappen worden beschouwd als cultuurlandschap, waarin de specifieke interactie tussen bodem, water, planten en dieren erfgoed vormt (Stroeken et al., 2009; Verhagen et al., 2009). De veenlandschappen zijn een aspect in het historische verhaal over het landschap die aan toekomstige generaties overgeleverd wordt (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2018; Zak en McInnes, 2022). Volgens Stroeken et al. (2009) en Dosker (2017) wordt dit veenlandschap bedreigd door grootschalig agrarisch gebruik en drainage, terwijl deze een hoge waardering heeft in nationale en internationale contexten. In de huidige literatuur wordt onvoldoende onderzoek gedaan naar het verband tussen veenbehoud en de relatie met het cultuurlandschap. Dit benadrukt dat zowel broeikasgasemissiereductie als het cultuurlandschap van belang zijn in veengebieden. Verschillende methoden van veenherstel die leiden tot emissiereductie hebben invloed op het huidige landschap en op de restanten van het cultuurlandschap uit het verleden,

welke onderdeel zijn van het erfgoed.

Dit is een verkennend onderzoek waar door scenario's te creëren verschillende opties voor CO₂-eq-reductie en hun impact op het cultuurlandschap onderscheiden worden. De volgende onderzoeksvraag zal helpen om dit doel te bereiken: *Welke impact hebben verschillende scenario's van CO₂-eq-reductie vanuit het veen in het Duurswold op het culturele landschap?*

Om een antwoord te vinden op deze hoofdvraag wordt eerst gekeken naar de volgende deelvragen:

- Wat is de relatie tussen veen-ecosystemen en broeikasgasemissies?
- Wat zijn de karakteristieken van het cultuurlandschap van het Duurswold?
- Wat is de relatie tussen veenbehoud en/of herstel en broeikasgasemissies?
- Wat is de potentie voor veenbehoud en/of herstel in het Duurswold?
- Welke mogelijke CO₂-eq-reducerende scenario's zijn te onderscheiden voor het Duurswold?

Het volgende hoofdstuk beschrijft de relatie tussen veenlandschappen en broeikasgasemissies definieert de begrippen cultuurlandschap en erfgoed. Het methode hoofdstuk introduceert de casus van dit onderzoek, bespreekt de semi-gestructureerde expert interviews en het belang van veldwerk. Ook worden de ethische overwegingen besproken. Daarna bespreekt de resultatensectie de verzamelde data in relatie tot bestaande literatuur. Verder worden scenario's voor het casus-gebied ontwikkeld. Als laatste volgen de discussie en conclusie, waarbij de onderzoeksvragen beantwoord worden, gereflecteerd wordt op dit onderzoek en toekomstige onderzoek aanbevelingen worden gedaan. Verder zijn er bijlagen toegevoegd met daarin een omschrijving van de geïnterviewde experts, de als niet realistisch geclassificeerde scenario's en een codeboom.

2. Theoretisch kader

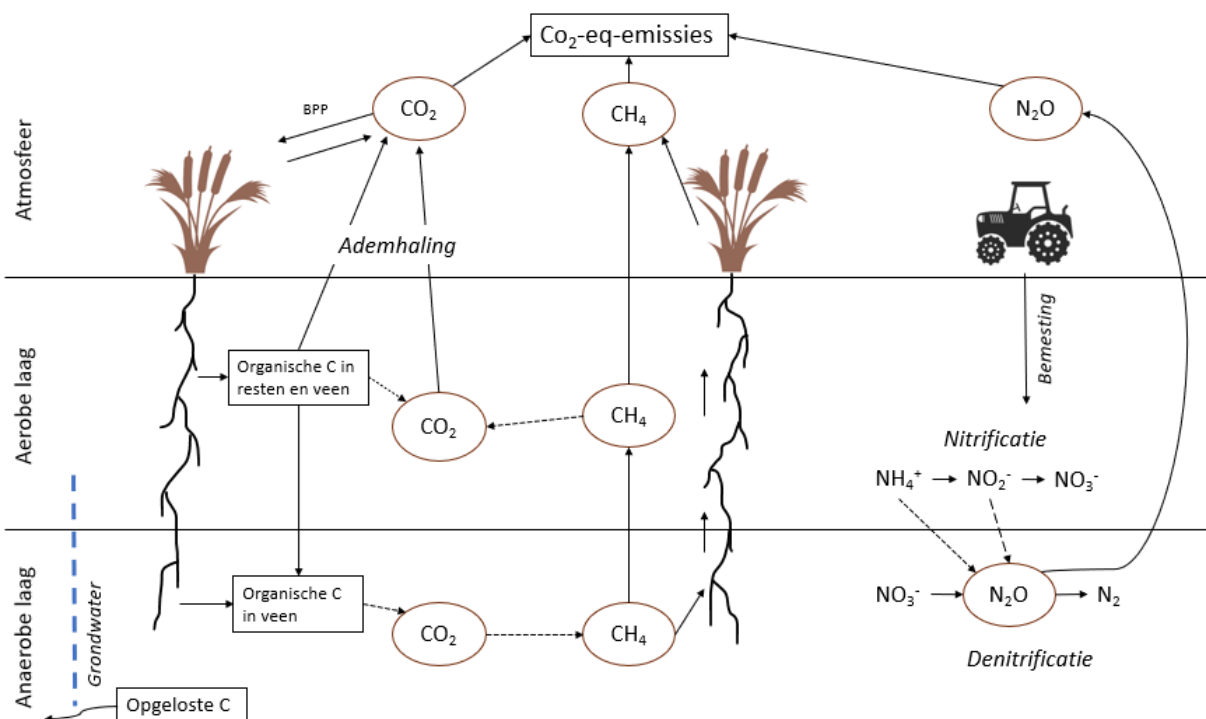
2.1 Functioneren van veen en broeikasgasemissies

Om te onderzoeken wat de impact van veenbehoud is op de CO₂-eq-emissies uit veengebieden, moet de relatie tussen het functioneren van een veenlandschap en broeikasgasemissies eerst uiteengezet worden. Veengebieden worden geassocieerd met de koolstofcyclus, de stikstofcyclus, de zwavelcyclus en de fosforcyclus (Bhattacharya, 2019; Tanneberger en Wichtmann, 2011; Mitsch et al., 2012). De bijdrage van CO₂ aan het antropogene broeikasgas-effect is 63%, van CH₄ 18% en van N₂O 6%, welke broeikasgassen ook het meest geassocieerd worden met emissies uit veen (Tanneberger en Wichtmann, 2011). Daarom focust dit onderzoek zich op de broeikasgassen CO₂, CH₄ en N₂O. Het is van belang om het hogere warmtepotentieel en de langere atmosferische levensduur van CH₄ en N₂O te benadrukken, zoals aangegeven in tabel 1 (Barthelmes et al., 2015; CBS, nd; Cloy en Smith, 2018; Günther et al., 2020; IPCC, nd; Pärn et al., 2018; Van Alfen, 2014; Wageningen University, 2022).

*Tabel 1 Een overzicht van de atmosferische levensduur van CO₂, CH₄ en N₂O in jaren en hun Global Warming Potential over drie tijdshorizonten, in verhouding tot CO₂. Gegevens zijn ontleend aan (IPCC, n.d) en (UNFCCC, 2019). *De CO₂-responsfunctie die in dit rapport met een achtergrond CO₂-concentratiewaarde van 378 ppm).*

Broeikasgas	Atmosferische levensloop (jaar)	Global Warming Potential voor de gegeven periode		
		20 jaar	100 jaar	500 jaar
Koolstofdioxide (CO ₂)	Variabel*	1	1	1
Methaan (CH ₄)	9-15	56-72	21-25	6,5-7,6
Lachgas (N ₂ O)	114-120	280-289	298-310	153-170

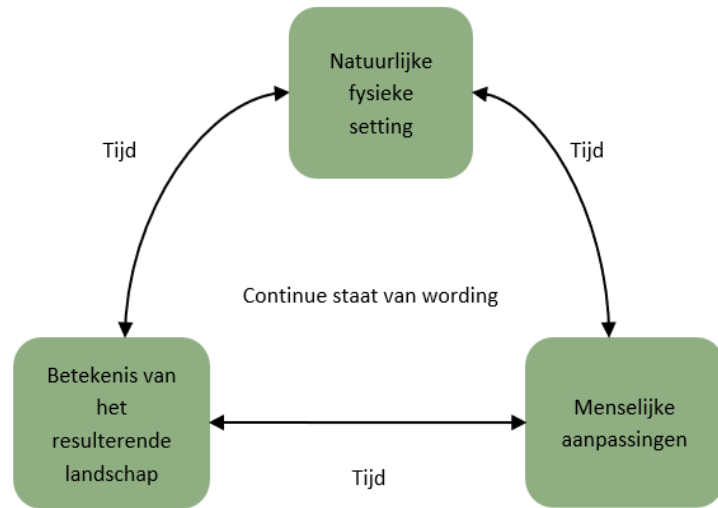
Veen bestaat uit planten- en dierenresten die niet (geheel) vergaan zijn (Barthelmes et al., 2015). Een versimpelde weergave van de koolstofcyclus in een veengebied is weergegeven in figuur 1. Planten nemen CO₂ op tijdens fotosynthese en slaan dit op als koolstofverbindingen, de bruto primaire productie genoemd (BPP) (Tanneberger en Wichtmann, 2011). Een deel van de koolstof wordt opgeslagen in de bodem, beter bekend als rhizodepositie, en een deel wordt geoxideerd en uitgestoten door de ademhaling van het veen. Micro-organismen breken vooral in de bovenste veenlaag plantenresten af tot CO₂ waardoor hier relatief veel decompositie optreedt, ook wel veenoxidatie genoemd (Schothorst, 1977). In de diepere, met grondwater verzadigde lagen is de decompositiesnelheid laag (Tanneberger en Wichtmann, 2011). Daarnaast vormen micro-organismen CH₄ in de anaerobe laag van het veen dat door waterplanten naar de atmosfeer gebracht wordt in ruil voor zuurstof. Er zijn echter ook micro-organismen aanwezig, methanotropen, die een groot deel van de CH₄ oxideren voordat het in de atmosfeer uitgestoten kan worden. De productie van N₂O is geassocieerd met nitrificatie in aerobe omstandigheden waar ammoniak geoxideerd wordt met N₂O als bijproduct (de Vries et al., 2014; Hatano, 2016; Tanneberger en Wichtmann, 2011). Ook bij denitrificatie komt N₂O vrij in anaerobe omstandigheden. De kans op het ontstaan van N₂O is hoger wanneer er meer minerale stikstof in de bodem aanwezig is in combinatie met ammonium en nitraat (Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden, 2022; Tanneberger en Wichtmann, 2011).



Figuur 1: Een versimpelde weergave van de koolstofcyclus tussen de atmosfeer en veen met een aerobe-bovenlaag en een anaerobe-onderlaag. De gassen zijn weergegeven in cirkels en de stippellijnen laten de microbiële processen zien. Ook is de hoeveelheid opgeloste koolstof dat uit de bodem vloeit via het grondwater weergegeven. Daarnaast zijn de N₂O producerende processen nitrificatie en denitrificatie weergegeven. (Bron: auteur op basis van Rapson en Dacres (2014); Tanneberger en Wichtmann (2011))

2.2 Veengebieden als cultuurlandschap

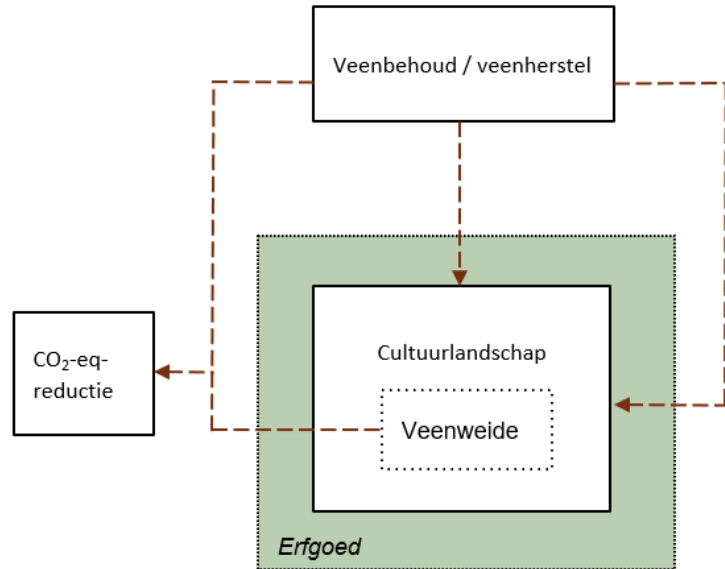
Gezien het feit dat Nederlandse veenweiden beschouwd kunnen worden als cultuurlandschap is het van belang om de betekenis hiervan uiteen te zetten (Dosker, 2017; Stroeken et al., 2009; Verhagen et al., 2009). Volgens Antrop (2005), kunnen cultuurlandschappen worden gedefinieerd als *“het resultaat van opeenvolgende reorganisatie van het land om het gebruik en de ruimtelijke structuur beter aan te passen aan de veranderende maatschappelijke eisen”* (p.1). Veenweidegebieden zijn ontstaan door eeuwenlange interacties tussen menselijk handelen en natuurlijke processen (Dosker, 2017). De onderlinge samenhang tussen de natuurlijke fysieke omgeving, menselijke modificaties en de betekenissen die aan het resulterende landschap worden gehecht, zijn belangrijk om te overwegen bij het nadenken over cultuurlandschap, zoals in figuur 2 gevisualiseerd (Grunewald en Breed, 2013; O'Hare, 1997). Nederlandse veenweidegebieden worden geassocieerd met een dynamische relatie tussen de fysisch-geografische aspecten van het landschap en menselijke veranderingen door waterbeheer en ruimtelijke ordening (de Bont, 2005).



Figuur 2: Grafische weergave van de interacties in het cultuurlandschap. (Bron: Grunewald en Breed, 2013, vertaald naar het Nederlands)

Verschillende bronnen stellen dat het veenlandschap als erfgoed kan worden beschouwd, een begrip dat veel betekenissen heeft in de literatuur (Altenburg en Wymenga en Bureau Peter de Ruyter, 2022; Stroeken et al., 2009; Verhagen et al., 2009). De Raad van Europa (2000) benadrukt het belang van *“het conserveren en behouden van de significante of karakteristieke kenmerken van een landschap, gerechtvaardigd door zijn erfgoedwaarde afgeleid van zijn natuurlijke configuratie en/of van menselijke activiteit”* (p.11). Onderzoek van Ashworth en Graham (2005), Graham et al. (2000) en Lowenthal (2005) benadrukt dat intergenerationele uitwisselingen en relaties centraal staan in erfgoed: *“De inhoud, interpretaties en representaties van de bron worden geselecteerd volgens de eisen van het heden; een ingebeeld verleden biedt middelen voor een erfgoed dat moet worden nagelaten aan een ingebeelde toekomst.”* (Ashworth en Graham, 2005, p.375). Daarnaast rekent de Europese Unie de bodem, en dus veenbodems, als erfgoed (European Commission, 2016). Volgens de Nederlandse overheid kunnen veengebieden, hun ontginning en hun landschapkenmerken als erfgoed worden beschouwd (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2018).

Het conceptuele model vat bovenstaande samen (Figuur 3). De relaties waar dit onderzoek zich op focust zijn weergegeven met stippellijnen. Het cultuurlandschap omvat de veenweide omdat het fysieke landschap verbonden is met het cultuurlandschap, samen vormen ze erfgoed, aangegeven door het groene vierkant. In [sectie 2.1](#) is de relatie tussen veen en broeikasgasemissies vastgesteld en in [sectie 2.2](#) is veen met het cultuurlandschap verbonden. De relatie tussen broeikasgasemissies, interventies in het landschap en de impact op het cultuurlandschap is dus belangrijk om te onderzoeken.

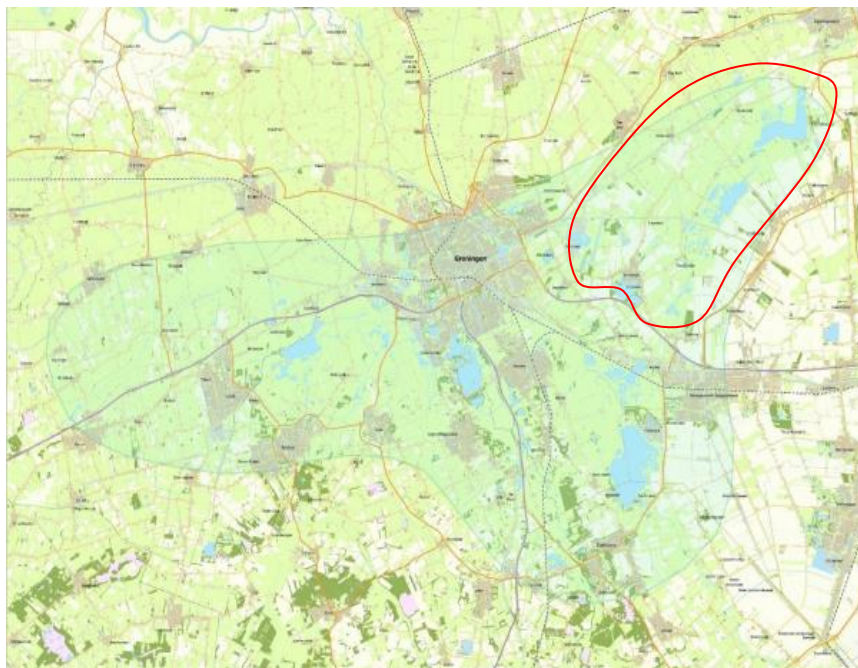


Figuur 3: Een conceptueel model dat de relaties tussen de concepten weergeeft. (Bron: auteur)

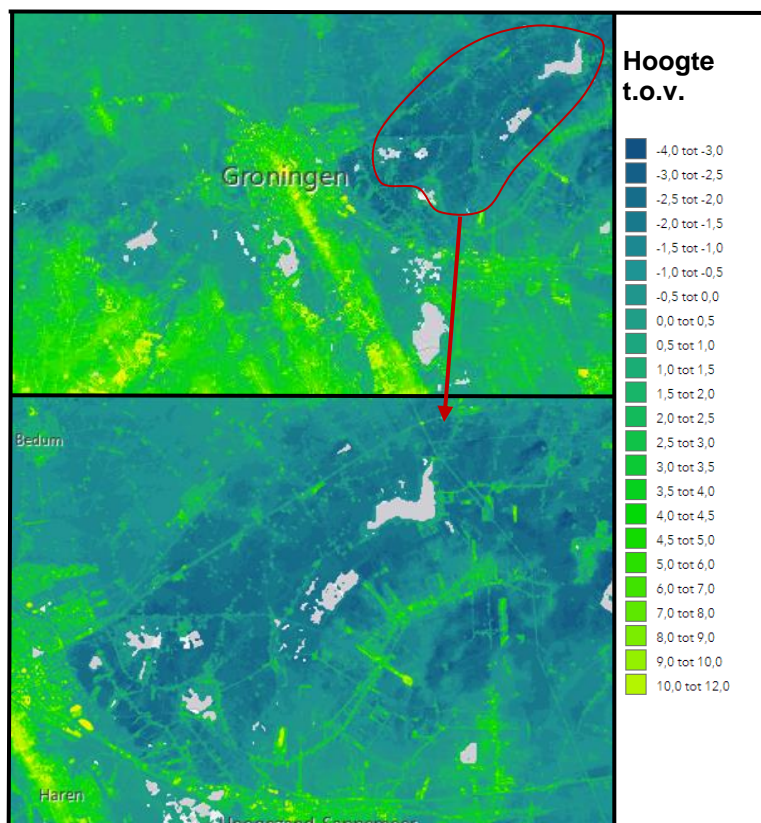
3. Methode

3.1 Onderzoeksmethoden

Dit onderzoek past een kwalitatieve casus benadering toe om verkennende scenario's voor het potentieel van veenbehoud en broeikasgasemissiereductie te ontwikkelen. Hier wordt de impact op het cultuurlandschap aan verbonden omdat Antrop (2005) stelt dat de zorg voor het landschap als cultureel erfgoed is toegenomen nu globalisering een bedreiging vormt voor regionale diversiteit en lokale identiteit. Deze studie neemt Groningen als casus, een Noord-Nederlands veengebied (Figuur 4). De provincie Groningen is door de landelijke overheid geselecteerd als veenweide-provincie, waar gestreefd wordt naar een CO₂-eq-reductie uit veen van 0,05-0,06 Mton per jaar (Provincie Groningen, 2022). Het laagveengebied Groningen, rondom de stad Groningen, streeft ernaar om een klimaatpositieve regio te worden (Figuur 4) (Regio Groningen-Assen en Pau, 2021). Deze studie zal dus specifiek kijken naar het Duurswold, ten oosten van de stad. Er ligt dus een opgave om de broeikasgasuitstoot van het gebied te reduceren. Er wordt een casusbenadering toegepast om een sub-gebied van Groningen te verkennen aangezien het niveau van degradatie en de context binnen veengebieden variëren. Deze casusbenadering leidt dus tot een beter begrip van de complexiteit van een specifieke context (Clifford et al., 2016; Punch, 2014). De Onlanden in het westen van Groningen en het Zuidlaardermeergebied in het zuiden worden vaker geassocieerd met en onderzocht in relatie tot veenbehoud en -herstel (Elzinga en Oterdoom, 2013; van Mullekom et al., n.d.). Gezien de lage ligging van het Duurswold, weergegeven in figuur 5, in combinatie met het landbouwkundige grondgebruik is het relevant om dit gebied nader te onderzoeken in relatie tot broeikasgasemissiereductie en veenbehoud.



Figuur 4: Groeningen in lichtblauw met de rood-omrande sub-regio Duurswold. (Bron: Regio Groningen-Assen en Pau, 2021)



Figuur 5: De hoogtes in het gebied ten opzichte van N.A.P waar de ingeklonken veengebieden dieper liggen dan de omliggende kleigronden. (Bron: Algemeen Nederlands Hoogtebestand AHN, 2019)

Dit onderzoek wordt in het interpretivistische onderzoeksparadigma gepositioneerd (Hay, 2016). Veenbehoud gerelateerde interventies hebben verschillende betekenissen en interpretaties voor betrokken organisaties en belanghebbenden binnen een gebied. De methodologie van dit onderzoek kan worden opgedeeld in de volgende stappen:

1. Het uitvoeren van een literatuuronderzoek naar de peer-reviewed academische literatuur, overheidsdocumenten, onderzoeksrapporten en grijze literatuur waar de interactie tussen veen en broeikasgasemissies eerst onderzocht is. Verder zijn de effecten van veenbehoud op de broeikasgasemissies en het cultuurlandschap onderzocht. Hierbij zijn historische en actuele kaarten gebruikt om inzicht te krijgen in de vorming, degradatie en het landgebruik van het veengebied.
2. Het voeren van semi-gestructureerde expertinterviews over het casus-gebied door middel van snowball sampling. Een snowball-sample is geschikt voor kwalitatief onderzoek en kan helpen het onderzoek snel te laten vorderen. Het is echter van belang te reflecteren op de groep, gezien het feit dat de geïnterviewden in eenzelfde kennis- of belangen-bubbel kunnen zitten (Clifford et al., 2016). Bijlage A bevat de lijst van de geïnterviewde experts. Er zijn drie typen experts te onderscheiden: veengebied experts, cultuurlandschap experts en experts met kennis over zowel veen-ecosystemen als het cultuurlandschap. De interviews vonden zowel fysiek als online plaats en waarbij 1 interview werd gevoerd in het Engels. De semi-gestructureerde aanpak zorgde voor een natuurlijk vloeiend gesprek waarbij meer contextuele informatie werd verkregen dan wanneer een vast interviewschema (bijlage B) werd toegepast (Dunn, 2021). Bij besproken thema's konden aanvullende vragen gesteld worden, met bijkomende relevante informatie tot gevolg. Door een kritisch innerlijke dialoog te voeren werd het interview bijgestuurd wanneer het afweek van het onderzoeksonderwerp. In de resultaten zijn de Engelse quotes vertaald naar het Nederlands, waarbij gefocust is op het overbrengen van de essentie van de inhoud.
3. Het organiseren van veldbezoeken naar het studiegebied. Veldwerk wordt beschreven als cruciaal voor het integreren van observatie, interpretatie en analyse in theorie (Clifford et al., 2016). Gedurende het veldwerk zijn schetsen van het landschap gemaakt waardoor gestructureerd en overwegend naar het landschap gekeken werd om zo de literatuur en praktijk te verbinden. Bij het lezen van het landschap zijn de methodes van Hendriks en Kloen (2003) en Stuer (2015) gevolgd, waarbij de afzonderlijke elementen en de samenhang tussen verschillende elementen van belang zijn.
4. Het toepassen van een thematische analyse waarin zowel inductieve als deductieve codes aan data gekoppeld werden, zoals wordt benadrukt door Fereday en Muir-Cochrane (2006). De codeboom gebruikt in dit onderzoek is bijgevoegd in bijlage C. De onderzoeksvragen en literatuur fungeerden als basis voor de interviews, en zijn dus in lijn met de codes. Gebied specifieke thema's en factoren in veenherstel genoemd door experts zijn tevens opgenomen als inductieve codes.
5. Het creëren van kwalitatieve scenario's voor veenbehoud en de CO₂-eq-reductie gebaseerd op de uitkomsten van de interviews en de literatuurstudie. Hierin wordt de impact op het culturele landschap uitgelicht en waar van toepassing een kwantificatie bijgevoegd van de CO₂-eq-reductie.

3.2 Ethische overwegingen

De ethische overwegingen van dit onderzoek zijn in overeenstemming met de richtlijnen die zijn vastgesteld door de Commissie Ethiek Onderzoek van Campus Fryslân. Gebaseerd op onderzoek van Jefford en Moore (2008) is gebruikgemaakt van een formulier voor geïnformeerde toestemming om zowel ethisch onderzoek te bevorderen als de deelnemers te beschermen. Dit formulier bevat een toelichting over het onderzoek, de implicatie van deelname, de toestemming tot opname voor transcriptie doeleinden, de opslag van verzamelde gegevens en de analysemethode. Bij elk fysiek interview kregen de geïnterviewden een toestemmingsformulier om te ondertekenen en ontvingen tevens een door mij, de onderzoeker, ondertekend exemplaar. Bij online of telefonische interviews vond de toestemming mondeling plaats. Alle geïnterviewden hadden de mogelijkheid om voor, tijdens en na het interview vragen te stellen over het onderzoek. Op elk punt van het interview bestond de mogelijkheid aan te geven om specifieke informatie niet mee te nemen in het onderzoek. Daarnaast zijn geïnterviewden op de hoogte gebracht van het feit dat zij zich konden terugtrekken uit het onderzoek tot 04-06-23, de deadline van dit onderzoek.

Verschillende experts hebben aangegeven hun naam niet aan dit onderzoek te willen verbinden gezien de politieke gevoeligheid van het onderzoeksonderwerp. Persoonlijke gegevens van alle experts zijn dus geanonimiseerd waarbij de functieomschrijving in brede zin wel gebruikt wordt, om hun visie op veenbehoud in het juiste perspectief te plaatsen. Interview-opnamen zijn getranscribeerd met behulp van Listen N Write. Alle verzamelde gegevens zijn opgeslagen op een met een wachtwoord beveiligd privé-apparaat en zijn alleen toegankelijk voor de onderzoeker. Deze gegevens worden gedurende een door de RUG aangegeven termijn bewaard.

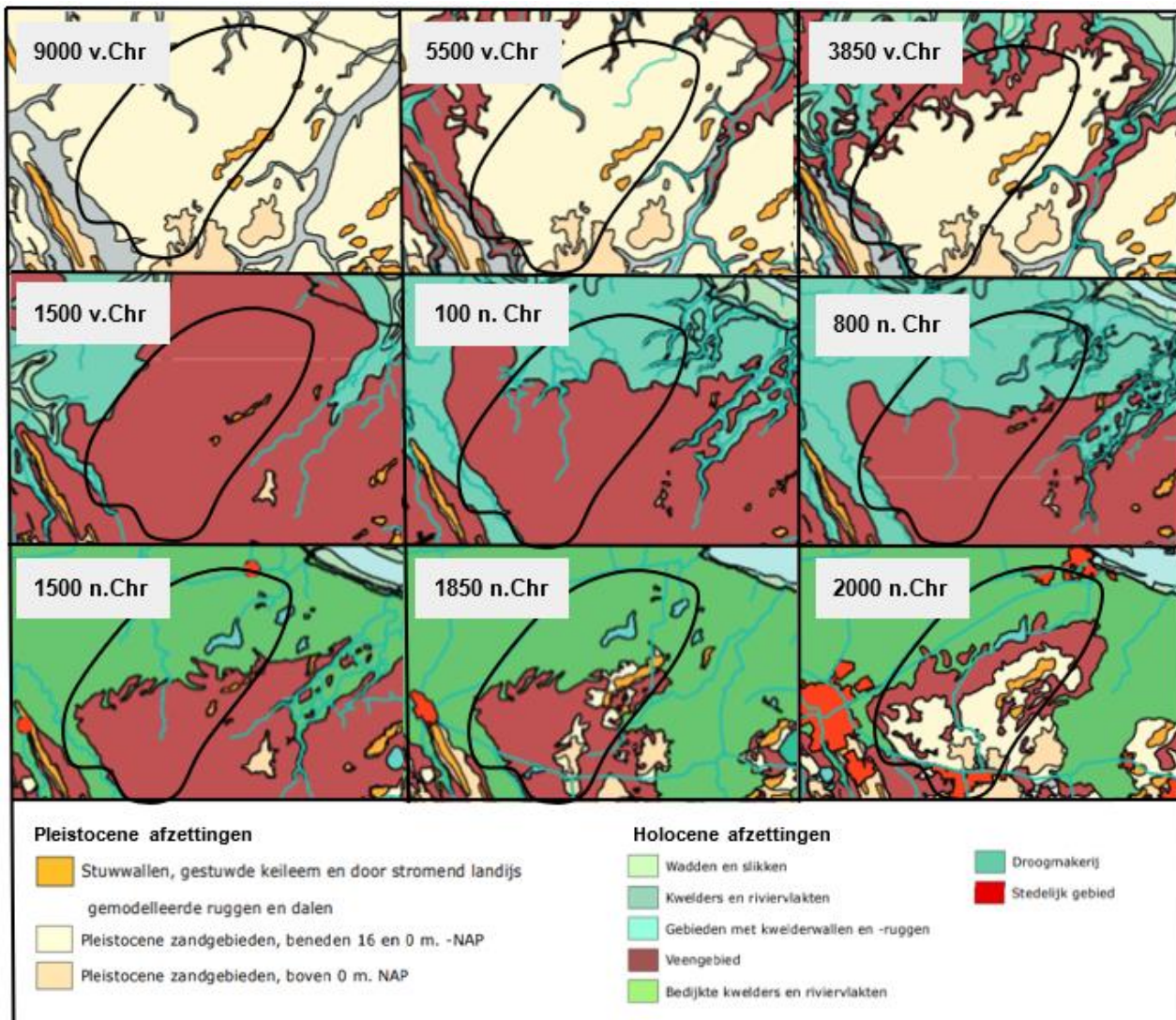
3.3 Positionaliteit

Een kritische reflectie op de positionaliteit van de onderzoeker is van belang om de impact op de onderzoeksuitkomst te erkennen (Holmes, 2020). Hierop wordt gereflecteerd volgens onderzoek van Grix (2019) waar positionaliteit de positie van de onderzoeker op 3 gebieden omvat: het onderzochte onderwerp, de onderzoeksdeelnemers en de onderzoekscontext. Gezien ik de Master Climate Adaptation Governance volg, wordt mijn interesse in klimaatverandering duidelijk. Zowel ikzelf als de geïnterviewden zullen affiniteit met veenherstel en/of het cultuurlandschap hebben. Er zijn dus geen interviews gevoerd met mensen die het onderwerp niet relevant vinden. Daarnaast bevindt het onderzoeksgebied zich in Groningen, dezelfde provincie waar ik woon. Dit kan me helpen de lokale context beter te begrijpen, maar kan ook mijn kijk kleuren. Daarnaast is het belangrijk om te vermelden dat dit onderzoek gaat over een praktijkvraag van Groeningen, met wie ik contact heb gehad en gebrainstormd heb over onderzoeksvragen die aansluiten bij een praktijkprobleem. Ook al is er geen verder contact geweest bij het ontwikkelen van dit onderzoeksvoorstel, hebben de doelstellingen van Groeningen om een klimaatpositieve regio te worden wel meegespeeld in het vormen van mijn onderzoeksvraag.

4. Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de onderzoeksresultaten uit de literatuurstudie en expertinterviews. Eerst worden de karakteristieken van het cultuurlandschap van het Duurswold belicht en onderbouwd door kaarten en foto's. Daarna wordt de relatie tussen broeikasgasemissies en veenbehoud toegelicht. Vervolgens wordt gekeken naar de potentie voor veenbehoud in het Duurswold, waarna CO₂-eq-reducerende scenario's en hun impact op het cultuurlandschap uiteengezet worden.

4.1 Karakteristieken van het cultuurlandschap in het Duurswold



Figuur 6: Paleografische kaarten van het gebied ontwikkeld door Peter Vos waar de veen-depositie te zien is in bruin. In zwart is het Duurswold weergegeven. (Bron: Vos, 2015)

Het veengebied in Groningen onderscheidt zich van het overige veen in Nederland door de veensoort, de bodemsamenstelling, het landgebruik en de potentie tot vernatting (Provincie Groningen, 2022). Kijkend naar de natuurlijke fysieke setting uit het model van Grunewald en Breed (2013) stuwde landijs keileem op in het Saalien, waardoor heuvels vormden van Slochteren tot Heveskes (Knottnerus, n.d.). De aan de westkant gevormde vallei vulde met mariene sedimenten in het Eemien. In het Weichselien werd een zandlaag afgezet en vormde glaciaal smeltwater de beekdalen van de Fivel. Lichte reliëfverschillen glooien naar het noordwesten, waar dit dekzand bedekt is met klei- en veenafzettingen die zich in het Pleistoceen hebben gevormd. Zowel hoog- als laagveen ontstonden, waar het centrum van het gebied bestond uit veenmossen. De randen van deze gebieden waren bedekt met natte bossen, vandaar de naam 'Wold' in Duurswold (Schroor en van Meijering, 2007). Dobben gevuld met veen zijn aanwezig in de ondergrond. Grootschalige veenvorming vond plaats tijdens het Holoceen, waar de grondwaterspiegels stegen door het smelten van ijs (Knottnerus, n.d.). Bij stagnatie van de zeespiegel breidde veen zich uit richting de kust, waarna het bij een stijgende zee bedekt werd met klei. Deze interactie is weergegeven in figuur 6. Daarnaast vormde zich in het noorden een trechtervormige zeearm waar veenstromen van het achterland klei afzetten. Tegenwoordig is de loop van deze rivieren vaak nog te zien omdat deze kleigebieden minder sterk dalen dan de veengebieden die tot wel -2 meter N.A.P. dalen, (Provincie Groningen, 2022). Sommige meren waaruit deze veenstromen zijn ontstaan zijn nog in het landschap aanwezig (Schroor en van Meijering, 2007).

Naast een fysieke achtergrond is de menselijke invloed ook een component van het cultuurlandschap, zoals door Grunewald en Breed (2013) weergegeven in figuur 2 ([sectie 2.2](#)). Mensen woonden op hogere gedeelten in het landschap, vanaf waar het graven van kanalen in de 9e eeuw leidde tot de ontwatering die nodig was voor turfwinning, welke zichtbaar zijn in figuur 8A (Provincie Groningen, n.d., b; Provincie Groningen, 2021; Schroor en van Meijering, 2007). Hierdoor ontstond een veenweidelandschap, waar bedijkte veen-bekkens en kanalen aanwezig waren en waar ruimte gecreëerd werd voor landbouwgronden door het afbranden van veen (Hiemstra, 2020; Provincie Groningen, 2021). Ontwatering veroorzaakte bodemdaling en overstromingen, met als gevolg dat mensen naar hogere ruggen en dekzandgebieden landinwaarts trokken (Provincie Groningen, n.d., a ; Schroor en van Meijering, 2007). Op de gletsjer zandruggen zijn dus vier opeenvolgende bewoning reeksen te vinden: Sint-Annen- Ten Boer- Woltersum; Lutjewolde- Achter Thesinge- Bovenrijge; Steerwolde-Garmerwolde en de bewonings-as van Thesinge (Provincie Groningen, n.d., b; Schroor en van Meijering, 2007). In de 17e eeuw werden molens geïntroduceerd die verdere bodemdaling versnelden (Schroor en van Meijering, 2007). Hoewel de bodemdaling van het gebied hedendaags geassocieerd wordt met gaswinning, is de grootste bodemdaling veroorzaakt door ontwatering van het middeleeuwse veen (Schroor en van Meijering, 2007). De aardbevingen en manier waarop mensen naar het gebied kijken wordt door de cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer ook genoemd als onderdeel van het verhaal van het gebied en dus van het cultuurlandschap.

Een deel van de ontwikkelde afwateringsgeulen en dijken zijn nog zichtbaar in het landschap, bijvoorbeeld de Wolddijk (Hiemstra, 2020; Provincie Groningen, n.d., a). De dorpsgrenzen worden nog gekenmerkt door rechte kanalen zoals de Ruiten Ae tussen Kolham en Slochteren, weergegeven in figuur 7 (Schroor en van Meijering, 2007). Ook met klei gevulde restanten van oude veenstromen uit de veenplassen rond het Schildmeergebied zijn nog te onderscheiden (Schroor en van Meijering, 2007). Verder kenmerkt het landschap zich door een open landschap met weidse vergezichten; hoogteverschillen van gletsjer ruggen rond Schildwolde en Siddeburen; restanten van het veen beeklandschap rond Scharmer en de Slochter Ae; natte natuurgebieden met hier en daar bomen (Knottnerus, n.d.) en uitgestrekte met zand afgesloten veen complexen (Provincie Groningen, n.d., b).



Figuur 7: De dorpsgrens tussen Kolham en Slochteren gekenmerkt door het rechte kanaal de Ruiten Ae. (Bron: auteur)

Lange smalle percelen voor turfwinning zijn ook herkenbare landschapkenmerken uit het turfwinning tijdperk (Provincie Groningen, n.d., a). Deze zijn oorspronkelijk van noord naar zuid gelegd en de boerderijen die op de geleidelijke ruggen zijn gebouwd zijn nog zichtbaar. In de tweede helft van de 20e eeuw vond ruilverkaveling plaats waardoor de lange veenkanalen werden gedempt. Figuur 8 (volgende pagina) laat deze ruilverkaveling in verschillende fasen zien. 1963 is gekenmerkt door de grotere kavels in het noorden ten opzichte van 1938. In 1982 is de nieuwe verkaveling in het zuiden zichtbaar, waar voorheen lange veenontginning kavels lagen. In de periode tussen 1982 en 2009 zijn de kavels in het noordoosten van het gebied ook vergroot. Geïnterviewden kijken verschillend naar de impact van de ruilverkaveling. De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer en de ruimtelijke kwaliteit-expert geven aan dat het cultuurlandschap gedeeltelijk in acht genomen is bij de ruilverkaveling. De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer: *“Er is wel veel verloren gegaan en opgeschaald, maar er zijn zeker ook elementen bewaard gebleven... er zat dan een landschapsarchitect op, die wel heel erg rekening heeft gehouden met oude dijken, oude wegen, oude percelering, zodat je dat in ieder geval op die plekken waar ook meer recreatie aan de orde is, dat je dat ook goed terug herkent.”* Volgens Schroor en van Meijering (2007) is bij de ruilverkaveling rondom Slochteren een deel van de opstreckende verkaveling bewaard gebleven aansluitend aan het bebouwingslint, waar verder buiten de bebouwing de kaveling een kwartslag draaide zoals weergegeven in figuur 9.



Figuur 9: Het bebouwingslint Slochteren met de bewaarde aansluitende verkaveling. Links is te zien hoe de verkaveling een kwartslag gedraaid is na de ruilverkaveling. (Bron: Schroor en van Meijering, 2007)



Figuur 8: Zes tijds-opnamen van een gedeelte van het Duurswold waarin de verkaveling over de tijd zichtbaar is. Vanaf 2009 is de ontwikkeling van de natuurgebieden Woudbloem in het zuiden en het Roegwold in het noorden zichtbaar. (Bron: Topotijdreis, 2023)

De cultuurlandschap-expert van Groeningen zegt echter dat de ruilverkaveling het cultuurlandschap bijna volledig vervaagd heeft en druk zet op het veen in het landschap. De expert geeft aan dat de civieltechnische maatregelen de verbeterde omstandigheden voor het agrarische gebruik als doel hadden, maar dat het landschap hiervoor geëgaliseerd en ontwaterd moest worden. De wijze waarop een boerenbedrijf ingericht werd, veranderde door toename van specialisatie in meer eentonige gewassen. Het boerenbestaan en gebruik van het land kan dus ook gezien worden als deel van het cultuurlandschap. Het

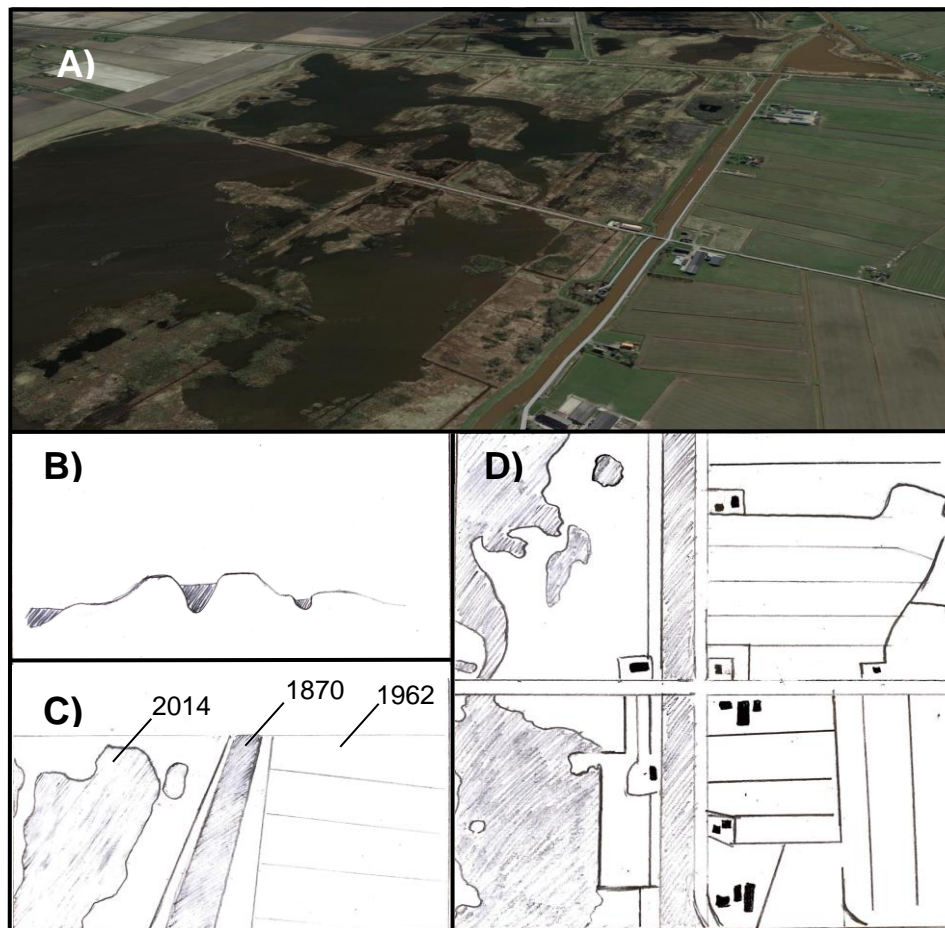


Figuur 10: De grote percelen gecreëerd in de ruilverkaveling, die onderdeel zijn van het post-65 cultuurlandschap. (Bron: auteur)

ruilverkavelingslandschap zelf kan, volgens cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer en de ruimtelijke kwaliteit-expert, ook als cultuurlandschap gezien worden, gekenmerkt door de grote percelen zoals te zien in figuur 10. Stroeken et al. (2009) beaamt dat het veenlandschap wordt bedreigd door het moderne agrarisch gebruik en drainage. Deze mening wordt gedeeld door de fysieke geograaf: *“Gekoppeld aan schaalvergroting, ruilverkavelingen en de fusies van de waterschappen, zodat ze grotere gebieden gingen beheren en uniformer ... maar ook schadelijker, je neemt een grotere hypotheek op de natuur. Dus de waterpeilen zijn primair voor de boeren voor hun bedrijfsvoering.”* De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer en de ruimtelijke kwaliteits-expert geven aan dat het behoud van het veen belangrijk is omdat het een onderdeel van het verhaal van het landschap is.

Het Duurswold wordt ook gekenmerkt door het tussen 2010 en 2014 aangelegde natuurgebied het Roegwold, waarbij oude boomstronken opgegraven zijn waaraan het Duurswold haar naam te danken heeft (Schroor en van Meijering, 2007). De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer omschreef het karakter van het gebied als volgende: *“Het natuurgebied is een plek dat twee keer door ruilverkaveling op de kop is gegaan, dus dat het eigenlijk een heel verstoord gebied was... dat het eigenlijk een hele nieuwe identiteit heeft gekregen ... het natuurgebied op zich zelf vind ik een ontzettende cultuur”*. Hoewel het Roegwold het veen in het gebied weer laat opleven, kan niet gezegd worden dat het gebied zich evolueert naar de cultuurhistorische landschappen waarin veengroei plaatsvond. De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer geeft aan dat het cultuurhistorische landschap van voor en tijdens de veenontginning nauwelijks terug te zien is doordat de nieuwe laag meer naar moeras en natuurlijkheid neigt. Daarnaast is voor de aanleg van het Roegwold de bovengrond afgegraven wat een grote impact heeft op het cultuurlandschap omdat de bodem ook onderdeel is van het erfgoed (European Commission, 2016). Het beheer van het natuurgebied is ook belangrijk in het behouden van de karakteristieken van het landschap. De ruimtelijke kwaliteit-expert: *“En een van de dingen waar ook wel rekening mee is gehouden is dat het een open landschap was ... En dat is bij de natuurontwikkeling en het beheer van het natuurgebied wel een van de principes waaraan gerefereerd wordt. Het is niet de bedoeling dat het zich daar ontwikkelt tot bos, tenminste op dit moment niet”*.

Figuur 11 laat de verschillende aspecten in het grensgebied tussen het Roegwold en polder Blauwe Molen zien volgens de methode van Hendriks en Kloen (2003). 11B laat de verticale samenhang te zien, waar zowel het agrarische landgebruik als het natuurgebied onder het niveau van de weg en het afwateringskanaal liggen. Op figuur 11C is de historische samenhang te zien, waar de veelvuldige grootschalige ontwikkelingen die zichtbaar zijn in figuur 8 naar voren komen. Figuur 11D laat de horizontale samenhang zien waar duidelijk blijkt dat de landbouw en natuurfunctie gescheiden van elkaar bestaan. Het rechte afwateringskanaal en de dijken vormen een duidelijke grens. De percelen zijn begrensd door rechtgetrokken sloten en de grenzen van het natuurgebied zijn opgetrokken uit rechte grenzen waarbinnen een meer organisch patroon zichtbaar is waarin veen behouden wordt. Dit wordt door de Provincie Groningen als volgt omschreven: *“Contrast tussen robuuste nieuwe natuur in de ‘natuur-as’ van ‘t Roegwold en de groene linten met de grote, overwegend rationeel ingerichte landbouw kern als tegenhanger”* (Provincie Groningen, 2021, p.128).

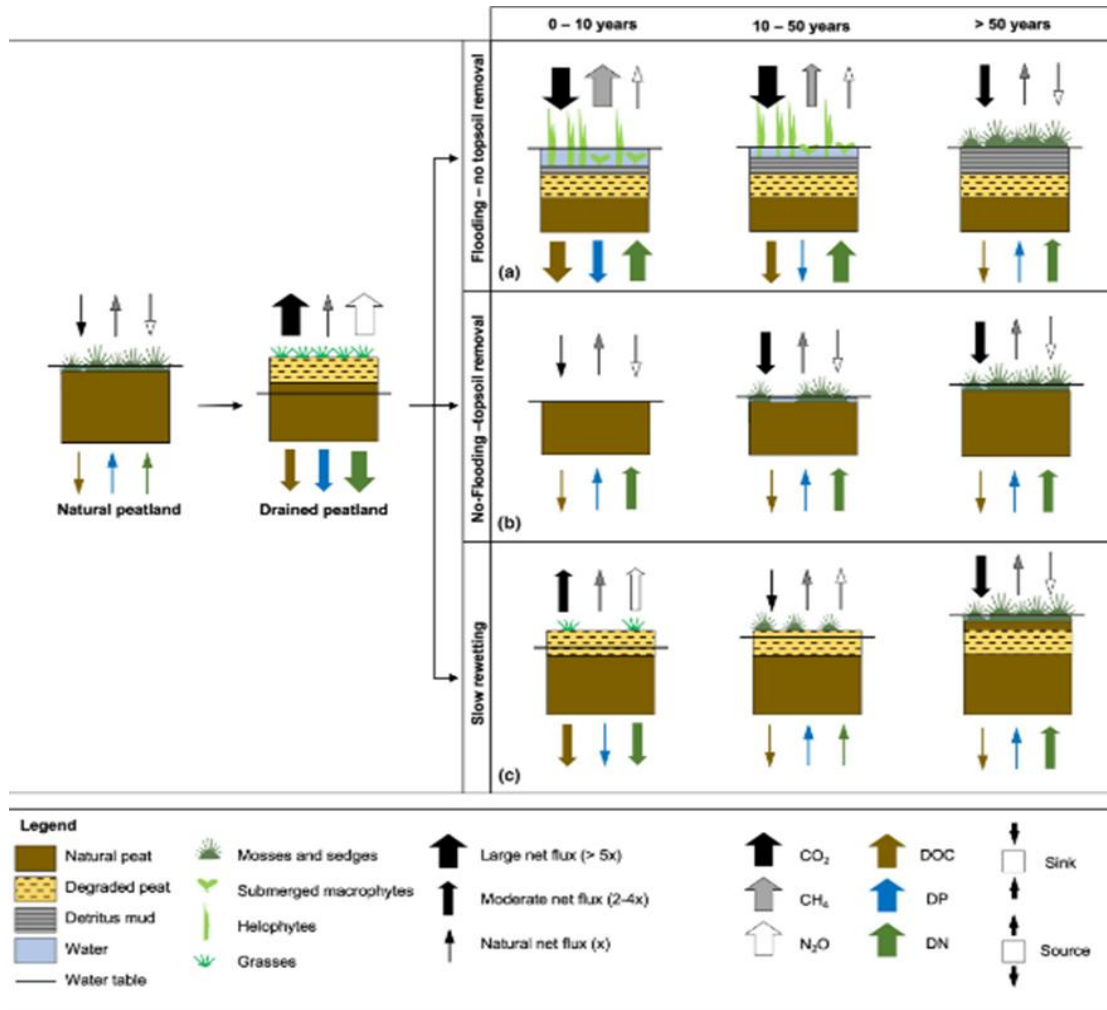


Figuur 11: A) Een schermopname van een onderdeel van het gebied waar het Roegwold links weergegeven is en de akkerbouw rechts zichtbaar is. (Bron: Google Earth, 2023). De verticale (B), historische (C) en horizontale (D) samenhang tussen de landschapselementen. (Bron: auteur volgens de methode van Hendriks en Kloen (2003))

Samenvattend zou een van de geïnterviewde experts, de ruimtelijke kwaliteit-expert, het huidige landschap omschrijven als *“een agrarisch landschap afgewisseld met natuur en de kenmerkende bebouwingslinten”*. Het behoud van deze aspecten is ook waar beleid op stuur. Het gebied vertoont nog kenmerken van de veenontginning historie, maar in noordoostelijke richting vervagen ze (Schroor en van Meijering, 2007). De cultuurlandschapexpert van Staatsbosbeheer geeft aan dat het belangrijk is om te kijken hoe het Duurswold zich verhoudt tot andere gebieden in Nederland: *“bijvoorbeeld het Drentse Aa gebied, dat is een gebied dat ook qua herkenbaarheid en tijdslijn en tijdsdiepte tot heel ver in de tijd terug gaat. Ja dan denk ik daar zou ik veel sneller voor een meer behoud strategie kiezen. ... in een aantal gebieden, die zijn nog zo gaaf ... daar zou ik echt veel meer voor een behoud van al die patronen gaan.”*

4.2 De relatie tussen broeikasgasemissies en veenherstel/behoud

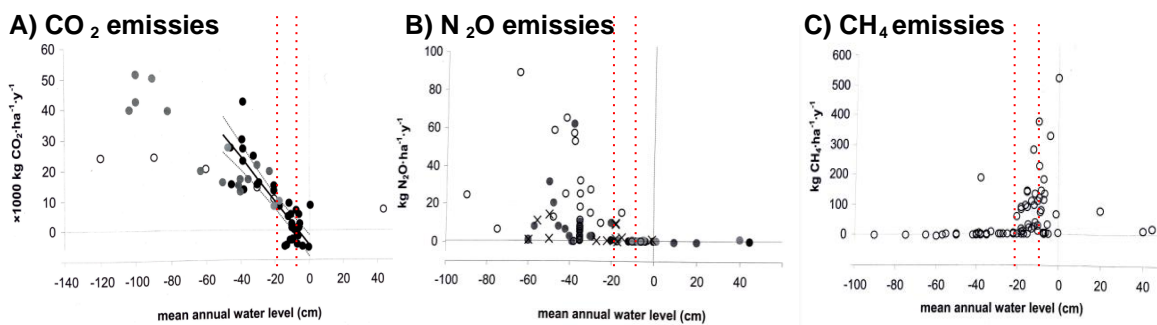
Voordat gekeken kan worden naar de specifieke situatie in het Duurswold is het van belang om de relatie tussen broeikasgasemissies en veenbehoud te belichten. Er zijn verschillende veenoxidatie-reducerende methoden bekend, die verbonden zijn met uiteenlopende broeikasgasemissies over tijd. Zak en McInnes (2022) tonen aan dat het onder water zetten van veengronden, het afgraven van de bovenste bodemlaag en het langzame vernatten, leiden tot verschillende emissies, zoals aangegeven in figuur 12. Zowel experts als literatuur noemen de grondwaterstand als belangrijkste factor die de uitstoot van veengebieden beïnvloedt (Tanneberger en Wichtmann, 2011). Dit is zeker relevant in Nederland aangezien het grootste deel van Nederlands veen is drooggemaakt en in de afgelopen eeuwen op de volgende manier onderhouden is: het veen wordt drooggemaakt, oxideert en klinkt in, hierdoor komt het dichterbij de grondwaterstand en wordt het te nat voor landbouwkundig gebruik, waarna het grondwaterpeil weer verlaagd wordt et cetera (Provincie Zuid Holland, 2018). Het vernatten van door landbouw aangetaste veengebieden kan leiden tot een emissiereductie uit N₂O en CO₂, waardoor Europa hier prioriteit aan geeft (Liu et al, 2020; Tanneberger en Wichtmann, 2011). Daarom ligt de focus van dit onderzoek voornamelijk op het vernatten van veengronden. In Nederland is 80% van alle veengronden in gebruik als landbouwgrond waar de jaarlijkse landelijke emissies in 2004 geschat werden op 4,24 miljoen ton CO₂ en 1043 ton N₂O (is 0,55 miljoen ton CO₂-eq), waarbij de N₂O-emissies over de tijd toenemen (Kuikman et al., 2005; Liu et al., 2020; Verhagen et al., 2009).



Figuur 12: Veenherstel methoden en hun emissies over verschillende tijdschalen. (Bron: Zak en McInnes, 2022)

Vernatting is noodzakelijk omdat door het droogmaken van veen veel poriën ontstaan die met zuurstof vullen (Tanneberger en Wichtmann, 2011). Hierdoor breekt het veen aeroob af en stoot het koolstof uit in de vorm van CO₂ (Deltares et al., 2021; Tanneberger en Wichtmann, 2011; Schothorst, 1977). Deze diffusie is verantwoordelijk voor meer dan 90% van de gasstromen uit veen (Tanneberger en Wichtmann, 2011). Uiteindelijk kan dit leiden tot het verdwijnen van het veen in een gebied. “Langdurige ontwatering kan leiden tot verandering in de bodemstructuur. Fysieke verliezen van veengrond treden op door oxidatie en het vrijkomen van broeikasgassen of door erosie waardoor de grond van het oppervlak wordt weggespoeld ... Deze fysieke effecten kunnen niet direct worden teruggedraaid, maar verliezen kunnen worden voorkomen terwijl het veen zich herstelt” (Dinesen en Hahn, 2019, p.10.). Daarnaast is een lagere gemiddelde grondwaterstand geassocieerd met hogere N₂O-emissies hoewel er geen duidelijk patroon gevonden is omdat de literatuur vaak geen onderscheid maakt tussen hoog- en laagveen (Tanneberger en Wichtmann, 2011; Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden, 2022). De kans op het ontstaan van N₂O is hoger wanneer er meer minerale stikstof in de bodem aanwezig is in combinatie met ammonium en nitraat (Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden, 2022).

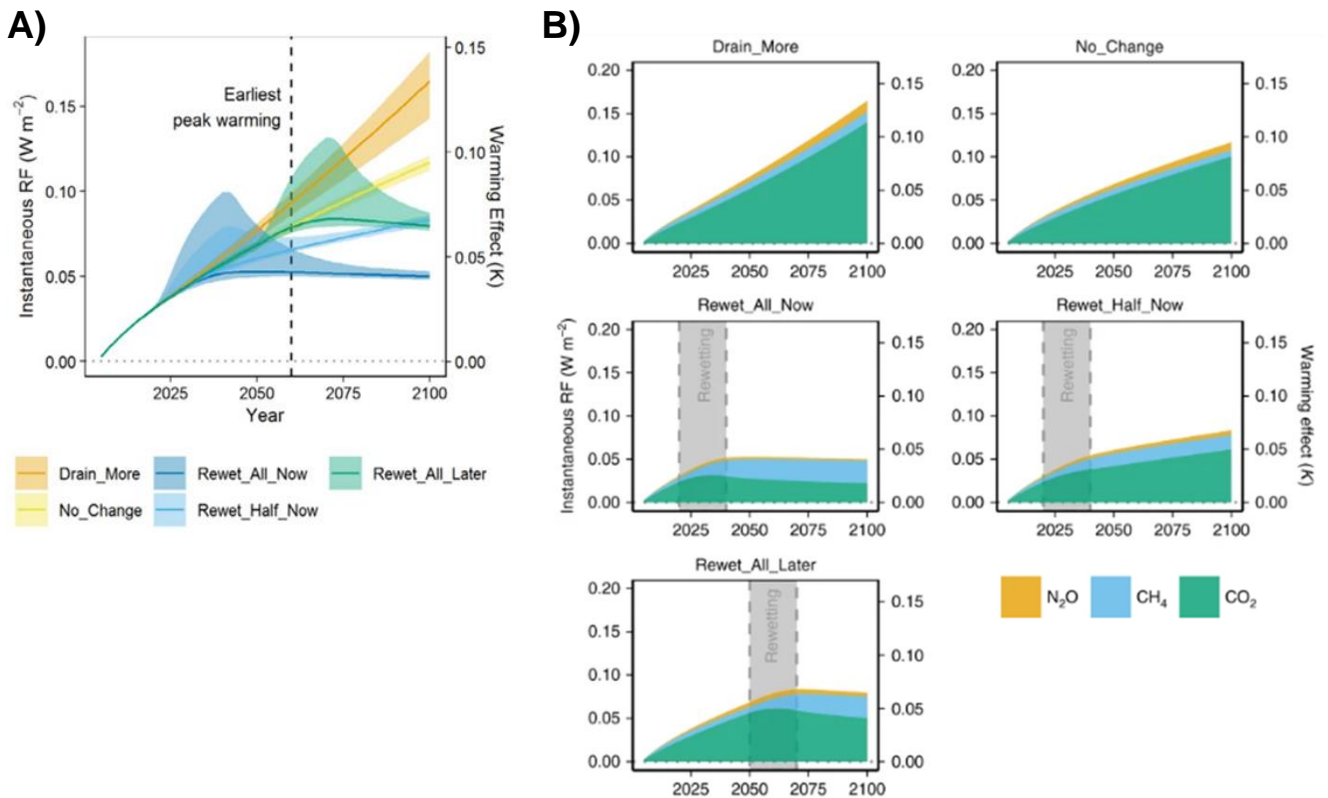
Deze vormen van uitstoot kunnen alleen gereduceerd worden door de veenbodems te vernatten en nat te houden (Deltares et al., 2021; PBL en Wageningen University, 2010). Een hogere waterstand leidt er volgens de hydro- en biochemische expert toe dat aerobe bacteriën het koolstof niet gebruiken als voedselbron, maar dat alleen anaerobe koolstofmetabolisme optreedt en daardoor minder CO₂ uitgestoten wordt, zoals weergegeven in figuur 1 (sectie 2.1). De vernatting van veenbodems is echter geassocieerd met hogere CH₄-emissies door anaerobe veenafbraak, vooral wanneer de veengrond gekenmerkt wordt door intensief graslandbeheer (Günther et al., 2020; Huth et al., 2020; Mitsch et al., 2012; van den Bos, 2003; Wageningen University, 2022). Daarnaast kunnen bacteriën in het veen CH₄ produceren, een proces dat sterk wordt beïnvloed door temperatuur en grondwaterstand (Robinson et al., 2023; Verhagen et al., 2009). Grafiek 1 geeft de CH₄, CO₂ en N₂O uitstoot in kilogram per hectare per jaar weer voor verschillende grondwaterstanden (Tanneberger en Wichtmann, 2011). De meest voordelige grondwaterstand voor emissies wordt door geïnterviewden beoordeeld op 10 tot 20 centimeter onder het maaiveld. Tanneberger en Wichtmann (2011) beweren dat een grondwaterspiegel aan het maaiveld niet leidt tot absolute CO₂-emissiereductie, maar dat de emissies bijna verwaarloosd kunnen worden. Wanneer gekeken wordt naar grafiek 1 is een grondwaterstand van 10 tot 20 centimeter onder het maaiveld inderdaad geassocieerd met lage CO₂-emissies en N₂O-emissies, vergeleken met een lagere grondwaterstand. De CH₄ uitstoot stijgt echter wel bij deze hogere grondwaterstanden. Naast de grondwaterstand is de kwaliteit van het water een belangrijke factor bij het bepalen van de potentie voor behoud, het mogelijke resultaat van herstelprognoses en de emissies.



Grafiek 1: De gemiddelde A) CO₂, B) N₂O en C) CH₄ uitstoot in kg/ha/jaar ten opzichte van de gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand in cm. Waar de optimale grondwaterstand gedefinieerd door experts aangegeven is met rode stippellijnen. (Bron: Tanneberger en Wichtman, 2011)

Hoewel de vernatting van veengronden zal leiden tot een grotere CH₄-uitstoot, zal dit effect na een initiële piek afnemen, zoals aangegeven in figuur 13A (Günther et al., 2020). Hier hebben alle scenario's rondom vernatting op lange termijn een lager opwarmingspotentieel dan wanneer er geen vernatting plaatsvindt. Er bestaat echter een discussie rondom de omgang met deze initiële CH₄-piek omdat de klimaatdoelen in de nabije toekomst liggen. De landschap- en hydro-ecologische expert legt dit uit als volgende: "We rekenen over het algemeen met gemiddelden over 100 jaar, dat noemen we het global warming potential 100. Maar je kunt ook over 50, of 25 of over 1000 jaar kijken. En als je methaan over 50 jaar bekijkt dan wordt het broeikaseffect nog veel groter. En als je het over 25 jaar bekijkt, nog groter. Maar als je het over 500 of 1000 jaar bekijkt dan is CH₄ totaal irrelevant omdat het de CO₂-emissie in hoeveelheden koolstof veel hoger is, en dat blijft veel langer in de atmosfeer. Dus voor de lange termijn is CO₂ het belangrijkste

en voor de korte termijn is CH₄ het belangrijkste.” Günther et al. (2020) geven aan dat de CH₄-emissies op korte termijn inderdaad afgezet moeten worden tegen de CO₂-emissies op lange termijn. Zoals weergegeven in figuur 13 B bereiken CO₂ en N₂O-emissies op korte termijn een plateau, maar het uitstellen van vernatting heeft tot gevolg dat er lange tijd CO₂ in de atmosfeer vrijkomt, wat een lange levensloop heeft. CH₄-emissies wegens volgens Günther et al. (2020) dus minder zwaar mee in de discussie.



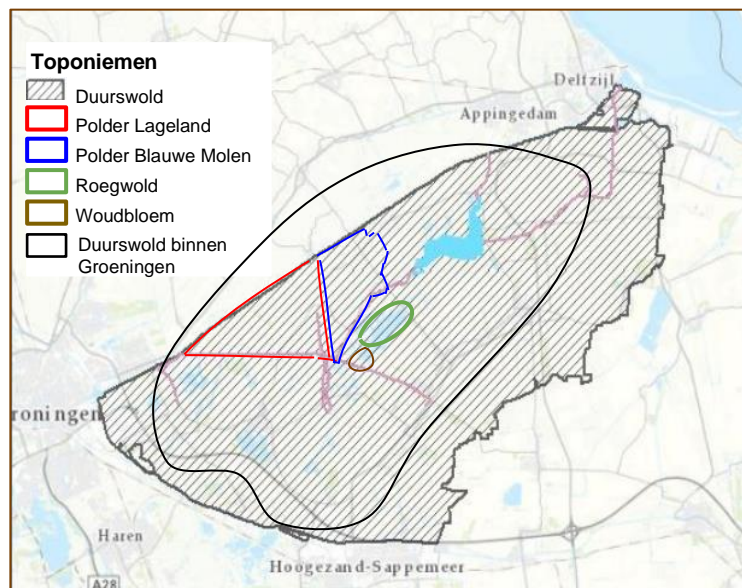
Figuur 13: A) De grafiek toont het effect van stralingsforcering en opwarming van de aarde van veenbeheer met een initiële 10 keer grotere methaan piek gedurende 5 jaar na vernatting, onder verschillende scenario's. B) Bijdragen van de broeikasgassen N₂O, CH₄ en CO₂ aan de totale stralingsforcering (RF) worden weergegeven met geschatte opwarmingseffecten in de gemiddelde scenario's. Het grijze gebied toont de periode van vernatting. Stralingsforcering (RF) is het verschil tussen de zonne-energie die de atmosfeer van de aarde binnenkomt en de hoeveelheid die wordt teruggekaatst naar de ruimte; het is een belangrijke maatstaf voor het broeikaseffect. (Bron: Günther et al., 2020)

De landschap- en hydro-ecologische expert beredeneert de andere kant van de discussie als volgt: “Er zijn ook klimaatwetenschappers die zeggen het is zo 5 seconden voor 12 om de boel behapbaar te houden, dus CO₂ is niet relevant en we moeten op de korte termijn alles rond zien te boksen. ... CH₄ heeft maar een korte termijn effect dus op korte termijn moeten we alle CH₄-emissies op zijn minst halveren, dan hebben we nog een kans dat we binnen de 1,5 graad blijven.” De cumulatieve effecten van N₂O, CH₄ en CO₂ van verschillende vernattings-scenario's zijn weergegeven in figuur 13B. Het ‘Drain More’ scenario gaat ervan uit dat het areaal drooggelegd veen tussen 2020 en 2100 in hetzelfde tempo blijft toenemen als tussen 1990 en 2017. In het ‘No Change’ scenario blijft het areaal drooggelegd veen op het niveau van 2018. In

het 'Rewett All Now' scenario worden alle drooggelegde veengebieden in de periode tussen 2020 en 2040 vernat. In het 'Rewet Half Now' scenario wordt de helft van alle drooggelegde veengebieden in de periode tussen 2020 en 2040 vernat. In het 'Rewet All Later' scenario worden alle drooggelegde veengebieden in de periode van 2050 tot 2070 vernat. Alle scenario's waar vernatting voorkomt hebben een kleiner opwarmend effect en een groter aandeel van CH₄ dan wanneer drainage doorgezet wordt. Hoe meer veen vernat wordt hoe lager het opwarmingspotentieel is, waar het vernatting van alle veengrond tussen 2020 en 2040 leidt tot een opwarmingspotentieel van 0,04 ten opzichte van 0,10 wanneer de huidige situatie doorgezet wordt. Wanneer gekozen wordt voor het vernatting van de helft van de veengrond, geldt dat het uitstellen van deze vernatting leidt tot een hoger opwarmingspotentieel van 0,06 ten opzichte van 0,04 wanneer alle veengrond zo spoedig mogelijk vernat wordt. Dit geeft dus aan dat het vernatting van veengrond leidt tot een kleiner opwarmingspotentieel en dat vernatting tussen 2020 en 2040 een groter effect heeft op het opwarmingspotentieel dan het vernatting tussen 2050 en 2070.

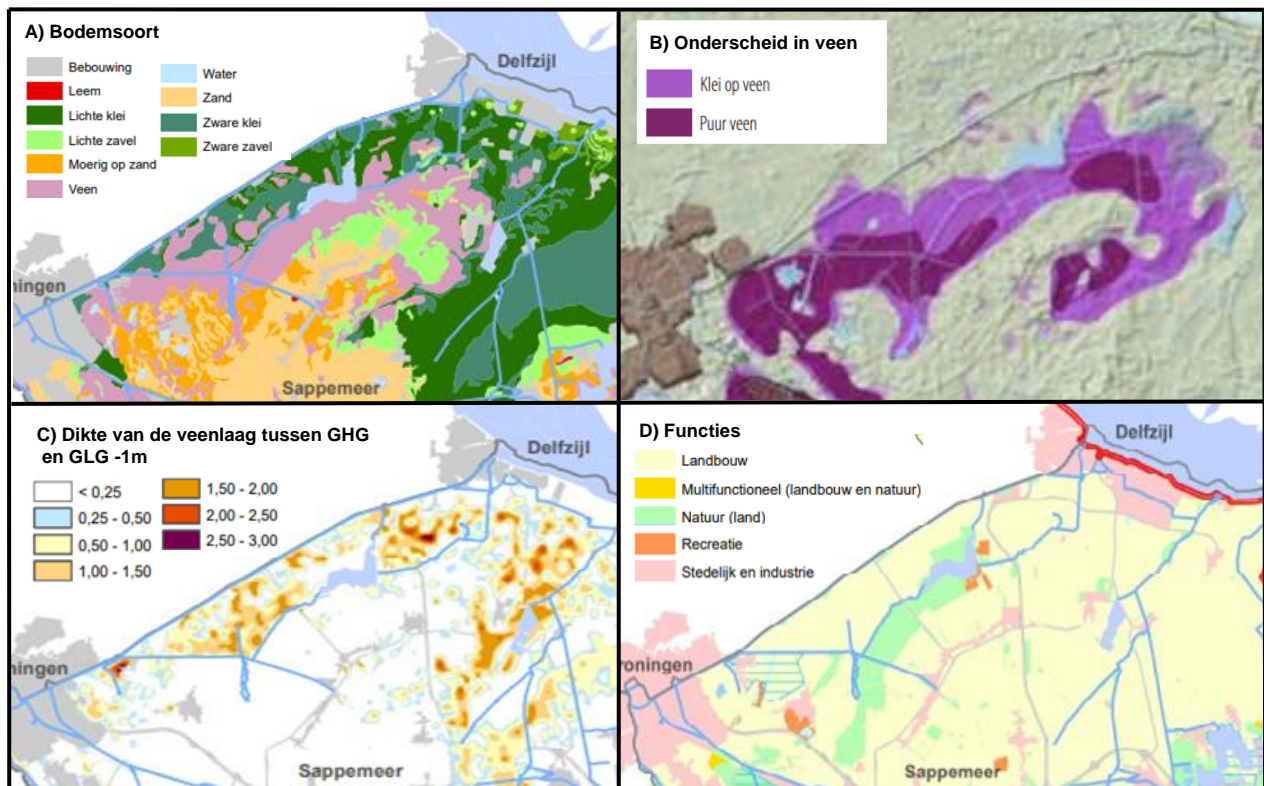
4.3 Potentie tot veenbehoud en/of herstel in het Duurswold

Tegenwoordig ligt het meeste veen in het Duurswold in de polders Lageland (585 ha) en Blauwe Molen (1202 ha) (figuur 14) (Provincie Groningen, 2022). Om te kijken naar de potentie voor het behoud en het mogelijke herstel van het veen in het Duurswold, moet eerst gekeken worden naar het grondgebruik, de conditie van het veen en het watersysteem in het gebied. Het Duurswold ligt onder N.A.P., waar de laagste gebieden meer dan 2 meter onder zeeniveau liggen (Figuur 5 in [sectie 3.1](#)). Een projectmedewerker veenweide strategie zegt hierover het volgende: *“het is niet logisch om in hele diepe polders water weg te pompen terwijl het juist de plek is waar je het water hoog zou kunnen laten staan.”* Het veen in het gebied wordt afgewisseld met zware klei en zavel en er zijn ook moerige gronden op zand aanwezig (Figuur 15A). De ecologische expert benadrukt de variatie in de bodemopbouw: *“als je dieper in de bodem gaat dan zie je ook dat het een enorme gelaagdheid is, door invloeden van de zee in het verleden. Dus het is soms klei op veen en op andere plekken is het veen op klei. En dan ook nog eens plekken met zandige bodems waar dan veen op zit. En het is een zure bodem en dat is kattenklei.”* Het onderscheid klei op veen en puur veen is te zien op figuur 15B. De veengronden bestaan uit slappe veengronden, die bij ontwatering onomkeerbaar dalen door oxidatie (Deltares et al., 2021). De omliggende gronden zijn ook zettingsgevoelig en klinken volgens een projectmedewerker veenweide strategie 1 tot 2 cm per jaar in. Veengronden die bedekt zijn



Figuur 14: Toponiemen in het Duurswold. (Bron: auteur met behulp van Hunze en Aa's, 2020)

met een kleilaag breken echter minder snel af en klinken met ca. 0,5 cm per jaar in (Friese Milieu Federatie, 2017). De dikte van het veenpakket in het Duurswold ligt tussen de 0,5 meter en 2 meter, waar het merendeel 1 tot 2 meter dik is (Figuur 15C). Omdat er een aanzienlijke hoeveelheid organisch materiaal ligt dat kan inklinken en oxideren heeft waterschap Hunze en Aa's een groot deel aangewezen als aandachtsgebied voor veenoxidatie (Hunze en Aa's, 2022). De vroegere interactie met de zee, besproken in [sectie 4.1](#), heeft een deel van het veen in het gebied afgedekt met een kleilaag, variërend van 10 cm dik tot meer dan 40 cm (de Vries et al., 2014). Landbouw beslaat het grootste areaal van de veengronden, zoals weergegeven in figuur 15D.



Figuur 7: A) De bodemkaart met veen in het paars (Bron: Hunze en Aa's, 2020); B) Het onderscheid in puur veen en klei op veen (Bron: Altenburg en Wymenga en Bureau Peter de Ruyter, 2022); C) De dikte van de veenlaag tussen de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (Bron: Hunze en Aa's, 2020); D) De gebruiksfunctie van het land (Bron: Hunze en Aa's, 2020).

Er zijn verschillende factoren die impact hebben op de potentie tot veenbehoud en mogelijk herstel. Uit de expert interviews kwam naar voren dat het landbouwkundige bodemgebruik de grootste impact op het veen heeft. De waterstand heeft jarenlang de landbouwfunctie gevolgd en werd voor de gewasgroei laag gehouden (Deltares et al., 2021). Het bestuur van Hunze en Aa's heeft in 2015 besloten om in aandachtsgebieden, waar het veengebied onder valt, een stand-still principe in te voeren waar geen nieuwe peilbesluiten genomen worden tot er een duurzame oplossing gevonden is (Hunze en Aa's, 2022). Medewerker waterschap: "We kunnen niet meer verlagen, de stuwen en gemalen draaien al op het laagste niveau. En het is een miljoenen- of miljardeninvestering om dat aan te passen". Momenteel ligt het zomerpeil in de veengebieden 80 tot 120 centimeter onder het maaiveld en is een groot deel van het

veen drooggelegd. Dit peilbeheer is niet optimaal, er wordt gestuurd op de laagste gronden waardoor het op lage plekken snel te nat wordt en voor boeren op droge koppen het land te droog is. Daarnaast wordt er geploegd waardoor er meer zuurstof bij het veen kan komen, wat het oxidatieproces versnelt (Tanneberger en Wichtmann, 2011). Het waterschap geeft aan dat wanneer alleen naar het watersysteem gekeken wordt en niet naar de functies, een peilverhoging van 40 tot 50 centimeter mogelijk is. Hierdoor zullen de zomerpeilen op 80 tot 30 centimeter onder het maaiveld uit kunnen komen. Voor het veen dat tot het maaiveld reikt wordt hierdoor niet het in [sectie 4.2](#) door experts aangewezen CO₂-eq-reducerende optimum van 10 tot 20 centimeter onder maaiveld bereikt. In de potentiële situatie wordt de drooglegging van het veen dat tot aan het maaiveld ligt echter wel gereduceerd. Voor de veengebieden die bedekt zijn met een laag klei kan dit betekenen dat het gehele veenpakket onder water staat. Kijkend naar de grondwaterstand is er dus een potentie om het veen in het gebied te behouden, hoewel dit impact zal hebben op het huidige grondgebruik.

Naast waterstanden spelen volgens experts ook de voedingsstoffen in de bodem een rol in de potentie tot veenbehoud. Volgens de landschap- en hydro-ecologische expert hebben de bacteriën en schimmels die de veenbodem afbreken, koolstof, stikstof, kalium en fosfor nodig die de bodem sneller afbreken wanneer er vocht aanwezig is. De waterkwaliteit van vernatting is dus van groot belang. Wanneer de grondwaterstand verhoogd wordt met zuurstofhoudend en nitraat- en fosfaatrijk water kan het afbraakproces versnellen (Tanneberger en Wichtmann, 2011). Nitraat en sulfaat kunnen optreden als vervanger voor zuurstof in het oxidatieproces waardoor, hoewel een minder dik veenpakket aeroob oxideert, het veen toch blijft afbreken. In het Duurswold is volgens de hydro- en biochemische expert veel ijzer aanwezig dat bacteriën als voedingsbron zullen prefereren voordat ze anaeroob koolstof als voedselbron gebruiken.

Atmosferische stikstof is ook een factor die meegenomen moet worden in de potentie tot veenbehoud. In Nederland is een relatief hoog atmosferisch stikstofgehalte aanwezig (van den Bos, 2003). Veenvegetatie is aangepast aan lage stikstof-niveaus, daarom leidt de verhoogde atmosferische stikstofafzetting tot veenafbraak als de drempel van 1 gN m²/jaar wordt bereikt (Bragazza et al., 2004; Loisel et al., 2020). In combinatie met de overvloedige nutriëntenbeschikbaarheid uit stikstof, leidt grondwaterstand stijging tot soorten armoede met een relatief hoge bovengrondse biomassa-productie van vaatplanten waardoor de veenvegetatie wordt overschaduwd (Bijlsma et al., 2011; van den Bos, 2003). Voor de herontwikkeling van een soortenrijk veengebied is dus een relatief voedselarm substraat nodig, omdat dit leidt tot ecologische verbetering van het gebied. Wanneer het veen echter afgedekt is met een kleilaag heeft atmosferische stikstof weinig invloed op het veenbehoud. De hydro- en biochemische expert zegt het volgende: *“[Stikstof] heeft eigenlijk niet zo veel invloed op het behoud van het veen, dat heeft echt te maken met oxidatie. Als je stikstof aan een levend veengebied toevoegt, verandert de ecologie en verliezen mossen hun concurrentievoordeel ... Bij conservering maakt het niet zo veel uit, want onder de bodemlaag ontstaat geen veengroei”*.

Het waterschap geeft aan dat er relatief hoge stikstofgehalten aanwezig zijn in het water van het gebied, die te traceren zijn naar de landbouwactiviteiten. De fysische geograaf geeft echter ook aan dat de hoge hoeveelheden stikstof, wanneer externe stikstof aanlevering uit bemesting stopgezet wordt, over de tijd

kunnen afnemen waardoor het veen potentieel behouden kan worden. Daarnaast geeft de ecologische expert aan dat een hoge stikstofdepositie kan leiden tot verzuring, maar dat de akkergronden vaak bekalkt zijn, dus minder snel zullen verzuren. Dus wanneer in het Duurswold de bemesting afneemt, bestaat er een potentie voor veenbehoud (de Vries, 2008). Kijkend naar veenherstel en dus groei, verschillen de meningen van experts. Er zijn experts die aangeven dat de gedeelten van het Duurswold die intensief gebruikt worden als akkerland funest zijn voor het veen in het gebied. De moeras ecooloog geeft aan dat het veen zo verdroogd is dat bij proeven waar de voedselrijke top laag verwijderd is, vernatting niet leidt tot het in gang brengen van veenvorming. De landschap- en hydro-ecologische expert zegt echter dat, hoewel het lastig is om op gang te komen, natuurgebieden met nieuwe veengroei aangelegd kunnen worden.

In het Duurswold moet ook rekening gehouden worden met de zuursprong die kan ontstaan. De ecologische expert benoemt dat er door de invloed van de zee zwavelverbindingen aanwezig zijn in de kleilaag die afgesloten zijn van zuurstof, ook wel kateklei of zure sulfaatbodems genoemd (Edelman, 1946; Prokopovich, 1988). Wanneer deze gronden drooggelegd zijn verzuurt de door oxidatie van zure sulfaten. Deze gronden zijn geassocieerd met een zuurgraad van lager 5 en bevinden zich vaak in een pH bandbreedte van 2-3 (Edelman, 1946). Volgens de ecologische expert zijn in het Duurswold zuurgraden van 2,8 en 2,2 gemeten terwijl de optimale pH van veengronden op 4,6 tot 5,2 ligt (Bräuer et al., 2006; Eurofins, n.d.). Wanneer deze gronden droogvallen zullen ze dus verzuren waardoor er geen vegetatie meer groeit. Dit is in het gebied ook te zien als zwarte vlekken waar reacties met het in zeeklei gebieden aanwezige ijzersulfaat hebben opgetreden (Edelman, 1946).

5. CO₂-eq-reducerende scenario's voor het Duurswold

Gezien de verschillende fysieke en politieke factoren die een rol spelen in de potentie van veenbehoud bespreekt dit hoofdstuk drie verschillende exploratieve scenario's waarop O₂-eq reductie uit het veen in het Duurswold aangevlogen zou kunnen worden. De drie scenario's zijn: landbouw met onderwater- of druk-drainage, natte landbouw en natte natuur. Daarnaast zijn er nog drie mogelijke reductiemethoden beschreven in bijlage D die als ongeschikt beoordeeld zijn: bebouwing, afdekking met een kleilaag en bebouwing van drooggemaakte veengronden. Het is van belang te belichten dat deze scenario's kunnen fungeren als start van een gesprek en in de huidige vorm niet de complete complexiteit meenemen.

Waterschap Hunze en Aa's geeft aan dat duurzaam waterbeheer ook inhoudt dat peilgebieden niet te klein worden door de toevoeging van stuwen en gemalen, omdat er dan veel gepompt moet worden en de onderhoudskosten oplopen. Voor elk scenario moet dus meegenomen worden dat vernatting op relatief grote schaal plaatsvindt. Kijkend naar de impact op het cultuurlandschap geeft de ruimtelijke kwaliteit-expert aan dat opgaven in de huidige maatschappij soms vragen om interventies die impact hebben op het cultuurlandschap: *"[het is noodzakelijk om te] kijken naar waar de opgaven nu liggen. En als dat het tegengaan van veenoxidatie is, dan horen daar nieuwe ingrepen bij die weer een nieuw hoofdstuk toevoegen aan het landschap. Ik denk wel dat de afweging met name zit in omgaan met de bestaande waarden.... als de opgave opweegt tegen wat er gebeurt als je het niet doet dan zul je er wel*

iets moeten”. In alle scenario’s is het van belang om de bestaande waarden in acht te nemen en een gesprek te voeren met inwoners van het gebied omdat de cultuurhistorie mensen aan elkaar en aan het gebied verbindt. Dit komt overeen met het model van Grunewald en Breed (2013) in figuur 2 ([sectie 2.2](#)) waar het cultuurlandschap door de tijd heen in een continue staat van wording verkeerd waar menselijke aanpassingen aan de natuurlijke en fysieke setting invloed hebben op de betekenis van het resterende landschap.

5.1 Scenario 1 - Landbouw met onderwater- of druk-drainage

5.1.1 Technische haalbaarheid

Het eerste scenario neemt het huidige landbouwkundige grondgebruik als uitgangspunt. Verschillende experts noemen onderwater- en druk-drainage (hierna afgekort als OWD en DD) als potentiële technische interventie in veengebieden om het landbouwkundige grondgebruik door te kunnen zetten. Bij OWD worden drainagebuizen onder het slootpeil aangebracht in een perceel waardoor water uit de sloot het grondwaterpeil uitvlakt (Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden, 2022). De grootte van het effect hangt af van de afstand tussen drainagebuizen, de doorlatendheid van de bodem en het slootpeil. DD werkt onafhankelijk van het slootwaterpeil omdat het waterpeil opgezet wordt vanuit putten. Wanneer er meer druk gecreëerd wordt vanuit de put kan het water sneller omhoog komen door de poriën in de grond.

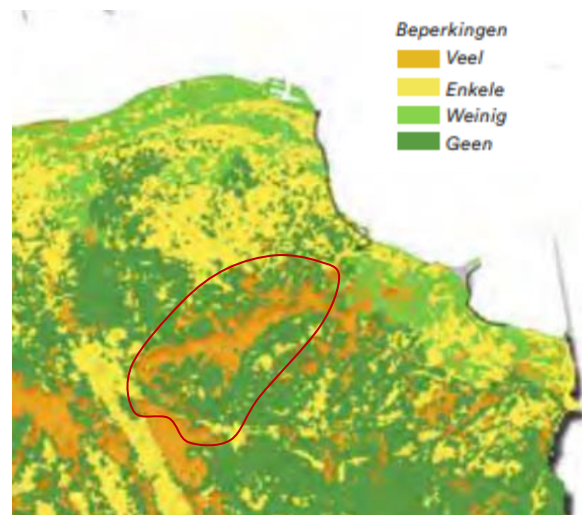
Binnen de literatuur en tussen de experts zijn verschillende opinies aanwezig over de effectiviteit van drainage op het reduceren van de emissies uit veen. Aan de ene kant hebben pilotprojecten aangetoond dat het gebruik van drainagebuizen leidt tot de reductie van CO₂-emissies. Voor Noord-Holland is berekend dat door het gebruik van OWD op 30 cm onder maaiveld een reductie van 9 tCO₂-eq/ha/jaar optreedt (Friese Milieu Federatie, 2017; van de Riet et al., 2014). Het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (2022), concludeerde daarnaast dat er een reductie van 40 tot 80 procent CO₂-uitstoot is gemeten in vergelijking met het referentieperceel. De gemeten CH₄-emissies waren laag, ondanks de hoge waterstand. De hoeveelheden ammonium en fosfor namen toe en spoelden via de drains ook uit naar het oppervlaktewater waardoor de kans op N₂O vorming toenam. Experts en de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer geven aan dat de manier waarop de positieve effectiviteit van onderwaterdrainage berekend wordt vaak gelimiteerd is (Stowa, n.d.). De landschap- en hydro-ecologische expert: *“de onderbouwing dat het wel helpt is eigenlijk alleen gegeven op basis van indirecte relaties, dat men relaties heeft gelegd met bodemdaling en dan zegt, we hebben zo veel bodemdaling voorkomen, die bodem daar zit zo veel koolstof in, dus dat ging anders aan CO₂ de lucht in dus dat hebben we voorkomen”*. Aan de andere kant hebben andere pilots aangetoond dat er geen CO₂-eq-emissiereductie ontstaat wanneer OWD gebruikt wordt, of dat er zelfs meer uitgestoten wordt (Couwenberg, 2018). Volgens de landschap- en hydro-ecologische expert is de kans groot dat nitraat en fosfaatrijk oppervlaktewater het veen in gepompt wordt, wat een negatief effect op het behoud van veen kan hebben. Grootjans et al. (2019) verwachten ook geen substantiële CO₂-emissiereductie door OWD en DD. Daarnaast geven Stuyt en van Bakel (2022) aan dat de werking van drainage door de tijd terugloopt

en regelmatig tot stilstand komt, waardoor het oude niveau van emissies en bodemdaling weer bereikt worden. De huidige bodemdaling is zichtbaar in figuur 16, waar het land aanzienlijk lager ligt dan de weg.



Figuur 16: De landbouwgrond klinkt in en ligt aanzienlijk lager dan de weg. (Bron: auteur)

Het grootste argument voor gebruik van OWD en DD is dat de businesscase voor landbouwers vergeleken kan worden met de traditionele situatie (Innovatie Programma Veen, 2022). Figuur 17 laat echter zien dat het Duurswold op het vlak van grondgebonden landbouw onderhevig is aan veel beperkingen (Deltares et al., 2021). Daarnaast kan uit de interviews met experts geconcludeerd worden dat de meningen over de CO₂-eq-reducerende werking van deze interventie verschillen. De fysieke geograaf concludeert dat onderwater drainage geen one size fits all solution is, het kan effectief zijn op de ene locatie, maar op de andere locatie een negatief effect hebben. De kwaliteit van het ingebrachte water is hier vooral van belang. Het waterschap geeft aan dat er in het gebied al veel drainage aanwezig is. Het effect is lokaal en ook waar drainage aanwezig is oxideert het veen in de zomermaanden. ODW zal dus niet per se een CO₂-eq-reducerend effect hebben voor het hele gebied. Er moet nog meer onderzoek gedaan worden naar de infiltratie in de grote percelen. De projectmedewerker veenweide strategie zegt hierover: “Druk drainage was een tijdje de heilige graal, maar dan zie je dat het toch anders uitpakt dan je gedacht had bij proeven in Friesland. Dus dat maakt het gesprek ook lastig, omdat je nog moet weten of het echt gaat werken.” Hier is ook een politiek gevoelige discussie aan gebonden over de toekomst van het boerenlandgebruik zoals we die nu kennen.



Figuur 17: De geschiktheidskaart voor grondgebonden landbouw. (Bron: Deltares et al., 2021)

5.1.2 Impact op het cultuurlandschap

Aangezien ODW en DD gebruikmaken van de huidige percelen en het huidige grondgebruik zal hierin voor het cultuurlandschap weinig veranderen. Het landschap zal open en weids blijven, zoals weergegeven in figuur 10 in [sectie 4.1](#). De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer geeft aan dat de ontginningspatronen de wortels van het gebied zijn en dat dit de mensen bindt aan een streek, waar de menselijke invloed en de betekenis van het resterende landschap van Grunewald en Breed (2013) belicht worden (Figuur 2). Gezien de ruilverkaveling, zijn de oude veenontginningspatronen al veelal verdwenen zoals beschreven in [sectie 4.1](#). Door het gebruik van ODW en DD kan het verkavelingspatroon van de ruilverkaveling echter blijven bestaan en blijft dit post-65 erfgoed herkenbaar.



Figuur 18: De aanleg van DD waarvoor de bodem vergraven moet worden. (Bron: Stichting Blauwzaam, 2021)

Volgens experts kan het boerengebruik van het land ook gezien worden als onderdeel van het culturele landschap. Door ODW en DD aan te leggen kan dit gebruik (op korte termijn) doorgezet worden en zal de relatie tussen de boeren en het land dus niet drastisch veranderen. De enige grote impact op het cultuurlandschap zal de vergraving zijn om de drainagebuizen aan te leggen, waar de bodem ook als erfgoed beschouwd kan worden (European Commission, 2016). Figuur 18 laat de vergravingen voor de aanleg van DD zien. De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer zegt het volgende: *“als je gaat graven loopt je archeologische waarde een groot risico ... vanaf het moment dat je gaat graven verstoort je patronen die er liggen”*. Het is echter zo dat er in het gebied al veel drainage buizen liggen waardoor dit aspect van het cultuurlandschap al aangetast is. Omdat dit een korte termijn oplossing is zal het veengebied door toepassing van ODW en DD over de tijd blijven inklinken waardoor de leesbaarheid van het landschap vermindert.

5.2 Scenario 2 - Natte landbouw

5.2.1 Technische haalbaarheid

De vraag die in de literatuur steeds meer aandacht krijgt is hoe oxiderende veengronden vernat kunnen worden terwijl ze gelijktijdig gebruikt kunnen worden voor productie (Wichtmann, Schröder en Joosten, 2016). Daarom focust scenario 2 op natte landbouw of paludicultuur wat kan worden gedefinieerd als het produceren van overstromingstolerante gewassen op natte gronden (Geurts, n.d.). Verhagen et al. (2009) stellen dat paludicultuur kan worden gebruikt als alternatief voor landbouwkundige gebruik geassocieerd met drainage. De projectmedewerker veenweide strategie geeft aan dat wanneer de grondwaterstand verhoogd wordt de reguliere intensieve landbouw niet overal haalbaar is *"Zeker niet voor boeren die op lage pure veengronden zitten, die straks het water op maaiveld hebben staan of 20 cm eronder."* Door te kiezen voor paludicultuur wordt de veenafbraak een halt toegeroepen en kan het veengebied zelfs in groei komen, terwijl boeren een alternatief product aangeboden krijgen (Geurts, n.d.; Verhagen, 2009).

De landschap- en hydro-ecologische expert geeft aan dat wanneer je op polder-basis je peil regelt, er een grote variatie ontstaat in de mogelijkheden voor de landbouw. Op drogere stukken kunnen natte graslanden en hooilanden voorkomen die een kruidenrijkdom kunnen produceren. De laagste en natste gebieden zullen meer geschikt zijn voor natte teelten. Dit kan goed gecombineerd worden met de al bestaande natuurgebieden om elkaar te versterken en een overloopgebied te zijn voor plant- en diersoorten. Daarnaast verhoogt het de kans op veengroei binnen het natuurgebied, omdat de waterkwaliteit daar stijgt en het natter kan blijven. Het landschap, de bodem en het watersysteem zullen dus leidend moeten zijn. Idealiter wordt dat deel van de plant geoogst dat niet nodig is voor veenvorming (Verhagen, 2009). Plantensoorten die van nature voorkomen in veengebieden kunnen vaak bovengronds worden geoogst zonder het vastleggen van veen in te perken. Zegge, papyrus, lisdodde en riet zijn geschikt om te groeien wanneer paludicultuur wordt toegepast. Riet en lisdodde zijn beide in staat om stikstof en fosfor aan het systeem te onttrekken en hebben dus een stikstofreducerende werking (Geurts et al., 2017; Zhang et al., 2008). Verder noemen experts ook de groei van cranberries, blauwe bessen, sla en aardbeien. Wichtmann et al. (2016) hebben tabel 2 gemaakt met biomassaproductie in veengebieden.

Tabel 2: Verschillende mogelijkheden voor biomassaproductie in veengebieden (Bron: overgenomen van Wichtmann et al., 2016)

Gebruik	Specificatie	Vegetatie	Moment van oogsten
Vee	Voer (hooi, kuilgras)	Natte weides	Begin zomer
	Weiland	Natte graslanden	Hele jaar
	Mest	Natte weiden	Zomer/Herfst
Grondstof	Dakbedekking	Riet	Winter

	Lijstwerk	Riet	Herfst/Winter
	Constructie/ isolatie	Riet en lisdodde	Winter
	Papier (cellulose)	Riet en rietgras	Winter
Energie	Warmte door ontbranding	Natte weides, rietvelden	Herfst/Winter
	Biogas/alcohol door fermentatie	Natte weides, rietvelden	Begin zomer
	Vloeibare brandstof	Natte weides, rietvelden	Hele jaar
Anders	Medische kruiden	Ongerepte en bijna natuurlijke moerassen speciale gewassen	Begin zomer
	Voedsel	Ongerepte en bijna natuurlijke moerassen speciale gewassen	Zomer/Herfst

Een nattere situatie vraagt een hoger waterpeil en volgens de landschap- en hydro-ecologische expert moeten hier diepe sloten voor gedempt worden en kleinere geulen gegraven worden. Door een hogere waterstand zal er minder veen oxideren, maar neemt de CH₄ uitstoot toe, zoals omschreven in [sectie 4.2](#). Tabel 3 weergeeft CO₂-eq schattingen ten opzichte van het huidige landgebruik waarvoor de *Site emission tool* van Carbon Connects gebruikt wordt, waarover meer informatie gegeven is in bijlage E (Interreg, n.d.). In deze berekeningen is gerekend met een veenoppervlakte gebaseerd op de polders Lageland en Blauwe Molen omdat hier het meeste veen van het gebied aanwezig is. Deze berekeningen zijn gebaseerd op inschattingen om een beeld te vormen van de CO₂-eq-emissiereducties. De limitering en overwegingen die hieraan gekoppeld zijn uiteengezet in bijlage F. Uit de berekeningen blijkt dat het totale opwarmingspotentieel van alle vernatting scenario's lager ligt dan de oorspronkelijke situatie waarbij gekeken wordt naar de situatie tot 2050. Ook laten de berekeningen zien dat de optimale waterstand aangedragen door experts (Scenario's 1 en 2) leidt tot een hogere CH₄ uitstoot dan een grondwaterstand van -55 die door Hunze en Aa's bereikt kan worden. De impact van CH₄ kan bediscussieerd worden, zoals uiteengezet in [sectie 4.2](#).

Tabel 3: De CO₂-eq-reductie van verschillende scenario's van paludicultuur in het Duurswold waar de situatie tot 2050 berekend is. De getallen zijn afgerond tot hele getallen. Berekend met de Site emission tool. (Bron: auteur met behulp van Interreg, n.d.)

	Oorspronkelijke situatie	Nieuwe situatie			
		Optimum waterstand aangedragen in literatuur en interviews		Waterstand die door Hunze en Aa's bereikt kan worden	
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Oppervlakte in h.a.	400	400	400	400	400
Dikte veenpakket	100	100	100	100	100
Gemiddelde grondwaterstand zomer	-100	-20	-20	-55*	-55*
Vegetatie klasse	Droge tot matig natte akkers op veenbodems	Paludicultuur	Natte hoge zegge	Natte rietlanden	Natte graslanden
Basis bemesting	150 kg dierlijk 100 kg kunst**	150 kg kunst***	150 kg kunst***	150 kg kunst***	150 kg kunst***
CH ₄ in tCO ₂ -eq voor het hele gebied	28	1.232	3.796	16	4
CO ₂ in tCO ₂ -eq voor het hele gebied	14.044	4.584	412	1.108	7.748
N ₂ O direct in tCO ₂ -eq voor het hele gebied	1.681	1.348	1.348	1.348	1.348
N ₂ O indirect in tCO ₂ -eq voor het hele gebied	403	229	229	229	229
GWP totaal tCO ₂ -eq voor het hele gebied	16.156	7.392	5.784	2.700	9.328
Netto broeikasgas besparing t.o.v. de oorspronkelijke situatie		8.764 tCO ₂ -eq/jaar	10.371 tCO ₂ -eq/jaar	13.456 tCO ₂ -eq/jaar	6.828 tCO ₂ -eq/jaar
		22 tCO ₂ -eq/jaar/ha	26 tCO ₂ -eq/jaar/ha	34 tCO ₂ -eq/jaar/ha	17 tCO ₂ -eq/jaar/ha

*Een grondwaterstand van 55 cm onder het maaiveld wordt gezien als gemiddelde grondwaterstand die door Hunze en Aa's bereikt kan worden. **Als basis bemesting is een combinatie van 150 kg mest en 100 kg kunstmest gekozen, welke is aangeraden door de landschap- en hydro-ecologische expert. ***Voor de bemesting van nieuwe gewassen is 150 kg gekozen aangezien dit als gemiddelde bemesting gezien wordt in onderzoek van Altenburg en Wymenga (2022) en geassocieerd wordt met hogere opbrengsten in het onderzoek van het Innovatie Programma Veen (2022).

Experts benadrukken het belang van een goed verdienmodel voor boeren, omdat het van belang is de boeren ook een duurzaam toekomstperspectief te geven wanneer natte landbouw geïntroduceerd wordt. De landschap- en hydro-ecologische expert legt uit dat paludicultuur geassocieerd is met een lagere opbrengst en het feit dat grote machines niet op het land kunnen rijden. Dit gaat in tegen de bedrijfsmatige, psychologische en landbouwkundige ontwikkelingen van de afgelopen 50-75 jaar. Volgens Verhagen (2009) kunnen landschap-condities die ontstaan bij veenbehoud echter ook verenigbaar zijn met het laten grazen van vee, waar de cultuurlandschap-expert van Groeningen zegt dat deze wel klein moeten zijn zodat ze niet wegzakken.

In het veengebied kan ook ingezet worden op de verschillen in toegevoegde waarde tussen producten (Bos et al., 2014). Het project Better Wetter in Friesland is een voorbeeld waar een regionale businesscase uitgewerkt wordt voor alternatieve producten van veengronden (Better Wetter, n.d.). Hier wordt gekeken of lisdodde gebruikt kan worden om biolaminaat en isolatiemateriaal te maken. De landschap- en hydro-ecologische expert zegt hierover dat er zo'n 1000 tot 5000 hectare lisdodde gebruikt kan worden als toevoer voor de fabriek. De fysische geograaf ziet echter niet per se toekomst in deze lisdodde teelt: *"Of het economisch echt rendabel is, daar twijfelt men zeer aan .. dus daar ga je niet in hele grote gebieden op over."* Kijkende naar de biobased waarde piramide is het hoogwaardiger om voedsel of cosmetica te produceren omdat je meer investeringen kunt oppakken in je verdienmodel (Bos et al., 2014). Experts geven aan dat er aan het begin van een dergelijke transitie steun zou moeten zijn vanuit de overheid. R2: *"De potentie is enorm maar het is, zonder dat daar een doelgericht steunpakket vanuit een overheid bij zit, simpelweg niet rond te krijgen."*

5.2.2 Impact op het cultuurlandschap

Natte landbouw vraagt een hogere grondwaterstand, wat het uiterlijk en de leesbaarheid van het huidige cultuurlandschap zal beïnvloeden. Door te bewegen naar natte landbouw kan de boerencultuur, die een groot onderdeel is van het cultuurlandschap, in stand gehouden worden. De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer associeert de boerencultuur met het vermogen om te innoveren en het aanpassen aan omstandigheden. Waarbij benadrukt wordt dat het cultuurlandschap van het Duurswold gekenmerkt wordt door de hoeveelheid ingrepen door de tijd, en dat het (her)introduceren van natte landbouw een nieuwe laag toevoegt.

De grootschalige landinrichting die geassocieerd is met de ruilverkaveling zal deels moeten wijken, hoewel dit onderdeel is van het post-65 erfgoed (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2011). Het cultuurlandschap van voor de ruilverkaveling zal volgens experts als basis gelden. De moeras ecooloog: *"de diepe sloten dicht ... de structuur gaat veel meer naar het oude landschap, niet het middeleeuwse landschap, maar het landschap van voor de oorlog. Dus in feite is die hele intensivering van de 60-80er jaren een intermezzo."* De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer geeft aan dat door het introduceren van geultjes de maat weer terug komt in het landschap: *"je historische landschap behouden of beleefbaar maken of herkenbaar, dan ga ik 50 jaar terug kijken toen waren de waterstanden ook echt hoger en de sloten vaak smaller en ondieper. Dus door daarbij aan te sluiten kun je al heel veel doen aan dat waterbeheer. En ik denk dat er al heel veel kansen liggen om, als je de historische patronen kent, om*

daar dan wel naar te kijken ik denk dat je daarmee wel het landschap een stuk herkenbaarder kunt maken.” De verkaveling door de tijd die uiteengezet is in figuur 8 in [sectie 4.1](#) zal dus als leidraad kunnen dienen. Op deze manier dicteert het landschap het gebruik en het peil waardoor er meer terug kan worden gegaan naar het landschap van voor de ruilverkaveling, met aanpassingen aan de moderne tijd qua oogstmethoden. Daarnaast geeft de cultuurlandschap-expert van Groeningen aan dat de mogelijkheid bestaat om oud-Hollandse grazers toe te voegen als beheersmaatregel. De kleinere greppels waarin natte gewassen groeien zijn al zichtbaar in natuurgebieden in het Duurswold, zoals weergegeven in figuur 19. Wichtmann en Joosten (n.d.) geven aan dat het open cultuurlandschap dat geassocieerd wordt met het veenlandschap bij de introductie van paludicultuur behouden blijft. De openheid van het landschap is bijvoorbeeld ook gewaarborgd bij pilotvelden van Better Wetter die in [sectie 5.2.1](#) genoemd zijn, zoals ook zichtbaar in figuur 20.



Figuur 19: Smalle greppel waar riet in groeit in het Duurswold. (Bron: auteur)

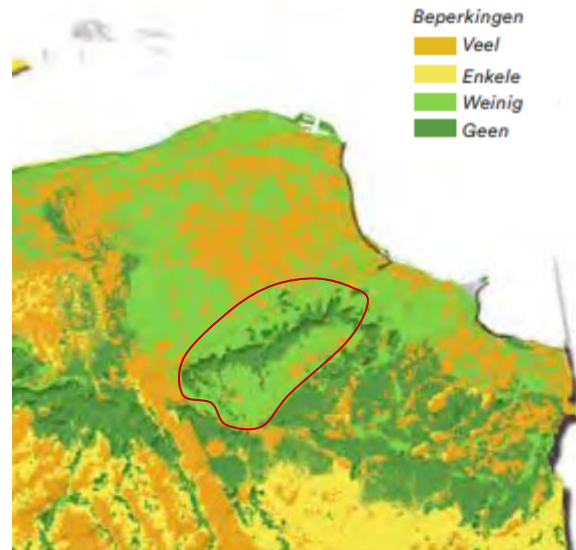


Figuur 20: Een lisdodde veld van uit het Better Wetter project waar de open en weidsheid geborgen is. (Bron: Altenburg en Wymenga en Bureau Peter de Ruyter, 2022)

5.3 Scenario 3 - Natuurontwikkeling

5.3.1 Technische haalbaarheid

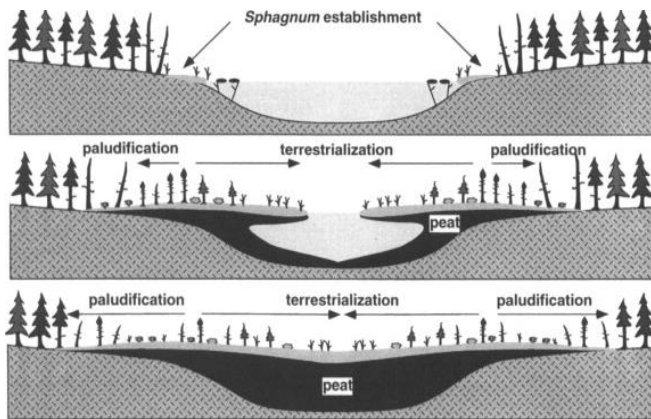
Deltares et al. (2021) geven in hun rapport over de maakbaarheid van het watersysteem aan dat het Duurswold geassocieerd is met weinig tot geen beperkingen voor natte natuur (Figuur 21). Het gebied omvat al verschillende natuurgebieden rondom het Schildmeer zoals het Roegwold en Tetjehorn (Elzinga en Oterdoom, 2013). Hier is het van belang om te noemen dat toen het Roegwold ontwikkeld is, medegedeeld is dat die ontwikkeling niets betekende voor de landbouw rondom het natuurgebied. Er ligt dus ook een maatschappelijk vraagstuk over het ontwikkelen van nieuwe natuur. Deze studie noemt het scenario toch omdat natuurontwikkeling als mogelijke CO₂-eq-reducerende interventie genoemd is door verschillende experts.



Figuur 21: De geschiktheidskaart voor natte natuur.
(Bron: Deltares et al., 2021)

Bij natuurvorming kan onderscheid gemaakt worden tussen het veen dat tot aan de oppervlakte reikt en het veen dat met klei bedekt is, zoals aangegeven in [sectie 4.1](#) (de Vries et al., 2014). Wanneer het waterpeil tot aan of net boven de bovengrens van het veen gezet wordt, ontstaat er volgens de hydro- en biochemische expert een balans waar het veen zal verkeren in zuurstofloze omstandigheden. Dit reduceert de oxidatie en vermindert de CO₂-uitstoot. Doordat er geen natte veengronden blootliggen zal de hoeveelheid CH₄ ook lager zijn dan wanneer dit wel zo zou zijn. De hydro- en biochemische expert geeft aan dat hier nog oppervlakkig wortelende vegetatie kan groeien door de aanwezigheid van zuurstof in de kleilaag en de capillaire werking tussen het grondwater en het bodemwater. Hierdoor zullen er waarschijnlijk geen bomen wortelen, maar kunnen struiken en kruiden goed gedijen, waardoor het gebied geschikt zou zijn voor weidevogels (Altenburg en Wymenga, 2022). Deze weidevogels zijn al aanwezig in de huidige natuurgebieden. Hier kan vochtig grasland met kruiden ontstaan waarvan de CO₂-eq-reductie/ha/jaar berekend is op 15 tot 20 ton. Daarnaast is nat soortenrijk grasland en schraalland geassocieerd met een CO₂-eq-reductie/ha/jaar 5 tot 10 ton is. De Friese Milieu Federatie (2017) concludeert echter dat het onduidelijk is in hoeverre natuurwaarden toenemen wanneer het waterpeil onder het kleipakket opgezet wordt.

Wanneer het doel is om veen te herstellen of natte natuur te creëren waar veen aan het maaiveld ligt, zal dit gepaard moeten gaan met een verhoogde grondwaterstand. Door vernatting zal in een ideale situatie moerasvorming tot stand komen (vertaling van het Engelse woord paludification), waarin veen vormt op eerder drogere begroeide habitats en op anorganische bodems als gevolg van grondwaterspiegel stijging,



Figuur 22: Het proces van moerasvorming. (Bron: Wetzel, 2001)

zoals weergegeven in figuur 22 (Fath, 2019; Wetzel, 2001). Volgens de hydro- en biochemische expert groeit hierbij veenmos aan en verzuurt het gebied. Hiervoor moet een competitieve voorsprong gecreëerd worden voor veenmossen door de zaailingen die zullen groeien te verwijderen omdat veenmossen de potentie hebben om over de tijd meer koolstof op te slaan dan bossen, waardoor de CO₂ uitstoot daalt. Volgens Loisel et al. (2014) hebben veengebieden een efficiëntere koolstofsequestratie snelheid dan bossen

wanneer gekeken wordt naar lange periodes van tijd. Ze zijn dus de meest ruimtelijk-efficiënte koolstofopslag (Page en Baird, 2016). Er moet echter wel rekening gehouden worden met de hogere CH₄-emissies geassocieerd met hogere waterstanden, zoals omschreven in [sectie 4.2](#). Het is volgens de hydro- en biochemische expert en de ecologische expert van belang dat dit proces geleidelijk ontwikkelt door de waterstanden langzaam omhoog te zetten zodat het ecosysteem in ongeveer 10 jaar kan veranderen. Volgens het waterschap kunnen veel gebieden vernatten, maar moet ook rekening gehouden worden met de inlaat van de hoeveelheid water omdat het waterpeil in de zomer wegzakt. Hier kan dan gekozen worden om water van buiten het natuurgebied in te laten, maar daarvan is de kwaliteit vaak lager, wat schadelijk kan zijn voor het veen.

Volgens de landschap- en hydro-ecologische expert wordt sinds de jaren 80 al geprobeerd om veenvorming in natuurgebieden op gang te brengen, iets wat gezien wordt als moeilijke uitdaging omdat de grondwaterstanden laag zijn en er veel nutriënten aanwezig zijn in het oppervlaktewater. Wanneer de N-afzetting de drempel van 1gN m²/jaar bereikt zal dit leiden tot veenafbraak (Bragazza et al., 2004; Loisel et al., 2020). De moeras ecooloog en de ecologische expert omschrijven dat er op overbemeste bodems rekening gehouden moet worden met de vrijkomende fosfaten. Wanneer de waterlaag rijk is zullen er veel algen en vaatplanten groeien waardoor andere organismen moeilijker gedijen (Bragazza et al., 2004; Loisel et al., 2020). Zoals door de fysische geograaf in [sectie 4.3](#) beschreven, zullen echter ook nutriënten geabsorbeerd en afgestoten worden. De ecologische expert geeft aan dat peildynamiek hier deels op in kan spelen, maar concludeert dat het niet de ideale plek is voor veengroei: *“In de zomers krijg je reductieprocessen waarbij een deel fosfaat in oplossing komt en afgevoerd kan worden ... maar om nou te zeggen dat je ook iets gaat maken dat in ontwikkeling komt, waar veengroei gaat plaatsvinden, dan moet je niet zijn op die superrijke plekken.”* Uit proeven uitgevoerd door de moeras ecooloog in het Duurswold, werd geconcludeerd dat bloemrijke graslanden niet eens in stand gehouden konden worden door de voeding van de landbouw in de toplaag. Ook wordt door de moeras ecooloog gezegd dat het verwijderen van de voedselrijke bovenlaag niet genoeg is om de veenvorming door mossen weer op gang te brengen voor de komende 100 jaar. De mineralisatie van het veen zal volgens de moeras ecooloog echter wel afnemen wanneer het gebied vernat wordt.

Het Roegwold kan gezien worden als voorbeeld waar natte natuur gecreëerd is binnen het Duurswold, waar de rijke veen-toplaag voor verwijderd is. In de literatuur wordt natte natuur als volgt omschreven: *“omvat veenvormende vegetaties, welke op lange termijn nutriënten vastleggen. Het kan worden gezien als de oorspronkelijke vegetatie van veel veenweidegebieden.”* (Stowa et al., 2021, p.82). Uit onderzoek van Kreyling et al. (2021) is echter gebleken dat het vernatten van drooggelegde veengebieden vaak niet leidt tot de vegetatie en het functioneren van het ecosysteem van voor de verdroging. De hydrologie, geochemie en landschap karakteristieken van vernatte veengebieden verschillen van oorspronkelijke gebieden en de diversiteit aan soorten is minder groot. Er is een verschuiving zichtbaar waar hoge grasachtige veenvegetatie dominant is. Daarnaast is de relatief grote wateroppervlakte in het Roegwold van invloed volgens de ecologische expert. De combinatie van wind en de matige waterkwaliteit leidt tot een niet-



Figuur 23: Rietgroei in natuurgebied Woudbloem. (Bron: auteur)

optimaal milieu voor riet om uit te lopen en voor afgestorven waterplanten om de bodem op te hogen. Het creëren van nieuwe natuur hoeft dus niet altijd te leiden tot de ideale uitkomsten voor natuur, hoewel er in het aangelegde natuurgebied Woudbloem wel veel riet groeit zoals te zien op figuur 23. In het creëren van natte natuur moet het doel dus meegenomen worden in de overwegingen over de inrichting. De ecologische expert geeft aan dat op ondiepe plekken binnen een vernat natuurgebied wilgenstruweel zou kunnen groeien, waar de hogere waterstand geassocieerd is met grotere CH₄-emissies ([sectie 4.2](#)).

Samenvattend stelt natuurcreatie in veenweidegebieden hoge eisen aan het (grond)water en de bodemsamenstelling (Deltares et al., 2021). In het Duurswold zijn de waterkwaliteit, de overbemeste bodem, de aanwezigheid van katteklei en de weidsheid factoren die een rol spelen in de mogelijkheid tot CO₂-eq-reductie. Naast de focus op veengroei kan er in gebieden met een dikke toplaag ook gekozen worden om het grondwater tot net aan de bovenkant van het veen te verhogen. Hierdoor zal de oxidatie van het veen gereduceerd worden en zal er grote CO₂-eq-reductie optreden.

5.3.2 Impact op het cultuurlandschap

Wanneer nieuwe natuur gecreëerd wordt zal het landbouwkundige gebruik van het gebied moeten wijken. Dit heeft een grote invloed op het cultuurlandschap, gezien het landbouwkundige gebruik en de menselijke interactie met het landschap die daarmee geassocieerd is. De leesbaarheid van het landschap neemt ook af wanneer water vastgehouden wordt in een natuurgebied. De cultuurlandschap-expert van Staatsbosbeheer zegt het volgende: *"Ik vind dat je je landschapsstructuur dan vrij snel aantast op het moment dat je water wilt vasthouden Je krijgt gekke omgekeerde landschappen. Je verwacht dat veen nat is en laag ligt en dat de natuurgebieden nu nat zijn en het hoogste liggen. Dus dat is een soort gekke omkering die je ziet ... het begrip van hoe een landschap werd gebruikt en ontgonnen vind ik lastiger leesbaar."* De ruimtelijke kwaliteit-expert zegt echter dat het reliëf over de tijd al erg veranderd is door de inklinking en dat het cultuurhistorisch niet problematisch is als daar verandering in ontstaat in dit gebied.



*Figuur 24: Een voorbeeld van kruidenrijk grasland op veengrond.
(Bron: Hengeveld, n.d.)*

Wanneer er een toplaag van klei aanwezig is zal, volgens de cultuurlandschap-expert van Groeningen, het cultuurhistorische landschap anders zijn dan wanneer de toplaag puur veen is, omdat hier een andere vegetatie zal voorkomen. Wanneer het veen onder een kleilaag ligt kan er volgens de hydro- en biochemische expert kruidenrijk grasland ontstaan. Hierdoor kan de openheid van het landschap gewaarborgd blijven zoals te zien op het voorbeeld in figuur 24. Wanneer er gekozen wordt om gedeelten van het gebied af te graven om slenken en geulen aan te leggen met het doel om verschillende flora en fauna een habitat te

bieden, zal de bodem en daarom het cultuurlandschap ook aangetast worden (European Commission, 2016). Daarnaast leidt de creatie van natte natuur niet altijd tot traditionele soortvorming zoals gedefinieerd door Stowa et al. (2021). Experts geven aan dat er niet te veel en te groot open water aangelegd moet worden omdat dit schadelijk is voor de groei van veenmos en riet zich niet goed kan wortelen. Het grote open water is echter wel geassocieerd met een habitat voor een breder scala aan weidevogels. De vegetatie zal dus niet per se terugkeren naar een traditioneel veenlandschap uit het verleden, hoewel de oorspronkelijke vegetatie wel onderdeel is van de definitie van natte natuur (Stowa et al., 2021).

Het doel van de natuurcreatie zal dus een verschil maken voor de impact op het cultuurlandschap. Daarnaast zullen de gekozen beheersmaatregelen invloed hebben. Zo kan er gekozen worden om zaailingen te verwijderen om veenmossen meer kans te geven en zo de openheid die momenteel met het gebied geassocieerd wordt te bewaren. Volgens Schroor en van Meijering (2007) waren de randen van het veengebied vroeger echter bedekt met bossen waardoor ook deze laag deel uitmaakt van het verhaal van het landschap. Bij de ontgraving van het Roegwold zijn ook boomstronken gevonden, zoals weergegeven in figuur 25. Het kan dus bediscussieerd worden welke vroegere laag van het landschap wensbaar is met oog op het verhaal van het landschap. Ook wordt door de cultuurlandschap-expert van Groeningen als beheersmaatregel ook het grazen door kleinere oud Hollandse koeien genoemd, waardoor oude rassen terug kunnen keren in het gebied.



Figuur 25: Boomstronken in het water van het Roegwold, die aangeven dat hoewel het landschap nu open is, er vroeger bomen groeiden. (Bron: Staatsbosbeheer, n.d.)

6. Discussie

Nu de onderzoeksresultaten behandeld zijn, worden de antwoorden op de deelvragen uiteengezet in dit hoofdstuk door deze te vergelijken met bestaande literatuur. Hierna zal de hoofdvraag beantwoord worden. Vervolgens zal gereflecteerd worden op de verzamelde data en methoden.

Dit onderzoek kijkt naar de technische haalbaarheid van veenbehoud en mogelijk herstel in het Duurswold. Door middel van een literatuurstudie en expertinterviews is gekeken naar het potentieel voor veenherstel in het Duurswold en de parameters die hieraan verbonden zijn. Zo zijn de specifieke bodemsamenstelling, de hoogte, het landgebruik en mechanismen van broeikasgasemissies in veen meegenomen voor het Duurswold. Op basis hiervan zijn drie CO₂-eq-reducerende scenario's voor de veenweide in het Duurswold ontwikkeld, waarbij gefocust is op de effecten op het cultuurlandschap.

Uit expert interviews en literatuur is gebleken dat het veen in het Duurswold door drooglegging oxideert. Hierdoor loopt het gebied tegen de grenzen van het hydrologische systeem aan. Binnen het gebied valt een onderscheid te maken tussen het aanwezige veen, waar een deel onder een kleilaag ligt en een deel reikt tot het oppervlak. Momenteel wordt een zomerpeil van 80 tot 120 cm onder het maaiveld gevoerd, waar het waterschap aangeeft dat deze met 40 tot 50 centimeter verhoogd kan worden, wanneer niet gekeken wordt naar het huidige landgebruik. Voor de veengebieden aan het oppervlak wordt hiermee niet het CO₂-eq-reducerende optimum van 10 tot 20 centimeter onder het maaiveld bereikt, dat door experts en literatuur aangedragen is (Tanneberger en Wichtmann, 2011). De vernatting zal echter wel leiden tot gereduceerde drooglegging en CO₂-eq-emissies. Voor het veen onder het kleidek zou deze ontwikkeling betekenen dat een groot deel, of het hele veenpakket onder water staat, afhankelijk van de

dikte van de kleilaag. Op deze gebieden zal hierna natte natuur of landbouw die natter is dan de huidige situatie kunnen plaatsvinden. Het vernatten van door landbouw aangetaste veengebieden kan dus leiden tot een emissiereductie van N₂O en CO₂ (Liu et al, 2020; Tanneberger en Wichtmann, 2011). Bij een verhoogde waterstand zal de hoeveelheid CH₄-uitstoot echter ook toenemen, waar de omgang met de atmosferische levensduur en initiële piek een belangrijk maatschappelijk discussiepunt is. De ademhaling van de bovengrond zal echter altijd plaatsvinden waardoor een basisniveau aan CO₂ uitgestoten wordt.

Gezien de landbouwkundige geschiedenis is er grote mate aan nutriënten aanwezig in het Duurswold. Hierdoor neemt de kans op N₂O-emissies toe (Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden, 2022). Daarnaast kan de hoge nutriëntenvoorraad in combinatie met de aanwezige hoge atmosferische stikstof-afzetting leiden tot de groei van vaatplanten op veen dat aan het oppervlak ligt, waardoor er concurrentie voor veenvegetatie ontstaat (Bijlsma et al., 2011; Bragazza et al., 2004; Loisel et al., 2020; van den Bos, 2003). Tevens leidt een hoge atmosferische stikstofdepositie tot verzuring van een veengebied, wat in het Duurswold echter minder snel zal gaan door de bekalkinggeschiedenis (de Vries, 2008). Geïnterviewde experts hebben uiteenlopende opinies over de potentie tot veenvorming. Aan de ene kant worden de nutriënten in het systeem als overmatig geclassificeerd waardoor veenvorming niet op gang zal komen, aan de andere kant wordt ook geopperd dat veengroei over de tijd wel mogelijk zal zijn waardoor CO₂ en N₂O-emissies afnemen.

Op basis van de algemene potentie tot veenherstel in het Duurswold zijn de volgende drie CO₂-eq reducerende scenario's ontwikkeld: landbouw in combinatie met OWD of DD, natte landbouw en natte natuur, die verbonden zijn met verschillende potenties voor broeikasgasemissiereductie. Deze scenario's, hun CO₂-eq-reductiepotentieel en hun impact op het cultuurlandschap zullen hieronder uiteengezet worden. Bij alle scenario's is het van belang om de aanwezigheid van katteklei mee te nemen, waar vergravingen en te grote drooglegging ertoe kunnen leiden dat onvruchtbare plekken ontstaan (Edelman, 1946; Prokopovich, 1988). Het is belangrijk om te beseffen dat een cultuurlandschap door de tijd heen in een continue staat van wording verkeerd waar menselijke aanpassingen aan de natuurlijke en fysieke setting invloed hebben op de betekenis van het resterende landschap (Grunewald en Breed, 2013, figuur 2). Interventies in het huidige landschap moeten dus gezien worden als onderdeel van het proces waarin een cultuurlandschap zich verkeert waarbij voorgaande ontwikkelingen ook als onderdeel van het cultuurlandschap meegenomen moeten worden.

De effectiviteit van OWD en DD wordt bediscussieerd in literatuur en tussen experts. Enige pilots laten zien dat het een effectieve maatregel is om CO₂-eq-emissies te reduceren terwijl anderen concluderen dat er geen positief effect optreedt (Couwenberg, 2018; Friese Milieu Federatie, 2017; Grootjans et al., 2019; van de Riet et al., 2014). De kwaliteit van het ingebrachte water is van groot belang. Wanneer nutriëntrijk water in het veen gebracht wordt zal er een negatief effect optreden voor veenbehoud. Daarnaast zal dit scenario geen lange termijn oplossing vormen. Het grootste argument voor gebruik van OWD en DD is dat de businesscase voor landbouwers vergeleken kan worden met de traditionele situatie (Innovatie Programma Veen, 2022). Kijkend naar de impact op het cultuurlandschap zullen ODW en DD de boerencultuur die verbonden is aan het Duurswold (op korte termijn) in stand houden. Aan het ruilverkavelingslandschap zal niet veel veranderen. Bij de aanleg van nieuwe drainagebuizen moet de

bodem, die als erfgoed beschouwd kan worden (European Commission, 2016), echter vergraven worden. Daarnaast blijft het veengebied op deze manier inklinken waardoor de leesbaarheid van het landschap vermindert.

Het introduceren van natte landbouw biedt een kans om het gebied zowel te vernatten als de boerencultuur in stand te houden op de lange termijn. De manier van oogsten en de gewassen zullen echter wel veranderen ten opzichte van de huidige situatie. De hogere waterstand zal een CO₂ en N₂O reducerende werking hebben, maar leidt tot hogere CH₄-emissies. Hoewel dit scenario nog specifiek onderzocht moet worden en geassocieerd is met een grote bandbreedte aan emissiereducties, laten globale berekeningen zien dat er een CO₂-eq-reductie van 17,1-33,6 tCO₂-eq/ha/jaar kan optreden ten opzichte van de huidige situatie. Natte gewassen kunnen vaak bovengronds geoogst worden zonder invloed te hebben op de veenlaag (Verhagen, 2009). Daarnaast hebben riet en lisdodde een stikstof reducerende werking waardoor het overschot aan atmosferische stikstof minder effect heeft op de veenvegetatie (Geurts et al., 2017; Zhang et al., 2008). Ook kan de aanleg van natte landbouw rondom natuurgebieden de natuurontwikkeling binnen die gebieden versterken door als overloopgebied te fungeren, het natuurgebied natter te houden en de waterkwaliteit te verbeteren. Om het gebied te vernatten zullen diepe sloten ondieper gemaakt worden of minder diepe geulen ontwikkeld moeten worden, waardoor post-65 erfgoed verloren gaat en er terug wordt bewogen naar de situatie voor de ruilverkaveling. Hierdoor neemt de herkenbaarheid van het veenontginningslandschap toe, maar zal er wel grond vergraven moeten worden wat het erfgoed aantast (European Commission, 2016). Daarnaast zal de vernatting leiden tot een verandering in reliëf waar de meningen over het effect op de leesbaarheid van het landschap verschillen tussen experts.

Als derde kan natte natuur gecreëerd worden, waarbij genoemd moet worden dat bij natuurontwikkeling in het verleden de afspraak is gemaakt dat er geen nieuwe natuur ontwikkeld zal worden in het gebied. Natuurontwikkeling is echter wel geassocieerd met potentiële CO₂-eq-emissiereductie. Hier kan onderscheid gemaakt worden tussen veengronden aan het oppervlak en veengronden met een kleilaag (Altenburg en Wymenga en Bureau Peter de Ruyter, 2022). Literatuur geeft aan dat natte natuur een emissiereductie van 20,4-35,4 tCO₂-eq/ha/jaar kan opleveren (Altenburg en Wymenga, 2022). Hier zijn echter veel voorwaarden aan verbonden. De overbesteding zal leiden tot concurrerende omstandigheden voor veenvorming op veengebieden die reiken tot aan het maaiveld, waardoor moerasvorming moeilijk op gang komt (Bijlsma et al., 2011; Bragazza et al., 2004; Fath, 2019; Loisel et al., 2020; van den Bos, 2003). Daarnaast zijn de afwegingen in beheer- en inrichtingsmaatregelen van het gebied van grote invloed op de uiteindelijke potentie voor veengroei en CO₂-eq-reductie in natuurgebieden. Zo kan gekozen worden om zaailingen te verwijderen om het competitieve voordeel van veenmossen te behouden. Bij creatie van open water kan te diep water enerzijds zorgen voor minder rietgroei, maar kan diep water anderzijds zorgen voor een grotere vogeldiversiteit. Ook moet in het bepalen van de waterstand rekening gehouden worden met de waterstand in de zomer, waar ingelaten water van buiten het gebied vaak van lagere kwaliteit is. Wanneer natuur gecreëerd wordt op veen met een kleidek is het onduidelijk in hoeverre natuurwaarden toenemen (Friese Milieu Federatie, 2017), hoewel kruidenrijk grasland hier als potentiële optie geopperd wordt door literatuur en experts (Altenburg en Wymenga, 2022).

Kijkend naar de impact op het cultuurlandschap concluderen Keyling et al. (2021) dat het vernatten van drooggelegde veengebieden vaak niet de vegetatie en het functioneren van het ecosysteem van voor de verdroging tot stand brengt. Hoge gasvormige vegetatie blijkt vaak dominant. In het oorspronkelijke veengebied in het Duurswold kwamen ook bomen voor, die opgegraven zijn bij het ontwikkelen van het Roegwold, en de toponiem Duurswold verklaren (Knottnerus, n.d.; Schroor en van Meijering, 2007). Het huidige Duurswold is echter gekenmerkt door openheid en weidsheid waardoor er door experts geen voorkeur wordt gegeven om bos te laten ontstaan. Daarnaast zal voor natuurontwikkeling het landbouwkundige gebruik moeten wijken en zal mogelijk een deel van de toplaag verwijderd moeten worden om nutriënten te reduceren, wat het cultuurlandschap beïnvloedt (European Commission, 2016). Ook zal vernatting leiden tot een verandering in het reliëf, wat de leesbaarheid van het landschap aantast.

De scenario's, hun potentiële CO₂-eq-emissiereducties en hun impact op het cultuurlandschap zijn samengevat in tabel 4.

Tabel 4: De verschillende scenario's met hun geschatte tCO₂-eq reductie en hun impact op het cultuurlandschap. (Bron: auteur)

Maatregel		Scenario 1 - DD en ODW	Scenario 2 - Natte landbouw	Scenario 3 –Natte natuur
Geschatte tCO₂-eq/ha/jaar		Onduidelijk	6,8-23,3	5-20
Geschatte tCO₂-eq/ha/jaar reductie t.o.v. de huidige emissies van 40,4 tCO₂-eq/ha/jaar*		Onduidelijk	17,1-33,6**	20,4-35,4***
Impact cultuurlandschap	Vergraving	Voor de aanleg	Voor het graven van kleinere geulen	Afhankelijk van de doeleinden van de natuur
	Post-65 erfgoed	Weinig effect	Verlies van post-65 cultuurlandschap	Verlies van post-65 cultuurlandschap
	Leesbaarheid en herkenbaarheid	Doorzetting van inklinking leidt tot een verminderde leesbaarheid	Minder leesbaar reliëf, maar meer herkenbaarheid	Minder leesbaar reliëf
	Weidsheid en openheid	Openheid en weidsheid blijft behouden	Openheid en weidsheid blijft behouden	Afhankelijk van de doeleinden en beheersmaatregelen. Er wordt geen voorkeur gegeven aan bosvorming.
	Boerencultuur	Wordt behouden	Wordt behouden maar met andere gewassen en methoden	Verlies van de boerencultuur

	<i>Flora en fauna</i>	<i>Huidige gewassen</i>	<i>Mogelijkheid om historische plantensoorten terug te brengen</i>	<i>Meer originele flora en fauna, maar geen algehele teruggang</i>
	<i>Korte termijn / Lange termijn</i>	<i>Korte termijn</i>	<i>Lange termijn</i>	<i>Lange termijn</i>

De huidige emissies zijn berekend met de Carbon Connects tool (Interreg, n.d.) **Ten opzichte van de huidige emissies die berekend zijn met de Carbon Connect tool (Interreg, n.d.). * Ten opzichte van de huidige emissies, waarvan de geschatte reductie van Altenburg en Wymenga (2022).*

6.1 Reflectie op de methoden en data

Dit onderzoek heeft het kennistekort over de technische mogelijkheden voor CO₂-eq-reductie in het Duurswold ingeperkt en de impact op het cultuurlandschap hierin meegenomen. Het onderzoek dient als voorstudie waaruit blijkt dat er verschillende mogelijke broeikasgasemissie-reducerende scenario's bestaan. Aanpassingen in het landschap zullen echter vooral leiden tot implicaties voor landeigenaren, dus is het van belang deze groep ook goed mee te nemen in het gesprek en in vervolgonderzoeken.

Dit onderzoek geeft een versimpelde weergave van het gebied en de specifieke samenstelling van de bodem en is de interactie met de omliggende gebieden en het gehele watersysteem weggelaten. Veengebieden worden geassocieerd met de koolstof-, stikstof-, zwavel en fosforcyclus (Bhattacharya, 2019; Tanneberger en Wichtmann, 2011; Mitsch et al., 2012). Dit onderzoek heeft gefocust op de meest invloedrijke emissies uit CO₂, N₂O en CH₄ emissies, maar de relatie met de overige cycli moeten verder onderzocht worden. Ook de inpassing met recreatie en wonen moet meegenomen worden in toekomstig onderzoek.

Berekeningen in dit onderzoek zijn gebaseerd op de Carbon Connects tool waarin de diversiteit van het veengebied versimpeld is. De overwegingen die hierin gemaakt zijn en de beperkingen die aan deze tool verbonden zijn, staan omschreven in bijlage E en F. De berekende emissies kunnen dus als basis voor een gesprek dienen, maar overzien niet de volledige diversiteit en complexiteit in het systeem. De getallen kunnen dus ook niet als zodanig geïnterpreteerd worden. Vervolgonderzoek zal per deelgebied binnen het Duurswold een meer representatieve berekening moeten uitvoeren.

Hoewel voor dit onderzoek zowel specialistische als brede experts geïnterviewd zijn, is een snowball sample gebruikt waardoor er een mogelijke bubbel ontstaan is. Om deze te doorbreken zullen ook experts uit andere expertises en met een andere kijk op het probleem meegenomen moeten worden. Verder is het van belang te realiseren dat andere experts binnen eenzelfde organisatie een andere opvatting kunnen hebben, waardoor deze resultaten niet organisatiebreed geconcludeerd kunnen worden.

7. Conclusie en aanbevelingen

Om te voorkomen dat de koolstof- en stikstofbalans van veengronden van put naar een bron verschuiven moeten acties ondernomen worden in veengebieden. De systematische drooglegging in Nederlands veen heeft geleid tot een hoge mate van oxidatie, waardoor het erfgoed van de veengronden bedreigd wordt. Groningen is door de Nederlandse overheid aangewezen als veenweide-provincie waardoor er een opgave ligt om de CO₂-eq-emissies uit veen met 0,05-0,06 Mton per jaar te reduceren. In deze studie is een casusbenadering toegepast op Groeningen, een veenweidegebied rondom de stad Groningen waarin gestreefd wordt om klimaatpositief te worden. Hier is binnen een literatuuronderzoek en expertinterviews specifiek gekeken naar de technische haalbaarheid van het reduceren van CO₂-eq-emissies en de gerelateerde impact op het cultuurlandschap in het Duurswold, de oostelijke flank van het Groeningen gebied. Uit literatuur blijkt dat het veenweidegebied relevant is als cultuurlandschap en geassocieerd is met potentiële broeikasgasemissiereducties. Het verband tussen deze twee aspecten is echter onvoldoende onderzocht in de bestaande literatuur, een kennistekort die deze studie helpt in te perken.

In het Duurswold is het realiseren van CO₂-eq-emissiereductie theoretisch mogelijk, maar omgeven met een grote mate van onzekerheid voor succes. Vernatting wordt als een perspectiefrijke oplossing gezien omdat het huidige watersysteem tegen haar grenzen aanloopt. Gezien de lage ligging van het Duurswold zijn interventies noodzakelijk, waar de gecreëerde scenario's kunnen dienen als basis voor het gesprek met landeigenaren, overheden en andere stakeholders. De hoge mate van aanwezige meststoffen en nutriënten zal invloed hebben op de vorming van nieuw veen, hoewel de omvang hiervan bediscussieerd kan worden. Ook moet de aanwezigheid van kattenklei in het gebied in acht genomen worden, omdat de kans bestaat dat vergravingen en verdroging leiden tot een situatie waar de grond volledig onvruchtbaar wordt. In het gebied kan onderscheid gemaakt worden tussen het veen tot aan het maaiveld en het veen met een kleidek. Wanneer het waterpeil in veen dat bedekt is met een kleilaag tot aan de kleilaag gezet wordt, zal significante CO₂-eq-reductie optreden. Voor veengebieden die reiken tot aan het maaiveld geldt dat vernatting leidt tot een reductie van CO₂- en N₂O-emissies, terwijl CH₄-emissies toenemen. Onderwater- en drukdrainage bieden geen lange termijn oplossing maar kunnen wel fungeren als tussenstap in het gevoelige en politiek beladen gesprek met boeren in de omgeving. Voor natuurontwikkeling moeten het water en de bodem aan veel voorwaarden voldoen om veenherstel te laten optreden. Het natte-landbouw scenario lijkt het meeste perspectief te bieden omdat hier de minste implicaties aan verbonden zijn. Natte landbouw scenario's zijn echter geassocieerd met een brede variatie aan CO₂-eq-reductie waarin de hoeveelheid CH₄ en CO₂ erg verschillen.

De CO₂-eq-reducerende scenario's hebben allemaal verschillende gevolgen voor het cultuurlandschap, welke in het Duurswold door de dynamiek en grote ontwikkelingen door de tijd gekenmerkt is. Er zijn andere gebieden in Groeningen met patronen die nog erg gaaf zijn, waar meer gefocust kan worden op het behoud van die patronen. Dit betekent dat het Duurswold geschikt is om aanpassingen in aan te brengen als nieuwe laag aan het narratief, mits er rekening wordt gehouden met de bestaande karakteristieken van het landschap en de bewoners van het gebied. Voor alle scenario's geldt dat vergravingen impact hebben op het cultuurlandschap. Het aanleggen van onderwater- en drukdrainage

heeft het minste effect op het huidige ruilverkavelingslandschap, waar natte landbouw en natuurontwikkeling meer invloed op hebben. De ontwikkeling van natte landbouw en natuur nemen echter inspiratie van het cultuurlandschap van voor de ruilverkaveling. Het landschap kan zo beter herkenbaar en leesbaarder worden door terug te bewegen naar de kleinere verkaveling. Daarnaast is het van belang de boerencultuur als onderdeel van het cultuurlandschap te zien. Deze kan doorgezet worden bij het gebruik van OWD en DD en natte landbouw, maar niet bij natuurcreatie.

Broeikasgasemissiereductie uit veen in het Duurswold kan dus bijdragen aan het doel van Groeningen om een klimaatpositieve regio te worden, maar hier moet meer onderzoek naar uitgevoerd worden. Hierbij is het van belang om het gesprek met landeigenaren en inwoners aan te gaan, aangezien aanpassingen in het landschap hun binding met het gebied en gebruik van het gebied zullen beïnvloeden. Wanneer gesproken wordt over het doorvoeren van interventies is het van belang om een economisch model te ontwikkelen waarin de bedrijfsvoering onder nieuwe omstandigheden doorgerekend wordt. Als vervolg op dit onderzoek kan een focusgroep georganiseerd worden waarin verschillende experts zich samen over de mogelijkheden voor CO₂-eq-reductie van het gebied buigen. Het is hier van belang om zowel experts met brede kennis als experts met een specialistische focus te laten deelnemen. De gespecialiseerde experts, zoals bodemkundigen en ecologen, zullen een basis bieden om interventies op de specifieke bodemsamenstelling van het gebied te eiken. De specialisten met een bredere kennis zullen de interventies echter meer kunnen plaatsen in de context van het gebied. Hierin is het van belang dat onderscheid gemaakt wordt in de diktes van het veen en het beoogde uiteindelijke grondgebruik. Door een model te ontwikkelen waarin alle factoren van het water en bodemsysteem van het Duurswold meegenomen worden kan de kennis van beide groepen experts meegenomen worden. Daarnaast kan gekarteerd worden welke interventies op welke locaties mogelijk zijn om hierna pilotgebieden aan te wijzen. Zo kan de infiltratie in de grote percelen door onderwater- en drukdrainage bijvoorbeeld onderzocht worden. Ook kunnen verschillende natte landbouw mogelijkheden gecreëerd worden waar de productiviteit en CO₂-eq-emissies gemonitord kunnen worden.

Het behalen van nationale CO₂-eq-reductie doelen in een bepaalde tijdspan is gewenst. Dit kan echter ook een interventie opleveren waarvan nog niet bewezen is dat het toepasbaar is op het specifieke gebied en hier tot de gewenste CO₂-eq reductie leidt. De recente focus op water- en bodemsturende interventies zal hierin een helpende hand bieden, hoewel het hier van belang is dat interventies op basis van vrijwilligheid geïmplementeerd worden. Een goede samenwerking en het gesprek met de omgeving is dus essentieel. Daarnaast zal er gesproken moeten worden over de discussie over CH₄- CO₂-emissies en hun atmosferische levensloop, waar vernatting vaak leidt tot verhoogde CH₄-emissies, maar een reductie van CO₂-emissies. In hoeverre rekening gehouden moet worden met de CH₄ piek ligt ter discussie. De Groeningen regio moet deze afweging dus meenemen in het uitwerken van interventies.

8. Bronnen

AHN (2019). *AHN Viewer*. Beschikbaar via: <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>.

Altenburg en Wymenga en Bureau Peter de Ruyter (2022). *Visie klimaatbestendige veenlandschappen*. pp.1–38. Beschikbaar via: <https://www.klimaatbuffers.nl/uploads/visie-klimaatbestendige-veenlandschappen-cnklres.30e240.pdf>.

Altenburg en Wymenga (2022). *Ontwikkeling van kruidenrijke graslanden bij hoog grondwater in Friese veenweiden*. pp.1–2. Beschikbaar via: https://www.altwym.nl/wp-content/uploads/2022/04/Stappenschema-kruidenrijk-grasland-op-veen-V3.0-maart-2022_IMew.pdf.

Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1-2), pp.21–34. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>.

Appulo, L. (2017). *Advancing global efforts to protect peat from degradation, loss and fire*. Wetlands International Europe. Beschikbaar via: <https://europe.wetlands.org/news/advancing-global-efforts-protect-peat-degradation-loss-fire/>.

Ashworth, G.J. en Graham, B.J. (2005). *Senses of place, senses of time and heritage*. London: Routledge.

Barthelmes, A., Couwenberg, J., Risager, M., Tegetmeyer, C. en Joosten, H. (2015). *Peatlands and Climate in a Ramsar context - A Nordic-Baltic Perspective*. Denmark: Rosendahls-Schultz Grafisk, pp.8–247. Beschikbaar via: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:814147/FULLTEXT02.pdf>.

Better Wetter (n.d.). *Lisdodde teelt – Better Wetter*. Beschikbaar via: <https://betterwetter.nl/projecten/project-7/>.

Bhattacharya, A. (2019). *Changing climate and resource use efficiency in plants*. London: Academic Press.

Bijlsma, R.J., Jansen, A.J.M., Limpens, J., Wallis de Vries, M.F. en Witte, J.P.M. (2011). *Hoogveen en klimaatverandering in Nederland*. Wageningen: Alterra, pp.1–44. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/178808>.

Bos, H., van den Oever, M. en Meesters, K. (2014). *Kwantificering van volumes en prijzen van biobased en fossiele producten in Nederland. De waardepiramide en cascadering in de biobased economy*. pp.1–41. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/331277>.

Bragazza, L., Tahvanainen, T., Kutnar, L., Rydin, H., Limpens, J., Hajek, M., Grosvernier, P., Hajek, T., Hajkova, P., Hansen, I., Iacumin, P. en Gerdol, R. (2004). Nutritional constraints in ombrotrophic Sphagnum plants under increasing atmospheric nitrogen deposition in Europe. *New Phytologist*, 163(3), pp.609–616. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01154.x>.

Bräuer, S.L., Cadillo-Quiroz, H., Yashiro, E., Yavitt, J.B. en Zinder, S.H. (2006). Isolation of a novel acidiphilic methanogen from an acidic peat bog. *Nature*, 442, pp.192–194.
doi:<https://doi.org/10.1038/nature04810>.

CBS (n.d.). *CO2 equivalents*. Beschikbaar via: <https://www-cbs-nl.proxy-ub.rug.nl/en-gb/news/2019/37/greenhouse-gas-emissions-down/co2-equivalents>

Clifford, N., Cope, M. en Gillespie, T. (2016). *Key methods in geography*. 3rd ed. Thousand Oaks, California: Sage Publications.

Cloy, J.M. en Smith, K.A. (2018). Greenhouse Gas Sources en Sinks. *Encyclopedia of the Anthropocene*, 2, pp.391–400. doi:<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809665-9.09961-4>.

Couwenberg, J. (2018). Some facts on submerged drains in Dutch peat pastures. pp.9–20.

de Bont, C. (2005). De veenweide in historisch-geografisch perspectief: remmen of doorstarten. In: *Veenweide 25x belicht Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen UR*. Dodewaard: van Eck en Oostrink, pp.1–68. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/21196>.

de Vries, F., Brus, D., Kempen, B., Brouwer, F. en Heidema, A.H. (2014). *Actualisatie bodemkaart veengebieden Deelgebied 1 en 2 in Noord-Nederland*. Wageningen: Alterra Wageningen, pp.1–64. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/314315>.

de Vries, W. (2008). *Verzuring: oorzaken, effecten, kritische belastingen en monitoring van de gevolgen van ingezet beleid*. Wageningen: Alterra, pp.1–89. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/44945>.

Deltares, Sweco en Bosch Slabbers (2021). *Op Waterbasis -Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem*. pp.1–50. Beschikbaar via: <https://klimaatadaptatienederland.nl/@249379/essay-op-waterbasis/>.

Dinesen, L. en Hahn, P. (2019). *Ramsar Technical Report on peatland restoration and rewetting methodologies in Northern bogs*, pp.1–54. Beschikbaar via: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/strp22_7.2_draft_rtr_peatland_restoration_e.pdf.

Dosker, M.C.M.V. (2017). *Veenbehoud en cultuurhistorie*. Heiloo, Noord Holland: Landschap Noord-Holland, pp.1–132.

Dunn, C. en Freeman, C. (2011). Peatlands: our greatest source of carbon credits? *Carbon Management*, 2(3), pp.289–301. doi:<https://doi.org/10.4155/cmt.11.23>.

Dunn, K. (2021). Engaging Interviews. In: I. Hay en M. Cope, eds., *Qualitative Research Methods in Human Geography*. Ontario, Canada: Oxford University Press, pp.148–185.

Edelman, C.H. (1946). *Katteklei*, pp.1–4. Available at: <https://edepot.wur.nl/301918>.

Elzinga en Oterdoom (2013). *De laagveengordel - Verkenning met agenda*. pp.1–90.

Eurofins (n.d.). *pH in grond*. Beschikbaar via: <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/zuurgraad-ph-in-grond#:~:text=De%20optimale%20pH%20ligt%20voor>.

European Commission (2016). Soil as Environmental and Cultural Heritage and the importance of Soil Protection. pp.1–9. Beschikbaar via: https://www.open-heritage.eu/wp-content/uploads/2019/09/policy_brief-suelos.pdf.

European Environment Agency (n.d.). *carbon dioxide equivalent* — *European Environment Agency*. Beschikbaar via: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/carbon-dioxide-equivalent>.

Eurostat (n.d.). *Glossary:Carbon dioxide equivalent*. Beschikbaar via: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent#:~:text=A%20carbon%20dioxide%20equivalent%20or.

Fath, B. (2019). *Encyclopedia of ecology*. 4th ed. Amsterdam: Elsevier.

Fereday, J. en Muir-Cochrane, E. (2006). Demonstrating Rigor Using Thematic Analysis: A Hybrid Approach of Inductive en Deductive Coding en Theme Development. *International Journal of Qualitative Methods*, 5(1), pp.80–92. doi/10.1177/160940690600500107.

Friese Milieu Federatie (2017). *Valuta voor Veen Verkenning voor het Fryske veenweidegebied*. pp.1–69. Beschikbaar via: <https://www.veenweidefryslan.frl/uploads/Kennisbank/valuta-voor-veen-verkenning-voor-het-fryske-veenweidegebied.pdf>.

Geurts, J. (n.d.). *Paludiculture: sustainable management of peatlands through wet agriculture*. Beschikbaar via: <https://www.ru.nl/science/aquatic/education/internships/msc-student-research-projects/paludiculture-sustainable-management-peatlands/#:~:text=Paludiculture%20is%20the%20practice%20of>

Geurts, J., Fritz, C., Lamers, L., Grootjans, A. en Joosten, H. (2017). Paludicultuur houdt de polder schoon - zuiveren van oppervlaktewater en uitmijnen van fosfaatrijke bodems met riet- en lisdoddeeteelt. pp.1–8. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/422465>.

Google Earth (2023). *Roegwold*. Beschikbaar via: https://earth.google.com/web/search/roegwold/@0,0,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=CigijgokCcwB54ZsokpAEQ72YRgknUpAGZ-2UKhLLBtAIS_J7k285BpA.

Graham, B., Ashworth, G. en Tunbridge, J. (2000). *A Geography of Heritage: Power, Culture en Economy*. New York: Routledge.

Grix, J. (2019). *The foundations of research*. London: Macmillan International Higher Education, Red Globe Press.

Grootjans, A.P., de Hullu, E. en Sevink, J. (2019). Onderwaterdrainage in veenweidegebieden - Is dat wel zo'n goed idee? *Landschap*, 3, pp.143–149.

Grunewald, T. en Breed, I. (2013). Cultural Landscapes as a Model for Natural en Human Systems Integration. *South African Journal of Art History*, 28(3), pp.51–76. doi:<https://doi.org/ISSN%200258-3542>.

Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebisch, F. en Couwenberg, J. (2020). Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications*, 11(1), p.1644. doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z>.

Hatano, R. (2016). Emissions of Methane and Nitrous Oxide from Peatlands. 15th international peat congress. pp.1–3. Beschikbaar via: <https://peatlands.org/assets/uploads/2019/06/ipc16a-371p17-19hatano.pdf>.

Hay, I. (2016). *Qualitative research methods in human geography*. 4th ed. Don Mills, Ontario: Oxford University Press.

Hendriks, K. en Kloen, H. (2003). *Leesbaar Landschap en de landschapswandeling*. Wageningen: Uitgeverij Blauwdruk, pp.1–40. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/117687>.

Hengeveld, F. (n.d.). *Kruidenrijk grasland*. Beschikbaar via: <https://wij.land/portfolio-items/kruiden/>.

Hessel, R. (2022). *Peatlands in the new circular en climate-positive production systems (Greendeal)*. Beschikbaar via: <https://www.wur.nl/en/research-results/research-institutes/environmental-research/show-wenr/peatlands-in-the-new-circular-and-climate-positive-production-systems-greendeal.htm>.

Hiemstra, R. (2020). *Historisch Archief Midden-Groningen*. Beschikbaar via: <https://historischarchief.midden-groningen.nl/ontdekken/verhalen-van-midden-groningen/sport-recreatie/zeilen-op-het-schildmeer>

Holmes, A. (2020). Researcher Positionality - A Consideration of Its Influence and Place in Qualitative Research - A New Researcher Guide. *School of Education, University of Hul*, 8(4), pp.1–10. doi:<https://doi.org/10.34293/%20education.v8i4.3232>.

Hunze en Aa's (2020). *Kanalen Duurswold Achtergronddocument Kaderrichtlijn Water*. Beschikbaar via: <https://www.hunzeenaas.nl/app/uploads/2021/03/Kanalen-Duurswold-KRW-achtergronddocument-2022-2027.pdf>.

Hunze en Aa's (2022). *Waterbeheerprogramma 2022-2027*. pp.1–188. Beschikbaar via:
<https://www.hunzeenaas.nl/app/uploads/2021/12/Waterbeheerprogramma-2022-2027.pdf>.

Huth, V., Günther, A., Bartel, A., Hofer, B., Jacobs, O., Jantz, N., Meister, M., Rosinski, E., Urich, T., Weil, M., Zak, D. en Jurasinski, G. (2020). Topsoil removal reduced in-situ methane emissions in a temperate rewetted bog grassland by a hundredfold. *The Science of the Total Environment*, 721, p.137763.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137763>.

Innovatie Programma Veen (2022). Samen 5 jaar zoeken naar duurzaam landgebruik in het veengebied. Eindrapportage innovatie programma veen 2017-2022. pp.1–64. Beschikbaar via:
https://www.innovatieprogrammaveen.nl/wp-content/uploads/2022/05/IPV-Eindrapportage_A4_DEF.pdf.

Interreg (n.d.). *CConnects - Carbon Connects*. Beschikbaar via:
<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/cconnects-carbon-connects/#tab-6>.

IUCN (2021). *Peatlands en climate change*. Beschikbaar via: <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/peatlands-and-climate-change#:~:text=In%20some%20regions%2C%20up%20to>

Jefford, M. en Moore, R. (2008). Improvement of informed consent en the quality of consent documents. *The Lancet Oncology*, 9(5), pp.485–93. doi:[https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(08\)70128-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(08)70128-1).

Jurasinski, G., Byrne, K., Chojnicki, B., Christiansen, J., Huth, V., Joosten, H., Juszczak, R., Juutinen, S., Kasimir, A., Klemedtsson, L., Kotowski, W., Kull, A., Lamentowicz, M., Lindgren, A., Linkevičienė, R., Lohila, A., Mander, U., Manton, M., Minkkinen, K. en Peters, J. (2019). *Active afforestation of drained peatlands is not a viable option under the EU Nature Restoration Law*. WWF, pp.1–14.

Kaiser, K., Lorenz, S., Germer, S., Juschus, O., Küster, M., Libra, J., Bens, O. en Hüttl, R.F. (2012). Late Quaternary evolution of rivers, lakes en peatlands in northeast Germany reflecting past climatic en human impact – an overview. *E&G Quaternary Science Journal*, 61(2), pp.103–132.
doi:<https://doi.org/10.3285/eg.61.2.01>.

Klimaateffectenatlas (n.d.). *Viewer - Klimaateffectatlas*. Beschikbaar via:
<https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>.

Knottnerus, O. (n.d.). *Landschaps Geschiedenis*. Beschikbaar via:
<http://landschapsgeschiedenis.nl/deelgebieden/13-Duurswold.html>.

Kreyling, J., Tanneberger, F., Jansen, F., van der Linden, S., Aggenbach, C., Blüml, V., Couwenberg, J., Emsens, W-J., Joosten, H., Klimkowska, A., Kotowski, W., Kozub, L., Lennartz, B., Liczner, Y., Liu, H., Michaelis, D., Oehmke, C., Parakenings, K., Pleyl, E. en Poyda, A. (2021). Rewetting does not return drained fen peatlands to their old selves. *Nature Communications*, 12(1).
doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-021-25619-y>.

Kuikman, P.J., van den Akker, J.J.H. en de Vries, F. (2005). *Emissie van N₂O en CO₂ uit organische landbouwbodems*. Wageningen: Alterra, pp.1–66. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/22001>.

Leifeld, J., Wüst-Galley, C. en Page, S. (2019). Intact en managed peatland soils as a source en sink of GHGs from 1850 to 2100. *Nature Climate Change*, 9(12), pp.945–947. doi:<https://doi.org/10.1038/s41558-019-0615-5>.

Lippmann, T.J.R., Heijmans, M., Dolman, H., van der Velde, Y., Hendriks, D. en van Huissteden, K. (2022). PVN 1.0: using dynamic PFTs en restoration scenarios to model CO₂ en CH₄ emissions in peatlands. *Geoscientific Model Development*. doi:<https://doi.org/10.5194/gmd-2022-143>.

Liu, H., Wrage-Mönnig, N. en Lennartz, B. (2020). Rewetting strategies to reduce nitrous oxide emissions from European peatlands. *Communications Earth & Environment*, 1(1), pp.1–7. doi:<https://doi.org/10.1038/s43247-020-00017-2>.

Loisel, J., Gallego-Sala, A.V., Amesbury, M.J., Magnan, G., Anshari, G., Beilman, D.W., Benavides, J.C., Blewett, J., Camill, P., Charman, D.J., Chawchai, S., Hedgpeth, A., Kleinen, T., Korhola, A., Large, D., Mansilla, C.A., Müller, J., van Bellen, S., West, J.B. en Yu, Z. (2020). Expert assessment of future vulnerability of the global peatland carbon sink. *Nature Climate Change*, 11(1), pp.70–77. doi:<https://doi.org/10.1038/s41558-020-00944-0>.

Loisel, J., Yu, Z., Beilman, D.W., Camill, P., Alm, J., Amesbury, M.J., Anderson, D., Andersson, S., Bochicchio, C., Barber, K., Belyea, L.R., Bunbury, J., Chambers, F.M., Charman, D.J., De Vleeschouwer, F., Fiałkiewicz-Kozieł, B., Finkelstein, S.A., Gałka, M., Garneau, M. en Hammarlund, D. (2014). A database en synthesis of northern peatland soil properties en Holocene carbon en nitrogen accumulation. *The Holocene*, 24(9), pp.1028–1042. doi:<https://doi.org/10.1177/0959683614538073>.

Lowenthal, D. (2005). Natural en cultural heritage. *International Journal of Heritage Studies*, 11(1), pp.81–92. doi:<https://doi.org/10.1080/13527250500037088>.

Mitsch, W.J., Bernal, B., Nahlik, A.M., Mander, Ü., Zhang, L., Anderson, C.J., Jørgensen, S.E. en Brix, H. (2012). Wetlands, carbon, en climate change. *Landscape Ecology*, 28(4), pp.583–597. doi:<https://doi.org/10.1007/s10980-012-9758-8>.

Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (2022). *NOB – Veenweiden*. Beschikbaar via: <https://www.nobveenweiden.nl/>.

Page, S.E. en Baird, A.J. (2016). Peatlands and Global Change: Response and Resilience. *Annual Review of Environment and Resources*, 41(1), pp.35–57. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085520>.

Pärn, J., Verhoeven, J.T.A., Butterbach-Bahl, K., Dise, N.B., Ullah, S., Aasa, A., Egorov, S., Espenberg, M., Järveoja, J., Jauhainen, J., Kasak, K., Klemetsson, L., Kull, A., Laggoun-Défarge, F., Lapshina, E.D., Lohila,

A., Löhmus, K., Maddison, M., Mitsch, W.J. en Müller, C. (2018). Nitrogen-rich organic soils under warm well-drained conditions are global nitrous oxide emission hotspots. *Nature Communications*, 9(1). doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-018-03540-1>.

PBL en Wageningen University (2010). *Wat natuur de mens biedt Ecosysteemdiensten in Nederland*. pp.1–17. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/133769>.

Prokopovich, N.P. (1988). Cat clays. In: *General Geology Encyclopedia of Earth Science*. Boston: Springer, pp.65–69. Available at: https://doi.org/10.1007/0-387-30844-X_16.

Provincie Groningen (2021). *Een integrale blik op de kwaliteit van de fysieke omgeving*, pp.1–142.

Beschikbaar via:

https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Dossiers/Omgevingsvisie/Een_integrale_blik_op_de_kwaliteit_van_de_fysieke_omgeving.pdf.

Provincie Groningen (n.d., a). *Gebiedsbiografie Centrale Woldgebied & Duurswold*. Beschikbaar via:

<https://kwaliteitsgidsgroningen.nl/centrale-woldgebied-duurswold/gebiedsbiografie?regio=woldgebied#Kernkarakteristieken>.

Provincie Groningen (n.d., b). *Kwaliteitsgids Centrale Woldgebied & Duurswold - Landschap*. Beschikbaar via: <https://kwaliteitsgidsgroningen.nl/centrale-woldgebied-duurswold/landschap>.

Provincie Groningen (2022). *Regionale Veenweidestrategie. Een verkenning voor de toekomst van de Groninger veenweiden*. pp.1–63. Beschikbaar via:

https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Beleid_en_documenten/Documentenzoeker/Natuur_en_landschap/Natuur/Regionale_veenweidestrategie__RVS_1.0__Provincie_Groningen_publicatie.pdf.

Provincie Zuid Holland (2018). *Bodemdaling door oxidatie*. Provincie Zuid Holland, pp.1–2.

Punch, K.F. (2014). *Introduction to Social Research : Quantitative en Qualitative Approaches*. 3rd ed. Los Angeles: Sage.

Raad van Europa (2000). Council of Europe Landscape Convention. In: *European Treaty Series - No. 176*. Florence.

Rapson, T.D. en Dacres, H. (2014). Analytical techniques for measuring nitrous oxide. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 54, pp.65–74. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trac.2013.11.004>.

Regio Groningen-Assen en Pau (2021). *Groeningen balans tussen natuurbescherming, natuurbeleving en economie*, pp.1–36. Beschikbaar via: <https://groeningen.nu/wp-content/uploads/2021/03/300302-GROENINGEN-uitvoeringsprogramma-1.pdf>.

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (2011). *Ruilverkaveling - Publicatie - Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed*. Beschikbaar via:

<https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2011/01/01/ruilverkaveling>.

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (2018). *De waarde van veenweide - Bodemdaling in veenweidelandschappen - Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed*. Beschikbaar via:

<https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bodemdaling-in-veenweidelandschappen/de-waarde-van-veenweide>.

Robinson, C., Ritson, J., Alderson, D., Malik, A., Griffiths, R., Heinemeyer, A., Gallego-Sala, A., Quillet, A., Robroek, B., Evans, C., Chandler, D., Elliot, D., Shuttleworth, E., Lilleskov, E., Kitson, E., Cox, F., Worrall, F., Clay, G., Crosher, I. en Pratscher, J. (2023). Aspects of microbial communities in peatland carbon cycling under changing climate and land use pressures. *Mires en Peat*, 29, pp.1–36. doi:<https://doi.org/10.19189/MaP.2022.OMB.StA.2404>.

Schothorst, C.J. (1977). Subsidence of low moor peat soils in the western Netherlands. *Geoderma*, 17(4), pp.265–291. doi:[https://doi.org/10.1016/0016-7061\(77\)90089-1](https://doi.org/10.1016/0016-7061(77)90089-1).

Schroor, M. en van Meijering, J. (2007). *Golden raand*. Assen: In Boekvorm Uitgevers.

Staatsbosbeheer (n.d.). *'t Roegwold*. Beschikbaar via: <https://www.staatsbosbeheer.nl/uit-in-de-natuur/locaties/roegwold>.

Stichting Blauwzaam (2021). *Hoe werkt druk drainage?* Beschikbaar via:

<https://www.blauwzaam.nl/projecten/blauwgroen/pilot-drukdrainage/hoe-werkt-druk-drainage/> .

Stowa (n.d.). *Onderwaterdrainage*. Beschikbaar via:

<https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/onderwaterdrainage>

Stowa, Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit en Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweide (2021). Biodiversiteit, Bodem- en Waterkwaliteit. pp.1–130. Beschikbaar via: <https://www.nobveenweiden.nl/wp-content/uploads/2021/08/B-Biodiversiteit-DEF.pdf>.

Stroeken, F., de Wit, J. en Brink, M. (2009). *Waarheen met het veen* *waarheen met het veen landschap*. pp.6–92. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/14311>.

Stuer, A. (2015). *Het landschap leren lezen: opbouw en evaluatie van een methodiekenpoel* . pp.1–146. Beschikbaar via: https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/213/927/RUG01-002213927_2015_0001_AC.pdf.

Stuyt, L. en van Bakel, P. (2022). Kan onderwaterdrainage het veenweidegebied redden? pp.1–6.

Tanneberger, F., Appulo, L., Ewert, S., Lakner, S., Ó Brolcháin, N., Peters, J. en Wichtmann, W. (2020). The Power of Nature-Based Solutions: How Peatlands Can Help Us to Achieve Key EU Sustainability

Objectives. *Advanced Sustainable Systems*, 5(1), p.2000146.
doi:<https://doi.org/10.1002/adsu.202000146>.

Tanneberger en Wichtmann (2011). *Carbon credits from peatland rewetting : climate, biodiversity, land use : science, policy, implementation, en recommendations of a pilot project in Belarus*. 1st ed. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.

UN Environment Programme (2021). *Peatlands in spotlight at COP26*. Beschikbaar via:
<https://www.unep.org/news-and-stories/story/peatlands-spotlight-cop26>.

UNFCCC (2019). *Global Warming Potentials | UNFCCC*. Beschikbaar via:
<https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials>.

Van Alfen, N.K. (2014). *Encyclopedia of agriculture and food systems*. Amsterdam: Elsevier.

van de Riet, B., van Gerwen, R., Griffioen, H. en Hogeweg, N. (2014). *Landschap Noord-Holland - Vernatting voor veenbehoud, carbon credits en kansen voor paludicultuur en natte natuur in Noord-Holland*, pp.1–40. Beschikbaar via: <https://library-wur-nl.proxy-ub.rug.nl/WebQuery/hydrotheek/2223067>.

van den Bos, R. (2003). Restoration of former wetlands in the Netherlands; effect on the balance between CO₂ sink en CH₄ source. *Netherlands Journal of Geosciences - Geologie en Mijnbouw*, 82(4), pp.325–331. doi:<https://doi.org/10.1017/s0016774600020151>.

van Mullekom, M., Tomassen, H., Smolders, F. en Krol, M. (n.d.). *Veenvorming en koolstoffixatie*, pp.1–4. Available at: <https://edepot.wur.nl/298265>.

Verhagen, A., van den Akker, J.J.H., Blok, C., Diemont, W.H., Joosten, J.H.J., Schouten, M.A., Schrijver, R.A.M., den Uy, R.M., Verweij, P.A. en Wösten, J.H.M. (2009). *Peatlands en carbon flows Outlook en importance for the Netherlands*, pp.1–50. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/457986>.

Vos, P.L.A.M. (2015). *Origin of the Dutch coastal landscape*. Barkhuis, pp.1–362.
doi:<https://doi.org/10.2307/j.ctt2204s8d>.

Wageningen University (2022). *Water en bodem sturend*. Beschikbaar via:
<https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/environmental-research/programmas/duurzaam-waterbeheer/water-en-bodem-sturend.htm>.

Wetzel, R.G. (2001). The Ontogeny of Inland Aquatic Ecosystems. *Limnology*, 3.
doi:<https://doi.org/10.1016/b978-0-08-057439-4.50029-0>.

Wichtmann, W. en Joosten, H. (n.d.). Paludiculture: peat formation en renewable resources from rewetted peatlands. *Ecological Engineering*, 103, pp.24–28. Beschikbaar via:

https://www.researchgate.net/profile/Hans-Joosten/publication/265622374_Paludiculture_Peat_formation_and_renewable_resources_from_reweted_peatlands/links/541999140cf25ebee98875ee/Paludiculture-Peat-formation-and-renewable-resources-from-rewetted-peatlands.pdf.

Wichtmann, W., Schröder, C. en Joosten, H. (2016). *Paludiculture - productive use of wet peatlands*. 1st ed. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung .

Xu, J., Morris, P.J., Liu, J. en Holden, J. (2018). Peatmap: Refining estimates of global peatland distribution based on a meta-analysis. *CATENA*, 160, pp.134–140. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.010>.

Yu, Z., Beilman, D.W., Froking, S., MacDonald, G.M., Roulet, N.T., Camill, P. en Charman, D.J. (2011). Peatlands en Their Role in the Global Carbon Cycle. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 92(12), pp.97–98. doi:<https://doi.org/10.1029/2011eo120001>.

Yu, Z., Loisel, J., Brosseau, D.P., Beilman, D.W. en Hunt, S.J. (2010). Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. *Geophysical Research Letters*, 37(13), pp.1-5. doi:<https://doi.org/10.1029/2010gl043584>.

Zak, D. en McInnes, R.J. (2022). A call for refining the peatland restoration strategy in Europe. *Journal of Applied Ecology*, pp.1-7. doi:<https://doi.org/10.1111/1365-2664.14261>.

Zhang, Z., Rengel, Z. en Meney, K. (2008). Interactive effects of nitrogen en phosphorus loadings on nutrient removal from simulated wastewater using *Schoenoplectus validus* in wetland microcosms. *Chemosphere*, 72(11), pp.1823–1828. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.05.014>.

9. Bijlagen

A. Geïnterviewde experts

Interview	Expertise	Organisatie	Referentie in de tekst
1	Veenweidestrategie	Provincie Groningen	Projectmedewerker veenweidestrategie
2	Landschaps ecologie en hydro ecologie	Hogeschool Van Hall Larenstein (HVHL)	Landschap- en hydro- ecologische expert
3 + 11	Hydro- en biochemie van moerassen	Universiteit Groningen (RUG)	Hydro- en biochemische expert
4	Ecologie moerassen	Universiteit Nijmegen (RU)	Moeras ecooloog
5	Cultuurlandschap	Staatsbosbeheer	Cultuurlandschap expert Staatsbosbeheer
6	Cultuurlandschap	Groeningen	Cultuurlandschap expert Groeningen
7	Cultuurlandschap en ruimtelijke kwaliteit	Provincie Groningen	Ruimtelijke kwaliteitsexpert
8	Fysische geografie en geomorfologie	Universiteit Utrecht (UU)	Fysische geograaf
9	Ecoloog	-	Ecologische expert
10	Veenweide	Waterschap Hunze en Aa's	Medewerker waterschap

C. Codeboom

Tabel 5: De codeboom waarmee de kwalitatieve data van deze studie gecodeerd is. (Bron: auteur)

Thema	Code	Inductief/deductief
Cultuurlandschap	<i>Weidsheid</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Openheid</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Ruilverkaveling</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Zee-invloed</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Veen ontginning</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Recente natuurontwikkeling</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Bewoning</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Zichtbaar aspect</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Gaswinning</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Herkenbaarheid</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Leesbaarheid</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Boeren gebruik als cultuur</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Beheer</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Dynamiek</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Nitraat</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Fosfaat</i>	<i>Inductief</i>
<i>Stikstof</i>	<i>Inductief</i>	

	<i>Sulfaat</i>	<i>Inductief</i>
<i>Veenbehoud</i>	<i>Vernatting</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Drooglegging</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Oxidatie</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Grondwaterpeil</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Invloed landbouw</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Inklinking</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Meststoffen</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Voorkomen oxidatie</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Bacteriën</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Kleilaag</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Polder Lageland</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Polder Blauwe Molen</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Natuur</i>	<i>Inductief</i>
	<i>Natte landbouw</i>	<i>Inductief</i>
<i>Ploegen</i>	<i>Inductief</i>	
<i>ODW en DD</i>	<i>Inductief</i>	
<i>Broeikasgasemissies</i>	<i>CO₂</i>	<i>Deductief</i>
	<i>CH₄</i>	<i>Deductief</i>

	N_2O	<i>Deductief</i>
	<i>CH₄ piek</i>	<i>Deductief</i>
	<i>Tijdspad</i>	<i>Inductief</i>

D. Als ongeschikt beoordeelde scenario's

Scenario Bebouwing:

R8 noemt bebouwing als optie om het veendek af te dekken om zo de emissies in te perken. Deltares et al. (2021) concluderen echter dat er veel beperkingen zijn wanneer gekeken wordt naar de geschiktheid voor bebouwing. Het gebied is laaggelegen, wat in combinatie met klimaatverandering en meer extreme weersomstandigheden zal leiden tot een verhoogde kans op wateroverlast (AHN, 201; Klimateffectenatlas, n.d.). Daarnaast geeft de hydro- en biochemische expert aan dat de kans groot is dat de broeikasgassen in het geval van afdekking omhoog komen op een andere plek.

Scenario kleilaag:

Experts en literatuur noemen de alternatieve methode waarin het veen afgedekt wordt met een kleilaag. Projectmedewerker veenweide strategie: *“in plaats van dat je het waterpeil omhoog zet en het veen daarmee isoleert van zuurstof, dat je het afdekt. Het idee is dat bij klei op veengronden dat er 40 cm klei boven op het veen deel zit en dat het klei remt voor de uitstoot van broeikasgassen. Dat is de gedachte ... En de gedachte is dat als je dat zou creëren dat je de uitstoot reduceert.”* Volgens de hydro- en biochemische expert ligt de potentie dus in het beperken van zuurstoftoevoer. De zuurstof die al in de bodem aanwezig is zal echter eerst volledig uitgeput moeten worden. Waterschap Hunze en Aa's geeft aan dat ze veel bodemdaling zien, zowel op kleibodems als niet-kleibodems omdat er veel drainage in het gebied aanwezig is. Dus voor het Duurswold maakt een kleidek geen verschil, wat aangeeft dat het toevoegen van een kleilaag waarschijnlijk weinig effect zou hebben.

Daarnaast is het volledig verzegelen van het veen volgens de hydro- en biochemische expert vrijwel onmogelijk. Grondwateronttrekking zal onmogelijk worden wanneer de bodem afgedekt wordt met een laag klei, omdat er dan zuurstof bij het veen kan komen.

Scenario bebossing op drooggemaakte veengrond:

Bebossing op drooggemaakte veengronden wordt ook als mogelijke CO₂-eq-emissiereducerende maatregel genoemd in literatuur en expert interviews. Het argument voor bebossing is dat bomen ook veel koolstof kunnen opslaan en zo bij kunnen dragen aan de CO₂-eq-emissie-reductie. Deze oplossing wordt echter niet beoordeeld als effectief in het reduceren van broeikasgasemissies. Tanneberger et al.,

(2020) concluderen dat door bebossing weinig tot geen klimaatgerelateerde voordelen ontstaan. Deze methode wordt niet aangemoedigd omdat de bomen minder koolstof kunnen opslaan dan verloren gaat uit de drooggemaakte veengrond (Dunn en Freeman, 2011; Tanneberger et al., 2020). Daarnaast is het moeilijk om emissies vanuit boomwortels te scheiden van emissies uit de veenbodem (Jurasinski et al., 2019). Het is van belang de volledige levenscyclus van de bomen mee te nemen wanneer gekeken wordt naar de CO₂-emissies uit herbeboste veengronden. Wanneer het hout uiteindelijk gekapt wordt zal een grote koolstofbron uit het gebied verwijderd worden. Daarnaast worden herbeboste gebieden op voormalige landbouwgronden geassocieerd met hoge N₂O-emissies (Liu et al, 2020).

E. Achtergrondinformatie model

De berekeningen zijn gemaakt met de '*Carbon Connects Site Emission Tool*' van Carbon Connects, een Interreg Project. Meer informatie over het project is te vinden via: <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/cconnects-carbon-connects/#tab-6>

De emissie-tool is ontwikkeld als ondersteuning voor het maken van beleid over het ruimtelijke gebruik en de ontwikkeling van duurzame bedrijven in veengebieden. Bestaande data op het vlak van (grond)waterstand, vegetatie, bemesting en grondstofgebruik zijn meegenomen. Hierin worden CO₂-, CH₄ en N₂O uitstoot en sequestratie geschat voor (hypothetische) vernattings-scenario's. In de tool wordt gebruik gemaakt van GEST (Greenhouse gas Emission Site Types) en hun geassocieerde vochniveaus.

De tool neemt de terreinvoorbereiding, verplaatsingseffecten en ecologische ontwikkeling na vernatting niet mee, welke wel onderdeel moeten zijn van een volledige Life-Cycle-Assessment. Deze limitaties zijn verder uitgewerkt op <https://www.nweurope.eu/media/12209/site-emissions-tool-v12-description.pdf>.

F. Berekeningen model overwegingen

Bij het berekenen van de broeikasgasemissies van het paludicultuur-scenario zijn de volgende overwegingen gemaakt. Het is van belang te noemen dat de situatie versimpeld is en de werkelijke emissies verbonden zijn aan contextuele specificaties.

Polder Blauwe Molen en Polder Lageland, die samen 1200 hectare bedragen, zijn als leidraad genomen als oppervlakte. Gezien de variatie in grondsoorten is het totale veenoppervlak van de polders geschat op 1/3 van de oppervlakte van deze polders. Meer gedetailleerde gegevens zullen leiden tot een realistischere emissie-inschatting. Voor de dikte van het veen is 100 cm genomen, gezien het feit dat deze dikte het gemiddelde is van het veen dat in het gebied voorkomt zoals zichtbaar op de kaart van Hunze en Aa's. Daarnaast is op de kaart van Hunze en Aa's te zien dat een dikte van 100 cm het vaakst voorkomt. Als huidige gemiddelde grondwaterstand in de zomer is -100 cm genomen, aangezien dit het gemiddelde is van het zomerpeil van -80 tot -120 cm dat Hunze en Aa's voert.

Als basis bemesting is een combinatie van 150 kg mest en 100 kg kunstmest gekozen. Deze combinatie is aangeraden door de landschap- en hydro-ecologische expert, aangezien deze combinatie gezien wordt als een realistische gemiddelde combinatie. Voor de bemesting van nieuwe gewassen is 150 kg gekozen aangezien dit als gemiddelde gezien wordt in onderzoek van Altenburg en Wymenga (2022) waar verschillende gebruikdoeleinden ontwikkeld zijn voor veenweiden. Daarnaast is een bemesting van 150 kg geassocieerd met hogere opbrengsten in het onderzoek van het Innovatie Programma Veen (2022).

De CO₂-eq van gewassen is niet meegerekend omdat dit gewas en context specifiek is. Daarnaast zijn ook de CO₂-eq-emissies van transport niet meegerekend omdat deze afstand-afhankelijk zijn en er geen bestemming bekend is. Verder is er gerekend met een situatie zonder begrazing.