

Klimaatmaatregelen in het veenweidegebied in relatie tot biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit

Een inventarisatie van effecten

Jeroen Pijlman, Suzanne Roelen, Nick van Eekeren





Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

stowa

Deze inventarisatie is gemaakt in afstemming met het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) en in opdracht van het ministerie van LNV en STOWA

© 2020 Louis Bolk Instituut

Klimaatmaatregelen in het veenweidegebied in relatie tot biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit - Een inventarisatie van effecten

Jeroen Pijlman MSc, Suzanne S.M. Roelen MSc, dr. Nick J.M. van Eekeren

Publicatienummer 2020-036 LbD

93 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Voorwoord

Veengebieden emitteren de broeikasgassen koolstofdioxide, lachgas en methaan als gevolg van veenoxidatie en bodemomstandigheden. In het klimaatakkoord, uit 2019, is als doel omschreven dat de emissies uit veenweiden met 1 Mton CO₂-eq gereduceerd moeten worden in 2030. Daarnaast is er de afspraak gemaakt dat landbouw en het landgebruik klimaatneutraal zijn in 2050.

Om deze doelen te kunnen bereiken zijn aanpassingen in het grondgebruik nodig, welke te omschrijven zijn als *maatregelen*. De leden van het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) hebben een lijst opgesteld van 25 (potentiële) klimaatmaatregelen. Er is een meerjarig onderzoeksprogramma opgezet om broeikasgasemissies van veengebieden gelegen op verschillende plaatsen in Nederland te kwantificeren, en mechanismen achter de emissies verder te ontrafelen, met als doel meer inzicht te krijgen in de (mogelijke) effecten van (het uitrollen van) verschillende klimaatmaatregelen.

Maatregelen die broeikasgassen uit veenweiden beïnvloeden, hebben ook (*neven*)effecten op bodemdaling, biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit, het (zoet)waterverbruik en op de technische en economische gebruiksmogelijkheden van de grond. Deze neveneffecten bepalen mede de *haalbaarheid* van het toepassen van klimaatmaatregelen.

Het Louis Bolk Instituut (LBI) is gevraagd om te inventariseren wat mogelijke neveneffecten van maatregelen kunnen zijn op biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit, in afstemming met de leden van het NOBV, experts en andere partijen. Daarnaast zijn er door andere partijen vijf andere haalbaarheidsstudies uitgevoerd (Tabel 1). Doel is dat uiteindelijk met de inventarisaties van de verschillende partijen de haalbaarheid van de verschillende klimaatmaatregelen kan worden ingeschat.

Deze inventarisatie is gemaakt in afstemming met het NOBV en in opdracht van het ministerie van LNV en STOWA.

De auteurs, december 2020.

Tabel 1. Titels en auteurs van de andere haalbaarheidsonderzoeken naar klimaatmaatregelen in de veenweiden, uitgevoerd binnen dezelfde opdracht van het NOBV.

Titel haalbaarheidsonderzoek	Auteurs
Bedrijfstechnische haalbaarheid van maatregelen in het veenweidegebied	Floor Speet (Arcadis) en Wim Honkoop (PPP-Agro)
Betaalbaarheid van maatregelen in het veengebied	Floris Verhagen (Royal HaskoningDHV), Roelof Westerhof (ORG-ID) en Mark de Weerd (RoyalhaskoningDHV)
Haalbaarheidsstudie NOBV thema Kennisdeling	Ariane Kloosterman (Twynstra-Gudde), Roel Valkman (Twynstra-Gudde) en Goswin van Staveren (Infram BV)
Technische en maatschappelijke haalbaarheid maatregelen bodemdaling, onderdeel governance	Martine Scholten († Salland) en Anneroo Troost († Salland)
Haalbaarheid maatregelen - factoren m.b.t. de water-vraag en beheer die de haalbaarheid van maatregelen in het veenweide gebied bepalen	Frouke Hoogland (Acacia Water) en Arjen Roelandse (Acacia Water)

Inhoud

1	Onderzoeksopzet	7
2	Klimaatmaatregelen: (neven)effecten op hoofdlijnen	9
2.1	Effecten op N-C-P-S kringlopen, bodemkwaliteit en omgeving	9
2.2	Effecten op biodiversiteit	21
2.2.1	<i>Bodemleven</i>	23
2.2.2	<i>Waterleven</i>	25
2.2.3	<i>Flora en fauna, met focus op weidevogels</i>	26
2.3	Effecten op diergezondheid	29
2.4	Effecten op / van milieupgaven en –ambities op de haalbaarheid van maatregelen	33
3	Maatregelengroep vernatting / waterinfiltratie	35
3.1	Effecten op N-C-P-S kringlopen	35
3.2	Effecten op biodiversiteit	37
3.2.1	<i>Bodemleven</i>	37
3.2.2	<i>Waterleven</i>	37
3.2.3	<i>Flora en fauna, met focus op weidevogels</i>	38
3.3	Effecten op diergezondheid	40
3.4	Effecten op / van milieupgaven en -beleidsambities	41
3.5	Integrale beschouwing van effecten	41
4	Maatregelengroep bodemverbetering	44
4.1	Klei-in-veen	44
4.2	Verzuring en/of verzilting van veen	45
4.3	Dieper inbrengen van de organische laag van moerige gronden en ondiepe veengronden	48
4.4	Integrale beschouwing van effecten	50
5	Maatregelengroep alternatieven voor melkveehouderij	51
5.1	Natte teelten en paludicultuur	51
5.1.1	<i>Effecten op de N-C-P-S kringlopen</i>	53
5.1.2	<i>Effecten op biodiversiteit</i>	55
5.1.3	<i>Effecten op diergezondheid</i>	58
5.1.4	<i>Effecten op / van beleidsopgaven en -ambities</i>	59
5.1.5	<i>Integrale beschouwing van neveneffecten natte teelten</i>	60
5.2	Natte natuur	63
5.2.1	<i>Effecten op N-C-P-S kringlopen</i>	64
5.2.2	<i>Effecten op biodiversiteit</i>	65
5.2.3	<i>Effecten op diergezondheid</i>	65
5.2.3	Effecten op / van milieupgaven en -beleidsambities	66
5.2.4	Integrale beschouwing neveneffecten natte moerasnatuur	66
6	Aanvullende maatregelen: Melkveehouderij aangepast aan vernatting	68
6.1	Extensivering van de landbouw	70
6.2	Gedeeltelijke drooglegging	71
6.3	Geschiktere veerassen	71
6.4	Aangepaste bemesting	72
6.5	Kruidenrijk grasland	72

7	Aanvullende maatregelen: aanpassingen in het watersysteem	74
7.1	Ondersteunde maatregelen voor vernatting	74
7.1.1	<i>Flexibel peil</i>	74
7.1.2	<i>Dynamisch peil</i>	75
7.1.3	<i>Herstellen van historische watersystemen</i>	75
7.1.4	<i>Veenweidensloot van de toekomst</i>	75
7.2	Hypothesen rondom (neven)effecten	76
8	Samenvattend overzicht en conclusies	79
	Literatuur	85
	Bijlage 1: Vijfentwintig mogelijke klimaatmaatregelen voor de veenweiden (Bron: NOBV)	90

1 Onderzoeksopzet

Doel

Doel van dit onderzoek is (neven)effecten van (een set gegeven) klimaatmaatregelen in de veenweiden in kaart brengen op het gebied van biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit.

Werkwijze

Als eerste stap is - op basis van literatuur en expert kennis - onderbouwd wat de feitelijk verwachte (neven)effecten van de klimaatmaatregelen op hoofdlijnen kunnen zijn. (Gegeven) thema's waarvoor (neven)effecten zijn uitgewerkt, zijn N-C-P-S kringlopen, bodem- en waterleven, diergezondheid, de geschiktheid als weidevogellocatie en de effecten op / van milieupgaven en -ambities. Na het uitwerken van de hoofdlijnen, is per groep van klimaatmaatregelen aangegeven wat verwachte (neven)effecten zijn, met een eventuele verwijzing naar de bredere onderbouwing op hoofdlijnen. De maatregelen zijn opgesplitst in een categorie hoofdmaatregelen en een categorie aanvullend / ondersteunend (Bijlage 1).

Effecten ten opzichte van beleidsopgaven en -ambities

Daarnaast is omschreven hoe die verwachte (neven)effecten zich verhouden tot beleidsopgaven en -ambities. Belangrijke beleidsopgaven en -ambities welke zijn te relateren aan de thema's van de (neven)effecten zijn:

- Vigerend beleid zoals toegestane bemesting met of zonder derogatie, tijdstippen van bemesting en chemische en ecologische waterkwaliteitsrichtlijnen (Kaderrichtlijn Water, KRW).
- Ambitie van kringlooplandbouw (visie LNV, 2018). Bij kringlooplandbouw komt zo min mogelijk afval vrij, is de uitstoot van schadelijke stoffen zo klein mogelijk en worden grondstoffen en eindproducten met zo min mogelijk verliezen benut.
- Ambitie om alle bodems duurzaam te beheren in 2030 (Kamerbrief LNV, 2018). Het streefbeeld is dat de bodem optimaal kan functioneren en de kwaliteit zo hoog mogelijk is en blijft voor volgende generaties.
- Klimaatbeleid (2019): Het specifieke doel uit het klimaatakkoord is de opgave om de emissies uit veenweiden te reduceren. Het directe onderzoek naar broeikasgassen valt buiten dit onderzoek, echter er ligt bij dit beleidsthema een directe verbinding met de stikstof en koolstofcyclus omdat de broeikasgassen lachgas (N₂O), koolstofdioxide (CO₂) en methaan (CH₄) deze elementen bevatten.
- Stikstofdepositie beleidsambitie voor landbouw (LNV, 2020). De ambitie is een generieke daling van 26% van de stikstofemissies uit landbouw in 2030, ten opzichte van het huidige niveau.
- Vogel- en habitatrichtlijn, welke van toepassing is op zowel natuur- als landbouwgronden.

Uitgangssituatie 'reguliere' veenweide

In dit onderzoek zijn (neven)effecten uitgewerkt ten opzichte van een 'regulier' veenweidengebruik. Met een 'reguliere' veenweide worden permanente productiegraslanden in gebruik door de melkveehouderij bedoeld. Productiegraslanden, met een ontwatering van enkele decimeters tot en met een diepte van ruim 1 m zoals ze in Nederland voorkomen, en waarin nog géén van de beschreven maatregelen wordt toegepast. Er is als uitgangspunt genomen dat 'reguliere' veenweiden worden bemest met ca. 230 à 250 kg N en ca. 75 à 80 kg P₂O₅ uit dierlijke mest en ca. 100 à 120 kg N uit kunstmest (Agrimatie, 2020). 'Reguliere' veenweiden verschillen in bijvoorbeeld perceelsgrootte, voorkomen van sloten en greppels en vooral ook bodemopbouw en -kenmerken. Verschillen in bodemopbouw uiten zich in het type veen en organische stof gehalte, dikte van het veen, mate van veraardheid van het veen, aanwezigheid van klei en/ of kleidek, etc. Daarnaast uit het zich ook in de balans tussen organische stofopbouw en -afbraak, in chemische, fysieke en biologische bodemkenmerken zoals mineralen- en nutriëntengehalten, pH, doorworteling, bodemleven, etc. en in de mate van ontwatering en lokale en regionale hydrologische omstandigheden (kwel, wegzijging), en andere.

De uitgangssituatie in perceelsgrootte, voorkomen van sloten en greppels en bodemopbouw en -kenmerken bepaalt daarom in grote mate de mogelijke (neven)effecten van klimaatmaatregelen. Waar mogelijk is dit voor verschillende aspecten benoemd en toegelicht. De inschatting of maatregelen toegepast kunnen worden en of ze voldoende effect geven, is daarom altijd lokaal en regionaal maatwerk.

2 Klimaatmaatregelen: (neven)effecten op hoofdlijnen

Basis voor de analyse vormt de gegeven set van 25 mogelijke klimaatmaatregelen benoemd (Bijlage 1), waarboven ook weer diverse variaties en combinaties denkbaar zijn. Deels zullen deze maatregelen volgens vergelijkbare principes effecten hebben op kringlopen, biodiversiteit, waterkwaliteit en diergezondheid. Daarom is er voor gekozen om in dit hoofdstuk eerst effecten op hoofdlijnen uit te werken. In de verdere hoofdstukken van het rapport zijn effecten per maatregel meer specifiek benoemd, wanneer dat mogelijk was.

2.1 Effecten op N-C-P-S kringlopen, bodemkwaliteit en omgeving

In deze paragraaf worden belangrijke aspecten rondom N-C-P-S kringlopen besproken, in het licht van de klimaatmaatregelen. Deze aspecten zijn de organische stof balans (met name C), de kringlopen van de elementen en meer in detail de belangrijke vormen van verliezen (N-C-P-S). Ook effecten van, of juist op, de uitgangssituatie zoals de veraarding van het veen en belangrijke bredere neveneffecten van klimaatmaatregelen worden benoemd.

De balans tussen organische stof opbouw en afbraak in 'reguliere' veenweiden

Een 'reguliere' veenweide kent organische stof opbouw (vastlegging) en afbraak (oxidatie en mineralisatie), waarbij de afbraak nagenoeg altijd groter is dan de opbouw; dit als gevolg van veenoxidatie (Figuur 1).

Aanvoer van organische stof is er in de vorm van dierlijke mest, eventueel bagger of compost, afgestorven plantdelen en organische stof uit bodemleven. Daarnaast speelt aanvoer in minerale vorm een rol in organische stof opbouw (vnl. kunstmest en ook stikstofdepositie). Aanvoer van organische stof is nodig voor organische stof opbouw. Aanvoer van mineralen zoals stikstof stimuleert onder andere de gewasgroei, wat als gevolg heeft dat er ook meer afgestorven plantmateriaal in de bodem achterblijft, wat resulteert in meer organische stof aanvoer.

Naast organische stofopbouw is er tegelijk afbraak door het bodemleven, voornamelijk onder aerobe omstandigheden (in de ontwaterde laag). Veen is organische stof, en daarnaast bestaat organische stof in de veenweiden uit resten van gras, mest en eventueel bagger. Het bodemleven breekt organische stof om zichzelf te voeden en leven, waarbij C vrijkomt in de vorm van CO₂ (respiratie). Des te actiever het bodemleven, des te groter kan de organische stof afbraak zijn. Zo kan het zijn dat het stimuleren van het bodemleven -door bijvoorbeeld te bekalken of specifieke nutriënten toe te voegen- organische stof afbraak versnelt. In 'reguliere' veenweiden (zie ook hoofdstuk 1, 'uitgangssituatie') is er netto eigenlijk altijd een grotere afbraak dan opbouw van organische stof als gevolg van veenoxidatie. Een intact veensysteem heeft van nature geen actief aerob bodemleven, maar is vaak relatief zuur zijn en / of deels anaeroob waardoor het geen of een relatief heel beperkt aerob bodemleven heeft. In die condities kan de organische stof afbraak kleiner kan blijven dan de opbouw. In veenweiden is juist aerobe veenoxidatie de belangrijkste verliespost van organische stof.

Er is een verband tussen veenoxidatie en bodemdaling. De oxidatie (afbraak) van veen zorgt voor het verdwijnen van organische stof en voor een structuurverandering van het veen waardoor het maaienveld steeds lager komt te liggen. Alleen wanneer de opbouw en afbraak in balans zijn zal er geen bodemdaling zijn (met uitzondering van situaties waar zetting of krimp is waardoor het veen als het ware gecompacteerd wordt, bijvoorbeeld als gevolg van belasting of droogte). Klimaatmaatregelen welke leiden tot een hoger grondwaterpeil en maatregelen als verzuring, verzilting en klei-in-veen sturen allemaal op het remmen van de organische stof afbraak door het bodemleven. Wanneer de organische stofopbouw en -afbraak in balans zijn, hoeft dat nog niet te betekenen dat er geen broeikasgassen worden uitgestoten. Methaan en eventueel lachgas kunnen uit waterverzadigde veenweidenbodems of intact veen komen zonder dat er bodemdaling plaats vindt.



Figuur 1. De organische stof afbraak van een ('reguliere') veenweidenbodem is nagenoeg altijd groter dan de aanvoer en opbouw van organische stof, als gevolg van veenoxidatie.

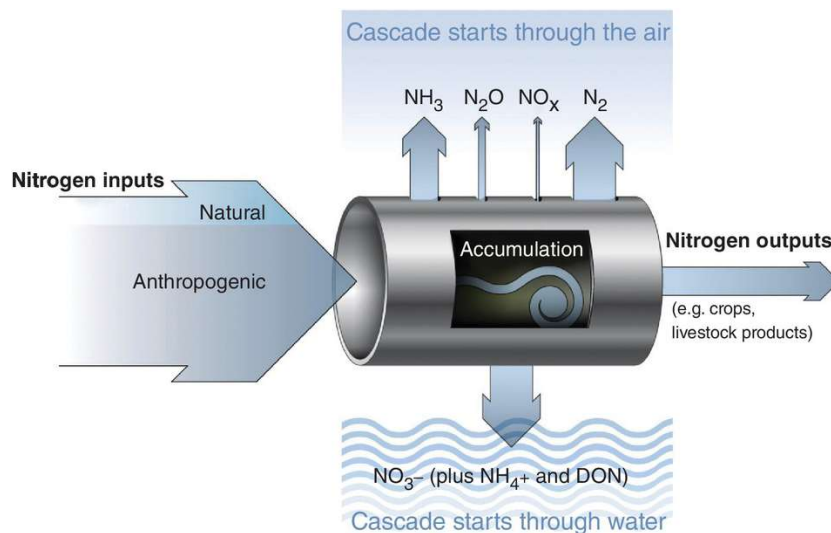
Veenoxidatie / organische stof afbraak kan pas stoppen als er geen oxidatoren meer zijn. Maatregelen met als het doel het verhogen van grondwaterpeilen, waarmee zuurstofarme omstandigheden worden gecreëerd, hoeven veenoxidatie niet volledig te stoppen. Oxidatie van veen kan doorgaan zolang er oxidatoren aanwezig zijn in de bodem of worden aangevoerd. Onder andere nitraat (NO_3^-), mangaan- en ijzeroxide en sulfaat (SO_4^{2-}), welke juist als gevolg van de ontwatering en ook bemesting in grote concentraties in de aerobe bovenlaag aanwezig kunnen zijn, kunnen inspoelen tot de anaerobe laag. Bij de afbraak van deze stoffen komt zuurstof vrij, welke wordt gebruikt voor veenoxidatie in de bodemlaag onder het grondwaterpeil. Deze afbraak is in een 'reguliere' veenweide naar schatting maximaal 10% van de totale afbraak (Hendriks en Van den Akker, 2012; Smolders et al. 2013). Anaerobe veenafbraak kan bijvoorbeeld ook spelen in veen onder een kleipakket van enkele decimeters dat voor akkerbouw gebruikt wordt (Hoogland et al. 2019). Het betekent dus dat, als het doel is veenoxidatie kleiner te laten zijn dan de opbouw van organische stof of volledig te laten stoppen, maatregelen ook gericht moeten zijn

op het wegnemen van oxidatoren op het scheidsvlak van zuurstofarme en zuurstofrijke(re) bodemomstandigheden. Praktisch gezien kan het betekenen dat maatregelen dan zullen moeten sturen op een nutriëntenarme situatie rond dat scheidsvlak. Wanneer er als gevolg van de uitgangssituatie of bemesting, stoffen in de bodem aanwezig zijn waaruit het bodemleven onder anaerobe omstandigheden zuurstof kan vrijmaken, zou er dus alsnog (beperkt) *anaerobe* veenafbraak kunnen plaatsvinden. Dit zou kunnen bij bijvoorbeeld maatregelen als natte teelten of het verhogen van het grondwaterpeil van veenweiden. Er zijn echter geen indicaties dat nutriëntentoevoegingen zoals stikstof een effect op de *aerobe* veenafbraak van veenweidenbodems hebben (dus veenafbraak in het deel van de bodem boven het grondwaterpeil) (van Agtmaal et al. 2018).

Samenvattend: In 'reguliere' veenweiden is de organische stofafbraak groter dan de opbouw, in tegenstelling tot natuurlijke veensystemen. Alleen wanneer de afbraak groter is dan de opbouw, is er sprake van netto verlies met bodemdaling als gevolg. Alleen maatregelen die de oxidatoren (nodig voor veenafbraak) voldoende wegnemen, kunnen er voor zorgen dat de organische stof afbraak en opbouw in balans kunnen komen. Oxidatoren zijn met name zuurstof, welke de bodem binnenkomt als gevolg van drainage, maar in waterverzadigde bodems kan dit bijvoorbeeld ook nitraat, mangaan- en ijzeroxide of sulfaat zijn. Het niet kunnen wegnemen van de oxidatoren, bijvoorbeeld door watertekort of aanwezigheid of aanvoer van andere oxidatoren (o.a. bemesting), kan daarmee een belemmering vormen van het organische stof behoud in veengronden.

Kringloopprocessen in veenweiden

Op hoofdlijnen kunnen kringloopprocessen denkbeeldig worden vergeleken met een buis met gaten (Figuur 2 is een voorbeeld voor stikstof). In kringlopen geldt de wet van behoud van massa. Simpelweg, wat er in gaat komt er uiteindelijk ook weer uit. Dus, des te groter de aanvoer van stikstof is, des te groter ook de afvoer en de verliezen zullen zijn. Bijvoorbeeld, extra bemesten geeft een grotere oogst en / of grotere verliezen en / of een grotere accumulatie (tijdelijke vastlegging).



Figuur 2. Schematische weergave van de relatie tussen in- en outputs van stikstof in een systeem (Uit: Sanchez, 2019). In veenweiden kunnen natuurlijke inputs worden gezien als stikstoffixatie uit de lucht door bacteriën. Antropogene inputs zijn bijvoorbeeld bemesting en stikstofdepositie. Ook via nutriëntenrijk water kunnen de mineralen aangevoerd worden in de vorm van ammonium, nitraat en DON (dissolved organic nitrogen, ofwel opgelost organisch gebonden koolstof). Verliezen van stikstof zijn er in verschillende vormen richting lucht en water (o.a. eutrofiering). De afvoer van stikstof is voornamelijk in de vorm van graseiwit voor de productie van melk en vlees. In het systeem kan stikstof (tijdelijk) accumuleren door vastlegging in organische stof, maar door veenoxidatie is juist sprake van negatieve accumulatie (organische stof verlies). (Fossiel) veen oxideert en zorgt voor stikstofverliezen richting water en lucht, maar ook voor extra output (graseiwit).

Veel klimaatmaatregelen zijn gericht op het remmen of stoppen van veen- en organische stof mineralisatie; in Figuur 2 is mineralisatie het tegenovergestelde van accumulatie. Het betekent dus dat des te meer de mineralisatie geremd wordt, des te kleiner de verliezen en outputs uit de kringloop zullen worden. Specifieke omstandigheden beïnvloeden gedeeltelijk de ratio tussen output, verliezen en vastlegging. Bijvoorbeeld, zo ontstaat lachgas (N_2O) eigenlijk niet in volledig waterverzadigde bodems - wat bij maatregelen zoals natte teelten met waterpeilen boven maaiveld past. Ook zijn er belangrijke aanwijzingen dat secundaire metabolieten uit smalle weegbree in bodem een onderdrukkend effect hebben op de emissie van lachgas (N_2O) (Pijlman et al. 2019c). Verder is bijvoorbeeld de mate en snelheid van nitraatverlies richting water in veenweiden sterk afhankelijk van bodem- en weersomstandigheden. Zo geeft een veenbodem met een hoger grondwaterpeil minder risico op nitraatuitspoeling en juist meer risico op stikstofverliezen richting lucht (past bij maatregelengroep vernatting). Ook kan bijvoorbeeld het gericht timen van bemesten, afgestemd op de opname van planten, bijdragen aan het beperken van verliezen en het verhogen van de output (denk aan maatregel kringlooplandbouw).

Voor koolstof, fosfaat en zwavel gelden vergelijkbare kringloop principes als voor stikstof, met als verschil de wijze en mate waarop de elementen accumuleren of mineraliseren / mobiliseren, en verloren gaan richting de omgeving.

Zo komt *koolstof* in een veenweide voornamelijk vrij richting de lucht als CO₂ en in mindere mate als methaan (CH₄), en via water als DOC (dissolved organic carbon / wateropgelost organisch gebonden koolstof). In het algemeen kan worden gesteld dat maatregelen welke leiden tot zuurstofrijke (aerobe) omstandigheden in de veenbodem leiden tot koolstofverliezen in de vorm van voornamelijk CO₂, terwijl maatregelen welke sturen op waterverzadigde (anaerobe) bodem juist kunnen leiden tot methaan verliezen. Daarom zijn sloten een belangrijke bron van methaanemissies in veenweiden, en de percelen zelf bronnen van CO₂ emissie (Best en Jacobs, 1997; Van den Pol, 1998). Ook zijn er koolstofverliezen in de vorm van DOC (dissolved organic carbon), welke doorgaans het grootst zijn in systemen waar de veenafbraak het hoogst is (Schwalm en Zeitz, 2015). In 'reguliere' veenweiden is de belangrijkste C verliespost doorgaans de emissie van CO₂, al is hier in de praktijk relatief beperkt aan gemeten. In sommige situaties zouden DOC verliezen aanzienlijk kunnen zijn.

Fosfaat hoopt zich door de decennia op doordat het een binding aangaat met geoxideerd ijzer, en ook met calcium en aluminium (Smolders et al. 2013a). Het fosfaat kan vrijkomen na vernatting (wisseling van aerobe naar anaerobe omstandigheden) als klimaatmaatregel, omdat de binding met ijzer dan minder sterk wordt, als gevolg van anaerobe ijzerreductie (Van de Riet et al. 2010; Verhoeven et al. 2010; Smolders et al. 2013a). Daarom wordt in de diepere bodemprofielen van veenweiden vaak ook fosfaat gevonden afkomstig van historische bemesting, in oplossing in water (Smolders et al. 2013a).

Veenweiden (vooral het West-Nederlandse veen) zijn rijk aan zwavel in de vorm van sulfaat (SO₄), met name omdat de in het veen aanwezige zwavel als sulfaat achterblijft bij veenoxidatie, terwijl het veen zelf bij oxidatie grotendeels letterlijk de lucht in gaat als CO₂. Sulfaat kan gemakkelijk uitspoelen naar diepere bodemlagen en sloten. Zwavel is in anaeroob veen aanwezig als gereduceerd sulfiet. Maatregelen die sturen op hogere grondwaterspiegels remmen de sulfaatuitspoeling richting oppervlaktewater. Mogelijk kunnen ook relatieve hoge concentraties sulfaat bij een hoge pH leiden tot de afbraak van fenolen. Fenolverbindingen beschermen veen organische stof tegen afbraak door micro-organismen (waardoor de CO₂-emissie wordt geremd); ontwatering leidt tot juist tot afbraak van fenolen. Fenolen kunnen worden afgebroken met behulp van het enzym fenoloxidase (Brouns en Verhoeven, 2013). Onder de zuurstofarme omstandigheden van de diepere bodemlagen in veenweiden worden fenolen in principe niet afgebroken (Van Agtmaal et al. 2018). Het is uit de literatuur echter niet volledig duidelijk of fenolen onder waterverzadigde (anaerobe) condities alsnog niet kunnen worden afgebroken bij een neutralere pH en de aanwezigheid van (een overmaat van) van potentiële zuurstof doneren zoals nitraat, sulfaat, etc.

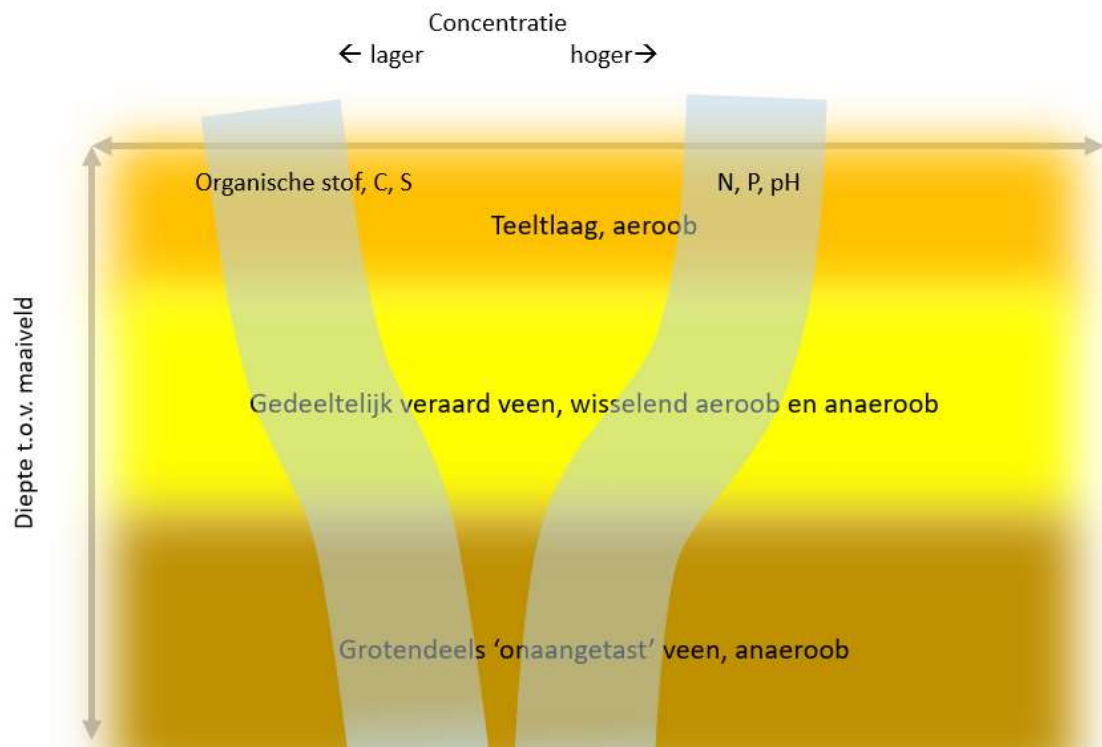
Samenvattend: Kringloopprocessen zijn versimpeld te beschrijven als een massabalans; wat erin gaat, komt er ook weer uit. Veen en veenweiden zijn in feite opeenhopingen (accumulaties) van mineralen in het kringloopproces. Veenmineralisatie als gevolg van ontwatering zorgt voor een aanvoer van mineralen in de kringloop, en een afvoer via gewas, lucht en water. Des

te meer aan de 'knop wordt gedraaid' van veenmineralisatie, des te groter de invloed op de afvoer en emissies van mineralen uit het systeem. Het remmen van veenmineralisatie remt de afvoer van koolstof, stikstof en zwavel via het gewas, lucht en water. Voor fosfor geldt tijdelijk het tegenovergestelde; dit is doorgaans opgehoopt in de bodem als gevolg van historische bemesting en kan mobiliseren door onder andere hogere grondwaterpeilen. Vernatting kan, met name als het grondwaterpeil wordt verhoogd ten opzichte van de uitgangssituatie, daardoor tijdelijk leiden tot een hogere fosfaatbelasting van oppervlaktewater. Dat betekent dat vernattingsmaatregelen alleen haalbaar zijn als de fosfaatbelasting acceptabel is, of dat het fosfaat op andere wijze wordt afgevangen (verschralen, uitmijnen) of verwijderd (afplaggen).

Uitgangssituatie van de bodem

In het algemeen is te stellen dat de ontwatering, nutriënten intensiteit van het landgebruik en specifieke (bodem)omstandigheden een grote rol spelen in de stroomsnelheden en de mate van verliezen van de N-C-P-S kringlopen. Er zijn na structurele vernatting op kortere termijn belangrijke verliezen uit de nutriëntenrijke toplaag van veenweiden.

Als gevolg van veenoxidatie verdwijnt koolstof naar de atmosfeer en blijven geoxideerde mineralen achter waardoor die relatief in hogere concentraties aanwezig zijn ten opzichte van het diepere 'onaangetaste' veen. Daarnaast is er door de jaren een 'continue' mineralen en nutriënten-aanvoer als gevolg van bemesting, waardoor de bodem is opgeladen met elementen zoals N en P (Figuur 3). Omdat vele factoren de actuele situatie van een veenweidenbodem beïnvloeden (type veen, het veengehalte, bodem fysische en biologische kenmerken, lokale en regionale hydrologie, de gebruiksgeschiedenis, etc.), betekent dat de inschatting van de effectiviteit van klimaatmaatregelen, en daarmee ook de haalbaarheid, altijd lokaal en regionaal maatwerk is. Zo liet Deru et al. (2018) zien dat er variatie is tussen veensoorten en potentiële C mineralisatie. Dit werd voor een deel verklaard door het organische stofgehalte, maar ook door bijvoorbeeld het kleipercantage.



Figuur 3. Schematische doorsnede van een veenweide. Doorgaans is de toplaag van een veenweide relatief organische stof en koolstof arm, als gevolg van veenoxidatie waarbij C als CO₂ verluuchtigt. Bij de veenafbraak komt veel zwavel vrij, maar dat is echter mobiel en spoelt uit en af naar diepere bodemlagen en oppervlaktewater. Als gevolg van veenoxidatie en bemesting blijft P achter in de toplaag omdat het zich aan ijzer bindt. N concentraties zijn vaak relatief hoger in de toplaag vanwege de bemesting en de nutriëntenrijkdom passend bij het agrarisch gebruik. Ook is de pH vaak wat hoger in de teeltlaag dan in het diepere veen. Fosfaat kan in de loop van de tijd langzaam uitspoelen naar diepere bodemlagen, waardoor de concentratie van fosfaat soms ook op diepere lagen ook relatief hoog kan zijn. De teeltlaag en de laag onder de teeltlaag maar boven de grondwaterspiegel is deels veraard. Veraarding zorgt voor veranderingen in de fysieke eigenschappen van het veen. Baggervorming in sloten of na vernatting is een gevolg van het structuurverlies van veen na veraarding / oxidatie. Afgeleid van Smolders et al. (2013a).

Samenvattend: Veenweiden zijn zeer heterogeen. Verschillen in de uitgangssituatie bepalen in belangrijke mate de effecten van klimaatmaatregelen op de kringlopen, zowel op korte als lange termijn. Daarom zal het inschatten van effecten / haalbaarheid van klimaatmaatregelen altijd lokaal en regionaal maatwerk zijn.

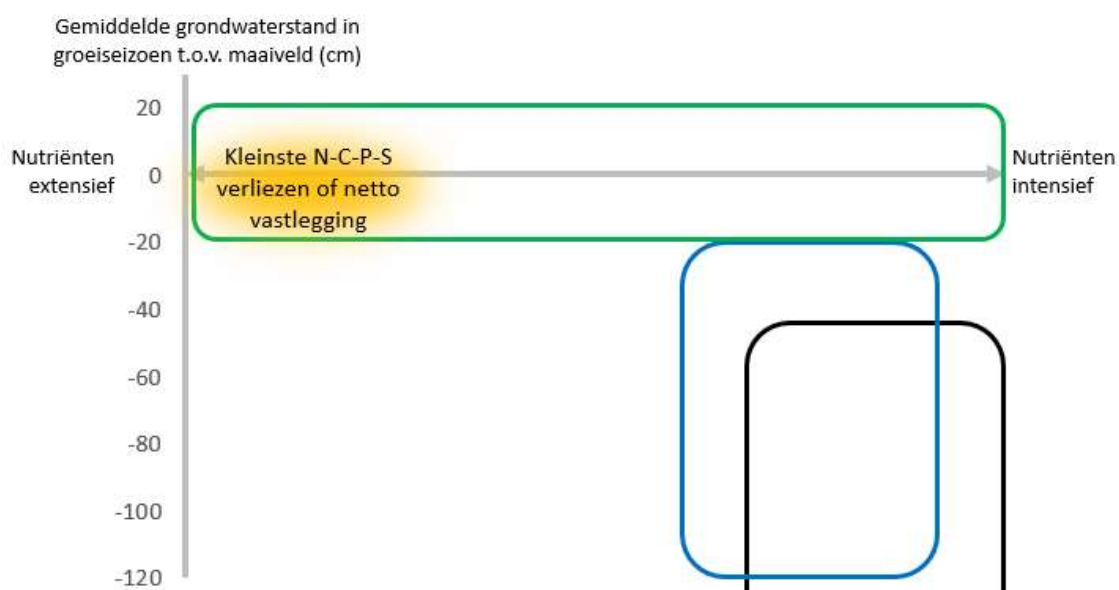
Kringloopverliezen in het licht van groepen klimaatmaatregelen

Op lange termijn ontstaan na vernatting nieuwe (bijna) stabiele situaties. In Figuur 4 is schematisch weergegeven waar op langere termijn verliezen het kleinst zijn.

Natuurlijke veensystemen kunnen zeer beperkte of geen N-C-P-S verliezen hebben en / of netto mineralen vastleggen, mits ze relatief nutriëntenarm en waterverzadigd kunnen blijven (Shotyk, 1988; Smolders et al. 2013ab; Mettrop et al. 2014). De natuurlijke systemen welke nutriënten kunnen vastleggen in de relatief meest voedselrijke situaties zijn rietvelden, struweel en broekbos (oligotrofe en mesotrofe veengronden). Veenmosvegetaties passen bij een relatief nutriëntenarmer en zuurder milieu (oligotrofe veengronden / maatregel veenmosteelt).

Natte teelten kunnen op langere termijn dicht tegen natuurlijke omstandigheden aan zitten, mits ze ook relatief nutriënten arm zijn en drassige tot natte (waterverzadigde anaerobe) bodems hebben, en mits de relatieve nutriëntenrijkdom van een eventueel verleden als veenweide grotendeels is verdwenen (Günther et al. 2017; Van de Riet et al. 2018). Wanneer voor maatregelen zoals lisdodde, riet of andere natte teelten nutriënten worden aangevoerd als vorm van bemesting, zullen verliezen ook groter zijn.

Maatregelen die leiden tot vernatting of een beperking van organische stof afbraak met behoud van de melkveehouderij, kunnen op lange termijn daarom grotere verliezen geven dan natuur. Bij natte teelten zal de mate van verliezen vooral afhangen van de nutriëntenintensiteit (bodemtoestand, bemesting, kwaliteit van aangevoerd water, etc.).



Figuur 4. Zowel de organische stof balans, de nutriënten intensiteit van het landgebruik als specifieke (bodem)omstandigheden spelen een rol in de mate van N-C-P-S verliezen. In het geval van een relatief stabiele situatie (dus bijvoorbeeld niet in de eerste jaren na het verhogen van een grondwaterpeil), leiden systemen met grondwaterspiegels rondom maaiveld en welke weinig of geen nutriënten inputs hebben tot de laagste N-C-P-S verliezen (gele gebied). Natte natuur en natte teelten met een waterverzadigde bodem kunnen potentieel bij deze omstandigheden passen, afhankelijk van de nutriëntenrijkdom van de situatie (groene gebied). Natte moerasnatuur kan zelfs nutriënten netto vastleggen. 'Reguliere' veenweiden zitten aan de andere kant van het spectrum (zwarte gebied). In 'reguliere' veenweiden is meer organische stofafbraak dan -opbouw; dit door de ontwatering, en daarnaast zijn er verliezen als gevolg van de nutriëntenintensiteit. Maatregelen welke zorgen voor vernatting of waterinfiltratie waardoor de grondwaterspiegel relatief hoger wordt dan in 'reguliere' veenweiden, zorgen voornamelijk voor een beperking van verliezen als gevolg van het remmen van veenoxidatie, maar ook doordat de bijdrage van veenmineralisatie aan de kringlopen afneemt kan het veenweidesysteem wat nutriënten extensiever worden (blauwe gebied). Met het verder extensiveren van het nutriëntengebruik in de melkveehouderij, zou het blauwe kader verder richting het gele gebied kunnen schuiven. Bij het staken van melkveehouderij kan op lange termijn mogelijk dicht bij het gele gebied worden gekomen of het worden bereikt.

Samenvattend: Zowel de nutriëntenintensiteit als mate van ontwatering spelen een rol in de grootte van de kringloopverliezen. Het betekent bijvoorbeeld, dat volledig vernatten voor een natte teelt waarbij ook bemest wordt om hoge biomassa producties na te streven, zal leiden tot grotere mineralen verliezen dan een natte teelt waarin niet bemest wordt. Vooral natuurlijke veensystemen of een natte teelt zoals veenmosteelt hebben de potentie om netto mineralen vast te leggen.

N-C-P-S verliezen meer in detail, in het licht van de klimaatmaatregelen

Hieronder is verder in detail uitgewerkt welke effecten van maatregelen verwacht zouden kunnen worden op het gebied van N-C-P-S verliezen. In tabel 2 is een samenvattend overzicht gemaakt van de mogelijk te verwachten effecten –op korte(re) en op lange(re) termijn- van klimaatmaatregelen op N-C-P-S verliezen, uitgesplitst voor maatregelen welke een gedeeltelijke of volledige vernatting van de bodem geven.

Stikstof

Stikstof is relatief vluchtig en uitspoeling gevoelig. Waterverzadigde bodems en veenweidensloten kunnen relatief veel ammonium bevatten, maar uiteindelijk wordt ammonium omgezet naar nitraat (nitrificatie). Een waterverzadigde anaerobe bodem is vaak relatief arm aan nitraat stikstof, omdat nitraat grotendeels wordt gedenitrificeerd tot voornamelijk stikstofgas (N_2) wat vervluchtigt. In veenweiden gaat doorgaans het meeste nitraat verloren als N_2 of lachgas (N_2O) (bijv. Kirkham en Wilkins, 1993). Maatregelen welke leiden tot gemiddeld hogere grondwaterspiegels, zullen op termijn leiden tot minder nitraat verliezen omdat een hogere grondwaterspiegel de weg van nitraatuitspoeling deels wegneemt en nitraat eerder in het grondwater terecht komt waar het makkelijker gedenitrificeerd wordt. Daarnaast zullen hogere grondwaterspiegels doorgaans een afname van veenoxidatie geven, wat ook een afname van stikstofmineralisatie betekent. Uitzondering hierop kan een lange periode van droogte gevolgd door extreme regenval zijn, dan kunnen er ook grote hoeveelheden nitraat uit veenweiden uitspoelen (Hendriks, persoonlijke communicatie).

De maatregelen *natte natuur* en *natte teelten* kunnen ertoe leiden dat emissies van lachgas verwaarloosbaar zijn (Vroom et al. 2018; Tiemeyer et al. 2020), tenzij tijdens perioden van uitzakken van de waterspiegel minerale stikstof vrijkomt uit de bodem of minerale stikstof wordt aangevoerd via bemesting. De continue beschikbaarheid van voldoende water is daarom een belangrijke factor bij het beperken van N_2O (en ook CO_2) emissies (vermijden droogval). Met name kan in een situatie van wisselingen in waterverzadiging van de bodem (tijdelijke droogval) lachgas ontstaan. Bijvoorbeeld klimaatmaatregelen als dynamisch en flexibel peil zouden met name in de slootkanten kunnen leiden tot wisselingen van waterverzadiging, net als greppelinfiltratie rondom de greppels, wat mogelijk kan leiden tot extra lachgas- en stikstofgasverliezen. Ook klimaatmaatregelen als natte teelten,

waarbij in de bodem mineraal stikstof aanwezig is of wordt aangevoerd (bemesting), en waarbij droogval van de bodem kan voorkomen, kunnen leiden tot extra lachgas emissies. Wanneer een systeem stikstofarm is, en er geen stikstof wordt aangevoerd, zijn grote lachgas en stikstofgas verliezen niet aannemelijk. Daarom kan het handhaven van bemestingsvrije zones langs sloten en greppels, als aanvullende klimaatmaatregel, mogelijk bijdragen aan het beperken van lachgas emissies uit die zones. Zo vonden Kandel et al. (2019) dat stikstofbemesting de belangrijkste drijver van N₂O emissies was, in een relatief stikstofrijk rietgrasveld op veen met grondwaterstanden variërend tussen maaiveld en maximum -40 cm min maaiveld. Samenvattend zijn dus belangrijke sturende variabelen voor stikstofverliezen de grondwaterstand, de bijdrage van veenoxidatie aan stikstoflevering, stikstofbemesting en weersomstandigheden.

Methaan (CH₄)

De maatregelen welke leiden tot anaerobe omstandigheden in de bodem (natte natuur, natte teelten, peilverhoging van sloten of grondwaterpeilverhogingen) kunnen de vorming van methaan vergroten, en die van CO₂ verlagen. Betreffende de vorming en emissie van methaan zijn verschillende aspecten die met hoge emissies samengaan, namelijk (Geurts en Fritz, 2020, op basis van meerdere bronnen):

- aanvoer van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal zoals vers plantenmateriaal of koolstofrijk water of slib, algen, graszoden, geërodeerde bodemdeeltjes en dierlijke mest,
- permanente anaerobie en zuurstofconsumptie waarin methaan producerende (methanogene) bacteriën continu methaan kunnen vormen en methaan consumerende (methanotrofe) bacteriën geen methaan afbreken.
- hogere temperaturen stimuleren methaanvorming; (ondiep) water boven maaiveld warmt makkelijker op dan grondwater dan een vochtige bodem.

Maatregelen sturende op een functieverandering van veenweiden naar extensieve natte teelten of natte natuur zullen vrijwel altijd tot een eenmalige piek van methaanemissies leiden (Hemes et al. 2019). Natte teelten zoals op maximale productie gerichte lisdodde kunnen tot behoorlijke methaanemissies leiden door de specifieke omstandigheden die bij intensieve lisdodde teelt passen (Pijlman et al. 2020; Geurts en Fritz, 2020). Het vooraf afplagen van een nutriëntenrijke toplaag kan de vorming van methaan na vernatting in veel gevallen beperken.

Fosfaat

De mate van grondwaterpeilverhoging bepaalt in grote mate de mobilisatie van fosfaat bij vernatting. Fosfaat spoelt uit naar oppervlaktewater en de diepere bodem. Drainage van veenweiden kan ook bijdragen aan het veranderen van de uitspoeling van fosfaat. Velstra et al. (2016) vonden dat met name de piek van uitspoeling in het najaar en de winter werd afgevlakt als de veenbodem tijdens het groeiseizoen relatief natter bleef.

Om de verliezen van fosfaat uit de teeltlaag te beperken bij een landgebruiksverandering naar natte natuur of natte teelten, wordt ook wel specifiek ingezet op een periode van uitmijning, met name gericht op het onttrekken van fosfaat via de teelt en oogst van biomassa. Fosfaat uitmijnen tot een acceptabel niveau voor waterkwaliteit kan meerdere decennia duren (Smolders et al. 2013a), afhankelijk van de uitgangssituatie. Ook kan er worden gedacht aan afplaggen en het elders neerleggen van de voormalige teeltlaag, of aan het telen van helofyten (o.a. riet, lisdodde) in de nabijheid van de vernatte veenweiden waaruit het fosfaat vrijkomt. Bij het afplaggen en elders neerleggen van de voormalige teeltlaag kan organische stof uit de afgegraven bodem op de andere locatie alsnog verloren gaan met diverse emissies tot gevolg.

Sulfide en ijzer spelen een belangrijke rol in de fosfaatnalevering uit een natte bodem. Zolang de waterlaag aerob is, zal de P-nalevering hoger zijn naarmate de Fe/P-ratio lager is en de P-concentratie hoger (Geurts et al. 2010; Smolders et al. 2013a). Bodems met een totaal Fe/S-ratio lager dan 0,5 zullen vrijwel altijd P naleveren, waarbij variatie in nalevering waarschijnlijk afhangt van de vorm waarin het zwavel voorkomt in de bodem (organisch zwavel, FeS of FeS₂) (Smolders et al. 2013a).

Sulfaat

Sulfaat, wat ontstaat in de aerobe bodemlaag bij veenoxidatie en makkelijk uitspoelt naar slootbodems en diepere bodemlagen, leidt tot anaerobe veenoxidatie en het versneld vrijkomen van fosfaat. Onder anaerobe omstandigheden wordt sulfaat omgevormd tot sulfide, waarbij het vrijgekomen zuurstof gebruikt wordt om organische stof (veen) te oxideren. Sulfide bindt weer aan ijzer, waardoor het fosfaat wat aan ijzer is gebonden vrijkomt in het oppervlaktewater.

Op korte termijn leidt dus het behoud van een ontwaterde veenweide tot een relatief hogere sulfaatbelasting van het oppervlaktewater, terwijl een grondwaterpeilverhoging juist tot een hogere fosfaatbelasting van oppervlaktewater leidt. Op langere termijn (tot na enkele decennia afhankelijk van de fosfaatconcentraties in de toplaag) leidt vernatting tot zowel een verminderde fosfaat- als sulfaatbelasting van oppervlaktewater. Zowel sulfaat als fosfaatbelasting hebben een (in)direct negatief effect op de chemische waterkwaliteit, en bemoeilijken het halen van doelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water (zie ook paragraaf 2.4)

Tabel 2. Mogelijk te verwachten effecten –op korte(re) en op lange(re) termijn- van klimaatmaatregelen op N-C-P-S verliezen voor maatregelen welke een gedeeltelijke of volledige vernatting van de bodem geven.

Mate van vernatting	Termijn	Stikstof (N)	Koolstof (C)	Fosfor (P)	Zwavel (S)
Deels (met behoud van melkveehouderij)	Korte(re) termijn	Afname N mineralisatie Verhoging risico N ₂ O vorming?	Afname CO ₂ Risico CH ₄ -vorming, m.n. bij hoge grondwaterpeilen	P mobilisatie richting grond- en oppervlaktewater	Sulfaat mobilisatie → anaerobe veenoxidatie en fosfaat mobilisatie
Volledig (natte natuur of teelten)		N mineralisatie nihil, N verliezen via water afhankelijk van uitgangssituatie	Nihil CO ₂ Piek CH ₄ vorming, m.n. bij voedselrijke uitgangssituatie	P mobilisatie richting grond- en oppervlaktewater	Sulfaat mobilisatie → anaerobe veenoxidatie en fosfaat mobilisatie
Deels (met behoud van melkveehouderij)	Lange(re) termijn	Afname N mineralisatie, verhoging risico N ₂ O vorming?	Afname CO ₂ Risico op vorming CH ₄ m.n. bij hoge grondwaterpeilen	Vorming nieuw bodem P equilibrium, beperkte mobilisatie en eutrofiering?	Beperkte sulfaat mobilisatie en verliezen richting oppervlaktewater
Volledig (natte natuur of teelten)		N mineralisatie nihil, N verliezen via water afhankelijk van nutriënten-aanvoer	Nihil CO ₂ CH ₄ vorming afhankelijk van omstandigheden	Vorming nieuw bodem P equilibrium, mobilisatie en eutrofiering nihil mits geen P aanvoer.	Beperkte sulfaat mobilisatie en verliezen richting oppervlaktewater

Gevolgen veraard veen bij vernatting

Gedraineerde veengronden hebben ten opzichte van niet gedraineerde veengronden een lager organisch stofgehalte, een hogere dichtheid en een lagere porositeit als gevolg van de continue oxidatie (zie ook Figuur 4). De bodemstructuur is verder afgebroken in de toplaag, als gevolg van humificatie (veraarding). Verder afgebroken veen heeft een minder grotere neiging om te krimpen bij minder vochtbeschikbaarheid, en kan minder vocht transporteren en vasthouden dan minder afgebroken veen. Verder afgebroken veen kan ook minder makkelijker lucht in laten en droogt minder sneller op dan minder afgebroken veen. Dit komt omdat de afbraak van veen en het stoppen van veengroei leiden tot het verlies van structuurporiën (Kechavarzi et al. 2010).

Samenvattend: Vernattingsmaatregelen in veenweiden kunnen er toe leiden dat veraard veen instabieler wordt, wat kan resulteren in het in grotere mate vrijkomen van bodemdeeltjes in het water of zelfs baggervorming, en een beperktere draagkracht. Het vrijkomen van bodemdeeltjes is negatief voor de waterkwaliteit en aquatische biodiversiteit. Vegetatie kan een rol spelen in het beperken van de instabiliteit van de bodem; mogelijk kunnen daarom vegetatierijke slootkanten (maatregel veenweidensloot van de toekomst) of het telen van meerjarige en eventueel zodevormende gewassen binnen de maatregelengroep natte teelten een positieve rol spelen.

Neveneffecten maatregelen buiten het land waarop de maatregel plaatsvindt

Naast effecten gerelateerd aan landgebruik en maatregelen, waarop de focus ligt in dit rapport, zijn er ook indirecte effecten van landgebruik op de N-C-P-S kringlopen, biodiversiteit en wet- en regelgeving. Enkele voorbeelden van die indirecte effecten zijn:

- Bij een extensivering of functieverandering van de bodem, kunnen emissies uit de melkveehouderij dalen, wanneer de melkveehouderij ook daadwerkelijk in intensiteit en / of omvang afneemt. Denk aan emissies zoals ammoniak, methaan en lachgas, welke substantieel zijn in verhouding tot de emissies uit de bodem. Extensivering of functieverandering kan echter ook elders leiden tot intensivering of vergroting van de melkveehouderij (op minerale gronden in binnen- of buitenland), waardoor lokale emissiereducties elders in emissiestijgingen kunnen resulteren.
- Met name bij een functieverandering van veenweiden naar natte natuur of natte teelten, wordt soms aan afplaggen gedacht om 'in korte tijd' naar een nutriëntenarme staat te gaan. Vaak komt de afgeplagde bodem niet in een 'afgesloten' depot terecht, maar wordt die elders over (landbouw)percelen verspreid, wat betekent dat de afgegraven bodem alsnog grotendeels oxideert en dat de mineralen in die bodem elders terecht komen, en uiteindelijk ook elders tot extra verliezen kunnen leiden. Ook geeft afplaggen een initiële extra bodemdaling, afhankelijk van de diepte waarop is afgeplagd.

Klimaatverandering en –adaptatie

Klimaatverandering en –adaptatie zijn ook belangrijke aspecten rondom het inschatten van effecten / haalbaarheid van klimaatmaatregelen. Het toekomstige klimaat van Nederland kent een steeds langer en warmer groeiseizoen, en ook het risico op relatief grote neerslagtekorten in het groeiseizoen neemt toe¹. Klimaatverandering heeft daarom als gevolg dat de jaarlijkse veenoxidatie in de toekomst gemiddeld groter zal worden, door het vaker en verder uitzakken van de grondwaterspiegel. Voor klimaatadaptatie is het kunnen bergen en vasthouden van regenwater van steeds groter belang, omdat vooral in het groeiseizoen neerslag meer in kortere periodes en grotere hoeveelheden tegelijk zal vallen. De maatregelen die meer richting adaptief landgebruik gaan kunnen de weerbaarheid van het landgebruik vergoten, ten opzichte van het zich richten op het maximaliseren van de productie, als het gaat om minimale impact op biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit.

2.2 Effecten op biodiversiteit

Biodiversiteit benaderd vanuit een integraal conceptueel kader

Bij de inventarisatie en beschrijving van de (neven)effecten van klimaatmaatregelen op biodiversiteit in dit rapport is gebruik gemaakt van de vier pijlers van biodiversiteit uit het integraal concep-

¹ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/gevolgen-klimaatverandering>

tueel kader wat ontwikkeld is voor de melkveehouderij. Binnen dat kader wordt biodiversiteit beschreven aan de hand van vier samenhangende pijlers, namelijk 1) functionele agrobiodiversiteit, 2) landschappelijke diversiteit, 3) specifieke soorten en 4) brongebieden en verbindingzones (Erisman et al., 2014, zie figuur 4). Er is steeds gekeken of er kennis en informatie is over hoe maatregelen deze pijlers beïnvloeden.



Figuur 4. De vier elementen van biodiversiteit in de melkveehouderij (Erisman et al., 2014)

Water als verbindend thema

Water is een van de belangrijkste thema's rondom biodiversiteit in veengebieden. Bijvoorbeeld, natuurlijke moerassystemen welke onder natuurlijke omstandigheden zijn gevormd, zijn in grote mate watervasthoudend, waardoor ze hun specifieke biodiversiteit kunnen behouden en veen kunnen vormen. In natte moerasnatuur en natte teelten zoals veenmos is verdroging daarom een belangrijk thema op het gebied van biodiversiteit. Wanneer deze systemen verdrogen, bijvoorbeeld als gevolg van wegzijging of lange perioden van droogte (mogelijk als gevolg van klimaatverandering), kan er veel biodiversiteit verloren gaan. De gebiedshydrologie speelt hierbij een belangrijke rol; bijvoorbeeld een veenweidegebied wat gedraineerd is en waar bodemdaling heeft plaatsgevonden, kan ertoe leiden dat aangrenzende natte natuur letterlijk 'hoger' blijft liggen, waardoor op termijn verdroging van die natuur vaker kan voorkomen.

Ook in veenweiden en sommige natte teelten is voldoende water en het proberen te voorkomen van / omgaan met verdroging een belangrijk thema. Maar ook speelt omgaan met veel neerslag een belangrijke rol. Vooral lange droge perioden zijn negatief voor de leefomstandigheden van biodiversiteit (grassen, kruiden, biodiverse slootkanten, insecten, etc.), maar ook (te) natte condi-

ties kunnen nadelig zijn in met name veenweiden. Daarnaast zijn er indirecte effecten zijn van verdroging van veen (o.a. relatieve toename veenverlies) en te natte condities voor veenweiden specifiek (o.a. relatieve toename gasvormige N verliezen, afspoeling van mineralen, percelen minder toegankelijk voor het juiste management, etc.).

Een belangrijk aspect van haalbaarheid / effectiviteit van klimaatmaatregelen op het gebied van biodiversiteit, is dan ook of er voldoende water vastgehouden en / of aangevoerd kan worden om verdroging te voorkomen, en of ten tijde van een neerslagoverschot voldoende water afgevoerd of tijdelijk opgeslagen kan worden in gebieden waar zeer natte omstandigheden een beperkt effect hebben op de biodiversiteit.

De kwaliteit van het water is hierbij ook van groot belang; te nutriëntenrijk water beïnvloedt de biodiversiteit negatief. De toepassing van vernattingsmaatregelen, wanneer dit inlaat van gebiedsvreemd water betekent, kan dus een negatief effect hebben op de (nutriëntengevoelige) biodiversiteit, zowel in bij behoud van melkveehouderij (evt. biodiverse sloten en kanten), sommige natte teelten en natte natuur. Ook verliezen van nutriënten uit de bodem richting water kunnen de waterkwaliteit zo ver onder druk zetten, dat het water te nutriëntenrijk wordt, wat de biodiversiteit negatief beïnvloedt. Zo kan het binnen een gebied moeilijk zijn (nutriëntengevoelige) biodiversiteit op peil te houden, als er tegelijk emissies uit de bodem richting water plaatsvinden.

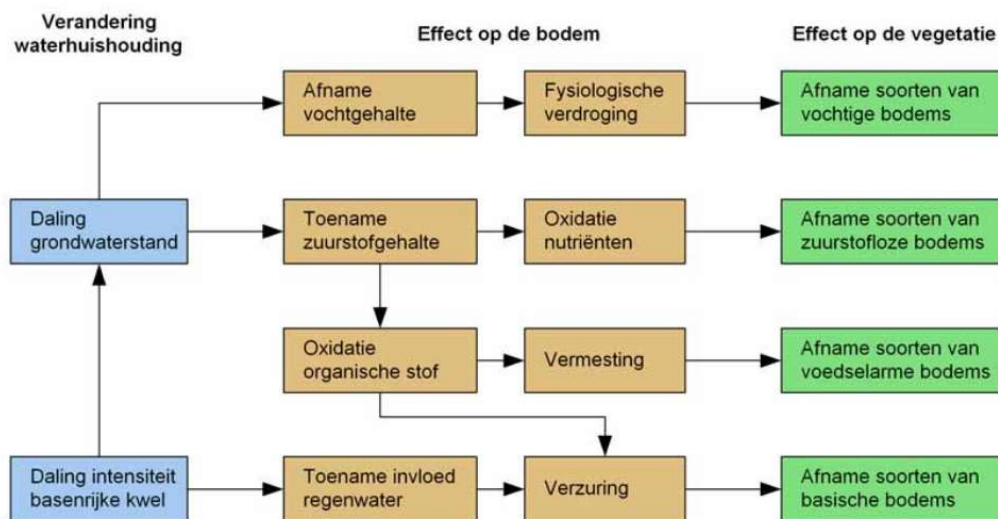
Anderzijds kan er een positieve interactie zijn tussen verschillende soorten landgebruik. Water uit veenweiden heeft over het algemeen een lage kwaliteit, en voldoet vaak niet aan de chemische normen van de Kaderrichtlijn Water. Door een overgangsgedebied in te richten met helofyten zoals riet of lisdodde, zou de chemische kwaliteit van het water verbeterd kunnen worden voordat het richting natuurgebieden wordt gestuurd, waardoor de biodiversiteit van het natuurgebied minder onder druk hoeft te staan als gevolg van nutriënten aanvoer via water. Ook kunnen kleine gebieden onderling, al dan niet met verschillende landgebruiksvormen, de biodiversiteit van grotere gebieden beïnvloeden door het uitwisselen van soorten.

Samenvattend: Biodiversiteitseffecten van maatregelen zijn er zowel op perceel als gebiedsniveau. Waterkwaliteit (risico op verdroging en op zeer natte omstandigheden) en waterkwaliteit spelen een belangrijke rol bij de biodiversiteit van veenweiden, een deel van de natte teelten en natte natuur. Daarom is het effect van maatregelen op de biodiversiteit niet alleen afhankelijk van de uitgangssituatie en maatregel zelf, maar ook van de omgeving (o.a. hydrologie) en (klimaat)omstandigheden.

2.2.1 Bodemleven

Veenoxidatie, leidend tot permanent organische stof verlies, is een proces van het bodemleven. Zonder een actief bodemleven zal er ook geen veenoxidatie zijn. Maatregelen als verzuring en verzilting spelen in belangrijke mate in op de hoeveelheid en diversiteit van het bodemleven. Onder zure of zilte omstandigheden kan het bodemleven minder goed organische stof afbreken, en is er een verminderde veenoxidatie (o.a. Brouns en Verhoeven, 2013; Rashid et al. 2014).

Witte (2008) beschreef het effect van de verandering van waterhuishouding op de bodem en de vegetatie in veennatuurgebieden (Figuur 5). In natuurgebieden geeft de daling van de grondwaterstand verdroging waardoor planten niet meer maximaal kunnen verdampen en belangrijke celfuncties worden verstoord. Ook kunnen soorten verdwijnen die natte, zuurstofarme bodems minnen. Daarnaast zorgt aerobe veenafbraak voor een toename van nutriënten in de bodem, waarvan concurrentiekrachtige soorten (bijv. gras) profiteren. Daarnaast levert de organische stof (veen) afbraak verzuring op (pH daling), mits er geen water aanwezig is wat de verzuring kan bufferen. Verdroging van natuur geeft dus een verschuiving van het leven op en rond de veenbodem van nutriëntenarme, vochtminnende soorten naar meer snelgroeiende soorten.



Figuur 5. Belangrijkste (schadelijke) effecten van hydrologische veranderingen op natte ecosystemen.

Bij een toename van het nutriëntenrijkdom in de bodem, neemt de hoeveelheid en activiteit van het bodemleven doorgaans toe. Zo vond Deru et al. (2018) dat de gemiddelde bodemfauna soortendiversiteit hoger was in veenweiden dan in semi-natuurlijke graslanden op veen, maar dat het totaal aan soorten in veenweiden juist 13% lager was. Bodemleven is een belangrijke voedselbron voor weidevogels. Zo wordt bijvoorbeeld wel geadviseerd om (semi-natuur)graslanden te bekalken om bodemverzuring tegen te gaan, wat een actiever bodemleven kan opleveren (bv. Jonge Poerink, 2008). Echter, een actiever bodemleven kan vervolgens leiden tot een stimulering van organische stof (veen) afbraak met diverse emissies tot gevolg.

Volledig vernatte veenbodems hebben een ander (anaeroob) bodemleven dan bodems waar (nagenoeg permanente) zuurstof intreding kan plaatsvinden. Bodemleven zoals wormen en kevers leven niet bij deze omstandigheden. Klimaatmaatregelen zoals natte teelten en natte natuur, welke leiden tot volledige bodemvernatting, zijn (onder meer) daarom negatief voor de geschiktheid van de grond als weidevogelhabitat. Ook kunnen natte teelten leiden tot een (zeer) beperkt bodem / waterleven, bijvoorbeeld als gevolg van het telen van een monocultuur (bijv. productie gerichte lisdoddetee) of door het afdekken van water waardoor licht en zuurstofuitwisseling worden bemoeilijkt (bijv. azolla).

De verhouding tussen het remmen van de activiteit van het bodemleven en daarmee de mate van veenafbraak, en het belang van een rijk en gezond bodemleven onder andere ten behoeve van weidevogels, lijkt daarmee onder spanning te staan. De vraag is echter in welke mate maatregelen leiden tot een aanpassing van het bodemleven; bodemleven bevindt zich voor een groot deel in de bovenste decimeters van de bodem, en maatregelen kunnen zich in sommige situaties vooral richten op de diepere bodem. Bijvoorbeeld, het opzetten van een peil van -100 naar -60 cm zal relatief beperkte effecten hebben op het bodemleven en kan er mogelijk voor zorgen dat vogels makkelijker wormen kunnen bereiken, terwijl het opzetten van een peil van -40 naar 0 cm zeer grote effecten zal hebben waarbij grote delen van het bodemleven verdwijnen en er een deels aerob bodemleven voor terug komt.

Samenvattend: Veenoxidatie, o.a. leidend tot permanent organische stof verlies en bodemdaling, is een proces van het bodemleven. Het beperken of stoppen van de activiteit van het bodemleven, kan daarmee ook de veenoxidatie beperken of stoppen. Anderzijds is het aerobe bodemleven van veenweiden van belang voor weidevogels; zij hebben belang bij een voldoende rijk, actief en divers bodemvoedselweb. Het verhogen van grondwaterstanden tot enkele decimeters onder maaiveld zou juist kunnen betekenen dat het bodemleven dichterbij het maaiveld komt te zitten, wat gunstig kan zijn voor weidevogels.

2.2.2 Waterleven

Belangrijke factoren, gerelateerd aan klimaatmaatregelen, die van invloed kunnen zijn op de waterkwaliteit en het waterleven, zijn onder andere uit- en afspoeling van nutriënten uit de bodem, effecten op de pH of zoutconcentraties van het water, de eventuele water aanvoer en de hydrologie van een gebied of sloot (zoals waterstroming en slootdiepte). Ook zijn er belangrijke interacties tussen het waterleven en de waterkwaliteit. In veengebieden kan doorgaans niet aan de waterkwaliteitseisen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) worden voldaan (bijv. Schipper et al. 2016).

Op het gebied van vernatting is relatief het meest bekend over de effecten op waterkwaliteit en waterleven. Er zijn indirecte effecten te verwachten op het waterleven door vernatting, waarvan de mate van affecten afhangt van de uitgangssituatie (depositie, bemesting en bodemtoestand, actuele veenafbraak, etc.) en de mate van vernatting (deels, volledig, etc.). Zoals genoemd, resulteert vernatting in vermindering van veenoxidatie, waardoor minder nutriënten beschikbaar komen vanuit veenafbraak, en kunnen hogere grondwaterstanden leiden tot het beschikbaar komen van fosfaat ten koste van sulfide.

Natuur en natte teelten zoals cranberry en veenmos vragen om een relatief (veel) betere waterkwaliteit dan landbouw, waarvan de vraag is of deze waterkwaliteit voldoende beschikbaar is om de maatregel op grotere schaal in te zetten. Anderzijds hebben (semi)-natuur systemen zoals veenmos de potentie de emissies -welke de waterkwaliteit in veengebieden verlagen- te beperken. Dit komt doordat in deze systemen veenafbraak heel beperkt of nihil kan zijn, er geen nutriën-

tenaanvoer in de vorm van bemesting hoeft te zijn, en dat deze systemen in het geval van veengroei juist netto nutriënten kunnen vastleggen. Helofyten als lisdodde en riet kunnen juist nutriënten uit het water op te nemen, en (tijdelijk) vast te houden. Biomassa afvoer bij de teelt van helofyten kan daarnaast zorgen voor het onttrekken van mineralen uit een gebied.

Een ander thema in de veenweiden is het schonen van sloten, en het aanbrengen van de bagger op het land. Maatregelen welke een effect hebben op het beheer van de sloten, zoals verhoogde, flexibele en dynamische peilen, of de veenweidensloot van de toekomst, kunnen een positief of negatief effect hebben op de mate van slootkanterosie en baggervorming in sloten (zie ook hoofdstuk 6). Aangebrachte bagger op het land kan een extra bron van stikstof en fosfaat uitspoeling richting slootwater tot gevolg hebben (Rietra et al. 2009).

Het verhogen van oppervlaktewaterpeilen in sloten ofwel boven maaiveld kan in een afname van grondoppervlak en een toename van wateroppervlak, van enkele tot meerdere tientallen procenten. Peilverhogingen kunnen dus resulteren in een verschuiving van de verhouding leefomgeving voor waterleven versus leefomgeving voor bodemleven.

Samenvattend: Effecten van klimaatmaatregelen op de waterkwaliteit hangen sterk samen met de N-C-P-S-kringlopen en emissies, pH of zoutconcentraties van de lokale situatie en bij een stijgende watervraag speelt de kwaliteit van het water een steeds belangrijkere rol. De chemische waterkwaliteit in veenweidegebieden staat vaak onder druk. Natuur en natte teelten zoals cranberry en veenmos vragen om een (veel) betere waterkwaliteit van aangevoerd water; dat type landgebruik kan op zijn beurt op lange termijn zorgen voor een beperking van emissies richting water ten opzichte van veenweiden. Helofyten zoals lisdodde en riet zijn in staat relatief grote hoeveelheden nutriënten uit de bodem het water en te filteren.

2.2.3 Flora en fauna, met focus op weidevogels

Veenweidegebieden in Nederland zijn cruciale leefgebieden voor weidevogels. In de huidige situatie kan vaak niet aan (alle) habitateisen worden voldaan, wat een afname van de weidevogelstand tot gevolg heeft. Volgens de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn heeft Nederland de plicht om met uitroeiing bedreigde of speciaal gevaar lopende van nature in het wild voorkomende dier- en plantensoorten te beschermen. Dit vindt voor een groot deel plaats in NNN gebieden, maar bijvoorbeeld voor weidevogels spelen de veenweiden een belangrijke rol. De haalbaarheid van klimaatmaatregelen in veenweidegebieden zal daarom in sterke mate worden bepaald door (de effecten op) de geschiktheid van deze percelen/ gebieden als weidevogellocatie, tezamen met de huidige (en mogelijk nieuwe) doelstellingen binnen een bepaald gebied (e.g. aangewezen weidevogelkerngebieden; agrarisch-natuurbeheer).

De geschiktheid van gebieden en percelen als weidevogellocatie hangt af van verschillende boven- en ondergrondse (sub)factoren als ook de wisselwerking tussen deze factoren, waarbij een sleutelrol is weggelegd voor het waterpeil. Bovengrondse (sub)factoren hebben met name be-

trekking op de openheid, inrichting (o.a. vegetatie) en beheer van het landschap, terwijl ondergrondse (sub)factoren vooral gerelateerd zijn aan de bodemfauna (Visser et al., 2017; Oosterveld et al., 2014; Teunissen en Wymenga, 2011; Tolkamp et al., 2006).

Samenvattend: De haalbaarheid van klimaatmaatregelen in veenweidengebieden zal in sterke mate worden bepaald door (de effecten op) de geschiktheid van deze percelen / gebieden als weidevogellocatie. Dit omdat Nederland de weidevogelpopulaties moet beschermen op basis van de Europese wetgeving.

Slootpeil en weidevogels

Weidevogels hebben een voorkeur voor vochtige tot natte gebieden. Afhankelijk van de bodemopbouw en de weidevogelsoort bestaan er verschillende vuistregels met betrekking tot juiste en maximaal toegestane variatie in het slootpeil. Zo is voor steltlopers (Kievit, Watersnip, Tureluur, Scholekster, Wulp, en Kempshaan) de vuistregel voor een slootpeil van 20-25 cm op veengrond en van 25-30 cm op klei-op-veen beneden het maaiveld, in de periode van april-mei. In de periode van mei-juni dient het slootpeil niet verder uit te zakken dan 45-60 cm beneden het maaiveld (o.a. Oosterveld et al., 2014; Tolkamp et al., 2016). Ten behoeve van het behouden van een stabiele gruttopopulatie is de ondergrens een voorjaarspeil van 35 cm op veen en een peil van 60 cm beneden het maaiveld in het geval van klei-op-veen (Oosterveld et al., 2014). In de praktijk zijn slootpeilen tot dichtbij of zelfs boven het maaiveld soms aan de orde in het voorjaar, ten behoeve van weidevogels.

Habitat van weidevogels in het licht van de klimaatmaatregelen

Een open landschap is van belang voor de vestiging, het nestsucces en de reproductie van weidevogels. De hypothese is dat hoe opener het landschap is, des te minder predatoren aanwezig zijn en zich kunnen verschuilen in hoge gewassen (Oosterveld et al., 2014; van der Vliet et al., 2008). Zo zou het verhogen van het waterpeil o.a. kunnen helpen in het minder aantrekkelijk maken van de weidevogelgebieden voor predatoren als vossen (Oosterveld et al., 2014). Een open landschap betekent in deze context ook een relatief open gewasdichtheid in het voorjaar. Anderzijds, zou een verhoogd waterpeil in combinatie met natte teelten als riet en lisdodde of open water juist voor beschutting en schuilmogelijkheden kunnen zorgen voor kuikens. Over de rol van natte teelten in het landschap en de geschiktheid van veenweiden als weidevogelhabitat is onvoldoende bekend.

Naast openheid, zijn voldoende beschutting, een lage gewasdichtheid en een grote structuurvariatie (wat weer gunstig is voor de hoeveelheid beschikbare insecten) randvoorwaarden voor een goede weidevogelhabitat, afhankelijk van de weidevogelsoort (van Eekeren en Visser, 2019; Visser et al., 2017; Oosterveld et al., 2014).

Een hoog grondwaterpeil kan, met name in semi-natuurlijke graslanden op veen met weinig bemesting, de ontwikkeling van de vegetatie vertragen (bodem warmt minder snel op, vertraagde

werking van bemesting, verminderde mineralisatie) met een lagere en meer open vegetatie tot gevolg, waardoor de structuurvariatie verbetert ten opzichte van een drogere bodem (Oosterveld et al., 2014; Tolkamp et al., 2006). Naast een hoog waterpeil zorgen beperkte bemesting, beweiding, en begreppeling voor een verbetering van de structuurvariatie en kruidenrijkdom in een perceel (Visser et al., 2017; Oosterveld et al., 2014).

Daarnaast hangt de geschiktheid van veenweidegebieden als broed- en foerageerhabitat voor weidevogels sterk af van de voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid voor weidevogels (voor zowel adulten als kuikens). De beschikbaarheid en bereikbaarheid van voedsel wordt weer beïnvloedt door het waterpeil, de vochtigheid van de bodem, mate van bemesting en de zuurtegraad van de bodem (Oosterveld et al., 2014; Teunissen en Wymenga, 2011; Tolkamp et al., 2006) (zie ook paragraaf 2.2.1 over bodemleven).

Samenvattende betekent het dat maatregelen welke passen bij de instandhouding van de melkveehouderij op veenweiden, maar dan bij relatief hogere (grond)waterpeilen, gunstig zijn voor weidevogels mits het management van percelen hierop wordt afgestemd. Denk hierbij aan meer kruidenrijk grasland, voorweiden, mozaïek beheer en eventueel extensivering, mits dit samen op kan gaan met een lagere gewasdictheid. Het op landschapsschaal inpassen van een functieverandering naar bijvoorbeeld riet, lisdodde of een moerasbos kan juist (grote) negatieve gevolgen hebben op de habitat van weidevogels. Er is nog te beperkte ervarings- en wetenschappelijke kennis, om op gebiedsschaal duidende uitspraken over het effect op de habitat van weidevogels op veengronden te kunnen doen.

Verhoging waterpeil en voedselbeschikbaarheid

Een hoog waterpeil heeft een positief effect op de voedselbeschikbaarheid- en bereikbaarheid voor weidevogels, vanwege een hoger aantal en hogere dichtheid aan regenwormen in de toplaag van bodem, en een lagere indringingsweerstand van de bodem door de vochtige omstandigheden, waardoor weidevogels beter bij de wormen kunnen (Oosterveld et al., 2014; Teunissen en Wymenga, 2011).

Plasdras gebieden (hetzij in beperkte mate), en greppel- en slootkanten vormen een belangrijke (foerageer)habitat voor met name jonge weidevogels in het voorjaar (Visser et al., 2017; Oosterveld et al. 2014). Om de voedselbeschikbaarheid voor weidevogels te verbeteren op de korte termijn, kunnen greppels worden volgepompt. Daardoor kan de bodem van delen van percelen vochtig worden gemaakt / gehouden, waardoor de regenwormen in de toplaag van de bodem blijven zitten en de indringingsweerstand laag gehouden blijft (Teunissen en Wymenga, 2011). Vanuit de praktijk zijn er daarnaast ervaringen dat vernatting en plasdras gebieden extra ganzen kunnen aantrekken, welke voor diverse overlast zorgen.

Naast regenwormen vormen emelten een belangrijke voedselbron voor weidevogels, met name voor de grutto. Emelten zijn de larven van langpootmuggen welke vooral een aantrekkelijke en relatief makkelijk bereikbare voedselbron vormen in de maanden half april - half juli (emelten zijn

dan immobiel en bevinden zich in de bodemlaag op 2-4 cm). Ook voor emelten geldt dat vochtige omstandigheden essentieel zijn voor de overleving, en worden in hogere dichtheiden aangetroffen op nattere bodems (Oosterveld et al., 2014; Teunissen en Wymenga, 2011).

Bodemtoestand en voedselbeschikbaarheid

Over het algemeen wordt er aangenomen dat weidevogels met name broeden in gebieden waar veel voedsel beschikbaar is. Bij een hogere bemestingsintensiteit en zuurtegraad van de bodem neemt de dichtheid aan regenwormen in de toplaag vaak toe. Verscheidene studies wijzen over het algemeen op een positieve invloed van mest rijk aan organische stof (zoals vaste mest) en een voldoende hoge zuurgraad van de bodem op het voorkomen van en diversiteit aan bodemleven (de Wit et al., 2020; Oosterveld et al., 2014; Teunissen en Wymenga, 2011).

Het ontbreekt echter nog aan brede inzichten op het gebied van de relatie tussen de hoeveelheid weidevogels, bodemfauna en het perceelsmanagement (m.n. bemesting) bij verschillende grondsoorten en waterstanden (Oosterveld et al., 2014). Zo gaf de Wit et al. (2020) aan dat het effect van mest op het aantal wormen in semi-natuurlijke graslanden op veen vaak beperkt lijkt, mede doordat wormen zelf eveneens veel organische stof leveren uit bovengrondse gewasresten en wortel en veengronden van zichzelf rijk zijn aan nutriënten. De relatief grote voedselrijkdom van (voormalige) veenweiden kan ertoe leiden dat zelfs met geen of een kleine bemesting zich een te dichte vegetatie ontwikkelt.

Samenvattend: Ook voor voedselbeschikbaarheid voor weidevogel(kuiken)s, speelt het grondwaterpeil een belangrijke rol. Het is, naast de bemestingstoestand en pH, sturend in het vóórkomen en de toegankelijkheid tot het bodemleven voor vogels.

2.3 Effecten op diergezondheid

Diergezondheid is van belang bij het bepalen van de haalbaarheid van (een combinatie van) de voorgestelde klimaatmaatregelen in veenweiden. Niet enkel vanuit het oogpunt van functionele agrobiodiversiteit, maar ook doordat diergezondheid direct raakt aan het maatschappelijk en bedrijfseconomisch perspectief van het agrarisch bedrijf op de korte en lange termijn. Naast risico's voor diergezondheid kunnen ziektes op termijn ook een risico vormen voor de volksgezondheid, in het geval bijvoorbeeld besmette dieren terecht komen in de voedselketen.

Problemen op het gebied van diergezondheid ontstaan veelal door een samenkomst van de (natuurlijke) weerbaarheid van het dier, voeding, en de huisvesting in een al dan niet veranderende omgeving en hebben tevens implicaties voor dierenwelzijn en productiviteit.

Effecten op infectiedruk

Met de implementatie van verschillende waterpeil-verhogende en vernattende maatregelen, in combinatie met een veranderend klimaat, worden alternatieve en mogelijk gunstigere leefom-

standigheden gecreëerd waardoor nieuwe soorten (m.n. bepaalde soorten parasieten en steekmuggen) hun intrede kunnen doen met potentieel (langdurig) schadelijke gevolgen voor diergezondheid. Zodoende kan de algehele weerbaarheid van het dier worden aangetast met mogelijk andere ziektes tot gevolg.

Leverbotinfectie

Leverbotinfectie, veroorzaakt door de leverbot (*Fasciola hepatica*), is een parasitaire ziekte bij herkauwers (rund, schaap, geit) waarvan besmettingen veelal voorkomen in gebieden waarbij vee graast op relatief vochtige weiden zoals veenweiden (Philipsen en van den Pol – van Dasselaar, 2018; Olsen et al., 2015; Neijenhuis et al., 2014). Leverbot kan bij melkvee resulteren in een chronische aandoening, en leidt tot zowel productieverliezen met betrekking tot verminderde groei van jongvee, melkgift, en afkeuring van levers in het slachthuis, als algehele verminderde weerbaarheid van het dier en daarmee het risico wordt vergroot op andere infecties zoals salmonella en blauwtong (Neijenhuis et al., 2014; Gezondheidsdienst voor Dieren).

Leverbot wordt overgedragen via een tussengastheer, het waterslakje (*Galba truncatula*), waarin de leverbot zich voortplant. Deze waterslak wordt onder andere gevonden in moerassige gebieden met riet, en in ondiep water zoals bronnen, drainagegreppels en beekjes of plasjes die ontstaan door hoefafdrukken van het vee bij drinkplaatsen (Neijenhuis et al. 2014). Naast vochtige omstandigheden wordt leverbotinfectie tevens gerelateerd aan een slechte ontwatering en verhoging van het waterpeil.²

Door klimaatverandering (meer neerslag, hogere temperaturen), het verhogen van waterpeilen en het aanleggen van meer 'natte' natuur waarbij vee als terreinonderhouders gebruikt worden, neemt de kans op een leverbotinfectie toe (Neijenhuis et al., 2014). Echter in hoeverre verschillende vernattingsmaatregelen bijdrage aan een verhoogd risico op leverbotbesmettingen onder vee, dient nog verder onderzocht te worden. Binnen het innovatieprogramma veen start er op de korte termijn een onderzoek naar de effecten van de maatregelen op de verspreiding ervan (waaronder bij drukdrainage). Dit jaar (2020) start de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD) een onderzoek naar de mogelijke kans op leverbotbesmetting en salmonella bij vernatting in het Friese veenweidegebied³. Op de 'Hoogwaterboerderij' in Zegveld worden tevens gezondheidsaspecten zoals infecties en klauwgezondheid van koeien bij grondwaterpeilen van ca. 20 cm onder maaiveld gemonitord⁴.

Salmonellose (in combinatie met leverbotziekte)

Salmonella en leverbotinfecties komen in veel gevallen samen op een rundveebedrijf voor, en komen eveneens beiden vaker voor in waterrijke gebieden. Een salmonella infectie (bacterie) is

² <https://www.gddiergezondheid.nl/actueel/nieuws/2017/11/leverbotbestrijding-belangrijk-voor-aanpak-salmonella>

³ <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/04/25/onderzoek-naar-leverbot-en-salmonella-in-friese-veenweiden>

⁴ <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2019/11/26/bodemdaling-stoppen-met-hoog-grondwater>

vaak gerelateerd aan verminderde weerstand, bijvoorbeeld doordat runderen besmet met leverbot een hoger risico hebben op besmetting met salmonella.

Salmonella wordt vaak gerelateerd aan het drinken van besmet water (zoals slootwater op de wei), en is daarmee eveneens indirect gelinkt aan de waterkwaliteit en mogelijk het inlaten van gebiedsvreemd water in het geval van het toepassen van vernattende maatregelen. Doordat leverbotinfecties de vatbaarheid van runderen voor salmonella verhoogt, zijn verschijnselen van salmonellose bij runderen met leverbot vaak ernstiger en blijven runderen tevens langer besmettelijk.

Samenvattend: Risico's op leverbotinfectie worden gerelateerd aan een slechte ontwatering en verhoging van het (grond)waterpeil, met behoud van melkveehouderij. Leverbot kan daarnaast de weerbaarheid van rundvee voor andere infecties onder druk zetten, zoals het risico op salmonella besmettingen. Dit heeft een impact op de economische en maatschappelijke haalbaarheid van maatregelen.

Blauwtong

Blauwtong is een virale ziekte dat veelal wordt overgedragen op herkauwers zoals runderen en schapen. Het virus veroorzaakt, in tegenstelling tot bij schapen, relatief milde ziekteverschijnselen bij runderen, alhoewel het virus wel de diervruchtbaarheid op de lange termijn kan aantasten. Zodoende wordt verwacht dat de schade (op korte en met name lange termijn) beperkt blijft in vergelijking met leverbotziekte (Gezondheidsdienst voor Dieren).

Dragers van dit virus zijn bijtende en bloedzuigende vliegen, beter bekend als knutten (*Ceratopogonidae*), van het genus *Culicoides*. Afhankelijk van de soort, kunnen knutten zich in allerlei vochtige tot aquatische omstandigheden ontwikkelen, maar gedijen over het algemeen goed in natte omstandigheden. In hoeverre deze vernatting bijdraagt aan de transmissie van blauwtong is nog onbekend. Normaal gesproken kennen knutten vaak een piek in het voorjaar (mei-juni) en de nazomer (augustus).

Er is een combinatie van factoren die mogelijk een rol spelen in de ontwikkeling van knutten en/of geschikte habitats, zoals een verhoogde voedselrijkdom van water (eutrofiering), de al dan niet permanente aanwezigheid van water, wisselingen daarin, en temperatuur zones met ondiep water, en verlanding (oppervlaktewateren en oeverzones). Over het algemeen lijken tijdelijke aquatische niveaus meer risico's met zich mee te brengen ten opzichte van het permanente inundatie van (delen van) een gebied, wat zou betekenen dat maatregelen als het opzetten van grondwaterpeilen tot dicht bij het maaiveld risicovoller zijn dan volledige bodemvernatting. Stabiele waterecosystemen hebben namelijk een beter ontwikkelde levensgemeenschap met meer veerkracht waarin o.a. knutten minder kans hebben zich te ontwikkelen (Verdonschot en Besse-Lototskaya, 2012).

In het verleden is reeds overlast gemeld van knutten in laagveenplassen, veenweidegebieden, heidegebieden, moeras, en (natte) graslanden. Tezamen met veranderende klimaatomstandigheden (bijv. meer frequente hevige regenbuien en langere perioden van droogte), zullen door vernattingsmaatregelen (meer delen van) gebieden geschikter worden als habitat voor knutten

(en steekmuggen), en zal er mogelijk een verschuiving dan wel verlenging plaats kunnen gaan vinden van het 'knutten seizoen'. Daarnaast draagt begrazing op bodems met een slechte draagkracht, zoals het geval is op de natte bodems in veenweidegebieden, bij aan de vorming van kleine waterpoeltjes en micro-reliëfferreinen, hetgeen bevorderlijk kan zijn voor o.a. knutten. Daarnaast is het mede afhankelijk van de mate van verschuiving van de gebieden die knutten populaties herbergen (veenweiden, semi-natuurlijke graslanden, natuur, natte teelten, etc.), dat bepaalt of deze in grootte zullen toenemen of afnemen. Echter, wanneer door maatregelen gebieden helemaal niet meer gebruikt kunnen worden door vee, zal er ook geen sprake zijn van een toename van infectiedruk.

Samenvattend: Vernatting in combinatie met melkveehouderij of in de omgeving van melkveehouderij, resulteert in een combinatie van factoren die mogelijk een rol spelen in de ontwikkeling van geschikte habitats voor rundveeparasieten en ziekteverwekkers. Deze factoren zijn een verhoogde voedselrijkdom van water (eutrofiering), de al dan niet permanente aanwezigheid van water, wisselingen daarin, zones met hogere temperatuur en ondiep water en verlanding (oppervlaktewateren plus oeverzones). De beschikbare ervarings- en wetenschappelijke kennis is (te) beperkt om duidende uitspraken te doen over de mate van toename van diergezondheidsrisico's bij vernatting.

Effecten op weerbaarheid en productiviteit dier

Een belangrijke hypothese bij (verregaande) vernatting (grondwater tot bijvoorbeeld 20 cm onder maaiveld) is dat de botanische samenstelling van het gras verandert, de voederwaarde van het gras relatief lager wordt en mogelijk ook het gras door runderen en machines moeilijker 'oogstbaar' is. Omdat er nog heel beperkt praktijkervaring en onderzoek is gedaan naar melkveehouderij met hoge grondwaterpeilen, ligt hier nog een belangrijke kennisvraag (zie ook het project Boeren Bij Hoog Water wat in 2020 gestart is ⁵).

De algehele gezondheid, en daarmee weerbaarheid en productiviteit van het dier, worden in belangrijke mate bepaald door de keuze en kwaliteit van het diervoeder (Wagenaar et al., 2017; Benedictus et al., 2006). Zo kunnen tekorten (in combinatie met andere factoren) leiden tot het eerder ontstaan van ziekten en aandoeningen, zoals klauwaandoeningen, terwijl de juiste voeding een positieve uitwerking kan hebben op het voorkomen ervan. Daarnaast heeft de samenstelling van het diervoeder invloed op de darmflora dat wederom de werking van het immuunsysteem beïnvloedt (Benedictus et al., 2006).

Aanvullende maatregelen als kruidenrijk grasland, al dan niet in combinatie met extensivering, kunnen mogelijk een positieve bijdrage leveren aan diergezondheid. Uit onderzoek naar het ver-

⁵ <https://www.ktczegveld.nl/hoogwaterboerderij/>

band tussen kruidenrijk grasland en de gezondheid van melkvee kwamen aanwijzingen naar voren dat de diversiteit van weidevegetatie en koegezondheid in elkaars verlengde liggen (Wagenaar et al., 2017).

Ook speelt het aanpassend vermogen van runderen een belangrijke rol in de mogelijke haalbaarheid van (verregaande) vernatting in de melkveehouderij. Een hypothese is dat rassen die kleiner, lichter en robuuster zijn (zoals dubbeldoel melk en vlees) beter gecombineerd kunnen worden met waterpeil verhogende maatregelen op bijvoorbeeld extensief beheerde (kruidenrijke)gras- en natuurgraslanden. Als alternatief op beweiding van reguliere (al dan niet gedraineerde) veenweiden met melkvee, zijn er bijvoorbeeld ook rietmoerasgebieden in gematigde klimaten die met behulp van waterbuffels worden beheerd (Geurts et al., 2019; Joosten et al., 2015; Sweers et al., 2013; Kobbing et al., 2013; Gulickx et al., 2007). Waterbuffels leven van nature onder natte leefomstandigheden en kunnen goed omgaan met een rantsoen met een relatief lage voederwaarde. Daarbij zijn waterbuffels minder gevoelig voor parasieten en minder kwetsbaar voor klauwandoeningen. Een veehouderijsysteem met waterbuffels zal wel (veel) extensiever zijn dan de huidige melkveehouderij. Ook zijn er rondom het houden van waterbuffels onder moerasachtige omstandigheden gelijksoortige vragen te stellen als bij het houden van 'regulier' rundvee bij hoge grondwaterpeilen; waterbuffels zijn zwaar en zullen zorgen voor vertrapping. Een belangrijke vraag is dan ook wat voor effect dit heeft op een duurzaam bodembeheer en emissies uit de bodem.

Samenvattend: Bij behoud van melkveehouderij en (verregaande) vernatting zijn er een aantal belangrijke hypothesen, namelijk: 1) als de botanische samenstelling van het gras verandert de voederwaarde lager wordt; wat de productiviteit van het melkveebedrijf verlaagt ten opzichte van reguliere veenweiden; 2) dat het gras moeilijker opgenomen en / of te oogsten wordt, door runderen als machines. Dit door bijvoorbeeld de smakelijkheid van het gewas en / of de toegankelijkheid van de bodem en 3) dat rassen die kleiner, lichter en/of robuuster (zoals dubbeldoel melk en vlees) zijn, beter gecombineerd kunnen worden met waterpeil verhogende maatregelen. Er is op dit moment onvoldoende praktijkervaring en onderzoek opgedaan en onderzoek gedaan om de hypothesen te bevestigen of ontkrachten.

2.4 Effecten op / van milieupgaven en –ambities op de haalbaarheid van maatregelen

Gezien de beleidsdoelstellingen en –ambities op het gebied van kringlopen, bodembeheer en waterkwaliteit, zou gesteld kunnen worden dat op lange termijn vooral landgebruiksvormen hier in kunnen voldoen welke een bijna neutrale tot positieve organische stof balans hebben. Het gaat hier om de volgende ambities en doelstellingen:

- *De ambitie om alle bodems in 2030 duurzaam te beheren (bodemstrategie LNV, 2018);* hierbij zou duurzaam letterlijk gelezen kunnen als opbouw en behoud van organische stof

in bodems, zoals in klei- en zandgronden de ambitie is. Binnen deze ambitie past bodembeheer wat leidt tot een netto organische stof afbraak als gevolg van het bodemmanagement minder goed, maar juist meer een relatief nat en nutriëntenarm grondgebruik om veenoxidatie te vermijden.

- *De ambitie van kringlooplandbouw* (LNV, 2018); het sluiten van kringlopen van melkveebedrijven zal hoogstwaarschijnlijk niet op een vergelijkbaar niveau kunnen op veengronden als op klei- of zandgronden, omdat er ook bij beperkte ontwatering en bemesting veenoxidatie zal blijven, en dat er als gevolg van bodemomstandigheden relatief grotere risico's zijn op belangrijke verliezen (bijv. lachgas, methaan en fosfaat uitspoeling).
- *Kaderrichtlijn water (KRW)*; Op dit moment worden de chemische waterkwaliteitsdoelen in veenweiden vaak niet gehaald. Het remmen of stoppen van veenoxidatie heeft op lange termijn een positief effect op de waterkwaliteit en leidt verliesherstel per definitie altijd tot een waterkwaliteit verbetering (Smolders, 2013a), wat gunstig is voor het behalen van de doelen binnen de KRW.
- *Europese vogel- en habitatrichtlijn*: Nederland is op basis van de vogel- en habitatrichtlijn verplicht te werken aan het behoud en het versterken van de weidevogelpopulatie. De veenweiden vormen een belangrijke habitat voor weidevogels.

Een belangrijke vraag, vanuit de beleidsambities en –doelen bezien, is in welke mate en vorm lange termijn doelen op het gebied bodembeheer, kringlopen en waterkwaliteit samen kunnen gaan met het behoud en herstel van de weidevogelpopulaties. Meer productiegerichte melkveehouderij lijkt hier niet bij te passen, net als veel natte teelten en moerasnatuur (zie voor meer achtergrond paragraaf 2.3).

Naast de genoemde doelen en ambities is er ook het doel gesteld dat de landbouw en het landgebruik in 2050 klimaatneutraal zijn (*Klimaatakkoord*⁶). Vormen van grondgebruik gericht op beperkte koolstof en stikstof emissies, of zelfs netto vastlegging, passen goed bij deze ambitie, aangezien CO₂, CH₄ en N₂O de belangrijkste broeikasgassen zijn uit veengebieden.

Samenvattend: Een belangrijke vraag -vanuit de beleidsambities en –doelen bezien- is in welke mate en vorm, lange termijndoelen op het gebied bodembeheer, kringlopen en waterkwaliteit samen kunnen gaan met het behoud en herstel van de weidevogelpopulaties. Met name de ambitie van duurzaam bodembeheer zou letterlijk kunnen worden gelezen als minimaal een neutrale organische stofbalans (behoud van organische stof). Hier passen waarschijnlijk vooral relatief natte en nutriëntenarme landgebruiksvormen bij, zoals extensieve vormen van natte teelten, semi-natuur, (zeer) extensieve veehouderij en moerasnatuur. Voor weidevogels is juist een voldoende rijk en divers bodemleven van belang, waarbij het bodemleven deels afhankelijk is van de voedselrijkdom.

⁶ <https://www.klimaatakkoord.nl/landbouw-en-landgebruik>

3 Maatregelengroep vernatting / waterinfiltratie

Dit hoofdstuk beschrijft de (neven)effecten van de maatregelen welke de ondergrond van de veenweiden vernatting, met behoud van de melkveehouderij, namelijk onderwater- en drukdrainage (#1 en 2), slootwaterpeilverhoging en een hoog zomerpeil (#3 en 4), en greppelinfiltratie, bevoeiing en beregening (natte teelten (#5 t/m 7) (Bijlage 1).

Het centrale principe achter deze zeven maatregelen is het verhogen van het grondwaterpeil, ten opzichte van de 'reguliere' situatie. Eigenlijk gaat het om het voorkomen van het (te ver) uitzakken van de grondwaterstanden tijdens het groeiseizoen wanneer de gewasverdamping groter is dan de neerslag. De mate van (neven)effecten op de verschillende thema's zal dan ook in grote mate afhangen van hoeveel het uitzakken van de grondwaterstand wordt beperkt door maatregelen. Dit is weer afhankelijk van de lokale omstandigheden (huidige ontwatering, kwel, wegzijging, etc.) en de manier waarop de maatregel wordt toegepast. Deze maatregelengroep zet dus vooral in op een beperking van (in)directe emissies als gevolg van veenoxidatie, omdat de nutriënten inputs van het landbouwsysteem niet of beperkt hoeven te veranderen bij het toepassen van de maatregelen, ten opzichte van de uitgangssituatie (zie ook Figuur 4).

3.1 Effecten op N-C-P-S kringlopen

De maatregelen kunnen, bij succesvolle toepassing, met name tot gevolg hebben dat grondwaterpeilen stabiel worden (minder seizoensfluctuaties). In de eerste jaren na vernatting is de situatie vaak dermate veranderd, dat er tijd nodig is om nieuw (semi)equilibrium te vormen, waardoor er korte en langere termijn effecten te verwachten zijn. Op het gebied van de N-C-P-S kringlopen zouden de volgende effecten kunnen worden verwacht:

- N: Een verminderde veenoxidatie, wat als gevolg heeft dat de stikstoflevering van de bodem richting het gras / gewas met enkele kilo's kan afnemen (Hoving et al. 2018) en dat er minder (in)directe stikstofverliezen zijn richting lucht en water als gevolg van een beperktere stikstofmineralisatie.
- C: Een verminderde veenoxidatie zal daarnaast vooral de emissie van CO₂ verlagen, maar ook de verliezen van opgelost organisch gebonden koolstof (DOC) kunnen verminderen. Voor zover bekend zijn er nog geen directe metingen die dit onderschrijven. Wel is bekend dat de mate van veenoxidatie een afgeleide is voor de CO₂ en DOC emissies (o.a. Schwalm en Zeitz, 2015).
- P: De mate van grondwaterpeilverhoging is voornamelijk sturend voor de fosfaat mobilisatie. Een grondwaterpeilverhoging zal voor een verhoogde P mobilisatie zorgen, gedurende een relatief korte termijn (enkele jaren tot decennia) waarin de P voorraad van de geïnundeerde bodem tot een nieuw evenwicht zal komen.
- S: Een verminderde veenoxidatie zal minder sulfaat vorming opleveren in de aerobe laag, wat tot minder sulfaat uitspoeling zal leiden richting de diepere bodemlagen en oppervlaktewater. Sulfaat wordt daarnaast in verband gebracht met fosfaatmobilisatie en anaerobe veenafbraak. Deze (in)directe effecten zijn gunstig voor de waterkwaliteit.

Kringlopen versus de maatregelen beregenen, bevoeien en greppelinfiltratie

De maatregelen beregenen en bevoeien, en in mindere mate ook greppel-infiltratie, betekenen dat water via de teeltlaag instroomt naar het bodemwater. Dit kan voor een tijdelijke anaerobe situatie in de teeltlaag zorgen waarbij stikstofverliezen zouden kunnen optreden als gevolg van denitrificatie, en tijdelijk methaanvorming zou kunnen zijn. Daarnaast zou nitraat, sulfaat en fosfaat hierdoor versneld kunnen uitspoelen uit deze laag. Dit zou ook bij andere maatregelen kunnen spelen, wanneer het grondwaterpeil tijdelijk stijgt richting maaiveldhoogte. Voor zover bekend is hier niet aan gemeten, en is het de vraag in hoeverre beregenen en bevoeien afwijken van een periode met flinke neerslag. Bij greppelinfiltratie is het voor de hand liggend dat de greppels gedurende langere tijd onder anaerobe omstandigheden blijven dan de teeltlaag bij beregenen of bevoeien. Dit kan ook betekenen dat greppelinfiltratie lokaal tot grotere en een andere verdeling (verhouding richting water en atmosfeer) van nutriëntenverliezen leidt.

Kringlopen versus de maatregel onderwaterdrainage

Over het algemeen leiden maatregelen waarbij het grondwaterpeil wordt aangepast door middel van drainage tot een beperking van de veenafbraak en mineralisatie van nutriënten, en een betere benutting van nutriënten uit de bemesting. Zodoende zou de kans op uitspoeling van nutriënten uit bemesting naar bijvoorbeeld sloten verminderd worden (van den Akker et al., 2012). Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat de stikstoflevering vanuit de bodem vermindert door toepassing van onderwaterdrainage als gevolg van een verminderde afbraak van veen. In combinatie met het bemestingsniveau volgens de praktijk zou dit niet tot productieverliezen leiden, doordat dit gecompenseerd wordt door een hogere stikstofbenutting uit de mest (Hoving et al., 2015). Echter, de efficiëntie van de benutting van nutriënten, of de uitspoeling ervan, wordt ook beïnvloedt door van de diepte waarop de drains geplaatst worden en de daarbij behorende mate van drooglegging, in combinatie met de mate van bemesting en de bodemtoestand van o.a. fosfaat (van den Akker et al. 2012).

Het is niet volledig bekend in hoeverre gebiedsvreemd water een mogelijk versnelde afbraak van veen en mobilisering van vooral fosfaat kan opleveren. Ervaringen uit de praktijk en literatuur hebben echter geleerd dat dit niet of nauwelijks speelt in het Groene Hart (van den Akker et al., 2012).

Samenvattend: Afhankelijk van de mate waarin de maatregelen er in slagen de veenoxidatie te remmen, zullen ze een afname van N-, C- en S-emissies tot gevolg hebben en een tijdelijke toename van P-emissies totdat een nieuw (bijna) P-evenwicht in de bodem is ontstaan. Hierbij zullen met name korte termijn effecten van vernatting op o.a. P-mobilisatie mogelijk belemmerend kunnen werken op de haalbaarheid van deze groep maatregelen. Er zijn nog **veel vragen rondom de effecten van maatregelen als greppelinfiltratie, bevoeiing en beregening op N-C-P-S verliezen**. Over de maatregelen onderwaterdrainage en slootpeilverhoging is relatief het meest bekend op het gebied van N-C-P-S-kringlopen. Dit is deels op basis van metingen en

deels op basis van modellen; inzicht in de lokale uitgangssituatie (bodemtoestand en mineralenlading, actuele veenoxidatie, hydrologie, etc.) is een belangrijke sleutel voor het inschatten van effecten.

3.2 Effecten op biodiversiteit

3.2.1 Bodemleven

Op basis van het onderzoek van het LBI bleek er bij de aanwezigheid van drains een hogere soortenrijkdom van mijten in de bodem te zijn. Dit duidt op een meer stabiele habitat in de bodem, mogelijk als gevolg van de hydrologische buffering door drains (Deru et al., 2014). In paragraaf 3.2.3 is meer informatie rondom bodemleven en drainage opgenomen, in relatie tot de geschiktheid van percelen voor weidevogels.

3.2.2 Waterleven

Voor het waterleven is bij drainage een risico op uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater, indien het slootpeil niet gelijktijdig wordt verhoogd. Daarnaast zorgt drainage voor een extra watervraag in droge tijden (Rozemijer et al. 2019; natte teelten kunnen overigens voor een nog grotere watervraag zorgen dan onderwaterdrainage), wat zorgt voor kortere verblijftijden en een risico voor het waterleven op de inlaat van nutriëntrijk gebiedsvreemd water. De effecten van een nutriënttoename en de verblijftijd van het water op het waterleven is locatieafhankelijk, en kunnen door een analyse van ecologische sleutelfactoren 1,2 en 3 worden ingeschat (Schep et al., 2015). Deze sleutelfactoren zijn 1) productiviteit water, 2) lichtklimaat en 3) productiviteit bodem. Een verhoging van het slootpeil biedt kansen voor het waterleven en soorten die daarvan profiteren. De habitatgeschiktheid voor waterplanten, macrofauna en vissen neemt toe bij een groter areaal aan land- en waterovergangen, en variaties in waterdiepte en oeverwalud (Cussel en Teurlings, 2018) (Foto 1). Dit resulteert daarmee tevens in betere foerageercondities voor watervogels



Foto 1. Waterpeilverhoging resulteert in een groter areaal land- waterovergangen en meer variatie in waterdiepte en taluds. Dit heeft een positief effect op de habitatgeschiktheid van waterplanten, macrofauna, vissen en watervogels.

en steltlopers. De aantallen adulte steltlopers en watervogels kunnen langs de hoogwatersloten gemiddeld ongeveer 3 keer zo groot zijn als langs de laagwatersloten (Oosterveld et al. 2013). Ook uit onderzoek van Jansma en de Wit (2016) bleek dat slootranden de potentie hebben als goede foerageerruimte voor weidevogels, en kunnen fungeren als verbindingzone tussen gebieden met specifiek kuikengrasland. Hoewel in dat onderzoek geen effecten van vernatting waren onderzocht, onderstreept dit het belang van slootranden voor weidevogels.

3.2.3 Flora en fauna, met focus op weidevogels

Eerder is in hoofdstuk twee besproken dat de geschiktheid van veenweidegebieden als broed- en foerageerhabitat voor weidevogels in sterke mate afhankelijk is van factoren als voedselbeschikbaarheid en –bereikbaarheid op perceel- en gebiedsniveau. Hierbij is een sleutelrol weggelegd voor het waterpeil in combinatie met beweiding-, bemesting-, en maai beleid (Teunissen en Wymenga, 2011). Alhoewel weidevogels een sterke voorkeur hebben voor vochtige tot natte leefomstandigheden zijn de timing, duur en mate (en daarmee flexibiliteit) van vernatting wel degelijk bepalend voor de uiteindelijke geschiktheid van een gebied als weidevogellocatie. Daarom dienen vernattende maatregelen individueel te worden beschouwd in relatie tot hun mogelijke effecten op weidevogels. Voor zover bekend is er tot op heden met name onderzoek gedaan naar de gevolgen van onderwaterdrainage en greppel plas-dras op de leefomstandigheden voor weidevogels.

Weidevogels en bodembiodiversiteit

De geschiktheid van een locatie voor weidevogels wordt vaak onderzocht aan de hand van het meten van de indringingsweerstand van de bodem en tellingen van regenwormen en emelten (Hoving et al., 2015). Het is gebleken dat de indringingsweerstand (in de toplaag) wat hoger is op percelen met onderwaterdrainage (Hoving et al., 2015; Deru et al., 2014), maar in veel gevallen ruim onder streefwaarden bleef (Teunissen en Wymenga, 2011). In het onderzoek van Deru et al. (2014) was het aandeel wormen in de bovengrond lager bij onderwaterdrainage ten opzichte van geen onderwaterdrainage, maar ook hier waren er voldoende wormen ten opzichte van de streefwaarde voor weidevogels. Over het algemeen bleken er dus uit beide onderzoeken geen sterke veranderingen merkbaar met betrekking tot de geschiktheid van percelen voor weidevogels, als gevolg van onderwaterdrainage.

Een indirect effect van onderwaterdrains, in combinatie met een drogere toplaag als gevolg van waterafvoer in nattere perioden, is een verbetering in de draagkracht van de bodem. Dit kan zowel voordelen als nadelen met zich meebrengen. Enerzijds betekent dat door het toedoen van deze verbeterde draagkracht mest eerder kan worden uitgereden op het land, hetgeen nadelige gevolgen zou kunnen hebben voor de overleving van de weidevogelkuikens. Anderzijds, kan door een betere draagkracht van de bodem eerder worden beweid. De mestflatten kunnen hierbij extra insecten aantrekken en daarmee het voedselaanbod voor weidevogels(kuikens) vergroten, en kunnen de hierdoor ontstane weidebossen (achtergebleven grasresten rond mestflatten) schuil-mogelijkheden bieden voor de weidevogelkuikens (Hoving et al., 2015). Welk effect plaatsvindt is

duS afhankelijk van de door de boer gehanteerde beweidingS- en bemestingsmanagement, en / of het maaieregime.

Eerder is beschreven dat slootkanten van percelen een belangrijk foerageergebied vormen voor de weidevogels en een belangrijke zone zijn voor biodiversiteit in veenweiden. Aangezien vernatting kan leiden tot een verhoogde instabiliteit van de slootkanten, zou rekening gehouden dienen te worden met het feit dat dit daardoor mede een nadelig effect zou kunnen hebben op de foeragemogelijkheden en de biodiversiteitswaarde van slootkanten.

Weidevogels en de maatregel greppel plas-dras

Het aanleggen van greppel plas-dras zorgt voor een geschikter foerageerhabitat voor weidevogels. Uit een studie van Visser et al. (2017) is gebleken dat zowel de grutto, kievit, als tureluur meer gebruik maken van percelen met greppel plas-dras dan van percelen waar geen greppel plas-dras aanwezig is. Daarnaast blijken er zowel meer kleine als grote insecten voor te komen op percelen waar greppel plas-dras aangelegd is, en kan de vegetatiestructuur op deze percelen geschikter zijn voor foeragerende weidevogelkuikens (is ook sterk afhankelijk van het bemestingsniveau).

Om bij (semi-natuur)graslanden het ontstaan van een open en structuurrijke vegetatie te bevorderen, en te voorkomen dat greppel plas-dras percelen in een gestreept witbol stadium blijven hangen, en er eutrofiering plaatsvindt van het oppervlaktewater als gevolg van het uitspoelen van nutriënten, wordt er geadviseerd deze percelen in zekere mate te verschrallen. Verlaging van de voedselrijkdom van de bodem kan door het stopzetten van bemesting, en het frequent maaien en afvoeren van de nutriënten (buiten de broedperiode) (Visser et al., 2017).

Samenvattend: Er zijn aanwijzingen dat onderwaterdrains kunnen zorgen voor een meer stabiele habitat voor het bodemleven. Daarnaast kan onderwaterdrainage echter zorgen voor een extra watervraag in droge tijden, wat kan zorgen voor kortere verblijftijden van het water in sloten. Dit is een risico voor het waterleven, met name bij de inlaat van relatief nutriëntrijk gebiedsvreemd water. Een verhoging van het slootpeil biedt kansen voor het waterleven, en andere diersoorten (ook weidevogels) die daarvan weer profiteren. Anderzijds kunnen verhoogde slootpeilen leiden tot meer afbrokkeling van slootkanten, wat negatief is voor de slootkant als biodiversiteitshabitat.

Voor zover bekend is er tot op heden met name onderzoek gedaan naar de gevolgen van onderwaterdrainage en greppel plas-dras op de habitatomstandigheden voor weidevogels. In het algemeen pakken die maatregelen neutraal tot positief uit, maar de geschiktheid van percelen als weidevogelhabitat is ook sterk afhankelijk van andere factoren. Mogelijk –openstaande **vraag**- kan de haalbaarheid van deze groep vernattende maatregelen in relatie tot weidevogels en bodemleven worden vergroot door deze te combineren met aanvullende maatregelen als extensivering en kruidrijk grasland in combinatie met aangepaste bemesting. Meer informatie hierover is beschreven in paragraaf 2.3 en hoofdstuk 6.

3.3 Effecten op diergezondheid

De vernatting van veenweiden kan de vestiging van ziekte overdragende parasieten en steekmuggen (o.a. leverbotslak en knutten) bevorderen, waarbij factoren als mate, timing en duur van vernatting een rol zullen spelen in hoeverre het risico op besmetting wordt vergroot (zie paragraaf 2.3). Anderzijds hoeft waterpeilverhoging niet meteen tot een verhoging van leverbot te leiden; eerst moet de leverbotslak in het gebied kunnen vestigen of reeds aanwezig zijn, wat mogelijk meerdere jaren kan duren. Hoe snel knutten zich vestigen wanneer hun leefomstandigheden verbeteren, en in welke mate daarmee risico's op blauwtong vergroot worden, is nog weinig over bekend.

Voor zover bekend is er tot op heden nog geen literatuur verschenen over, en is er zeer beperkt specifiek onderzoek gedaan naar de effecten van het aanleggen van onderwaterdrainage of toepassen van andere vernattende maatregelen op het voorkomen van de *leverbotslak*, en daaraan gerelateerde leverbotinfecties bij vee. Hoving et al. (2015) beschrijft een verwachtingspatroon waarbij de infectiedruk verlaagd wordt bij de toepassing van onderwaterdrainage, doordat de greppels op de percelen droger (gehouden) worden. Mogelijk kan ook het slootwaterpeil invloed hebben op het voorkomen van leverbotinfecties. Bij verhoging van het slootwaterpeil ontstaat op de grens met water een geschikter milieu voor de leverbotslak, dichterbij of bij de plaats waar het vee toegang tot drinkwater heeft. Hetzelfde geldt voor greppelinfiltratie en een zodanig hoog slootwaterpeil waarbij het water de greppels infiltreert. De Gezondheidsdienst van Dieren (GD) werkt op dit moment aan een nadere verkenning van leverbotinfecties bij vernatting van veengronden, waarvan resultaten nog niet zijn gepubliceerd.

Het verhoogd voorkomen van *blauwtong* onder vee, specifiek in relatie tot deze groep vernattende maatregelen op veen, is voor zo ver bekend nog zeer beperkt onderzocht. Wel kan er in zekere mate worden verwacht dat door middel van (tijdelijke) vernattende maatregelen zoals greppelinfiltratie en andere maatregelen - waarbij micro reliëfs en tijdelijke waterpoeltjes/plasjes worden gecreëerd - gunstige omstandigheden ontstaan voor de vestiging van knutten en daarmee potentiële gezondheidsrisico's met zich mee zullen brengen. Voor zover bekend is er niet in beeld gebracht hoe ver knutten zich verspreiden van hun leefgebied, en daarmee buiten hun leefgebied een diergezondheidsrisico kunnen vormen (denk aan melkveehouderij naast een gebied wat vernat is).

Ten behoeve van het waarborgen van diergezondheid, en het voorkomen van bijvoorbeeld *salmonella* infecties, is het van belang de kwaliteit van gebiedsvreemd water te waarborgen. Aangezien de watervraag toeneemt bij deze groep van maatregelen, is een vraag in hoeverre deze watervraag in afhankelijk is en zal worden van de inlaat van gebiedsvreemd water. Daarnaast hangen mogelijke effecten en gezondheidsrisico's voor een belangrijk deel af van de uitgangssituatie, zoals de huidige staat van waterkwaliteit, waardoor het risico van deze maatregelen op salmonella moeilijk in te schatten is.

Vanuit het perspectief van productiviteit op een melkveebedrijf levert vernatting, met name bij grondwaterpeilen dicht bij het maaiveld, waarschijnlijk beperkingen op voor de *ruwvoederproductie*- en *kwaliteit* op het melkveebedrijf. Met name voor hoogproductieve *melkveerasen* als de

Holstein Friesian, heeft ruwvoer van een lage kwaliteit een negatief effect op de melkproductie. Andere runderrassen als de Blaarkop, een dubbeldoel koe met een lagere melkproductie in vergelijking met de Holstein Friesian, bieden mogelijk een uitkomst vanwege hun van nature goede ruwvoederverwerking, goede gezondheid en vruchtbaarheid (Vogelzang en Blokland, 2011). Meer informatie hierover is te vinden in hoofdstuk 6.

Samenvattend: vernatting van veenweiden zal de vestiging van rundveeparasieten en steekmuggen kunnen bevorderen, afhankelijk van de mate, timing en duur van vernatting. Uit literatuur blijkt een verwachtingspatroon dat de infectiedruk van leverbot bij de toepassing van onderwaterdrainage kan worden verkleind, doordat de greppels op de percelen droger (gehouden) worden. **Onderzoeksvraag:** *het verhoogd voorkomen van rundveeparasieten, specifiek in relatie tot deze groep vernattende maatregelen op veen, is voor zo ver bekend nog zeer beperkt onderzocht.* De haalbaarheid van deze groep maatregelen in relatie tot diergezondheid is, met name op de lange termijn, hierdoor nog lastig in te schatten. Daarnaast is het van belang de kwaliteit van gebiedsvreemd water te waarborgen, als dit wordt ingelaten met het oog op risico van salmonellainfecties. Met name bij grondwaterpeilen dicht bij het maaiveld, zijn er waarschijnlijk beperkingen op de ruwvoederbeschikbaarheid en kwaliteit op het melkveebedrijf, wat ook zijn weerslag kan hebben op diergezondheid. Mogelijk bieden andere veerassen perspectief om de risico's op diergezondheid te beperken in combinatie met vernattende maatregelen. Hier wordt verder op ingegaan in paragraaf 2.3 en hoofdstuk 6.

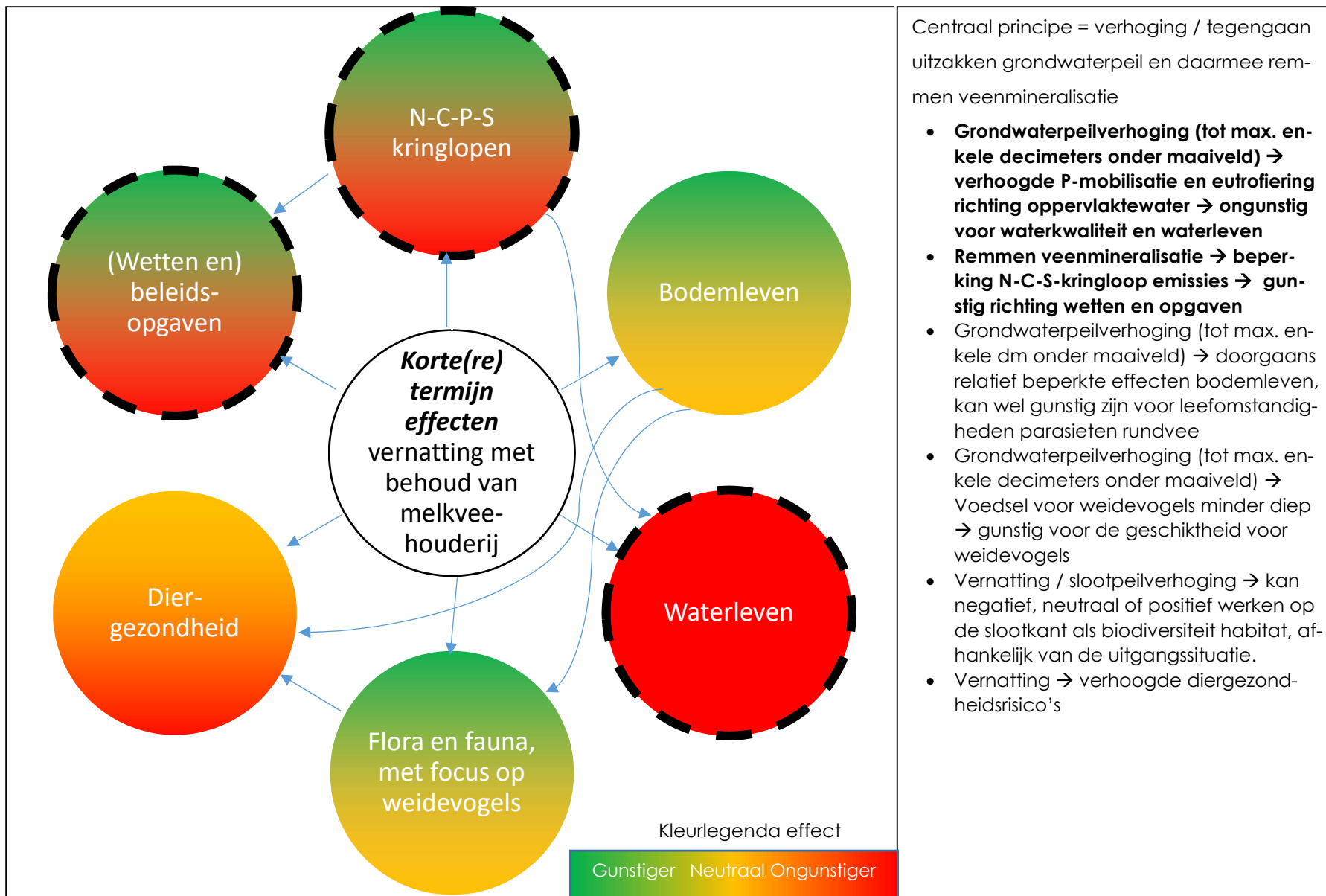
3.4 Effecten op / van milieupgaven en -beleidsambities

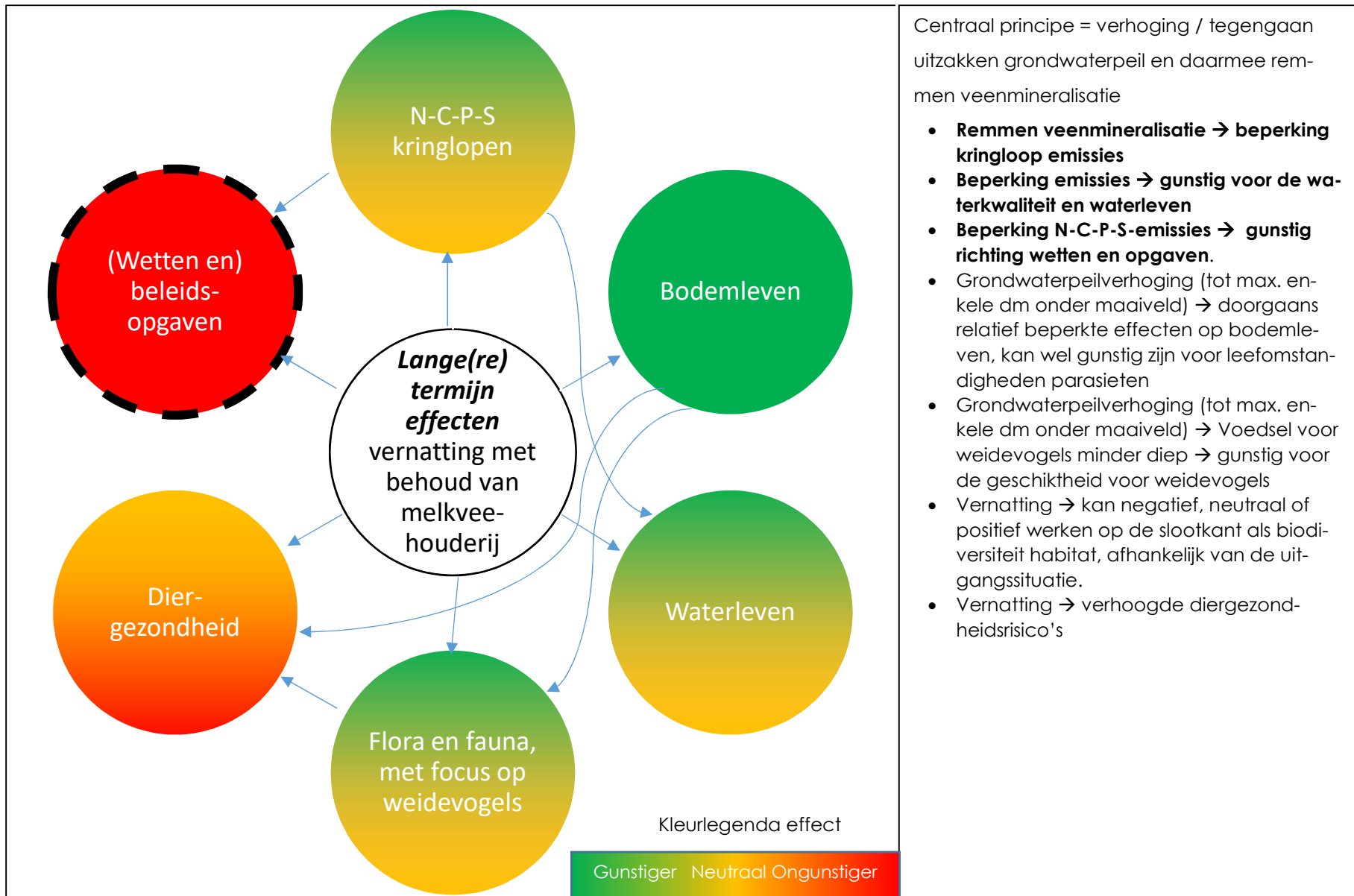
Vernattingsmaatregelen met behoud met melkveehouderij hebben als centraal werkingsprincipe de veenmineralisatie te verminderen, wat gunstig uitpakt richting de doelstellingen van duurzaam bodembeheer, het sluiten van kringlopen en het klimaatbeleid. Zoals besproken in hoofdstuk 2 is het onduidelijk of behoud van melkveehouderij op veengronden samen kan gaan met vooral de klimaatdoelen van 2050.

Op korte termijn kunnen de maatregelen de waterkwaliteit verslechteren, met name door een toename van fosfaatuitspoeling totdat een nieuw evenwicht in de bodem is ontstaan. De vernattingsmaatregelen pakken op hoofdlijnen gunstig uit voor de geschiktheid van vernatte veengebieden als habitat voor weidevogels, al spelen hier nog een aantal andere belangrijke factoren een rol.

3.5 Integrale beschouwing van effecten

In de volgende figuren is schematisch weergegeven welke korte en lange termijn effecten verwacht kunnen worden bij deze groep van maatregelen. Thema's van (neven)effecten welke voor de haalbaarheid van maatregelen het meest van belang zijn, zijn omrand met een zwarte gestreepte lijn.





4 Maatregelengroep bodemverbetering

Dit hoofdstuk beschrijft de (neven)effecten van de maatregelen klei in veen (vorming klei-humuscomplex) (#8), verzuring en/of verzilting van veen met als doel bacteriële veenafbraak te remmen (#9) en het dieper inbrengen van het profiel bij de organische laag van moerige gronden en ondiepe veengronden (#10). Deze maatregelen wijken af van de vernattingsmaatregelen bij behoud van de melkveehouderij of de maatregelen natte natuur of natte teelten, omdat ze inzetten op het remmen van veenoxidatie of behoud van het veen, zonder dat ze specifiek de grondwaterstand of de hydrologie van het gebied veranderen. De maatregelen kunnen wel samengaan met een grondwaterstand verandering.

4.1 Klei-in-veen

Het principe achter de maatregel klei-in-veen is dat kleideeltjes (lutum) een binding aan kunnen gaan met organische stof, en daarmee een stabiel(er) klei-humus complex kunnen vormen. Dit klei-humus complex is moeilijker af te breken door het bodemleven, wat daarmee veenoxidatie kan remmen en theoretisch bodemdaling kan beperken. De maatregel gaat om relatief kleine hoeveelheden klei (enkele mm) die -over meerdere jaren verspreid-ingespoeld of geïnjecteerd worden in de bodem. De eerste resultaten op laboratorium schaal van deze maatregelen lijken veelbelovend (Van Agtmaal et al. 2020). Daarnaast is bijvoorbeeld gevonden dat klei rijkere veenweidebodems lagere koolstofmineralisatie snelheden hebben (Deru et al. 2018). Ook wanneer wordt gekeken naar hoogtekaarten in veenweidegebieden, lijkt het er soms ook op dat meer kleiige veenbodems bij vergelijkbare ontwatering wat hoger liggen, wat ook kan duiden op een tragere bodemdaling ten opzichte van percelen met een lager kleigehalte. Een belangrijke vraag is in welke mate de maatregel klei-in-veen veenoxidatie zal kunnen remmen, in combinatie met behoud van ontwatering van de veenbodem voor grasteelt. Deze inschatting is belangrijk voor de mate waarin effecten van de toepassing van klei-in-veen kunnen plaatsvinden. In hoeverre klei-humuscomplex vorming veenoxidatie kan remmen, wordt op dit moment onderzocht.

Effecten op N-C-P-S kringlopen en op / van milieuopgaven en -beleidsambities

Mits de maatregel klei-in-veen succesvol werkt, mag verwacht worden dat de klei-humus-complex vorming veenoxidatie afremt. Bij veenoxidatie komt voornamelijk koolstof, stikstof en zwavel vrij, en in mindere mate ook fosfor (in verhouding tot de aanvoer via bemesting komt een relatief een kleine hoeveelheid P uit veen vrij). Tot nu toe zijn er nog geen veldmetingen van emissies gerapporteerd van de maatregel, echter verkennend onderzoek op labschaal heeft laten zien dat kleitoevoeging aan veengrond de CO₂ respiratie (als maat voor aerobe veenafbraak) duidelijk kon laten afnemen.

Het afremmen van de veenoxidatie en emissies is gunstig richting beleidsopgaven zoals duurzaam bodembeheer, klimaatmitigatie, het verder sluiten van kringlopen en het verbeteren van waterkwaliteit.

Effecten op biodiversiteit, bodem- en waterleven, flora en fauna (met focus op weidevogels) en diergezondheid

Tot nu toe zijn er nog geen veldmetingen gerapporteerd van de klei-in-veen maatregel op biodiversiteit, en ook is de maatregel nog zeer beperkt toegepast. Dit maakt het moeilijk om (de grootte van) mogelijke effecten op biodiversiteit in te schatten. Wanneer de maatregel de veenoxidatie kan verlagen, kunnen emissies van stoffen (N-C-P-S) afkomstig van veenoxidatie naar water verminderen, wat positief is voor de waterkwaliteit en het waterleven. Ook heeft klei een positief effect op de draagkracht van de bodem, wat mogelijk de afkalving van slootkanten kan verminderen. Dat kan vervolgens weer minder opgeloste organische koolstofverliezen (DOC) richting water betekenen, en mogelijk positief werken op de mogelijkheid om biodiverse slootkanten (ook als habitat voor weidevogels) te behouden en / of te creëren. In hoeverre de maatregel binnen percelen gunstig kan zijn voor de habitat weidevogels, is geen inschatting van bekend. De toepassing van klei-in-veen zou ook kunnen leiden tot een verbeterde draagkracht van de bodem, wat vervolgens kan bijdragen aan een beter nutriëntenmanagement van de bodem en een efficiëntere kringloop kan opleveren⁷. Voor zover bekend is er nog geen zicht op mogelijke (in)directe effecten van de toepassing van klei-in-veen op de diergezondheid van koeien. Wanneer de draagkracht van de bodem wordt verbeterd, zou dit gunstig kunnen zijn voor het weiden van koeien wat positief kan zijn voor het dierwelzijn. Ook zou het dan in zekere mate mogelijk vertrapping van de bodem kunnen beperken, wat een beperking zou kunnen zijn in het ontstaan van micro-reliëf waarin parasieten zich kunnen ontwikkelen.

Samenvattend: Klei-in-veen is een veelbelovende maatregel voor het remmen van veenoxidatie. De eerste onderzoeken op praktijkschaal zijn in gang gezet, maar –onderzoeks**vraag**- de effectiviteit / haalbaarheid van de maatregel op praktijkschaal richting biodiversiteit en waterkwaliteit is nog niet goed bekend (dit naast doseringsvragen gerelateerd aan specifieke veensoorten, etc.). Meer onderzoek en praktijkervaring is hier gewenst.

4.2 Verzuring en/of verzilting van veen

Verzuring: De pH van veenbodems kan worden gebruikt als voorspeller van de microbiële activiteit. Microbiële activiteit kan als (in)directe maat worden gebruikt voor veenoxidatie (Preston et al. 2012). Zij vonden een lineair verband tussen pH en basale CO₂-respiratie (maat voor aerobe veenoxidatie) in veenkolommen uit een Canadees natuurgebied, waarbij de respiratie het laagst was bij de laagste pH. Andere onderzoeken vonden ook een verband tussen pH en diversiteit van het bodemleven, waarbij vooral zuurdere bodems een minder divers bodemleven hadden (Mandic-Mulec, 2014).

⁷ <https://www.veenweiden.nl/wp-content/uploads/2018/07/VIC-Brochure-Klei-in-veen.pdf>

Veenmosveen vegetaties, waar (bijna) geen mineralenrijk water wordt aangevoerd, zijn van nature relatief zuur, onder andere als gevolg van de vorming van organische zuren. Meer voedselrijke veengronden hebben doorgaans een neutrale of licht alkalische zuurgraad, mede als gevolg van de voedselrijkdom en de aanvoer van meer mineralenrijk (o.a. calciumcarbonaat) water. Het is daarom de vraag of voedselrijke veengronden –door het toevoegen van zuur- voldoende kunnen worden verzuurd zodat ze op lange termijn een lagere pH houden, met name als er aanvoer is van bijvoorbeeld calciumcarbonaat via water (Gorham et al. 1987). Veengronden en systemen die regenwater gevoed zijn, zijn daarom waarschijnlijk makkelijker te verzuren.

Verziltting: Brouns et al. (2014) vond in een laboratoriumexperiment dat ongeveer 4 promille zout in poriewater, aerobe veenafbraak kon halveren. Ter vergelijking, Noordzeewater bevat ongeveer 35 promille zout. Zij concludeerden dat een onregelmatige aanvoer van brak water via grond- of oppervlaktewater bodemdaling zal kunnen verminderen. Wel zou het in gebieden met een lage waterkwaliteit (hoge nutriënten concentraties) een toename kunnen geven van fosfaat en ammonium uitspoeling richting het oppervlaktewater.

Ook binnen het natuurbeheer speelt in sommige gebieden de discussie of voormalige brakke natuur weer hersteld moet worden. Er is hier echter onvoldoende kennis aanwezig op het gebied van effecten op de huidige natuurwaarden en de landbouw (Smolders et al. 2013).

Effecten op N-C-P-S kringlopen en op / van milieuproblemen en -beleidsambities

Mits de maatregelen voldoende succesvol werken, mag verwacht worden dat de verzuring of verziltting veenoxidatie afremt, waardoor in de basis dezelfde remmende effecten op de N-C-P-S emissies kunnen worden verwacht als bij andere veenoxidatie remmende maatregelen.

Verzuring van een veenweide zal tot gevolg hebben dat bodemleven minder actief wordt. Naarmate er meer verzuring optreedt (bijv. pH < 5) wordt het telen van gras steeds moeilijker, benutting van nutriënten door het gewas lager en verliezen uit kringlopen groter. Een ander aspect is de wijze en snelheid waarop de verzuring zou worden ingepast. Batch applicaties van zuur hebben mogelijk grote effecten op de aanwezige flora en fauna in en rond de bodem, afhankelijk van de concentratie en hoeveelheid van het gebruikte zuur. Ook zou zuur, wanneer toegepast op een moment van het jaar waar uitspoeling risico's groter zijn, kunnen zorgen voor verzuring van het slootwater. Ook het gebruikte zuur zal een rol spelen. Bijvoorbeeld, de toepassing van zwavelzuur brengt extra zwavel in het systeem, wat eenmaal onder de grondwaterlaag gereduceerd wordt en daar vervolgens fosfaatmobilisatie kan stimuleren, wat negatief is voor de waterkwaliteit. Rondom de maatregel verzuring is daarom nog veel onbekend, en voor zover bekend wordt er geen onderzoek aan gedaan.

Met name *verziltting* zal waarschijnlijk worden bewerkstelligd met silt / zout (zee)water, wat zoals genoemd een toename van fosfaat en ammonium uitspoeling kan veroorzaken.

Mochten de maatregelen op lange termijn succesvol blijken veenoxidatie te remmen, dan zal dat gunstig uitpakken richting beleidsopgaven zoals duurzaam bodembeheer, klimaatmitigatie, het verder sluiten van kringlopen en het verbeteren van waterkwaliteit. Voor wat betreft biodiversiteit en de geschiktheid voor weidevogels ontbreekt het met name aan kennis en ervaring.

Effecten op biodiversiteit, bodem- en waterleven, flora en fauna (met focus op weidevogels) en diergezondheid

In weidevogelgebieden in veenweiden wordt vaak gesproken van een optimale zuurgraad van de bodem. Het optimaliseren van de zuurgraad wordt gezien als een belangrijke randvoorwaarde voor het bodemleven (waaronder het voorkomen van regenwormen). Weidevogels en -kuikens zijn afhankelijk van dat bodemleven. Er wordt daarom juist in situaties geadviseerd om de bodem te bekalken voor een neutrale in plaats van zuurdere bodemtoestand (Jonge Poerink, 2008). De maatregel verzuring lijkt daarom moeilijk samen te gaan met de geschiktheid van veenweiden als habitat voor weidevogels. Echter, waarschijnlijk is deze verhouding niet zwart-wit, al ontbreekt hier kennis en ervaring om meer duidende uitspraken te doen. Mogelijk kan gestuurd worden op het verzuren van de ondergrond onder de teeltlaag, waardoor er een actief bodemleven kan blijven in de teeltlaag. Ook zal de mate van verzuring bepalen in hoeverre dit negatief is voor de omstandigheden en activiteit van het bodemleven. Een zeer sterke verzuring zal veenoxidatie door het bodemleven grotendeels kunnen remmen, een matige verzuring mogelijk deels, waarbij percelen mogelijk nog redelijk geschikt blijven als habitat voor weidevogels.

De effecten van *verzilting* op biodiversiteit zullen sterk afhangen van de mate van verzilting, en het feit of alleen de ondergrond of ook de teeltlaag meer verzilt raakt. Brouns et al. (2014) concludeerde dat (korte) perioden van aanvoer van zilt water met 4 promille zout weinig of geen negatieve effecten hoeft te hebben op de grasproductie, waardoor effecten op de melkveehouderij heel beperkt kunnen zijn. Verzilting zal met name effecten hebben op het watersysteem in een gebied waar de maatregel wordt toegepast. Ook heeft het daarmee mogelijk effecten op slootkanten of andere plaatsen waar het zilte water dicht bij het bodemoppervlak kan komen. Van nature geven brakke graslanden vooral een andere biodiversiteit dan bijvoorbeeld de semi-natuurgraslanden in voormalige veenweiden. Bijvoorbeeld, uit een inventarisatie van de biodiversiteit van brakke graslanden in de Enge Wormer (Noord-Holland) werden verschillende zoutindicerende soorten aangetroffen zoals Ruwe bies, Zilte rus, Aardbeiroklaver, en ook grassen als Stomp kweldergras, Schorrenzoutgras en Moeraszoutgras. Deze brakke graslanden worden éénmaal per jaar gemaaid en extensief nageweid, en incidenteel bemest. Het verschil tussen deze brakke graslanden en 'reguliere' veenweiden is daarmee behoorlijk groot, aangezien de bemestingstoestand en het management ook een grote invloed hebben op de biodiversiteit (Van 't Veer, 2009).

Brakke graslanden kunnen ook geschikt zijn als habitat voor weidevogels, al liggen de graslanden vaak in gebieden met andere type (niet brakke) semi-natuurlijke veengraslanden.

Samenvattend: Verzuring of verzilting hebben als doel bacteriële veenafbraak te remmen. Ze kunnen (theoretisch) toegepast worden in zowel veenweiden als bij natte natuur en natte teelten. Bij de haalbaarheid van verzuring speelt met name de kwaliteit van (aangevoerd) water een grote rol, omdat vooral calciumrijk water een neutraliserende werking heeft. Ook bij de haalbaarheid van verzilting speelt de waterkwaliteit een rol, om extra uitspoeling van nutriënten te beperken. Onderzoeksvraag: *de beschikbare kennis en ervaring rondom verzuring en verzilting is beperkt, wat meer onderzoek en praktijkervaring wenselijk maakt om (in)directe effecten van de maatregelen op zowel de nutriëntencycli, biodiversiteit en, diergezondheid, als richting beleidsopgaven en –ambities, in te schatten.*

4.3 Dieper inbrengen van de organische laag van moerige gronden en ondiepe veengronden

Het principe van deze maatregel is dat het veen uit de bodem zo diep wordt ingebracht, dat de veenoxidatie nagenoeg zal stoppen en het veenverlies / de bodemdaling opgeheven zal worden. Gronden met een veenpakket van enkele decimeters tot meer dan een meter lenen zich doorgaans het meest voor het dieper inbrengen van de organische laag. Des te dikker de veenlaag is, des dieper de minerale grond zal moeten worden weggehaald. Om de effectiviteit en effecten van deze maatregel op de verschillende thema's in te schatten, spelen vele aspecten een rol, zoals:

- De dikte, eigenschappen en toestand van de veen- of moerige laag, en de huidige bodemdaling / veenmineralisatie. Het effect van de maatregel zal groter zijn naarmate de huidige veenmineralisatie van de ingebrachte laag groter is.
- De bodemlaag die vervolgens wordt bovengehaald. Dit kan bijvoorbeeld pleistoceen dekzand zijn of klei, en de eigenschappen daarvan. Ook kan het zijn dat er veen in diepere bodemlagen zit. Dat laatste zal niet gunstig zijn voor de maatregel.
- Bij de maatregel zal het doorgaans decennialange opgebouwde bodemprofiel éénmalig diep worden ingebracht. Wanneer de veenweidenbodems bijvoorbeeld zijn opgeladen met fosfaat (wat doorgaans het geval is), zal dit fosfaat op termijn mogelijk alsnog vrij kunnen komen door bodem- en hydrologische processen. Ook andere stoffen die door de decennia opgehoopt zijn in de teeltlaag, worden op deze wijze diep in de grond weggebracht (eventueel aanwezige micromineralen zoals koper of residuen van gewasbeschermingsmiddelen).
- De lokale hydrologie van percelen, polders, gebieden en regio's. Deze zou namelijk verstoord kunnen worden, of ondergrondse waterstromen zouden nutriënten uit het veen alsnog kunnen verspreiden naar andere waterlichamen.

- Bij de maatregel wordt alle aanwezige (functionele) biodiversiteit dieper in de bodem ingebracht, waarvoor een relatief 'lege' bodem in de plaats komt. Er mag worden verwacht dat het herstel van biodiversiteit op deze percelen tijd zal kosten (jaren tot decennia), zoals het opbouwen van voldoende organische stof in de bodem.
- De typische biodiversiteit behorende bij veengraslanden en veenecosystemen zal door de maatregelen definitief verloren gaan. Zo hebben veengraslanden een belangrijke plaats in de habitat van weidevogels in Nederland.

In Friesland is beperkt ervaring opgedaan met de maatregel (nabij Woudsend). Ook in het buitenland zijn voorbeelden te vinden voor moerige lagen of veenlagen die met een diep-ploeg⁸ of kraan⁹ naar een diepere bodemlaag worden gebracht, en een minerale bodemlaag naar boven wordt gebracht. Alcántara et al. (2016) verrichten metingen aan diep ge-ploegde (55-90 cm) zandige en lemige gronden, 35-50 jaar na het diepploegen, ten be-hoeve van het langdurig opslaan van koolstof (organische stof) in de bodem. Zij vonden dat na die periode nog $56 \pm 4\%$ van de initiële koolstofvoorraad uit de bodem resteerde, wat betekent dat dus bijna de helft van de organische stof alsnog afgebroken werd. Voor zover bekend zijn er geen studies waar de koolstof voorraad van diep geploegd of begra-ven veen is onderzocht.

Het in algemene zin inschatten van het effect van deze maatregel op de N-C-P-S kringlo-pen, biodiversiteit, diergezondheid en beleidsambities is dan ook moeilijk. Aangenomen dat de maatregel zorgt voor een deel van het behoud van de ingebrachte moerige of veen-laag, dan draagt de maatregel bij aan langdurige koolstofopslag. Ook draagt het dan bij aan het beperken van P en S verliezen richting oppervlaktewater, wat gunstig is voor de wa-terkwaliteit en het waterleven. Op het gebied van biodiversiteit zal er duidelijk een relatief korte periode zijn waarin de maatregel een negatief effect heeft. Vervolgens kan in de bo-vengehaalde grond weer een gezonde bodem opgebouwd worden, voor een goede ba-sis van biodiversiteit (wel passend bij een minerale grond) binnen de percelen. Als laatste kan het 'vervangen' van een moerige laag of veenlaag door een laag van minerale grond de habitat van mogelijke parasieten van runderen verkleinen, aangezien minerale gronden beter gedraineerd kunnen blijven. Dit is dan positief richting diergezondheid.

Samenvattend: **Onderzoeksvraag:** *het dieper in de bodem inbrengen van een moerige of veenlaag is een maatregel waar beperkt onderzoek naar is gedaan en binnen Neder-land beperkt ervaring mee is opgedaan. Belangrijke aspecten van haalbaarheid en ef-fectiviteit zijn daarom moeilijk in te schatten, wat maakt dat meer onderzoek en praktijk-ervaring wenselijk is. Belangrijk aspect van de haalbaarheid en effectiviteit, is de mate waarin koolstof en andere nutriënten en mineralen uit veen, voor lange termijn 'be-waard' kunnen blijven in de bodem. Ook dieper in de bodem kunnen verliezen optre-den.*

⁸ <http://youtu.be/iB3uulgEBdw>

⁹ <https://www.veenweiden.nl/blogs/veengebieden/>

4.4 Integrale beschouwing van effecten

Omdat er met de maatregelen besproken in dit hoofdstuk nog beperkt praktijkervaring is op gedaan en onderzoek naar is gedaan, is er (te) weinig kennis voorhanden om een voldoende goed integrale beschouwing van de effecten te maken.

5 Maatregelengroep alternatieven voor melkveehouderij

Dit hoofdstuk beschrijft de (neven)effecten van de maatregelen welke als functieverandering van de grond ten opzichte van melkveehouderij kunnen worden beschouwd, namelijk natte teelten (#12 t/m 16) en natte natuur (#11) (Bijlage 1). Natte teelten zijn uitgesplitst in azolla (#12), lisdodde (klein en groot) en riet (#13), cranberry en gagel (#14), en veenmos (#15). De situatie waarbij natte teelten (bijvoorbeeld lisdodde) worden toegepast ter uitmijning van nutriënten als voorfase van natuurontwikkeling (#16), zoals genoemd in bijlage 1, is niet als maatregel beschouwd in dit rapport maar als een specifiek gebruiksdoel van natte teelten.

5.1 Natte teelten en paludicultuur

Er valt een gedeeltelijk onderscheid te maken tussen natte teelten enerzijds en paludicultuur anderzijds. Ondanks dat er sprake kan zijn van dezelfde gewassen, wordt het verschil bepaald door het uiteindelijke (gebruiks)doel van de desbetreffende cultuur. Dit onderscheid is van belang, omdat ieder gebruiksdoel specifieke omstandigheden vereist, en de gebruiksdoelen verschillende (neven)effecten hebben op de diverse thema's welke in dit rapport worden besproken.

Natte teelten is een (verzamel)term die veel gebruikt wordt om de teelt van gewassen op vernatte veengronden aan te duiden. Natte teelten kunnen ingezet worden als:

1. Alternatieve vorm van landbouw (m.n. biomassa productiecapaciteit belangrijk),
2. Als bufferzone om bijvoorbeeld de waterkwaliteit in een gebied te verbeteren, of
3. Ten behoeve van natuurontwikkeling door het uitmijnen van nutriënten (Bestman et al., 2019; Lamers et al., 2018; Riet et al., 2014; Fritz et al., 2014).

Paludicultuur is vooral een concept waarin natte gronden actief worden beheerd waardoor er kansen ontstaan voor natuurontwikkeling en eventueel veenherstel, en richt zich daarmee op een breed herstel / behoud van ecosysteemdiensten, en focust dus minder sterk op de ecosysteemdienst productie.

Natte teelten worden vaak gepositioneerd als alternatief voor de melkveehouderij, waardoor de focus veelal op de ecosysteemdienst productie komt te liggen. Bijvoorbeeld, de opbrengst van lisdodde kan worden vergroot met voldoende nutriëntenbeschikbaarheid. Met name in productiegerichte natte teelten kunnen ecosysteemdiensten zoals het vasthouden en scho(o)n(er) houden / maken van water onder druk staan. Omdat het bij de beschikbare kennis over natte teelten / paludicultuur niet altijd even duidelijk is rondom welk gebruiksdoel deze verzameld zijn, en of de kennis ook van toepassing is als het gebruiksdoel verandert, is kennis over natte teelten niet universeel toepasbaar voor verschillende teeltdoelen. Bijvoorbeeld, lisdodde kan hoge biomassa producties kan halen (tot > 20 ton ds per ha per jaar). Lisdodde is gevoeliger voor droogval dan riet, wat kan betekenen dat lisdodde teelt als overgangsfase naar natuur in een gebied waar af en toe droogval is, mogelijk minder hoge biomassa producties gaat halen (zie o.a. Bestman et al. 2019). De manier

waarop en waarin de teelt wordt ingezet is dan veelbepalend. De kennis over biomassa-producties uit situaties met relatief hoge producties is dan maar beperkt toepasbaar in een overgangssituatie naar natuurbeheer.

In Tabel 3 zijn globale verschillen tussen gebruiksdoelen van natte teelten / paludicultuur globaal uiteengezet.

Tabel 3. Globale verschillen tussen gebruiksdoelen van natte teelten / paludicultuur.

Gebruiksdoel	Natte teelt?	Paludicultuur?	Passende gewassen	Nutriënten	Watermanagement	Biodiversiteit
Landbouwmatic, focus op ecosysteem-dienst biomassa productie	Ja	Eigenlijk niet	Lisdodde; riet; cranberry; gagel?	Lisdodde; riet: Goede opname van nutriënten/ respons biomassa groei bij beschikbaarheid nutriënten Cranberry stelt relatief hoge eisen aan waterkwaliteit	Lisdodde: waterpeil boven maai-veld nodig Riet: Mag droogvallen Cranberry: waterpeil onder maai-veld m.u.v. oogst	In een sterke productie-gedreven setting relatief grotere mineralenverliezen verwacht. Teelten kunnen leiden tot monoculturen / relatief weinig ruimte voor biodiversiteit
Bufferzone ten behoeve van nutriëntenopname uit water / nutriënten uit de bodem uitmijnen	Ja	Ja	Lisdodde; riet; azolla; gagel	Voedselrijke omstandigheden, opname van o.a. fosfaat	M.u.v. azolla, is droogval van de bodem acceptabel	Relatief meer ruimte voor biodiversiteit en minder mineralenverliezen t.o.v. systeem met focus op biomassa-productie. Azolla is juist negatief voor biodiversiteit
Natuurontwikkeling, waarbij de ontwikkeling van een nutriëntenrijke naar -armere status speelt (uitmijning)	Ja	Ja	Lisdodde; riet veenmos; azolla; gagel	Lisdodde, riet, azolla: uitmijnen van nutriënten uit bodem en water Veenmos: voedselarme en zure omstandigheden essentieel	Afhankelijk van teelt en fase binnen uitmijning / natuurontwikkeling.	Systeem met meeste ruimte voor specifieke soorten (diversere maar in absolute zin kleinere hoeveelheid biodiversiteit)

Samenvattend: Gebruiksdoelen van diverse soorten natte teelten verschillen, en daarmee ook de effecten op zowel kringlopen, biodiversiteit en diergezondheid als richting wetten, regels en beleid. Algemene conclusies over natte teelten op het gebied van (neven)effecten zijn dan ook maar beperkt te trekken. Veel van de huidige kennis over natte teelten is verzameld in situaties waarin de ecosysteemdienst 'productiecapaciteit' niet voorop stond. Dat maakt dat deze kennis vaak niet zonder meer toe te passen is op situaties waarin productieoptimalisatie voorop staat. Bij het voorstellen van natte teelten als alternatief voor melkveehouderij, schuilt aldus het gevaar van het toepassen van kennis uit een situatie waarin de productiecapaciteit *niet* voorop stond, naar een situatie waar de productiecapaciteit *wel* heel belangrijk is. Onderzoeksvraag: *Hoe productieoptimalisatie van natte teelten in balans te brengen met de optimalisatie van andere belangrijke ecosysteemdiensten van veengronden?*

5.1.1 Effecten op de N-C-P-S kringlopen

Bij *lisdodde* teelt gericht op biomassa productie passen grondwaterstanden van rondom tot enkele decimeters boven maaiveld, waarbij de bodem grote delen van het jaar anaeroob is. Droogval kan bij lisdodde tot productieverlies leiden, terwijl bij *riet* ook lagere grondwaterstanden tot ca. 20 cm onder maaiveld passen (Factsheet natte teelten, 2018). Deze kennis is met name gebaseerd op ervaring en onderzoek met grote lisdodde (*Typha latifolia*) en minder met kleine lisdodde (*Typha angustifolia*). Kleine lisdodde leek op een afgeplagd proefveld beter om te kunnen gaan met een laag waterpeil dan grote lisdodde (Egas, persoonlijke communicatie). Zowel lisdodde als riet zijn in staat grote hoeveelheden nutriënten op te nemen in de biomassa (Geurts et al. 2017; Pijlman et al. 2019b) en stellen relatief weinig eisen aan de beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem. Lisdodde kan meer dan 500 kg N en 80 kg P per hectare opnemen (Geurts et al. 2017). Wanneer de planten worden gebruikt als helofyt of om nutriënten uit te mijnen van de bodem, dan kunnen ze beter groen worden geoogst en afgevoerd. Lisdodde en riet kennen, net als vele andere planten, jaarcycli waarin ze in het voorjaar nutriënten opnemen uit de bodem, het water en hun eigen wortelstokken, en bereiken de piek in nutriëntenopname zo rond juni / juli (rond / na de bloei), waarna de planten langzaam nutriënten terugbrengen naar de wortelstokken en afsterven (o.a. Davis en van der Valk, 1983). Dit betekent dat, afhankelijk van de uitgangssituatie en van het oogstmoment, lisdodde en riet ook weer nutriënten vrijlaten in het systeem welke potentieel richting water verloren gaan.

Daarnaast zijn er specifiek voor lisdodde aanwijzingen dat met name teeltomstandigheden passend bij de optimalisatie van biomassa kunnen leiden tot behoorlijke methaan emissies, wat een koolstof verlies is (Geurts en Fritz, 2020; Pijlman et al. 2020).

Azolla of kroosvaren kan groeien in water dat relatief rijk is aan fosfaat ongeacht het stikstofgehalte, omdat het in symbiose leeft met een stikstofbindende bacterie (*Anabaena*

azollae). Met name omdat azolla eiwitrijk is, zou het kunnen dienen als meststof en veevoer. Uit experimenten is gebleken dat azolla tot 90 kg fosfor per hectare per jaar kan onttrekken uit geïnundeerde landbouwbodems (Smolders et al. 2013). Zodoende dat azolla mogelijk ook kan worden gebruikt ter uitmijning en dus verschraling van de bodem (tussenfase naar natuurontwikkeling), zonder dat er nog verdere aerobe veenafbraak plaatsvindt (Smolders et al., 2013).

Van de natte teelten is *cranberry* een teelt waarbij een relatief diepe ontwatering past (tot ca. 30 cm onder maaiveld, factsheet natte teelten, 2018). Bij cranberry passen meer zure en nutriëntarme omstandigheden ten opzichte van bijvoorbeeld lisdodde, waardoor de teelt van cranberry ook strengere eisen stelt aan de waterkwaliteit. Ook kan de cranberry plant zelf mogelijk weer een verzurend effect op de bodem (Crouwers, persoonlijke communicatie). Cranberry leidt dus meer tot een deels aerob systeem ten opzichte van volledig natte omstandigheden. Voor het verhogen van het waterpeil is de cranberryteelt, en daarmee het behoud van het zure cranberry agro-ecosysteem, afhankelijk van de kwaliteit van het water dat ingelaten wordt. Gebiedsvreemd water hoog aan nutriënten en / of met een bufferend vermogen zou een versturend effect kunnen hebben op het systeem. Ten behoeve van het voorbereiden van de bodem voor de cranberryteelt kan de bodem worden afgeplagd of uitgemijnd om tot een nutriëntenarmere situatie te komen, waarbij met name afplaggen tot een piek van nutriëntenverliezen kan leiden. Doordat er sprake is van tijdelijke inundatie in de winter, kan het telen van cranberries in deze periode leiden tot het mobiliseren van fosfaat. Anderzijds zou deze teelt wel de uitspoeling van nitraat verlagen (factsheet natte teelten, 2016). Er is relatief beperkt onderzoek gedaan naar en praktijkervaring over de teelt van cranberries op veen, waarbij de cranberryteelt in de Krimpenerwaard de meest grootschalige locatie tot nu toe is in Nederland¹⁰.

Gagel (*Myrica gale*) is een struikachtige plant die van nature voorkomt op vochtige tot natte, zure, en voedselarme bodems zoals veenmoerassen. Het is een plantensoort die goed kan omgaan met fluctuaties van het grondwaterpeil en daarmee kan gedijen in zowel aerobe als anaerobe omstandigheden (Bobbink et al., 2007; Skene et al. 2000; Crocker en Schwintzer, 1993; Schwintzer en Lancelle, 1983). Op basis van de veranderingen in aanbod van nutriënten (voornamelijk fosfaat), aanvoer van toestromend water (gagel is een indicatie van kwel) (Bobbink et al., 2007), en de hoeveelheid zuurstof aanwezig, past de plant zijn wortelsysteem naargelang de omstandigheden aan (Skene et al., 2000; Crocker en Schwintzer, 1993).

Gagel is een (actinorhizale) stikstof fixerende plant, en kan tevens grote hoeveelheden fosfaat opslaan (luxe consumptie) om op een later moment weer te kunnen gebruiken (Crocker en Schwintzer, 1993).

¹⁰ <https://www.thecranberrycompany.nl/>

De teelt van veenmos is meer gericht op natuurontwikkeling en relatief minder op gewasproductie. Zo lijkt op een site in noord-Duitsland elke 3 tot 5 jaar een oogst mogelijk van 3 tot 6 ton per ha per jaar (Gaudig et al. 2018). Daarnaast kan veenmosteelt leiden tot nieuwe vorming van veen waarbij koolstof kan worden vastgelegd in de bodem. De teelt van veenmos vereist voedselarme, zure, en natte omstandigheden, waardoor de teelt sterk afhankelijk is van beschikbaarheid en kwaliteit van water. Het systeem wordt bij voorkeur gevoed door regenwater, waarbij het van belang is dat het regenwater een lage buffercapaciteit heeft (Riet et al., 2017; Riet et al., 2014; Fritz et al., 2014; Mullekom et al., 2014). De waterbeschikbaarheid, alsook de samenstelling en ontwikkeling van de vegetatie, bepalen in belangrijke mate de biomassa productie en mineralenvastlegging (Zoch en Grobe, 2019). De realisatie van veenmosteelt op voedselrijke en alkalische bodems is niet mogelijk en zal ertoe leiden dat door de hoge pH andere vasculaire planten het veenmos wegconcurreren met eutrofe natuur tot gevolg (Harpenslager et al., 2015).

Samenvattend: Lisdodde, riet en azolla kunnen omgaan met relatief voedselrijkere omstandigheden, terwijl veenmos en cranberry meer specifieke eisen stellen: voedselarme en zure omstandigheden in de bodem in combinatie met de waterbeschikbaarheid en -kwaliteit spelen een cruciale rol in de haalbaarheid van de teelt van veenmos en cranberry. De realisatie van veenmosteelt op voedselrijke en alkalische bodems is niet mogelijk. Anderzijds hebben met name riet en lisdodde, naast hun mogelijkheden om toe te worden gepast als productiegewas alsook ten behoeve van natuurontwikkeling, de capaciteit om water te bufferen en grote hoeveelheden nutriënten op te nemen hetgeen ze flexibeler maakt. **Onderzoeksvragen:** *Alhoewel rondom de teelt van riet en ook lisdodde en veenmos relatief de meeste kennis beschikbaar is, zijn er in de praktijk nog relatief vragen over de haalbaarheid van alle besproken natte teelten op veen. Kennis en ervaring rondom natte teelten in het algemeen is daarom vaak een belemmerende factor voor het starten en opschalen van natte teelten, en daarmee indirect ook voor de inschatting van (neven)effecten van de natte teelten als klimaatmaatregel.*

5.1.2 Effecten op biodiversiteit

Natte teelten betekenen naast een verandering van het huidige veenweidelandschap ook een verandering voor de leefomgeving voor dieren- en plantensoorten. Afhankelijk van de toe te passen gewassen en het gebruiksdoel van de natte teelten kunnen er verschillende effecten op de biodiversiteit worden verwacht (van Duinen et al., 2018). Op hoofdlijnen kunnen vergelijkbare effecten worden verwacht van meer intensieve versus meer extensieve natte teelten op biodiversiteit. In intensievere (meer productiegerichte) natte teelten is minder ruimte voor biodiversiteit en kan er zelfs belang zijn bij het behoud van een monocultuur. Bij de meest extensieve vormen van natte teelten, waarbij lagere biomassa producties

worden gehaald, is de meeste ruimte voor specifieke soorten terwijl aantallen flora en fauna per oppervlakte vaak lager zullen zijn.

Natte teelten, welke voornamelijk worden ingezet als bufferzone of als overgang van landbouw naar natuur kunnen fungeren als verbindingszone tussen verschillende agrarische- en natuurgebieden, en zo bijdragen aan de uitwisseling van dieren en planten tussen deze gebieden (Bestman et al., 2019; Riet et al., 2014). Soorten die hiervan kunnen profiteren zijn o.a. roerdomp, purperreiger, watersnip, noordse woelmuis en visotter (Riet et al., 2014). Andersom, kunnen bepaalde soorten eveneens uitdagingen met zich meebrengen. Bijvoorbeeld diersoorten die het gewas eten, holen graven in oevers, of wanneer geen werkzaamheden kunnen plaatsvinden tijdens het broedseizoen (Bestman et al., 2019).

Volgens Riet et al. (2014) kunnen weidevogels en moerasnatuur binnen natuurgebieden beter worden beschermd wanneer buffers van natte teelten -gericht op nutriëntenuitmijning of natuurontwikkeling- rondom natuurgebieden worden aangelegd, doordat wegzijging van water beperkt wordt en minder gebiedsvreemd water ingelaten hoeft te worden. Ook zou het aantal peilvlakken kunnen verminderd en de grondwaterstand kunnen worden ingesteld ten opzichte van een gemiddelde maaihoogte. Zo ontstaat er een heterogene drooglegging waardoor het gebied buiten de natuurgebieden een meer geschikt wordt weidevogels. Daarnaast zouden bepaalde soorten zoals de roerdomp en noordse woelmuis een geschikt (foerageer)biotoop kunnen vinden in deze natte teelten buffergebieden.

Lisdodde kan een belangrijke habitat voor moerasnatuur zijn en *waterriet* (aan de buitenste randen van natuurlijke rietvelden) is schaars en voor een aantal diersoorten essentieel (Factsheet natte teelten, 2018). Zoals genoemd speelt het gebruiksdoel, wat het beheer van natte teelten sterk beïnvloedt, een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van de flora en fauna, naast abiotische condities zoals bodem- en waterkwaliteit. Bijvoorbeeld, wanneer rietvelden tijdens de zomer een enkele keer gemaaid worden, wordt de rietgroei geremd, wat er toe leidt dat grotere hoeveelheden licht beschikbaar komen, wat het voorkomen van kleinere en mindere competitieve planten stimuleert. Rietpercelen die in de winter gemaaid worden, worden wel gedomineerd door riet. Rietpercelen die in de zomer worden geoogst bieden herbergen ook vaker zeldzame plantensoorten. Daarnaast wordt de hoeveelheid beschikbare nutriënten sterker verlaagd wanneer er biomassa geoogst (en afgevoerd) in de zomer. Dit is vooral relevant wanneer natte teelten worden ingezet als tijdelijk uitmijningsbeheer of als natuurontwikkeling. Gefaseerd maaien, waarbij delen van percelen worden overgeslagen, biedt overlevingskansen voor meer plantensoorten en meer diersoorten, door de hierdoor ontstane variatie in vegetatiestructuur (van Duinen et al., 2018).

Azolla daarentegen is een watervaren die weliswaar van oudsher voorkomt in de Nederlandse oppervlaktewateren, maar oorspronkelijk een exoot is. Onder een dichte *azolla* 'mat' groeit nagenoeg niets en in natuurgebieden is *Azolla* als exoot niet gewenst

(Factsheet natte teelten, 2018). Azolla is daardoor voornamelijk negatief te classificeren voor biodiversiteit. Ook voor weidevogels is azolla als teelt waarschijnlijk ongunstig.

Bij de teelt van *cranberries* kan het open landschap worden behouden. Daarom kan cranberry mogelijk alsnog een geschikt leefgebied voor de weidevogels bieden (Buijs en Slootweg, 2017). Tijdens het onderzoek naar cranberry teelten op het VIC werden broedende scholeksters aangetroffen in de cranberryvelden. Bovendien biedt in de eerste jaren van de teelt van het gewas deze openheid diverse soorten (pioniers)planten de gelegenheid om zich te vestigen. De soorten die werden waargenomen op de proefvelden op het VIC waren kenmerkend voor droogvallende plassen zoals zeegroene ganzenvoet, tandzaad, bitter barbarakruid en perzikkruid. Met name perzikkruid leek te floreren en trok insecten als wilde bijen en hommels aan (Buijs en Slootweg, 2017). Net als bij veenmos, is het ook voor cranberry de vraag of de nutriëntenarme en zure bodemomstandigheden welke bij cranberry passen, op lange termijn gunstig zijn voor de geschiktheid als habitat voor (weide)vogels.

Ook het leef-teeltgebied voor *veenmos* kan een belangrijke habitat zijn voor biodiversiteit. Uit Duits onderzoek bleek dat de soorten uit omliggende donorgebieden binnen twee jaar in de veenmos velden kwamen. Het betrof hier een hoogveengebied. Voor amfibieën en de libelfauna speelde vooral de vorm van irrigatie een belangrijke rol (Zoch en Grobe, 2019). Volgens Wichtmann (2012) blijft het wel de vraag of dat er bij veenmosteelte voldoende ongewervelde prooidieren voor vogels zullen zijn onder natte omstandigheden en voedselarme bodemcondities, of dat wellicht een mozaïek van verschillende landgebruik types wenselijk is. Maximaal eens in de vijf jaar oogsten kan daarbij helpen om een leefomgeving te creëren voor bijvoorbeeld vogels.

Samenvattend: Op hoofdlijnen is te stellen dat in intensievere (meer productiegerichte) natte teelten minder ruimte voor biodiversiteit is, daar er (productie)belang kan zijn bij het behouden van een monocultuur. Bij de meest extensieve vormen van natte teelten, waarbij lagere biomassa-producties worden gehaald, is de meeste ruimte voor specifieke soorten terwijl *aantallen* flora en fauna per oppervlakte juist vaak lager zullen zijn. Een aantal natte teelten -met als gebruiksdoel nutriëntenfiltering of natuurontwikkeling- kunnen een habitat vormen voor specifieke (veen)biodiversiteit. Azolla is hierop een uitzondering en werkt vaak negatief uit voor biodiversiteit. Veenmos en mogelijk ook cranberry groeien in relatief nutriëntenarme en zure situaties, waarvan de vraag is of ze op lange termijn voldoende geschikt zijn voor (weide)vogels.

Waterleven

Natte teelten kunnen kansen opleveren voor de uitbereiding van het waterleven habitat, door vergroting van het areaal ondiep water en land / waterovergangen, en als verbindingzone voor waterleven tussen natuurgebieden. Dit geldt bijvoorbeeld voor de lisdodde

die optimaal gedijt bij een waterpeil van 20 cm boven maaiveld. In extensieve omstandigheden draagt de teelt van lisdodde bij aan het voorkomen van diverse soorten en hoge aantallen van aquatische macrofauna (Martens, 2016). Grote lisdodde vormt namelijk een habitat voor veel aquatische macrofauna soorten, welke de plant gebruiken om op of tussen te foerageren, schuilen en/of eieren af te zetten.

Riet en lisdodde kunnen worden ingezet voor hun water zuiverende en uitmijnende werking, en kunnen daarom een gunstig effect op hebben de waterkwaliteit ter plaatse (Deltafact natte teelten, 2018). Strategische locaties van natte teelten dragen bij aan het zuiveren van nutriëntrijke waterstromen en afspoeling (Bestman et al. 2019). Dit geldt niet of beperkt voor een meer productiegerichte situatie waarin extra nutriënten worden aangevoerd (bemsing).

Cranberry planten houden van zure omstandigheden (pH < 5,5) en nutriëntenarm water. De teelt van cranberries kan daarom mogelijk in extensieve vorm gecombineerd worden met het herstel van veenmoerassen.

Bij de teelt van veenmos is vooral in de beginfase voldoende watervoorziening (bijv. constante irrigatie) belangrijk, maar ook het voorkomen van overstromingen. Bij veenmos past een voedselarme bodem en regenwater (of eventueel aangezuurd oppervlaktewater). Een gezonde veenmosvegetatie is in staat zeer veel vocht vast te houden. Het duurt echte wel meerdere jaren voordat een gezonde veenmosvegetatie gevormd kan worden (Factsheet natte teelten, 2018).

Samenvattend: Sommige natte teelten kunnen kansen opleveren voor de uitbereiding van het waterleven habitat. Dit door vergroting van het areaal ondiep water en land / waterovergangen, plus ook als verbindingszone voor waterleven tussen natuurgebieden. Het gaat hier met name om lisdodde en riet, ingezet ten behoeve van nutriëntenuitmijning en natuurontwikkeling met waterpeilen boven maaiveld. Cranberry en veenmos stellen juist relatief hoge eisen aan waterkwaliteit (voedselarm), en leveren niet een uitbreiding op van de habitat voor waterleven zoals natte teelten met waterpeilen boven maaiveld.

5.1.3 Effecten op diergezondheid

In algemene zin kunnen natte teelten, afhankelijk van de uiteindelijke omstandigheden van de teelt, een bijdrage leveren aan de habitatvorming van parasieten voor rundvee, zoals de leverbotlak en knutten. De mate waarin natte teelten hierin een bijdrage leveren, zal zeer situatie specifiek zijn en ook bijvoorbeeld afhangen van het grondgebruik in de omgeving van de teelt.

Daarnaast is er (beperkt) ervaring opgedaan en onderzoek gedaan naar de inzet van sommige natte teelten als de teelt van veevoer. Het gaat in dit geval om lisdodde, riet, en

azolla waarbij o.a. onderzoek is gedaan naar de voedingswaarde, en verteerbaarheid indien toegepast als veevoeder (Bestman et al., 2019; Geurts et al., 2019; Pijlman et al. 2019a; Pijlman et al. 2019b). Vanwege de beperkte ervaring met deze gewassen in Nederland, is er ook beperkte kennis over gezondheidseffecten en -risico's van deze gewassen voor runderen. Azolla wordt in tropische landen soms geteeld als eiwitrijk veevoer. Omdat azolla een zeer laag droge stof gehalte heeft, is droging (in de zon) van de plant nodig voor een goede bewaarbaarheid en opneembaarheid (smakelijkheid) voor het vee. In het Nederlandse klimaat is drogen lastiger dan in warmere klimaten, wat conserveringsrisico's met zich meebrengt, waarbij natte azolla een basis kan zijn voor o.a. schimmels.

Lisdodde heeft een beperkte voederwaarde ten opzichte van gras en is relatief vezelrijk, waardoor het in beperkte mate worden gebruikt als ruwvoer voor koeien (Bestman et al. 2019; Pijlman et al. 2019b). Voor zover bekend, zijn er geen specifieke effecten van lisdodde bekend op de diergezondheid van runderen. Direct begrazen van lisdodde is beperkt ervaring mee, al zal in veel gevallen ook de draagkracht van de bodem hierbij een beperkende factor zijn. Een zijn voorbeelden van waterbuffels welke o.a. lisdodde begrazen onder zeer natte (en extensieve) omstandigheden (Sweers et al. 2013).

Samenvattend: Natte teelten kunnen een habitat vormen voor rundveeparasieten, sterk afhankelijk van de situatie en diverse omstandigheden. Sommige natte teelten waaronder lisdodde, riet, en azolla worden ook wel gezien als een mogelijke veevoederbron. **Onderzoeksvraag:** *Over de effecten op de habitatvorming voor rundveeparasieten van de natte teelten en de toepassing als veevoer van deze gewassen op diergezondheid onder Nederlandse omstandigheden, is nog relatief weinig bekend.*

5.1.4 Effecten op / van beleidsopgaven en -ambities

Omdat natte teelten verschillende teelten omvatten, en verschillende gebruiksdoelen (van productiegericht tot natuurontwikkeling), is het beperkt mogelijk algemene conclusies te trekken ten aanzien van beleidsopgaven en -ambities. Het spanningsveld van en tussen de verschillende doelen en ambities, wat is toegelicht in hoofdstuk 2, geldt ook binnen natte teelten.

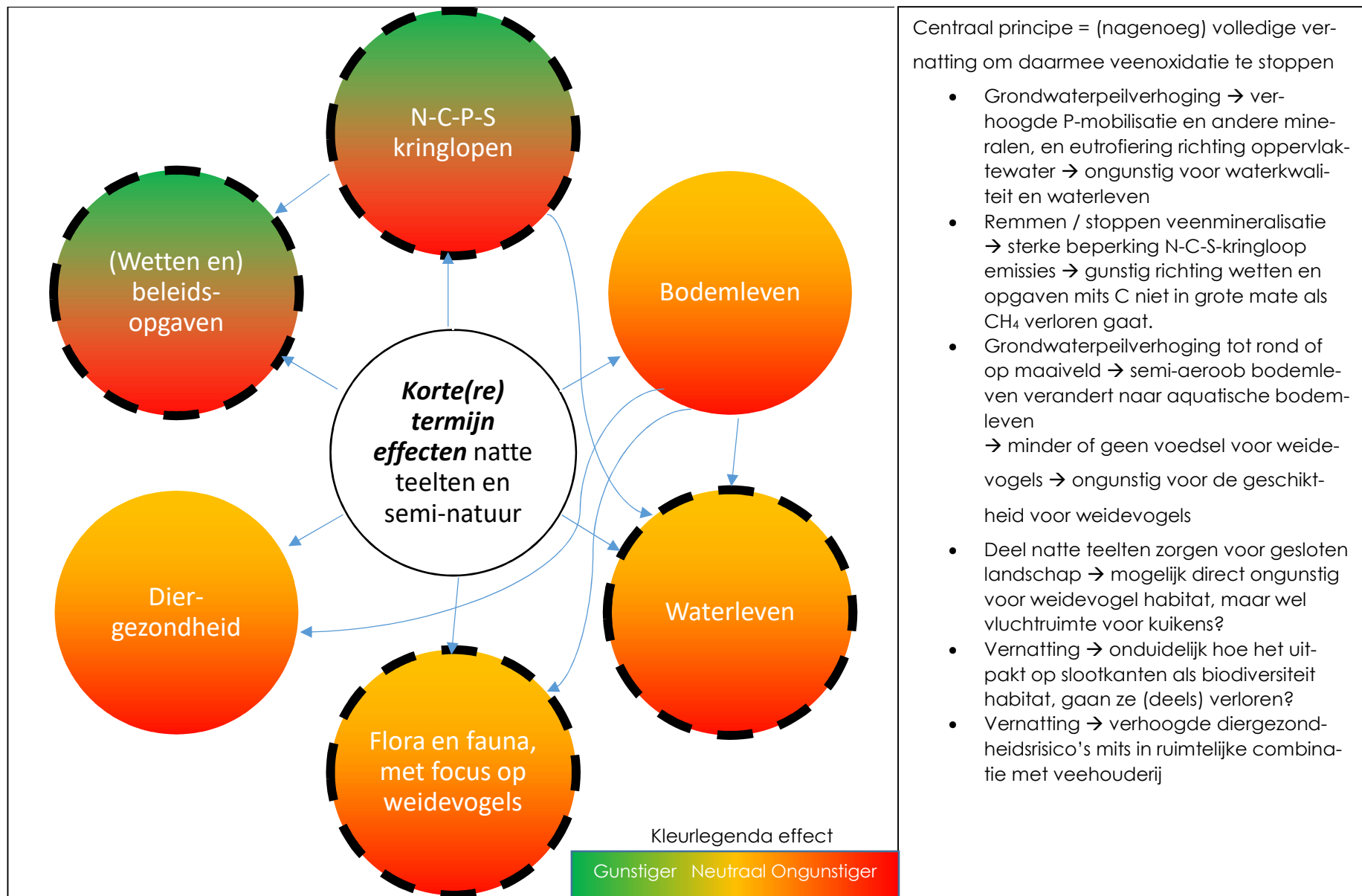
Specifiek voor natte teelten, omdat natte teelten een relatief 'nieuwe' vorm van landgebruik zijn, zijn er verschillende punten binnen bestaande wet- en regelgeving welke belemmerend kunnen werken voor de keuze tot het starten met de teelten. Een belangrijk punt bij het inrichten van landbouwgrond voor natte teelten, is het feit dat natte teelten (nog) niet erkend worden als landbouwgewas. Op Europees niveau is hier inmiddels iets voor geregeld. Dit heeft als gevolg dat het in Nederland onduidelijk is of de grondeigenaar / -huurder in aanmerking kan komen voor betalingsrechten (GLB). Ook op het gebied van agrarisch natuur beheer en natuurbeheer is het vaak op basis van bestaande wet- en regelgeving

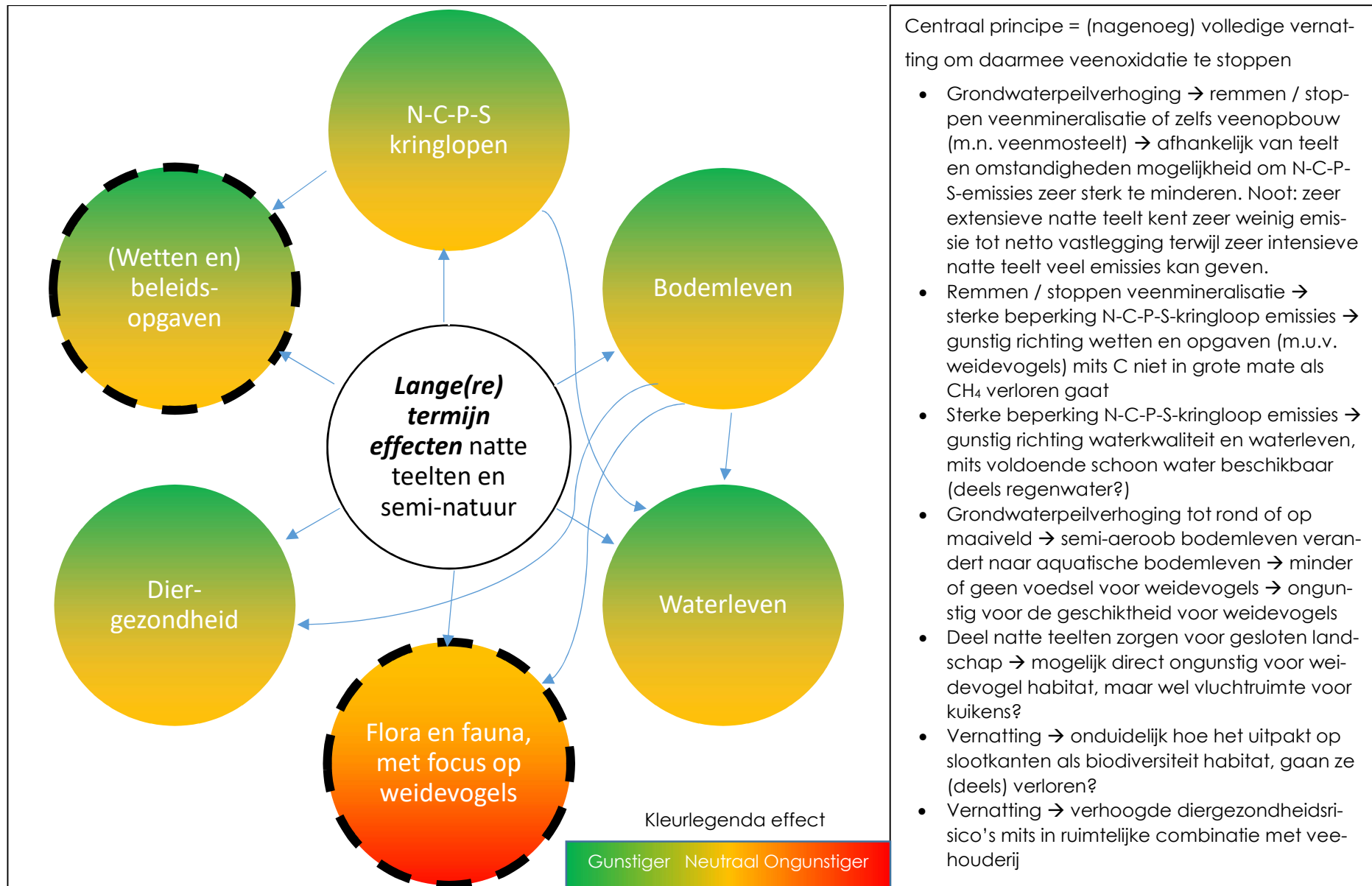
niet 'mogelijk' natte teelten in te passen. Een eventuele toepassing kan dan betekenen dat er geen recht op een beheersvergoeding is (Factsheet natte teelten, 2018).

Daarnaast is het op basis van de huidige mestwetgeving niet toegestaan te bemesten op / in waterverzadigde bodems. Dit zou een belemmering kunnen zijn wanneer optimalisatie van productie een doel is binnen de natte teelt.

5.1.5 Integrale beschouwing van neveneffecten natte teelten

In de volgende figuren is schematisch weergegeven welke korte en lange termijn effecten verwacht kunnen worden bij deze groep van maatregelen. Thema's van (neven)effecten welke voor de haalbaarheid van maatregelen het meest van belang zijn, zijn omrand met een zwarte gestreepte lijn.





5.2 Natte natuur

Onder natte natuur kunnen verschillende natuurtypen worden verstaan zoals broekveen of laagveengronden en hoogveengronden. 'Gezonde' natte natuur omvat veenvormende vegetaties, welke op lange termijn nutriënten vastleggen. Het kan worden gezien als de oorspronkelijke vegetatie van veel veenweidegebieden. Hoogveengronden bestaan vrijwel uitsluitend uit veenmos wat dikke kussens vormt en water vasthoudt boven de grondwaterspiegel. In laagveengronden groeien onder andere veel elzen, wilgen, riet en zeggen. Voorbeelden van typen laagveengronden onder voedselarme omstandigheden zijn trilveen, veenmostrietlanden, moerasheide en bloemrijke rietlanden (Verhoeven et al., 2010). Voor natte natuur is de hydrologie van het gebied van groot belang; het systeem kan veenvormend blijven als het voldoende water kan vasthouden. Eventuele verdroging heeft negatieve effecten op zowel de organische stof balans als biodiversiteit van natte natuur. Natte schrale hooilanden kunnen worden soms ook gezien als (natte) natuur, of liggen in gebieden met een natuurbestemming (NNN gronden). Voorbeelden zijn dotterbloemhooilanden, kamgrasweiden en blauwgraslanden (Verhoeven et al. 2010). Deze zijn tegenwoordig vaak gelegen op voormalige landbouwgronden, en zijn vaak in een overgangsfase naar verdere verschraling en kennen daarom ook vaak verschillende vormen van beheersmanagement. Ook zijn de vegetaties en condities op deze gronden doorgaans niet leidend tot veenvorming (te droog in het groeiseizoen). Deze hooilanden kunnen meer worden gezien als een tussenvorm tussen de oorspronkelijke vegetatie en de veenweiden zoals we die nu kennen. Begin vorige eeuw kende Nederland veel grotere oppervlakten van dit type hooilanden, grotendeels in gebruik voor een relatief extensieve vorm van veehouderij. Belangrijke verschillen tussen veenvormende vegetaties en 'veenweidennatuur' zoals dotterbloemhooilanden en kamgraslanden, zijn dat bij de laatste de bodem en het water over het algemeen voedselrijker zijn, dat een lichte bemesting (tot 50 à 100 kg N per ha) mogelijk kan zijn en dat er verlies en inklinking van veen (bodemdaling) is als gevolg van drainage (Verhoeven et al. 2010). Ook kunnen ze een hogere bodem pH hebben, wat een relatief actiever bodemleven op kan leveren en daarmee ook een actieve bodemmineralisatie (Deru et al. 2018). Bij natte veenvormende natuur past een voedselarme bodem, en een systeem wat gevoed wordt door regenwater en dit ook vasthoudt of nat blijft met een goede waterkwaliteit, en geen bemesting, waarbij er opbouw van veen is.

Samenvattend: Binnen natte natuur kan een onderscheid worden gemaakt tussen veenvormende vegetaties zoals veenmos en moerasbossen, en (semi-)natuur ('veenweidennatuur') zoals dotterbloemhooilanden, kamgrasweiden en blauwgraslanden. De (neven)effecten op met name mineralenkringlopen, biodiversiteit en beleidsdoelen en -ambities verschillen tussen deze 'soorten' natuur. Met name in 'veenweidennatuur' kan er verlies en inklinking van veen zijn als gevolg van (lichte) drainage.

5.2.1 Effecten op N-C-P-S kringlopen

In de huidige veenweidegebieden is sprake van een grote beschikbaarheid aan N, P en K in de bodem. Dit leidt er toe dat bij vernatting uitsluitend vegetatietypen die gedijen onder voedselrijke omstandigheden zich zullen vestigen. Voorbeelden hiervan zijn voedselrijke moerassen zoals riet- en liesgrasmoerassen, en elzen-en wilgenbroekbossen. Dit soort type voedselrijke moerassen zijn in staat om de gemobiliseerde nutriënten snel te kunnen vastleggen, en hebben eveneens de potentie in de toekomst de snelste veenvorming te tonen. Dit vanwege de hoge biomassa-productie en achterblijvende afbraak in de continu waterverzadigde veenbodems (Bakker et al., 1994). Andere typen moerassen die zich goed kunnen ontwikkelen onder deze omstandigheden zijn pitrusmoerassen (Witte van den Bosch et al., 2009). Door toedoen van deze voedselrijke omstandigheden vertegenwoordigt moerasnatuur voornamelijk algemene soorten karakteristiek voor deze omstandigheden. Anderzijds bieden rietmoerassen en broekbossen wel een mogelijke habitat voor de zeldzame Noordse woelmuis en moerasvogels als roerdomp, purperreiger, snor, en kleine reigerachtigen (Witte van den Bosch et al., 2009).

Sommige typen laagveen met voedselarme omstandigheden, zoals trilveen, veenmosrietlanden, moerasheide en bloemrijke rietlanden, herbergen relatief veel zeldzame plantensoorten (Verhoeven et al. 2010). Vegetatietypen/natuurtypen zoals blauwgraslanden kunnen niet binnen honderd jaar worden ontwikkeld op de veenweiden vanwege het feit dat deze voedselarme en natte omstandigheden vereisen, hetgeen niet realiseerbaar is in de huidige veenweidegebieden (Verhoeven et al., 2010). Het herstellen van levend hoogveen lijkt eveneens geen haalbare optie vanwege het feit dat er een grote aaneengesloten oppervlakte nodig is en een relatief hoge ligging buiten bereik van het oppervlaktewater (Verhoeven et al., 2010).

Het herstelbeheer van waternatuur kan niet los gezien worden van dat van trilveen en veenmosrietlanden en van hoogveenkernen waaronder hoogveenbossen. Laagveenbeheer zal dus altijd op landschapsniveau moeten plaatsvinden alleen al vanwege de hydrologische voorwaarden en gerelateerde waterkwaliteit. Voor beheer van trilveen moet het water bijvoorbeeld niet alleen fosfaatarm zijn maar ook voldoende buffering leveren (Lammers et al., 2018).

Samenvattend: De realisatie van natte natuurtypen op veen en daarmee de haalbaarheid ervan, wordt in grote mate bepaald door de huidige mate van voedselrijkdom van de bodem. De historie van het landgebruik, waaronder de toepassing en intensiteit van bemesting spelen hierin een belangrijke rol. Op de korte termijn kunnen, afhankelijk van het natuurdoeltype, de voorheen vaak voedselrijke veenweiden de ontwikkeling naar natte natuur belemmeren; met een mobilisatie en de uitspoeling van nutriënten naar oppervlaktewateren tot gevolg. Afplaggen of uitmijnen van nutriënten zijn opties om de overgang naar (schr) natte natuur te versnellen. Wanneer het natuurdoeltype past

binnen een relatief nutriëntenrijke situatie, kan voedselrijkdom in de bodem of afkomstig via wateraanvoer een minder grote rol spelen.

Op de lange termijn kunnen vegetatietypen/natuurtypen zoals blauwgraslanden soms niet binnen honderd jaar op veenweiden worden ontwikkeld, vanwege het feit dat deze voedselarme en natte omstandigheden vereisen, hetgeen niet realiseerbaar is. Het herstellen van levend hoogveen lijkt eveneens vaak geen haalbare optie, vanwege het feit dat er een grote aaneengesloten oppervlakte nodig is én vanwege de relatief hoge ligging van veengronden buiten bereik van het oppervlaktewater.

5.2.2 Effecten op biodiversiteit

Effecten op flora en fauna, met focus op (weide)vogels

Over het algemeen vraagt het beheer van weidevogelgebieden een lager waterpeil dan dat van moerasvogelgebieden (Lamers et al., 2018). Met name dotterbloemhooiland, kamgraslanden en blauwgraslanden zijn het meest geschikt als weidevogellocatie. Echter, bij natuurdoeltypen waarbij het waterpeil dermate wordt verhoogd, ontstaan er condities die de ruimte bieden aan het vestigen van een geheel andere flora en fauna, zoals reeds hierboven is beschreven. Zo biedt moerasnatuur een habitat moerasvogels zoals de roerdomp, purperreiger, lepelaar, zwarte stern, blauwborst en het baardmannetje. Adequate maatregelen ten behoeve van moerasgebieden en moerasvogels zouden mozaïekbeheer van (riet)vegetaties zijn en een natuurlijk waterbeheer (hoog peil in winter en voorjaar) (IKC-LNV, 2001; Verhoeven et al. 2000).

Natte natuur waarin veenvorming plaatsvindt, biedt -naast vastlegging van mineralen en het tegengaan van bodemdaling- kansen voor bijbehorende veenmossoorten en laagveenplanten (o.a. Ronde zonnedauw, Rietorchis, waternavel) (van de Riet et al. 2018). Veenvormende condities zorgen voor een toename van land/water overgangen, en de ontwikkeling van een veenmoeras ecosysteem. Natuurlijke veenvernatting kan daarnaast een bijdrage leveren aan het vasthouden en leveren van zoetwater¹¹.

Samenvattend: Met name dotterbloemhooiland, kamgraslanden en blauwgraslanden zijn het meest geschikt als weidevogellocatie, terwijl moerasnatuur een habitat vormt voor moerasvogels zoals de roerdomp, purperreiger, lepelaar, zwarte stern, blauwborst en het baardmannetje.

5.2.3 Effecten op diergezondheid

Dotterbloemhooiland en kamgraslanden kunnen extensief worden begraaasd, en kunnen daarmee o.a. een habitat zijn voor rundveeparasieten. Op het gebied van diergezondheid

¹¹ <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/natuurtypen/n05-moerassen/n05-03-veenmoeras/>

gelden hier vergelijkbaar aspecten als benoemd in het algemene hoofdstuk 2 en in hoofdstuk 3 over drainage en vernattingsmaatregelen binnen de melkveehouderij. Belangrijkste verschil is dat deze semi-natuurgronden zeer extensief worden begraasd en bezocht door runderen, waardoor de parasitaire infectiedruk waarschijnlijk lager kan blijven dan in 'reguliere' of gedraineerde veenweiden.

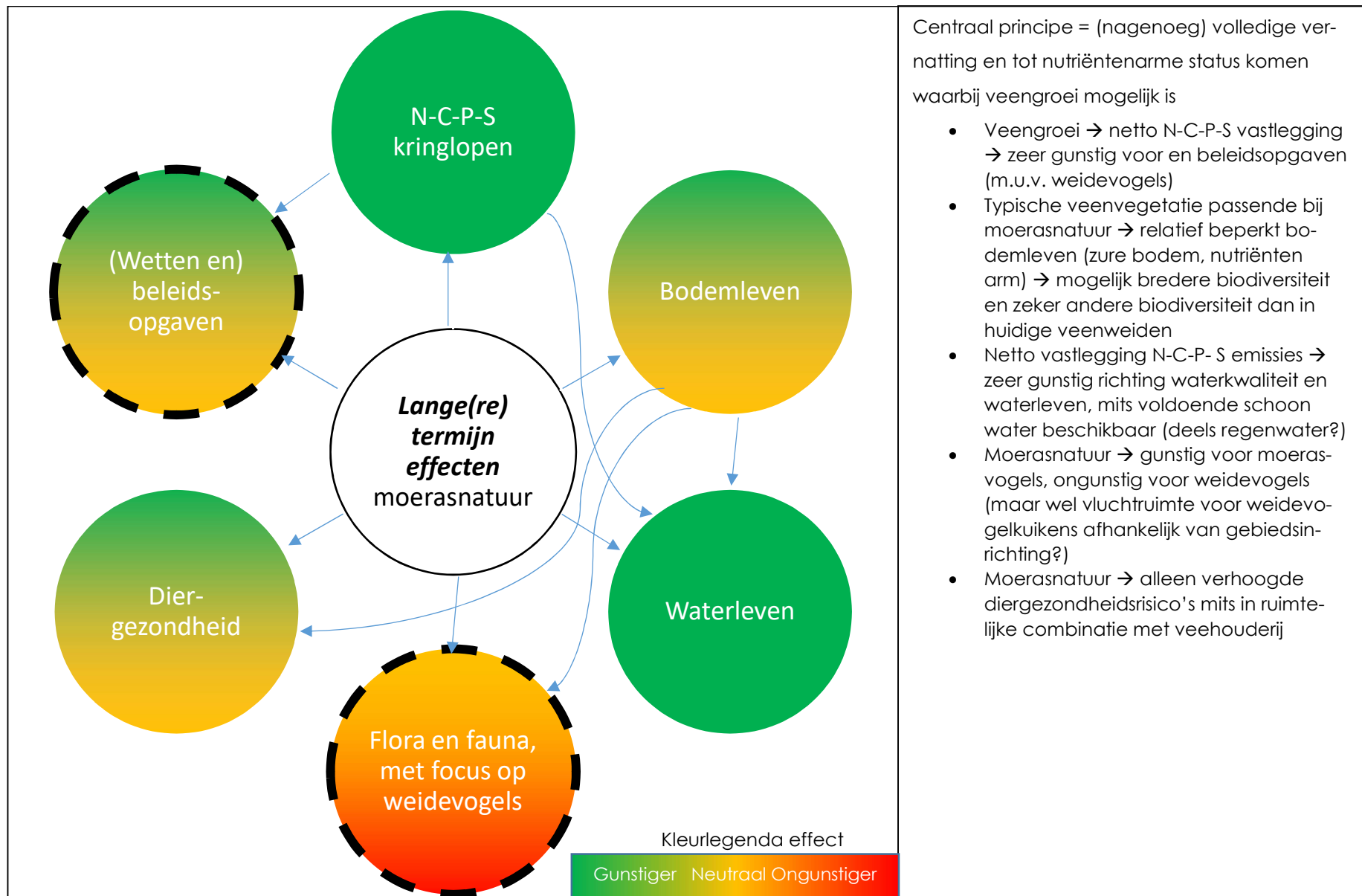
Samenvattend: Afhankelijk van de te realiseren en realiseerbare natte natuur op veen, speelt diergezondheid over het algemeen een geringere rol in de haalbaarheid van deze klimaatmaatregel. Veelal vanwege het feit dat natte natuur en melkveehouderij niet logischerwijs met elkaar gecombineerd zullen worden. (Semi-)natuurgraslanden zoals dotterbloemhooiland en kamgraslanden kunnen wel een risico vormen voor diergezondheid.

5.2.3 Effecten op / van milieuoopgaven en -beleidsambities

Mits het ontwikkelen van veenvormende (moeras)natuur haalbaar is, biedt deze maatregel veel kansen om in beleidsopgaven en -ambities op het gebied van het milieu te voorzien, aangezien de organische stofbalans binnen deze systemen positief is (opbouw). Waarschijnlijk is er binnen deze maatregel (te) beperkt ruimte voor weidevogels. Juist (semi)natuur zoals blauwgraslanden, dotterbloemhooiland en kamgraslanden vormen een goede habitat voor weidevogels. In deze graslanden kan echter weer sprake zijn van veenoxidatie, wat moeilijk past binnen de ambities van duurzaam bodembeheer en kringlooplandbouw / landgebruik.

5.2.4 Integrale beschouwing neveneffecten natte moerasnatuur

In de volgende figuur is schematisch weergegeven welke langetermijn effecten verwacht kunnen worden bij de ontwikkeling van natte moerasnatuur. Thema's van (neven)effecten welke voor de haalbaarheid van maatregelen het meest van belang zijn, zijn omrand met een zwarte gestreepte lijn.



6 Aanvullende maatregelen: Melkveehouderij aangepast aan vernatting

In dit hoofdstuk worden de mogelijke (neven)effecten van vier aanvullende klimaatmaatregelen besproken, namelijk; extensivering van de landbouw (#17), gedeeltelijke drooglegging (#18), geschiktere veerassen (#19), aangepaste bemesting (#20) en kruidenrijk grasland (#21). Deze maatregelen zijn niet zozeer bedoeld als het direct remmen van de klimaatimpact van landgebruik op veengrond, maar kunnen (gezamenlijk) worden ingezet als aanvullende maatregelen op de klimaatmaatregelen besproken in hoofdstuk 3. Deze aanvullende maatregelen kunnen (neven)effecten van (hoofd)klimaatmaatregelen remmen of stimuleren. Bijvoorbeeld, verhoogde grondwaterstanden kunnen worden aangevuld met aangepaste (beperkte of andersoortige) bemesting, en begrazing samenhangend met extensivering, wat positief kan zijn voor geschiktheid van veenweiden voor weidevogels en bijvoorbeeld mogelijk ook voor de waterkwaliteit. Vanuit een integraal perspectief kunnen deze aanvullende maatregelen worden gezien als onderdelen van een meer duurzame manier van melkveehouderij op veen, zoals natuurinclusieve of kringlooplandbouw. Met andere woorden, een manier van melkveehouderij met een beperkter negatief of mogelijk positief effect op biodiversiteit, waterkwaliteit en stikstofreductie.

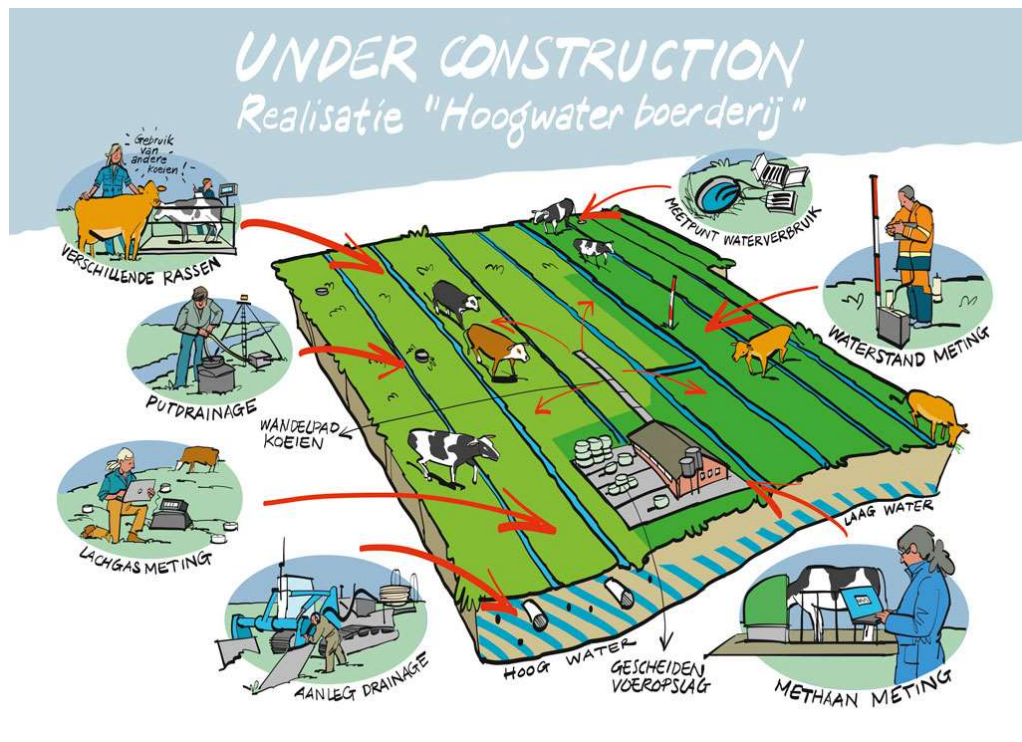
Hoe ziet natuurinclusieve kringloop melkveehouderij op veen eruit?

Een belangrijke vraag is hoe een duurzame vorm van melkveehouderij op veengronden eruit kan zien, welke (economisch rendabel) voedsel produceert binnen acceptabele grenzen van de natuur, milieu en leefomgeving, met voldoende ruimte voor biodiversiteit. Bijvoorbeeld, natuurinclusieve landbouw is het produceren van voedsel én natuur, en het respecteren van milieu en leefomgeving respecteren waardoor de biodiversiteit verbetert. Het is een vorm van landbouw waar biodiversiteit een functionele rol heeft en ruimte wordt geboden voor soorten om zich in stand te houden.

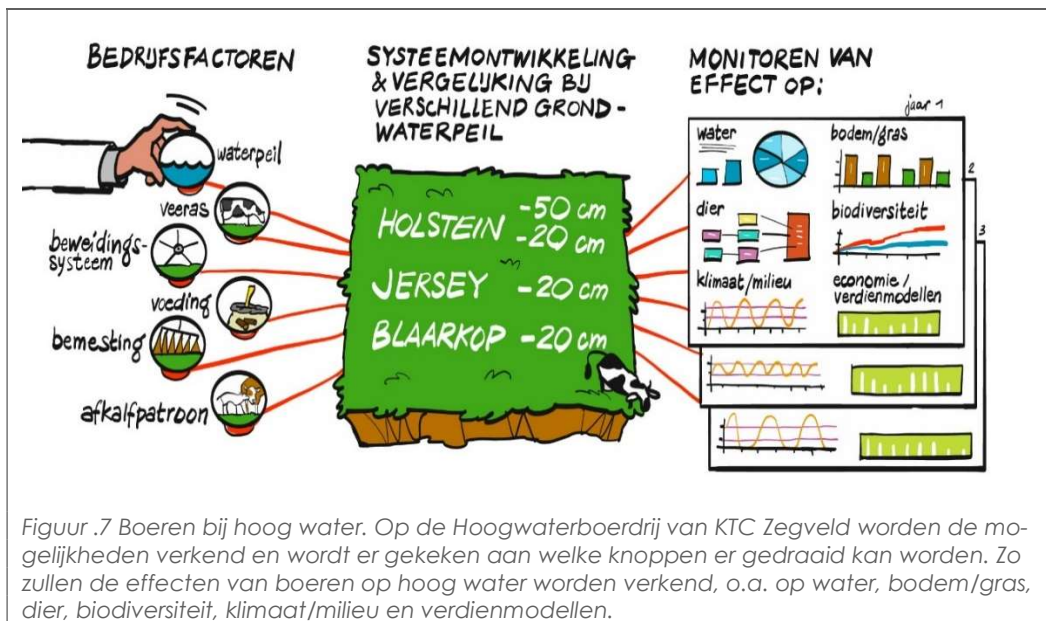
Onderzoek naar de mogelijkheden, en ervaring met de ontwikkeling van natuurinclusieve landbouw, is veelal afkomstig van zand- en kleigronden en meer in beperkte mate van veengronden. Melkveehouderij op veen kent veenoxidatie als gevolg van ontwatering, welke wel geremd maar niet volledig gestopt kan worden (uitgaande van een op gras gebaseerde melkveehouderij, omdat grasgroei ontwatering vraagt). Juist die veenoxidatie zorgt voor extra nutriënten inputs, emissies en (lange termijn onherstelbaar) organische stof verlies, wat de vraag oplevert hoe een duurzaam melkveebedrijf op veen eruit kan zien. Zo duurzaam mogelijk melkveehouden op veen betekent daarom het zoeken naar een balans tussen het zo beperkt mogelijk afwijken van de natuurlijke omstandigheden (ontwatering wat veenbehoud en -groei bijna altijd onmogelijk maakt), en het zo bijpassend mogelijk inrichten van (een economische rendabel) melkveehouderijsysteem.

De 'Hoogwaterboerderij' als voorbeeld

Het programma Boeren bij Hoog Water heeft tot doel te verkennen en te onderzoeken welke impact hoge grondwaterpeilen in veenweiden (tot ca. 20 cm onder maaiveld) hebben op aspecten als kringlopen, bodem- en waterkwaliteit, biodiversiteit, productie en bedrijfseconomie. Een belangrijke vraag is; hoe kan een economisch rendabel melkveebedrijf met minimale (broeikasgas)emissies op veengrond eruit zien? Het programma Boeren bij Hoog Water kan worden gezien als een onderdeel van de zoektocht naar een zo duurzaam mogelijke melkveehouderij op veengrond. Op de Hoogwaterboerderij worden de effecten van deze grondwaterpeilverhoging en diverse combinaties van maatregelen op biodiversiteit, bodem, water, dier, klimaat, en economie gemonitord (Figuur 6 en 7). Onder andere juist omdat (neven)effecten van (een combinatie van) maatregelen zoals extensivering, gedeeltelijke drooglegging, geschiktere veerassen, aangepaste bemesting en kruidenrijk grasland nog grotendeels onbekend zijn, is de Hoogwaterboerderij gestart (in 2019). Dit betekent dat veel kennis en ervaring nog opgedaan zal moeten worden, en deels ook weer vertaald zal moeten worden naar lokaal en regionaal maatwerk.



Figuur 6. De hoogwaterboerderij op KTC Zegveld waarbij onderzoek wordt gedaan naar de mogelijkheden van boeren op hoog water in de veenweidegebieden



6.1 Extensivering van de landbouw

Extensivering van de landbouw kan bijdragen aan het verminderen van emissies (per hectare), doordat bij extensivering gewerkt kan worden met lagere inputs per hectare waardoor er lagere verliezen en outputs per hectare zijn. De uiteindelijke nutriëntenintensiteit per hectare (welke sterk samenhangt met de melkproductie per ha) is in belangrijke mate bepalend voor de uiteindelijke kortere en langere termijn impact op de N-C-P-S kringlopen, en daarmee mogelijke risico's op af- en uitspoeling, en gasvormige verliezen (zie ook hoofdstuk 2.1). Met lagere emissies kan extensivering daarom positief uitpakken richting waterkwaliteit en biodiversiteit (zowel direct door meer ruimte voor biodiversiteit, als indirect door lagere ammoniakemissies).

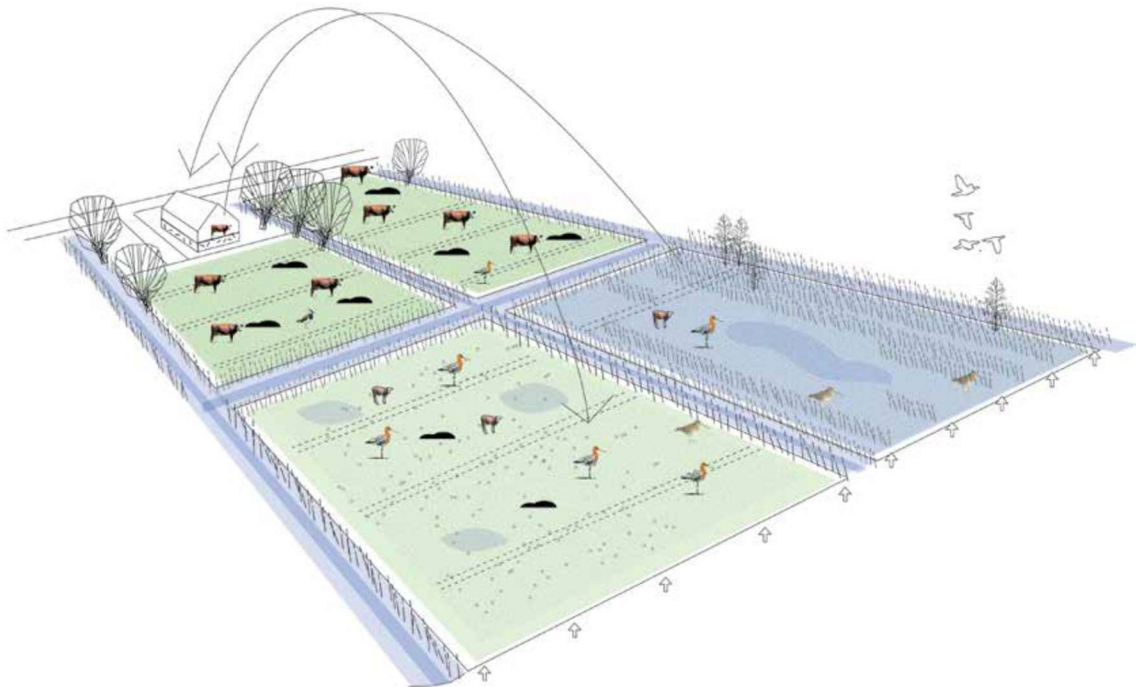
Binnen een extensiever bedrijf is makkelijker rekening te houden / ruimte te maken voor biodiversiteit. Extensiever graslandbeheer, in combinatie met een passend management, kan voordelig zijn voor de geschiktheid van percelen als weidevogellocatie. Dit heeft vaak te maken met een verminderde productiviteit van het grasland, en de 'ruimte' voor mozaïekbeheer van het grasland. Een lagere grasgroei kan zorgen voor een latere eerste snede met meer ruimte voor kruiden, waarbij een hypothese is dat kruiden de insectenrijkdom vergroten. Dit laatste is gunstig voor de beschikbaarheid van voedsel en de overleving van weidevogelkuikens. Tot slot, leidt een lagere grasgroei tot meer gras- en plantensoorten met een variërende vegetatiehoogte. Dit kan eveneens positief zijn voor het faciliteren van een geschikte leefomgeving voor weidevogels (Kentie et al., 2013).

Daarnaast, omdat extensivering de potentie biedt om mineralenverliezen te verkleinen, kan extensiveren ook positief bijdragen aan biodiversiteit. Hierbij valt te denken aan verminderde ammoniakverliezen en verminderde N en P af- en uitspoeling richting (oppervlakte)water. Die ruimte voor, en verlaagde druk op biodiversiteit kan ten goede komen aan het bodem- en waterleven.

Extensivering past vanwege de potentiële lagere druk op de omgeving goed in de richting van diverse beleidsdoelen en –ambities zoals het verder sluiten van kringlopen, duurzaam bodembeheer, kaderrichtlijn water en andere.

6.2 Gedeeltelijke drooglegging

De maatregel gedeeltelijke drooglegging, waarbij een deel van het perceel een zekere drooglegging behoudt voor bijvoorbeeld weidegang en een ander deel (tijdelijk) wordt vernat als er niet hoeft te worden geweid of geoogst, zou kunnen passen binnen een relatief extensievere bedrijfsvoering. Een voorbeeld van een concept is uitgewerkt in het advies van het College van Rijksadviseurs over een mogelijke landbouw van 2050 in de Krimpenerwaard (CRA, 2020, Figuur 8). De schets laat zien hoe een meer productieve huiskavel gecombineerd zou kunnen worden met meer extensieve (natte) graslanden, welke verschillen in intensiteit van bemesting, begrazing, en ruimte voor en het type van biodiversiteit.



Figuur 8. Schets van een landschaps- en natuurinclusief kringloopbedrijf, voor de Krimpenerwaard in 2050 met een huiskavel, een veldkavel en twee nattekavels (CRA, 2020).

Gedeeltelijke vernatting als maatregel zou goed samen kunnen gaan met de maatregel dynamisch peil, en de richting van de (neven)effecten van de maatregelen zijn vergelijkbaar met andere vernattingsmaatregelen. Deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 3 en 7.

6.3 Geschiktere veerassen

Blaarkoppen, Jerseys en Maas-Rijn-IJsselrundersen zijn voorbeelden van runderrassen waarvan is gekeken of deze beter passen bij een beweidingssysteem in veenweidegebieden (Riet et al., 2014; Vogelzang en Blokland, 2011; CLM en Blaarkopstichting, 2009). Deze rassen zijn

kleiner, lichter en robuuster dan Holstein Friesian en een hypothese is dat deze beter gecombineerd kunnen worden met waterpeil verhogende maatregelen op bijvoorbeeld extensief beheerde (kruidenrijke) gras- en natuurgraslanden. De verwachte effecten van koerassen op de mineralen cycli, biodiversiteit en van / op beleidsopgaven en –ambities zijn daarom niet zo zeer direct, maar met name indirect. De hypothese is dat het koeras ondersteunend kan zijn aan een robuustere melkveehouderij op (vernatte) veengronden. Meer onderzoek is nodig om deze hypothese te kunnen toetsen.

Zo is Blaarkop een dubbeldoel koe met een van nature goede ruwvoederverwerking, goede gezondheid en vruchtbaarheid (Vogelzang en Blokland, 2011), waardoor Blaarkop beter zou kunnen functioneren onder suboptimale condities, zoals een soberder rantsoen, in vergelijking met de hoogproductieve Holstein Friesian. Ook zou kunnen worden gedacht aan het inkruisen van andere runderrassen met bijvoorbeeld Holstein Friesians.

Mogelijk zijn alternatieve veerassen beter bestand of weerbaarder tegen leverbot en knutten, al is hier voor zover bekend geen specifiek onderzoek naar gedaan. Wel is bekend (deels o.b.v. ervaringen) dat minder hoog productieve koeien doorgaans weerbaarder zijn tegen bijvoorbeeld infecties en ook minder vaak vruchtbaarheidsproblemen hebben dan hoogproductieve koeien.

6.4 Aangepaste bemesting

De belangrijkste effecten van een aangepaste bemesting zijn op korte termijn het verminderen van uit- en afspoelingsverliezen van stikstof en fosfaat richting (oppervlakte)water, en het verminderen van gasvormige stikstofverliezen. En op lange termijn het (verminderd) ophopen van met name fosfaat in de toplaag van de bodem. Aangepaste bemesting kan onder andere zijn het veranderen van hoeveelheden, van timing en van de methode van bemesting. Ook kan de samenstelling en het type mest een rol spelen. De mate waarin bemesting aangepast kan worden ten opzichte van de huidige situatie, is vooral afhankelijk van de huidige situatie en weersomstandigheden. Basis is dat bemesting wordt afgestemd op het stikstof leverend vermogen van de bodem en de (gewenste) grasgroei. In algemene zin is te stellen dat een extensievere bedrijfsvoering meer ruimte zal kunnen geven voor aanpassingen in bemesting. Meer informatie over (neven)effecten op N-C-P-S cycli is uitgewerkt in hoofdstuk 2, en effecten van de hoeveelheid van bemesting komen deels ook terug in paragraaf 6.1.

6.5 Kruidenrijk grasland

Kruidenrijk grasland wordt gezien als een belangrijk onderdeel van functionele agrobiodiversiteit op het (melkvee)bedrijf, van groot belang voor insecten en specifieke soorten zoals weidevogels (Erisman et al., 2019). Ook hier geldt dat veel kennis omtrent kruidenrijke graslanden vooral verzameld en voorhanden is op basis van klei- en zandgronden. Veel kruiden gedijen onder suboptimale relatief arme bodemvruchtbaarheidscondities. Echter, op veen

is sprake van een voedselrijke bodem, waardoor deze effecten mogelijk anders of in mindere mate te verwachten zijn. De teeltlaag van een klei-op-veen bodem is vaak wel armer dan een veenbodem zonder minerale laag.

Over het algemeen kunnen kruiden dienen ter ondersteuning van de algemene weerbaarheid van het dier en ter voorkoming van ziekten (zoals gebrekziekten). Doordat kruiden een ander bewortelingspatroon hebben dan grasachtigen kunnen deze meer en andere mineralen (uit diepere bodemlagen) opnemen, hetgeen de voederwaarde in de brede zin kan verbeteren. Eveneens kunnen de vaak hogere gehalten aan vitamines en secundaire metabolieten in kruiden, ten opzichte van gras, de gezondheid van vee bevorderen (Wagenaar et al., 2017). Zo kunnen tannines in bijvoorbeeld moerasrolklaver een rol spelen in het verhelpen van maagdarmworm infecties. Daarnaast kunnen de secundaire metabolieten in kruiden (o.a. tannine) via de vertering eveneens een verlagend effect hebben op de uitstoot van ammoniak en methaan door herkauwers (Van Eekeren et al., 2015). Echter, blijkt het met kruiden niet eenvoudig de juiste dosering te bewerkstelligen o.a. vanwege een grote variatie in de concentratie van werkzame stoffen in kruiden. Ook zijn er belangrijke aanwijzingen dat secundaire metabolieten uit smalle weegbree (waaronder aucubin) in bodem een onderdrukkend effect hebben op de emissie van lachgas (N₂O) (Pijlman et al. 2019c). Naast het terugdringen van lachgasemissies kan smalle weegbree mogelijk bijdragen aan het terugdringen van nitraatuitspoeling (o.a. onderzoek uit Nieuw-Zeeland). Echter, dient nog verder onderzoek gedaan te worden om te zien hoe deze effecten zich vertalen naar een situatie op veengrond.

Samenvattend: Een extensievere vorm van melkveehouderij dan de huidige, kan op veengrond leiden tot minder mineralenverliezen en emissies, en kan meer ruimte geven voor biodiversiteit doordat aanvoer en afvoer van mineralen per hectare zullen dalen. Een hypothese is dat een extensievere vorm van melkveehouderij ondersteunend kan zijn aan vernattende maatregelen zoals (grond)waterpeilverhogingen. Onderzoek, met aandacht voor diverse subthema's zoals effecten van / op gedeeltelijke ontwatering, runderrassen, aangepaste bemesting, botanische samenstelling en biodiversiteit van grasland is gestart. Hoe die melkveehouderij op een (sterk) vernatte veen veengrond er uit zou kunnen zien, is dan ook nog relatief beperkte kennis van om (neven)effecten goed in te kunnen schatten.

7 Aanvullende maatregelen: aanpassingen in het watersysteem

In dit hoofdstuk worden de mogelijke (neven)effecten van vier aanvullende klimaatmaatregelen besproken welke aanpassingen opleveren in het watersysteem, namelijk het toepassen van een flexibel (#22) of een dynamisch peil (#23), het herstellen van historische watersystemen (#24) en de veenweidensloot van de toekomst (#25) (Bijlage 1). Deze maatregelen kunnen vooral worden gezien als aanvullende maatregelen op de maatregelen besproken in hoofdstuk 3, 4 en 5.

7.1 Ondersteunde maatregelen voor vernatting

Deze maatregelen hebben allen (onder andere) als doel ondersteunend te zijn aan maatregelen die luchtintreding in de veenbodem beperken, en daarmee de aerobe veenoxidatie te remmen. Mits de maatregelen dit effect hebben of de effectiviteit van andere maatregelen zoals melkveehouderij met hogere (grond)waterpeilen, natte teelten of natte natuur ondersteunen, zijn de richtingen van de te verwachten (neven)effecten van deze (ondersteunde) maatregelen vergelijkbaar met die van de maatregelen besproken in hoofdstuk 3 en 5.

7.1.1 Flexibel peil

De maatregelen flexibel en dynamisch peil betekenen in de praktijk dat het slootwaterpeil jaarlijks varieert tussen een bepaalde hoogte, in tegenstelling tot 'vaste' peilen. Alhoewel er variatie in de definitie van deze twee maatregelen bestaat, is een flexibel peil meer volgend naar de situatie terwijl een dynamisch peil gaat om een actieve peilsturing (zie ook Bijlage 1).

Bijvoorbeeld, bij een flexibel peil daalt het slootpeil bij perioden van een neerslagtekort, en stijgt het bij perioden van een neerslagoverschot.

In een modelstudie van Deltares over het toepassen van flexibele peilen in de polders Ronde Hoep en Middelpolder, is de aanname dat dit peilbeheer deels leidt tot een minder intensief agrarisch beheer van veenweiden en deels tot een functieverandering naar natuur (Hendriks et al. 2012). De maatregel zou dan ook gezien kunnen worden in combinatie met aanpassingen van de landbouw aan hogere peilen of natte teelten of natuur, eventueel in combinatie met herstel van historische watersystemen zoals greppels en sloten. Wanneer het landgebruik minder extensief zal zijn, in combinatie met een verminderde aerobe veenoxidatie, zal het ook betekenen dat op langere termijn nutriënten verliezen vanuit het landgebruik richting het oppervlaktewater en atmosfeer dalen. Ook zal er dan meer ruimte kunnen zijn voor flora en fauna passend bij een nutriëntenarme situatie (zie ook hoofdstuk 4 over natte (semi-)natuur en hoofdstuk 5 over aanvullende maatregelen voor de melkveehouderij).

7.1.2 Dynamisch peil

Een voorbeeld van een dynamisch peil is een situatie waarbij het slootpeil wordt verlaagd om de waterbergingscapaciteit te vergroten tijdens nattere perioden, en het slootpeil verhoogd om sloten op peil te houden tijdens drogere perioden en wanneer een perceel niet hoeft te worden betreed. Een dynamisch slootpeil wordt vaak genoemd in combinatie met onderwaterdrainage, waarbij het slootpeil wordt gebruikt om het grondwaterpeil via de drains te 'sturen'.

In Zegveld is onderzoek gedaan naar een dynamisch slootpeil in veenweiden, al dan niet in combinatie met onderwaterdrainage (Hoving et al. 2013). In dit onderzoek is vooral gekeken naar landbouwkundige en hydrologische effecten, en voor zover bekend is niet gekeken naar aspecten als waterkwaliteit en biodiversiteit. Een observatie die gedaan werd tijdens dit onderzoek, is dat de slootkanten minder stevig werden bij een dynamisch hoog peil, wat tot meer baggervorming in de sloot leidde. Dit is negatief voor de waterkwaliteit en het waterleven. Een andere inrichting en beheer van de slootkant, gericht op minder afkalving kan mogelijk deze negatieve effecten tegengegaan, of mogelijk zelfs tot een positief effect leiden. Zie hiervoor en 7.1.4 (Veenweidensloot van de toekomst) en de rapportage over haalbaarheid ten aanzien van waterkwantiteit. Dit vraagt wel om nader onderzoek. Op dit moment werkt het NMI aan een onderzoek over afkalving van sloten in het veenweidengebied¹².

7.1.3 Herstellen van historische watersystemen

Het herstellen van historische watersystemen als (aanvullende) klimaatmaatregel heeft als doel het watersysteem zo aan te passen dat vernatting en waterberging beter mogelijk kunnen worden. Hierbij kan gedacht worden aan het terugbrengen of verleggen van sloten en greppels, die bijvoorbeeld tijdens een ruilverkaveling of in de loop der tijd zijn gedempt of verlegd.

Doordat er vaak inversie van het landschap heeft opgetreden als gevolg van bodemdaling in veenweidengebieden (bijv. vroeger lagen veengronden hoger dan omliggende gebieden, nu kan het andersom zijn), en doordat het maaiveld ook lager ligt dan bijvoorbeeld 50 of 100 jaar geleden, is de lokale hydrologische situatie niet meer volledig te vergelijken met de historische situatie. Zo kunnen wegzijging en kwel zijn gewijzigd, en hoogteverschillen zijn toegenomen. Dit betekent dat de mate waarin de maatregel in een gebied kan worden ingepast en effect kan hebben, al dan niet ondersteunend aan andere vernattingsmaatregelen, zal sterk afhankelijk zijn van de huidige lokale situatie.

7.1.4 Veenweidensloot van de toekomst

De veenweidensloot van de toekomst heeft als doel *"het vergroten van het waterbergend vermogen en het versterken van de biodiversiteit bij dynamisch of flexibel peilbeheer, door*

¹² <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/onderzoek-naar-oorzaken-oeverafkalving>

middel van een ander profiel en een ander beheer van de veenweidensloot gericht op het voorkomen van afkalving en baggervorming" (Bijlage 1).

De veenweidensloot van de toekomst kan een relatief brede deels drassige oever hebben, waar niet wordt bemest en beperkt begraaasd of gemaaid, met daardoor ruimte voor biodiversiteit en een (klein) leefgebied voor weidevogels. De oever kan mogelijk nutriëntenspoeling richting oppervlaktewater verminderen. Bij de veenweidensloot van de toekomst hoort ook voldoende helder water. Dit lukt alleen als de afspoeling richting de sloot en de eventuele inlaat van water niet teveel nutriënten brengen, en er niet teveel slootkanterose en baggervorming is. Eventueel kunnen de sloten in verbinding staan met poeltjes en kleine wateren. De veenweidensloot van de toekomst zal geen eenduidig beeld van zijn, gezien de variaties in sloten die er reeds zijn in verschillende veenweidengebieden in Nederland. Bijvoorbeeld, sloten en slootkanten in de westelijke veenweiden of veengronden zonder kleidek zijn vaak ronder en minder steil aflopend dan sloten in bijvoorbeeld Friesland, waar vaak ook een laagje klei op het vee ligt.

7.2 Hypothesen rondom (neven)effecten

Er is voor zover bekend weinig onderzoek gedaan naar, en praktijkervaring over, de (neven)effecten van de maatregelen flexibele en dynamische slootpeilen op mineralenkringlopen, biodiversiteit, diergezondheid en beleidsdoelen en –ambities. Daarnaast, omdat de maatregelen voornamelijk zijn bedoeld als aanvulling op andere (m.n. vernattende) klimaatmaatregelen, zijn (de mate van) (neven)effecten ook niet éénduidig aan te geven. Ook het type sloot is van belang voor de mate van (neven)effecten. Zo zijn sloten in Friesland vaak meer bakvormig, dieper en hebben ze een steiler talud dan in de Westelijke Veenweiden.

Belangrijk hypothese is dat deze aanvullende maatregelen de positieve neveneffecten van vernattingsmaatregelen zoals besproken in hoofdstuk 3 (met behoud van melkveehouderij) en hoofdstuk 5 (natte teelten en natuur) versterken en negatieve effecten kunnen beperken. Bijvoorbeeld, door het ondersteunen van vernatting resulterende in het beperken van aerobe veenoxidatie, en door af- en uitspoeling van stoffen uit de bodem richting water te verminderen. Echter, afhankelijk van de Ausgangssituatie (zie hoofdstuk 1), de mate en frequentie waarop peilen worden gewisseld, zijn er diverse factoren te benoemen die deze hypothese kunnen beïnvloeden, namelijk:

Thema nutriënten, water en waterkwaliteit

- De maatregelen kunnen zorgen voor meer waterstroming in de sloten, waardoor de verblijftijden van het water in de sloten korter zullen worden, wat zijn weerslag zal hebben op de chemische en ecologische kwaliteit van sloten;

- Met name een flexibel slootpeil kan -in periode van veel neerslag in korte tijd- betekenen dat waterpeilen sterk stijgen, waardoor waterplanten dieper in het water komen, wat negatieve effecten op de groei van die planten kan hebben (sterk afhankelijk van de soort);
- Anderzijds kan het extra vasthouden van water er voor zorgen dat op langere termijn minder gebiedsvreemd water het gebied in hoeft te worden gelaten, wat positief kan zijn voor de waterkwaliteit in het gebied (m.n. als er geen inlaatwater beschikbaar is van een voldoende kwaliteit);
- De daling van het waterpeil als gevolg van verdamping en eventueel wegzijging kan betekenen dat de nutriëntenconcentratie in de sloot relatief toeneemt, waardoor een eventueel aanwezige ecologische balans makkelijker verstoord wordt;
- Een actieve peilverhoging en / of de vergroting van het watersysteem kan extra inlaat van gebiedsvreemd water tot gevolg hebben, waarbij de waterkwaliteit van het inlaatwater van groot belang is voor de biodiversiteit in en rond de sloot;
- Bij grote peilverlagingen zoals bij flexibele peilen, of bij de aanwezigheid van relatief meer greppels en sloten, al dan niet in combinatie met onderwaterdrainage, zou op een ongewenst moment ontwaterend effect van de bodem kunnen optreden. Denk aan een periode met een neerslagtekort waarin het slootwaterpeil steeds lager wordt. Dit kan leiden tot een daling van het grondwaterpeil, wat extra aerobe veenoxidatie tot gevolg heeft, en ook leiden tot extra nutriëntenuitspoeling vanuit de bodem. De periode met een neerslagtekort valt altijd grotendeels samen met de periode waarin de bodem warm is en de vegetatie als gevolg van groei water onttrekt uit de bodem. Klimaatverandering in de vorm van langere perioden van neerslagtekorten kunnen hier mogelijk een versterkend effect geven.
Juist bij een maatregel zoals onderwaterdrainage zonder actief pompsysteem, is het op peil kunnen houden van sloten van belang voor het kunnen behouden / het voorkomen van het verder uitzakken van het grondwaterpeil. Hier speelt de maatregel dynamisch peilbeheer op in.
- Anderzijds kan de aanwezigheid van bredere sloten, meer sloten of meer greppels juist zorgen voor een betere waterinfiltratie vanuit het oppervlaktewatersysteem naar het grondwater, wat gunstig is voor het beperken van aerobe veenoxidatie;

Thema oeverstabiliteit / afkalving

- Ook kunnen vaker wisselende slootpeilen mogelijk zorgen voor een wat grotere slootkanterosie, waardoor er extra verliezen zijn van organische stof en nutriënten vanuit de slootkantbodemp, richting het slootwater;
- Daarnaast kunnen hogere slootpeilen juist slootkanten verzwakken, waardoor er extra baggervorming is, wat negatief is voor de waterkwaliteit;

- Ook kunnen hogere peilen welke de slootkanten verzwakken, tot gevolg hebben dat vee gemakkelijk oevers vertrapt, wat ook oeverafkalving tot gevolg kan hebben;
- Daarnaast kunnen bredere sloten en meer sloten de oeverafkalving mogelijk vergroten als gevolg van meer golfslag en meer oeverlengte in een gebied.

Thema biodiversiteit en diergezondheid

- Betreffende flora en fauna in en rond de sloot zal het waarschijnlijk erg bepalend zijn in welke periode van het jaar en voor hoe lang slootpeilen veranderen; hogere slootpeilen kunnen resulteren in betere foerageercondities voor watervogels en steltvogels. Anderzijds kunnen peilverhogingen de groeiomstandigheden van op de slootbodem gewortelde waterplanten beperken. Lagere slootpeilen kunnen de lichtdoorlaatbaarheid en vestigingsmogelijkheden van (submerse) slootvegetatie vergroten, wat de groei van vegetatie kan bevorderen en daarmee de (tijdelijke) opname van nutriënten. Daarmee kunnen peilveranderingen ook hun weerslag hebben op drijvende waterplanten.
- Bredere sloten, meer sloten, bredere slootkanten, meer greppels en bredere greppelkanten kunnen meer ruimte voor betekenen biodiversiteit in sloten, slootkanten, greppels en grond rondom greppels (vooral met de aanname dat enkele meters rondom sloten en greppels niet bemest wordt, wat in veel gebieden reeds praktijk is). Dit kan gunstig uitpakken voor de geschiktheid van het gebied voor weidevogels.
- Bredere sloten, meer sloten, bredere slootkanten, meer greppels en bredere greppelkanten kunnen daarentegen ook betekenen dat de habitat voor parasieten zoals de leverbotstek en knutten wordt vergroot, waarmee risico's op het gebied van diergezondheid ook groter worden.

Samenvattend: Belangrijke hypothese is dat; de aanvullende maatregelen (i) flexibel en dynamisch peil, (ii) herstellen van historische watersystemen en (iii) de veenweidensloot van de toekomst, de effecten van vernatting kunnen versterken. Hierdoor kunnen de *positieve* neveneffecten van vernattingsmaatregelen (met behoud van melkveehouderij, natte teelten en of natte natuur) worden vergroot en *negatieve* effecten op het gebied van waterkwaliteit mogelijk kunnen worden beperkt.

Onderzoeks*vraag*: belangrijke aspecten van haalbaarheid liggen naar verwachting op het gebied van (i) de waterkwaliteit in de sloot, (ii) effecten op oeverafkalving en (iii) effecten op de biodiversiteit rondom de sloot. Meer praktijkervaring en onderzoek naar deze ondersteunde maatregelen is nodig om hier duidende uitspraken over te doen.

8 Samenvattend overzicht en conclusies

Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is: (neven)effecten in kaart brengen van 25 gegeven klimaatmaatregelen voor veenweidegebieden. Daarbij is specifiek gekeken naar effecten op de subthema's: N-C-P-S kringlopen, bodemleven, waterleven, flora en fauna (met de focus op weidevogels), diergezondheid, wet- en regelgeving en beleid op gebied van milieu. Dit rapport beschrijft voornamelijk lokale (neven)effecten.

Maatregelenmatrix

In onderstaande *Tabel 4* is samengevat aangegeven hoe de klimaatmaatregelen zich verhouden tot de subthema's; dit is van belang om de haalbaarheid van de maatregelen te kunnen wegen. Ook is samenvattend aangegeven welke belangrijke kennis voor het inschatten van de haalbaarheid van de maatregelen ontbreekt. Onder *Tabel 4* is een verdere toelichting opgenomen op de tabel.

Lokaal en regionaal maatwerk

Veenweiden zijn zeer heterogeen. Verschillen in de uitgangssituatie bepalen daarom in belangrijke mate de effecten van klimaatmaatregelen op de kringlopen, zowel op korte als lange termijn. Daarom is het zo goed mogelijk inschatten van effecten / haalbaarheid van klimaatmaatregelen altijd lokaal en regionaal maatwerk.

Daarnaast variëren een aantal belangrijke (neven)effecten in de tijd; maatregelen hebben korte en lange termijn effecten, terwijl ze vaak bedoeld zijn om langere termijn doelen te behalen. Zo is er na grondwaterpeilverhoging sprake van een verhoogd risico op (ongewenste) fosfaatuitspoeling richting het (oppervlakte)water. Omdat er neveneffecten zijn in tijd, kunnen deze effecten met aanvullende maatregelen weer (deels) worden gecompenseerd.

Samenhang tussen (neven)effecten en haalbaarheid van klimaatmaatregelen

Er is een belangrijke samenhang (doorwerking en interactie) tussen de verschillende subthema's (en breder) welke in dit rapport zijn uitgewerkt. Daarnaast is er variatie in de tijd. In hoofdstuk 3 en 5 is de samenhang tussen de verschillende onderzochte subthema's op korte(re) en lange(re) termijn weergegeven.

Enkele belangrijke voorbeelden zijn;

- *Een grondwaterpeilverhoging leidt -op korte termijn- tot een verhoogd risico op P-mobilisatie, in P-rijke veenweidenbodems. Dit is ongunstig voor de waterkwaliteit en het waterleven;*
- *Op lange(re) termijn leidt vernatting juist tot minder nutriëntenbelasting richting water, als gevolg van verminderde veenoxidatie.*

De waterkwaliteit in veenweiden is juist al vaak niet voldoende. Rond vernatting ligt dus een spanningsveld op korte(re) termijn.

- *Een vernatte bodem kan meer diergezondheidsrisico's met zich mee brengen in de vorm van habitatvorming voor rundveeparasieten. Tegelijkertijd zijn veel vernattingsmaatregelen bedoeld om samen met melkveehouderij te combineren.*
- *Er lijkt soms een spanningsveld te zijn tussen beleidsdoelen /-ambities: een vraag welke bijvoorbeeld rijst, is op welke manier een vorm van duurzaam bodembeheer te combineren is met weidevogels, wanneer duurzaam bodembeheer wordt geïnterpreteerd als minimaal het behoud van de hoeveelheid huidige aanwezige organische stof.*

Tabel 4. Maatregelenmatrix, met daarin aangegeven hoe een maatregel zich verhoudt tot de subthema's. Alleen neveneffecten op subthema's zijn benoemd waarvan de verwachting is dat deze de haalbaarheid van de maatregel in grote mate beïnvloedt. Ook is aangegeven waar belangrijke kennis voor het inschatten van haalbaarheid ontbreekt. Schuingedrukte onderwerpen met een nummer zijn in de tekst onder deze tabel uitgebreider toegelicht.

	Klimaatmaatregel	N-C-P-S-cycli en verliezen	Bodem(leven)	Water(leven)	Flora en Fauna incl. weidevogels	Diergezondheid	Beleidsopgaven en -ambities
Categorie vernatting / waterinfiltratie met behoud van melkveehouderij		Algemeen: De mate van (neven)effecten zal in grote mate afhangen van hoeveel het uitzakken van de grondwaterstand wordt beperkt door maatregelen.					
1	Onderwaterdrainage	Korte termijn: fosfaatuitspoeling (1)					
2	Drukdrainage	Korte termijn: fosfaatuitspoeling (1)					
3	Slootpeilverhoging (als losse maatregel of als versterking van het effect van onderwaterdrainage)	Korte termijn: fosfaatuitspoeling (1)					
4	Hoog zomerpeil	Korte termijn: fosfaatuitspoeling (1)					
5	Greppel-infiltratie	Korte termijn: fosfaatuitspoeling (1) Onderzoeksvragen: Er zijn nog veel vragen rondom de effecten van maatregelen als greppelinfiltratie, bevoei-					
6	Bevloeien	Korte termijn: fosfaatuitspoeling (1) ing en beregening op N-C-P-S verliezen.					
7	Beregenen	Korte termijn: fosfaatuitspoeling (1)					
Bodemverbetering							
8	Klei in veen (vorming klei-humuscomplex)	Onderzoeksvragen: de effectiviteit / haalbaarheid van de maatregel op praktijkschaal richting biodiversiteit en waterkwaliteit is nog niet goed bekend (dit naast doseringsvragen gerelateerd aan specifieke veensoorten, etc.).					
9	Verzuring en/of verzilting	Onderzoeksvragen: de beschikbare kennis en ervaring rondom verzuring en verzilting is beperkt, wat meer onderzoek en praktijkervaring wenselijk maakt om (in)directe effecten in te schatten op zowel de N-C-P-S-cycli, biodiversiteit en diergezondheid, als richting beleidsopgaven en -ambities.					
10	Dieper inbrengen van het profiel bij de organische laag van	Onderzoeksvragen: naar het dieper in de bodem inbrengen van een moerige of veenlaag, is beperkt onderzoek gedaan en binnen Nederland beperkt ervaring mee opgedaan. Daardoor is de haalbaarheid en effectiviteit van de maatregel moeilijk in te schatten. Belangrijke vragen zijn in hoeverre een bodemprofiel succesvol kan worden gekeerd en in hoeverre het veen wat onderin het profiel terecht komt behouden blijft.					

	Klimaatmaatregel	N-C-P-S-cycli en verliezen	Bodem(leven)	Water(leven)	Flora en Fauna incl. weidevogels	Diergezondheid	Beleidsopgaven en -ambities
	moerige gronden en ondiepe veengronden						
	Alternatieven voor melkveehouderij	Gebruiksdoelen van diverse soorten natte teelten verschillen, en daarmee ook de effecten op zowel kringlopen, biodiversiteit en diergezondheid als richting wetten, regels en beleid. Onderzoeksvraag: Hoe productieoptimalisatie van natte teelten in balans te brengen met de optimalisatie van andere belangrijke ecosystemediensten van veengronden? Kennis en ervaring rondom natte teelten in het algemeen is daarom vaak een belemmerende factor voor het starten en opschalen van natte teelten, en daarmee indirect ook voor de inschatting van (neven)effecten van de natte teelten als klimaatmaatregel.					
11a	Natte natuur, zoals veenvormende vegetaties met veenmos en moerasbossen			Waterkwaliteit (5)			Weidevogels (10)
11b	Natte natuur, (semi-)natuur zoals dotterbloemhooilanden, kamgrasweiden en blauwgraslanden		Bodemtoestand (3)	Waterkwaliteit (5)			Duurzaam bodembeheer (8) en in mindere mate waterkwaliteit (9)
12	Natte teelten (drijvend): Azolla	Intensievere teeltomstandigheden geven grotere verliezen (2)	Instabiliteit vernatte bodem (4)		Azolla 'mat' (6)		
13	Natte teelten (in water): lisdodde (groot en klein), riet	Intensievere teeltomstandigheden geven grotere verliezen (2)	Instabiliteit vernatte bodem (4)		Onderzoeksvraag: zijn de nutriëntenarme en zure bodemomstandigheden, op lange termijn gunstig zijn voor de geschiktheid als habitat voor (weide)vo-gels?		Weidevogels (10), waterkwaliteit (9) en duurzaam bodembeheer (8)
14	Natte teelten (gws -10 tot -20cm t.o.v. maai-veld): cranberry, gagel			Waterkwaliteit (5)			
15	Natte teelten (peil op maai-veld vereist, regenwater): veenmos		Bodemtoestand (3)	Waterkwaliteit (5)		Habitatvorming voor rundveeparasieten (7)	Weidevogels (10)

N-C-P-S cycli en verliezen

1. *Fosfaatuitspoeling*: Vernatting kan tijdelijk leiden tot een hogere fosfaatbelasting van oppervlaktewater en eutrofiëring naar diepere bodemlagen, met name als vernatting betekent dat grondwaterpeilen hoger worden dan in de uitgangssituatie. Dat betekent dat vernattingsmaatregelen alleen haalbaar zijn als deze fosfaatbelasting acceptabel is, of dat het fosfaat op andere wijze wordt afgevangen (verschralen, uitmijnen) of verwijderd (afplaggen).
2. *Intensievere teeltomstandigheden geven grotere verliezen*: Toepassing van bemesting voor hogere biomassa-productie, zal leiden tot grotere mineralenverliezen dan een natte teelt waarin niet bemest wordt.

Bodem(leven)

3. *Bodemtoestand*: De realisatie van veenmosteelt op voedselrijke en alkalische bodems is niet mogelijk en de vereiste natte omstandigheden. Het realiseren van blauwgraslanden is vaak binnen meerdere decennia nagenoeg niet mogelijk vanwege de aanwezige voedselrijkdom in bodems.
4. *Instabiliteit vernatte bodem*: Vernattingsmaatregelen kunnen er toe leiden dat veraard veen instabieler wordt, wat kan resulteren in het in grotere mate vrijkomen van bodemdeeltjes in het water. Zelfs kan zo baggervorming optreden, naast een beperktere draagkracht. Het vrijkomen van bodemdeeltjes is negatief voor de waterkwaliteit en aquatische biodiversiteit. Risico's lijken het grootst bij niet zodevormende gewassen.

Water(leven)

5. *Waterkwaliteit*: Natuur en natte teelten zoals cranberry en veenmos vragen om een relatief hoge waterkwaliteit (van aangevoerd water). De haalbaarheid van de maatregelen is in grote mate afhankelijk van de beschikbaarheid van voldoende en goede kwaliteit water. Herstellen van levend hoogveen lijkt vaak geen haalbare optie, vanwege het feit dat er een grote aaneengesloten oppervlakte nodig is én vanwege de relatief hoge ligging van veengronden buiten bereik van het oppervlaktewater.

Flora en fauna incl. weidevogels

6. *Azolla 'mat'*: Onder een dichte azolla-'mat' groeit nagenoeg niets en Azolla is als exoot niet overal 'gewenst'.

Diergezondheid

7. *Habitatvorming voor rundveeparasieten*: Risico's op leverbotinfectie worden gerelateerd aan een slechte ontwatering en verhoging van het (grond)waterpeil, met behoud van melkveehouderij. Vernatting in combinatie met melkveehouderij of in de omgeving van melkveehouderij, resulteert in een combinatie van factoren die mogelijk een rol spelen in de ontwikkeling van geschikte habitats voor rundveeparasieten en ziekteverwekkers. De beschikbare ervarings- en wetenschappelijke kennis is

(te) beperkt om duidende uitspraken te doen over de mate van toename van diergezondheidsrisico's bij vernatting. Zo zijn er ook aanwijzingen dat juist onderwaterdrainage kan helpen de vorming van geschikte microklimaten voor parasieten te voorkomen.

Beleidsopgaven en -ambities

8. *Duurzaam bodembeheer*: De overheid heeft als ambitie gesteld vanaf 2030 alle bodems duurzaam te beheren. Vraag: kan het behouden of laten toenemen van organische stof een doorvertaling van deze ambitie zijn, voor veenbodems? Hiervoor is het nodig om zowel oxidatoren (m.n. zuurstof via luchtintreding) van veenafbraak zoveel mogelijk weg te nemen, als de activiteit van aeroob bodemleven -wat het veen afbreekt- te beperken.
9. *Waterkwaliteit*: De Kaderrichtlijn Water stelt eisen aan waterkwaliteit, welke in veenweidegebieden vaak onder druk staat. Op korte termijn kunnen vernattingsmaatregelen de waterkwaliteit verslechteren, met name door een toename van fosfaatuitspoeling totdat een nieuw evenwicht in de bodem is ontstaan. Ook kan waterkwaliteit bij vernattingsmaatregelen onder druk staan als gevolg van een vergrote watervraag, waarbij gebiedsvreemd water moet worden ingelaten. Dit kan een negatief effect hebben op verschillende biodiversiteitsaspecten in en rondom waterlichamen.
10. *Weidevogels*: Nederland heeft in het kader van Europese wetgeving onder andere een plicht de weidevogelpopulatie in stand te houden. Veenoxidatie, o.a. leidend tot permanent organische stofverlies en bodemdaling, is een proces van het bodemleven. Het beperken of stoppen van de activiteit van het bodemleven, kan daarmee ook de veenoxidatie beperken of stoppen. Het aerobe bodemleven van veenweiden is echter belangrijk voor weidevogels; zij hebben belang bij een voldoende rijk, actief en divers bodemvoedselweb.

Aanvullende maatregelen: extensivering van de landbouw (#17), gedeeltelijke drooglegging (#18), geschiktere veerassen (#19), aangepaste bemesting (#20), kruidenrijk grasland (#21), toepassen van een flexibel (#22) of een dynamisch peil (#23), het herstellen van historische watersystemen (#24) en de veenweidensloot van de toekomst (#25).

Er zijn verschillende aanwijzingen dat deze aanvullende maatregelen vernattende klimaatmaatregelen kunnen ondersteunen. Er is op dit moment te beperkte praktijkervaring opgedaan en onderzoek gedaan om aan te geven of er binnen de onderzochte subthema's aspecten zijn die negatief zijn voor haalbaarheid van deze ondersteunende maatregelen, anders dan de reeds genoemde aspecten in de maatregelenmatrix.

Literatuur

- Agrimatie, 2020. Stikstof- en fosfaatbemesting per hectare. Melkveehouderij, veenregio. <https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2282&indicatorID=2772>. Bezocht op 15 juli 2020
- Alcántara, V., A. Don, R. Well, R. Nieder. 2016. Deep ploughing increases agricultural soil organic matter stocks. *Global Change Biology* 22, 2939-2956.
- Bobbink, R., Hart, M., Van Kempen, M., Smolders, F., Roelofs, J. 2007. Grondwaterkwaliteitsaspecten bij vernatting van verdroogde natte natuurplek in Noord-Brabant. B-ware Research centre, 2007.15, Radboud Universiteit Nijmegen
- Best, E. P. H., F. H. H. Jacobs. 1997. The influence of raised water table levels on carbon dioxide and methane production in ditch-dissected peat grasslands in the Netherlands. *Ecological Engineering* 8, 129-144.
- Bestman, M., Geurts, J., Egas, Y., Van Houwelingen, K., Lenssinck, F., Koorneef, A., Pijlman, J., Vroom, R., Van Eekeren, N. 2019. Natte teelten voor het veenweidengebied. Verkenning van de mogelijkheden van lisdodde, riet, miscanthus en wilg. Louis Bolk Instituut, Radboud Universiteit en Veenweiden Innovatiecentrum
- Brouns, K en J. T. A. Verhoeven. 2013. Afbraak van veen in veenweidegebieden: effecten van zomerdroogte, verbraking en landgebruik. Universiteit Utrecht.
- Brouns, K, J. T. A. Verhoeven, M. H. Hefting. 2014. The effects of salinization on aerobic and anaerobic decomposition and mineralization in peat meadows: The roles of peat type and land use. *Journal of Environmental Management* 143, 44-53.
- Buijs, J., Slotweg, H., 2017. Cranberry's in het Veen, een groeiend perspectief. Eindrapportage veldproef 'Introductie cranberryteelt in veenweiden', 2015-2017. Veenweiden Innovatiecentrum, Zegveld
- CRA, 2020. Op weg naar een New Deal tussen boer en maatschappij, Krimpenerwaard. College van Rijksadviseurs, Den Haag.
- Crocker, L.J., Schwintzer, C.R., 1993. Factors affecting formation of cluster roots in *Myrica gale* seedlings in water culture. *Plant and Soil*, Vol. 152, pp 287- 298
- Davis, C. B. en A. G. van der Valk. 1983. Uptake and release of nutrients by living and decomposing *typha glauca* godr. tissues at Eagle Lake, Iowa. *Aquatic Botany* 16, 75-89.
- De Wit, J., Eekeren van N., Honkoop W., Pijlman J. 2020. De waarde van vaste mest: Quick-scan mest en natuur in de Krimpenerwaard. Louis Bolk Instituut, Bunnik
- Deltafact natte teelten. 2018. Geactualiseerde versie januari 2018. STOWA.
- Deru, J. G. C., J. Bloem, R. de Goede, H. Keidel, H. Kloen, M. Rutgers, J. van den Akker, L. Brussaard, N. van Eekeren. 2018. Soil ecology and ecosystem services of dairy and semi-natural grasslands on peat. *Applied Soil Ecology* 125, 26-34.
- Deru J., Lenssinck F., Hoving I., Akker van den J., Bloem J., Eekeren van N., 2014. Effect onderwaterdrainage op bodemkwaliteit veenweiden. *V-focus Juni*, 2014, 27-29.
- Factsheet natte teelten 2018. Deelexpeditie natte teelten. Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling
- Fritz, C., Lamers, L., van Dijk, G., Smolders, F. 2014. Paludicultuur – kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden. *Vakblad Natuur, bos, landschap*, mei 2014.
- Gaudig, G., Krebs, M., Prager, A., Wichmann, S., Barney, M., Caporn, S.J.M., Emmel, M., Fritz, C., Graf, M., Grobe, A., ...Joosten, H. 2017. Sphagnum farming from species selection tot he production of growing media: a review. *Mires and Peat*, 20, [13]. DOI: 10.19189/MaP.2018.OMB.340
- Geurts, J., C. Fritz. 2020. Box bij de notitie "Leidt intensieve lisdoddeteelt tot methaanemissies?". Radboud Universiteit.

- Geurts, J., C. Fritz, L. Lamers, A. Grootjans, Hans Joosten. 2017. Paludicultuur houdt de polder schoon - zuiveren van oppervlaktewater en uitmijnen van fosfaatrijke bodems met riet- en lisdoddeleef. H2O-Online.
- Geurts, J. J. M., van Duinen, G. J. A., van Belle, J., Wichmann, S., Wichtmann, W., & Fritz, C. 2019. Recognize the high potential of paludiculture on rewetted peat soils to mitigate climate change. *Landbauforschung*, 69.
- Gorham, E., J. A. Janssens, G. A. Wheeler, P. H. Glaser. 1987. The natural and anthropogenic acidification of peatlands. In: *Effects of Atmospheric Pollutants on Forests, Wetlands and Agricultural Ecosystems*, Berlin, 439-512.
- Günther, A. G. Jurasinski, K. Albrecht, G. Gaudig. 2017. Greenhouse gas balance of an establishing Sphagnum culture on a former bog grassland in Germany. *Mires and Peat* 20, 1-16.
- Harpenslager, S.F., Van den Elzen, E., Kox, M.A.R., Smolders, A.J.P., Ettwig, K.F., Lamers, L.P.M., 2015. Rewetting former agricultural peatlands: Topsoil removal as a prerequisite to avoid strong nutrient and greenhouse gas emissions. *Ecological Engineering*, 84, pp 159-168
- Hemes, K. S., S. D. Chamberlain, E. Eichelmann, T. Anthony, A. Valach, K. Kasak, D. Szutu, J. Verfaille, W. L. Silver, D. D. Baldocchi. 2019. Assessing the carbon and climate benefit of restoring degraded agricultural peat soils to managed wetlands. *Agricultural and Forest Meteorology* 268, 202–214.
- Hendriks, D. M. D., G. de Lange, G. Erkens. 2012. Broeikasgasuitstoot en peilbeheer in het veenweidegebied. Verkenning van effecten van flexibel peilbeheer op broeikasgasuitwisseling in pilotgebieden van het Flexpeil Project. Deltares rapport 1202707-006.
- Hoogland, F., A. Roelandse, B. de La Loma Gonzalez, A. de Vos. 2019. Bacteriën bepalen de snelheid van veenafbraak. H2O-Online.
- Hoving I.E., Massop H., van Houwelingen K., Akker van den J.J.H., Kollen J., 2015. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains in polder Zeevang; Vervolgonderzoek gericht op de toepassing van een zomer- en winterpeil. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Report 875.
- Hoving, I., J.J.H. van den Akker, H.T.L. Massop, G.J. Holshof en K. van Houwelingen. 2018. Precisie-watermanagement op veenweidegrond met pompgestuurde onderwaterdrains. Wageningen Livestock Research, Rapport 1123.
- Hoving, I. P. Vereijken, K. van Houwelingen en M. Pleijter. 2013. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains bij dynamisch slootpeilbeheer op veengrond. Wageningen Livestock Research rapport 719.
- Jansma, A. en J. de Wit. 2016. Voedsel voor weidevogels – Slootranden net zo interessant als kruidrijk grasland? V-focus oktober 2016.
- Jonge Poerink, B. 2008. Zuurgraadregulering van de bodem bij weidevogelreservaten op veengrond. Altenburg en Wymenga rapport 20080502.
- Kandel, T. P., S. Karki, L. Elsgaard, P. E. Laerke. 2019. Fertilizer-induced fluxes dominate annual N2O emissions from a nitrogen-rich temperate fen rewetted for paludiculture. *Nutr Cyclic Agroecosyst* 115, 57-67.
- Lamers, L, Geurts, J, Schie van, M, van Dijk, G, Barendregt, A, Mettrop, I, Moria, L, Fritz, C, Roelofs, J, Smolders, A, Rip, W. 2018. Waterkwaliteit en biodiversiteit in het laagveenlandschap. *Landschap*, 35 (2): 94-103
- Mandic-Mulec, I., L. Ausec, T. Danevic, S. Levicnik-Höfferle, V. Jerman, B. Kraigher. 2014. Microbial community structure and function in peat soil. *Food Technol. Biotechnol.* 52, 180–187.
- Martens, S. 2016. Biodiversiteit van aquatische macrofauna in verschillende Grote Lisdodde (*Typha latifolia*) standplaatsen in landbouw- en natuurgebied in een laagveensysteem. Afstudeeronderzoek Hogeschool Van Hall Larenstein.
- Mettrop, I. S., C. Cusell, A. M. Kooijman en L. P. M. Lamers. 2014. Nutrient and carbon dynamics in peat from rich fens and Sphagnum-fens during different gradations of drought. *Soil Biology and Biochemistry* 68, 317-328.
- Neijenhuis F., Verkaik J., Verwer C., Smolders G., Wagenaar J.P. 2014. BO-20-014-009 Integrale diergezondheid: beheersing van leverbot. Lelystad, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research report, pp 32.

- Olsen A., Frankena K., Bødker R., Toff N., Thamsborg S.M., Enemark H.L., Halasa T. 2015. Prevalence, risk factors and spatial analysis of liver fluke infections in Danish cattle herds. *Parasites & Vectors*, 8, 160, pp 10, DOI 10.1186/s13071-015-0773-x
- Oosterveld E.B., Bruinzeel L.W., Wymenga E. 2014. Ecologie van weidevogels: Kennisbundeling voor bescherming en beheer. A&W-rapport 1831 Altenburg & Wymena ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Oosterveld, E. B., M. Kuiper, M. Sikkema, J. van der Kamp, E. Klop. 2014. Effecten van tijdelijke slootpeilverhoging op weidevogels. A&W-rapport 1971.
- Philipsen en van den Pol – van Dasselaar, 2018 (samenstellers van de presentatie) anders: Hegen et al., 2018 : Hegen G., Hooijer G., Philipsen B. 2018. Diaserie *Weidegang en Diergezondheid*. Stichting Weidegang en Kenniscooperatie Veerkracht.
- Pijlman, J., M. Boeschoten, P. Brouwer, W. Joop en K. Bes. 2019a. Zoektocht naar Azolla als lokaal eiwitgewas. V-focus februari 2019, 34-35.
- Pijlman, J., J. Geurts, R. Vroom, M.W.P. Bestman, C. Fritz, N.J.M. van Eekeren. 2019b. The effects of harvest date and frequency on the yield, nutritional value and mineral content of the paludiculture crop cattail (*Typha latifolia* L.) in the first year after planting. *Mires and Peat*. 25, 1-19.
- Pijlman MSc, J., S.J. Berger, F. Lexmond, J. Bloem, J.W. van Groeningen, E. Visser, J.W. Erisman, N.J.M. van Eekeren. 2019c. Can the presence of plantain (*Plantago lanceolata* L.) improve nitrogen cycling of dairy grassland systems on peat soils? *New Zealand Journal of Agricultural Research* 63, 106-122.
- Pijlman, J., N. van Eekeren, M. Bestman, met bijdragen van J. Geurts en C. Fritz. 2020. Leidt intensieve lisdodde teelt tot methaanemissies? Notitie met bijbehorende box. Louis Bolk Instituut en Radboud Universiteit.
- Preston, M. D., K. A. Smemo, J. W. McLaughlin, N. Basiliko. 2012. Peatland Microbial Communities and Decomposition Processes in the James Bay Lowlands, Canada. *Front Microbiol*. 3-70.
- Kechavarzi, C., Q. Dawson, P.B. Leeds-Harrison. 2010. Physical properties of low-lying agricultural peat soils in England. *Geoderma* 154, 196-202.
- Rashid MI, De Goede RGM, Corral Nunez GA, Brussaard L, Lantinga EA (2014) Soil pH and earthworms affect herbage nitrogen recovery from solid cattle manure in production grassland. *Soil Bio Biochem* 68:1-8.
- Rietra, R. P. J. J., C. L. van Beek en J. Harmsen. 2009. Uitspoeling van stikstof en fosfaat en emissies van CO₂ en N₂O na toediening van slootbagger op veengrond. Alterra rapport 1984.
- Rozemeijer, J., H. Boomsma, A. Veldhuizen, J. Pouwels, J. van den Akker, T. Kroon. 2019. Effecten van onderwaterdrainage op de regionale watervraag. Berekeningen met het Landelijk Hydrologisch Model. Deltaris en Wageningen Environmental Research.
- Sanchez, P.A. 2019. Properties and management of soils in the tropics. Cambridge University Press, University of Florida. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316809785.015>.
- Schep, S., B. van der Wal, T. van der Wijngaart. 2015. Ecologische sleutelfactoren voor het herstel van onderwatervegetatie. Toepassing van de ecologische sleutelfactoren 1,2 en 3 in de praktijk. STOWA 2015-17.
- Schipper, P. N. M, R.F.A. Hendriks, H.T.L. Massop en E.M.P.M. van Boekel. 2016. Belasting van waterlichamen in de Krimpenerwaard met stikstof en fosfor. Wageningen Environmental Research rapport 2738.
- Schwalm, M. en J. Zeitz. 2015. Concentrations of dissolved organic carbon in peat soils as influenced by land use and site characteristics — A lysimeter study. *CATENA* 127, 72-79.
- Shotyk, W. 1988. Review of the inorganic geochemistry of peats and peatland waters. *Earth-Sci. Rev.* 25, 95-176.
- Smolders, A., J. van Diggelen, J. Geurts, M. Poelen, J. Roelofs, E. Lucassen, L. Lamers. 2013a. Waterkwaliteit in het veenweidegebied. De complexe interacties tussen oever, waterbodembodem en oppervlaktewater. *Landschap* 3-2013.
- Smolders, A. J. van Diggelen, J. Loermans, G. van Dijk, M. van Mullekom, L. Lamers 2013b. Het veenweidegebied: pompen en verzuipen? *De Levende Natuur*, 7-2013.

- Skene, K.R., Sprent, J.I., Raven, J.A., Herman, J. 2000. *Myrica gale* L. *Journal of Ecology*, Vol. 88, No. 6, pp 1079-1094
- Sweers, W., Horn, S., Grenzdörffer, G., Müller, J., 2013. Regulation of reed (*Phragmites australis*) by water buffalo grazing: use in coastal conservation. *Mires and Peat*, Vol. 13., No. 3, pp 1-10
- Teunissen W.A., Wymenga E. (Eds). 2011. Factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van weidevogelpopulaties. Belangrijke factoren tijdens de trek, de invloed van waterpeil op voedselbeschikbaarheid en graslandstructuur op kuikenoverleving. SOVON onderzoeksrapport 2011/10. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. A&W-rapport 1532. Bureau Altenburg & Wymenga, Veenwouden. Alterra rapport 2187, Alterra, Wageningen.
- Tiemeyer, B. et al. 2020. A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators* 109, 105838.
- Tolkamp W., Holshof G., Zevenbergen M., Klok C., Hoving I., Guldmond A. 2006. Plas-dras, weidevogels, wormen en bedrijfsvoering: bodemkwaliteit, weidevogels en bedrijfsvoering in relatie tot plas-dras van graslandpercelen. CLM Onderzoek en Advies, Praktijkonderzoek ASG WUR, Alterra WUR, Groot-Ammer.
- Van Agtmaal, J. Deru, J. Pijlman, R. van Uffelen en F. Lenssinck. 2020. Kleibagger als bodemverbeteraar. Veenverrijking met klei voor vermindering bodemdaling en CO₂ emissie in de veenweiden. *Bodem*, april 2020.
- Van Agtmaal, M., G. Iepema, J. Deru en N. van Eekeren. 2018. Effect van kunstmestgift op afbraak van organische stof in veenweidebodems. Louis Bolk Instituut rapport 2018-016 LbD.
- Van den Akker, J, R. Hendriks, I. Hoving en M. Pleijter. 2012. Toepassing van onderwaterdrains in veenweidegebieden effectiviteit om maaiveld daling en broeikasgasemissies te beperken en effecten op waterkwantiteit en waterkwaliteit. *Landschap* 27-3.
- Van de Riet, B.P., A. Barendregt, K. Brouns, M.M. Heffing, J.T.A. Verhoeven, 2010. Nutrient limitation in species-rich *Calthion* grasslands in relation to opportunities for restoration in a peat meadow landscape. *Applied Vegetation Science* 13, 315-325.
- Van de Riet, B., E. van den Elzen, N. Hogeweg, F. Smolders, L. Lamers. 2018. Omhoog met het Veen. Herstel van een veenvormende veenmosvegetatie op voormalige landbouwgrond in veenweidegebieden. B-Ware, Nijmegen.
- Van der Vliet, R.E., Schuller, E., Wasseem, M.J. 2008. Avian predators in a meadow landscape: consequences of their occurrence for breeding open-area birds. *Journal of Avian Biology* 39: 523-529.
- Van Duinen G.J., Fritz, C., de Hullu E., 2018. Perspectieven voor natte landbouw in het Internationale Natuurpark Veenland. Pilot Paludicultuur, Stichting Bargerveen, Radboud Universiteit Nijmegen
- Van Eekeren N., Visser T. 2019. Memo: Invulling Kruidenrijk Grasland: definitie, randvoorwaarden en borging. Louis Bolk Instituut, Bunnik
- Van 't Veer, R. 2009. Natuurwaarden in de Enge Wormer. Kansen voor behoud en ontwikkeling. Ecologisch adviesbureau van 't Veer en de Boer, Jisp.
- Velstra, J., J. van der Gaast, E. Kruisdijk, M. Verbruggen, I. Hoving, F. Smolders, E. Lucassen en K. van Houwelingen. 2016. Sturen op Nutriënten, Acacia water.
- Verdonschot P.F.M., Besse-Lototskay A. 2012. Leidraad Risicomanagement Overlast Steekmuggen en Knutten. Toelichting op de Leidraad. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2298. Pp 60.
- Verhoeven, J., Barendregt, A., van de Riet, B. 2010. Kansen voor natuur veenweidegebied. *Landschap-Tijdschrift voor Landschapsecologie en Milieukunde* 27, 157.
- Visser T., Melman D., Buijs R., Schotman A. 2017. Greppel plas-dras voor weidevogels, Betekenis als habitatonderdeel voor weidevogelkukens. Wageningen, Wageningen Environmental Research Rapport 2845, pp. 68
- Vogelzang T., Blokland P.W., 2011. Business case: Blaarkoppen in te vernatten gebieden. LEI, Wageningen UR (University & Research centre), Den Haag.
- Vroom, R. J. E., F. Xie, J. J. M. Geurts, A. Chojnowska, A. J. P. Smolders, L. P. M. Lamers en C. Fritz. 2018. *Typha latifolia* paludiculture effectively improves water quality and reduces greenhouse gas emissions in rewetted peatlands. *Ecological Engineering* 124, 88-98.

- Wagenaar J., Wit de J., Hospers-Brands M., Cuijpers W., Eekeren van N., 2017. Van gepepers naar gekruid grasland: Functionaliteit van kruiden in grasland. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Witte, J.P.M. 2008. Grondwater als bron voor biodiversiteit. Inaugurele rede, VU Amsterdam.
- Zoch, A., L. Grobe. 2019. Auswirkungen großflächiger Torfmooskultivierung nach Schwarztorf-Abbau auf Biodiversität und Treibhausgasfreisetzung. Institut für Umweltplanung, Hannover, Deutschland.

Bijlage 1: Vijfentwintig mogelijke klimaatmaatregelen voor de veenweiden (Bron: NOBV)

vernatting/waterinfiltratie	<i>Door vernatting van veen wordt de indringing van zuurstof en daarmee de veenaafbraak door aërobe bacteriën beperkt. Deze maatregelen kunnen worden toegepast bij grasland voor melkveehouderij als grondgebruik. Vernatting zorgt voor een toename van de water-vraag.</i>
1 Onderwaterdrainage	Door de slechte doorlatendheid van veen is de grondwaterstand over het algemeen niet gelijk aan het slootpeil, maar lager in de zomer (door minder neerslag en evapotranspiratie) en hoger in de winter (door neerslagoverschot en lagere evapotranspiratie). Drainagebuizen om de 4 á 6 meter op ca -20cm beneden het slootpeil zorgen ervoor dat de uitwisseling van water tussen perceel en bodem verbeterd. Hierdoor zakt de grondwaterstand 's zomers minder minder uit en neemt de oxidatie van veen af. 's Winters draineren de buizen en blijft de draagkracht van de bodem hoger.
2 Drukdrainage	Drukdrainage is een variant op onderwaterdrainage, waarbij de drains van een perceel worden aangesloten op een put waar water in- en uitgepompt kan worden. Net als bij een watertoren zorgt dit voor wat extra druk voor infiltratie of onderdruk voor ontwatering. Hierdoor kan de grondwaterstand actief gestuurd worden, onafhankelijk van het slootpeil. Anders dan bij gewone onderwaterdrainage zakt de grondwaterstand ook tussen de drains niet meer uit.
3 Slootpeilverhoging (als losse maatregel of als versterking van het effect van onderwaterdrainage)	Verhoging van het slootpeil zorgt ervoor dat ook de grondwaterstand verhoogd wordt, al wordt de mate van uitzakken in de zomer niet beperkt. Een hoger slootpeil verhoogt ook de hoeveelheid water die het perceel in stroomt door onderwaterdrains en kan zo de werking daarvan verbeteren.
4 Hoog zomerpeil	Verhoging van het zomerpeil zorgt ervoor dat het grondwater in de percelen in de zomer hoger staat. De verwachting is dat in de zomer de hoogste emissies plaats vinden. Hoger zomerpeil kan gecombineerd worden met greppel-infiltratie.
5 Greppel-infiltratie	Greppels worden aangelegd tussen sloten, vaak in het midden van het perceel, waar de invloed van de sloten op de grondwaterstand het kleinst is. Greppels worden vanouds gebruikt voor afwatering, maar door de greppelbuizen af te sluiten blijft er water in te pompen of regenwater in vast te houden vindt vanuit de greppel infiltratie plaats en wordt de grondwaterstand rond de greppel verhoogd. Bij voldoende hoog slootpeil kan het water ook vanuit de sloot de greppel inlopen.
6 Bevloeien	De gebruiker laat met behulp van een pomp water uit de sloot over het perceel stromen, waar het van boven in de bodem infiltreert. Hierdoor stijgen het bodemvochtgehalte en de grondwaterstand. Maatregel wordt vooral voor andere doelen gebruikt (bijv. bestrijden muizen) maar heeft dan ook effect op de grondwaterstand.

7	Beregenen	Water wordt van bovenaf op het perceel gebracht met een beregeningsinstallatie. Hierdoor worden bodemvochtgehalte en grondwaterpeil aangevuld. Wordt in het veenweidengebied niet of nauwelijks toegepast en dan vooral om droogteschade te voorkomen.
	bodemverbetering	<i>Maatregelen die broeikasgasemissies verder beperken anders dan via vernatting, maar daar wel mee te combineren zijn.</i>
8	Klei in veen (vorming klei-humuscomplex)	Door het inbrengen van kleideeltjes in de bodem kan een klei-humuscomplex worden gevormd. Deze klei-humuscomplexen worden minder snel afgebroken dan puur veen. Ze komen ook van nature voor in delen van het veenweidengebied. De maatregel is nog in ontwikkeling, maar wordt al onderzocht. Het gaat om relatief kleine hoeveelheden klei, die over meerdere jaren verspreid ingespoeld of geïnjecteerd worden in de bodem.
9	Verzuring en/of verzilting van veen met als doel bacteriële veenafbraak te remmen	Wordt als maatregel nog niet in de praktijk gebracht, maar uit de literatuur blijkt dat verzilte bodems minder snel afbreken.
10	Dieper inbrengen van het profiel bij de organische laag van moerige gronden en ondiepe veengronden	Door omzetten van het bodemprofiel komt een minder bodemdalinggevoelige laag boven te liggen, waardoor de veenafbraak zou verminderen. Vooral in Friesland interesse in.
	alternatieven voor melkveehouderij	<i>Bij extreme vernatting om veenafbraak te remmen wordt melkveehouderij als grondgebruik onmogelijk. Natuurontwikkeling en natte teelten zijn dan een alternatief. De kans op anaërobie afbraak van veen en methaanvorming wordt groter naarmate vernatting sterker is. Bij natte teelten moeten vaak nog toepassingen en ketens voor de afzet worden ontwikkeld. Bij extremere vernatting is ook de wafervraag groter.</i>
11	Natte natuur	Moerasnatuur heeft hogere (grond)waterstanden en kent daarom minder indringing van zuurstof en daarom minder bodemdaling. Emissie van moerasgas (methaan) blijft wel mogelijk.
12	Natte teelten (drijvend): Azolla	Azolla (kroosvaren) is een drijvende waterplant die stikstof bindt uit de luchten eiwitrijk is.
13	Natte teelten (in water): lisdodde (groot en klein), riet	Lisdodde en riet zijn gewassen die goed groeien bij grondwaterstanden rond maaiveld. Ze kunnen enige peilfluctuatie hebben. Voor een hoge productie vraagt lisdodde veel nutriënten.
14	Natte teelten (gws -10 tot -20cm t.o.v. maaiveld): cranberry, gagel,	Meerdere natte teelten, zoals cranberry en gagel, groeien goed bij grondwaterstanden tussen 10 en 20 cm beneden maaiveld. Bij deze grondwaterstand wordt weinig tot geen oxidatie van veen verwacht, maar zal naar verwachting ook de methaanuitstoot beperkt zijn.
15	Natte teelten (peil op maaiveld vereist, regenwater): veenmos	Veenmos kan aangroeien wanneer het grondwater aan maaiveld staat. De plant kan zich ontwikkelen wanneer nutriëntengehaltes erg laag zijn. Hiervoor is aanvoer van regenwater nodig. Veenmos is onder andere geschikt als substraat.

16	Natte teelten ter uitmijning van nutriënten als voorfase van natuurontwikkeling.	Sommige gewassen nemen veel nutriënten op en houden deze vast. Dit geldt bijvoorbeeld voor lisdodde, die groeit bij hoge waterstanden. Als deze gewassen vervolgens worden geoogst, neemt het nutriëntengehalte in de bodem af, wat voor sommige natuurdoeltypen gewenst is. Er is dan een aantal jaren nog enige (teruglopende) productie.
	aanvullende maatregelen melkveehouderij/aanpassing aan vernatting	<i>Maatregelen die broeikasgasemissies verder beperken of hogere grondwaterstanden binnen een rendabele bedrijfsvoering mogelijk maken</i>
17	Extensivering van de landbouw, eventueel natuurinclusief	Bij vernatting neemt de draagkracht van de bodem in het algemeen af. Een minder grote belasting van de bodem door een lagere veedichtheid per hectare maakt dit minder problematisch. Daarnaast kan de hogere waterstand samen met de extensivering zorgen voor meer biodiversiteit.
18	Gedeeltelijke drooglegging	Een deel van het perceel behoudt een zekere drooglegging en blijft in gebruik voor weidegang. Een ander deel wordt verder vernat en biedt mogelijkheden voor alternatief gebruik of als land waar niet wordt beweid, maar wel in een drogere periode gras geoogst kan worden. Zo wordt de veenaafbraak nog verder beperkt.
19	Geschiktere veerassen	Lichtere veerassen hebben een minder draagkrachtige bodem nodig dan traditionele rassen. Daardoor zou een nog hogere grondwaterstand mogelijk zijn.
20	Aangepaste bemesting	De bemesting kan zo worden aangepast dat de biochemische processen in de bodem veranderen. Vooral het broeikasgas lachgas blijkt sterk afhankelijk van de hoeveelheid stikstofverbindingen in de bodem. De relatie tussen hoeveelheid, soort en moment van bemesting en de veenaafbraak wordt onderzocht.
21	kruidenrijk grasland	Een kruidenrijk grasland realiseren door beheer, inzaaien en/of vernatting. Dit draagt bij aan een grotere biodiversiteit. De verwachting is dat een meer gevarieerd grasland een grotere draagkracht heeft, waardoor hogere grondwaterstanden mogelijk zijn. Bij een proef met inzaaien van smalle weegbree is aangetoond dat de emissie van lachgas vermindert.
	Aanpassingen aan het watersysteem	<i>Maatregelen die de werking van andere maatregelen versterken, de nadelen daarvan (toenemende watervraag, minder bergingscapaciteit in de bodem) en/of extremen in neerslag en droogte beter helpen opvangen.</i>
22	flexibel peil	In plaats van vaste zomer- en winterpeilen wordt bij flexibel peilbeheer een bereik van waterpeilen toegestaan, waarbinnen variatie mogelijk is. Hierdoor kunnen (extremen in) neerslag en droogte makkelijker binnen een peilvak opgevangen worden. Een lager slootpeil in droge periodes kan de bodemdaling versterken. Bij drukdrainage wordt de grondwaterstand onafhankelijk van het slootpeil geregeld en is dat risico er niet. Ook is met drukdrainage bij hevige neerslag een veel hoger slootpeil mogelijk met behoud van voldoende drooglegging in het land, zodat de bergingscapaciteit toeneemt. Hiermee kan de toenemende watervraag bij waterinfiltratie worden tegengegaan.

23	dynamisch peil	Bij dynamisch peil wordt actief gestuurd op het slootpeil. De werking van onderwaterdrainage wordt versterkt worden door in droge periodes het slootpeil verder op te zetten, wat ook gunstig is voor de grasgroei. Ook kan dynamisch peilbeheer waterbeheerders helpen in te spelen op (verwachte) periodes van droogte of hevige regenval.
24	Herstellen van historische watersystemen	Studie van historische waterlopen kan informatie opleveren die helpt om het watersysteem zo aan te passen dat vernatting en waterberging beter mogelijk worden.
25	veenweidensloot van de toekomst	Een ander profiel en een ander beheer van de veenweidensloot gericht op het voorkomen van afkalving en baggervorming, het vergroten van het waterbergend vermogen en het versterken van de biodiversiteit bij dynamisch of flexibel peilbeheer.
