



**Louis Bolk**  
Instituut

## Living lab Klimaatmax bedrijf

Voorstudie naar inrichting scenario's van een landbouw-  
bedrijf op veen met minimale klimaatimpact

Jeroen Pijlman, Jan de Wit, Joachim Deru, Maaïke van  
Agtmaal, Jan Paul Wagenaar, Jan Willem Erisman, Nick van  
Eekeren



*Deze voorstudie is gemaakt in opdracht van het  
Veenweiden Innovatiecentrum (VIC)*



© 2018 Louis Bolk Instituut

Living lab Klimaatmax bedrijf - Voorstudie naar inrichting  
scenario's van een landbouwbedrijf op veen met minimale  
klimaatimpact

Jeroen Pijlman MSc, Ir. Jan de Wit, Ir. Joachim G.C. Deru,  
Dr. Ir. Maaïke van Agtmaal, Ir. Jan-Paul Wagenaar,  
Prof. dr. ing. Jan Willem Erisman, Dr. ir. Nick J.M. van Eekeren

Publicatienummer 2018-029 LbD

43 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via  
[www.louisbolk.nl/publicaties](http://www.louisbolk.nl/publicaties)

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

[info@louisbolk.nl](mailto: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

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 Achtergronden bij scenario's</b>	<b>9</b>
2.1 Koolstofdioxide (CO <sub>2</sub> ), lachgas (N <sub>2</sub> O) en methaan (CH <sub>4</sub> ) emissies in relatie tot bodemomstandigheden	9
2.2 Klimaatverandering en factoren van (mogelijke) invloed op de organische stofbalans van veenweidenbodems	11
2.3 Biomassa-opbrengst bij de verschillende (grond)waterpeilen	14
<b>3 Uitwerking scenarios</b>	<b>18</b>
3.1 Algemene uitgangspunten en aannames	18
3.2 Vee-intensiteit "Boeren met hoog water"	18
<b>4 Geschatte broeikasgasemissies per bedrijfsscenario</b>	<b>24</b>
<b>5 Saldo effecten</b>	<b>27</b>
<b>6 Biodiversiteit, weidevogels en regionale voedselvoorziening</b>	<b>29</b>
<b>7 Conclusies</b>	<b>31</b>
<b>8 Literatuur</b>	<b>34</b>
<b>Bijlagen</b>	
Bijlage 1: CO <sub>2</sub> -, CH <sub>4</sub> - en N <sub>2</sub> O-emissies in relatie tot waterstanden en vegetatie	37
Bijlage 2: Broeikasgasbalansen van drie veenweidegebieden met verschillend beheer	38
Bijlage 3: Koolstoffluxen van een laagveen begroeid met riet	39
Bijlage 4: Grasopbrengsten bij verschillende slootpeilen en met of zonder onderwaterdrains	40
Bijlage 5: Toelichting en gebruikte aannames inschatten NLV "boeren met hoog water"	41
Bijlage 6: Uitgangspunten en aannames schatting koeien en melkproductie per hectare	42
Bijlage 7: Geschatte <u>gemiddelde</u> broeikasgasemissies per bedrijfsscenario en per ha.	43

## Samenvatting

Deze voorstudie richt zich op het verkennen van verschillende inrichtingsscenario's voor de ontwikkeling van een 'living lab' bedrijf op veengrond. Centrale uitgangspunten van de studie waren het minimaliseren van het verlies van organische stof (veenafbraak) en de daaraan gekoppelde bodemdaling en broeikasgasemissies, en het maximaliseren van de veerkracht van de landbouw in veenweidegebieden t.a.v. klimaatveranderingen (klimaatmax).

Ontwaterde veengronden maken ca. 12% oppervlak van de landbouwgrond in Nederland uit. Deze oppervlakte stoot jaarlijks ca. 2 x zoveel CO<sub>2</sub> uitstoot als *alle* Nederlandse ecosystemen vastleggen (Lof *et al.* 2017). Daarnaast zorgt veenontwatering voor een onomkeerbare bodemdaling.

Naast de huidige melkveehouderij (scenario 1) zijn de scenario's "boeren bij hoog water" (scenario 2), "natte landbouw" (scenario 3) en een combinatie van deze twee scenario's (scenario 4) uitgewerkt. Bij "boeren met hoog water" is de bedrijfsvoering met melkvee gericht op maximaal haalbare evenwicht tussen het remmen van organische stof/ veenafbraak en het opbouwen van organische stof bij een minimale bodemontwatering van ca. 25 cm en minimale inputs. "Natte landbouw" is een scenario met volledige bodemvernating waarbij de teelten zijn aangepast aan de natte omstandigheden, en daarmee gras teelt voor melk- en vleesproductie niet mogelijk is.

Deze verkennende studie laat zien dat het verhogen van grondwaterpeilen samen met het volgen van de (agrarische) inrichting naar grondwaterpeil, de uitstoot van broeikasgassen per hectare van het bedrijfssysteem kan halveren of nog verder verlagen. De ingeschatte effecten op broeikasgasemissies, saldo, biodiversiteit, weidevogels en regionale voedselvoorziening van de vier uitgewerkte bedrijfsscenario's zijn weergegeven in Tabel 1.

Wanneer de daling van het saldo wordt verrekend met de vermindering van CO<sub>2</sub>-eq. emissies t.o.v. het referentiescenario, geeft "boeren met hoog water" een saldo daling van 41 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq., "natte landbouw" een saldo daling van 51 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq. en het mengvormscenario een saldodaling van 47 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq.

Tabel 1. Ingeschatte effecten op broeikasgasemissies, saldo, biodiversiteit, weidevogels en regionale voedselvoorziening van de vier uitgewerkte bedrijfsscenario's.

	Bedrijfsscenario			
	1. Referentie	2. Boeren met hoog water	3. Natte landbouw	4. 50 / 50 mengvorm van 2 en 3
Broeikasgasemissies (kg CO <sub>2</sub> -eq. per ha)	60.058	29.967	9.019	19.151
Saldo (€ per ha)	2.914	1.631	325 <sup>(1)</sup>	978 <sup>(1)</sup>
Saldodaling t.o.v. het referentiescenario in € per ton vermeden CO <sub>2</sub> -eq. emissie, per ha		41	51	47
Biodiversiteit	Minder gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Weidevogels	Minder gunstig	Gunstig	Minder gunstig	Minder gunstig/ Gunstig
Voedselvoorziening in de regio, hoeveelheid	Laag (veel export)	Optie tot vermarkten als (streek)product met meerwaarde zoals biologisch	Optie tot vermarkten als (streek)product (met meerwaarde) afhankelijk van het geproduceerde product	
Voedselvoorziening in de regio, diversiteit	Laag (alleen melk en vlees)	Laag (alleen melk en vlees)	Hoger mits verschillende natte teelten voor humane voeding ingepast	

<sup>1</sup> Op basis van lisdoddeteelt in monocultuur, vermarkt als bouwmetaal.

Deze verkenning laat echter ook zien dat er belangrijke onzekerheden zijn op het gebied van het inschatten van de netto broeikasgasemissies, bodemdaling, grasland- en dierlijke producties, potentiële producties van natte teelten en economische en maatschappelijke consequenties van alternatieve bedrijfssystemen.

Het daadwerkelijk inrichten van een bedrijf (living lab) waarin één of een combi van de in deze verkenning uitgewerkte scenario's wordt toegepast, onderzocht en vervolgens mogelijk verbeterd, kan onzekerheden rondom de inrichting van dergelijke bedrijfssystemen verkleinen of wegnemen. Ook kan het bijdragen aan het ontwikkelen van een wenkend perspectief en systeeminnovatie van de melkveehouderij in het veenweidegebied.

Belangrijke onzekerheden zijn

- Voor CO<sub>2</sub> emissie reductie bij "boeren met hoog water" en "natte landbouw" is gebaseerd op een theoretisch rechtlijnig verband met de grondwaterstand. Er zijn echter, voor zover bekend, nog geen directe (flux) metingen gerapporteerd die onderbouwen dat een verhoogd grondwaterpeil als gevolg van een verhoogd grondwaterpeil door onderwaterdrainage en verhoogde slootpeilen ook daadwerkelijk lagere CO<sub>2</sub> emissies geven. Hetzelfde geldt voor N<sub>2</sub>O emissies gerelateerd aan vaanafbraak.
- Theoretische bezien, leiden "boeren met hoog water" en "natte landbouw" en de andere grondwaterpeilen, en mogelijke wisselingen in grondwaterpeilen, tot grotere variaties in N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>-emissies dan in de huidige situatie. Voor zover bekend, zijn er weinig directe vergelijkende metingen van N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>-emissies gerapporteerd onder de specifieke omstandigheden van de bestudeerde scenario's.

- Rondom natte teelten zijn zeer beperkte ervaringen naar inrichting, teelt- en oogst, afzet en ook saldo-effecten. Daarom zijn de geschatte effecten van het bedrijfsscenario “natte landbouw” en de combinatie van “boeren met hoog water” en “natte landbouw” grotendeels onzeker.
- De uitwerking van de scenario's in deze voorstudie is gedaan met als uitgangspunt de huidige landbouw/ melkveehouderij, met als doel het komen tot een robuuste bedrijfsinrichting van een (melkvee)bedrijf. Naast het komen tot een robuuste bedrijfsinrichting, is het voor een robuuste inrichting van een gebied ook van belang te kijken naar de regionale inrichting in relatie tot effecten op klimaatmitigatie, bodem, lucht, water, land-schap en maatschappelijke aspecten.

# 1 Inleiding

## **Aanleiding**

Er is behoefte aan een 'bewezen' wenkend perspectief voor een systeeminnovatie van de melkveehouderij in het veenweidegebied. In Nederland is meer dan 80% van de ruim 270.000 ha veengronden in gebruik als graslanden voor de melkveehouderij. Deze veengronden zijn ontwaterd om grasgroei mogelijk te maken, wat leidt tot veenoxidatie. Ontwatering resulteert in bodemdaling en lange termijn verlies van organische stof (veenverlies). Veen gaat verloren in de vorm van broeikasgassen en leidt ook tot eutroficatie van mineralen en organische componenten. In Nederland emitteren jaarlijks ontwaterde veengronden ca 2x zoveel CO<sub>2</sub> dan alle Nederlandse ecosystemen vastleggen, terwijl ze ca. 12% van de totale landbouwgrond uitmaken (Lof *et al.* 2017). Ook levert veenafbraak extra mineralen in het gras (vooral stikstof) waardoor dier gerelateerde emissies (met name NH<sub>3</sub>) hoger zijn ten opzichte van die op zand- of kleigronden.

Naar aanleiding van internationale klimaatafspraken en het nationale klimaatakkoord ligt er druk op het verminderen van bodemdaling en bijbehorende broeikasgasemissies in veengebieden. En ook in het nieuwe concept gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) heeft de Europese Commissie expliciet de veengebieden en bodemdaling opgenomen als verplicht element.

Op dit moment ligt bij de verduurzaming in de melkveehouderij praktijk vooral de nadruk op systeemoptimalisatie, waarbij het huidige bedrijfssysteem als uitgangspunt wordt genomen. Er is echter steeds meer kennis en ervaring beschikbaar of in ontwikkeling waarmee het systeem zelf vanuit evenwichtig perspectief opnieuw ingericht kan worden. Voorbeelden hiervan zijn werken met verhoogde sloot/ grondwaterpeilen, klei-in-veen verrijking, gebruik van functionele biodiversiteit, natte teelten of andersoortige landbouw dan melkveehouderij. Er zijn diverse ervaringen met uiteenlopende zaken als inzet van andere typen melkvee of herkauwers voor biomassaverwerking, het kunnen werken met minimale bedrijfsinputs als kunstmest en krachtvoer, landmanagement in relatie tot weidevogelbeheer en groene grondstof- en energieproductie. Daarnaast verandert ons klimaat; dat geeft weliswaar (gemiddeld) extra biomassagroei door een verlengd groeiseizoen, maar versterkt ook de behoefte aan een veerkrachtig landbouwbedrijf, dat beter kan omgaan met extremen zoals lange droogteperioden of extreme regenval.

## **Doelstelling**

Deze voorstudie richt zich op het verkennen van verschillende inrichtingsscenario's voor de ontwikkeling van een 'living lab' als middel om invulling te geven aan het bewezen wenkend perspectief, met als centraal uitgangspunten het minimaliseren van het verlies van organische stof (veenafbraak) en de daaraan gekoppelde bodemdaling en broeikasgasemissies, en het maximaliseren van de veerkracht van de landbouw in veenweidegebieden

t.a.v. klimaatveranderingen (klimaatmax). Doel is om bij deze inrichtingsscenario's tot een evenwichtig en robuust bedrijfsmodel te komen (o.a. in relatie tot de mineralenkringloop, het verzorgen van ecosysteemdiensten, en de gezonde bedrijfseconomie). Met een 'living lab' wordt een omgeving bedoeld waarin innovaties in de 'echte wereld door gewone mensen' (m.a.w. in een praktijksituatie) worden toegepast, onderzocht en verbeterd. De studie geeft geen uitputtend overzicht van alle mogelijkheden, maar is bedoeld om te illustreren wat voor consequenties er zijn bij verschillende keuzes.

### ***Bodem en landbouw / melkveehouderij als uitgangspunt voor scenario's***

Bij uitwerking van de scenario's zijn de gevolgen van veenafbraak door veenontwatering als basis genomen. De manier waarop de veenbodem gemanaged wordt heeft grote consequenties op de mogelijke inrichting van een bedrijfssysteem. Er is gekozen voor het uitwerken en doorrekenen van drie verschillende bedrijfssysteemscenario's, naast de huidige melkveehouderij als referentiescenario. Volledige bodemvernatting, m.a.w. "natte landbouw", is als meest extreme scenario gekozen. Omdat volledige bodemvernatting een volledige functieverandering van een gebied betekent, en transitieperiodes naar volledige functieveranderingen doorgaans langer duren dan enkele decennia, is aangenomen dat het scenario van volledige vernatting de komende decennia maar voor een klein deel van de ontwaterde veengronden als optie zal worden gezien. De verwachting is dan ook dat (melk)veehouderij de komende decennia een belangrijke rol blijft spelen als efficiënte verwerker van biomassa, vanwege economische, historische of culturele overwegingen. Echter rigoureuze aanpassingen in het bedrijfssysteem zijn noodzakelijk om aan de vele milieudoelen te kunnen voldoen. Daarom zijn er ook twee scenario's uitgewerkt welke een verregaande aanpassing zijn van het huidige bedrijfssysteem, maar waarbij nog wel herkauwers worden gebruikt voor de productie van melk en vlees. De vier uitgewerkte bedrijfssysteemscenario's zijn daarmee:

1. Huidige melkveehouderij, waarbij als uitgangspunt een gemiddeld veenweidebedrijf in het westelijk veenweidegebied is gekozen.
2. "Boeren bij hoog water": bedrijfsvoering met melkvee gericht op maximaal haalbare evenwicht tussen het remmen organische stof/ veenafbraak en het opbouwen van organische stof, met als uitgangspunt een minimale bodemontwatering van ca. 25 cm.
3. "Natte landbouw": volledige bodemvernatting waarbij geproduceerde biomassa niet zonder meer voor herkauwers wordt ingezet.
4. "Boeren bij hoog water" met gedeeltelijk "natte landbouw": een mengvorm van scenario 2 en 4 met aandacht voor synergie en optimalisatie tussen de twee bedrijfssystemen.

### ***Leeswijzer***

Dit rapport is als volgt ingedeeld: hoofdstuk 2 beschrijft achtergronden bij de uitgewerkte bedrijfssysteemscenario's, en in hoofdstuk 3 zijn de scenario's uitgewerkt. In hoofdstuk 4, 5 en 6 zijn vervolgens de geschatte effecten van de scenario's op broeikasgasemissies, het saldo per hectare en biodiversiteit, weidevogels en regionale voedselvoorziening toegelicht. Hoofdstuk 7 bevat een korte samenvattende tabel, conclusies en aandachtspunten.



## 2 Achtergronden bij scenario's

In dit hoofdstuk is op basis van literatuur een achtergrond gegeven van de relatie tussen bodemomstandigheden en broeikasgasemissies, zijn effecten van verschillende factoren van (mogelijke) invloed op de organische stofbalans van veengronden beschreven en is beschreven hoe biomassaopbrengsten zich verhouden tot grondwaterstanden.

### 2.1 Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), lachgas (N<sub>2</sub>O) en methaan (CH<sub>4</sub>) emissies in relatie tot bodemomstandigheden

Enkele belangrijke factoren die microbiële omzettingen, met o.a. broeikasgasemissies als gevolg, in de veenbodem beïnvloeden zijn pH, temperatuur en de beschikbaarheid en concentratie van zuurstof en substraat.

Mineralisatie van organische stof vindt voornamelijk plaats onder aerobe omstandigheden, waarbij o.a. CO<sub>2</sub>, ammonium en nitraat gevormd worden. Volgens Kuikman *et al.* (2005) en Arets *et al.* (2017) kan de koolstofemissie uit veenafbraak van ontwaterde veengronden worden geschat op basis van de bodemdaling, de dichtheid van het veen, de oxidatiestatus van het veen, het organische stof- en het koolstofgehalte van veen. Kuikman *et al.* (2005) legde een (lineaire) relatie vast tussen bodemdaling en slootwaterpeil of grondwaterpeil met behulp van lange termijn metingen aan een aantal verschillende percelen in Nederland. Hoe lager het sloot- of grondwaterpeil, hoe hoger de bodemdaling en daarmee hoe hoger de geschatte jaarlijkse koolstofemissie, waarvan wordt aangenomen dat dit volledig emitteert als CO<sub>2</sub>. De benadering van Kuikman *et al.* (2005) komt overeen met gegevens uit een meta-analyse van Couwenberg *et al.* (2011) waaruit blijkt dat CO<sub>2</sub> emissies zich lineair verhouden ten opzichte van waterniveaus van ca. 0 tot 50 cm onder het maaiveld (Bijlage 1). Op veenbodems met een kleidek wordt de maaiveld daling en emissie van broeikasgassen gemiddeld ca. 50% lager geschat dan van veengronden zonder kleidek (Jansen *et al.* 2009).

N<sub>2</sub>O kan gevormd worden uit ammonium door de microbiële processen nitrificatie en denitrificatie. Voor nitrificatie is zuurstof nodig; voor de denitrificatie moet de omgeving zuurstof-arm zijn. Wanneer omstandigheden suboptimaal zijn tijdens deze processen (onvoldoende koolstof aanwezig of geen zuurstof aanwezig bij nitrificatie) kunnen deze niet compleet verlopen en kan het vluchtige tussenproduct N<sub>2</sub>O ontstaan en emitteren. Volgens Kuikman *et al.* 2005 is de N<sub>2</sub>O emissie 2% van de veen N-mineralisatie. Ook bemesting (N-aanvoer) levert daarnaast N<sub>2</sub>O emissies op (Schröder *et al.* 2018). Nitraat gevormd in de aerobe bovenlaag van een graslandperceel wat inspoelt naar een dieper gelegen natte anaerobe laag kan dan ook makkelijk omgezet worden in N<sub>2</sub>O. Vertrapping van de bodem waarbij anaerobe plekken ontstaan, of wisselende grondwaterstanden kunnen daarnaast N<sub>2</sub>O emissiepieken veroorzaken. Van Groeningen *et al.* (2005) vond dat een vertrapte bodem meer lachgasemissie gaf. Ook geeft de toediening van mest (zowel kunstmest als dierlijk) een toevoeging

van makkelijk afbreekbaar N aan de bodem, wat extra lachgasemissie kan geven. Metingen in Oukoop, Stein en Horstermeer laten zien dat vooral N<sub>2</sub>O emissies dalen bij een minder hoge veebezetting (Bijlage 2).

CH<sub>4</sub> wordt gevormd door methanogene bacteriën onder anearobe omstandigheden uit bodem organische stof, voornamelijk uit relatief vers plantmateriaal (Couwenberg en Fritz, 2012). Gerapporteerde emissies van CH<sub>4</sub> uit veenweidepercelen zijn nogal variabel. Zo rapporteerde Van de Pol (1998) gemiddelde methaanemissies van 79, 133 en 204 kg per ha van drie verschillende natuurpercelen in Nieuwkoopse Plassen met een ontwatering van 10-20 cm, in een situatie met alleen N-aanvoer in de vorm van atmosferische depositie is (30-50 kg per ha). De variabelen bodemtemperatuur, grondwaterpeil en de bovengrondse biomassa (*Carex* spp.) konden een belangrijk deel van de variatie in emissies verklaren. Van de Pol (1998) vond op veenweidepercelen met 20-40 cm ontwatering met een N aanvoer van 35 – 460 kg per ha kleine negatieve CH<sub>4</sub>-emissies van 0.1 tot 0.3 kg per ha. Stikstofbemesting had hier geen effect op de CH<sub>4</sub>-emissies. Metingen in veenweidepercelen in gebruik voor melkveehouderij in Stein (intensief beheer) en Oukoop (extensief beheer) lieten echter CH<sub>4</sub>-emissies zien van ca. 6 tot 8 ton CO<sub>2</sub>-eq. per ha (Bijlage 2).

Er kan worden gesteld dat in veengronden -onder verschillende grondwaterstanden onder maaiveld- er emissies zijn van N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>, terwijl de CO<sub>2</sub>-emissie (en maaivelddaling) daalt met hogere grondwaterstanden en CH<sub>4</sub>-emissies bij diepere ontwatering nihil kunnen worden (Tabel 2).

Tabel 2. Relatieve tendens van broeikasgasemissies bij verschillende grondwaterstanden.

Grondwaterniveau	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Regulier ontwaterd (gem. ca. -60 cm)	Hoogst	Nihil tot substantieel aanwezig, Variabel o.a. afhankelijk van ratio sloten/ randen en graslandoppervlak en bodemomstandigheden (anaërobie, vocht, temperatuur, aanwezigheid substraat, aanwezigheid CH <sub>4</sub> oxidatie en mogelijk andere variabelen)	Variabel afhankelijk van onder andere ontwatering, waarbij geldt hoe dieper ontwaterd hoe groter de emissie kan zijn, al bevestigen metingen deze tendens niet altijd.
Weinig ontwaterd (gem. ca. -25 cm)	Midden		
Maaiveld (≥ 0 cm)	Laagst	Doorgaans substantieel aanwezig. Variabel, o.a. afhankelijk van bodemomstandigheden, aanwezigheid en type vegetatie (m.n. bladoppervlak met aerenchyma <sup>1</sup> )	Nihil, mits (grote) bemestingspulsen worden vermeden bij natte teelten

<sup>1</sup> Intercellulaire luchtholten welke gasuitwisseling mogelijk maken tussen de bovengrondse en ondergedoken plantweefsels

Volgens Van de Pol (1998) zou methaan productie op dieper ontwaterde veengronden laag kunnen zijn vanwege een lage beschikbaarheid van substraat voor methanogene bacteriën. Ook kan methaan tijdens de diffusie door het ontwaterde deel van de bodem geoxideerd worden voordat methaan het maaiveld bereikt. Schrier-Uijl *et al.* 2010 vonden echter wel significante methaan emissies in ontwaterde veenweidepercelen (verwerkt in Bijlage 2; Woestenburg, 2009). Wel bleek uit beide studies dat sloten en randen van percelen

relatief een grote bijdrage geven aan de methaanemissie per ha. Bij volledig vernatte omstandigheden kan de N<sub>2</sub>O emissie ook verwaarloosbaar zijn, maar CH<sub>4</sub> emissie kan doorgaan als gevolg van anaerobe omstandigheden (Couwenberg en Fritz, 2012). Om op een volledig vernatte veenbodem een broeikasgasemissie van nul te halen, is het daarom nodig dat de CH<sub>4</sub>-emissie gecompenseerd wordt met CO<sub>2</sub>-vastlegging in de vorm van groeiende biomassa wat voor veenaangroei kan zorgen en/ of te oogsten biomassa kan leveren (Günther *et al.* 2015, Van den Berg *et al.*, 2016, Bijlage 3). Vegetatie op volledige (ver)natte veenbodems speelt een belangrijke rol in CH<sub>4</sub>-emissies, met name bij planten met aerenchyma (grote intercellulaire luchtholten, bijvoorbeeld lisdodde en riet) welke gasuitwisseling tussen bovengrondse en ondergedoken plantweefsels mogelijk maakt. Couwenberg *et al.* 2011 (Bijlage 1) vonden een positief verband tussen de hoeveelheid aanwezig blad met aerenchyma per m<sup>2</sup> en de CH<sub>4</sub>-emissie. In volledig natte en begroeide bodems is de N<sub>2</sub>O emissie ongeveer nul omdat groeiende planten beschikbaar nitraat direct zullen opnemen als voedingsstof. Günther *et al.* 2015 mat bijvoorbeeld in riet, lisdodde en carex vegetaties geen N<sub>2</sub>O emissies, en Couwenberg *et al.* (2011) kwam op basis van een meta-analyse van data van verschillende locaties en landgebruiken tot een vergelijkbare conclusie (Bijlage 1). Vroom *et al.* (2018) mat in een labexperiment (mesocosms) met veen zonder of met lisdodde begroeiing alleen N<sub>2</sub>O emissies kort na bemesting met slow release kaliumnitraat ( $\leq 20$  dagen), langer na bemesting vonden zij geen meetbare fluxen. Ook mat Vroom *et al.* (2018) dat de aanwezigheid van groeiende lisdodde ten opzichte van onbegroeide bodem een significante verlaging gaf van CH<sub>4</sub>-emissies.

## **2.2 Klimaatverandering en factoren van (mogelijke) invloed op de organische stofbalans van veenweidenbodems**

In deze paragraaf zijn factoren beschreven die (mogelijk) van invloed zijn op de organische stofbalans van veenweidenbodems. Daarnaast is de invloed van klimaatverandering op deze organische stofbalans besproken.

### ***Klimaatverandering***

Hogere temperaturen en drogere zomers, welke leiden tot het verder uitzakken van grondwaterpeilniveaus -ook als slootpeilen worden gehandhaafd- versnellen de oxidatie van ontwaerd veen. Dit betekent dat een warmer klimaat bodemdaling versnelt en emissies verhoogt ten opzichte een kouder klimaat. Jansen *et al.* (2009) berekenden dat de maaiveldddaling in 2100 anderhalf keer zal zijn toegenomen bij het meest extreme klimaatscenario t.o.v. 1990. Echter berekenden zij ook dat het gebruik van onderwaterdrains de verwachte extra maaiveldddaling en broeikasgasemissies, als gevolg van klimaatverandering, volledig kan compenseren, mits er voldoende water is dat als aanvoer kan dienen. Ook deze wateraanvoer komt verder onder druk te staan als het gevolg van langere perioden van droogte en het verdwijnen van gletsjers in de Alpen.

Klimaatverandering heeft ook tot gevolg dat het groeiseizoen in Nederland steeds langer wordt, doordat gemiddelde omgevings- en bodemtemperaturen stijgen. Dit heeft tot gevolg dat er steeds meer gras of biomassagroei kan plaatsvinden. De afgelopen tien jaar duurde het groeiseizoen gemiddeld een maand langer dan tijdens de vorige eeuw volgens de Natuurkalender. Ook kan verzilting van grondwater een steeds prominentere rol gaan spelen omdat er langere perioden van droogte zijn en de wateraanvoer onder druk staat.

### **Organische stofaanvoer via gewasresten en bemesting**

De jaarlijkse aanvoer van effectieve organische stof via gewasresten en wortels is bij permanent grasland ca. 4 ton DS/ha, wat ca. 3 keer zoveel is als de jaarlijkse aanvoer via dierlijke mest (Van Eekeren *et al.* 2018). Omgerekend naar CO<sub>2</sub>-eq. is dit ongeveer 7 ton per ha. Een groot deel van de jaarlijks aangevoerde effectieve organische stof wordt echter ook weer gemineraliseerd door het bodemleven, waardoor een netto vastlegging in bijvoorbeeld blijvend grasland op een kleigrond ca. 2 tot 4 ton CO<sub>2</sub>-eq. is (de Wit *et al.* 2017). Het is echter onwaarschijnlijk dat de organische stofopbouw van een blijvend grasland op veengrond het organische stofverlies van veenafbraak kan compenseren (ca. 13 ton organische stof verlies per ha per jaar als het gevolg van veenafbraak bij 60 cm ontwatering, met een gemiddelde bodemdaling en 80% organische stof in de bodem, op basis van schattingsformules beschreven in Kuikman *et al.* 2005).

### **Dynamisch slootpeil en (peilgestuurde) onderwaterdrainage**

De gemiddelde jaarlijkse maaiveld daling van veenweidepercelen in Nederland wordt geschat op 1.8 mm (SD 0.9) per 10 cm ontwatering, wat betekent dat bij slootwaterpeilen van 60 cm onder maaiveld de maaiveld daling op 10.8 (SD 5.4) mm kan worden geschat (Kuikman *et al.* 2005). Bij het verhogen van de slootpeilen is gebleken dat grondwaterstanden tijdens perioden van droogte nog ver kunnen uitzakken. Met onderwaterdrains kunnen grondwaterstanden naar de slootpeilen worden 'toegetrokken' (Hoving *et al.* 2013; van den Akker *et al.* 2013). Bij het toepassen van onderwaterdrainage wordt aangenomen dat de bodemdaling en CO<sub>2</sub>-emissies met minimaal de helft afnemen, ten opzichte van een reguliere ontwatering en slootwaterpeilen van 55 cm beneden maaiveld (Van den Akker *et al.* 2017, Hoving *et al.* 2018). Het IMCG (International Mire Conservation Group) trekt het effect van onderwaterdrainage op bodemdaling en broeikasgasemissies echter in twijfel (Couwenberg, 2018; IMCG, 2018). Volgens Couwenberg (2018) hebben de data verzameld van verschillende onderzoekslocaties, waarmee Van den Akker *et al.* (2017) en Hoving *et al.* (2018) afleiden dat bodemdaling en CO<sub>2</sub>-emissies minimaal gehalveerd kunnen worden, niet de hypothese kunnen bevestigen dat onderwaterdrainage grondwaterstanden in de zomer dermate kan verhogen dat bodemdaling en CO<sub>2</sub>-emissies aanmerkelijk worden verminderd. Volgens Couwenberg (2018) zouden directe fluxmetingen nodig zijn om deze hypothese te testen. Tot nu toe zijn deze metingen wel reeds gedaan voor specifieke situaties, maar nog niet gerapporteerd.

### **Klei-in-veen**

Het inbrengen van (een dun laagje) klei (lutum) in veengrond is mogelijk een effectieve maatregel om de afbraak van de organische stof in veen af te remmen en daarmee ook de

bodemdaling te beperken. Kleideeltjes kunnen samen met de makkelijk afbreekbare organische stof in het veen, een stabiel klei-humuscomplex vormen. Hypothese is dat door deze binding van organische stof de afbraak in de bodem vertraagt. Eerder onderzoek in veengrond liet zien dat de afbraak van organische stof (uitgedrukt in potentiële C-mineralisatie) lager is op percelen die rijker zijn aan klei (lutumgehalte) (Deru *et al.* 2018a). Bij het inbrengen van klei-in-veen, is het essentieel dat de klei door inspoeling en bodemprocessen dieper in de veenbodem komt. Een eerste oriënterende schatting op basis van resultaten uit Deru *et al.* (2018a) is dat per procent lutumverhoging in de eerste 10 cm onder het maaiveld, de emissie met ca. 0,45 ton CO<sub>2</sub> per ha kan worden gereduceerd (Deru, persoonlijke communicatie).

### **Verziltting**

Veen zou ongewild kunnen verzilten door kwel of gewild verzilt kunnen worden door het inlaten van zout water. Verziltting remt de aerobe veenafbraak sterk (Brouns *et al.*, 2014). Verziltting remt de afbraak van veen op verschillende manieren. Doordat een hoger zoutgehalte effect heeft op de ionenuitwisseling is er een direct negatief effect op nutriëntenbeschikbaarheid. Daarnaast heeft het zoutgehalte effect op de opgeloste organische stof: bij verhoogde zoutconcentraties slaat een groot deel van de opgeloste organische stof neer. Deze chemische effecten hebben daarmee met name effect op de veenafbraak via een verlaagde microbiële activiteit, die sterk afhangt van de beschikbare nutriënten en opgeloste organische stof. 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.

### **pH**

Een lage pH zorgt voor lagere afbraaksnelheid van veen, omdat de pH van de bodem bepalend is voor de activiteit en de diversiteit van de microbiële bodemgemeenschap (Freeman *et al.* 2000; Freeman *et al.* 2004; Kalbitz *et al.* 2000; Bergman *et al.* 1999). In een studie van Rousk (2009) in een gradiënt van pH 4.3 tot 8.5 bleek bacteriële groei bij de laagste pH 5x lager dan bij de hoogste pH. Dit komt omdat bacteriën relatief nauwe pH range hebben waarin ze optimaal kunnen groeien. Een verandering van 1.5-1.7 pH units halveert de groei en activiteit van de bacteriële gemeenschap (Fernández-Calviño *et al.* 2010). Doordat een actieve microbiële gemeenschap veel enzymen uitscheidt die de organische stof mineraliseren, is de afbraak van organische stof hoger bij een hogere bodembioologische activiteit. Hoe dichterbij een neutrale pH hoe hoger de biologische diversiteit en activiteit in de bodem (Fierer *et al.* 2006). pH beïnvloedt daarmee ook de biomassa-productie, waarbij een lage pH o.a. minder mineralisatie en daarmee een lagere productie zal opleveren dan een neutrale pH.

### **Fosforlimitatie**

Brouns *et al.* (2016) vonden dat P-beschikbaarheid bepalend kan zijn voor veenafbraak, en identificeerden P-verrijking als een potentiële regelaar voor veenafbraak. Welke nutriënten aanwezig zijn in de bodem is hierin belangrijk: de studies van Amador & Jones (1993) en van

Cheshire & Chapman (1996) vonden dat stikstoftoediening in veengrond de afbraak remde als er een lage hoeveelheid fosfor aanwezig was in de bodem, maar dit effect was neutraal of juist stimulerend bij een hoog fosforgehalte in de grond. Vooral voor fosfor geldt het principe van stoichiometrie van nutriënten. Wanneer voldoende nutriënten aanwezig zijn, is de afbraak het grootst. Brouns *et al.* (2016) vonden dat veenweidepercelen een lagere AP-enzymactiviteit (acid phosphatase, een enzym dat zorgt voor het vrijmaken van P) hadden dan natuurgronden op veen. En dat de AP-activiteit bij het toevoegen van suiker en stikstof vooral bij natuurgrond op laagveen steeg. De AP-activiteit is mogelijk lager wanneer er meer dan voldoende P aanwezig is, zoals op veenweidebodems welke reeds langdurig in gebruik zijn. Omdat P accumuleert in veenweidepercelen, ligt het niet voor de hand dat het verminderen of zelfs volledig stoppen van P bemesting (of aanvoer), op relatief korte termijn (bijv. enkele jaren) de veenafbraak van die bodems zal beïnvloeden.

### **Kruidenrijk grasland**

Kruiden, zoals smalle weegbree, produceren zogenoemde secundaire metabolieten. Dit zijn stoffen die bijvoorbeeld een remmende werking hebben op de omzetting van ammonium naar nitraat door bacteriën in de bodem (Dietz *et al.* 2013). In een eerste verkennende proef, waarin veengrond was overgebracht naar gecontroleerde omstandigheden in een kas, werd na afloop van de 23 weken durende proef, de potentiële omzetting van ammonium naar nitraat van de bodem bepaald. Hieruit bleek dat deze omzetting met smalle weegbree bijna 40% lager was dan met alleen Engels raaigras (Pijlman *et al.* in voorbereiding). Nitraat spoelt makkelijker uit dan ammonium; het kan dus betekenen dat smalle weegbree kan bijdragen aan het verminderen van nitraatuitspoeling. Ook zijn er aanwijzingen dat smalle weegbree kan bijdragen aan het remmen van organische stofmineralisatie (Dietz *et al.* 2013). Op dit moment wordt onderzocht of smalle weegbree ook op veengronden een effect heeft op de bodem N-balans en broeikasgasemissies.

## **2.3 Biomassa-opbrengst bij de verschillende (grond)waterpeilen**

### **Grasopbrengsten bij verhoogde grondwaterpeilen**

De gemiddelde jaarlijkse N-opname van gras uit de veenbodem op productiegraslanden (NLV) wordt geschat op 235 kg N per ha in de Kringloopwijzer (Schröder *et al.* 2018). Gerapporteerde NLV gemiddeldes in literatuur van Nederlandse veenweidepercelen variëren van 225 tot 297 kg N per ha (Vellinga en André, 1999, Van der Meer *et al.* 2004, Deru *et al.* 2018b, Pijlman *et al.* 2018). Een hogere grondwaterstand leidt theoretisch tot een verminderde mineralisatie (Kuikman *et al.* 2005), wat vervolgens ook een effect kan hebben op de gras N-opbrengsten, wanneer wordt aangenomen dat gras ca. 50% van de gemineraliseerde N opneemt. Van Kekem (2004) schatte dat de bijdrage van veenmineralisatie aan gras N-opname van de bodem ongeveer een derde is in productiegraslanden. Sonneveld en Lantinga (2010) schatten deze bijdrage op een veenweideperceel met een toemaakdek in

een range van 9 tot 32%. Het is dus aannemelijk dat het NLV tot enkele tientallen kilo's zal dalen bij hogere grondwaterstanden.

Metingen van Hoving *et al.* (2009, 2011, 2018) op veenweidepercelen met verhoogde grondwaterstanden als het gevolg van verhoogde slootwaterpeilen (ca. 55 naar ca. 20 cm onder maaiveld) met of zonder onderwaterdrainage gaven ook de indicatie van een verminderde N-opbrengst uit de bodem, zonder dat de grasopbrengsten terugliepen (Bijlage 4). Hoving *et al.* (2009) vond dat de gemiddelde stikstofbenutting van bemesting toenam bij een hoger slootpeil en bij het gebruik onderwaterdrainage bij een gelijke hoeveelheid bemesting. Zij brengen dit in verband met de aanname dat een hoger grondwaterpeil de N-levering van de bodem vermindert, terwijl de N-opbrengst onder bemeste omstandigheden na een verhoging van het grondwaterpeil niet afnam.

Holshof *et al.* (2011) onderzochten in de periode 2005-2008 de effecten van een slootwaterpeilverhoging van ca. 60 cm naar ca. 30 cm onder maaiveld en vonden onder andere dat het aantal dagen waarop de draagkracht lager dan 6 kg/cm<sup>2</sup> was hoger was bij een hoog slootpeil. In de praktijk betekent dit dat de hoeveelheid beschikbare weidedagen vermindert of dat er meer vertrappingsschade ontstaat. Hoving *et al.* 2013 schatten in dat in de praktijk, bij lage draagkrachtige grond, veel gras verloren kan gaan door vertrapping. Dat betekent dat de gemeten bruto-opbrengsten sterker kunnen afwijken van de opgenomen netto-opbrengsten door vee bij hogere grondwaterpeilen. Deru *et al.* 2018c vonden echter geen significant effect van onderwaterdrainage op draagkracht als het gevolg van de toepassing onderwaterdrainage bij slootwaterpeilen op ca. 50-60 cm onder maaiveld.

### ***Biomassa-opbrengsten bij volledige bodemvernating***

Volledige bodemvernating heeft tot gevolg dat er andere gewassen dan (productieve) grassen worden geteeld, namelijk gewassen welke beter onder volledig natte omstandigheden gedijen. Hier wordt ook wel gesproken van natte teelten of paludicultuur (paludicultuur specifiek wanneer het een teelt op veen betreft). Globaal worden er drie doelen voor het toepassen van natte teelten onderscheiden (Vroom, 2017), namelijk:

1. Uitmijnen van voormalige landbouwgrond door middel van natte teelten, waarbij het uiteindelijke doel is om te komen tot natuur. In de tijdelijke landinrichting met natte teelten wordt biomassa geoogst en daarmee worden nutriënten uitgemijnd.
2. Het zuiveren van water, waarbij natte teelten als bufferzone tussen landbouw en natuur worden ingepast. Ook hier wordt biomassa geoogst van de natte teelten.
3. Natte teelten als landbouwgewas waarin opbrengstmaximalisatie een belangrijkere rol speelt dan bij situatie 1 of 2, waarbij eventueel (evenwichts)bemesting wordt toegepast.

Rondom natte teelten zijn er zeer beperkte ervaringen over, en kennis van inrichting, teelt, oogst, verwerking en bewaring, afzet en ook saldo-effecten. Er zijn vele vormen van natte teelten, waarvan rietteelt (*Phragmites australis*) mogelijk de meest bekende een breed toegepaste is. Andere voorbeelden zijn de teelt van grote of kleine lisdodde (*Typha latifolia* of *Typha angustifolia*) welke als relatief kansrijk wordt beschouwd (naast veevoer ook voor het gebruik als

bouw materiaal), maar ook planten als veenmos (*Sphagnum spp.*) als alternatief voor potgrond, azolla (*Azolla spp.*) als eiwitbron voor veevoer, zaden van wilde rijst (*Zizania*), knollen van pijlkruid (*Sagittaria*) en bessen van cranberry (*Vaccinium*) voor humane voeding en diverse planten welke medicinale stoffen produceren zoals zonnedaauw (*Drosera rotundifolia*). Ook zijn er voorbeelden van toepassingen van graslandachtige biomassateelt voor begrazing en voor verbranding (energieproductie) of vergisting (bijv. methaan of ethanolproductie), afkomstig van veengronden waar planten staan als rietgras (*Phalaris arundinacea*), zegge (*Carex spp.*), mannagrass of liesgras (*Glyceria fluitans* en *Glyceria maxima*) en andere (In: Wichtmann et al. 2016). Ook zouden combinaties tussen verschillende gewassen in theorie mogelijk kunnen zijn, eventueel ook in combinatie met herkauwers om biomassa te verwerken of bijvoorbeeld visteelt of houderij van pluimvee/ gevogelte. Ook zou nog gedacht kunnen worden aan een combinatie met (drijvende) zonnepanelen voor groene stroomproductie onder volledige vernatting voor veenbehoud.

Verschillen tussen natte teelten zijn er onder andere op het gebied van waterniveau, intensiteit van de teelt, nutriëntenbehoefte, teelt- en afzetrisico's en het type te vermarkten product. Zo wordt cranberry geteeld bij waterstanden van -40 tot -10 cm onder maaiveld en alleen de bes geoogst terwijl lisdodde beter gedijt bij waterstanden van >10 cm boven maaiveld en in principe de gehele bovengrondse biomassa geoogst (Factsheets natte teelten, 2016). Bijvoorbeeld het groen oogsten van lisdodde (als veevoer) zorgt voor een grotere nutriëntenonttrekking dan winteroogsten, waarbij de plant het grootste deel van zijn nutriënten ondergronds heeft opgeslagen (Pijlman et al. 2018a). De nutriëntenbehoefte van natte teelten hangt af van de beoogde te oogsten hoeveelheid en beoogde kwaliteit van het product. Dit kan betekenen dat wanneer er onvoldoende nutriëntenaanvoer vanuit de bodem en water beschikbaar is om het oogstdoel te behalen er extra nutriëntenaanvoer nodig is (bemesting).

Omdat van de rietteelt en lisdoddeteelt relatief veel bekend is, en lisdodde op dit moment gezien wordt als gewas met veel potentie als natte teelt, is verder in deze voorstudie het bedrijfsscenario "natte teelten" ingeschat en doorgerekend op basis van informatie uit deze teelten.

*Rietteelt is de oudste bekende natte 'teelt' in Nederland. Al eeuwen wordt in natuurgebieden 's winters riet geoogst voor toepassing als dakbedekking. Ook wordt het gebruikt als bedekking in de bollenteelt en als strooisel in potstallen. Met rietteelt kan tot 16 ton droge stof geproduceerd worden. De voederwaarde van riet is dusdanig dat het meer geschikt is als structuurvoer dan als hoofdvoer. De laatste jaren is import van riet uit Oost-Europa en Azië goedkoper dan Nederlands riet. Bij rietteelt op voormalige landbouwgrond kan vanaf het 'land' geoogst worden, hetgeen waarschijnlijk goedkoper is dan vanaf het water, wat het geval is in natuurgebieden (uit: Brochure Veen, Voer en Verder, 2018).*



*Lisdodde is een veelbelovend gewas voor natte teelten in Nederland, wat naast voer voor verschillende andere doelen gebruikt kan worden: strooisel in de stal, isolatieplaten voor in de bouw en voer voor natuurlijke plaagbestrijders. In Nederland zijn twee soorten inheems: de grote (Typha latifolia) en de kleine lisdodde (Typha angustifolia). Het is een meerjarig gewas dat na zaaien/planten zich zijdelings vermeerderd via wortelstokken en een dichte vegetatie vormt. De planten worden 2-3 meter hoog. De opbrengst vanaf één jaar na aanplant is 7.5 tot 10 ton droge stof per hectare. Daarna lopen de opbrengsten op en met bemesten is uiteindelijk 20 ton haalbaar (uit: Brochure Veen, Voer en Verder, 2018).*

### 3 Uitwerking scenarios

In dit hoofdstuk zijn de scenario's zoals beschreven in hoofdstuk 1 uitgewerkt, op basis van verschillende uitgangspunten en aannames die zoveel mogelijk zijn afgeleid van beschreven literatuur en achtergronden.

#### 3.1 Algemene uitgangspunten en aannames

- Voor het referentiescenario zijn cijfers overgenomen uit de Kringloopwijzer van de BIN referentieklassse gemiddelde 2014 t/m 2016, veen, 13-16 ton melk per ha. Dit gemiddelde bedrijf heeft 51.92 ha veengrond, 93 melkkoeien en 64 stuks jongvee (2.25 GVE / ha).
- Bij alle andere scenario's is uitgegaan van een herinrichting van het referentiescenario en geen externe inputs zoals kunstmest of (kracht)voerders. Bij "boeren met hoog water" is aangenomen dat melkkoeien worden ingezet om de biomassa om te zetten in melk en vlees, en bij "natte landbouw" is aangenomen dat biomassa voor andere doeleinden dan veevoer wordt ingezet. In het combi scenario van "boeren met hoog water" en "natte landbouw" is aangenomen dat het bedrijf voor de helft wordt ingericht zoals "boeren met hoog water" en voor de andere helft als "natte landbouw".
- Omdat "natte landbouw" een scenario kan zijn met zeer veel verschillende opties waar relatief weinig over bekend is, is ervoor gekozen deze niet in detail uit te werken, maar uit te gaan van een scenario waarbij land wordt ingezet voor de teelt van riet of lisdodde tenzij anders is toegelicht in de tekst per hoofdstuk.

#### 3.2 Vee-intensiteit "Boeren met hoog water"

Hoeveel koeien kunnen gehouden worden per hectare veenweidegrasland om de biomassaproductie om te zetten in melk en vlees, zonder bij te voeren? Deze vraag is niet eenduidig te beantwoorden, omdat zonder gebruik van externe inputs zoals kunstmest, het aantal koeien ook de beschikbare bemesting per hectare bepaalt en daarmee de graslandopbrengst beïnvloedt. De graslandopbrengst bepaalt vervolgens weer hoeveel koeien er gehouden kunnen worden, wanneer er geen externe aanvoer van (kracht)voer is. Voor zover bekend zijn er geen wetenschappelijk onderbouwde studies gedaan naar een robuuste balans tussen graslandproductie en vee-intensiteit, in een situatie met hoge slootwaterpeilen en onderwaterdrainage op veengronden, zonder of met gering gebruik van aangevoerde kunstmest en (kracht)voer.

##### **Grasproductie**

Korevaar (1986) deed onderzoek naar graslandopbrengsten van extensief beheerde veengronden, echter wel bij grondwaterstanden ongeveer gelijkwaardig aan het referentiescenario (gemiddeld laagste grondwaterstand 50-80 cm en gemiddeld hoogste grondwaterstand <40 cm onder maaiveld in Korevaar (1986)). Deze gronden hadden langdurig een be-

mestingsniveau gehad van gemiddeld ca. 150 (100 – 200) kg N per ha vooraf aan het onderzoek, waardoor de gemeten NLV een gedeeltelijke afspiegeling was van dit bemestingsniveau. Om enigszins een vergelijking te kunnen maken tussen resultaten van Korevaar (1986) en een schatting van de mogelijke NLV en graslandopbrengsten bij “Boeren met hoog water”, is daarom in de schatting van het NLV bij “boeren met hoog water” uitgegaan van een veebezetting welke 150 kg N per ha aan bemesting oplevert (Tabel 3). Dit is een daling van 88 kg N per ha uit dierlijke mest ten opzichte van het huidige referentiescenario (238 kg N per ha).

Wanneer wordt aangenomen dat hetzelfde percentage van de jaarlijkse N-aanvoer weer jaarlijks als minerale N beschikbaar is (43% in het referentiescenario), dan het zou het NLV bij “Boeren met hoog water” uitkomen op 138 kg per N per ha per jaar (zie Tabel 3 voor de opbouw van deze NLV schatting). Een verdere toelichting en gebruikte aannames voor het schatten van het NLV zijn weergegeven in Bijlage 5. In NLV schatting is niet meegenomen wat het effect van een mogelijke afname van gewasresten (bovengronds en ondergronds) is als gevolg van een lagere grasgroei, als N-aanvoerbron op het NLV, waardoor het werkelijke NLV mogelijk lager kan uitvallen dan deze schatting.

Tabel 3. Geschatte opbouw en hoogte van het NLV, totale beschikbare N voor grasgroei en mogelijke grasgroei per ha per jaar voor het referentiescenario en “boeren met hoog water”.

	Referentiescenario	“Boeren met hoog water”
Bijdrage veenmineralisatie aan NLV	78	39
Andere (organische) N aanvoerposten		
Dierlijke mest	238	150
Depositie	33	33
Bagger	93	47
Totale N-aanvoer andere posten	364	276
Bijdrage andere posten aan NLV	157	100 (230 * 43%)
Percentage jaarlijks gemineraliseerd van totale N-aanvoer andere posten	43% (157 / 364 * 100%)	43% (aannahme onveranderd t.o.v. referentiescenario)
NLV	235 (78 + 157)	138 (39 + 100)
Minerale N-aanvoer uit dierlijke mest (45% van totale dierlijke mest N)	107	68
Minerale N uit kunstmest	108	0
Totale N beschikbaar voor grasgroei	364	179
	(235 + 107 * 60% + 108 * 60%)	(158 + 68 * 60%)
Mogelijke grasgroei bij gemiddeld 15% ruw eiwit	15.167	7.458
Mogelijke grasgroei bij gemiddeld 18% ruw eiwit	12.639	6.215
Mogelijke grasgroei bij gemiddeld 21% ruw eiwit	10.834	5.030

Rekening houdend met een dierlijke mestaanvoer van 150 kg N per ha en een benutting van 60% van minerale N zou er jaarlijks 199 kg N door het gras worden opgenomen bij het

scenario "Boeren met hoog water", ten opzichte van 364 kg in het referentiescenario. Afhankelijk van het ruw eiwitgehalte van het gras, zou dat een droge stofopbrengst kunnen betekenen van respectievelijk ca. 12.639 en 7.014 kg droge stof per ha met 18% ruw eiwit voor het referentiescenario en "boeren met hoog water".

Korevaar (1986) mat onder onbemeste omstandigheden een gemiddeld NLV van 214-246 kg per ha, en grasopbrengsten van gemiddeld 7.625-7.636 kg per ha met eiwitgehalten van 175 tot 200 g per kg. Dit ligt dicht bij de 235 kg NLV zoals nu in de Kringloopwijzer wordt aangenomen onder intensievere bemesting. Wanneer de gemeten NLV van Korevaar (1986) gecorrigeerd met 39 kg N (halvering van de bijdrage van veenmineralisatie aan NLV door verhoging grondwaterpeil) is deze dan ook nog altijd hoger (175-207 kg N) dan de schatting in Tabel 1 (138 kg N). Verder mat Korevaar (1986) bij een bemestingsniveau van 100 kg N (en bemesting van P en K) hogere gemiddelde N opnames van 263-307 kg N, dan de schatting in Tabel 1 bij een bemestingsniveau van 150 kg N uit dierlijke mest (179 kg N). Het is niet door Korevaar (1986) beschreven of er in de ook een bijdrage van bagger aan de organische stof toevoer was in de percelen van zijn onderzoek.

De gemeten NLV door Korevaar (1986), op percelen met een ontwatering ongeveer vergelijkbaar met het referentiescenario maar met een extensiever gebruik, lijkt daarmee dan ook hoger dan verwacht op basis van de aanname dat ook bij de metingen van Korevaar (1986) de veenmineralisatie een bijdrage van ca. één derde leverde aan de gras N-opname uit de bodem. Een belangrijke verklaring hiervoor zou kunnen liggen in de benutting van de hoeveelheid beschikbaar N uit mineralisatie en bemesting door gras. Mogelijk, wanneer het niveau van mineralisatie en bemesting daalt, kan de uit de bodem en mest gemineraliseerde N beter benut worden door gras. Het zou dus mogelijk kunnen zijn dat het NLV en/ of de benutting van bemesting bij "Boeren met hoog water" hoger is dan berekend is in tabel 1. Andere belangrijke variabelen van invloed op het NLV zijn het organische stofgehalte van de bodem (in elk geval 0-10 cm) en temperatuur in het groeiseizoen; waarbij bij hogere organische stofgehalten en / of hogere temperaturen het NLV hoger uitvalt (Pijlman *et al.* 2018b). Daarnaast zal uiteindelijk afhankelijk van het inschaar- of maaimoment de droge stofopbrengst per ha en ook het eiwitgehalte in de droge stof variëren. Later inscharen of maaien bij een hogere droge stofopbrengst zal doorgaans vaak lagere eiwitgehalten in het gras ten opzichte van eerder inscharen of maaien opleveren. Bijkomstigheid is dat de groeisnelheid van gras onder extensiever management lager zal zijn, waardoor gras vaker in bloei zal schieten, wanneer vergelijkbare maaisneden zullen worden geoogst als nu gebruikelijk zijn onder een intensievere bemesting. Dit zal gras met een relatief lagere eiwitwaarde geven.

Het bedrijf in het referentiescenario heeft volgens de BIN-referentie een grasproductie van 11.996 kg droge stof per ha, met een eiwitgehalte van ca. 17%. Dat betekent dat de grasproductie op basis van de bovenstaande benadering (Tabel 1) voor het referentiescenario

wat te gunstig wordt ingeschat. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de droge stofopbrengst van gras mogelijk in de praktijk gelimiteerd wordt door andere factoren dan de stikstofbeschikbaarheid (bijvoorbeeld vocht en temperatuur).

### ***Botanische samenstelling***

Mogelijk kunnen vlinderbloemigen zoals (rol)klaver of vrij-levende N-bindende bacteriën een extra bron van N geven in een relatief extensief graslandsysteem met een laag N-niveau zoals in het "boeren met hoog water" scenario. Korevaar (1986) vond beperkte effecten op de botanische samenstelling van het grasland onder een extensief beheer. Soorten bleven aanwezig, alleen vonden er verschuivingen plaats in het aandeel van soorten in de bovengrondse biomassa.

### ***Rundvee per hectare bij "boeren met hoog water"***

Eerder is toegelicht dat de veebezetting en biomassaproductie van grasland met elkaar samenhangen. In de bovenstaande paragraaf is een schatting gemaakt van de mogelijke grasproductie bij "boeren met hoog water" bij de aanname dat het bemestingsniveau uit dierlijke mest zakt naar 150 kg N per ha. In deze alinea is het vraagstuk omgedraaid en is geschat hoeveel dieren bij de geschatte grasproductie gehouden zouden kunnen worden. Als laatste is er gekeken of dit overeen komt met het in de bovenstaande paragraaf aangenomen bemestingsniveau van 150 kg N per ha uit dierlijke mest bij "boeren met hoog water". De veebezetting is geschat voor twee typen koeien, namelijk Holstein en Jersey. De Holstein (HF) koe is op dit moment het meest gebruikte koetype in de veenweiden. Onderzoek van Oldenbroek (1988) liet zien dat Jersey melkkoeien efficiënter waren bij een 100% ruwvoerrantsoen doordat ze een lagere behoefte voor onderhoud en groei hebben (en minder energie nodig hebben voor lactoseproductie) en doordat de voeropname capaciteit relatief hoog is ten opzichte van HF koeien. Vergelijkbare conclusies werden getrokken uit een onderzoek van Prendville *et al.* (2009). Daarnaast is op basis van de relatie tussen klauwoppervlak en gewicht van koeien (Koornneef, 2012), af te leiden dat lichtere koeien een lager gewicht per cm<sup>2</sup> klauwoppervlak hebben wat mogelijk interessant is bij "boeren met hoog water" aangezien een hoger grondwaterpeil kan leiden tot een verminderde draagkracht (Holshof *et al.* 2011). Overigens is het gewicht per cm<sup>2</sup> klauwoppervlak van beide rassen, afgeleid op basis van een gevonden verband tussen koegewicht en klauwoppervlak, gemiddeld lager (ca. 1.5 – 2.0 kg per cm<sup>2</sup> bij drie poten op de grond) dan de gemiddelde draagkracht gemeten bij een laag en hoog slootwaterpeil (3.7 vs. 2.7 kg per cm<sup>2</sup>) door Holshof *et al.* (2011). Wel is het voor de hand liggend dat natte plekken een lagere draagkracht hebben en dat koeien tijdens bijvoorbeeld lopen hogere gewichten per poot hebben.

In tabel 4 zijn de resultaten van een schatting van de mogelijk veebezetting weergegeven. De achterliggende aannames en berekeningen zijn in Bijlage 6 opgenomen. Een paar belangrijke aannames zijn:

- Tijdens de weideperiode zal het gras relatief kort ingeschaard kunnen worden. Mogelijk kunnen weidesystemen als kurzrasen (Hoekstra et al. 2017) worden toegepast, waardoor de energie- en eiwitgehalten van het opgenomen gras relatief hoog zullen liggen (aanname ca. 20% eiwit). Echter, om kuil te winnen voor de winterperiode zal relatief lang moeten worden gewacht om een redelijke snede te kunnen maaien, waardoor de energie- en eiwitgehalten van het kuilgras relatief lager uit zullen vallen (aanname ca. 15% eiwit). Het ruw eiwitgehalte ligt jaarrond gemiddeld op ca. 18%.
- Tijdens de zomerperiode zal het gras door het kort inscharen een vergelijkbare kwaliteit kunnen hebben als intensiever beheerd gras. Voor de berekening van de zomermelkproductie is daarom uitgegaan van de jaargemiddelde gehalten van vers zomergras (gehalten van 923 VEM en 77 g DVE per kg droge stof, Eurofins Agro, 2018). Echter de graskuil zal een lagere kwaliteit hebben door het maaien in een gemiddeld later groeistadium ten opzichte van intensiever beheerd grasland. Korevaar (1986) mat VEM waarden in de extensief beheerste graslanden van ca. 840 tot 890 per kg droge stof in vers gemaaid gras (welke zwaardere sneden waren dan weidegras, wat een negatief effect op de VEM heeft). Tijdens de veldperiode voor het drogen van het gras, in de kuil en tijdens vervoeding van kuilen treden omzettingen op welke een lagere VEM opleveren dan vers gras. Smeding en Langhout (2007) inventariseerden de gehalten van graskuilen van gewonnen van Friese beheersgraslanden. Zij concludeerden dat kuilen van beheersgraslanden ca. 550 tot 800 VEM, een DVE van 40-60 per kg droge stof en een negatieve OEB hadden. Op basis van deze literatuur, is pragmatisch voor de berekening van de wintermelkproductie aangenomen dat het kuilgras daarom 675 VEM en 50 g DVE bevat. Dit is het gemiddelde van Smeding en Langhout (2017) en tevens lager dan Korevaar (1987), rekening houdend met een energiewaarde daling als gevolg van omzettingen na maaien. Kuilgras met 50 g DVE is mogelijk bij een eiwitgehalte van 150 g per kg droge stof.

Tabel 4. Schatting mogelijke veebezetting en melkproductie per hectare bij het scenario 2 "boeren met hoog water", uitgewerkt voor Holstein en Jersey koeien.

	Holstein	Jersey
Graslandproductie (kg/ ha)	6.215	6.215
Gemiddeld eiwitgehalte gras (g/ kg)	180	180
Droge stofopname weidegras (kg/ dag)	17,2	14,5
Droge stofopname kuilgras (kg/ dag)	15,7	13,2
Melkkoeien (aantal/ ha)	0,64	0,76
Pinken (aantal/ ha)	0,21	0,25
Kalveren (aantal/ ha)	0,23	0,27
Melkproductie weidegras (kg/ melkkoe/ dag)	22,2	15,9
Melkproductie kuilgras (kg/ melkkoe/ dag)	11,3	8,6
Melkproductie (kg melk/ melkkoe/ jaar)	6.035	4.394
Melkproductie (kg melk/ ha/ jaar)	3.845	3.332
Melkproductie (kg meetmelk/ ha/ jaar)	3.987	4.212

De geschatte mogelijke vee-intensiteit, op basis van de aangenomen hoeveelheid grasproductie van 6.215 kg droge stof met gemiddeld 18% eiwit, is voor Holstein 0.8 GVE per ha. Het referentiebedrijf had een intensiteit van 2.25 GVE per ha, waarbij er 238 kg N per ha aan dierlijke mest beschikbaar was. Wanneer de beschikbare dierlijke mest wordt omgerekend naar rato van de GVE bezetting per ha en gecorrigeerd voor een lagere melkproductie (<5.200 kg melk per koe en ureum 18; RVO, 2018), zou het betekenen dat er bij "boeren met hoog water" ca. 78 kg N uit dierlijke mest beschikbaar is op basis van het Holstein koeien. Bij Jersey koeien zou er, vanuit gaande dat al het beschikbare ruwvoer met een ongeveer vergelijkbare voerefficiëntie kan worden benut voor melkproductie, ongeveer een vergelijkbare hoeveelheid N uit dierlijke mest beschikbaar zijn. Dit betekent dat de ingeschatte grasproductie, welke was gemaakt op basis van een dierlijke mestbeschikbaarheid van 150 kg N per ha, mogelijk aan de hoge kant was. Aangezien er weinig of geen (langdurige) metingen bekend zijn van het NLV en de grasproductie bij een grondwaterstand van ca. -20 cm in combinatie met een lage vee-intensiteit, is de hoeveelheid en kwaliteit gras die geteeld kan worden onder deze omstandigheden én de mogelijke veebezetting (rekening houdend met geen extern (kracht)voergebruik) niet heel erg duidelijk in te schatten.

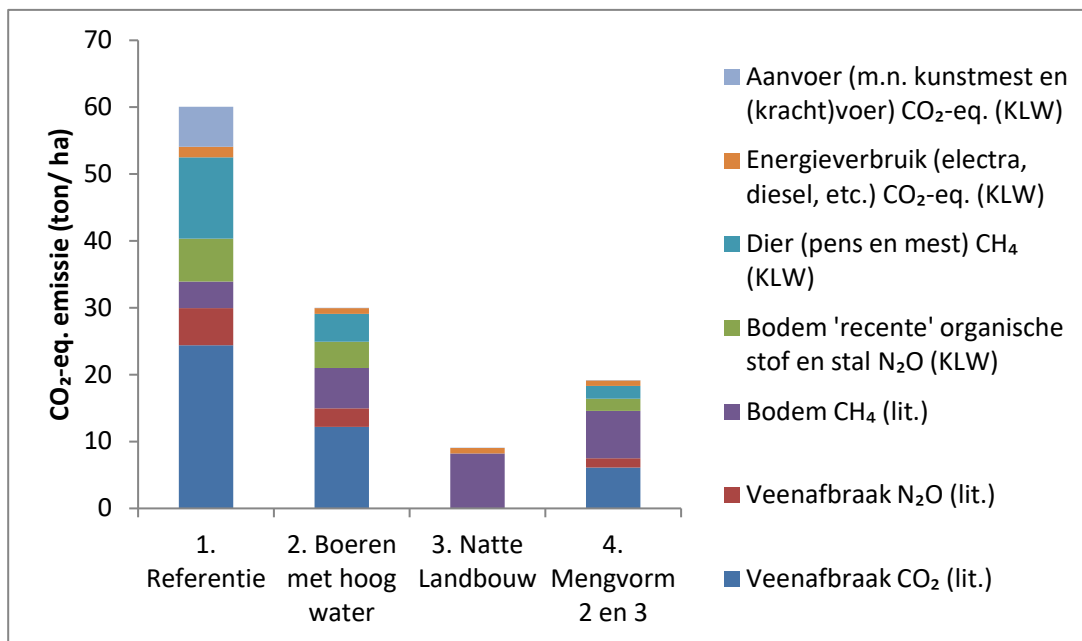
Enkele opmerkingen:

- Mogelijk zijn de gebruikte VEM en DVE gehalten overschat omdat gerapporteerde gemiddelden van vers gras (Eurofins, 2018) grotendeels afkomstig zijn van regulier bemeste percelen. Ook zou de botanische samenstelling bij een lagere vee intensiteit mogelijk wat kunnen veranderen of wordt er juist bewust voor gekozen kruiden en minder productieve grassen te telen welke minder energie en eiwit bevatten dan productieve grassen (Bruining, 2003).
- Het zal bij het scenario "boeren met hoog water" interessanter zijn om in het voorjaar meer koeien in het begin van de lactatie te hebben (voorjaarskalvende kudde), omdat de voederwaarde van vers gras (behoorlijk wat) hoger is dan van kuilgras en koeien bij lagere grashoogten geweid kunnen worden wat ook positief is voor de voederwaarde. In de winter zijn dan meer koeien in het einde van de lactatie of droogstand waarbij ze lagere voerbehoefden zullen hebben. Weidegang leidt mogelijk wel tot meer droge stof verlies van gras ten opzichte van maaien, vooral bij een minder draagkrachtige grond.
- De koeien zullen bij een volledig gras gebaseerd rantsoen tekorten krijgen aan mineralen. Dit zal aangevuld moeten worden om deficiënties en gevolgen hiervan (op gebied van gezondheid, vruchtbaarheid en productie) te voorkomen. Dit zou kunnen in de vorm van een mineralenbolus, of eventueel door de mineralen in krachtvoer te mengen en een kleine krachtvoergift te gaan toepassen. Ook kunnen kruiden in het grasland hier een belangrijke bijdrage geven (Wagenaar *et al.* 2017).

## 4 Geschatte broeikasgasemissies per bedrijfsscenario

In Figuur 1 zijn de geschatte gemiddelde broeikasgasemissies per bedrijfsscenario en per ha weergegeven. Dit op basis van de verschillende schattingen en aannames zoals uitgewerkt in hoofdstuk 2 en 3. De figuur is in tabelvorm opgenomen in Bijlage 7.

Broeikasgasemissies dalen per hectare bij 'boeren met hoog water' en het mengvorm scenario ten opzichte van het referentiescenario, terwijl ze per liter meetmelk stijgen. De gemiddelde broeikasgasemissies per liter meetmelk stegen van 4.2 kg CO<sub>2</sub>-eq bij het referentiescenario, naar 7.3 kg CO<sub>2</sub>-eq bij 'boeren met hoog water'.



Figuur 1. Geschatte gemiddelde broeikasgasemissies per bedrijfsscenario en per ha in CO<sub>2</sub>-equivalenten per hectare. Broeikasgasemissies zijn geschat op basis van literatuur (lit.) of met behulp van de Kringloopwijzer (KLW).

Van belang bij de interpretatie van dit figuur is te weten dat er spreidingen en onzekerheden achter de gemiddelden liggen. Een paar belangrijke zijn:

- Voor zover bekend zijn er geen directe vergelijkende broeikasgasmetingen gerapporteerd tussen een perceel met ca. 60 en een perceel met ca. 20 cm ontwatering, in de beschreven situaties. Het effect van grondwaterspiegelstijging op de reductie van emissies is indirect geschat op basis van een (verwachte) afname van de bodemdaling (Van den Akker *et al.* 2017; Hoving *et al.* 2018).
- Lachgas- en methaanemissies variëren waarschijnlijk, afhankelijk van factoren als de bodemtemperatuur en zuurstofgehalte, waarbij het kunnen managen van de grondwaterstand mogelijk een grote rol speelt in de verschillende scenario's.
- Broeikasgasemissies gerelateerd aan aanvoer, energieverbruik, methaan van pens en mest en lachgas gerelateerd aan 'recente' organische stof (niet-veen organische stof) in bodem en stal zijn ingeschat met behulp van rekenmodellen opgenomen in de Kringloopwijzer.



- Er zijn verschillende aannames en uitgangspunten gekozen, welke van invloed zijn op de berekende emissies. Deze zijn:
  - Voor het berekenen van de broeikasgasemissies in CO<sub>2</sub>-equivalenten is aangenomen dat een kilo CH<sub>4</sub> overeen komt van 28 kg CO<sub>2</sub> en een kilo N<sub>2</sub>O overeenkomt met 265 kg CO<sub>2</sub>, zoals ook wordt aangenomen bij de broeikasgasemissieberekeningen in de Kringloopwijzer (Schröder *et al.* 2018).
  - Voor alle scenario's is een situatie met een volledige veengrond (zonder kleidek) en een slootwaterpeil van 60 cm onder maaiveld genomen. De maaiveldaling is geschat op 10.8 mm (SD 3.9 mm), op basis van de gemiddelde maaiveldaling van veenweidepercelen (Kuikman *et al.* 2005). CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O emissies zijn geschat op basis van schattingsformules uitgaande van een organische stofgehalte van 80% in het veen, een bulkdichtheid van 140 kg per m<sup>3</sup>, een koolstofgehalte van 55% en een C/N verhouding van 20 van het organische veenmateriaal (Kuikman *et al.* 2005). Deze wijze van het berekenen van CO<sub>2</sub> emissies als gevolg van veenafbraak is bijvoorbeeld ook toegepast door Hoving *et al.* 2018. Bij "Boeren met hoog water" is uitgegaan van een halvering van de CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-emissies als gevolg van een grondwaterpeilverhoging door het verhogen van het slootwaterpeil naar ca. 20 cm onder maaiveld en het gebruik van onderwaterdrainage, ten opzichte van het referentiescenario (Van den Akker *et al.* 2017, Hoving *et al.*, 2018).
  - Er is aangenomen dat N<sub>2</sub>O emissies verwaarloosbaar worden bij volledige vernatting. Er is van uitgegaan dat er geen perceelsdelen droogvallen tijdens lange perioden van neerslagtekorten, en dat nitraatconcentraties in het water niet hoger zijn dan planten direct kunnen opnemen waardoor er geen gedeeltelijke denitrificatie zal optreden (Couwenberg *et al.*, 2011; Vroom *et al.*, 2018).
  - CH<sub>4</sub>-emissies zijn voor de verschillende scenario's afgeleid van Woestenburg, 2009 (in CO<sub>2</sub>-eq.), Van den Berg *et al.* 2016 en Van de Pol *et al.* 1998. Hierbij zijn de laagste en hoogste gerapporteerde waarden gemiddeld in Figuur 1.
  - De emissies van N<sub>2</sub>O van de bodem, CH<sub>4</sub> van pens en mest, energieverbruik en bedrijfsaanvoer voor het referentiescenario en "boeren met hoog water" zijn geschat met behulp van de Kringloopwijzer versie 2017.13 (Schröder *et al.* 2018).
  - De emissies bij "boeren met hoog water" zijn berekend voor zowel een scenario met Holstein en Jersey melkkoeien, met behulp van de Kringloopwijzer. In Figuur 1 is een gemiddelde van beide scenario's getoond.
  - Er is aangenomen dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van energieverbruik (elektriciteit, diesel, gas) gelijk blijft bij "natte landbouw", ten opzichte van "boeren met hoog water". Mogelijk geeft dit een overschatting, omdat bij "natte landbouw" bijvoorbeeld geen koeien meer gemolken worden of melk gekoeld wordt. Anderzijds zullen er andere werkzaamheden rondom de natte landbouw wel machinaal worden uitgevoerd. Tot nu toe is er dermate weinig ervaring met deze teelten dat het moeilijk is een specifiek energieverbruik per ha in te schatten.

- o Bij "natte landbouw" is er vanuit gegaan dat er geen veenvorming plaatsvindt, waardoor er geen rekening is gehouden met eventuele extra koolstofopslag in de bodem als gevolg van natte landbouw in de emissieberekening.
- o Bij "natte landbouw" is er vanuit gegaan dat er geen bemesting- of nutriënten-aanvoer nodig is. Mocht dit wel nodig zijn dan kan dit ook broeikasgasemissies met zich meebrengen.
- o Bij "natte landbouw" is geen rekening gehouden met het langdurig vastleggen van CO<sub>2</sub> (koolstof) in biomassa. Van den Berg (2017) mat een netto vastlegging van 8.940 kg CO<sub>2</sub> per ha in riet. Mits het riet voor een lange periode wordt gebruikt zonder dat het vastgelegde koolstof vrijkomt, zou CO<sub>2</sub> vastlegging voor die periode verrekend kunnen worden met de totale emissie. Uiteindelijk zal het vastgelegde koolstof in riet of biomassa vaak weer vrijkomen wanneer de toepassing afgedankt wordt (bijv. rieten dak wat na enkele decennia vervangen wordt).
- o Bij het scenario waar uitgegaan wordt van een mengvorm van "boeren met hoog water" op basis van Holstein koeien en "natte landbouw" is uitgegaan van een 50 / 50 verdeling van de bedrijfsinrichting. De helft van het bedrijf zou voor de productie van melk met Holstein koeien ingezet kunnen worden, en bijvoorbeeld lager gelegen percelen welk (te) nat worden voor de grasteelt zouden als natte landbouw ingericht kunnen worden.

## 5 Saldo effecten

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de vier bedrijfsscenario's op het saldo uitgewerkt (Tabel 5). Voor het referentiebedrijf zijn gegevens van 2015 overgenomen van BINternet (2018), klasse 250-500.000 euro standaard opbrengst, aangezien het referentiescenario was berekend op BIN gemiddelden van de periode 2014-2016 en de berekende standaard opbrengst van het referentiebedrijf ca. 282.000 euro was. Hierbij zijn de bedragen van BINternet (uitgedrukt per koe per jaar) omgerekend naar bedragen per ha.

De opbrengsten en kosten van "boeren met hoog water" zijn naar rato omgerekend ten opzichte van het referentiescenario op basis van de geschatte meetmelkproductie per ha met Holstein koeien (3.987 vs. 14.971 kg meetmelk per ha), met uitzondering van de melkopbrengsten. Voor de melkopbrengsten is aangenomen dat de melk als biologisch afgezet kan worden, waarbij een liter melk 10 cent extra opbrengst oplevert ten opzichte van het referentiescenario. Kosten voor krachtvoer, ruwvoer, vochtrijke diervoeders en meststoffen zijn als 0 geschat, omdat er geen externe inputs meer worden gebruikt in het bedrijf.

Voor de saldoberekening van "natte landbouw" zijn de volgende aannames en uitgangspunten gebruikt:

- Gegevens zijn met name gebaseerd op riet- en lisdoddeteelt, omdat van deze teelten relatief veel bekend is en vooral lisdodde als meest kansrijk wordt gezien als natte teelt. Hierbij is de aanname gemaakt dat biomassa in de winter wordt geoogst (relatief lage nutriënten onttrekking).
- Inrichtingskosten zijn geschat op € 4.000 per ha, en worden in 10 jaar afgeschreven (5.000 planten per ha à 0,40 cent per stuk en € 2.000 plantkosten).
- Beheer- en onderhoudskosten zijn geschat op € 250 per ha op basis van een relatief extensief beheer (Factsheets natte teelten, 2016)
- Er is gerekend met een biomassa-opbrengst van 15 ton per ha per jaar, tegen een verkoopwaarde van € 100 per ton. Verwerkers uit de markt zijn bereid tussen de € 100 en € 200 per ton ruwe droge biomassa te betalen, afgeleverd bij een verwerkingseenheid (Duursen en Nieuwenhuijs, 2016).
- Oogst- (€ 300 per ha), opslag- (€ 75 per ton) en transportkosten (€ 150 per ton naar verwerkingseenheid op maximaal 10 km) zijn afgeleid van de rietooft (Daatselaar *et al.* 2009).
- Eventueel zijn er nog kosten voor een dynamisch peilbeheer rondom de oogst.
- In deze saldoberekening is aangenomen dat er niet bemest wordt voor de teelt van lisdodde, m.a.w. dat er voldoende nutriëntenaanvoer zal zijn vanuit de bodem en oppervlaktewater voor gemiddeld 15 ton droge stof winteroogst.

Tabel 5. Geschatte saldo-effecten per bedrijfsscenario per ha per jaar (bedragen in €, excl. btw). In de saldoberekening is geen rekening gehouden met eventuele subsidies of vergoedingen (bijvoorbeeld voor koolstof opslag).

	Bedrijfsscenario			
	1. Referentie	2. Boeren met hoog water	3. Natte land- bouw	4. 50/50 meng- vorm van 2 en 3
<b>Totaal opbrengsten per ha</b>	<b>5.417</b>	<b>1.841</b>	<b>1.500</b>	<b>1.671</b>
Melk	4.928	1.711		856
Omzet en aanwas	374	100		50
Overige opbrengsten veehouderij	115	31		15
Biomassa natte teelten	0	0	1.500	750
<b>Totaal toegerekende kosten melkveehouderij per ha</b>	<b>2.502</b>	<b>210</b>	<b>0</b>	<b>105</b>
Krachtvoer	1.118	0	0	0
Ruwvoer	358	0	0	0
Vochtrijke diervoeders	115	0	0	0
Melk	63	17	0	8
Mineralen	54	14	0	7
Weidegeld	7	2	0	1
Diergezondheid	165	44	0	22
Meststoffen	124	0	0	0
Overig (o.a. loonwerk, energie en brandstof)	500	133	0	67
<b>Totaal toegerekende kosten natte landbouw per ha</b>			<b>1.175</b>	<b>588</b>
Meststoffen			0	0
Afschrijving kosten aanplant in 10 jaar			400	200
Beheer en onderhoud			250	125
Dynamisch peilbeheer rond de oogst			p.m.	p.m.
Oogsten (excl. hakselen/ drogen/ etc.)			300	150
Opslag en transport			225	113
<b>Saldo, opbrengsten minus toegerekende kosten per ha</b>	<b>2.914</b>	<b>1.631</b>	<b>325</b>	<b>978</b>
Gemiddelde daling CO <sub>2</sub> -eq. emissie t.o.v. het referentiescenario (kg/ ha)		30.915	51.039	40.908
Saldodaling t.o.v. het referentiescenario in € per ton vermeden CO <sub>2</sub> -eq. emissie, per ha		41	51	47

Het saldo per ha is in de referentiescenario het hoogst (€ 2.914), wat voornamelijk het gevolg is van de hogere melkproductie per ha ten opzichte van de andere scenario's. Het saldo per koe bij "boeren met hoog water" ten opzichte van het referentiescenario is echter wel hoger (€ 1.510 vs. € 2.567 per melkkoe, berekening niet getoond). Bij "boeren met hoog water" is het saldo € 1.631 per ha, en bij "natte landbouw" € 325 per ha. Omdat scenario 4 geschat is als een 50 / 50 mengvorm van de scenario's "boeren met hoog water" en "natte landbouw", ligt het geschatte saldo precies tussen deze scenario's in (€ 978 per ha). Wanneer de daling van het saldo wordt verrekend met de vermindering van CO<sub>2</sub>-eq. emissies t.o.v. het referentiescenario, geeft "boeren met hoog water" een saldo daling van 41 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq., "natte landbouw" een saldo daling van 51 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq. en het mengvormscenario een saldodaling van 47 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq. Ter vergelijking, op dit moment houden MVO koplopers rekening met een waarde van € 30 tot € 110 per ton CO<sub>2</sub>-eq. als mogelijk toekomstig handelbaar emissierecht (Reinhoudt en Schuurman, 2018).

## 6 Biodiversiteit, weidevogels en regionale voedselvoorziening

### *Biodiversiteit en weidevogels*

In het scenario “boeren met hoog water” ten opzichte van het referentiescenario worden de percelen minder bemest en extensiever beheerd. In combinatie met een afgestemd management kan dit gunstig zijn voor weidevogels. De lagere grasgroei zorgt voor een latere eerste snede met meer ruimte voor kruiden wat gunstig is voor de beschikbaarheid van voedsel en overleving van weidevogelkuikens (Kentie *et al.* 2013). Ook laat een minder productief land meer ruimte voor verschillende plantensoorten, waardoor er gekozen kan worden voor soorten die vaker in bloei staan of mogelijk voor bloemrijkere slootkanten wat gunstig is voor de biodiversiteit. Een voorbeeld van een praktijkbedrijf wat dit toepast is de Klaverhoeve in Oosthuizen ([www.klaverhoeve.com](http://www.klaverhoeve.com)). Een lagere grasgroei die resulteert in meer gras- en plantensoorten resulteert daarnaast ook in verschillen in vegetatiehoogte, welke positief kan zijn voor weidevogels.

Bij “natte landbouw” zijn effecten op biodiversiteit en weidevogels moeilijker in te schatten. Gewassen als riet en lisdodde zullen niet gunstig zijn voor weidevogels omdat ze een relatief hoge, gesloten productievegetatie vormen. Een volledige inrichting van een gebied met natte teelten is dan ook vanuit een oogpunt van weidevogels niet gewenst. Weinig is er bekend over of weidevogels zich vestigen tussen lagere gewassen als cranberries welke grote delen van het jaar een kleine ontwatering vereisen. Het scenario “natte landbouw” zal, sterk afhankelijk van de toegepaste teelt en management, een andere biodiversiteit opleveren dan “boeren met hoog water”. In proefvelden met lisdodde op Zegveld werden bijvoorbeeld kikkers, meerkoeten en eenden gezien, en aan het begin van het broedseizoen werden bij lisdodden in Brabant kraanvogels gezien. Op het gebied van flora werden ook andere soorten tussen de lisdodde gezien zoals pijlkruid (Veen, Voer en Verder, 2018). Voor zover bekend, zijn er geen studies gedaan naar biodiversiteit en weidevogels in relatie tot natte teelten.

Bij een combinatie van “boeren met hoog water” en “natte teelten” is het moeilijk in te schatten wat effecten op weidevogels zullen zijn. Onder andere de ruimtelijke bedrijfsinrichting en de soort natte teelt zal een belangrijke rol spelen. Weidevogels houden van een open landschap. Natte teelten kunnen het open landschap beperken, mogelijk meer ruimte geven voor predatoren, of mogelijk voor een alternatieve voedselvoorziening zorgen voor predatoren en daarmee de predatie op weidevogels beperken.

### *Regionale voedselvoorziening*

Zowel in het referentiescenario als bij “boeren met hoog water” is de bijdrage aan de hoeveelheid en de diversiteit van de regionale voedselvoorziening relatief laag. Er wordt vooral melk en vlees geproduceerd, en het overgrote deel van deze productie wordt waarschijnlijk niet regionaal afgezet/ geconsumeerd. Wel zijn er voorbeelden van bedrijven die bijvoorbeeld kaas uit veenweidegebieden regionaal afzetten. In het scenario van “boeren met hoog water” kan dit mogelijk wel als melk met hogere waarde (biologisch, Top melk, etc.) of

juist regionaal als een streekproduct worden vermarkt. Bij "natte landbouw" kan de bijdrage aan de hoeveelheid en de diversiteit van de regionale voedselvoorziening in potentie groter zijn dan bij het referentiescenario en "boeren met hoog water". Wanneer "natte landbouw" betekent dat er lisdodden worden geteeld voor bouwmetaal daalt de bijdrage aan de regionale voedselvoorziening. Echter vele teelten zoals lisdodde, pijlkruid, wilde rijst en cranberry zijn ook geschikt voor de productie van humane voeding, net als eventueel visteelt of het houden van gevogelte. Daarmee is in potentie het aanbod van producten diverser met natte teelten, al wordt op dit moment vooral de teelt van lisdodde voor bouwmetaal als belangrijke potentiële natte teelt gezien.

## 7 Conclusies

- Melkveehouderij in het referentiescenario geeft een broeikasgasemissie van ca. 56-64 ton CO<sub>2</sub>-eq. per ha. Het scenario "boeren met hoog water" halveert deze emissie ongeveer tot ca. 29-31 ton CO<sub>2</sub>-eq. per ha, en "natte teelten" verlaagt de emissie verder naar ca. 9 ton CO<sub>2</sub>-eq. per ha. Wanneer de daling van het saldo wordt verrekend met de vermindering van CO<sub>2</sub>-eq. emissies t.o.v. het referentiescenario, geeft "boeren met hoog water" een saldo daling van 41 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq., "natte landbouw" een saldo daling van 51 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq. en het mengvormscenario een saldodaling van 47 euro per ton CO<sub>2</sub>-eq. Ter vergelijking, op dit moment houden MVO koplopers rekening met een waarde van € 30 tot € 110 per ton CO<sub>2</sub>-eq. als mogelijk toekomstig handelbaar emissierecht (Reinhoudt en Schuurman, 2018). Per liter geproduceerde meetmelk stijgt de emissie bij "boeren met hoog water" met ca 3.1 kg CO<sub>2</sub>-eq, met name als gevolg van een daling van de meetmelkproductie per ha.
- De CO<sub>2</sub>-eq. emissies als gevolg van veenafbraak dragen voor ongeveer voor de helft van de totale emissies per ha bij in het referentiescenario, met een gemiddelde grondwaterstand van 60 cm onder maaiveld. Het verhogen van het grondwaterpeil naar ca. 20 cm onder maaiveld, met behulp van verhoogde slootwaterpeilen en onderwaterdrainage kan deze emissies gerelateerd aan veenafbraak ongeveer halveren omdat er een rechtlijnig verband te verwachten is tussen broeikasgasemissie daling en de verhoging van de grondwaterstand, op basis van theorie. Er zijn echter, voor zover bekend, nog geen directe (flux) metingen gerapporteerd die onderbouwen dat een verhoogd grondwaterpeil als gevolg van een verhoogd grondwaterpeil door onderwaterdrainage en verhoogde slootpeilen ook daadwerkelijk lagere CO<sub>2</sub>-emissies geven. Tot nu toe is de aanname van de halvering van CO<sub>2</sub>-emissies bij "boeren met hoog water" gebaseerd op de gemeten remming van de bodemdaling op een aantal verschillende locaties. Dat N<sub>2</sub>O-emissies gerelateerd aan veenafbraak ook als gevolg van het verhogen van grondwaterpeilen dalen, is ook een gemaakt aanname op basis van de remming van bodemdaling. Ook hier geldt dat er voor zover bekend geen of onvoldoende directe metingen zijn gerapporteerd om deze aanname met metingen te onderbouwen.
- Voor N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>-emissies liggen de verhoudingen tussen de scenario's ingewikkelder dan voor CO<sub>2</sub>. Bij "boeren met hoog water" ten opzichte van het referentiescenario bestaat het risico op een grotere variatie in lachgasemissies, als gevolg van bijvoorbeeld meer risico op vertrapping door runderen, in bijvoorbeeld plaatsen met wat kwel of wat lager gelegen perceel delen. Daarnaast lijkt het, in elk geval theoretische bezien, dat bij "boeren met hoog water" en "natte landbouw" wisselingen in grondwaterpeilen onder het maaiveld variaties in lachgas- en ook methaanemissies kunnen vergroten. Voor lachgas omdat wisselende omstandigheden van anaerobie en aerobie gedeeltelijke denitrificatie tot gevolg zouden kunnen hebben. Voor methaan omdat het gevormd wordt van relatief jonge organische stof (bijv. wortels) onder anaerobe omstandigheden. Mogelijk kunnen natte plekken in percelen (tijdelijke) emissiepieken geven, m.a.w.

de spatiale variatie binnen percelen speelt mogelijk een belangrijke rol in uiteindelijke emissies. Wat gebeurt er bijvoorbeeld met urine geloosd door een koe in een natte plek? Bij "natte landbouw" levert het eventueel uitzakken van de waterstand onder maaiveld pieken van methaan- en / of lachgasemissie op. Voor zover bekend, zijn er weinig directe vergelijkende metingen van methaan- en lachgasemissies bij bijvoorbeeld wel of geen wisselingen in het (grond)waterpeil. Lachgas- en methaanemissies kunnen als gevolg van 'recente' N aanvoer op de bodem mogelijk toenemen bij een hoger grondwaterpeil ten opzichte van het referentiescenario met ca. 60 cm ontwatering, al nemen de lachgasemissies gerelateerd aan veenafbraak af bij een hoger grondwaterpeil. Bij volledige vernatting kan vooral methaanemissie nog een belangrijke bijdrage geven aan de totale broeikasgasemissies per ha.

- Belangrijke onzekerheid om het scenario "boeren met hoog water" goed in te schatten, is dat er onvoldoende onderzoek naar het stikstof leverend vermogen (NLV) is gedaan onder de specifieke scenario omstandigheden. Dit maakt de mogelijke grasproductie en veebezetting moeilijk in te schatten. Om het NLV onder deze omstandigheid goed te kunnen bepalen is meerjarig onderzoek nodig, in de situatie waarbij percelen een 'stabiële' nutriënten aan- en afvoer hebben bereikt.
- De geschatte totale emissie per ha is bij "boeren met hoog water" en het gebruik van Holstein of Jersey koeien relatief weinig verschillend (ca. 29 vs. 31 ton CO<sub>2</sub>-eq. per ha, respectievelijk). Eventuele effecten van een verschil in omzet en aanwas en de verkoop van vlees zijn in deze vergelijking niet meegenomen.
- Er zijn aanwijzingen in de literatuur dat toepassen van klei-in-veen, het verzilten van het veen, en het verlagen van de pH een remmend effect hebben op aerobe veenafbraak. Met uitzondering van klei-in-veen, kunnen negatieve effecten verwacht worden van verzilting of een pH daling in de bodem op de gras-/ biomassagroei wanneer deze maatregelen op een niveau worden ingezet waarbij de veenafbraak wordt geremd.
- Het scenario "boeren met hoog water" is waarschijnlijk gunstiger voor weidevogels en biodiversiteit, ten opzichte van het referentiescenario. Het scenario "natte landbouw" is mogelijk niet gunstig voor weidevogels als het open landschap erdoor verdwijnt en / of het maaiveld permanent onder water staat. "Natte landbouw" geeft een andere biodiversiteit dan het referentiescenario of "boeren met hoog water".
- Op het gebied van regionale voedselvoorziening zijn effecten van het bedrijfsscenario "boeren met hoog water" zeer klein. Het aanbod van voedsel is bij het scenario "natte landbouw" in potentie diverser, al hangt het sterk af van welke teelt(en) er toegepast word(t)(en). Lisdoddeteelt voor bouwmaterialen draagt niet bij aan de regionale voedselvoorziening.
- Rondom natte teelten zijn zeer beperkte ervaringen naar inrichting, teelt- en oogst, afzet en ook saldo-effecten. Daarom zijn de geschatte effecten van het bedrijfsscenario



“natte landbouw” en de combinatie van “boeren met hoog water” en “natte landbouw” grotendeels onzeker. Anderzijds zijn er vele inrichtingsmogelijkheden denkbaar, wat ook betekent dat er diversiteit in de potentie van dit scenario is.

- De uitwerking van de scenario’s in deze voorstudie is gedaan met als uitgangspunt de huidige landbouw/ melkveehouderij, met als doel het komen tot een robuuste bedrijfsinrichting van een (melkvee)bedrijf. Naast het komen tot een robuuste bedrijfsinrichting, is het voor een robuuste inrichting van een gebied ook van belang te kijken naar de regionale inrichting in relatie tot effecten op klimaatmitigatie, bodem, lucht, water, landschap en maatschappelijke aspecten. Bijvoorbeeld, bij het verder sluiten van kringlopen op regionaal niveau zal ook rekening houdend moeten worden met stromen in en uit steden en dorpen.

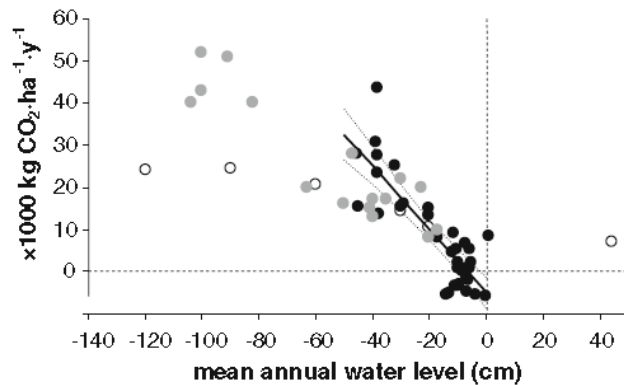
## 8 Literatuur

- Amador, J., & Jones, R. D. 1993. Nutrient limitations on microbial respiration in peat soils with different total phosphorus content. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(6), 793-801.
- Arets, E. J. M. M., van der Kolk, J. W. H., Hengeveld, G. M., Lesschen, J. P., Kramer, H., Kuikman, P. J. & Schelhaas, M. J. 2017. Greenhouse gas reporting for the LULUCF sector in the Netherlands: methodological background, update 2016, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment, Wageningen.
- Bergman, I., Lundberg, P., & Nilsson, M. 1999. Microbial carbon mineralisation in an acid surface peat: effects of environmental factors in laboratory incubations. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(13), 1867-1877.
- Binternet, 2018. Technisch resultaat, saldo en prijs. Melkveehouderij. <https://www.agrimatie.nl/Binternet.aspx?ID=15&Bedrijfstype=1&SelectedJaren=2017%402016%402015%402014&GroteKlassen=Alle+bedrijven>. Bezocht op 8 november 2018.
- Brouns, K., Verhoeven, J. T., & Hefting, M. M. 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.
- Bruining, M.H. 2003. Forages from intensively managed and semi-natural grasslands in the diet of dairy cows. PhD thesis, Wageningen University.
- Couwenberg, J. & Fritz, C. 2012. Towards developing IPCC methane 'emission factors' for peatlands (organic soils) *Mires and Peat* 10: Art. 3.
- Couwenberg, J., A. Thiele, F. Tanneberger, J. Augustin, S. Bärtsch, D. Dubovik, N. Liashchinskaya, D. Michaelis, M. Minke, A. Skuratovich and H. Joosten. 2011. Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologica* 674, 67-89.
- Couwenberg, J. 2018. Some facts on submerged drains in Dutch peat pastures. [http://www.imcg.net/media/2018/imcg\\_bulletin\\_1806.pdf](http://www.imcg.net/media/2018/imcg_bulletin_1806.pdf). Bezocht op 24 oktober 2018.
- Cheshire, M. V., & Chapman, S. J. 1996. Influence of the N and P status of plant material and of added N and P on the mineralization of C from 14 C-labelled ryegrass in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 21(3), 166-170.
- CVB. 2016. Tabellenboek veevoeding 2016. Voedernormen rundvee, schapen, geiten en voederwaarden voedermiddelen voor herkauwers. CVB-reeks nr. 52, Federatie Nederlandse Diervoederketen.
- Daatselaar, C.H.G., K. Hoogendam en K.J. Poppe. 2009. De economie van het veenrietweidebedrijf. Een quickscan voor West-Nederland. InnovatieNetwerk, Utrecht, Nederland.
- Deru, J. G. C, Bloem, J., de Goede, R., Keidel, H., Kloen, H., Rutgers, M., van den Akker, J., Brussaard, L. and van Eekeren, N. 2018a. Soil ecology and ecosystem services of dairy and semi-natural grasslands of peat. *Appl. Soil Ecol.* 125, 26-34.
- Deru, J. G. C., J. Bloem, R. de Goede, N. Hoekstra, H. Keidel, H. Kloen, A. Nierop, M. Rutgers, T. Schouten, J. van den Akker, L. Brussaard en N. van Eekeren. 2018b. Predicting soil N supply and yield parameters in peat grasslands. *Appl. Soil Ecol.* <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.10.018>.
- Deru, J. G. C., J. Bloem, I. Hoving, J. van den Akker, N. van Eekeren, R. de Goede en L. Brussaard. 2018c. Effect of submerged drains in peat meadows on soil quality and ecosystem services. In voorbereiding.
- De Wit, J., S. van der Goor, J. Pijlman en N. van Eekeren. 2018. Opbouw organische stof met blijvend grasland. V-focus april 2018.
- Dietz, M., S. Machill, H.C. Hoffmann en K. Schmidtke. 2013. Inhibitory effects of *Plantago lanceolata* L. on soil N mineralization. *Plant and Soil* 368, 445-458.
- Factsheets natte teelten, 2016. Veldcongres natte teelten, 30 september 2016, Zegveld. <https://www.veenweiden.nl/biomassa/veldcongres-natte-teelten-in-het-veengebied/>. Bezocht op 12 november 2018.
- Fernández-Calviño, D., E. Bååth. 2010. Growth response of the bacterial community to pH in soils differing in pH, *FEMS Microbiology Ecology* 73, 149-156.
- Freeman, C., *et al.* 2001. Export of organic carbon from peat soils. *Nature* 412.6849: 785.
- Freeman, C., Ostle, N. J., Fenner, N., & Kang, H. 2004. A regulatory role for phenol oxidase during decomposition in peatlands. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(10), 1663-1667.

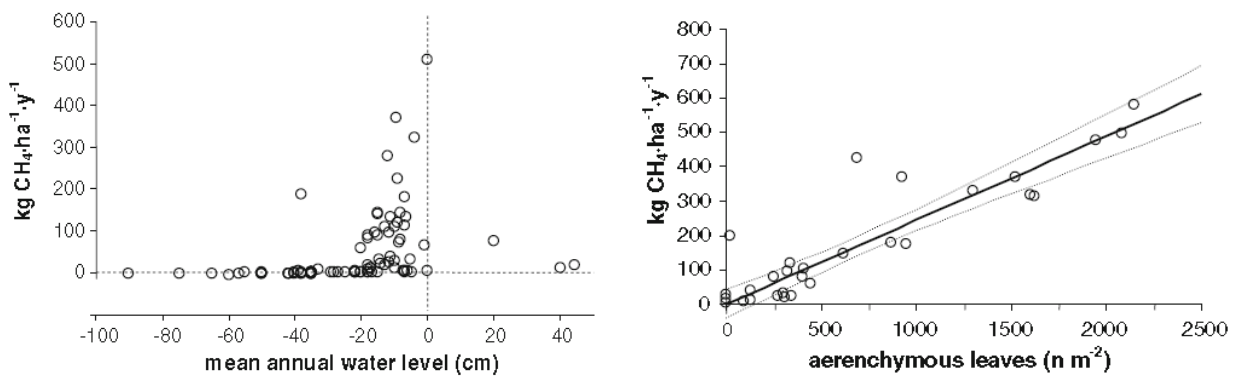
- Günther, A., V. Huth, G. J. Inski and S. Glatzel. 2015. The effect of biomass harvesting on greenhouse gas emissions from a rewetted temperate fen. *GCB Bioenergy* 7, 1092–1106.
- Hoekstra, N.J., N.J.M. van Eekeren, K. van Houwelingen, F. Lenssinck, H. Rijnveld, G. Holshof. 2017. Beveiding in het Veenweidegebied: Kurzrasen versus stripgrazen. *V-focus*. April 2017, 30-31.
- Holshof, G., K.M. van Houwelingen en F. Lenssinck. 2011. Landbouwkundige gevolgen van peilverhoging in het veenweidegebied. Wageningen UR Livestock Research rapport 526.
- Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker en M. Pleijter, 2009. Hydrologische en landbouwkundige effecten gebruik 'onderwaterdrains' op veengrond. Animal Sciences Group van WUR, Lelystad. Rapport 102.
- Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker en M. Pleijter, 2011. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing 'onderwaterdrains' in polder Zeevang. Lelystad, Wageningen-UR Livestock Research. Rapport 449.
- Hoving, I.E., P. Vereijken, K. van Houwelingen en M. Pleijter. 2013. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains bij dynamisch slootpeilbeheer op veengrond. Wageningen UR Livestock Research rapport 719.
- IMCG, IMCG Resolution 2018 on drained peatlands, with special reference to The Netherlands. 2018. <http://www.imcg.net/media/resolutions/IMCG%202018%20Resolution%20on%20drained%20peatlands%20with%20special%20reference%20to%20the%20Netherlands.pdf>. Bezocht op 24 oktober 2018.
- Jansen, P.C., R.F.A. Hendriks en C. Kwakernaak, 2009. Behoud van veenbodems door ander peilbeheer; maatregelen voor een robuuste inrichting van het westelijk veenweidegebied. Alterra, rapport 2009. Wageningen.
- Kalbitz, K., Solinger, S., Park, J. H., Michalzik, B., & Matzner, E. 2000. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. *Soil science*, 165(4), 277-304.
- Kentie, R., J.C.E.W. Hooijmeijer, K.B. Trimbos, N.M. Groen, T. Piersma. 2013. Intensified agricultural use of grasslands reduces growth and survival of precocial shorebird chicks. *Journal of Applied Ecology* 50, 243-251.
- Korevaar, H. 1986. Productie en voederwaarde van gras bij gebruiks- en bemestingsbeperkingen voor natuurbeheer. Proefschrift, rapport 101, Proefstation voor de rundveehouderij, schapehouderij en paardenhouderij (PR), Lelystad.
- Koornneef, A. 2012. 'De ideale veenweidekoe'. Onderzoek naar de mogelijkheden van selectie op klauwoppervlak bij koeien. Afstudeerrapport Hogeschool Inholland.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker, F. de Vries. 2005. Emissie van N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> uit organische landbouwbodems. Alterra-rapport 1035-2.
- LMN, 2017. Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Stikstofbemesting per ha – Melkveehouderij (versie 5<sup>th</sup> juli 2018). <http://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpublID=2523&sectorID=2245&the-malID=2758&indicatorID=2772>. Bezocht op 30 oktober 2018.
- Lof, M., S. Schenau, R. de Jong, R. Remme, C. Graveland en L. Hein. 2017. The SEEA EEA carbon account for the Netherlands. Report by Statistics Netherlands and Wageningen University, Den Haag.
- Oldenbroek, J.K. 1988. Feed intake and energy utilization in dairy cows of different breeds. Proefschrift. Research institute for animal production Schoonoord, IVO Report B-311.
- Pijlman, J., G. Holshof, W. van den Berg, G. H. Ros, J. W. Erisman, N. van Eekeren. 2018b. Prediction of grass nitrogen uptake of dairy grasslands on peat soils in the Netherlands – an analysis of multiple data sets. In review bij *Plant and Soil*.
- Pijlman, J., J. Geurts, R. Vroom, M. Bestman, C. Fritz en N. van Eekeren. 2018a. The effects of harvest date and frequency on the yield, nutritional value and mineral contents of the paludiculture crop cattail (*Typha latifolia* L.) in the first year after planting. Geaccepteerd voor publicatie in *Mires en Peat*.
- Prendville, R., K.M. Pierce, F. Buckley. 2009. An evaluation of production efficiencies among lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey x Holstein-Friesian cows at pasture. *Journal of Dairy Science* 12, 6176-6185.
- Günther, A., V. Huth, G. J. Inski and S. Glatzel. 2015. The effect of biomass harvesting on greenhouse gas emissions from a rewetted temperate fen. *GCB Bioenergy* 7, 1092–1106.

- Reinhoudt, J. en M. Schuurman, 2018. Bereid je voor op een reële CO<sub>2</sub>-prijs, MVO-koplopers rekenen met 30 tot 110 euro per ton. MVO Nederland, 4 juni 2018. <https://mvonederland.nl/nieuws/bereid-je-voor-op-een-re-le-co2-prijs-mvo-koplopers-rekenen-met-30-tot-110-euro-ton>. Bezocht op 14 november 2018.
- Rousk J, Brookes PC, Bååth E. 2009. Contrasting soil pH effects on fungal and bacterial growth suggests functional redundancy in carbon mineralisation. *Appl Environ Microbiol* 75: 1589–1596.
- RVO, 2018. Mest – tabellen en normen. [https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-beleid/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen?utm\\_campaign=376964324&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=262199743900&utm\\_term=%2Bmest%20%2Btabellen&adgroup=26603916644&qclid=EA1a1OobChMlwqLt5orR3glVV-h3Ch0rHqL6EAAYASAAEgl21vD\\_BwE](https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-beleid/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen?utm_campaign=376964324&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=262199743900&utm_term=%2Bmest%20%2Btabellen&adgroup=26603916644&qclid=EA1a1OobChMlwqLt5orR3glVV-h3Ch0rHqL6EAAYASAAEgl21vD_BwE). Bezocht op 6 november 2018.
- Schröder, J. J., L. B. Sebek, J. Oenema, J. G. Conijn en J. de Boer. 2018. Rekenregels van de Kringloopwijzer 2017. Wageningen Research rapport WPR-790.
- Smeding, F. en J. Langhout. 2007. Meer dan beheer. Melken van beheersgras. Brochure LV62. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Sonneveld, M.P.W. en Lantinga, E.A. 2011. The contribution of mineralization to grassland N uptake on peatland soils with anthropogenic A horizons. *Plant Soil* 340, 357-368.
- Schrier-Uijl, A.P., P.S. Kroon, P.A. Leffelaar, J.C. van Huissteden, F. Berendse en E.M. Veenendaal. 2010. Methane emissions in two drained peat agro-ecosystems with high and low agricultural intensity. *Plant and Soil* 329, 509-520.
- Van de Pol, A. 1998. Methane emissions from grasslands. PhD thesis, Wageningen University, ISBN 90-5485-911-3.
- Van den Akker J.J.H. en Hendriks R.F.A. 2017. Diminishing peat oxidation of agricultural peat soils by infiltration via submerged drains. *Proceedings of the Global Symposium on Soil Organic Carbon 2017*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. pp. 436-439.
- Van den Berg, M., J. Ingwersen, M. Lamers and T. Streck. 2016. The role of phragmites in the CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> fluxes in a minerotrophic peatland in southwest Germany. *Biogeosciences* 13, 6107–6119.
- Van Duursen, J. en A. van Nieuwenhuijs. 2016. Marktverkenning Paludicultuur. Kansen voor de landbouw in veenweidegebieden met behoud van veen. Holland Biodiversity B.V. & Quivertree.
- Van Eekeren, N., J. Deru, N. Hoekstra en J. de Wit. Carbon Valley. Organische stofmanagement op melkveebedrijven. Ruwvoerproductie, waterregulatie, klimaat en biodiversiteit. Louis Bolk Instituut brochure 2018-002 LbD.
- Van Groenigen, J. W., Kuikman, P. J., De Groot, W. J. M. & Velthof, G. L. 2005. Nitrous oxide emission from urine-treated soil as influenced by urine composition and soil physical conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 463-473.
- Van Kekem, A. J. 2004. Veengronden en stikstofleverend vermogen. Wageningen, Alterra rapport 965.
- Van Schooten, H. A. en K. M. van Houwelingen. 2017. Bemestende waarde van bagger in het voorjaar. Wageningen Livestock Research, Rapport 1075.
- Veen, Voer en Verder. 2018. Biodiversiteit: uitdagingen en kansen. Nieuwsbrief april 2018. <https://www.veenweiden.nl/veen-voer-en-verder/biodiversiteit-uitdagingen-en-kansen/>. Bezocht op 13 november 2018.
- Vellinga, Th.V. en André, G. 1999. Sixty years of Dutch nitrogen fertiliser experiments, an overview of the effects of soil type, fertiliser input, management and of developments over time. *Neth. J. Agric. Sci.* 47, 215-241.
- 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., J. de Wit, A.J.T.M. Hospers-Brands, W.J.M. Cuijpers, N.J.M. van Eekeren. 2017. Van geperd naar gekruid grasland: Functionaliteit van kruiden in grasland. Rapport 2017-022. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Wichtmann, W., Schröder, C. and Joosten, H. (eds.) 2016. Paludiculture – productive use of wet peatlands. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, Duitsland.
- Woestenburg, M. (ed), 2009: Waarheen met het veen. Kennis over keuzes in het westelijk veenweidegebied. Uitgave Landwerk, Wageningen.

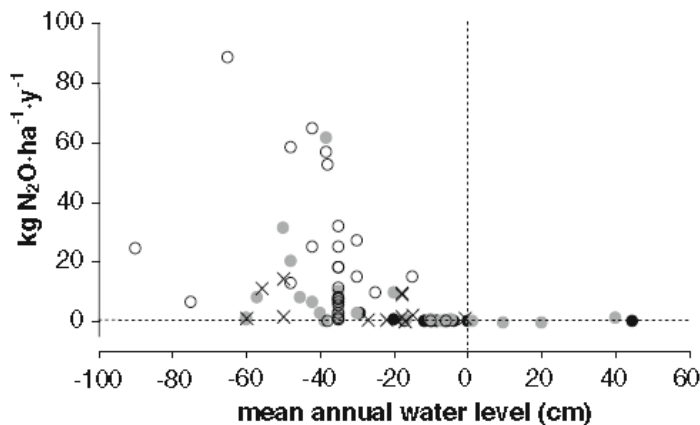
## Bijlage 1: CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>- en N<sub>2</sub>O-emissies in relatie tot waterstanden en vegetatie



Figuur 1. Netto jaarlijkse CO<sub>2</sub>-fluxen van veengronden in relatie tot de jaargemiddelde waterstand. Open punten zijn afkomstig van een ondergelopen gebied, grijze punten van lange termijn metingen uit Nederland, zwarte punten zijn netto fluxen van metingen gecorrigeerd voor geogoste biomassa afvoer. Bron: Couwenberg *et al.* (2011).

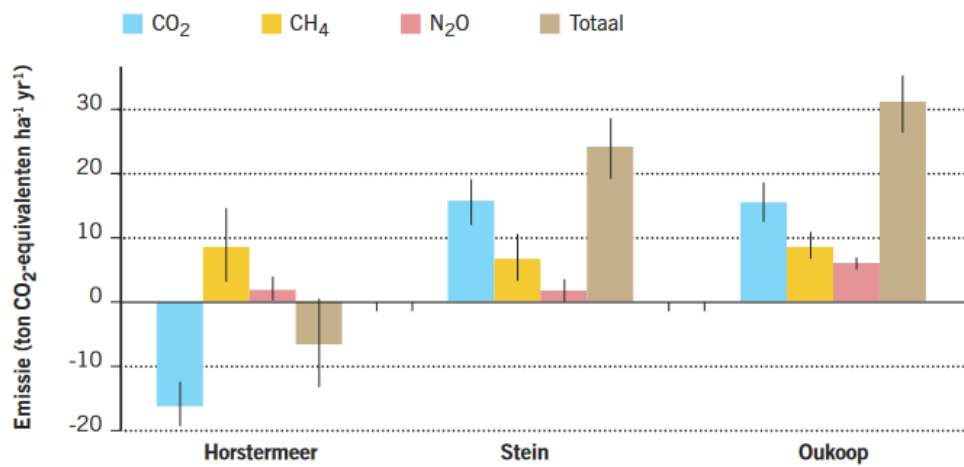


Figuur 2A en 2B. Methaan wordt geproduceerd onder anaerobe omstandigheden, vooral bij waterstanden vanaf 20 cm onder maaiveld van relatief jonge organische stof. Bij volledige vernatte veenbodems is de oppervlakte van blad met aerenchyma (grote intercellulaire luchtholten welke gasuitwisseling mogelijk maken tussen de bovengrondse en ondergedoken plantweefsels) een goede proxy voor het voorspellen van de methaanemissie. Bron: Couwenberg *et al.* 2011



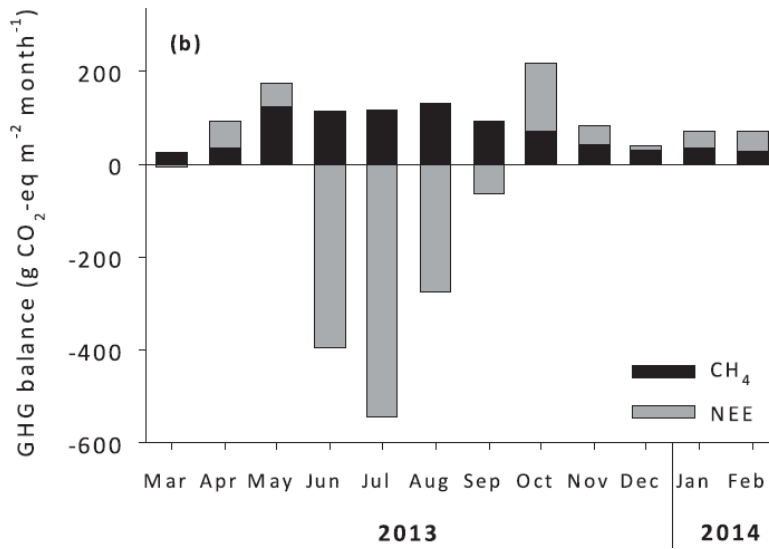
Figuur 3. N<sub>2</sub>O emissies van veengronden in relatie tot de jaargemiddelde waterstand. Dichte zwarte punten zijn van veenmoerassen, dichte grijze punten van laagveen zonder bemesting, open grijze punten van laagveen met bemesting en kruizen zijn van beboste locaties. Bron: Couwenberg *et al.* 2011.

## Bijlage 2: Broeikasgasbalansen van drie veenweidegebieden met verschillend beheer



Figuur 4. In het onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte zijn de broeikasgasbalansen van drie veenweidegebieden met verschillend beheer vergeleken: Oukoop, een gebied met lage grondwaterstanden en intensief beheer; Stein, een polder met dynamisch slootpeilbeheer en extensief beheer en Horstermeer, een natuurgebied met hoge grondwaterstanden. Bron en tekst: Woestenburg (2009).

### Bijlage 3: Koolstoffluxen van een laagveen begroeid met riet



Figuur 5. Koolstoffluxen in CO<sub>2</sub>-equivalenten (net ecosystem exchange, NEE) en CH<sub>4</sub> van een laagveen begroeid met riet (*Phragmites*). Netto werd er jaarlijks 520 kg CO<sub>2</sub>-eq. vastgelegd (totale vastlegging 8940 kg CO<sub>2</sub>-eq per ha na respiratie en totale CH<sub>4</sub> emissie 8420 kg CO<sub>2</sub>-eq. per ha). Bron: Van den Berg *et al.* 2016.

## Bijlage 4: Grasopbrengsten bij verschillende slootpeilen en met of zonder onderwaterdrains

Tabel 2. Depositie en mineralisatie, jaaropbrengsten en ruw-eiwitgehalte bij een hoog en een laag slootpeil van respectievelijk 20 en 55 cm beneden maaiveld (zonder bemesting). Gemiddelde en standaardafwijking voor de jaren 2004 tot en met 2012 voor 20 cm beneden maaiveld (exclusief 2008) en 2004 tot en met 2014 voor 55 cm beneden maaiveld (exclusief 2005 en 2007). Bron: Hoving *et al.* 2018.

Jaar	Hoog slootpeil (20 cm beneden maaiveld)			Laag slootpeil (55 cm beneden maaiveld)		
	Depositie en mineralisatie (kg N/ha)	Opbrengst (kg ds)	Ruw eiwitgehalte (g/kg)	Depositie en mineralisatie (kg N/ha)	Opbrengst (kg dm)	Ruw eiwitgehalte (g/kg)
<b>Geen onderwaterdrains</b>						
2004	219	13173	172	252	13997	187
2005	194	12592	171	295	14622	179
2006	183	11725	191	295	13118	202
2007	241	12447	175	298	13299	163
2008	251	10082	200	261	12558	192
2011	253	12772	191	287	11149	212
2012	226	12206	168	235	12343	192
2013				210	13024	185
2014				264	12733	185
Gemiddelde <sup>1)</sup>	219	12486	178	258	12703	194
Stdev <sup>1)</sup>	27	495	10	29	868	10
<b>Onderwaterdrains</b>						
2004	206	13174	161	300	15099	194
2005	172	12034	165			
2006	164	10221	184	277	12384	206
2007	203	12036	170			
2008				274	12586	187
2011	275	13002	187	304	10853	214
2012	251	13109	169	268	11979	195
2013				221	12028	187
2014				265	12620	184
Gemiddelde	212	12263	173	273	12507	195
Stdev	44	1128	10	27	1291	11

<sup>1)</sup> Exclusief 2008 voor het hoge slootpeil om de ongedraineerde met de gedraineerde situatie te kunnen vergelijken  
Exclusief 2005 en 2007 voor het lage slootpeil om de ongedraineerde met de gedraineerde situatie te kunnen vergelijken



## Bijlage 5: Toelichting en gebruikte aannames inschatten NLV “boeren met hoog water”

- De bijdrage van veenmineralisatie aan de onbemeste gras N-opname (gemeten het eerste jaar na stoppen van bemesten bij huidige landbouwkundige bemestingsniveaus) is geschat op (maximaal) één derde in veenweide graslanden (Van Kekem, 2004; Sonneveld en Lantinga, 2010). De verhoging van het grondwaterpeil als gevolg van slootwaterpeilverhoging en onderwaterdrainage halveert de veenmineralisatie en mogelijk ook deze bijdrage (Van den Akker *et al.* 2017; Hoving *et al.* 2018). In de referentie situatie is het NLV 235 kg per ha (Kringloopwijzer, Schröder *et al.* 2018). De bijdrage van de veenmineralisatie aan het NLV kan dan geschat worden op 78 kg N per ha bijdraagt.
- De overige 157 kg N per ha is het gevolg van een balans tussen de aanvoer en afbraak van relatief recente organische stof (dierlijke mest, bagger, plantenresten, etc.) in de bodem (Sonneveld en Lantinga, 2010). Bij een dierlijke mest aanvoer van 150 kg N per ha en het stoppen van kunstmestgebruik (gemiddeld 108 kg per ha voor bedrijven op veengrond, LMN, 2017, heeft een effect op gewasproductie en hoeveelheid gewasresten) zal deze hoeveelheid zich na enkele jaren stabiliseren op een lager niveau doordat er minder (in)directe organische stof aanvoer zal zijn. Wel blijft depositie (33 kg N per ha, Schröder *et al.* 2018) als N aanvoerbron gelijk. N-aanvoer via bagger is in het referentiescenario geschat op 93 kg N (gemiddelde van 70 tot 115 kg N per ha bij een gift van 50 m<sup>3</sup> per ha; van Schooten en van Houwelingen, 2017). Bij ‘boeren met hoog water’ is pragmatisch aangenomen dat de N-aanvoer via bagger halveert. Er wordt gebaggerd om bijvoorbeeld een goede waterafvoer van sloten te bewerkstelligen en slootwater schoner te houden (Van Schooten en Van Houwelingen, 2017). Mogelijk hebben een hoger sloot- en grondwaterpeil tot gevolg dat sloten minder vaak voor deze redenen gebaggerd hoeven te worden. Baggeren levert ook veenafbraak op, en is dus omwille van het remmen van veenafbraak minder wenselijk. Voor zover bekend is er geen onderzoek gedaan naar de effecten van (grond)waterpeilen in relatie tot het baggeren van sloten. Daarom is de bijdrage van baggeren pragmatisch gehalveerd voor het scenario “Boeren met hoog water” ten opzichte van het referentiescenario.
- In het scenario “boeren met hoog water” levert dierlijke mest, naast het NLV, minerale N welke het gras kan opnemen. Voor dierlijke mest kan worden genomen dat 45% van het N-totaal gehalte in minerale vorm is (RVO, 2018). Dit betekent dat de minerale N-aanvoer uit dierlijke mest zal verlagen naar 68 kg N per ha ten opzichte van 107 kg N per ha in het referentiescenario (Tabel 1). Hierin zijn geen effecten van de verandering in het rantsoen op de mestsamenstelling meegenomen. Gemiddeld is de N-benutting van minerale N uit bemesting op veengronden zo’n 60-65% (Vellinga en André, 1999, Deru *et al.* 2018b). Ook zal de minerale N-aanvoer via kunstmest wegvallen, ten opzichte van het referentiescenario. Rekening houdend met een benutting van 60% van minerale N zou er jaarlijks 179 kg N door het gras worden opgenomen bij het scenario “Boeren met hoog water”, ten opzichte van 364 kg in het referentiescenario.

## Bijlage 6: Uitgangspunten en aannames schatting koeien en melkproductie per hectare

- Onbeperkte weidegang 200 dagen per jaar (dus 165 dagen huisvesting op stal). Bij weidegang wordt de volledige droge stofopname gehaald uit vers gras, en in de stalperiode wordt de volledige droge stofopname uit kuilgras gehaald.
- Holsteins hebben gemiddelde voederopnamecapaciteit van melkkoeien ca. 16 verzadigingswaarde eenheden (CVB, 2016, melkkoe 2<sup>e</sup> lactatie, 180 dagen in lactatie) uitgaande van de aanname dat koeien gemiddeld tot ruim 5 jaar leeftijd blijven (CRV, 2017). Jersey melkkoeien hebben gemiddeld een ca. 16% lagere voeropname dan Holstein in een ruwvoerrantsoen (Oldenbroek, 1988). Gemiddelde verzadigingswaarden zijn 0.93 voor vers gras en 1.02 voor graskuil (Eurofins Agro, 2018). Dit betekent dat Holstein koeien  $16 / 0.93 = 17.2$  kg droge stof per koe per dag uit weidegras opnemen en  $16 / 1.02 = 15.7$  kg droge stof per koe aan kuilgras opnemen. De opname van Jersey koeien uit de weide en van kuilgras is resp. 14.5 en 13.2 kg droge stof.
- Rekening houdende met 20% droge stof verliezen bij weidegang bij onbeperkt weiden en bij kuilvoeren met 5% droge stof veldverliezen, 10% conserveringsverliezen en 5% vervoederingsverliezen (Schröder *et al.* 2018) is de balans tussen het aantal koeien en de grasproductie per ha sluitend te maken met 0.64 Holstein of 0.76 Jersey melkkoeien per ha. Er wordt dan bruto 3448 kg droge stof opgenomen tijdens weidegang (netto 2758 kg droge stof). De overige (bruto) 2767 kg droge stof wordt ingekuuld, waarvan er netto 2075 kg droge stof overblijft.
- Een gemiddeld bedrijf (BIN, 2014-2016, veen, 13-16 ton melk / ha) heeft 0.35 kalveren per melkkoe en 0.33 pinken per melkkoe. Wanneer kalveren en pinken gelijkgesteld worden aan melkkoeien op basis van grootvee eenheden (GVE, kalf is 0.23 GVE en pink is 0.53 GVE), kan dit worden opgedeeld in 0.64 melkkoeien, 0.21 pinken en 0.22 kalveren per ha voor het ras Holstein en 0.76 melkkoeien, 0.25 pinken en 0.27 kalveren voor het ras Jersey.
- Holstein koeien (650 kg lichaamsgewicht) produceren melk met 4.25% vet en 3.45% eiwit. Jersey koeien (450 kg lichaamsgewicht) produceren melk met gehalten van 5.84% vet en 4.17% eiwit, CRV, 2017). Melkproducties zijn geschat op basis van rekenregels uit CVB (2016).

## Bijlage 7: Geschatte gemiddelde broeikasgasemissies per bedrijfsscenario en per ha.

Bron	Broeikasgas (kg/ ha)	Bedrijfsscenario				
		1.	2.		3.	4.
		Referentie	Boeren met hoog water		Natte landbouw	50/50 mengvorm van 2 en 3
			<i>Holstein</i>	<i>Jersey</i>		
Bodem, veenafbraak	CO <sub>2</sub>	24.394	12.197	12.197	0	6.098
Bodem, veenafbraak	N <sub>2</sub> O (CO <sub>2</sub> -eq.)	5.541	2.770	2.770	0 <sup>(1)</sup>	1.385 <sup>(1)</sup>
Bodem ('recente' organische stof) en stal	N <sub>2</sub> O (CO <sub>2</sub> -eq.)	6.434	3.636	4.284	0	1.818
Bodem	CH <sub>4</sub> (CO <sub>2</sub> -eq.)	nihil tot 7.980	6.020	6.020	7.980-8.420	7.000-7.220
Pens en mest	CH <sub>4</sub> (CO <sub>2</sub> -eq.)	12.158	3.841	4.410	0	1.921
Energieverbruik (stroom, gas, diesel, etc.)	CO <sub>2</sub> -eq.	1.571	809	959	809	809
Aanvoer (vnl. krachtvoer en kunstmest)	CO <sub>2</sub> -eq.	5.970	10	10	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>
Totaal <sup>(3)</sup>	CO <sub>2</sub> -eq.	56.068-64048	29.283	30.650	8.799-9.239	19.041-19.260
Melkproductie	Kg MM/ ha	14.283	3.987	4.212		1.994
Totaal per liter melk	CO <sub>2</sub> -eq. (kg/ kg MM)	3,93-4,48	7,34	7,28		9,55-9,66

<sup>1</sup> Mits (grote) bemestingspulsen worden vermeden bij natte teelten, m.a.w. wanneer het bemestingsniveau niet groter dan de opnamecapaciteit van het gewas is.

<sup>2</sup> Afhankelijk van de intensiteit en de nutriëntenonttrekking van natte teelten is mogelijk extra nutriëntenaanvoer gewenst, wat ook broeikasgasemissies tot gevolg kan hebben.

<sup>3</sup> Van den Berg (2017) mat een netto vastlegging van 8.940 kg CO<sub>2</sub> per ha in riet. Mits het riet of andere biomassa voor een lange periode wordt gebruikt zonder dat het vastgelegde koolstof vrijkomt, zou CO<sub>2</sub>-vastlegging voor die periode verrekend kunnen worden met de totale emissie. Uiteindelijk zal het vastgelegde koolstof in riet of andere biomassa vaak weer vrijkomen wanneer de toepassing afgedankt wordt (bijv. rieten dak wat na enkele decennia vervangen wordt).