



# Living Lab BOEREN op HOOG WATER 2020-2024

EINDRAPPORTAGE  
OKTOBER 2025



**Boeren op Hoog Water is een VIP-NL project dat onder de verantwoordelijkheid van het Veenweiden Innovatiecentrum wordt uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut, Wageningen University & Research, PPP-Agro Advies en KTC Zegveld. Projectleiding: ORG-ID.**



### Auteurs per hoofdstuk

#### *Samenvatting*

Jeroen Pijlman, Monique Bestman, Pieter Willem Blokland, Nyncke Hoekstra, Wim Honkoop, Idse Hoving, Martijn Thijssen, Nick van Eekeren

#### *Inleiding*

Nick van Eekeren, Martijn Thijssen

#### *Opzet bedrijfssystemen & onderzoek*

Jeroen Pijlman, Nyncke Hoekstra, Wim Honkoop

#### *Thema water*

Idse Hoving, Daniël van de Craats, Pim Dik

#### *Thema bodem & gras*

Nyncke Hoekstra

#### *Thema dier*

Monique Bestman

#### *Thema Biodiversiteit*

Monique Bestman m.m.v. Annick van der Laan

#### *Thema klimaat & milieu*

Jeroen Pijlman

#### *Thema economie & verdienmodel*

Pieter Willem Blokland, Gerben Splinter, Allard Jellema

#### Dagelijks beheer van de

Hoogwaterboerderij en dataverzameling Jasper Beek, Karel van Houwelingen

De resultaten van dit onderzoek zijn mede tot stand gekomen met de medewerking van verschillende collega's en stagiaires:

Voormalig directeur van het VIC, Frank Lenssinck

KTC Thomas te Grotenhuis, Jonathan te Grotenhuis, Esther Bergman, Renske van Schaik, Eline Kastelein, Jan Verduijn, Ali Sluis

LBI Merijn van den Hout, Cynthia Verwer, Metha van Bruggen

WUR Paul Galama, Hilde van Dijk, Marije Jongbloed, Iris Hoogerbrugge (stagiair)

UU Annick van der Laan

RU Miki de Brouwer (stagiair)

Boeren op Hoog Water wordt uitgevoerd in samenwerking met het Nationaal Onderzoeksprogramma broeikasgassen veenweiden.



Boeren op Hoog Water is gefinancierd door het ministerie van LNVN, de provincie Zuid-Holland en de provincie Utrecht.



Ministerie van Landbouw, Visserij,  
Voedselzekerheid en Natuur



provincie  
Zuid-Holland



PROVINCIE  UTRECHT

# Voorwoord

Onderzoeksresultaten roepen reacties op. Instemming, scepsis, of de vraag: wat betekent dit voor mij?

Bij een onderwerp als ‘boeren op hoog water’ — waar zorgen over bedrijfscontinuïteit, maatschappelijke opgaven en onzekerheden samenkomen — is dat extra voelbaar.

Dit voorwoord wil daarom helderheid bieden over wat dit onderzoek wel en niet laat zien.

## **Wat dit onderzoek niet laat zien**

Dit onderzoek bewijst niet dat boeren op hoog water met een grondwaterstand van -20 cm onder maaiveld overal kan. Vijf jaar lang is op één locatie — de Hoogwaterboerderij van KTC Zegveld — onderzocht wat er gebeurt wanneer een melkveebedrijf opereert bij verhoogde grondwaterstanden. Op die specifieke plek, met die specifieke omstandigheden. De resultaten betekenen evenmin dat -20 cm onder maaiveld de enige optie is. De keuze voor die grondwaterstand kwam voort uit wetenschappelijke inzichten over het optimum tussen CO<sub>2</sub>- en methaanuitstoot.

## **Wat dit onderzoek wel laat zien**

Het is mogelijk gebleken om — in Zegveld — een melkveebedrijf te runnen bij een grondwaterstand van circa -20 cm onder maaiveld. De CO<sub>2</sub>-emissies uit veenoxidatie dalen met zo'n 60%. Per hectare en per kilogram melk liggen de broeikasgasemissies uit de bodem 15-18% lager ten opzichte van de referentie met een waterstand van ca. 50 cm onder maaiveld. Tegelijk is er een economische realiteit. De grasproductie daalt met circa 5%; het bedrijfseconomisch saldo per koe (los van eventuele subsidies) daalt gemiddeld met €147 per jaar. Variatie tussen jaren is groot — van €9 tot €393 verschil. In een extreem nat jaar als 2024 worden de effecten prominenter. Dit zijn feiten, geen oordelen over wenselijkheid of haalbaarheid elders.

## **Wat nu?**

Onderzoeksresultaten — verzameld door een team toegewijde onderzoekers — zijn geen eindpunt maar een vertrekpunt. De vraag is: wat doen we ermee, wetende dat ‘business as usual’ geen optie is?

**Boeren** staan voor de uitdaging hun vakmanschap door te ontwikkelen in micro-watermanagement en nieuwe verdienmodellen te verkennen.

**De overheid** zal meer langetermijnperspectief moeten bieden — in ruimtelijke ordening, regelgeving en, waar nodig en mogelijk, financiële ondersteuning.

**Kennisinstellingen en bedrijfsleven** kunnen watermanagement, geschikte mechanisatie en beweidingstechnieken verder doorontwikkelen, en onderzoeken hoe deze toepasbaar zijn in andere veenweidegebieden. Partijen zoals het VIC staan daarvoor aan de lat!

Maar ook **de samenleving** zal — via de markt of anderszins — moeten bijdragen aan de transitie.

### **Het gemeenschappelijke perspectief**

De opgave is waarde(n)volle landbouw en landgebruik op veen: ruimte voor voedselproductie, een gezond verdienmodel voor boeren, en voortgang op maatschappelijke doelen. Dat vraagt samenwerking waarin verschillende inzichten en aanpakken naast elkaar kunnen bestaan. Dit onderzoek is een bouwsteen, geen blauwdruk. De volgende stap is aan ons allen.

*Tim Selders*

*Directeur Veenweiden Innovatiecentrum*

# Inhoud

<b>Voorwoord</b> .....	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b> .....	<b>9</b>
Doel en opzet Boeren op Hoog Water .....	9
Overkoepelende conclusies en beschouwing .....	10
Conclusies per thema .....	16
<b>1. Inleiding</b> .....	<b>25</b>
1.1 Aanleiding.....	25
1.2 Vraagstelling en doel .....	25
1.3 Missie.....	26
1.4 Conceptueel kader .....	26
1.5 Leeswijzer .....	28
1.6 Hoogwater, laagwater en afkortingen HF-L, HF-H en J-H .....	28
1.7 Status van de bevindingen .....	28
<b>2. Opzet bedrijfssystemen &amp; onderzoek</b> .....	<b>29</b>
2.1 Fysieke opzet van de bedrijfssystemen.....	29
2.2 Opzet van het onderzoek .....	37
2.3 Weersomstandigheden .....	38
2.4 Referenties .....	40
<b>3. Thema Water</b> .....	<b>41</b>
3.1 Inleiding .....	41
3.2 Werkwijze.....	42
3.3 Resultaten.....	53
3.4 Discussie .....	91
3.5 Conclusies .....	93
3.6 Referenties .....	94
<b>4. Thema Bodem &amp; gras</b> .....	<b>96</b>
4.1 Inleiding .....	96
4.2 Werkwijze.....	99
4.3 Resultaten.....	101
4.4 Discussie .....	122
4.5 Conclusies .....	126
4.6 Referenties .....	127
<b>5. Thema Dier</b> .....	<b>129</b>
5.1 Inleiding .....	129
5.2 Werkwijze.....	129

5.3 Resultaten.....	132
5.4 Discussie .....	137
5.5 Conclusies .....	140
5.6 Referenties .....	140
<b>6. Thema Biodiversiteit .....</b>	<b>142</b>
6.1 Inleiding .....	142
6.2 Werkwijze .....	142
6.3 Resultaten.....	145
6.4 Discussie .....	159
6.5 Conclusies .....	164
6.6 Referenties .....	164
<b>7. Thema Klimaat &amp; milieu.....</b>	<b>166</b>
7.1 Inleiding .....	166
7.2 Werkwijze .....	167
7.3 Resultaten.....	169
7.4 Discussie .....	182
7.5 Conclusies .....	188
7.6 Referenties .....	190
<b>8. Thema Economie &amp; verdienmodel.....</b>	<b>191</b>
8.1 Inleiding .....	191
8.2 Werkwijze .....	192
8.3 Economie bedrijfssystemen .....	194
8.4 Grondwaardedaling door vernatting .....	201
8.5 Verdienmodellen .....	203
8.6 Discussie .....	214
8.7 Conclusies .....	216
<b>Bijlage 1. Voederwaarde per snede.....</b>	<b>218</b>
<b>Bijlage 2. Financiële resultaten Hoogwaterboerderij .....</b>	<b>220</b>
<b>Bijlage 3. Eigendomssituatie westelijk veen .....</b>	<b>226</b>
<b>Bijlage 4. Overzicht potentiële verdienmodellen .....</b>	<b>227</b>
<b>Bijlage 5. Investeringskosten Waterinfiltratiesysteem (WIS).....</b>	<b>239</b>

# Samenvatting

In deze samenvatting hebben we eerst onze conclusies op de hoofdvragen van Boeren op Hoog Water omschreven door bevindingen van verschillende thema's samen te brengen. Vervolgens hebben we per thema uitgebreidere conclusies uitgeschreven. Voor de onderbouwing van de conclusies wordt verwezen naar de afzonderlijke hoofdstukken.

## Doel en opzet Boeren op Hoog Water

*In Boeren op Hoog Water onderzoeken we de effecten van verhoging van de grondwaterstand naar -20 cm onder maaiveld in het veenweidengebied. Hoe kan dat precies, wat werkt en wat betekent het voor de bedrijfsvoering, het verdienmodel en de opgaven in het veenweidengebied? Boeren op Hoog Water is het ontdekken, uittesten en laten zien door in de praktijk aan de slag te gaan met een geheel melkveebedrijf met een hoge grondwaterstand. Want een grondwaterstand van ca. -10 tot -20 cm onder maaiveld zorgt volgens wetenschappelijke inzichten voor een minimale uitstoot van emissies uit de veenbodem (Juraski et al. 2016; Tiemeyer et al. 2020; Aben et al. 2024; Buzacott et al. 2024).*

Op de Hoogwaterboerderij aan de Oude Meije in Zegveld is een systematische vergelijking gemaakt tussen drie bedrijfssystemen met eigen percelen met een hoge streefgrondwaterstand (20 cm – mv en waterinfiltratie (WIS)) of een lagere grondwaterstand (slootwaterpeil ca. 45 cm mv en geen WIS) (Figuur 1). Op de percelen met een hoge grondwaterstand waren twee bedrijfssystemen; een bedrijf met Holstein Friesians en een bedrijf met Jerseys koeien om naast het effect van een hoge grondwaterstand de invloed van het gebruikte koeras te onderzoeken. Op de percelen met lage grondwaterstand was één (controle) bedrijfssysteem met Holstein Friesian koeien.

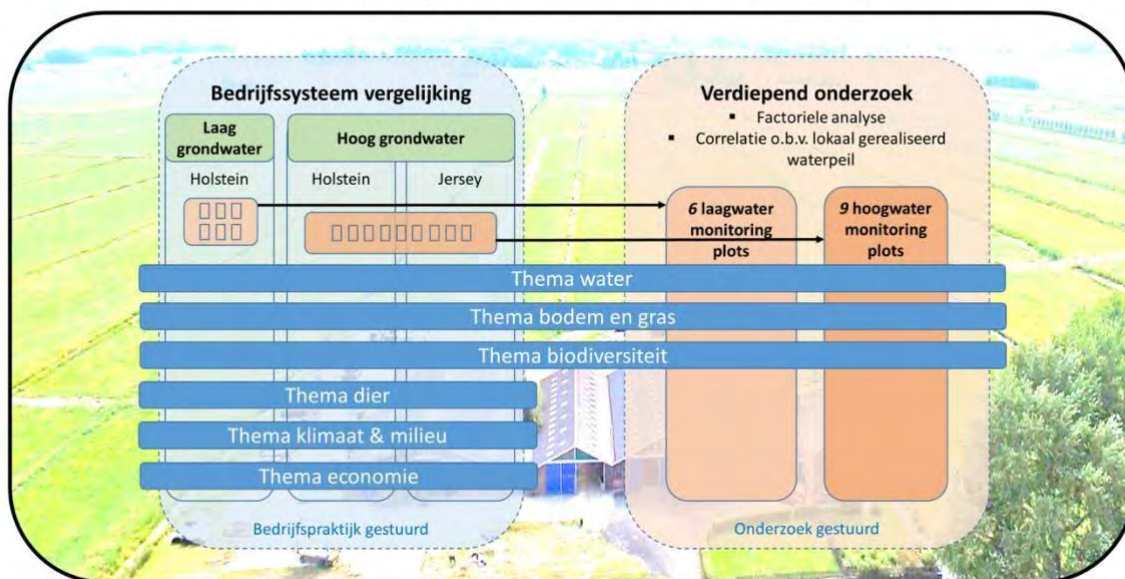
Overzicht van Hoogwaterboerderij KTC Zegveld



Figuur 1: Indeling van de percelen per bedrijfssysteem

De koeien van de drie bedrijfssystemen zijn apart gehuisvest in één melkveestal. Binnen de bedrijfssystemen is gemonitord op verschillende indicatoren (verdeeld over thema's) die van invloed kunnen zijn op de bedrijfsresultaten. Voor de thema's water, bodem en gras, en biodiversiteit was een deel van de monitoring op plot of perceelsniveau. Voor de thema's dier, klimaat en milieu en economie was de monitoring (vooral) op niveau van het gehele bedrijf (Figuur 2).

## Onderzoeksprogramma Boeren op Hoog Water



Figuur 2. Op de Hoogwaterboerderij wordt zowel onderzoek gedaan op bedrijfssysteemniveau als ook op niveau van percelen en plots.

## Overkoepelende conclusies en beschouwing

Bij aanvang van het onderzoek hadden we verschillende verwachtingen en vragen rondom de hogere grondwaterstand. Zo was de verwachting dat met een waterinfiltratiesysteem en verhoogde slootwaterpeilen, een streefgrondwaterstand van ca. -20 cm kon worden gerealiseerd. Daarnaast was de verwachting dat de grondwaterstand de draagkracht, grasgroei, -kwaliteit en -opname negatief zou beïnvloeden. De grondwaterstand kan daarmee in potentie het gehele bedrijfssysteem beïnvloeden: zoals de melkproductie uit gras van eigen land, de benutting van bemesting, en het financiële resultaat. Een verwachting was zelfs dat weidegang misschien wel heel moeilijk was bij een dergelijk hoge grondwaterstand. Ook werd er een negatief effect verwacht op de waterkwaliteit en de watervraag, naast een positief effect op de biodiversiteit. Bovendien waren er vragen over risico's voor de gezondheid van de koeien.

Na vijf groeiseizoenen (2020-2024) kunnen we concluderen dat het op de Hoogwaterboerderij in Zegveld technisch mogelijk is om een melkveebedrijf te houden bij een grondwaterstand van ca. 20 cm onder maaiveld. Deze resultaten zijn specifiek voor deze locatie met haar specifieke bodemopbouw, ligging en weersomstandigheden, en zijn niet zonder meer overdraagbaar naar andere veenweidenlocaties.

Zo had de verhoogde grondwaterstand met uitzondering van het jaar 2024 niet of nauwelijks effect op het aantal weidedagen en de bedrijfsvoering. De graslandproductie was ca. 5% lager, maar mede dankzij extra aanvoer van ruwvoer van buitenaf de bedrijven waren melkproducties per hectare niet lager. Op het gebied van leverbot, salmonella, blauwtong en lidrus was er geen aanleiding om te denken dat er een relatie is tussen koegezondheid en de grondwaterstand op de onderzoeklocatie. Vanwege de onderzoeksopzet (geen herhalingen, groepen verschilden op meer aspecten dan alleen grondwaterstand) kan er geen oorzakelijk verband tussen grondwaterstand en diergezondheid worden aangetoond. De bevindingen suggereren geen negatieve effecten, maar causale conclusies zijn niet mogelijk.

Ook vonden we in deze jaren nog weinig effect op de biodiversiteit. Wel werd een 2-5 kg per hectare lagere ammoniakemissie gevonden. De bedrijfssystemen bij een hoge grondwaterstand hadden daarnaast netto 15-18% lagere broeikasgasemissies per hectare (-4,6 tot -5,1 ton CO<sub>2</sub>-eq per ha) en per kg melk (-307 tot -330 g CO<sub>2</sub>-eq per kg meetmelk). Dit kwam vooral door de hogere grondwaterstand welke de veenaafbraak en CO<sub>2</sub>-emissies uit de bodem verminderde met 62% (-6,7 ton CO<sub>2</sub>-eq per ha) ten opzichte van het referentiebedrijf met lagere slootpeilen en zonder sturing op de grondwaterstand met AWIS. Echter, een deel van de CO<sub>2</sub>-emissie vermindering uit de bodem werd tenietgedaan door hogere emissies ten gevolge van de aanvoer van ruw- en krachtvoer (1,4 tot 2,0 ton CO<sub>2</sub>-eq per ha). Daarnaast waren er relatief kleinere veranderingen van methaan- en lachgasemissies, en emissies uit energieverbruik.

De hogere grondwaterstand had een negatief effect netto saldo per koe, wat gemiddeld daalde met €147,-. Er was echter een grote variatie tussen de jaren; van €9,- tot €393,- saldooverlies per koe per jaar. Het saldooverlies van gemiddeld €147 per koe komt vooral door de hogere aankoopkosten van ruwvoer. De jaarlijkse kosten van het waterinfiltratiesysteem bedragen circa €603 per hectare, oftewel €297 per koe bij de gehanteerde veebezetting (berekend op basis van volledige afschrijving en onderhoud, exclusief arbeidskosten en zonder subsidie; zie Tabel 8.4). In combinatie met het saldooverlies betekent dit een substantiële kostenpost voor bedrijven die deze maatregel overwegen. Bij beleidsbeslissingen over opschaling dienen beide kostenposten in ogenschouw genomen te worden. De vraag hoe deze kosten gecompenseerd kunnen worden via verdienmodellen of subsidiëring valt buiten de scope van dit onderzoek.

De belangrijkste bevindingen zijn hieronder verder uitgeschreven. In het tweede deel van deze samenvatting zijn conclusies per onderzoeksthema beschreven.

- We hebben ervaren dat waterinfiltratie met 6 meter drainafstand onvoldoende was om de streefgrondwaterstand van 20 cm onder maaiveld te halen. Met een kleinere drainafstand van 3 meter, extra toevoerregelingen en een scherpere aansturing bleken we in de zomerperiode wel de streefgrondwaterstand te behalen, en varieerde de grondwaterstand

ook minder. Desalniettemin vraagt het beheer van een waterinfiltratiesysteem aandacht en tijd;

- Uit modelleringen bleek dat een hogere grondwaterstand de watervraag voor infiltratie verhoogd, maar we hebben dit nog niet in de praktijk kunnen meten vanwege technische problemen. Ook vonden we in perioden met een neerslagoverschot extra stikstof en fosfor in het water bij een hoge grondwaterstand, waarschijnlijk door extra afvoer van nutriëntrijk water;
- Een zorgpunt met betrekking tot een verhoogde grondwaterstand is dat de waterberging van de percelen afneemt. Ten tijde van zware regenval zou dit ertoe kunnen leiden dat percelen tijdelijk onder water komen te staan en het water sneller wordt afgevoerd naar het oppervlaktewatersysteem (o.a. sloten). In dit onderzoek hebben we niet direct naar de waterberging gekeken, maar wel naar de waterinfiltratiecapaciteit. Dit is de snelheid waarmee water in de bodem wordt opgenomen. Gedurende natte periodes was de waterinfiltratiecapaciteit zoals verwacht lager op de hoogwater percelen, wat het hogere bodemvochtgehalte in deze percelen reflecteert. De verwachting was dat tijdens hele droge perioden de waterinfiltratiecapaciteit juist hoger zou zijn op de hoogwaterpercelen omdat de bodem mogelijk vochtiger blijft. Tijdens droogte wordt veengrond waterafstotend (hydrofoob), waardoor water niet of nauwelijks door de bodem wordt opgenomen. Echter, metingen lieten zien dat de bovengrond (0-10 cm) tijdens droogte ook sterk uitdroogt op de hoogwaterpercelen, en dat er dus geen positief effect was op de waterafstotendheid van de bodem en waterinfiltratiecapaciteit. Meer meetjaren en metingen zijn wenselijk om directere uitspraken te doen over de effecten van een hoge grondwaterstand op de waterbergingscapaciteit van veenweiden;
- De verhoging van de grondwaterstand had met name in het voor- en najaar een negatief effect op de draagkracht, maar in de zomer was er nauwelijks invloed op de draagkracht. Ook vonden we dat een hogere zodedichtheid – als gevolg van weidegang – een positief effect had op draagkracht. In de “normale” jaren 2020 tot 2023 gaf de hoge grondwaterstand niet of nauwelijks verschil in het aantal weidedagen. Weidegang bij een hoge grondwaterstand bleek dus goed mogelijk in die jaren. De timing van drijfmestbemesting in het voorjaar was wel lastiger bij een hoge grondwaterstand, en bij de herfstoogst nam het risico op rijschade toe. Echter, in het natte 2024 resulteerde beperkte draagkracht wel in een veel korter weideseizoen. Daarnaast kon de eerste snede pas zeer laat worden geoogst, met een zeer lage voederwaarde als gevolg. Bij een hoge grondwaterstand werden verschillen tussen “normale” en “natte” jaren dus groter en prominenter wat hogere risico’s geeft;
- In voor de koeien en machines afgezette veldjes (de zogenaamde maaiploots) hebben we gevonden dat de onverstoorde grasproductie met 5% (44 kg DS / ha per cm verhoging van de grondwaterstand) afnam bij de hogere grondwaterstand, mede als gevolg van een verlaging van het stikstofleverend vermogen van de bodem. Een hogere grondwaterstand

verlaagt niet alleen de grasgroei, maar ook het eiwitgehalte in het gras (0,33 g ruw eiwit / kg DS per cm verhoging grondwaterstand). De lagere eiwitgehalten bij hoog grondwater waren gunstig om ammoniakemissies te beperken, want in de veenweiden bevat het gras juist vaak meer eiwit dan melkkoeien goed kunnen benutten, en onbenut eiwit kan tot ammoniakemissies leiden. We vonden geen verschillen in energiegehalte of eiwitkwaliteit van gras als gevolg van de verhoging in grondwaterstand. De enige uitzondering hierop was het natte jaar 2024 waarin gras (te) laat kon worden geweid en gemaaid;

- Op basis van de Kringloopwijzer kengetallen is de melkproductie uit eigen gras berekend (o.b.v. VEM of RE). In dit kengetal komen de effecten van verhoogde grondwaterstand op zowel productie, oogstverliezen als gevolg van vertrapping en rijschade alsook effecten op smakelijkheid en kwaliteit tot uiting. Daarnaast is deze melkproductie ook gecorrigeerd voor externe voer inputs. Volgens deze benadering was de meetmelkproductie van eigen land 5-6% lager bij de hoogwaterbedrijfssystemen in lijn met de daling van de grasproductie. Omdat de reductie niet sterker is dan de gemeten reductie in grasgroei op de afgerasterde maaiploots, is dat een belangrijke aanduiding dat de verliezen als gevolg van vertrapping en rijschade en slechtere voederwaarde beperkt zijn. Echter, op systeemniveau (in de KLW) werkt een deel van de verschillen door tot in het volgende jaar: De slechte ruwvoer kwaliteit van het hoogwater systeem tijdens het zeer natte 2024 zal deels pas tot uiting komen op het moment van voeren in 2025;
- Zoals hierboven reeds genoemd waren er aanzienlijke verschillen tussen de jaren. In tegenstelling tot de verwachting was het negatieve effect van de verhoogde grondwaterstand op de grasgroei (in afgerasterde plots) groter in droge jaren ten opzichte van natte jaren, mogelijk doordat het verschil in grondwaterstand tussen het hoogwatersysteem en de reguliere ontwatering in het referentie systeem juist in droge jaren groter was. Echter, juist in het zeer natte 2024 was het negatieve effect van hoogwater op systeemniveau veel groter. Figuur 2.5 toont dat het neerslagoverschot in de onderzoeksperiode gemiddeld lager was dan het langjarig gemiddelde;
- Voor zover we relaties vonden tussen biodiversiteit en grondwaterstand, was dat het frequentst (maar niet altijd) bij het bodemleven. Bodembacteriën werden meer gezien bij een hoge grondwaterstand, herbivore nematoden en regenwormen juist minder. Op de huiskavel was er daarnaast een duidelijke toename in het aandeel landbouwkundige matige en slechte grassen en het aandeel kruiden, ten koste van Engels raaigras. Dit is minder gunstig voor de productiviteit, maar wel positief voor de biodiversiteit van het grasland. Maar, in alle gevallen waren slootkanten veel rijker aan soorten ongeacht de grondwaterstand. Verder zagen we meer libellen bij een hogere grondwaterstand;
- Op bedrijfsniveau vonden we, met behulp van de Kringloopwijzer, dat gemiddeld de grasland droge stofproductie 7% lager was en het eiwitgehalte 5% lager bij de hoge grondwaterstand. Dit was in lijn met veldmetingen in voor koeien en machines afgezette

maaiplotjes. Belangrijk verschil is dat met de Kringloopwijzer methodiek ook effecten als vertrappingsschade, rijschade een oogst of conserveringsverliezen worden meegenomen. Het kleine verschil tussen de maaiplot- en bedrijfsniveaucijfers lijkt erop te duiden dat die verliezen dus niet veel groter waren bij de hoge grondwaterstand;

- De lagere grasgroei bij de hogere grondwaterstand is gecompenseerd met van buiten het bedrijf aangevoerd kuil- en krachtvoer. Hierdoor was de gemiddelde meetmelkproductie van de koeien per hectare niet lager, en was deze zelfs hoger bij het bedrijfssysteem met Jersey op hoog grondwater. Deze extra rantsoenaanvulling was overigens ook nodig om de koeien voldoende in conditie te houden, maar dit zorgde wel voor een hoger stikstofoverschot en extra broeikasgasemissies op bedrijfsniveau;
- De stikstof- en fosfaatopname in gras vanaf de bodem was gemiddeld lager bij de hoogwaterbedrijfssystemen, waardoor de stikstof- en fosfaatbenutting uit mest ook wat lager was. Op de voor koeien en machines afgezette meetplots – wat meetresultaten uit meer gecontroleerde omstandigheden oplevert dan de resultaten uit Kringloopwijzer – vonden we echter geen significant effect van grondwaterstand op de stikstofbenutting uit kunstmest. Wel was er een duidelijke trend dat in natte jaren de stikstofbenutting op de hoogwaterplots juist wel lager was. Dit zou kunnen duiden op grotere stikstofverliezen (afspoeling, uitspoeling en denitrificatie) onder natte omstandigheden;
- Het hoogwaterbedrijfssysteem met Jersey koeien had de hoogste meetmelkproductie per hectare, met de laagste krachtvoergift per 100 kg meetmelk. De Jersey koeien hadden de hoogste stikstofbenutting en gelijke fosfaatbenutting op dierniveau, maar het hoogwaterbedrijfssysteem met Jersey koeien had de laagste stikstof- en fosfaatbenutting op bodem- en bedrijfsniveau. Dit was waarschijnlijk het gevolg van de hogere ruwvoeraanvoer van buitenaf het bedrijf in vergelijking tot de twee andere bedrijfssystemen. En hoewel de berekende totale grasgroei per ha van het Jersey bedrijfssysteem lager was dan van Holstein bedrijfssysteem bij hoogwater, was de weidegrasopname ongeveer gelijk. Dit kan erop duiden dat Jersey koeien relatief wat meer weidegras opnamen ten opzichte van de totale grasgroei. Kanttekening hierbij is wel dat de energiebehoefte van de Jerseykoeien enigszins kan zijn onderschat met de rekenregels van de Kringloopwijzer, welke ook van invloed zijn op de berekende weidegrasopname;
- Voor Holstein melkkoeien vonden we dat een hoge grondwaterstand gemiddeld over 2021-2024 een saldodaling van 147 euro per melkkoe gaf, wat een daling is van een aantal procentpunten van het saldo. Dit komt vooral door hogere aankoopkosten van ruwvoer. In het saldo per koe zijn de investerings- en onderhoudskosten van het waterinfiltratiesysteem niet meegenomen. Het saldoverschil per hectare tussen Holstein en Jersey koeien (deze groepen hadden gelijke veebezetting uitgedrukt in kg metabool gewicht per ha) bij een hoge grondwaterstand was vrij klein, waardoor we kunnen stellen dat het vanuit economisch perspectief niet zoveel uit lijkt te maken welk van deze koeienrassen wordt gebruikt;

- Naast de economische bedrijfsresultaten kan ook de grondwaarde dalen door een hogere grondwaterstand. Hierdoor daalt het eigen vermogen van een gemiddeld bedrijf, wat op lange termijn vooral effect *kan hebben* op de zekerheden voor de economische waarde van een melkveebedrijf. Dit kan weer invloed hebben op de moderniteit van het bedrijf, doordat investeringen worden bemoeilijkt als gevolg van minder zekerheden;
- Economische consequenties van vernatting kunnen mogelijk worden gecompenseerd door aanpassing van het verdienmodel. Potentiële opties hiervoor zijn ‘het vergoeden van de vermindering van CO<sub>2</sub> emissie als gevolg van veenbehoud’, ‘waterdiensten’, ‘overige ecosysteemdiensten’ en ‘natte teelten’. Onzekerheden over het verdienmodel, mede door gebrek aan eigenaarschap met betrekking tot de financiering en technische eigenschappen van deze verdienmodellen, maken het economisch perspectief van Boeren op Hoog Water op dit moment onbekend.

Na vijf jaar van ontdekken, uittesten en onderzoeken blijkt dus dat Boeren op Hoog Water technisch mogelijk is, een besparing van broeikasgas- en ammoniakemissies oplevert en tot dusver beperkte effecten heeft op koegezondheid en biodiversiteit. Wel is er een negatief effect op het bedrijfseconomische saldo als gevolg van een lagere gras- en melkproductie van eigen grasland, en betekent het gebruik van waterinfiltratie extra kosten en arbeidsbehoefte.

Ook zijn er indicaties dat de watervraag toeneemt en er meer nutriënten in water terecht kunnen komen. Daarnaast is een belangrijke bevinding dat variaties en daarmee risico's binnen jaren toenemen, met als belangrijkste voorbeeld het zeer natte 2024 waardoor de eerste weidedag en het maaien van de eerste snede zeer laat waren. Als laatste geven de resultaten geen duidelijke aanleiding dat Jersey koeien bedrijfstechnisch- en economische gunstiger zijn dan Holstein koeien bij een hoge grondwaterstand.

Nuancering bij deze resultaten is dat de ze niet allemaal volledig het gevolg zijn van een hogere grondwaterstand, maar ze deels ook samenhangen met uitgangspunten van de bedrijfsvoering en managementkeuzes die zijn gemaakt. Dit is inherent aan systeemonderzoek, en ook bij eventuele toepassing van een hoge grondwaterstand op praktijkbedrijven zullen er altijd bedrijfsspecifieke verschillen zijn. Voorbeelden zijn de hoeveelheden kunstmest en krachtvoer die worden gebruikt en van buitenaf de bedrijven worden aangevoerd. Deze waren in het onderzoek wat lager dan in de praktijk om effecten van bodem en gras zo goed mogelijk te kunnen waarnemen in het bedrijfssysteem. Bij het gebruik van meer kunstmest na vernatting zouden effecten van vernatting op de grasgroei beperkter kunnen zijn, maar dit zou negatief uitpakken voor stikstofverliezen en broeikasgasemissies. Daarnaast is de geschatte CO<sub>2</sub>-besparing van de grondwaterstandverhoging specifiek voor de percelen van de Hoogwaterboerderij, en kan deze elders vergelijkbaar, lager of hoger zijn. Dit heeft tot gevolg dat op locaties waar de CO<sub>2</sub>-besparing relatief laag is, de verhouding tussen bespaarde CO<sub>2</sub> uit de beperking van bodemdaling vs. extra CO<sub>2</sub> als gevolg van extra voeraankopen anders uit kan pakken dan op locaties waar de CO<sub>2</sub>-besparing uit het beperken van bodemdaling relatief hoog is.

Onze verwachting is daarnaast dat zowel innovaties als vernieuwingen op het gebied van het verdienmodel kunnen bijdragen aan het beperken van de saldodaling en het perspectief van Boeren op Hoog Water. Zo geven de zeer natte omstandigheden van 2024 aanleiding om verdere innovatie te verkennen. Kan bijvoorbeeld de waterafvoer bij een hoge grondwaterstand worden verbeterd, kan de capaciteit van grasoogst beter afgestemd op perioden dat de draagkracht wel voldoende is, of zijn er mogelijk technische opties om een deel van het verse gras toch nog in de stal te voeren bij een te lage draagkracht voor beweiding (alles vers voeren zal niet gaan omdat er in het voorjaar meer gras groeit dan de koeien kunnen opnemen)? Op andere locaties dan de huidige proeflocatie kunnen daarnaast vergelijkbare of juist iets andere condities of innovaties van toepassing zijn, afhankelijk van de verwachte effecten. Kan bijvoorbeeld op andere locaties in nattere perioden worden uitgeweken naar percelen met een betere draagkracht als die voorhanden zijn?

De opgedane ervaringen en inzichten van de afgelopen vijf jaar bieden een belangrijke basis voor verdere ontwikkeling. Het onderzoek op de Hoogwaterboerderij en andere locaties wordt nog voortgezet, zodat de ervarings- en kennisbasis steeds breder en meer solide wordt. De onderzoeksopzet van de Hoogwaterboerderij is daarbij waardevol: Het vergelijken van gehele bedrijfssystemen bij een lage versus hoge grondwaterstand geeft samenhangende inzichten in de effecten op water, bodem, grasland en dier, alsook op de gehele bedrijfsmineralenkringloop en economie. Met afzonderlijke onderzoeken naar deze aspecten zou het niet mogelijk zijn om effecten op de bedrijfsvoering zo goed in samenhang te onderzoeken, wat het huidige onderzoek uniek maakt.

## Conclusies per thema

**Water:** Binnen dit thema zijn de grondwaterstanden en slootpeilen gemonitord, is gemeten aan de waterkwantiteit en -kwaliteit, en zijn modelberekeningen uitgevoerd met het SWAP-ANIMO modelinstrumentarium. Hiervoor zijn meetgegevens van de NOBV-percelen op KTC-Zegveld gebruikt om voor het hoog- en laagwatersysteem de waterkwantiteit en -kwaliteit en CO<sub>2</sub>-emissie te simuleren.

**Grondwaterstand:** In 2020-2022 verhoogde de waterinfiltratie weliswaar de grondwaterstanden ten opzichte van de referentie, maar de streefgrondwaterstand van 20 cm onder maaiveld werd niet gehaald. Om meer grip te krijgen op de werking en aansturing van waterinfiltratie, is in het voorjaar van 2023 de waterinfiltratie op de huiskavel verbeterd (extra aanvoerpunten, tussen draineren, extra toevoerregelingen en scherpere aansturing).

Met de aanpassingen van het infiltratiesysteem is de waterinfiltratie op de huiskavel verbeterd. De gemiddelde grondwaterstand lag in 2023-2024 aanmerkelijk hoger dan in de voorgaande periode en de standaarddeviatie was kleiner. Dit betekent dat in de zomerperiode de streefgrondwaterstand werd benaderd. Op de veldkavel werd door waterinfiltratie de grondwaterstand voor Jersey-Hoog meer verhoogd dan voor HF-Hoog. Het resultaat voor HF-Hoog bleef achter bij de huiskavel. In de winterperiode was de extra waterafvoer met drains (zonder

actieve sturing) beperkt. Dit betekent dat bij het toepassen van AWIS bij een hoog streefpeil er ook veel aandacht moet zijn voor een goed functionerende detailontwatering in de vorm van greppels en greppelbuizen.

De gemiddelden en de standaarddeviatie van de tweewekelijks gemeten grondwaterstanden per bedrijfssysteem, voor en na de aanpassing van de waterinfiltratie op de huis- en veldkavel<sup>1</sup>, staan in Tabel 1.

Tabel 1. Gemiddelden en de standaarddeviatie van de tweewekelijks gemeten grondwaterstanden voor Hoog water HF, Hoog water Jersey en Laag water en het verschil tussen Hoog en Laag water op de huis- en veldkavel jaarrond, zomer (1 april – 30 sept) en winter (1 okt – 31 maart) voor de periode 2020-2022 en 2023-2024.

Periode	Kavel	Gemiddeld (cm)				Standaard deviatie (cm)		
		Hoog water HF	Hoog water Jersey	Laag water	Δ Hoog en Laag water	Hoog water	Hoog water Jersey	Laag water
<b>Jaarrond</b>	2020-2022							
	Huiskavel	22	23	36	14	18	19	21
	Veldkavel	19	21	38	18	15	15	24
	2023-2024							
	Huiskavel	11	14	28	15	12	14	18
	Veldkavel	14	11	25	12	15	13	23
<b>Zomer</b>	2020-2022							
	Huiskavel	32	31	46	14	14	18	18
	Veldkavel	26	27	52	26	14	14	20

<sup>1</sup> Huiskavel: percelen bestemd voor weiden, welke jaarlijks hooguit 1-2x gemaaid worden. Veldkavel: percelen bestemd voor maaien van gras als wintervoer, welke niet worden beweid.

		Hoog water HF	Hoog water Jersey	Laag water	$\Delta$ Hoog en Laag water	Hoog water	Hoog water Jersey	Laag water
	2023-2024							
	Huiskavel	17	19	36	18	12	14	17
	Veldkavel	23	16	33	13	15	13	24
<b>Winter</b>	2020-2022							
	Huiskavel	8	12	24	14	11	13	17
	Veldkavel	12	13	25	13	13	13	20
	2023-2024							
	Huiskavel	6	9	19	12	9	12	15
	Veldkavel	6	5	16	11	11	10	18

**Praktijkervaring:** De praktijk leerde dat het beheer van een waterinfiltratiesysteem veel aandacht en tijd vraagt. Hiermee moet in de bedrijfsvoering rekening worden gehouden. In sommige percelen ontstonden ‘kwelplekken’ boven drains (doorslag van water van drainbuis naar maaiveld). Deze plekken waren beperkend voor het vergroten van de waterinfiltratie door verlies aan draagkracht van de graszode. De consequentie van het verfijnen van het waterinfiltratiesysteem was dat dit tot hogere aanleg- en beheerskosten leidde.

**Waterkwantiteit:** Binnen de bedrijfsarealen voor hoog- en laagwatersysteem is per systeem voor een deelgebied een waterbalans opgesteld aan de hand van neerslagdata en gemeten debieten. Door storingen aan de meetapparatuur (meerdere in- en uitstroompunten) konden geen complete meetreeksen worden verkregen. Daarbij waren er voor het hoogwatersysteem onduidelijkheden over de meetdata. Alleen voor het laagwatersysteem kon een totale balans van netto aanvoer, neerslag en bodemberging berekend worden. Echter, in dit gebied vond veel doorvoer van water plaats, waardoor de onzekerheid in de grootte van de balanstermen groot is. Een vergelijk tussen het laag- en hoogwatersysteem kon niet gemaakt worden. Het bleek dat het meten van debieten met meerdere aan- en afvoerpunten per watersysteem complex is en de afhankelijkheid van meettechniek en de leveranciers hiervan groot is. De gesimuleerde infiltratie- en drainagefluxen van het NOBV-AWIS perceel (MP) zijn goed vergelijkbaar met de metingen, terwijl ook de grondwaterstanden redelijk goed worden nagebootst met SWAP. De benodigde hoeveelheid water voor infiltratie is aanzienlijk hoger voor het hoogwaterperceel met een streefpeil van 20 cm-

mv, in vergelijking met het NOBV-AWIS perceel (MP) met een streefpeil van 50 cm-mv. Dit resulteert ook in een grote toename van oppervlakkige afvoer voor het HW-perceel door de ondiepe grondwaterstanden.

**Waterkwaliteit:** In perioden met een neerslagoverschot (vooral winterhalfjaar) verhoogden de concentraties stikstof en fosfor in het oppervlaktewater van zowel het hoogwater- als laagwatersysteem, ten opzichte van de het buitenwater (referentie). Praktisch alle meetwaarden van de Referentie worden volgens de KRW-norm voor totaal N en P als *Matig* beoordeeld. De meetwaarden van het hoog- en laagwatersysteem waren veelal hoger (vooral in perioden met een neerslagoverschot) dan de KRW-norm en worden beoordeeld als *Matig* of *Ontoereikend*. Voor totaal N (Nts) had het laagwatersysteem een hoger gemiddelde en een grotere variatie in meetwaarden dan het hoogwatersysteem. Binnen het hoogwatersysteem was de variabiliteit in totaal N in de stuwputten/afvoerpunten groter dan in de hoogwatersloten.

De concentratie sulfaat was bij waterinfiltratie en een hoog slootpeil aanzienlijk lager dan bij een laag slootpeil door verminderde pyrietoxidatie. Dit is een indicatie dat de extra waterinfiltratie de veenafbraak en CO<sub>2</sub>-emissie vermindert. Echter, de concentraties TOC en DOC (indicatoren voor veenafbraak) werden niet verlaagd. De meetwaarden in de stuwputten/van de afvoerpunten zouden mogelijk beïnvloed kunnen zijn door instroom van bagger in het waterinfiltratiesysteem.

De poriewaterconcentraties van mineraal stikstof konden goed nagebootst worden met ANIMO. Uitspoelingsvrachten van NO<sub>3</sub> nemen af in het hoogwatersysteem ten opzichte van het laagwatersysteem, doordat in een groter deel van de bodem denitrificatie plaatsvindt.

Tegelijkertijd nemen vrachten van NH<sub>4</sub> en met name DON toe, waarschijnlijk ten gevolge van een lagere stikstofbenutting uit bemesting door de grotere oppervlakkige afvoer. De poriewaterconcentraties van mineraal fosfor werden wat te hoog ingeschat met ANIMO. Als gevolg daarvan zijn ook de gesimuleerde fosforvrachten aan de hoge kant. De PO<sub>4</sub> uitspoeling vanuit het hoogwatersysteem is aanzienlijk lager dan vanuit het laagwatersysteem, terwijl de uitspoeling van P gebonden aan opgelost organisch materiaal (DOP) aanzienlijk hoger is. Dit resulteert in een hogere netto P-vracht vanuit het hoogwatersysteem dan vanuit het laagwatersysteem.

**CO<sub>2</sub>-emissie:** Afbraak van veen wordt duidelijk verminderd door de toepassing van een AWIS met een ondiep streefpeil, met een verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door veenafbraak met 60-70% ten opzichte van de referentie.

**Bodem en gras:** Binnen het thema bodem en gras is het effect van de grondwaterstand op draagkracht, zode, botanische samenstelling, grasproductie en graskwaliteit onderzocht. Dit is gedaan op kleine monitoringveldjes maar ook op perceelsniveau.

**Draagkracht:** Verhoging van grondwaterstand tot -20 centimeter onder het maaiveld door middel van AWIS resulteerde in een afname in draagkracht met gemiddeld 0,3 MPa, maar dit was sterk afhankelijk van de omstandigheden op het veld. De relatie tussen grondwaterstand en draagkracht was het sterkst in het najaar, terwijl de draagkracht in de zomer nauwelijks werd beïnvloed door de grondwaterstand. De hogere zodedichtheid op de huiskavel ten opzichte van de veldkavel had een positief effect op draagkracht.

Van 2020 tot 2023 had de hoge grondwaterstand geen grote effecten op de bedrijfsvoering. Er was niet of nauwelijks verschil in het aantal weidedagen. Echter, de timing van drijfmestbemesting in het voorjaar was lastiger bij een hoge grondwaterstand en bij de laatste oogst nam het risico op rijtschade toe. In het natte 2024 resulteerde beperkte draagkracht in een veel korter weideseizoen en zeer late oogst van de eerste snede met grote impact op de (kwaliteit van de) ruwvoervoorziening.

**Zode en botanische samenstelling:** Er was geen effect van verhoogde grondwaterstand op de gemeten worteldiepte. Op de hoogwater huiskavel was er een duidelijke toename in het aandeel grassen die als matig en slecht worden gewaardeerd (ten koste van Engels raaigras) zoals ruw beemdgras en fioringras. Er was ook een toename van kruiden zichtbaar, zoals kruipende boterbloem, paardenbloem en zilverschoon. Deze veranderingen kunnen effect hebben op de grasproductie en kwaliteit, maar zijn ook relevant voor de biodiversiteit.

**Waterinfiltratiecapaciteit:** De waterinfiltratiecapaciteit was onder natte omstandigheden in het voor- en najaar hoger op de laagwater percelen dan de hoogwater percelen. Dit was gerelateerd aan de hogere bodemvochtgehalten in de bovenlaag van de hoogwaterpercelen. Onder droge omstandigheden was er geen effect van grondwaterstand op waterinfiltratiecapaciteit en ook het effect op de waterafstotendheid van de bodem was beperkt. Het lijkt er dus op dat een verhoogde grondwaterstand geen sterk positief effect heeft op de sponswerking (vochtberging) van de bodem ten tijde van (piek)buien in droge periodes.

**Grasproductie:** Het effect van verhoogde grondwaterstand op de grasproductie is op maaiplots en op perceelsniveau in kaart gebracht. Het directe effect van grondwaterstand op de onverstoorde grasproductie (zonder vertrapping- en rijtschade) gemeten in maaiplots resulteerde in een afname in drogestofopbrengst van gemiddeld 5%, wat overeenkwam met 44 kg DS/ha per cm verhoging in grondwaterstand.

Dit is sterk gerelateerd aan een verlaging van het stikstofleverend vermogen van de bodem op de hoogwater plots. Grondwaterstand had gemiddeld genomen geen effect op de N benutting van kunstmest, maar er was een trend zichtbaar dat in droge jaren de N benutting hoger was op de hoogwater maaiplots en in natte jaren juist lager ten opzichte van de laagwater maaiplots.

In tegenstelling tot de verwachting, was het negatieve effect van de verhoogde grondwaterstand op onverstoorde grasgroei en het stikstofleverend vermogen groter in droge jaren ten opzichte van natte jaren. Dit hangt samen met dat het verschil in gerealiseerde grondwaterstand tussen de hoog- en laagwaterpercelen, wat groter was in droge dan natte jaren.

Daarnaast is het mogelijk gerelateerd aan een verschuiving naar minder droogteresistente grassoorten (zoals ruwbeemd en fioringras) met ondiepere beworteling, die dus juist slecht presteren in droge jaren. De theoretische reductie van grasgroei bij een (potentiële) verhoging van de grondwaterstand van -50 cm naar -20 cm kwam uit op 11%.

De gerealiseerde grasproductie van de hoogwaterpercelen was op perceelsniveau gemiddeld 4% lager op weidepercelen en 12% lager op maaipercelen. Dit was inclusief effecten van vertrapping, rijtschade en aanpassingen in timing van bemesting en oogst als gevolg van lagere draagkracht. De variatie tussen jaren was enorm. In 2021 waren er niet of nauwelijks verschillen, maar de

opbrengstreductie liep op tot 25% in 2024, toen lage draagkracht in het voorjaar de timing van bemesting en voederwinning sterk vertraagde.

**Graskwaliteit:** Op de maaiploots was er een lichte afname in ruw eiwitgehalte zichtbaar van gemiddeld 0,33 g/kg DS per cm verhoging in grondwaterstand. Verder waren er geen consistente verschillen in graskwaliteit (DVE en VEM) tussen de hoog en laagwater percelen in 2020-2023. Echter, in 2024 resulteerde de zeer late eerste snede, door de lage draagkracht, op de hoogwaterpercelen in een sterke reductie in voederwaarde.

**Dier:** Er zijn geen aanwijzingen gevonden in de onderzochte bedrijfssystemen dat de verhoogde grondwaterstand (van regulier naar -20 cm streefstand) risico's opleverde voor de diergezondheid. Het ontbreken van verschillen in diergezondheid tussen de bedrijfssystemen kan deels verklaard worden doordat gecorrigeerd werd met bijvoer, gericht op behoud van conditie. Behalve dat er geen verschillen waren in conditie, gewicht en melkproductie van de koeien, werden ook geen verschillen gezien in celgetal, blauwtong en klauwgezondheid. Leverbot, salmonella en lidrus waren (min of meer) afwezig op de gehele Hoogwaterboerderij, ongeacht de grondwaterstand. Dit was vanwege de lokale bodemeigenschappen (en het toeval?) dat deze op de proeflocatie (nog) niet aanwezig zijn. De resultaten voor deze leverbot, salmonella en lidrus zijn daardoor niet voorspellend voor andere veenweidenlocaties met een verhoogde grondwaterstand.

**Biodiversiteit:** Uit de analyse van de biodiversiteitsgegevens vallen de volgende punten op:

- Er zijn weinig tot geen effecten geconstateerd van de grondwaterstand op de biodiversiteit. Hierbij wordt opgemerkt dat er een relatief korte periode lag tussen het verhogen van de grondwaterstand en de metingen. Mogelijk hebben ook verschillen in het weer tussen de meetjaren geleid tot verminderd effect van grondwaterstand op de biodiversiteit;
- Voor zover er relaties werden gezien met de grondwaterstand, was dat het vaakst (maar niet altijd) bij het bodemleven. Er werden meer bacteriën gezien bij hoge grondwaterstand. Er werd geen relatie gezien tussen schimmels en grondwaterstand. Van de nematoden werden alleen de herbivore meer gezien bij lage grondwaterstand. In één van de twee meetjaren werden meer regenwormen gezien bij lage grondwaterstand;
- Afhankelijk van de methode en het moment van vegetatiekartering werden meer plantensoorten bij een hoge dan bij een lage grondwaterstand gezien, en ook meer op weide- dan op maaipercelen. Sowieso bleken de slootkanten soortenrijker dan de percelen, ongeacht grondwaterstand;
- Voor wat betreft lopende ongewervelden en vliegende insecten gold dat de verschillen tussen de meetmomenten (weersomstandigheden, verstoring) meestal groter waren dan de verschillen in relatie tot grondwaterstand of type graslandgebruik. Dit geldt ook voor de grotere exemplaren die een belangrijke bron van voedsel vormen voor weidevogelkuikens;
- Voor wat betreft dagvlinders werden onvoldoende exemplaren gezien om een relatie te kunnen aantonen met de grondwaterstand. Ook voor wat betreft nachtvlinders werd geen relatie gezien met grondwaterstand;
- Er waren meer libellen bij een hogere grondwaterstand.

**Klimaat & milieu:** De resultaten bevestigen de hypothese dat een bedrijfssysteem bij een hogere grondwaterstand tot lagere broeikasgasemissies leidt ten opzichte van reguliere ontwatering. Dit is vooral het gevolg van een vermindering van CO<sub>2</sub>-emissies uit veenoxidatie. Belangrijke kanttekening hierbij is dat methaan- en lachgasemissies uit de bodem en sloten gelijk zijn ingeschat voor zowel een lage als hoge grondwaterstand. Vervolgonderzoek kan bevestigen of deze inschattingen correct zijn. Uit de analyse van de kringloop- en broeikasgegevens<sup>2</sup> van de drie bedrijfssystemen vallen verder de volgende punten op:

- *Grasproductie en -opname:* Volgens De Kringloopwijzer was de graslandproductie in kilogrammen drogestof gemiddeld 7% lager, de KVEM productie 9% lager, en de eiwitgehalten in het gras gemiddeld 5% lager voor de hoogwaterbedrijfssystemen (HF-H en J-H vs. HF-L). Dit komt redelijk overeen met afname van de gemeten grasproductie in voor koeien en machines afgezette meetplots (zie bodem en gras). Fosfor in het gras verschilde gemiddeld niet tussen de bedrijfssystemen;
- *Koeien en melkproductie:* De lagere weidegrasopname is gecompenseerd met eigen en van buiten het bedrijf aangevoerd kuil- en krachtvoer bij de hoogwaterbedrijfssystemen ten opzichte van het laagwaterbedrijfssysteem. Hierdoor is de gemiddelde meetmelkproductie per hectare gelijk gebleven tussen de HF-L en HF-H bedrijfssystemen, en was deze zelfs 5% hoger bij het J-H ten opzichte van het HF-L bedrijfssysteem. De meetmelkproductie uit VEM of ruw eiwit van eigen land was wel 5-6% lager bij de hoogwaterbedrijfssystemen, in lijn met de lagere grasproductie. Dat deze lagere meetmelkproductie in lijn is met de afname in groeigroei (zowel gemeten in de maaiplots als via de Kringloopwijzer vastgesteld), is een indicatie dat extra schade van vertrapping of rijden en oogst- en conserveringsverliezen bij een hogere grondwaterstand beperkt was;
- Er waren geen noemenswaardige verschillen in de stikstof- en fosfaatbenutting van de melkkoeien tussen de bedrijfssystemen met HF koeien. Het hoogwaterbedrijfssysteem met Jersey koeien had de hoogste meetmelkproductie per hectare met de laagste krachtvoergift per 100 kg meetmelk en ammoniakemissie. De Jersey koeien hadden de hoogste stikstofbenutting en gelijke fosfaatbenutting op dierniveau, maar het hoogwaterbedrijfssysteem met Jersey koeien had de laagste stikstof- en fosfaatbenutting op bodem- en bedrijfsniveau. Dit was waarschijnlijk het gevolg van de hogere ruwvoeraanvoer van buitenaf het bedrijf in vergelijking tot de twee andere bedrijfssystemen;
- *Bodem:* De afvoer van stikstof en fosfaat vanaf de bodem was gemiddeld lager bij de hoogwaterbedrijfssystemen, waardoor de stikstof- en fosfaatbenutting per hectare ook wat lager was. Dit komt vooral doordat de grasgroei gemiddeld lager is berekend voor de hoogwaterbedrijfssystemen, en omdat het gras gemiddeld minder eiwit bevatte bij de hoogwaterbedrijfssystemen;
- *Bedrijfssysteem:* Voor de hoogwaterbedrijfssystemen, en met name voor het Jersey hoogwaterbedrijfssysteem, was de stikstof- en fosfaataanvoer wat hoger via aangevoerd ruwvoer. Voor stikstof lag echter de afvoer via melk voor Jersey ook hoger, maar voor

---

<sup>2</sup> grotendeels berekend met de Kringloopwijzer welke veel aspecten van de bedrijfsvoering uitrekent

fosfaat niet. De bedrijfsstikstofbenutting (18%) verschilde gemiddeld niet tussen de bedrijfssystemen, maar de fosfaatbenutting was gemiddeld 5-9 kg per hectare lager voor de hoogwaterbedrijfssystemen.

De hoogwaterbedrijfssystemen hadden gemiddeld een 2-5 kg per hectare lagere ammoniakemissie, en een 4 tot 14% lagere ammoniakemissie per kg meetmelk in vergelijking tot het laagwaterbedrijfssysteem, voornamelijk als gevolg van een lager eiwitgehalte in het gras en het rantsoen;

- *Broeikasgasemissies*: De hoogwaterbedrijfssystemen hadden 15-18% lagere broeikasgasemissies per hectare en per kg meetmelk in vergelijking tot het laagwaterbedrijfssysteem, voornamelijk als gevolg van een vermindering van 6,7 ton CO<sub>2</sub>-eq emissies per hectare uit de bodem door de hogere grondwaterstand. Een deel van die CO<sub>2</sub>-eq emissie vermindering werd voornamelijk tenietgedaan door 1,4 tot 2,0 ton per hectare hogere emissies van aangevoerd ruw- en krachtvoer.

Wanneer CO<sub>2</sub>-emissies exclusief bodememissies worden berekend — zoals gangbaar in zuivelkwaliteitssystemen — zijn de emissies per kg melk 7 tot 11% hoger bij de hoogwaterbedrijfssystemen (pagina 185). Dit kan meetellen in melkkwaliteitssystemen zoals On the way to Planetproof.

### Economie & verdienmodel:

- *Saldoverschil hoogwater ten opzichte van laagwater*: Het vernatten van veen had een negatieve invloed op de economische bedrijfsresultaten van de Hoogwaterboerderij. In de vergelijking tussen Holstein melkkoeien op een hoge en lage grondwaterstand was het saldoverschil in 2021 ongeveer 12 euro per melkkoe in het voordeel van de Holstein melkkoeien op een lage grondwaterstand. In 2022 was dit verschil 393 euro per koe in het voordeel van Holstein melkkoeien op een lage grondwaterstand, door een lagere meetmelkproductie en daardoor lagere melkopbrengsten van de Holsteins op hoogwater. In 2023 was de meetmelkproductie van de hoogwatergroep toegenomen en was het verschil gedaald tot 83 euro in het voordeel van de Holsteins op laagwater. In 2024 was het verschil weer opgelopen tot 124 euro in het nadeel van de hoogwatergroep door lagere melkopbrengsten en hogere voerkosten ten opzichte van de laagwatergroep. Gemiddeld over de gehele periode was het saldoverschil 147 euro per melkkoe in het voordeel van de laagwatergroep. De veevoerkosten van de Holsteins op hoogwater waren elk jaar hoger dan die van de Holsteins op laagwater. Dit kwam vooral door hogere kosten voor de aankoop van ruwvoer;
- *Saldoverschil Jerseys ten opzichte van Holsteins*: De economische resultaten van Jersey en de Holstein melkkoeien op een hoge grondwaterstand zijn ook opgesteld. In 2021 was het saldoverschil ruim 320 euro per koe in het voordeel van de Holsteins. In 2022 was dit 244 euro per koe, in 2023 was het verschil 431 euro per koe en in 2024 was het verschil 198 euro per koe. Gemiddeld over de gehele periode realiseert de Jersey groep met 299 euro per koe negatief een lager saldo ten opzichte van de Holsteins. De verschillen tussen de twee groepen werden vooral veroorzaakt doordat Jersey melkkoeien een lager metabool gewicht hebben dan Holstein melkkoeien. De veebezetting in kg metabool gewicht was

vrijwel gelijk tussen de bedrijfssystemen. Gecorrigeerd voor dit metabool gewicht was er gemiddeld over de periode 2021-2024 maar een klein verschil in saldo tussen de twee rassen op de Hoogwaterboerderij;

- *Kosten waterinfiltratiesysteem:* In het saldo per koe zijn de investerings- en onderhoudskosten van het waterinfiltratiesysteem niet meegenomen. Die komen hier nog bij, waardoor het saldooverschil oploopt. Per koe komen deze kosten voor de groepen op hoogwater uit op 242 euro per jaar. Hierbij is geen rekening gehouden met eventuele subsidie voor het systeem en de kosten van eigen arbeid zijn niet meegenomen;
- *Grondwaardedaling:* Naast de economische bedrijfsresultaten is ook gekeken naar de gevolgen van een eventuele grondwaardedaling door vernatting. Een eventuele waardedaling van de landbouwgrond door het verhogen van de grondwaterstand heeft op de korte termijn vooral gevolgen voor het eigen vermogen. Dit eigen vermogen daalt door de waardedaling van de grond. Op de korte termijn heeft een grondwaardedaling geen effect op het inkomen en liquiditeit van het melkveebedrijf. Er is namelijk geen kasstroom verbonden aan de waardedaling, ervan uitgaande dat de waardedaling niet wordt vergoed. Op lange termijn heeft de grondwaardedaling vooral effect op de zekerheden die grond biedt voor de economische waarde van het melkveebedrijf of financiers. Dit kan effect hebben op de moderniteit van het bedrijf doordat investeringen worden bemoeilijkt door minder zekerheden, alhoewel tegenwoordig meer wordt gekeken naar de kasstromen bij financieringen door geldverstrekkers. Bij verkoop van grond wordt het verschil tussen de historische aankoopwaarde en de huidige marktwaarde liquide. Bij een daling van de grondprijs zal dit deel lager zijn dan wanneer er geen vernatting zou zijn geweest en kan gevolgen hebben voor het vermogen dat overblijft na staking van het bedrijf;
- *Verdienmodel:* Economische consequenties van vernatting kunnen worden gecompenseerd door aanpassing van het verdienmodel van het melkveebedrijf. Potentiële opties hiervoor zijn 'het vergoeden van de vermindering van CO<sub>2</sub>-emissie als gevolg van veenbehoud', 'waterdiensten', 'overige ecosysteemdiensten' en 'natte teelten'. Vooral de onzekerheid van (langdurige) baten en (technische) ontwikkeling van verschillende verdienmodellen zorgen voor een onbekend economisch perspectief. Hierdoor komen verdienmodellen moeilijk van de grond, mede door gebrek aan eigenaarschap met betrekking tot de financiering van deze verdienmodellen.

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het overgrote deel van de veengebieden in Nederland is ontwaterd voor de grasteelt ten behoeve van de melkveehouderij. De melkveehouderij is een belangrijke economische activiteit in het veenweidegebied. Het ontwateren van de bodem heeft als nadeel dat het veen langzaam afbreekt door voornamelijk zuurstofindringing, met broeikasgasemissies en bodemdaling als gevolg. In [het Klimaatakkoord](#) is opgenomen dat het veenweidegebied een verminderde uitstoot van 1 Mton CO<sub>2</sub> equivalenten moet realiseren in 2030. Het verhogen van de grondwaterstand in het veenweidegebied speelt hier een belangrijke rol in. De [beleidsbrief Water en Bodem sturend](#) spreekt in haar structurerende keuzes over ‘bewegen naar een grondwaterstand van 20 cm tot 40 cm’. In de literatuur zijn er aanwijzingen dat een grondwaterstand van ongeveer 20 cm onder maaiveld een optimum oplevert tussen de emissie van CO<sub>2</sub>, methaan en lachgas (o.b.v. GWP100 equivalentie van deze drie broeikasgassen; Jurasinski et al. 2016; Tiemeyer et al. 2020; Aben et al. 2024; Buzacott et al. 2024). Het toepassen van actieve waterinfiltratie systemen (AWIS) is een techniek om een grondwaterstand van ca. 20 cm onder maaiveld te realiseren en handhaven.

Bij een grondwaterstand van ca. 20 cm onder maaiveld kan gras groeien, maar er zijn wel vragen bij de houdbaarheid van een ‘gezonde’ melkveehouderij bij een dergelijke grondwaterstand. Immers, de reden waarom de grondwaterstand steeds op een lager niveau is gehouden wás de productie in de melkveehouderij. Een hogere grondwaterstand kan de grasgroei, de graskwaliteit, het graslandgebruik en de grasbenutting beïnvloeden. Bovendien zijn er vragen over risico's voor de gezondheid van de dieren. Dit alles kan effecten hebben op de bedrijfstechnische en -economische resultaten van een melkveebedrijf. Daarnaast zal er naar verwachting een effect optreden van het toepassen van een waterinfiltratiesysteem op de lokale waterkwaliteit, watervraag, en biodiversiteit.

## 1.2 Vraagstelling en doel

Het doel van het systeemonderzoek op de Hoogwaterboerderij is te onderzoeken of een melkveebedrijfssysteem op veengrond met een streefgrondwaterstand van ca. 20 cm beneden maaiveld minder bodemdaling en broeikasgasemissies oplevert, en tegelijkertijd voldoende economisch perspectief biedt ten opzichte van een melkveebedrijfssysteem met een ontwatering (slootpeil) van ca. 50 cm beneden maaiveld.

Boeren Op Hoog Water (BOHW) wil dit onderzoeken in een ‘living lab’ situatie op een geheel melkveebedrijf op veengrond.

### 1.3 Missie

De missie van het onderzoekprogramma “Boeren bij hoog water” is een systeeminnovatie te stimuleren, te faciliteren en te realiseren in het westelijk veenweidegebied, gericht op het ontwerpen en het ontwikkelen van perspectievolle melkvee bedrijfssystemen die zorgen voor minimale bodemdaling en minimale emissies van broeikasgassen.

### 1.4 Conceptueel kader

De kernvraag van BOHW is wat de bedrijfseconomische effecten zijn van het verhogen van de grondwaterstand tot 20 cm -mv voor een melkveehouderij in het veenweidegebied. Die effecten kunnen worden bepaald aan de hand van output gegevens; hoeveel geld er wordt verdiend in de reguliere situatie, en hoeveel bij 20 cm -mv? Indien alleen de grondwaterstand verschillend is dan kan het verschil worden geduid als ‘de bedrijfseconomische effecten’. Maar daarmee zijn eventuele verschillen niet verklaard. En om aan de missie van BOHW te voldoen (systeeminnovatie stimuleren, faciliteren en realiseren) is juist die verklaring van belang. Want die verklaring geeft de aanknopingspunten voor transitie. We moeten eerst weten welke factoren van belang zijn voor de bedrijfseffecten om goed op de verhoging van de grondwaterstand in te kunnen spelen. Daarom is het belangrijk de factoren te onderzoeken die gezamenlijk en in samenhang de uiteindelijke bedrijfsresultaten bepalen. Daarnaast is het goed om ook breder te kijken dan alleen de bedrijfsresultaten. Een melkveehouderij functioneert immers niet in het luchtledige, maar in de bredere context van het veenweidegebied waarin ook broeikasgasemissies, waterkwaliteit, en biodiversiteit van belang zijn.

Het onderzoek binnen BOHW richt zich daarom op de thema’s water, bodem & gras, dier, biodiversiteit, klimaat & milieu en economie & verdienmodellen. Dit is gebaseerd op de volgende redenering. De kern van een melkveebedrijf wordt - sterk gesimplificeerd - gevormd door de kringloop waarin de bodem gras produceert, dat wordt geconsumeerd door koeien, die op hun beurt weer melk produceren. De koe produceert mest die de bodem verrijkt, waardoor weer grasproductie mogelijk is. Wanneer de grondwaterstand wordt verhoogd, dan kunnen er verschillende aspecten worden beïnvloed.

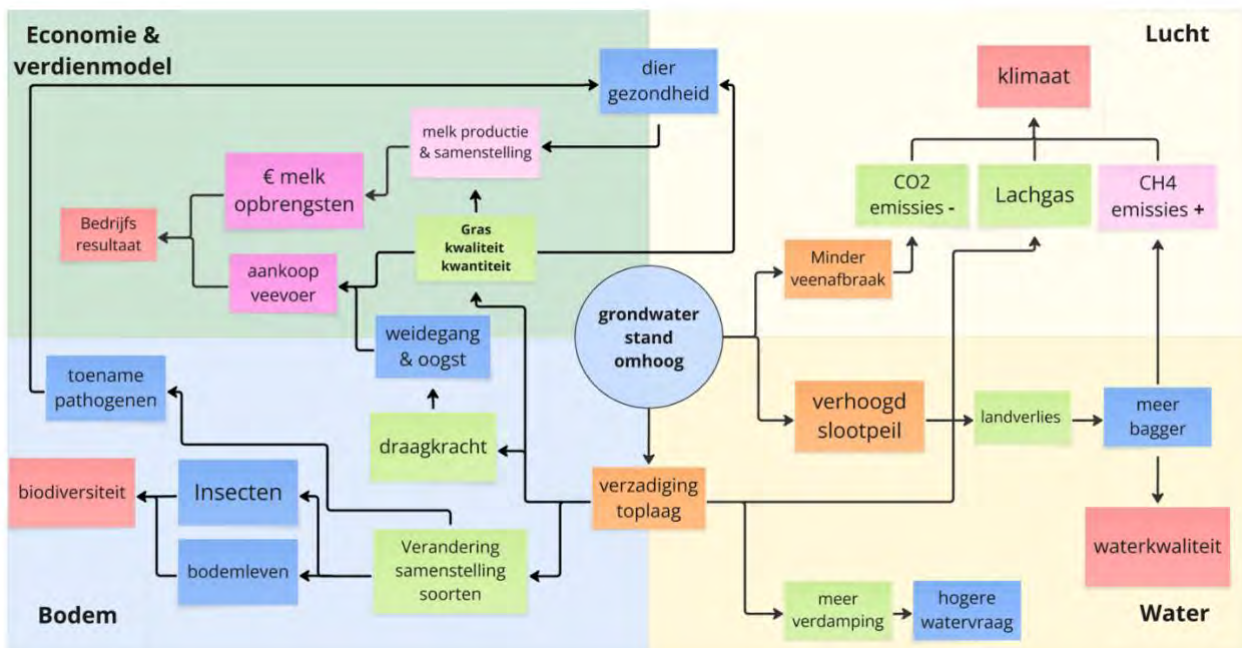
1. Bodem. Er vindt een grotere saturatie van de veenbodem plaats. Dit kan mogelijk leiden tot verhoogde emissies van lachgas, en zal naar verwachting leiden tot verminderde CO<sub>2</sub>-emissie. De draagkracht zal mogelijk afnemen met gevolgen voor de mogelijkheden voor weidegang en oogst (thema ‘bodem en gras’). Bovendien dient het slootpeil te worden verhoogd om de verhoogde grondwaterstand te realiseren. Dit zal naar verwachting leiden tot verhoogde erosie van veenbodem naar het

oppervlaktewater (baggervorming). Dit kan leiden tot verhoogde emissies van methaan (het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikassen Veenweiden doet onderzoek naar emissies uit bodem en sloten) en een toename van fosfaatbelasting van de sloot (thema 'water' en 'klimaat en milieu'). Een verhoging van de grondwaterstand zal vermoedelijk ook gevolgen hebben voor het bodemleven. (thema 'biodiversiteit').

De verhoging van de grondwaterstand zal waarschijnlijk ook leiden tot een verhoogde watervraag (thema 'water');

2. De grasgroei wordt beïnvloed. Het gaat dan om veranderde productie in termen van productie, om verandering van voedingswaarde van het gras, om verandering van de botanische samenstelling, of om een combinatie van die drie (thema 'bodem & gras'). Een veranderde botanische samenstelling en daarmee veranderende insectenpopulaties kunnen een verandering in biodiversiteit betekenen (thema 'biodiversiteit');
3. De koe komt in andere omstandigheden. Ziektedruk kan mogelijk toenemen. De weidegang kan worden beïnvloed doordat het land langduriger dan normaal te nat is om te weiden (te beperkte draagkracht). De veranderende samenstelling van het grasland kan van invloed zijn op het welzijn van de koe, en diens melkproductie en -kwaliteit (thema 'dier');
4. Dit alles kan leiden tot verandering in bedrijfsvoering en de productie, met gevolgen voor het bedrijfsresultaat (thema 'economie en verdienmodellen'). Verandering in weidegang en in mogelijkheden voor het oogsten van gras leidt tot verandering in bedrijfsvoering, bijvoorbeeld omdat er meer ruwvoer moet worden ingekocht. Dit heeft uiteindelijk gevolgen voor het verdienvermogen en de verdien capaciteit van een bedrijf. Daarbij spelen ook mogelijke veranderingen en kansen rond opbrengsten en subsidies.

Onderstaande figuur geeft een versimpelt schematisch overzicht van dit complexe systeem.



Figuur 1.1. Schematisch overzicht van de samenhangende effecten van verhoging van de grondwaterstand gepositioneerd aan de hand van de compartimenten lucht, water, en bodem, en de bedrijfseconomie. De

*primaire effecten (oranje) 'verzadiging van de toplaag', 'verhoogd slootpeil', en 'verminderde veenafbraak' leiden via secundaire (lichtgroen) en tertiaire effecten (roze) tot uiteindelijke veranderingen (donkerroze) in doelstellingen op het terrein van 'Bedrijfsresultaat', 'Klimaat', 'Biodiversiteit' en 'Waterkwaliteit'*

De uiteindelijke vraag voor BOHW is dus in welke van deze elementen veranderingen op gaan treden bij verhoging van de grondwaterstand, en hoe die veranderingen met elkaar samenhangen.

## 1.5 Leeswijzer

In navolgende rapportage vindt u eerst een beschrijving van de wijze waarop het onderzoek is uitgevoerd. We gaan in op de vraag hoe de Hoogwaterboerderij is opgezet, de wijze waarop de bedrijfssystemen zijn opgezet. Vervolgens treft u voor elk van de hierboven genoemde thema's een beschrijving van de probleem- en vraagstelling, de werkwijze, het verloop van het onderzoek, de resultaten, en discussie en conclusies voor het betreffende thema.

## 1.6 Hoogwater, laagwater en afkortingen HF-L, HF-H en J-H

In dit rapport spreken we over hoogwater (H of HW) en laagwater (L of LW). Met laagwater bedoelen we het referentiebedrijfssysteem met Holstein Friesian melkkoeien (afgekort HF-L). Op dit bedrijfssysteem hebben de percelen een drooglegging van 45-50 cm onder maaiveld (slootpeil), en zijn de percelen niet uitgerust met een waterinfiltratiesysteem. Met hoogwater bedoelen we de bedrijfssystemen met Holstein Friesian en Jersey melkkoeien (afgekort HF-H en J-H), waarvan de percelen een verhoogd slootpeil hebben van 25-30 cm onder maaiveld en wel zijn uitgerust met een waterinfiltratiesysteem. In de hoogwater bedrijfssystemen is de streefgrondwaterstand in het groeiseizoen 20 cm onder maaiveld. In de winter is de grondwaterstand meestal hoger.

## 1.7 Status van de bevindingen

Het Living Lab Boeren op Hoog Water heeft onderzoek gedaan naar de gevolgen van een streefgrondwaterstand van -20 cm onder maaiveld voor de bedrijfsresultaten van de melkveehouderij. De resultaten en conclusies zijn resultaat van het onderzoek op KTC Zegveld over de periode 2020 tot en met 2024. Uitspraken in de deze rapportage moeten dan ook in dat licht worden gezien.

## 2. Opzet bedrijfssystemen & onderzoek

### 2.1 Fysieke opzet van de bedrijfssystemen

In deze paragraaf zijn de fysieke opzet van de bedrijfssystemen van Boeren op Hoog Water en de keuzes die daarbij zijn gemaakt toegelicht.

#### Algemene bedrijfsopzet

Begin 2020 zijn drie bedrijfssystemen door KTC Zegveld op een voormalig regulier melkveebedrijf aan de Oude Meije 14 in Zegveld ingericht, en vanaf het begin van het groeiseizoen van 2020 is het onderzoek van start gegaan. Er waren twee bedrijfssystemen met Holstein Friesian (HF) koeien ingericht, waarvan één met een reguliere ontwatering (HF-L) en één met een streefgrondwaterstand van 20 cm onder maaiveld (HF-H) (Tabel 2.1).

Tabel 2.1: Overzicht van de drie bedrijfssystemen

Kenmerk	Bedrijfssystemen		
	Holstein – laagwater (HF-L)	Holstein – hoogwater (HF-H)	Jersey – hoogwater (J-H)
Streefgrondwaterstand (cm)	-	20 cm onder maaiveld	
Slootwaterpeil (cm)	Regulier: ca. 45-50 cm onder maaiveld	Ca. 20-30 cm onder maaiveld	
Veeras	Holstein	Holstein	Jersey
Aantal koeien	44	22	29
Huiskavel (ha)	15,3	7,2	7,6
Veldkavel (ha)	6,6	3,7	3,3
Totaal (ha)*	21,96	10,88	11,02
Koeien per ha	2,0	2,0	2,7
Melksysteem	Robot 1		Robot 2
Mestopslag	Mestkelder 1		Mestkelder 2
Kunstmest (kg N per ha)		80	
Krachtvoer (kg per ha)**		3600	
Krachtvoer (kg per koe)**		1580	1200

\* In 2020 waren de oppervlakten ca. 20,1, 10,1 en 10,3 ha voor HF-L, HF-H en J-H, respectievelijk. Vanaf 2021 zijn de oppervlakten uitgebreid naar de waarden in de tabel. \*\* Streefwaarde

Daarnaast was een bedrijf met Jersey (J) koeien ingericht met een streefgrondwaterstand van 20 cm onder maaiveld (J-H). Het HF-L bedrijf was ongeveer twee keer zo groot van omvang als de HF-H en J-H bedrijven. De reden hiervoor was dat de drie bedrijfssystemen samen een stal delen met ongeveer twee gelijke helften en één voergang in het midden. Aan de ene kant van de voergang zat de HF-L koegroep die één melkrobot ter beschikking had, en aan de andere kant van de voergang de HF-H en J-H koegroepen samen die ook één melkrobot ter beschikking hadden.

## Percelen en verkaveling

Alle drie bedrijfssystemen hadden eigen percelen (Figuur 2.1). Elk bedrijfssysteem had een huis- en een veldkavel. De huiskavels (voor weidegang) waren zo ingericht dat drie groepen koeien ongeveer een vergelijkbare loopafstanden hadden naar de percelen, en dat de hoogwaterpercelen zoveel mogelijk bij elkaar lagen vanwege het hogere slootpeil dat er werd gehanteerd. Elk bedrijfssysteem had zijn eigen kavelpaden. Omdat de bemesting en het maaien van de HW-veldkavelpercelen gelijk was voor de HF-H en J-H bedrijven, zijn de grasopbrengst van deze percelen naar rato van oppervlak verdeeld over beide bedrijfssystemen. In de praktijk vormden de HF-H en J-H veldkavelpercelen daarom samen één veldkavel.

### Overzicht van Hoogwaterboerderij KTC Zegveld

-  Positie van bodemsensoren
-  Positie van slootsensoren
-  Positie van tegels
-  NOBV plot
-  Opbrengstvelden
-  Positie van watertappunten
-  Holstein Friesian Laag
-  Holstein Friesian Hoog
-  Jersey
-  P1 Weide monitoringsplotjes (20 m vanaf opbrengstvelden)



*Figuur 2.1: Perceelsindeling van de percelen van de drie bedrijfssystemen. De stal en het erf van de drie bedrijfssystemen bevond zich in de blauwe cirkel. De veldkavel met een lage grondwaterstand lag aan de overkant van de Oude Meije.*

Alle percelen lagen op veengrond met een gemiddelde zomerdrooglegging van ca. 40-45 cm, en een 10 cm grotere winterdrooglegging. Volgens de bodemkartering van Wageningen Environmental Research (WEnR) waren alle percelen eerdveengronden met een kleiige moerige eerdlaag die 15-50 cm dik is. De veenklasse is bosveen en eutroof broekveen (klasse hVb) ([www.bodemdata.nl](http://www.bodemdata.nl)).

## Verhoging grondwaterstanden op de hoogwater bedrijfssystemen

De grondwaterstanden van de percelen van HF-H en J-H werden verhoogd met behulp van AWIS (drukdrains) in combinatie met hogere slootwaterpeilen. De percelen van het HF-L bedrijfssysteem hadden geen WIS systeem. De drains van de infiltratiesystemen zijn in de winter van 2019/2020 aangelegd op ongeveer 70 cm diepte met een drainafstand van 6 m. De infiltratie van water in de stuwputten gebeurt sinds 2021 met elektrische pompen. Aanvankelijk waren er in 2020 drie stuwputten en draaide één systeem hiervan op windenergie. Vanwege een te lage infiltratiecapaciteit is er in het voorjaar van 2021 nog een stuwput bijgeplaatst op zonne-energie (J-H) en is de windmolen vervangen door een pomp op netstroom.

In 2020-2022 verhoogde waterinfiltratie weliswaar de grondwaterstanden ten opzichte van de referentie, maar de streefgrondwaterstand van 20 cm onder maaiveld werd niet gehaald. In het voorjaar van 2023 heeft in het midden en zuidelijke deel van de huiskavel van de hoogwater bedrijfssystemen een verbetering van de AWIS plaatsgevonden om de hoge streefgrondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld te kunnen halen. De drainafstand van 6 m is gehalveerd naar 3 m door extra drainbuizen aan te leggen (tussendraineren) en het waterinfiltratiesysteem is voorzien van extra toevoerregelingen en een doorspoelsysteem. Met de extra toevoerregelingen kunnen hoogteverschillen tussen percelen worden overbrugd, en zijn vertragingen uit de aansturing van de waterinfiltratie gehaald (minder drukverlies). De verbeteringen waren in juli 2023 operationeel.

## Keuze ras van de koe

Bij de opzet van het onderzoek is gekozen om bedrijven met HF en Jersey melkkoeien bij een hoge grondwaterstand te vergelijken met HF koeien met een gangbare grondwaterstand. HF koeien zijn het meest voorkomende veeras in Nederland, en dit ras is daarom gekozen voor zowel het laag- als hoogwaterbedrijf. Op de bedrijfssystemen is vers gras en kuilgras het belangrijkste onderdeel van het rantsoen, enerzijds om effecten van de verhoogde grondwaterstand op de grasgroei-, -kwaliteit en -opname op de melkproductie en diergezondheid zo goed mogelijk te monitoren en anderzijds vanuit de veronderstelling dat een hoog aandeel eiwit van eiwit land belangrijk is voor een bedrijfsvoering met zo mogelijke milieu impact. In de literatuur zijn er aanwijzingen dat Jersey koeien efficiënter zijn bij een rantsoen met veel ruwvoer, 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 (Oldenbroek 1988, Prendville et al. 2009). In een bedrijfssysteem waarin energieopname uit ruwvoer (tijdelijk) limiterend kan worden als gevolg van een lagere weidegrasopname of teruggelopen graskwaliteit, zal een koe met een lagere onderhoudsbehoefte mogelijk minder lichaamsreserves gaan mobiliseren en minder sterker vermageren. Jersey koeien zouden dan mogelijk beter passen in een bedrijfssysteem met een hoge grondwaterstand (zonder extra bijvoeding in te zetten om koeien op conditie te houden). Ook zijn er aanwijzingen dat koeien die minder langer in de

negatieve energiebalans blijven en minder slecht gaan presteren op het gebied van vruchtbaarheid en reproductie.

Er zijn geen aanwijzingen bekend dat er verschil is tussen koerassen voor de vatbaarheid van bijvoorbeeld leverbot of andere parasieten. Ook is het niet duidelijk of er belangrijke verschillen zijn tussen koerassen die een effect kunnen hebben op dagen waarop geweid kan worden, of op vertrapping en grasopname in de weide. Aan de ene kant zijn er schattingen dat het gewicht per vierkante centimeter klauwoppervlak van Jersey koeien lager is dan dat van HF koeien (Delaby, 2024). Aan de andere kant liet eerder onderzoek met gedragssensoren op KTC Zegveld zien dat Jersey koeien per dag ruim 6000 stappen meer zetten dan HF koeien (Schils et al., 2019). Overigens zouden actievere koeien ook weer relatief meer energie kunnen gebruiken voor onderhoud. Vanwege al deze mogelijke verschillen tussen koerassen is ervoor gekozen ook een bedrijfssysteem met Jersey koeien op te zetten.

## Veebezetting

Bij de opstart van het onderzoek in 2020 is besloten om te werken met een veebezetting die vergelijkbaar is met praktijkbedrijven in de veenweiden (Agrimatie, 2019). Om praktische redenen (o.a. voor een voldoende grote en daarmee robuuste omvang van de groepen melkkoeien) is ervoor gekozen om op de drie bedrijfssystemen geen jongvee te houden. Ook waren de koeien tijdens de droogstandsperiode niet aanwezig.

De omvang van de veestapel van het J-H bedrijf is vastgesteld op een ongeveer gelijke hoeveelheid metabool koegewicht per hectare als bij de HF-bedrijfssystemen. Hiertoe is geschat dat een gemiddeld HF melkkoe 640 kg weegt en een gemiddelde Jersey koe 430 kg, op basis van metingen bij KTC Zegveld. Het metabool gewicht (een maat voor de hoeveelheid metabole weefsels van een dier) is geschat als het lichaamsgewicht tot de macht 0,75 (127,2 en 94,4 kg metabool gewicht voor HF en Jersey respectievelijk). De factor 0,75 is een gebruikelijke factor om de energiebehoefte van dieren van verschillende gewichten met elkaar te vergelijken (National Research Council, 2001). Bij de aanvang van het onderzoek zijn vervolgens melkkoeien geselecteerd op basis van het lactatienummer, lactatiestadium en hun actuele melkgift, met als doel zoveel mogelijk vergelijkbare groepen koeien (zowel gemiddeld alsook qua spreiding van de genoemde parameters) tussen de bedrijfssystemen te hebben. Bij vervanging van koeien tijdens de looptijd van het onderzoek is ook zoveel mogelijk rekening gehouden met deze parameters, naast het behouden van een gelijke hoeveelheid koeien per bedrijfssysteem.

Bij de opzet van het onderzoek is ervoor gekozen om de aanvoer van kunstmest (80 kg N per ha) en krachtvoer (streefwaarde 3600 kg per ha) ten opzichte van de gemiddelde praktijk relatief laag te houden. In 2020 bleek een ruwvoertekort te ontstaan als gevolg van de keuzes van bedrijfsopzet. Daarom is ervoor gekozen per 1 januari 2021 de veebezetting te verlagen door het oppervlakte grasland wat te vergroten.

## Afkalfpatroon

Bij de aanvang van het onderzoek is een afweging gemaakt tussen het nastreven van een jaarrond kalvende kudde of een voorjaar-kalvende kudde. Bij deze afweging is gekeken naar de aspecten economie, robotbezoek, representativiteit voor de praktijk, krachtvoergebruik, arbeidsbehoefte, grasaanbod, -opname en kwaliteit, vruchtbaarheidsmanagement en opstartsnelheid van het onderzoek. Er is gekozen voor een jaarrond kalvende kudde vanuit de veronderstelling dat dit gunstiger is voor het op gang houden van het robotbezoek, representatiever is voor de praktijk, een constantere arbeidsbehoefte oplevert, beter te managen is (vaak lukt het niet om de tussenkalftijd van HF koeien op precies een jaar te houden zonder ingrepen), en omdat er geen voorjaars-kalvende kudde beschikbaar was begin 2020.

## Bemesting: kunstmest en dierlijke mest

Er is gekozen om te bemesten met drijfmest én kunstmest, omdat het merendeel van de melkveebedrijven op veengrond in de praktijk ook kunstmest gebruikt. De bedrijfssystemen in het onderzoek zijn hiermee representatiever voor de praktijk. Werken zonder kunstmest past bij een biologische bedrijfsvoering met maximaal 170 kg N per hectare uit dierlijke mest, wat een lagere veebezetting is dan gekozen voor het dit onderzoek. Wel is er gekozen om een relatief lage kunstmestgift van maximaal 80 kg N per hectare te gebruiken, vanuit de veronderstelling dat een hoger bemestingsniveau verschillen in grasgroei en -kwaliteit tussen een lage en een hoge grondwaterstand zou kunnen maskeren. In de praktijk van 2020 was een scherpe gift op goede veengrond rond de 100 kg N het praktijkadvies. Er is een gelijk kunstmestniveau gehanteerd op alle drie bedrijfssystemen. Er is geen fosfaatkunstmest gebruikt conform praktijk en regelgeving (deelname aan derogatie). Er is bemest met kalkammonsalpeter (KAS) korrelkunstmest, wat de meest gebruikte kunstmeststof is op grasland in Nederland. Als gevolg van de gekozen veebezetting was de bemesting uit dierlijke mest gemiddeld ca. 225 kg N per hectare. Gemiddeld kwam daarvan 38 kg N tijdens de weidegang op de het land. De verdeling van de overige drijfmest en kunstmest over de percelen was afhankelijk van het gebruik (weiden of maaien), het moment van weiden of maaien, en de hergroei van gras. De verdeling van bemesting werd daarnaast jaarlijks afgestemd op de draagkracht van de bodem, en de resterende hoeveelheid beschikbare mest tijdens het groeiseizoen. Maaisnedes werden relatief zwaarder bemest met zowel drijf- als kunstmest dan weidepercelen. De bemesting van maaisnedes was afgestemd op een streefwaarde van 160 tot 170 gram ruw eiwit in het gras. Dit werd gedaan door een inschatting te maken van de bijdrage van het NLV en de bemesting aan de groei en het eiwitgehalte van het gras, een inschatting te maken van het maaimoment, en door eiwitgehalten in het gras van eerdere jaren als uitgangspunt te nemen. Drijfmest werd uitgereden met een sleepvoetbemester, waarbij de mest werd verdund met water conform regelgeving (verhouding water en mest 1:2).

## Rantsoen en krachtvoer

Bij de opzet van het onderzoek is gekozen voor een relatief lage krachtvoergift van maximaal 4000 kg/ha, wat ongeveer 22-26 kg krachtvoer per 100 kg melk betekent. De gedachte hierachter was dat op een veenweidebedrijf wat enkel gras voert en zelfvoorzienend is in ruwvoerteelt voor koeien, zoveel mogelijk melkproductie uit ruwvoer het uitgangspunt is van de bedrijfsvoering. Hierbij past een lage krachtvoergift. Daarnaast was de veronderstelling dat er bij een wat lagere krachtvoergift een minder groot effect was op het maskeren van verschillen in melkproductie uit gras tussen de laagwater en hoogwaterbedrijven. In praktijkbedrijven op veengrond waar enkel gras als ruwvoer wordt gevoerd is de krachtvoergift per 100 kg melk vaak boven 30 kg, al varieert dit naar gelang van krachtvoer- en melkprijzen en de intensiteit van bedrijven (kg melk per ha). Op de bedrijfssystemen van Boeren op Hoog Water is gekozen om geen snijmais toe te voegen aan de rantsoenen. De teelt van mais op veengrond is ongewenst vanwege negatieve effecten op veenbodembehoud. In delen van Nederland is maisteelt niet toegestaan op veengrond.

De samenstelling van het krachtvoer werd bepaald in samenspraak met diervoedercoöperatie de Samenwerking (ABZ Diervoeding). Krachtvoersamenstellingen en -giftten werden zoveel mogelijk gelijk gehouden tussen de bedrijfssystemen, tenzij er aanleiding was dit niet te doen. De krachtvoerders bestonden op hoofdlijnen uit energierijke grondstoffen zoals granen, maismeel, bietenpulp, melasse en een vitaminen- en mineralenpremix, omdat gras relatief eiwitrijk is. Het krachtvoer werd gepelleteerd aangeboden in de melkrobots en als meel aan het voerhek in het basisrantsoen. In de stalperiode werd eiwitrijker krachtvoer aangeboden dan tijdens weidegangperioden.

De koeien werden éénmaal daags gevoerd met behulp van een kuilvoerdoseerwagen of mengwagen met weeginstallatie. Meerdere malen per dag werd het ruwvoer aangeschoven met een voeraanschuifrobot. De ruwvoer ruwvoerpartijen waren altijd van het eigen land het betreffende bedrijfssysteem, behalve als er vanwege ruwvoertekorten aanvoer had plaats gevonden. Al het ruwvoer is ingekuild in vierkante of ronde balen. Bij het maken van het rantsoen werden één tot drie partijen gecombineerd om tot een zo goed mogelijk basisrantsoen te komen. Het ruwvoeraanbod op de stal was meestal onbeperkt, behalve in bepaalde perioden van het weideseizoen wanneer de nutriëntenbehoefte gemakkelijk uit weidegras kon worden opgenomen.

## Beweidingssysteem

Bij aanvang van het onderzoek zijn drie typen beweidingssystemen overwogen, namelijk omweiden, roterend standweiden en kurzrasen. Bij de afweging is gekeken naar de verwachte effecten van het toepassen van de weidesystemen op de aspecten grasopbrengst, -kwaliteit, draagkracht, veerkracht, management en representativiteit voor de praktijk. Roterend standweiden is herkenbaar voor de praktijk en sprong er op geen enkel aspect negatief of heel positief uit. Omdat roterend standweiden daarmee de meest voor de hand liggende keuze was, is

dit systeem op alle drie bedrijfssystemen toegepast. Roterend standweiden, ook bekend als Nieuw Nederlands Weiden, is een weidesysteem waarbij een weideblok verdeeld is in meerdere percelen en de koeien elke dag een ander perceel krijgen om te grazen. Na 5-7 dagen keren ze weer terug naar het eerste perceel. Het is een compromis tussen traditioneel standweiden (waar de koeien continu op dezelfde weide staan) en omweiden (waar de koeien regelmatig naar een ander perceel verhuizen).

Weidegang van de koeien werd gestart in het voorjaar bij voldoende grasaanbod en -draagkracht. Koeien konden overdag weiden en bleven 's nachts in de stal, of tijdens langere perioden met warme dagen was de weidegang in de nacht.

### Kuilgrasooft en -opslag

Gras werd gemaaid voor de winning van graskuil wanneer er voldoende gras stond van de gewenste kwaliteit (o.a. sturing op ruw eiwit), weerscondities en draagkracht van de bodem voldoende gunstig waren. Als het gras werd ingekuild in ronde balen. Elke partij balen die werd geoogst werd gewogen op een weegbrug, alvorens per bedrijfssysteem separaat te worden opgeslagen op betonplaten nabij de stal. Kuilvoer werd zoveel mogelijk per geoogste partij aan de koeien gevoerd.

### Huisvesting en melkrobots

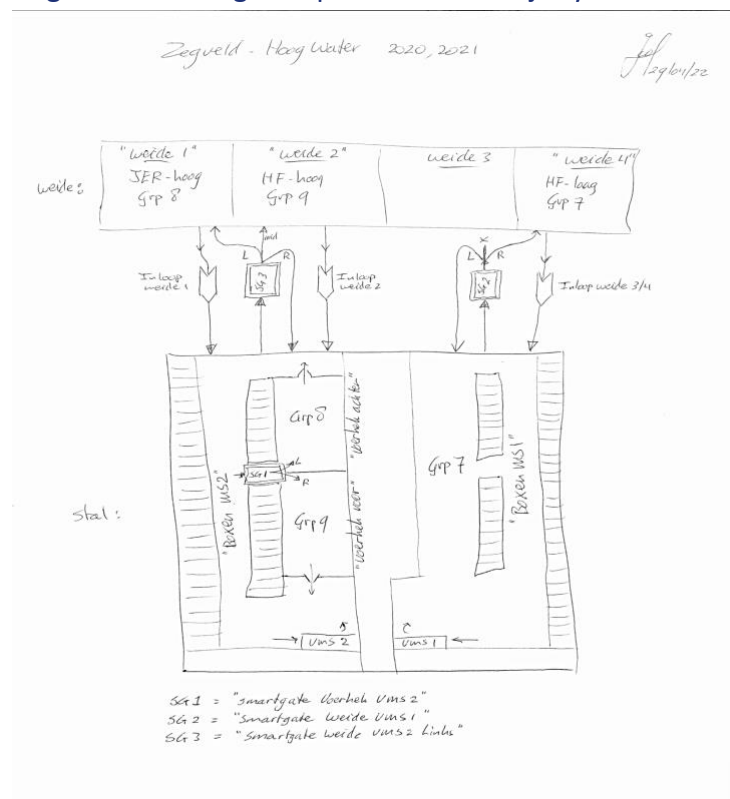
De koeien van alle bedrijfssystemen waren gehuisvest in een reguliere onderkelderde en natuurlijk geventileerde ligboxenstal met roostervloer, zonder ammoniakemissie beperkende maatregelen. (Figuur 2.2). De roostervloer werd meerdere malen per dag geschoven met een roosterschuif. In de boxen werd zaagsel en later gehakseld koolzaadstro gestrooid. De HF-H en J-H groep hadden een gezamenlijke mestkelder omdat het (te) complex was deze fysiek te scheiden.



*Figuur 2.2: Koeien van de HF-H groep gezien van de roosters (foto links) en koeien van de HF-L groep aan het voerhek met op de achtergrond de twee melkrobots (foto rechts).*

De HF-H en J-H koeien werden bij het voerhek of als ze naar de weide wilden fysiek gescheiden met behulp van automatische selectiepoorten (Figuur 2.3). De koeien werden gemolken met behulp van twee DeLaval VMS melkrobots. In januari 2023 zijn oudere robots vervangen door nieuwe van dezelfde fabrikant, omdat de oudere aan vervanging toe waren. Gegevens tijdens het melken zoals het koenummer, tijdstip van melken, krachtvoergift, melkgift en eventueel separaat opgevangen hoeveelheid melk werden geregistreerd. Reinigingswater van de melkrobots werd in de mestkelders gelost.

De melk van de drie bedrijven werd opgevangen in één melktank. Melkproducties per bedrijfssysteem werden bepaald door de geleverde melk aan de fabriek te verdelen naar rato van de gemeten melkgiften per koe en bedrijfssysteem door de melkrobots.



*Figuur 2.3: Schematische indeling van de stal en toegang tot de huiskavel via de weidepoorten van de drie bedrijfssystemen bij aanvang van Boeren op Hoog Water. Grp 7 is de kant van de stal van het HF-L bedrijfssysteem. Grp 9 is het deel van de stal van het HF-L bedrijfssysteem en Grp 8 is het deel van de stal van het J-H bedrijfssysteem. In het midden van de stal was een centrale voergang. SG staat voor SmartGate en zijn automatische selectiepoorten waarmee de toegang tot de weide werd geregeld en waarmee de HF-H en J-H koeien fysiek werden gescheiden. VMS 1 en VMS 2 zijn de melkrobots. Vanaf 2023 is de gescheiden inloop verdwenen.*

## Overige managementkeuzes

Baggeren van sloten is een integraal onderdeel van de bedrijfsvoering in de veenweiden. Op de bedrijfssystemen van de Boeren op Hoog Water is dit gedaan met een baggerspuit. Baggeren werd in de winter of vroege voorjaar gedaan, minimaal 60 cm beneden de waterlijn. Elk jaar werd

ongeveer 25% van de sloten gebaggerd om eventuele effecten van baggeren zoveel mogelijk te spreiden over jaren, waardoor elke sloot in principe maximaal elke vier jaar werd gebaggerd.

Op de bedrijfssystemen van de Boeren op Hoog Water was alle energievoorziening via stroom, met uitzondering van machines voor het voeren van de koeien en het landwerk. Er was geen eigen opwek van stroom of gebruik van aardgas. Alle gebruikte stroom was 'groen'.

Gewasbeschermingsmiddelen zijn niet gebruikt op de bedrijfssystemen van Boeren op Hoog Water, met als uitzondering de individuele bestrijding van ridderzuring en akkerdistel met hulp van een rugspuit of 'spotsprayen'. De reden om geen gewasbeschermingsmiddelen te gebruiken was omdat deze het eventuele effect van de bedrijfsvoering op het veranderen van de botanische samenstelling van de percelen zou kunnen beïnvloeden. Voor het tegengaan van ridderzuring en akkerdistel is hier een uitzondering op gemaakt.

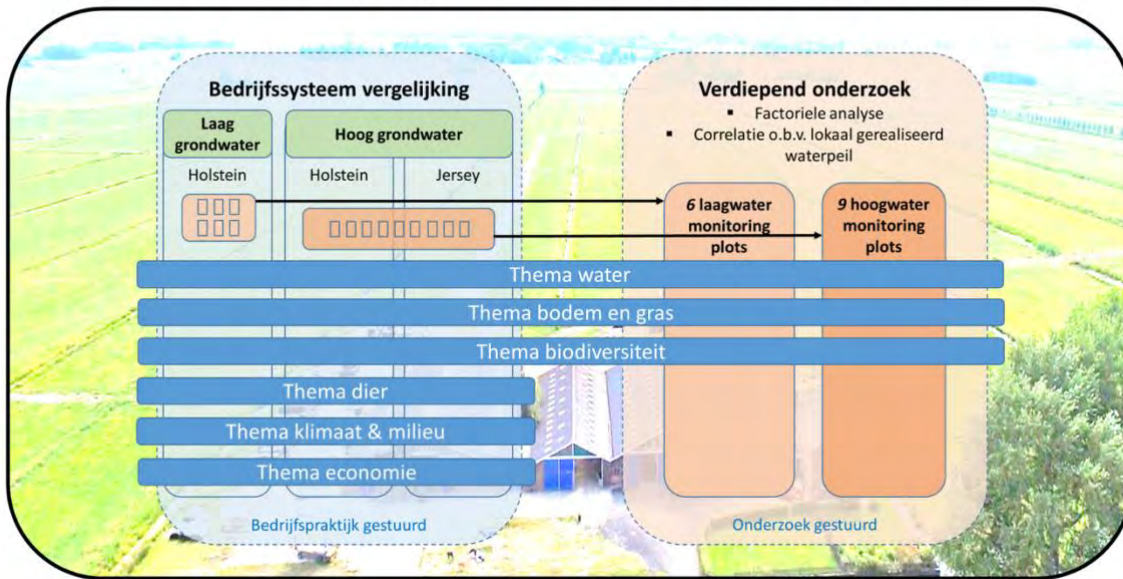
## 2.2 Opzet van het onderzoek

In deze paragraaf is op hoofdlijnen de opzet het onderzoek op de drie bedrijfssystemen beschreven. In de hoofdstukken per thema is zijn de methoden van onderzoek en gegevensverzameling in detail toegelicht.

### Onderzoek op bedrijfssysteem en plot- of perceelniveau

Zoals aangegeven was het onderzoek van Boeren op Hoog Water opgedeeld in thema's. In figuur 2.4 is te zien voor welke thema's onderzoek is gedaan op bedrijfsniveau, en voor welke thema's dit ook op perceel- of plotniveau is gedaan. Voor de thema's water, bodem en gras en biodiversiteit is zowel op niveau van het bedrijfssysteem als op perceel- of plotniveau onderzoek gedaan. De thema's dier, klimaat en milieu, en economie waren alleen gericht op niveau van het bedrijfssysteem. Verdere details van over de onderzoeksmethoden zijn toegelicht in de hoofdstukken per thema.

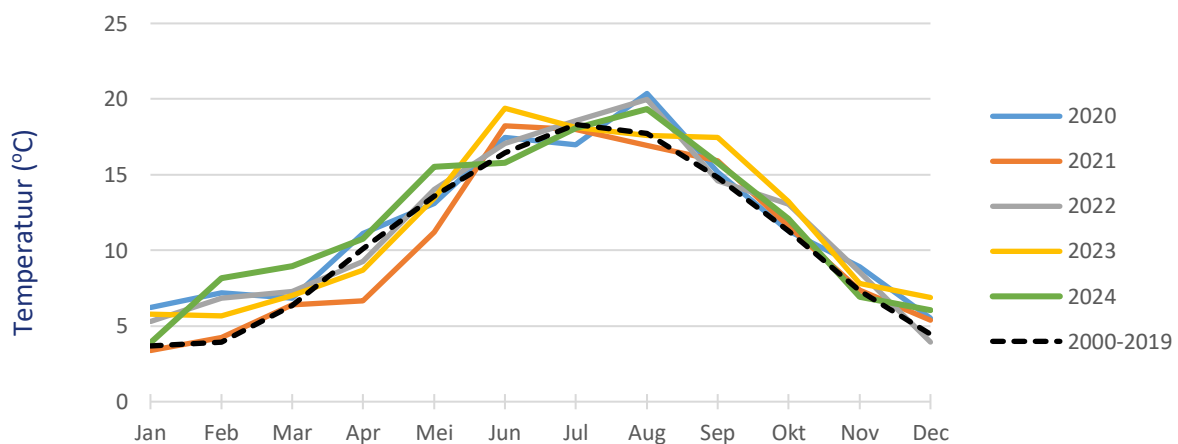
## Onderzoeksprogramma Boeren op Hoog Water

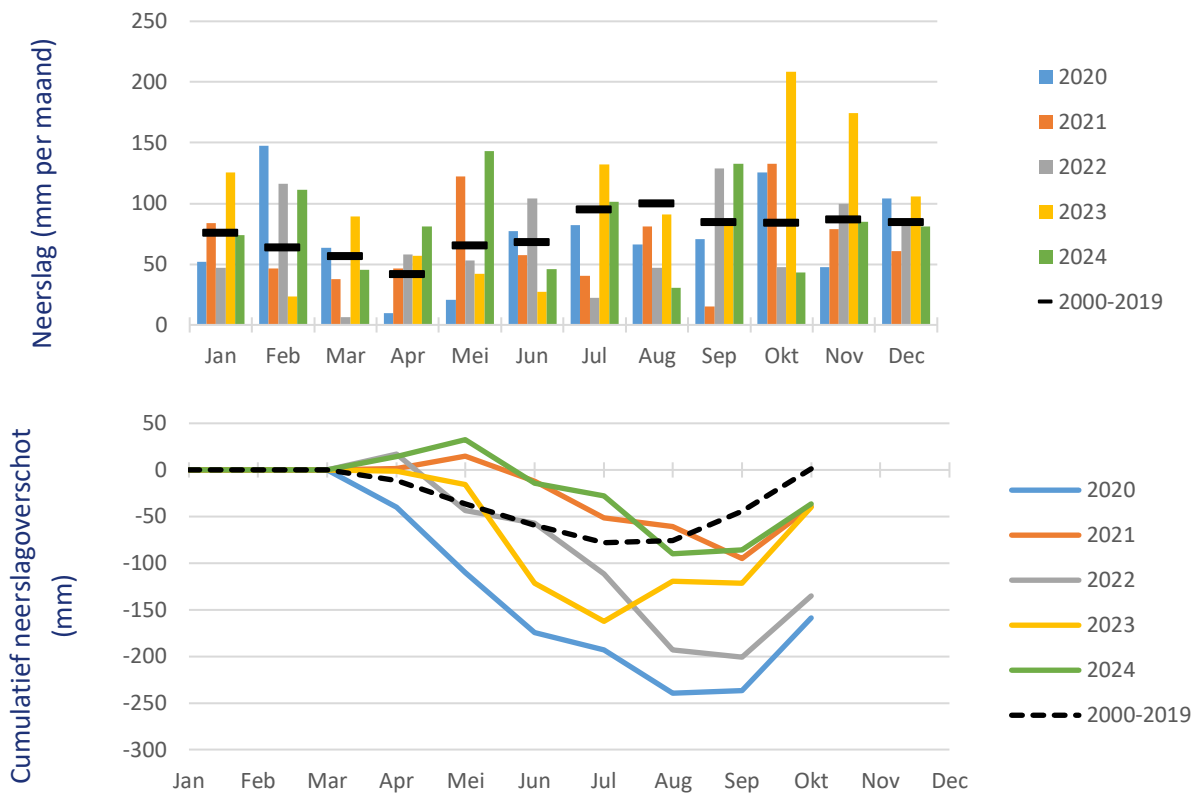


Figuur 2.4. Op de Hoogwaterboerderij wordt zowel onderzoek gedaan op bedrijfssysteemniveau als ook op niveau van percelen en plots.

## 2.3 Weersomstandigheden

Er was grote variatie in de weersomstandigheden gedurende de proefjaren. De gemiddelde jaarlijkse temperatuur varieerde van 10,4°C voor 2021 tot 11,8 °C in 2020, 2023 en 2024. 2020 was zeer droog met een maximaal neerslagtekort van bijna 250 mm. 2021 en 2024 waren relatief nat, met name in het voorjaar (maximaal neerslagtekort van ~100 mm). In 2022 en 2023 zat het neerslagtekort hier tussen in (respectievelijk 200 en 150 mm).





Figuur 2.5. De gemiddelde maandelijkse temperatuur, maandelijkse neerslag en cumulatief neerslagoverschot (KNMI weerstation de Bilt) gedurende 2020 t/m 2024 ten opzichte van het langjarig gemiddelde.

## 2.4 Referenties

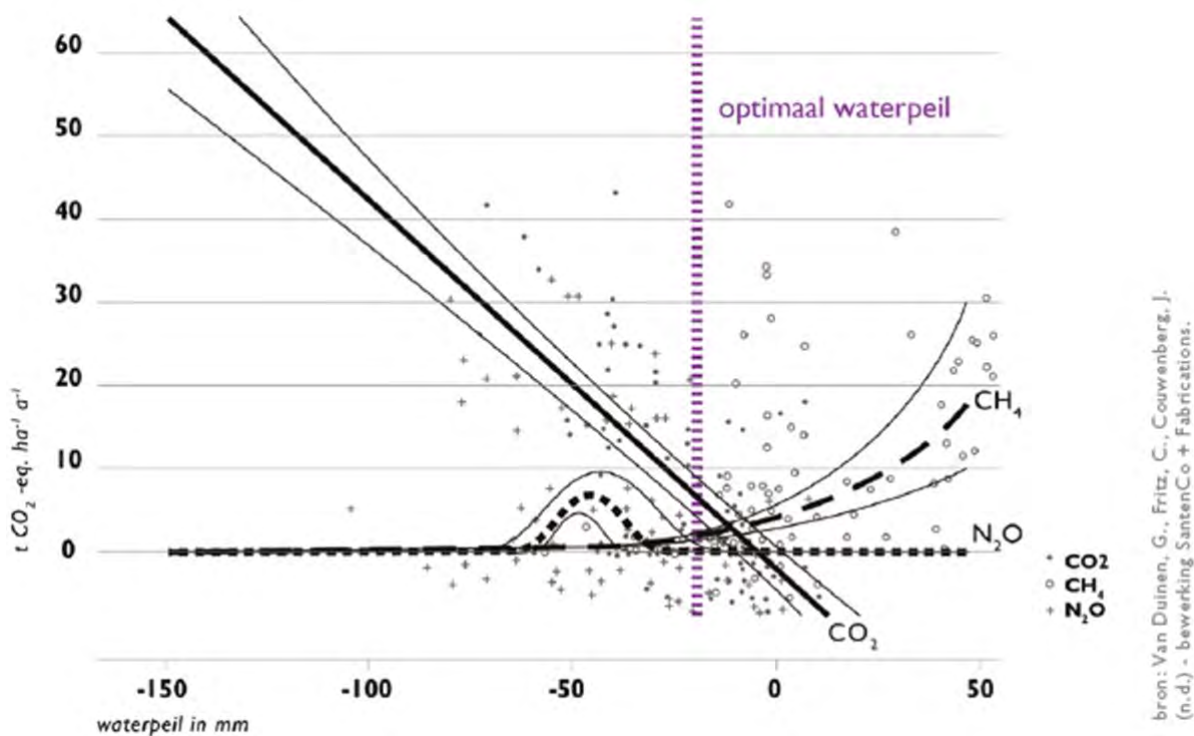
- Agrimatie. 2019. Melkproductie per koe en per hectare voedergewas.  
<https://agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=7352&themaID=2756&sectorID=3534>
- Delaby L., L. Leloup, M. Gaborit, C. Chaigne en F. Launay. 2024. What is the hoof pressure exerted by different types of dairy cows at grazing? *In* Why grasslands? Proceedings of the 30th General Meeting of the European Grassland Federation Leeuwarden, the Netherlands.
- National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition.
- 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.
- 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.
- Schils, R., I. van Dixhoorn, N. van Eekeren, N. Hoekstra, G. Holshof, I. Hoving, C. Klootwijk, B. Philipsen, K. van Reenen, L. Šebek, M. Stienezen, M. van den Top, J. van der Werf, R. Zom. 2019. Bouwstenen beweiding. <https://edepot.wur.nl/475891>

# 3. Thema Water

## 3.1 Inleiding

Het verhogen van de grondwaterstand in de zomer wordt als een belangrijke oplossingsrichting gezien om bodemdaling en broeikasgasemissie te verminderen. Resultaten uit het Nationaal onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweide (NOBV) laten zien dat het toepassen van actieve en passieve waterinfiltratiesystemen (WIS) effectieve maatregelen kunnen zijn voor het verhogen en stabiliseren van de grondwaterstanden in gedraineerde veengebieden en dat dit bijdraagt aan het reduceren van anaerobe bodemprocessen (Boonen et al., 2022; Harpenslager et al., 2024).

In onderzoek van Juransinski et al. (2016) is gesteld dat een grondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld voor een optimale reductie van de emissie van kooldioxide (CO<sub>2</sub>) zorgt, zonder dat de emissie van lachgas (N<sub>2</sub>O) en methaan (CH<sub>4</sub>) sterk toeneemt (zie Figuur 3.1). Deze relatief hoge grondwaterstand is zodoende als uitgangspunt gekozen in het onderzoek.



Figuur 3.1 Relatie tussen de grondwaterstand en de bodememissies in de vorm van kooldioxide (CO<sub>2</sub>), lachgas (N<sub>2</sub>O) en methaan (CH<sub>4</sub>). Een grondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld zorgt voor een optimale reductie van de emissie van CO<sub>2</sub>, zonder dat de emissie van N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> sterk toeneemt (Juransinski et al., 2016).

Een waterinfiltratiesysteem, in de vorm van drukdrains is effectief gebleken om een relatief hoge grondwaterstand te realiseren (Hoving et al., 2023). Echter of (permanent) een grondwaterstand van 20 cm onder maaiveld gerealiseerd kan worden en wat de effecten zijn op de bedrijfsvoering van een melkveebedrijf zijn, is niet bekend. Dit is niet eerder in de praktijk onderzocht. Vernatting zal de grasgroei, de graskwaliteit en het graslandgebruik beïnvloeden en daarmee het gehele bedrijfssysteem. Het is gewenst om deze effecten te kwantificeren.

Binnen Boeren Op Hoog Water worden twee hoogwatersystemen vergeleken met een laag watersysteem. Binnen de hoogwatersystemen wordt gebruik gemaakt van drukdrains en dit maakt het mogelijk om de grondwaterstand in de zomer aanzienlijk te verhogen. Het systeem zorgt voor extra infiltratie van oppervlaktewater in de bodem, op het moment dat er verdampingoverschot is vanuit de bodem door grasgroei. Het hogere slootpeil en de extra waterinfiltratie beïnvloeden de concentraties van opgeloste stoffen in het bodemvocht (Harpenslager et al., 2024), wat uitwisselt met het oppervlaktewater en zo invloed kan hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Het doel van het deelonderzoek Water is om het effect van drukdrains op de grondwaterstand, de waterkwantiteit en -kwaliteit en CO<sub>2</sub>-emissie te kwantificeren.

Onderzoeksvragen:

1. Is met AWIS in de zomer een grondwaterstand van 20 cm -mv te realiseren?
2. Wat zijn de praktijkervaringen rondom de werking en aansturing van AWIS?
3. Wat is de invloed van het hoogwatersysteem op de waterkwantiteit en -kwaliteit en hoe verhouden modelsimulaties zicht tot de meetwaarden?
4. Hoe verhoudt de CO<sub>2</sub>-emissie zich tussen het hoog- en laagwatersysteem op basis van modelresultaten?

## 3.2 Werkwijze

De bedrijfssystemen waarin de grondwaterstanden, slootpeilen en waterkwaliteit worden gemonitord zijn als volgt:

1. Holstein Friesian laag slootpeil zonder drukdrains (HF Laag, HF-L)
2. Holstein Friesian hoog slootpeil met drukdrains (HF hoog, HF-H)
3. Jersey hoog slootpeil met drukdrains (J Hoog, J-H)

In systeem 1 en 2 wordt AWIS toegepast. Deze zijn aangelegd op ongeveer 70 cm diepte met een drainafstand van 6 m. Het infiltratiesysteem is uitgerust met vier stuwputten. De infiltratie van water in de stuwputten gebeurt met elektrische pompen, waarvan twee op zonne-energie en twee op netspanning draaien (zie Figuur 3.1). Aanvankelijk waren er in 2020 drie stuwputten en draaide één systeem hiervan op windenergie. Door een te lage infiltratiecapaciteit is in het

voorjaar van 2021 er nog een stuwput bijgeplaatst (J Hoog) en is de windmolen vervangen door een elektrische pomp.

## Grondwaterstanden

De grondwaterstanden werden tweewekelijks gemeten ten opzichte van het maaiveld. Hiertoe zijn over de bedrijfsoppervlakte 209 peilbuizen geplaatst, om betrouwbaar beeld te krijgen van het grondwaterstandsverloop in de tijd en de ruimtelijke verdeling hiervan.

Details betreffende de plaatsing en afwerking van de peilbuizen:

1. Voor de peilbuizen zijn standaard buizen van Eijkelkamp gebruikt (32 mm buitenwerks en 28 mm binnenwerks)
2. De totale lengte van de peilbuizen is 120 cm, waarvan de onderste 100 cm geperforeerd en de bovenste 20 cm ongeperforeerd is
3. Het geperforeerde stuk is bedekt met een filterkous
4. Met een guts ter dikte van de peilbuis werd een gat van 1 m diep geprikt waarna de volledige lengte van de peilbuis in de grond wordt gedrukt gelijk met het maaiveld. Door het gebruik van een guts hebben de peilbuizen een goede aansluiting met de bodem.
5. De peilbuizen zijn afgewerkt met een tegel die voorzien is van vijf gaten. De peilbuis steekt door het middelste gat. De bovenkant van de tegel wordt gelijk gehouden aan het maaiveld.
6. De peilbuis is aan de bovenkant opgehouden. Wanneer vervuiling optrad werd deze verwijderd met een dunne PVC buis. Door deze buis in de peilbuis te steken en aan de bovenkant met de duim af te dichten, kan gemakkelijk een waterkolom met de vervuiling omhoog gehaald worden.
7. Jaarlijks is de NAP-hoogte van de tegels (en op 4 plekken het maaiveld rondom de tegel) ingemeten met de Trimble-Geometius, waarbij ook de GPS-data geregistreerd wordt.

Details betreffende de verdeling van de peilbuizen over percelen:

1. Op percelen zonder greppels (laagwatersysteem) zijn per perceel op 1/3 en 2/3 van de perceellengte drie peilbuizen midden tussen de drainbuizen geplaatst.
2. Op begreppelde percelen (hoogwatersysteem) zijn per perceel op 1/3 en 2/3 van de perceellengte twee peilbuizen midden tussen de drainbuizen en één peilbuis op 1 m van een greppel geplaatst. Greppels hebben op hoogwaterpercelen een belangrijke rol in de oppervlakkige afvoer van water in perioden met een neerslagoverschot. De drains liggen op minimaal 3 m van de greppel. Om het effect van greppels op de grondwaterstand van het perceel mee te nemen, zijn twee van de zes peilbuizen bij een greppel geplaatst.
3. Op de referentiepercelen (zonder AWIS) zijn de peilbuizen ook tussen drains geplaatst, aangezien deze percelen ook gedraineerd zijn. De drains zijn hier afgedopt en daardoor niet werkend.

- Op monitoringveldjes voor draagkrachtmetingen zijn extra grondwaterstandsmetingen uitgevoerd. In totaal 15 extra peilbuizen (zie Thema Bodem & gras).

De grondwaterstanden zijn geanalyseerd per perceel en voor deze rapportage geclusterd in vier groepen van percelen, waarin zoveel mogelijk alle drie de systemen zijn vertegenwoordigd. Voor de clusters Midden en Zuid was dit daadwerkelijk het geval. Voor Noord ontbreekt HF laag en voor de Veldkavel was dit HF Hoog. De clustering van percelen staat weergegeven in Figuur 3.2.



#### Kaders:

- Groen Huiskavel Noord
- Blauw Huiskavel Midden
- Geel Huiskavel Zuid
- Rood Veldkavel

#### Stuwputten en pompen :

- Groen Stuwput met pomp op zonne-energie in 2020 en netspanning in 2021.
- Blauw Stuwput met pomp op zonne-energie in 2020 en netspanning in 2021.
- Geel Stuwput met pomp op windenergie in 2020 en bijschakeling van zonne-energie in 2021.
- Rood Stuwput met pomp op zonne-energie in 2021.

Figuur 3.2 Verdeling bedrijfskavel in de subkavels Huiskavel Noord, Midden Zuid en Veldkavel voor de vergelijking van de gemeten grondwaterstanden over bedrijfssystemen heen.

Het aantal peilbuizen was als volgt over de clusters verdeeld:

- Huiskavel Noord 54
- Huiskavel Midden 52
- Huiskavel Zuid 36
- Veldkavel Hoogwater 35
- Veldkavel Laagwater 16

De percelen in het cluster 'Huiskavel midden' (de percelen *J Hoog 3-7* en *HF Hoog 1-5*) kregen water vanuit twee verschillende systemen. Het water kwam voor ongeveer een derde van de geel en groene stuwput (zie Figuur 3.2) en voor twee derde van de blauwe stuwput (zie Figuur 3.2).

In het voorjaar van 2023 heeft op Huiskavel Midden en Zuid van de Hoogwaterboerderij een verbetering van de waterinfiltratie (AWIS) plaatsgevonden om de hoge streefgrondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld te kunnen halen. In 2020-2022 verhoogde waterinfiltratie weliswaar de grondwaterstanden ten opzichte van de referentie, maar de streefgrondwaterstand van 20 cm onder maaiveld werd niet altijd gehaald. Om meer vat te krijgen op de werking en aansturing van waterinfiltratie, is bepaald hoe de waterinfiltratie adequater aangestuurd, gecontroleerd en onderhouden kon worden. Deze verbeterpunten zijn in het voorjaar van 2023 gerealiseerd (alleen huiskavel). De drainafstand van 6 m is gehalveerd door extra drainbuizen aan te leggen (tussendraineren) en het waterinfiltratiesysteem is voorzien van extra toevoerregelingen en een doorspoelsysteem. Met de extra toevoerregelingen kunnen hoogteverschillen tussen percelen worden overbrugd, en zijn vertragingen uit de aansturing van de waterinfiltratie gehaald (minder drukverlies). De verbeteringen waren in juli 2023 operationeel.

## Slootpeilen

De slootpeilen zijn op vijf plaatsen gemeten in de wetering (waterschapsloot) of in een kavelsloot. De locaties waar de slootpeilen zijn gemeten staan in Tabel 3.1. Daarbij is aangegeven of de meting in de wetering of in een kavel sloot plaatsvond.

*Tabel 3.1: Meetlocaties slootpeilen en of dit de wetering of kavelsloot betref.*

Perceel	Wetering of kavelsloot
Veld hoog	wetering
Veld Laag	sloot
HF L07/06	sloot
HF H08/09	sloot
J H11/12	sloot

## Grondwaterstandsbeheer

Het moment van infiltreren of draineren van het waterpeil in het stuwputten werd bepaald op basis van weersverwachting en de actuele grondwaterstand. Het monitoren van de grondwaterstand vond plaats door middel van dagelijkse handmatige metingen in drie referentiepeilbuizen. De grondwaterstand wordt beïnvloed door neerslag, gewasverdamping en de mate van kwel of wegzijging. Neerslag heeft de meest directe invloed en daarom is naast de actuele grondwaterstand ook de neerslagverwachting als besliscriterium gehanteerd. In Tabel 3.2 staat de werkwijze voor het aan- en afvoeren van water, zoals dat in het onderzoek op KTC Zegveld gehanteerd is. Voor de aanvoer is onderscheid gemaakt in twee standen en bij de afvoer werd het peil maximaal verlaagd tot 55 cm beneden maaiveld, mede omdat de drains altijd vol water moeten blijven staan om luchtinsluiting te voorkomen. In de huiskavel werd alleen op vrij verval (zonder pompen) gedraineerd naar een scheisloot die op regulier peil staat. In de veldkavel

werd door het ontbreken van de mogelijkheid om te draineren naar een sloot op een lager peil in zeer natte perioden aan het begin en einde van het seizoen gebruik gemaakt van pompen om te draineren. Het protocol werd vooral ingezet om voldoende water te infiltreren, zodat de streefgrondwaterstand kon worden behaald. In de praktijk bleek dat in perioden met een verdampingsoverschot de grondwaterstand vrij snel onder de streefgrondwaterstand daalde. Op het moment dat dat gebeurt, is het lastig om de grondwaterstand op het gewenste niveau te krijgen. Scherp sturen op de streefgrondwaterstand is een vereiste, omdat een daling van de grondwaterstand onder het streefpeil niet gemakkelijk te herstellen is in het groeiseizoen.

Tabel 3.2: Grondwaterstandbeheer (draineren of infiltreren) op basis van de actuele grondwaterstand en de verwachte neerslag voor dag 0-3.

Waterbeheer stuwput	Stand	Effect		Omschrijving			
	AF	draineren	Pomp uit, pijp afvoer naar beneden				
0	vasthouden	Pomp uit, pijp afvoer omhoog					
AAN-1	infiltreren	Peil stuwput gelijk aan hoogwatersloot					
AAN-2	infiltreren	Peil stuwput op maaiveldhoogte (pompen)					
Actuele grondwaterstand (cm -mv)		0-10	10-15	15-20	20-25	25-30	>30
<b>1 apr tot 30 sept (hoge verdamping)</b>	Neerslagverwachting (dag 0-3)						
	0-5 mm	AAN-1	AAN-2	AAN-2	AAN-2	AAN-2	AAN-2
	5-10 mm	0	AAN-1	AAN-2	AAN-2	AAN-2	AAN-2
	10-15 mm	AF	0	AAN-1	AAN-2	AAN-2	AAN-2
	>15 mm	AF	AF	0	AAN-1	AAN-2	AAN-2
<b>1 okt tot 31 mrt (lage verdamping)</b>	Neerslagverwachting (dag 0-3)						
	0 mm	AF	AF	AF	0	AAN-1	AAN-2
	0-5 mm	AF	AF	AF	AF	0	AAN-1
	5-10 mm	AF	AF	AF	AF	AF	0
	>15 mm	AF	AF	AF	AF	AF	AF

## Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte is gemeten door met een digitale hoogtemeter (Trimble) de hoogte van de bovenkant van de tegels van de grondwaterpeilbuizen te meten. In 2020 zijn de metingen uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (WEnR) en in 2021 -2023 zijn de metingen door KTC-Zegveld uitgevoerd. Bij de meting is zowel de bovenkant van de tegel als op vier plaatsen rondom de tegel op ca 1 meter afstand. Tegels die duidelijk onder maaiveld lagen (>4 cm) zijn opgehoogd, zodat ze weer gelijk aan maaiveld lagen. Verder is per perceel op een aantal plaatsen het waterpeil van de aangrenzende sloot gemeten. De metingen vonden plaats in maart, onder relatief vochtige omstandigheden. In 2020 zijn de metingen in april onder drogere omstandigheden uitgevoerd waardoor de betreffende metingen niet goed te vergelijken zijn met die in de latere jaren. Deze zijn buiten beschouwing gelaten.

De maaiveldhoogtes zijn bepaald om de maaiveldhoogte van de proefpercelen onderling te kunnen vergelijken. Aangezien de grondwaterbuizen niet gefundeerd zijn, wordt dus de zwel en krimp in respectievelijk de winter en de zomer buiten beschouwing gelaten. Deze kan tussen de behandelingen verschillen. Op het proefveld van het NOBV dat op een hoogwater meetperceel ligt, wordt sinds eind 2021 wel de maaiveldbeweging gemeten ten opzichte van NAP om verschillen in zwel en krimp ten opzichte van een laagwater perceel te kunnen kwantificeren. Hiervan zijn echter nog geen data beschikbaar.

## Waterkwantiteit

De deelgebieden waarvoor de debieten konden worden bepaald en een waterbalans is berekend staan in Figuur 3.3. De oppervlakten van het Laagwater- (LW) en Hoogwatersysteem (HW) waren:

- LW: circa 53600 m<sup>2</sup> (blauw in figuur)
- HW: circa 162800 m<sup>2</sup> (groen in figuur)

Het balansgebied LW heeft de volgende drie meetpunten:

- 241015 LW. Sloot koepad bij lisdoddeveld (7): grotendeels aanvoer vanuit sloot rond Lisdodde;
- 240945 LW. Sloot voor (4): aan- en afvoer: LW achterliggend gebied;
- 240944 LW. Sloot achter (6): aan- en afvoer achtergelegen gebied.

Het balansgebied HW heeft de volgende vier meetpunten:

- 240943 HW. Afvoer achter perceel 31 (1): afvoer naar buursloot met polderpeil wanneer afsluitende draaipijp omlaag staat. Huiskavel Noord;
- 241016 HW Afvoer voor perceel 31 (2): afvoer naar buursloot met polderpeil wanneer afsluitende draaipijp omlaag staat. Huiskavel Midden;
- 240949 HW Verbinding Slimme Wetering 1 (5): hoofd aan- en afvoerpunt HW sloten
- 240947 HW Verbinding Slimme Wetering 2 (9): hoofd aan- en afvoerpunt HW sloten;

De geanalyseerde meetpunten staan in Figuur 3.3.



Figuur 3.3 Waterbalansgebied voor het Laagwatersysteem (blauw) inclusief punten debietmeting (4, 6, 7) en Hoogwatersysteem (groen) inclusief punten debietmeting (1, 2, 5, 9)

#### Berekening totale waterbalans per gebied

Voor de balans van een gebied geldt:  $-\Delta S = In + Uit$ .

Dus  $In + Uit + \Delta S = 0$

Dit is de meest algemene balansvergelijking. De verschillende balanstermen zijn:

- Neerslag en verdamping ( $In + Uit$  ; meteo KNMI)
- Aan- en afvoer oppervlaktewater ( $In + Uit$  ; debietmeters)
- Aan- en afvoer via grondwater. ( $In + Uit$  ; niet gemeten)
- Bergingsverandering ( $\Delta S$ ).

De term bergingsverandering wordt als restterm berekend. Stel er is alleen een neerslag en verdamping, dan is deze term in de winter netto veelal positief en dan is  $\Delta S$  dus negatief. Dat betekent dus dat als  $\Delta S$  negatief is, de berging aangevuld wordt en als  $\Delta S$  positief is deze water verliest.

#### Waterkwaliteit

In september 2021 is gestart met het nemen van watermonsters om het effect van de bedrijfssystemen in combinatie met drukdrains op de chemische waterkwaliteit (op de elementen N, P, S en C) te bepalen. De monsters werden tweewekelijks genomen om een tijdreeks van wateranalyses te verkrijgen.

De volgende watertappunten werden onderscheiden:

1. sloot HF-Laag (HF-L-S)
2. sloot HF-Hoog (HF-H-S)
3. sloot J-Hoog (J-H-S)
4. stuwput J-Hoog (J-H-P). Bij draineren uit uitloop naar laagwatersloot
5. stuwput HF-Hoog (HF-H-P)
6. buitenwater (Referentie)

De stuwputten betreffen in principe zowel een aan- als afvoerpunt van water. Bij aanvoer van water zal de waterkwaliteit in principe niet afwijken van de sloot waar het water van betrokken wordt. Bij waterafvoer vertegenwoordigt het bemonsterde water bodemvocht, waarbij concentraties van stoffen worden beïnvloed door processen in de bodem, bemesting en opname door gras.

Watertappunt 4 (J-H-P) werd alleen bemonsterd wanneer geen extra water werd afgevoerd via de uitloop naar de laagwatersloot aan de oostkant van het bedrijfsareaal. Op het moment dat er wel extra water werd afgevoerd, dan betrof watertappunt 4 de laagwatersloot ter hoogte van de uitstroompijp. Overigens was bij extra waterafvoer de inlaat van de stuwput gesloten.



Figuur 3.4 Watertappunten voor tweewekelijkse monitoring waterkwaliteit

De analyses van de watermonsters zijn uitgevoerd door Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) van Wageningen Environmental Research in Wageningen.

De watermonsters zijn geanalyseerd op de volgende stoffen:

- fosfor (P), fosfaat ( $\text{PO}_4$ ) en sulfaat ( $\text{SO}_4$ )
- stikstof en Koolstof ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ , Nts, TOC/DOC)

Met hierin:

- P: fosfaat en organisch-P (P-totaal)
- Nts: totaal oplosbaar stikstof
- TOC: totaal oplosbaar koolstof
- DOC: opgelost koolstof, fractie  $< 0.45 \mu\text{m}$  verkregen door filtratie voor meting.

De monsters werden bewaard in urinepotjes in een koelkast bij  $4^\circ\text{C}$  en periodiek aangeleverd bij CBLB.

Ter beoordeling van de resultaten van de waterkwaliteitsbepalingen kunnen Nts en P vergeleken worden met respectievelijk de Kader Richtlijn Water (KRW) normen voor respectievelijk totaal N en P. De KRW-doelen voor zoete gebufferde sloten (M1asloten; Evers et al., 2018) bedragen voor totaal N 2,4 mg N/l en voor totaal P 0,22 mg P/l gemeten in de periode 1 april tot en met 30 september. Dit betreft ecologische normen volgens het Goed Ecologisch Potentieel (GEP), welke afgeleid zijn van het meest gelijkende natuurlijke watertype. Voor totaal N is de beoordeling van meetwaarden *Matig* tussen 2,4 en 4,8, *Ontoereikend* tussen 4,8 en 12 en *Slecht*  $>12$ . Voor totaal P is de beoordeling van meetwaarden tussen *Matig* 0,22 en 0,44, *Ontoereikend* tussen 0,44 en 1,10 en *Slecht*  $>1,10$ .

## Neerslagtekort

Neerslag en verdamping hebben een grote invloed op de aan- en afvoer van water. Bij een neerslagoverschot zijn de grondwaterstanden relatief hoog en bij een verdampingsoverschot relatief laag. Verder zijn greppels, slootafstand, slootpeil, de mate van infiltratie en drainage, en de hoeveelheid kwel en wegzijging belangrijke factoren.

Voor KTC Zegveld is per weerjaar het neerslagtekort (neerslag – verdamping) per maand bepaald. Het resultaat staat in Tabel 3.3 voor de weerjaren 2020-2024. De negatieve getallen geven een tekort aan. De neerslagdata zijn betrokken van Zegveld (KNMI station 470) en de v Makkinkverdamping (ETref) van weerstation De Bilt (KNMI station 260).

Tabel 3.3 Neerslagtekort (neerslag – verdamping) per maand en per jaar voor 2020-2024 gebaseerd op neerslag van neerslagstation Zegveld (KNMI station 470) en de Makkinkverdamping (ETref) van weerstation De Bilt (KNMI station 260).

	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Januari</b>	44,1	76,1	40,4	121,8	73,8
<b>Februari</b>	134	24,8	93,7	8,3	93
<b>Maart</b>	14,8	0,7	-36,7	65,5	5,4
<b>April</b>	-66,8	-11,4	-26,4	-3,4	19,4
<b>Mei</b>	-100,5	36,9	-39	-44,2	39,3
<b>Juni</b>	-21,9	-49,6	-12	-106,2	-59,8
<b>Juli</b>	-19,9	-49,9	-96,7	43,3	-7,8
<b>Augustus</b>	-31,5	1	-61,1	-11,2	-63,6
<b>September</b>	14,8	-45,3	83,6	16,1	74,2
<b>Oktober</b>	103,7	113,6	-3,4	172,1	11,9
<b>November</b>	45,3	64,6	84,4	160,1	77,8
<b>December</b>	84,4	48,3	80,8	121	88,5
<b>totaal</b>	200,5	209,8	107,6	543,2	352,1

## Modellering waterkwaliteit, waterkwantiteit en CO<sub>2</sub>-emissie

### *Modelinstrumentarium en meetpercelen*

Waterkwantiteit- en kwaliteit zijn gemodelleerd met het SWAP-ANIMO modelinstrumentarium. Bij deze gekoppelde modellen verzorgt SWAP (Kroes et al., 2017) het modelleren van de waterkwantiteit en gewasgroei. Gewasgroei wordt gesimuleerd middels een aangepaste versie van WOFOST voor grasgroei, in combinatie met de stikstofmodule (Groenendijk et al., 2017)). ANIMO (Groenendijk et al., 2005) modelleert vervolgens de gevolgen van de berekende waterstroming en gewasgroei, alsook de invloed van randfactoren als bemesting, op de balansen van stikstof, fosfaat en koolstof. Hierbij wordt ook de afbraak van veen meegenomen. Deze afbraak, waarbij naast de nutriënten N en P ook CO<sub>2</sub> vrijkomt, is een functie van met name de zuurstofbeschikbaarheid en bodemtemperatuur.

De modellering is uitgevoerd op basis van meetgegevens van de NOBV percelen. Dit zijn ‘perceel 16’, dat is het perceel grenzend aan de westzijde van perceel 8 in HF-Laag, en perceel 6 in J-Hoog. Perceel 16 ligt buiten het BoHW domein, en is verdeeld in drie delen bij een slootpeil van 50 cm beneden maaiveld (-mv). Het noordelijk deel heeft als behandeling een AWIS (actief water infiltratie systeem) met een streefgrondwaterstand van 50 cm-mv, het zuidelijke deel heeft als behandeling een PWIS (passief) en het middelste deel fungeert als referentie zonder WIS. Voor de modellering wordt gekeken naar het noordelijke (afgekort als MP) en middelste (afgekort als RF) deel; het zuidelijk deel wordt buiten beschouwing gelaten. Verder wordt perceel 6 (afgekort als

HW) meegenomen als AWIS met een slootpeil en streefgrondwaterstand van 20 cm-mv. Merk op dat de drainafstand van de AWIS in perceel 16 (MP) met 6 meter groter is dan de afstand in perceel 6 (HW), met 4 m. Deze verschillen zijn verdisconteerd in de drainageweerstanden in het model.

### *Initialisatie en kalibratie*

Voor het verkrijgen van de juiste modelparameters is een kalibratie van de waterkwantiteit en grasopbrengst van perceel 16 uitgevoerd op basis van de meetperiode 2016-2024. Parameters voor het referentieperceel (RF) en het AWIS perceel (MP) zijn gekalibreerd op basis van gemeten grondwaterstanden, drukhoogtes, debieten van het WIS en de gewasopbrengst, met als randvoorwaarden de meteorologie (lokaal gemeten, aangevuld met KNMI data van neerslagstation Zegveld en weerstation De Bilt) en de gemeten waterstanden in de aangrenzende sloot en de stuwput of drain.

De belangrijkste modelparameters die bij deze kalibratie zijn meegenomen zijn de drainage- en infiltratieweerstanden van de drainagemiddelen 'sloot', 'drain' en 'greppel', waarbij de laatste de oppervlakkige afvoer simuleert, en de management factor voor grasopbrengst. Deze factor bepaald in grote mate de droge stofopbrengst in het model en derhalve ook factoren als koolstofvastlegging en stikstofopname door het gewas.

De drainage- en infiltratieweerstanden van 'sloot' en 'greppel' zijn gekalibreerd op basis van grondwaterstand- en drukhoogtemetingen in RF. Gebruikmakend van deze weerstanden zijn vervolgens in MP de weerstanden van 'drain' gekalibreerd, gebruikmakend van gemeten grondwaterstanden en de gemeten in- en uitstroomdebieten van het actieve WIS. Het betreft hier een registratie van de debieten van een combinatie van de noordelijke delen van de percelen 15 en 16 (waarbij perceel 15 ten westen van perceel 16 ligt), welke middels het (bekende) oppervlak met AWIS zijn omgerekend naar drainage- en infiltratiehoeveelheden in mm/d.

Voor de hoogwaterboerderij (HW) is tevens een kalibratie van de weerstand van 'drainage' uitgevoerd op basis van gemeten grondwaterstanden en drukhoogtes, vanaf 2021. Voor deze kalibratie is geen gebruik gemaakt van gemeten debieten, omdat niet duidelijk is in hoeverre welk perceel welk deel van het water krijgt. Ook is de afvoer van de percelen via de drains niet altijd geregeld via de stuwput, maar via een overloopsysteem op een laagwater sloot. Voor het inschatten of er sprake is van drainage of infiltratie van water in het WIS, is uitgegaan van de simulatie van grondwaterstanden in RF. Indien er in RF sprake is van hoge grondwaterstanden (ondieper dan 20 cm-mv), is WIS op 'draineren' gezet (dat wil zeggen: een peil in de stuwput van 30 cm-mv). In de andere gevallen is het peil in de stuwput gelijk aan 20 cm +mv.

De initialisatie en kalibratie van ANIMO is uitgevoerd op basis van metingen van o.a. koolstofprofielen (Hefting et al., 2023), afbraaksnelheden van veen, concentraties van opgeloste stoffen in het bodemvocht (Harpenslager et al., 2024), drainwater en oppervlaktewater,

redoxcondities in de bodem (Boonman et al., 2024) en metingen van CO<sub>2</sub> fluxen in gesloten kamersystemen in het kader van NOBV (Aben et al., 2024). Daarnaast is veel parameterisatie gebaseerd op waarden in Hendriks & van den Akker (2012).

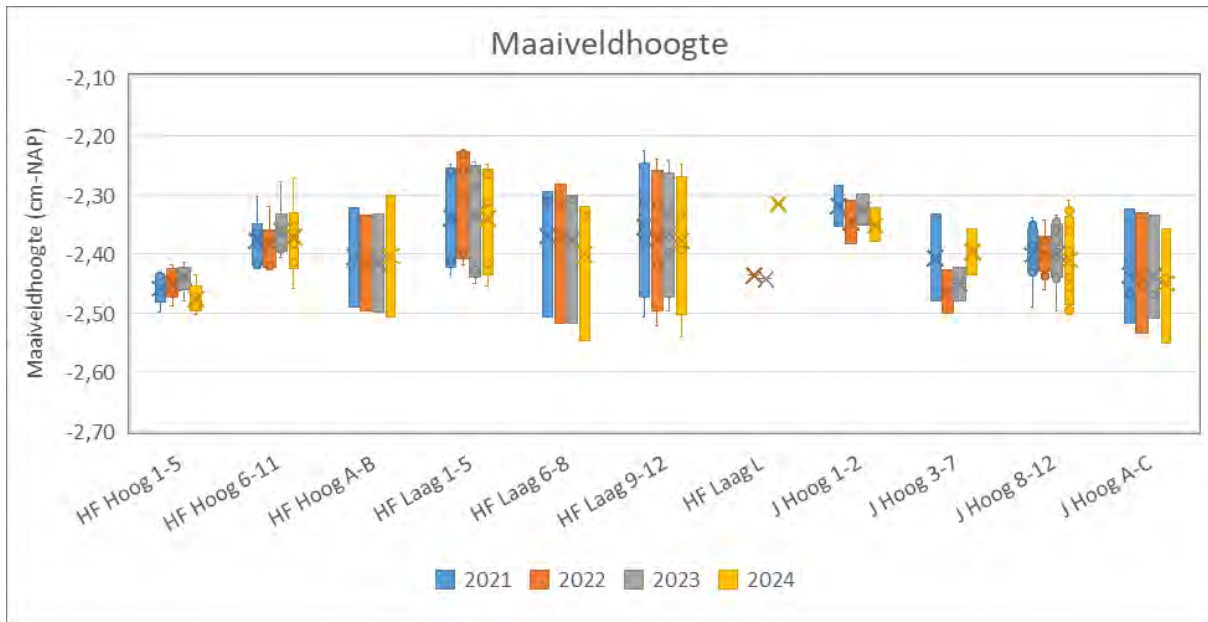
Initialisatie van ANIMO is gedaan op basis van een simulatie van het RF perceel vanaf 1945 tot 2020, waarbij het verlies van veen door veenoxidatie iedere ca. 10 jaar is aangevuld door veen van onder uit de bodemkolom. Tevens is een graduele relatieve verhoging van het oppervlaktewaterpeil ten opzichte van maaiveld doorgevoerd, wat het verlies aan hoogte door bodemdaling compenseert. De eindcondities van de initialisatieperiode vormen de begincondities voor de daadwerkelijke simulaties die in dit rapport zijn gedocumenteerd, waarbij op dat moment de drainagesystemen zijn aangelegd conform de uitvoering op de Hoogwaterboerderij. Voor alle drie de percelen (RF, MP en HW) worden dezelfde begincondities aangehouden. Ook de bemestingsfrequenties en hoeveelheden zijn gelijk verondersteld, met een totale bemesting van ca. 230 kg N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> en ca. 26 kg P ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>.

In de resultaten wordt voor de waterkwantiteit stil gestaan bij het RF, MP en HW perceel, daar de metingen in het AWIS van MP van belang zijn voor de modelkalibratie. Voor waterkwaliteit worden alleen de resultaten van RF en HW gepresenteerd, aangezien deze twee percelen de focus zijn van deze studie.

### 3.3 Resultaten

#### Maaiveldhoogte

De gemeten grondwaterstanden zijn beschouwd in relatie tot de gemiddelde maaiveldhoogte van het betreffende proefperceel. De percelen hebben een vergelijkbare historie en de slootpeilverhoging is tegelijkertijd ingezet. De gemiddelde maaiveldhoogtes en de verdeling van de meetresultaten gemeten in het voorjaar van 2021-2024 staan in Figuur 3.5.

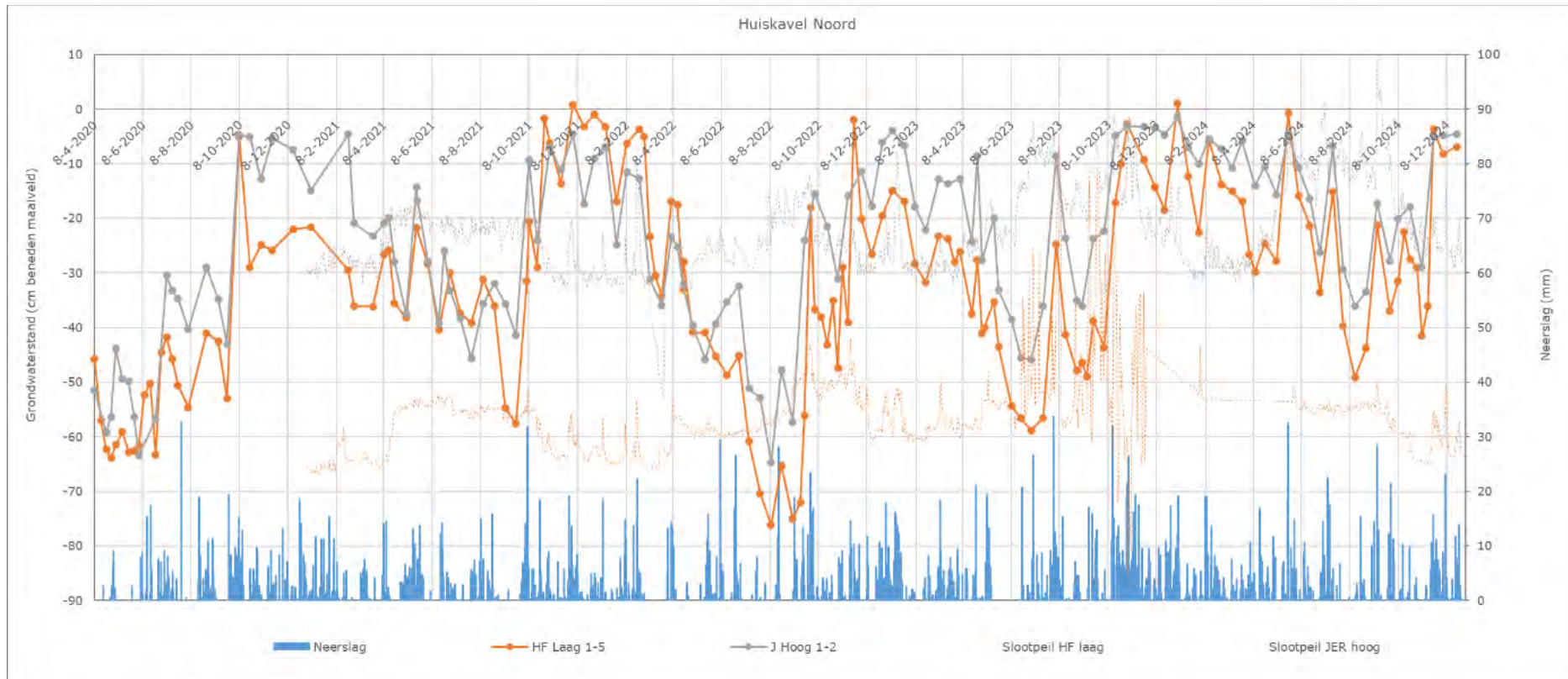


*Figuur 3.5 Gemiddelde maaiveldhoogte en verdeling van meetresultaten gemeten in het voorjaar van 2021-2024. De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van maaiveldhoogtes van de betreffende percelen in kwartielen, met het gemiddelde (x) en de uitschieters. De lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan.*

Binnen de clusters van percelen verschilden de gemiddelde maaiveldhoogtes tussen de jaren relatief weinig. Wel was voor J Hoog 3-7 de variantie in maaiveldhoogte tussen de percelen in 2021 groter dan voor 2022 tot en met 2024 en was voor J Hoog 8-12 de variantie in maaiveldhoogte tussen de percelen in 2024 groter dan voor 2021 tot en met 2023 . Hier kan niet direct een oorzaak voor aangewezen worden. Een langere tijdreeks van tenminste tien jaar is nodig om iets te kunnen zeggen over de maaiveldhoogteontwikkeling tussen slootpeil hoog met actieve WIS en een laag slootpeil zonder WIS.

## Grondwaterstanden

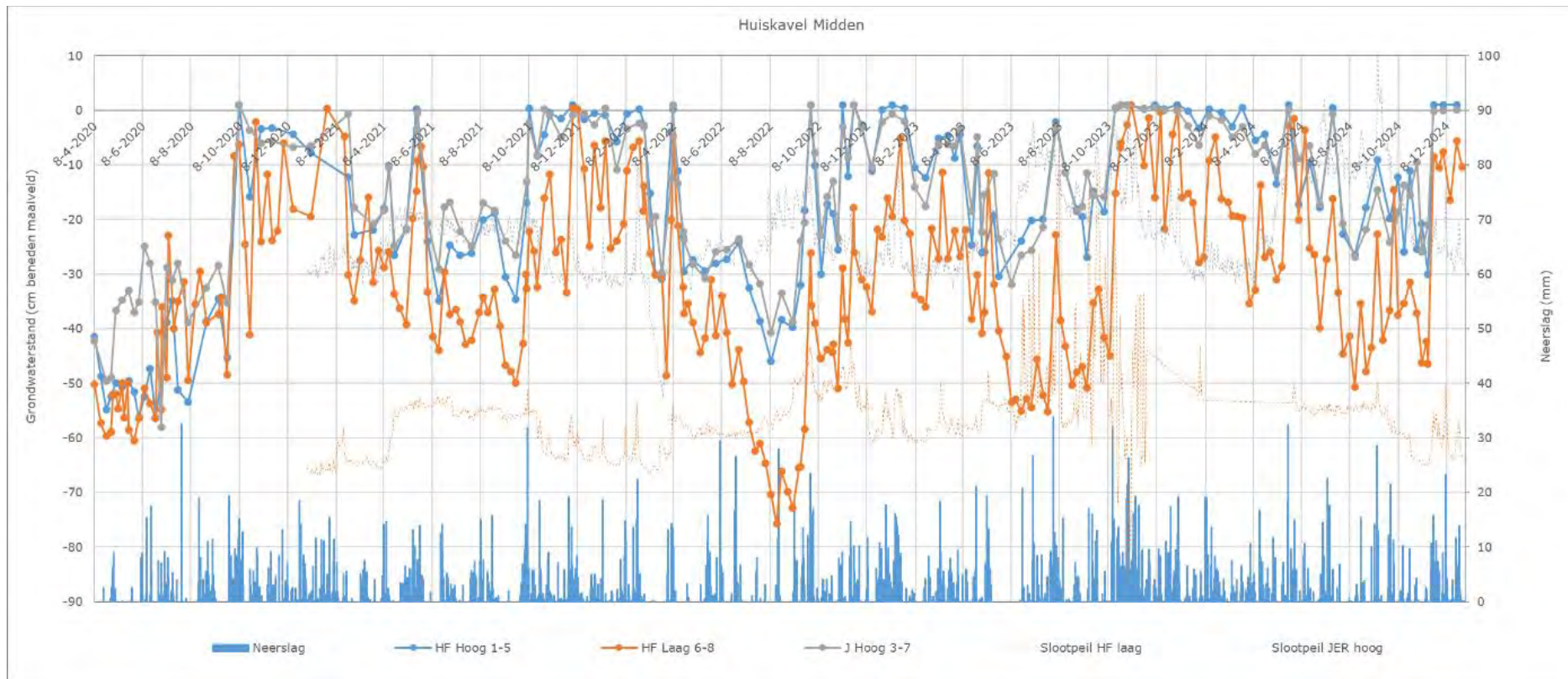
Het verloop van de grondwaterstanden is voor de vier clusters van percelen ‘Huiskavel Noord’, ‘Huiskavel Midden’, ‘Huiskavel Zuid’ en ‘Veldkavel’ en de meetpercelen weergegeven in respectievelijk Figuur 3.6 tot en met 3.10. Voor het proefveld dat door het NOBV wordt gebruikt staan de resultaten in Figuur 3.11. Voor de clusters Midden en Zuid waren de drie bedrijfssystemen *HF Hoog*, *HF Laag* en *J Hoog* vertegenwoordigd. Voor Noord ontbrak *HF laag* en voor de Veldkavel *HF Hoog*. De extra infiltratie met het actieve waterinfiltratiesysteem vond plaats vanaf april 2020.



Figuur 3.6 Grondwaterstandsverloop midden tussen drains HF Laag (perceel 1-5) en J Hoog (perceel 1-2), slooppeilverloop HF Laag en J Hoog en neerslag (KNMI station 470) 'Huiskavel Noord' 2020-2024.

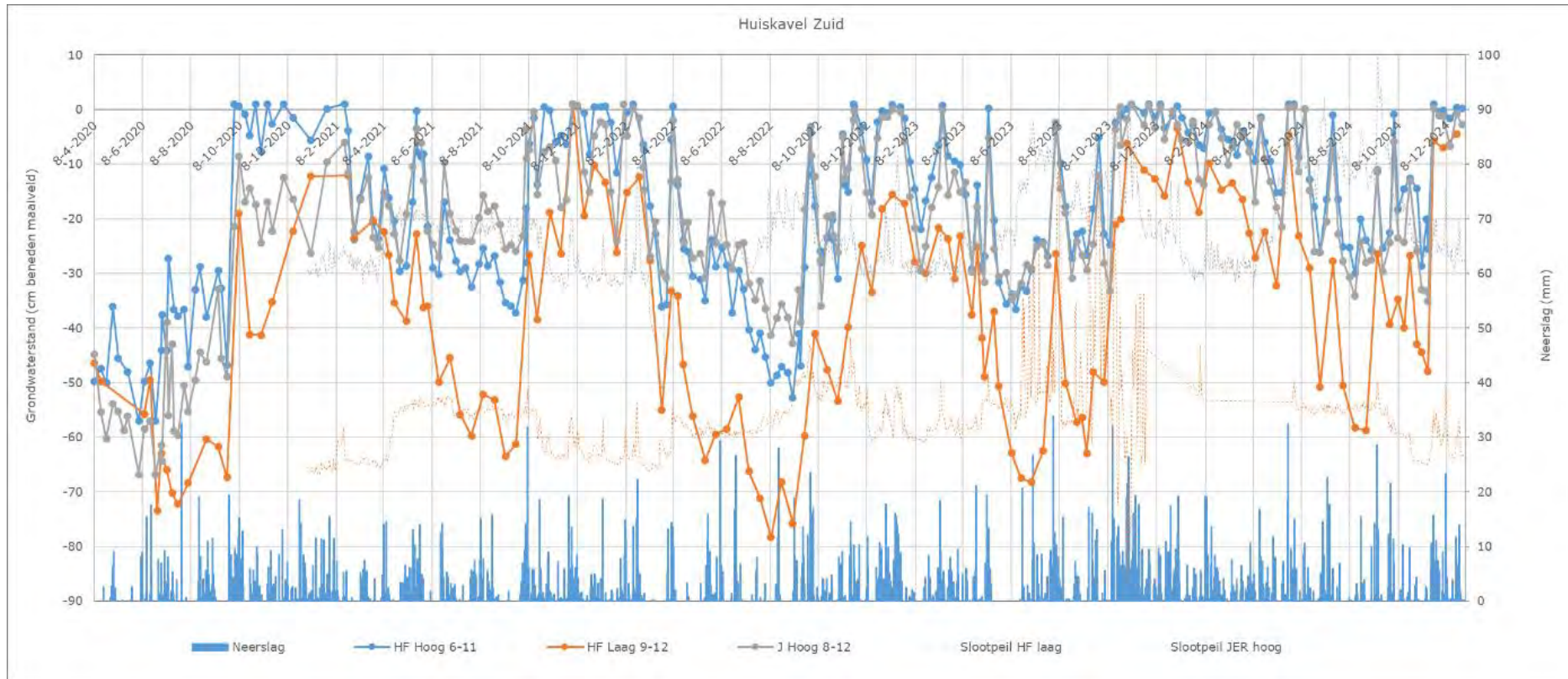
In de zomerperiode werd op 'Huiskavel Noord' in het voorjaar en de vroege zomer van 2020 bij *J Hoog* de grondwaterstand beperkt verhoogd door het verlaat inzetten van waterinfiltratie, omdat het systeem nog niet klaar was. Door de aansturing te verbeteren werd in 2021 wel een hogere grondwaterstand gerealiseerd, echter deze was nog steeds 10-25 cm lager dan de streefgrondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld, door een te lage infiltratiecapaciteit. In de relatief droge zomer van 2022 zakte de grondwaterstand nog verder uit tot maximaal 65 cm beneden maaiveld, slechts 10 cm minder diep dan de Referentie. De resultaten van het nattere jaar 2023 (afgezien het voorjaar) waren vergelijkbaar met die van 2021. In 2024 was vooral het voorjaar, maar ook de zomer relatief nat, waardoor de laagst gemeten grondwaterstand 10 hoger lagen dan 2021 en 2023. In de winterperioden waren bij *J Hoog* de grondwaterstanden gelijk of hoger dan bij *HF Laag* doordat water passief werd afgevoerd. Alleen in de winter van 2021-2022 waren bij *J Hoog* de grondwaterstanden lager dan bij *HF Laag*. Op 'Huiskavel Noord' is in het voorjaar van 2023 geen verbetering van de waterinfiltratie uitgevoerd, zoals dat op 'Huiskavel Midden' en 'Huiskavel Zuid' wel is gedaan.

Het hoge slootpeil varieerde in 2020-2022 van ongeveer 20 tot 30 cm beneden maaiveld afgezien van de kortstondige daling begin april 2022 tot 52 cm beneden maaiveld. In 2023-2024 varieerde het slootpeil aanzienlijk meer, van ongeveer 30 cm beneden maaiveld tot aan het maaiveld in perioden met een groot neerslagoverschot. Het lage slootpeil varieerde in 2020-2022 van 55 tot 65 cm beneden maaiveld. In november en december van 2022 steeg het tot 45 cm beneden maaiveld en in 2023 varieerde het slootpeil aanzienlijk van 10 tot 70 cm beneden maaiveld. In 2024 varieerde het lage slootpeil van 50 tot 65 cm beneden maaiveld. De grote variatie in slootpeilen in 2023 werd veroorzaakt door de plaatsing van nieuwe debietmeters met een nauwere doorvoerpijp. De diameter van de pijpen bleek te klein voor het afvoeren van de grote neerslag hoeveelheden, waardoor de slootpeil sterk begonnen te schommelen. De betreffende doorvoerpijpen zijn eind 2023 vervangen.



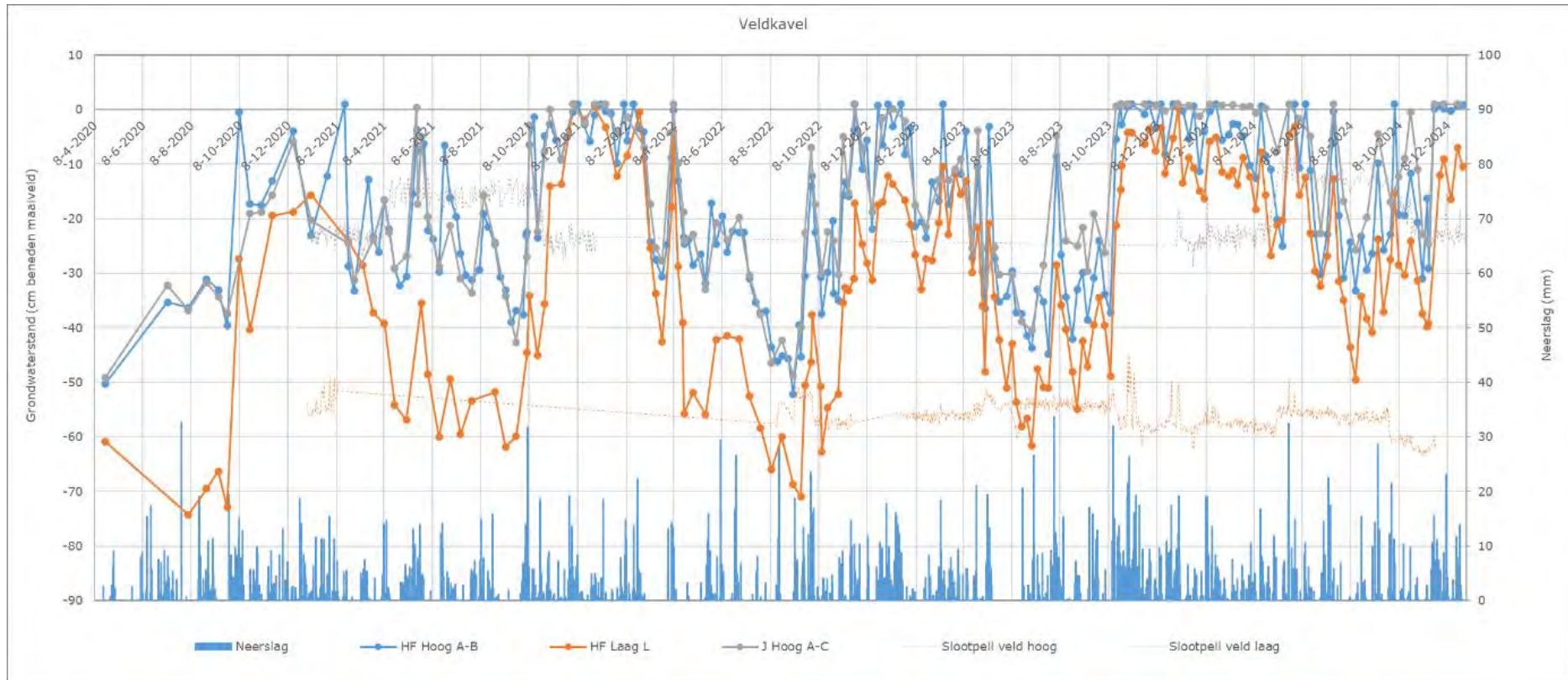
Figuur 3.7 Grondwaterstandsverloop midden tussen drains HF hoog (perceel 1-5), HF laag (perceel 6-8) en J Hoog (perceel 3-7), slootpeilverloop HF Hoog, HF Laag en J Hoog en neerslag (KNMI station 470) 'Huiskavel Midden' 2020-2024.

In de zomerperiode werd op 'Huiskavel Midden' in 2020 alleen bij *J Hoog* een substantieel hogere grondwaterstand dan *HF-Laag*, gerealiseerd. In het nattere jaar 2021 leidde de infiltratie voor beide hoog water bedrijfssystemen tot aanmerkelijk hogere grondwaterstanden dan in 2020. Voor *J Hoog* werd de streefgrondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld benaderd. De grondwaterstanden bij HF Hoog lagen iets lager dan die van *J Hoog*. In de relatief droge zomer van 2022 was de infiltratiecapaciteit onvoldoende om de streefgrondwaterstand te halen en zakte de grondwaterstand voor beide hoog water bedrijfssystemen uit tot 40-45 cm beneden maaiveld. In 2023 kon door de verbeterde waterinfiltratie het uitzakken van de grondwaterstand in het relatief droge voorjaar beperkt worden tot 32 cm beneden maaiveld. In de winterperioden waren voor beide hoog water bedrijfssystemen de grondwaterstanden gelijk of hoger dan bij *HF Laag* doordat water passief werd afgevoerd. In 2024 waren de gemeten grondwaterstanden vergelijkbaar met 2023, met een laagste grondwaterstand voor *HF Laag* van 52 cm en voor *HF hoog* en *J-Hoog* van 30 cm beneden maaiveld.



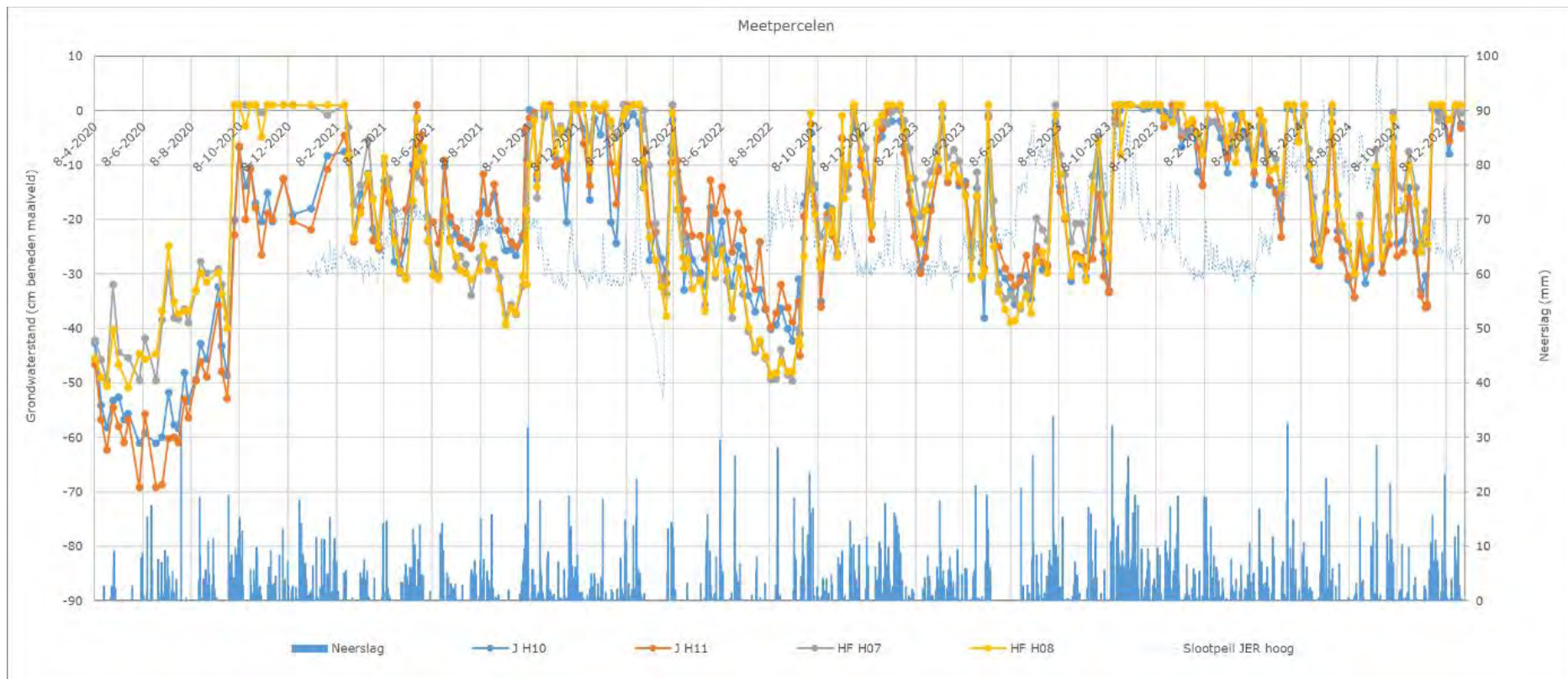
Figuur 3.8 Grondwaterstandsverloop midden tussen drains HF hoog (perceel 6-11), HF laag (perceel 9-12) en J Hoog (perceel 8-12), slootpeilverloop HF Hoog, HF Laag en J Hoog en neerslag (KNMI station 470) 'Huiskavel Zuid' 2020-2024.

In de zomerperiode werden op 'Huiskavel Zuid' in 2020 vooral bij *HF Hoog* hogere grondwaterstanden gerealiseerd dan *HF-Laag*. *J Hoog* was aangesloten op hetzelfde waterinfiltratiesysteem, maar door hoogteverschillen tussen percelen en door drukverlies was hier het effect op de grondwaterstand kleiner. De infiltratiecapaciteit van de windmolenpomp bleek te klein en is in 2021 vergroot door het bijplaatsen van een pomp op zonne-energie. In 2022 is overgestapt op pompen op netspanning voor een grotere betrouwbaarheid en capaciteit. Vooral op warme zomerse dagen met een hoge verdamping bleek de infiltratiecapaciteit onvoldoende. Daarnaast zijn de meest oostelijk gelegen percelen van *J Hoog*, die bovendien hoger liggen, uitgebreid met een extra reservoir en een pomp op zonne-energie, zodat deze percelen apart gestuurd konden worden. In 2021 konden, in tegenstelling tot 2020, bij *J Hoog* hogere grondwaterstanden gerealiseerd worden dan bij *HF Hoog* en werd in de zomermaanden de streefgrondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld benaderd. Bij *HF Laag* kwam in 2021 de grondwaterstand onder het betreffende lage slootpeil uit. In 2022 daalde de grondwaterstand van *J Hoog* en *HF Hoog* aanzienlijk onder de streefgrondwaterstand tot respectievelijk ruim 40 en 50 cm beneden maaiveld. Na de verbetering van het waterinfiltratie-systeem kon in het droge voorjaar van 2023 het uitzakken van de grondwaterstand beperkt worden tot 34-37 cm beneden maaiveld. Doordat de droge periode samenviel met de verbetering van het waterinfiltratie-systeem kon nog niet volop van de verbeteringen geprofiteerd worden. In 2024 zakte de grondwaterstanden in de zomer bij de hoog-watersystemen tot 35 cm en bij H-Laag tot 60 cm beneden maaiveld. In de winterperioden van 2023-2024 waren de grondwaterstanden van de hoog-waterbedrijfssystemen hoger dan bij *HF laag*.



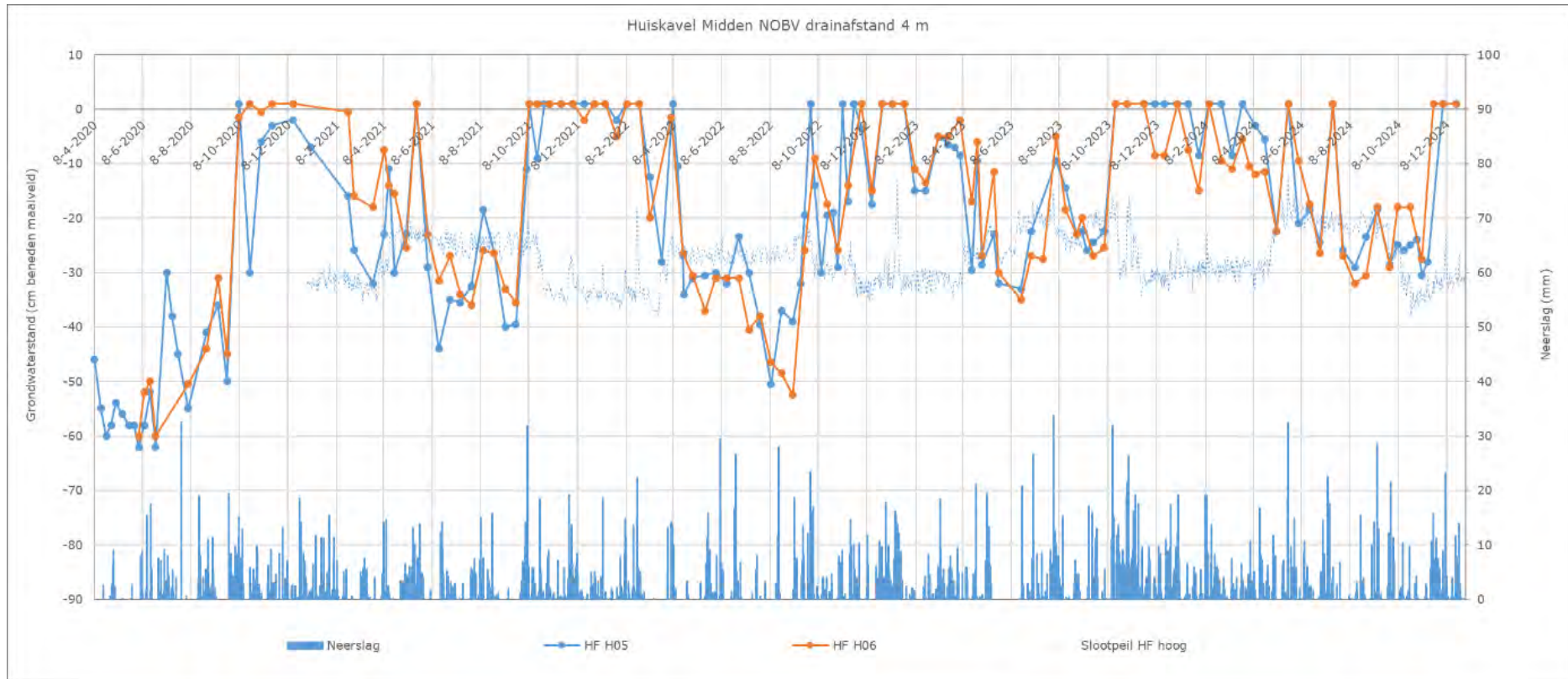
Figuur 3.9 Grondwaterstandsverloop midden tussen drains HF Hoog (perceel A-B), HF Laag (perceel L) en J Hoog (perceel A-C), slootpeilverloop veld hoog en veld laag en neerslag (KNMI station 470) 'Veldkavel' 2020-2024.

In de zomerperioden zakten op de Veldkavel de grondwaterstanden van *HF Hoog* en *J Hoog* vanaf half augustus 2020-2021 uit tot 40-45 cm beneden maaiveld. In 2022 kwamen de grondwaterstanden beneden de 50 cm beneden maaiveld. In 2023 daalden de grondwaterstanden tot 45 cm en in 2024 tot 33 cm beneden maaiveld. Dit betekent dat de streefgrondwaterstand op de veldkavel voor de hoog water systemen niet gehaald werden. De verbetering van het waterinfiltratiesysteem die uitgevoerd is voor ‘Huiskavel Midden’ en ‘Huiskavel Zuid’ zou ook voor de Veldkavel uitgevoerd moeten worden. In de winterperioden waren de grondwaterstanden van de hoog water bedrijfssystemen gelijk of hoger dan bij *HF laag*. Van de slootpeilen *Laag* en *Hoog* waren slechts beperkte meetreeksen beschikbaar door defecte sensoren. Voor het lage slootpeil is de meetreeks vanaf 27 januari 2023 en voor het hoge slootpeil is vanaf 1 januari 2024 aaneensluitend tot eind 2024.



*Figuur 3.10 Grondwaterstandsverloop midden tussen drains van de meetpercelen J H10-H11 en HF H07-08, slootpeilverloop J Hoog en neerslag (KNMI station 470) 2020-2024.*

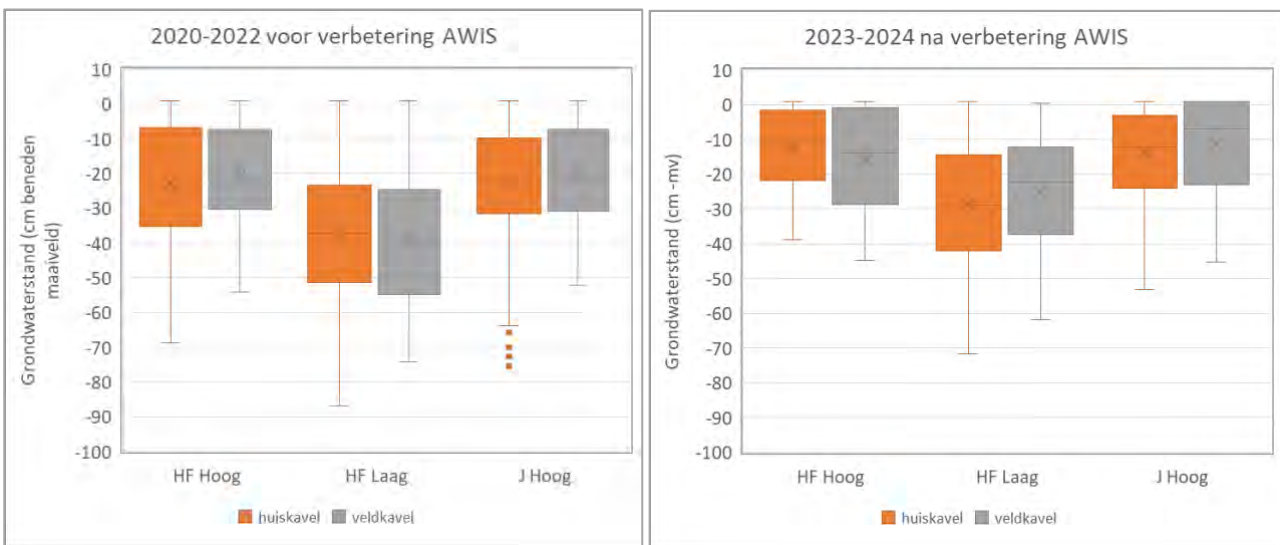
Voor de meetpercelen werd in 2020 vooral de grondwaterstand bij *HF H07-08* verhoogd en dit was slechts beperkt het geval bij *J H10-11* (zie ook resultaten 'Huiskavel Zuid'). In 2021 zakten bij *J H10-11* de grondwaterstanden in de perioden met een neerslagtekort uit tot 25 cm beneden maaiveld en in 2022 tot ruim 40 cm beneden maaiveld. De grondwaterstanden van *HF H07-08* lagen 10-15 cm lager. In het droge voorjaar van 2023 zakten de grondwaterstanden van de hoogwaterpercelen tot 30-40 cm beneden maaiveld. Het verschil tussen *J H10-11* en *HF H07-08* was minder groot. In 2024 daalden de grondwaterstanden tot 36 cm beneden maaiveld met eveneens een beperkt verschil tussen *J H10-11* en *HF H07-08*. In de winterperioden kwamen de grondwaterstanden tot in het maaiveld.



Figuur 3.11 Grondwaterstandsverloop midden tussen drains van de NOBV-meetpercelen HF H05-06, slooppeilverloop HF Hoog en neerslag (KNMI station 470) 2020-2024.

Voor de NOBV-meetpercelen was in 2020-2021 het verloop van de grondwaterstand voor beide percelen afwijkend, in 2022 redelijk vergelijkbaar en in 2023 praktisch gelijk. In 2023-2024 kon het uitzakken van de grondwaterstand in droge(re) perioden beperkt worden tot 30-35 cm beneden maaiveld. Evenals bij de meetpercelen kwamen in de winterperioden de grondwaterstanden tot in het maaiveld.

Ter samenvatting van de resultaten staat in Figuur 3.12 de gemiddelde grondwaterstanden per bedrijfssysteem, inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden. Hierbij is onderscheid gemaakt in de meetwaarden voor (2020-2022) en na de verbetering van het waterinfiltratiesysteem (2023-2024) op ‘Huiskavel Midden’ en ‘Huiskavel Zuid’.



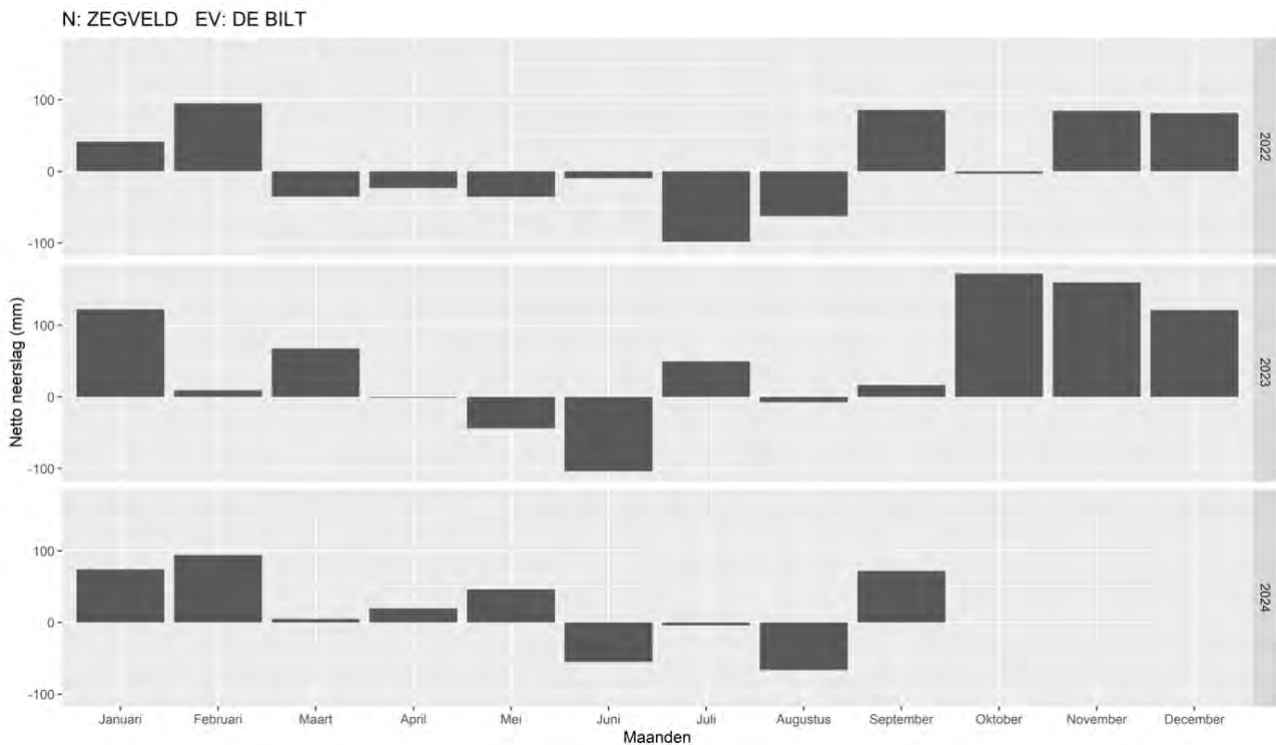
*Figuur 3.12 De gemiddelde grondwaterstanden (x) voor de bedrijfssystemen H-Hoog, H-Laag en J-Hoog, met links de meetwaarden voor (2020-2022) en rechts na de verbetering van het waterinfiltratiesysteem (2023-2024) op ‘Huiskavel Midden’ en ‘Huiskavel Zuid’. De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uiterste waarden. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.*

De stijging van de gemiddelde grondwaterstanden voor *HF-Hoog* en *J-Hoog* en *HF-Laag* tussen 2020-2022 en 2023-2024 is vooral een gevolg van het geringere neerslagtekort in 2023-2024 dan in 2020-2022, maar ook van een verbetering van de waterinfiltratie. Vooral voor *HF-Hoog* op de huiskavel is de variatie in grondwaterstanden kleiner geworden.

## Waterkwantiteit

Voor de balansgebieden LW en HW zijn de meetgegevens geanalyseerd en waar nodig bewerkt voor het opstellen van een waterbalans. De balansen zijn opgesteld voor de jaren 2022-2024 en eenheid waarin deze is uitgedrukt is mm/d met positieve getallen bij voeding van het gebied en negatieve getallen bij uitvoer uit het gebied.

Neerslag is een belangrijke component in het berekenen van de waterbalans. Vooral in het zomerhalfjaar vindt aanvoer van water plaats door een vergrote watervraag (neerslagtekort) als gevolg van gewasverdamping. In het winterhalfjaar vindt vooral afvoer van water plaats door een neerslagoverschot. Voor de balansperiode staat de netto beschikbare hoeveelheid neerslag (neerslagoverschot) in Figuur 3.13 (zie ook Tabel 3.3).



Figuur 3.13 Netto neerslag (neerslag – verdamping; mm.maand<sup>-1</sup>) voor 2022-2024 gebaseerd op neerslag van neerslagstation Zegveld (KNMI station 470) en de Makkinkverdamping (ETref) van weerstation De Bilt (KNMI station 260).

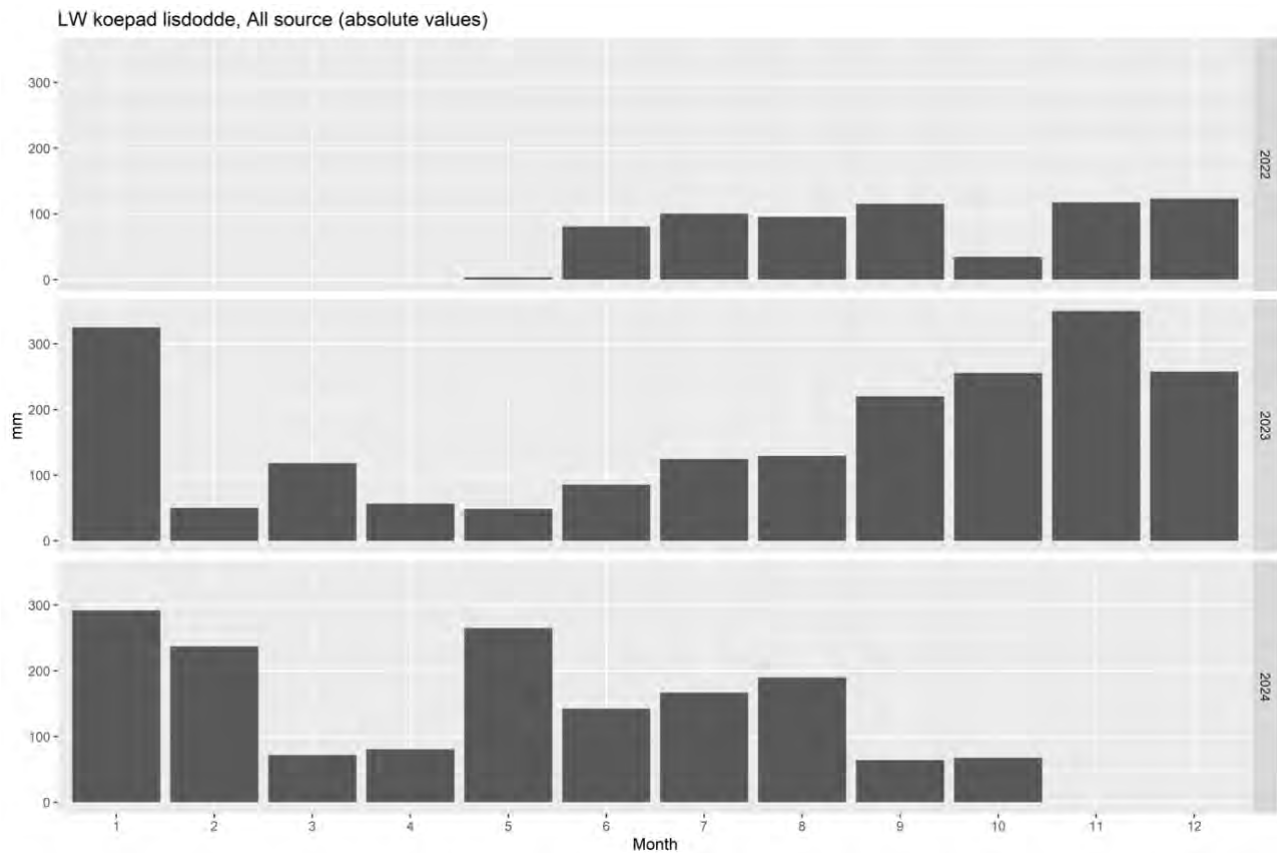
De zomer van 2022 was relatief droog met een neerslagtekort op maandbasis voor de maanden maart t/m augustus. De zomer van 2023 was minder droog met vooral in juni een vrij fors neerslagtekort. De zomer van 2024 was voor wat betreft droogte relatief gemiddeld. Het relatief natte najaar van 2023 startte met een relatief groot neerslagoverschot in oktober. Vervolgens was de gehele winter van 2023/2024 van oktober tot en met februari erg nat met grote maandelijkse neerslagoverschotten. In 2024 waren neerslag en verdamping redelijk in evenwicht en de maanden april en mei waren relatief nat voor de tijd van het jaar.

### Balansgebied LW

#### 241015 LW. Sloot koepad bij lisdoddeveld (7)

De maandelijkse sommaties van de inlaat vanuit meetpunt 7 staan in Figuur 3.14. Opvalt dat in de winters relatief grote hoeveelheden aanvoer van water per maand werd gemeten, vooral in de natte winterperiode 2023/2024. Dit betekent dat via meetpunt 7 overtollig water vanuit het achterliggende lisdoddeveld water werd afgevoerd en als wateraanvoer het meetgebied in kwam.

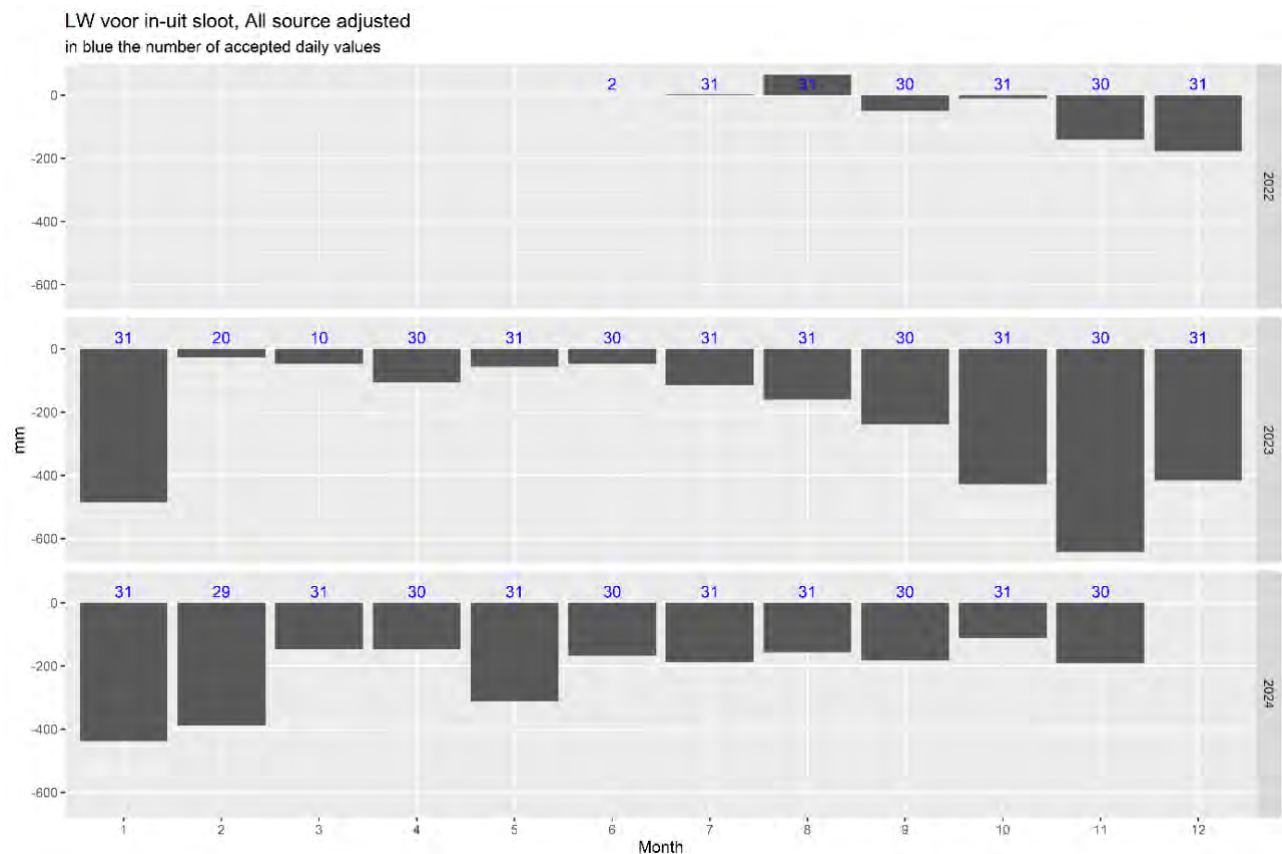
Via meetpunt 7 werd geen water afgevoerd. De drogere zomer in 2022 liet voor het betreffende meetpunt niet meer inlaat zien dan de zomer van 2023.



Figuur 3.14 Inlaat ( $\text{mm.maand}^{-1}$ ) LW-meetpunt 241015- Koepad lisdodde (7) voor 2022-2024

#### 240945 LW. Sloot voor (4)

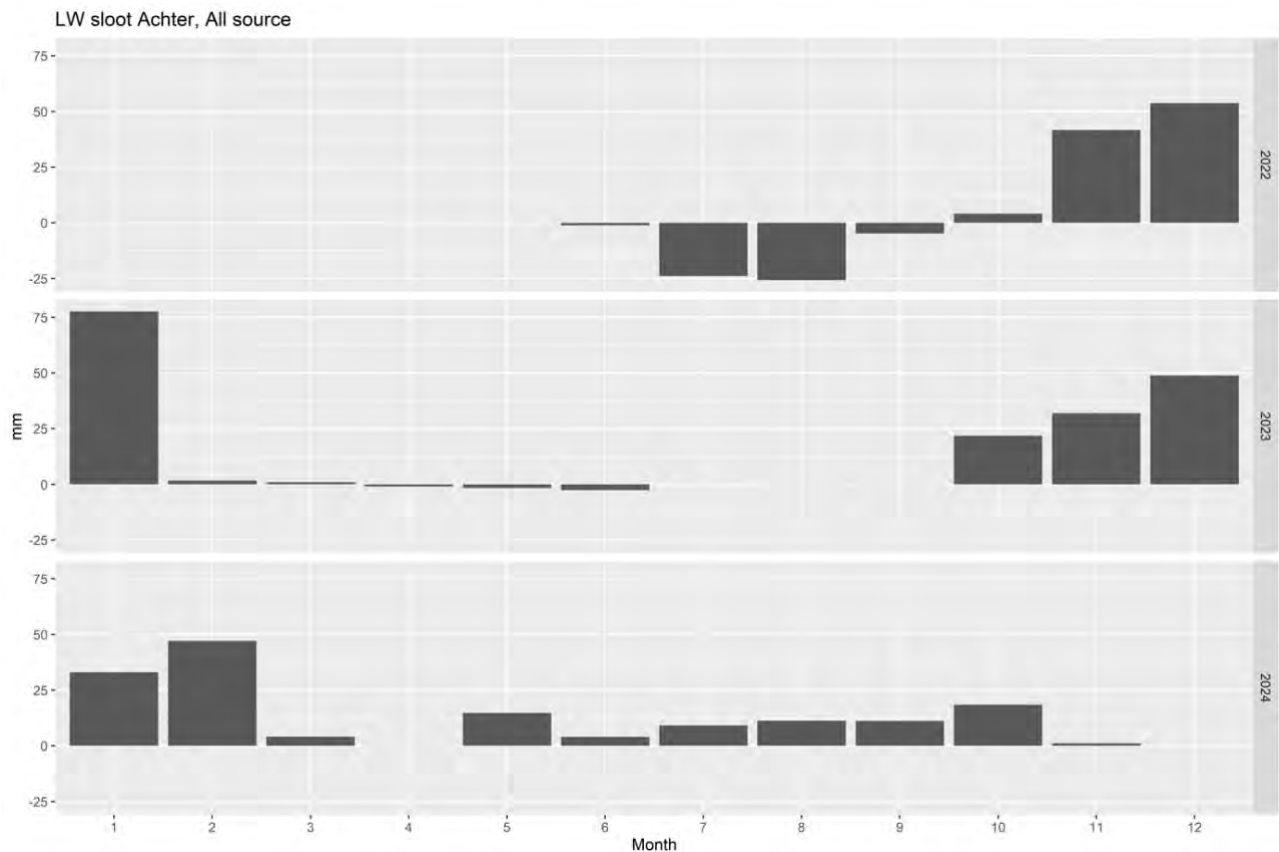
De maandelijkse sommatie voor de ingelaten hoeveelheid water voor meetpunt 4 staat in Figuur 3.15. De negatieve hoeveelheden betreffen netto afvoer van water uit het gebied (bi-directioneel meetpunt) en deze was zeker voor de natte winter 2023/2024 hoog in vergelijking tot het neerslagoverschot.



Figuur 3.15 Inlaat ( $\text{mm.maand}^{-1}$ ) LW-meetpunt 241015 - Sloot voor (7) voor 2022-2024. Negatieve getallen betreffen afvoer.

### 240944 LW. Sloot achter (6)

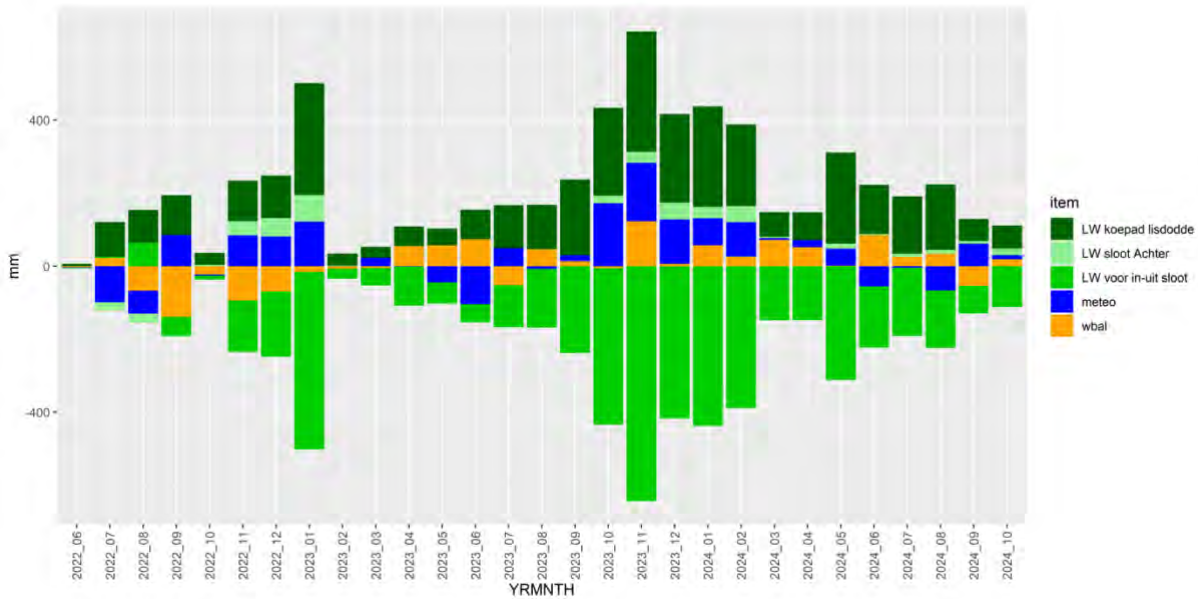
De maandelijkse sommatie voor de ingelaten hoeveelheid water voor meetpunt 6 staat in Figuur 3.16. De afvoer (negatieve getallen) in de zomer van 2022 betreft wateraanvoer voor het zuidelijke percelen ten opzichte van het LW-gebied. De seizoenale dynamiek wordt verklaard door het maandelijkse neerslagoverschot en -tekort en lijkt plausibel. Echter, de maandhoeveelheden voor eind 2023 lijken relatief laag in vergelijking met het neerslagoverschot in deze periode.



Figuur 3.16 Inlaat ( $\text{mm} \cdot \text{maand}^{-1}$ ) 240944 LW - Sloot achter (6) voor 2022-2024. Negatieve getallen betreffen afvoer.

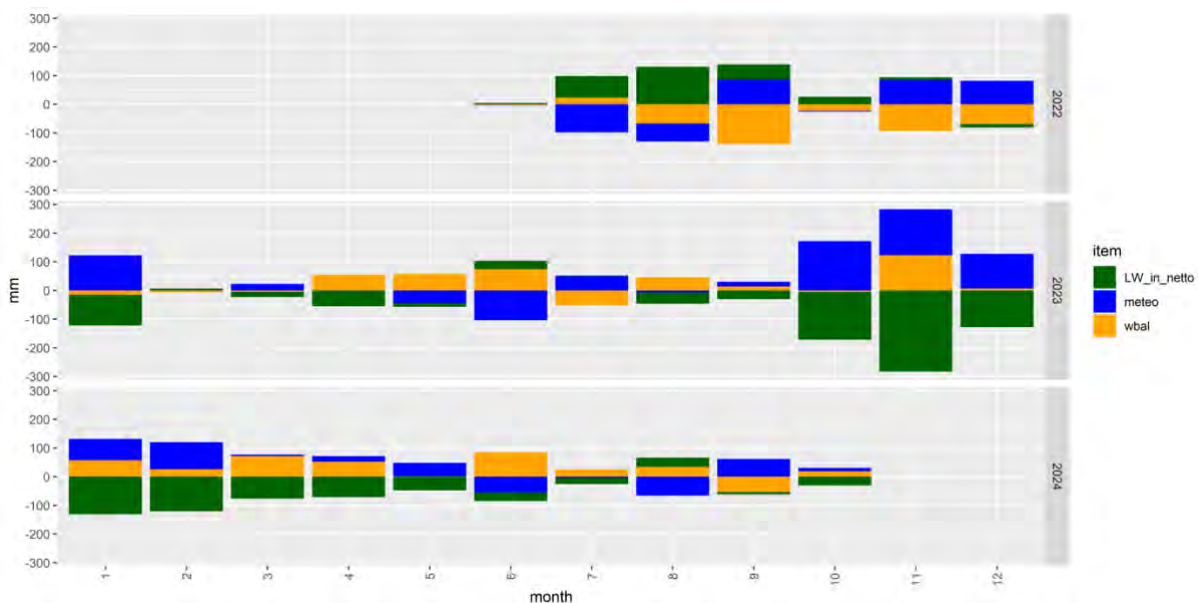
### Totale waterbalans LW

In Figuur 3.17 staan de verschillende balanstermen, waaronder de netto term “wbal”, welke indicatie betreft van de verandering van de berging voor de beschouwde maand, plus de interactie met het grondwatersysteem. Opgemerkt wordt dat dit een “restterm” is; dit betekent dat alle meetfouten in de meetreeksen in deze term terecht komen. In Figuur 3.17 is de aan-en afvoer van oppervlaktewater van de drie meetpunten onderscheiden.



*Figuur 3.17 Termen waterbalans (mm.maand<sup>-1</sup>) met onderscheid van de drie LW-meetpunten voor aanvoer van oppervlaktewater 2022-2024. Negatieve getallen betreffen afvoer.*

Figuur 3.18 betreft dezelfde figuur als Figuur 3.17, maar dan met een weergave van een totale netto aanvoer vanuit oppervlaktewater, in plaats van onderscheid in aanvoer tussen de drie LW-meetpunten. Figuur 3.18 geeft een duidelijker beeld van de dynamiek in de berging van water in het LW-gebied. Als de term “wbal” positief is dan nam de geborgen hoeveelheid water af, bijvoorbeeld in juli 2022. In augustus 2022 was de netto aanvoer aanzienlijk groter dan het verdampingsoverschot, waardoor de geborgen hoeveelheid water toe leek te nemen. Ook leek in en na de droge zomer van 2022 de geborgen hoeveelheid water in het LW-gebied van augustus tot december toe te nemen. Voor de winter van 2023/2024 lijkt het patroon niet helemaal logisch; er was een groot neerslagoverschot, maar de geborgen hoeveelheid water nam af.



*Figuur 3.18 Termen waterbalans (mm.maand<sup>-1</sup>) zonder onderscheid van de drie LW-meetpunten voor netto aanvoer van oppervlaktewater 2022-2024. Negatieve getallen betreffen afvoer.*

In principe kan de balansterm netto aanvoer van water in het modelleren van waterkwantiteit met SWAP gebruikt worden voor de validatie en kalibratie. Doordat in het LW-gebied een aanzienlijke doorvoer van water plaatsvindt zijn de onzekerheden in de grootte van de term groot. Dit blijkt ook uit de analyse van de meetgegevens. Daarom is de onzekerheid over deze balansterm te groot en is besloten deze gegevens niet te gebruiken bij de modellering met SWAP.

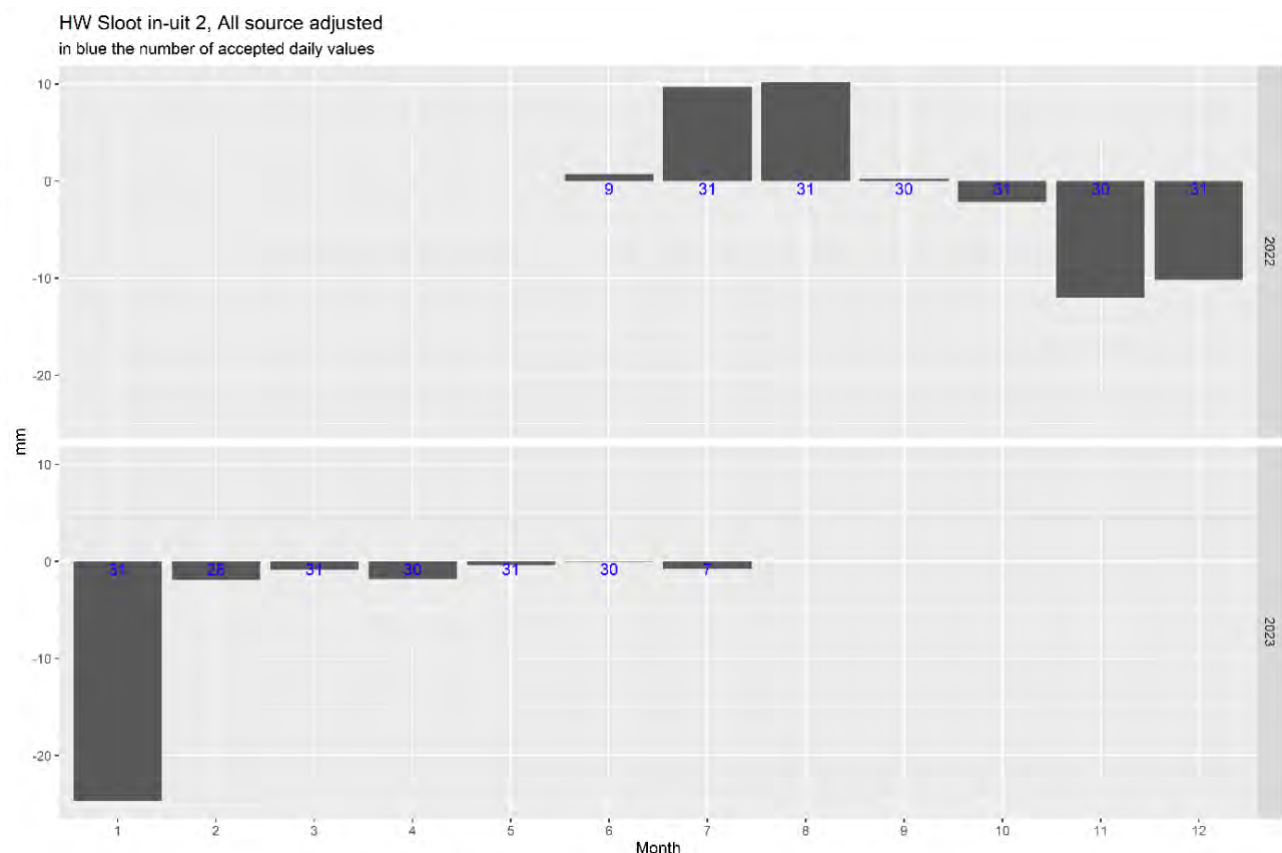
**Balansgebied HW**

**240943 HW. Drain achter perceel 31 (1)**

Het betreft een meting van uitsluitend waterafvoer naar een buursloot met polderpeil op het moment dat de afsluitende draaipiip omlaag gezet wordt voor extra drainage. Perceel 31 heeft een oppervlak van 12600 m<sup>2</sup>. Een groot deel van het najaar van 2024 is niet bemeten en er is eveneens een sprong in de meetreeks. Het betreft dus een niet complete meetreeks. Het jaar 2023 is compleet met uitzondering van de maand december, waarvoor 16 dagen geen gegevens beschikbaar zijn. Uiteindelijk bleek de meetreeks te onvolledig voor het opstellen van een waterbalans.

**240947 HW. Sloot in-uit 2 (9)**

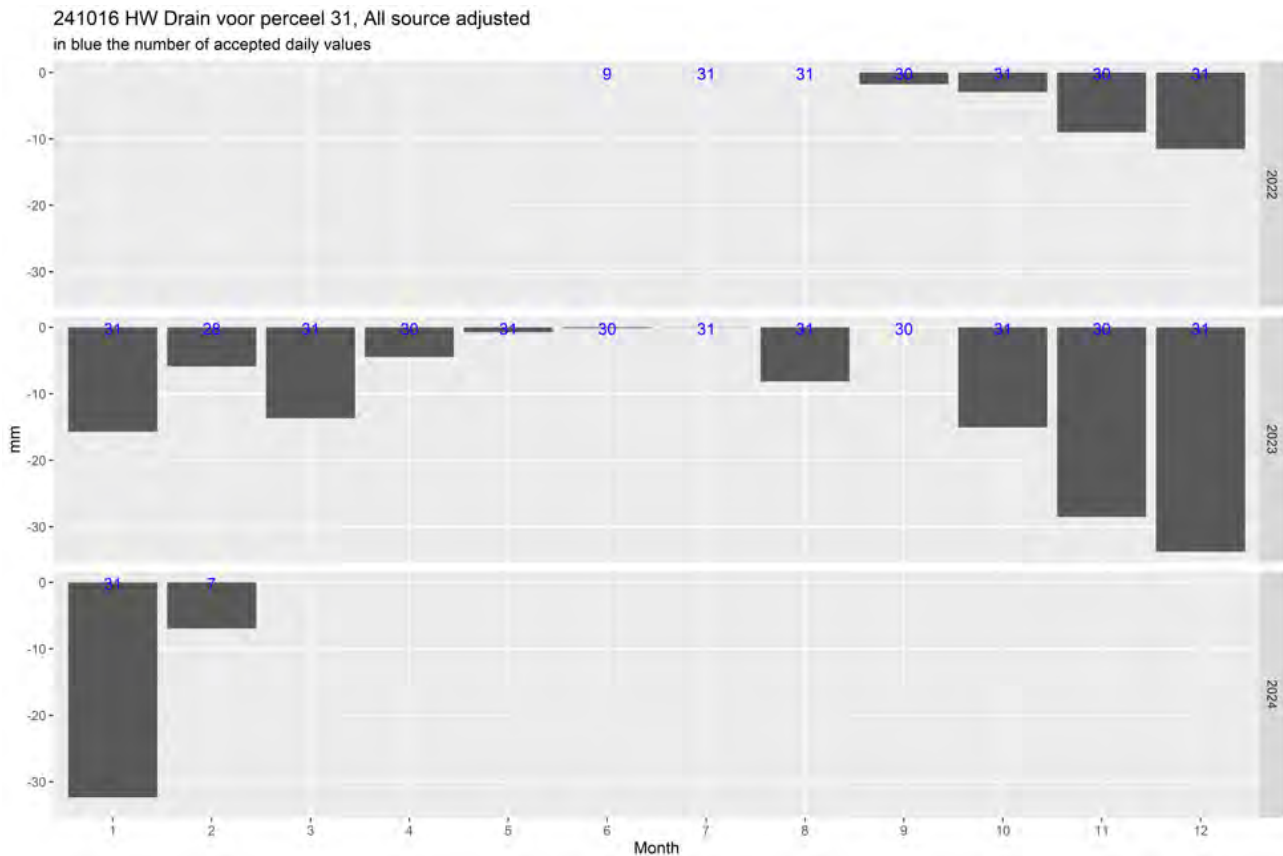
De beschikbare meetreeks was vrij beperkt en reeks vertoonde enkele sprongen in dynamiek (bv. februari tot juli 2023), waarschijnlijk door een storing in de meetapparatuur. De maandelijkse sommatie voor de ingelaten hoeveelheid water voor meetpunt 9 staat in Figuur 3.19.



Figuur 3.19 Inlaat (mm.maand<sup>-1</sup>) 240947 HW - Sloot in-uit 2 (9) voor 2022-2024. Negatieve getallen betreffen afvoer.

### 241016 HW. Afvoer voor perceel 31 (2)

De oppervlakte die dit meetpunt vertegenwoordigt bedraagt 5,34 hectare. Het meetpunt voert alleen water af. Het maandelijks patroon van de afvoeren is gecorreleerd aan het neerslagoverschot.. De maandelijkse sommatie voor de ingelaten hoeveelheid water voor meetpunt 2 staat in Figuur 3.20.

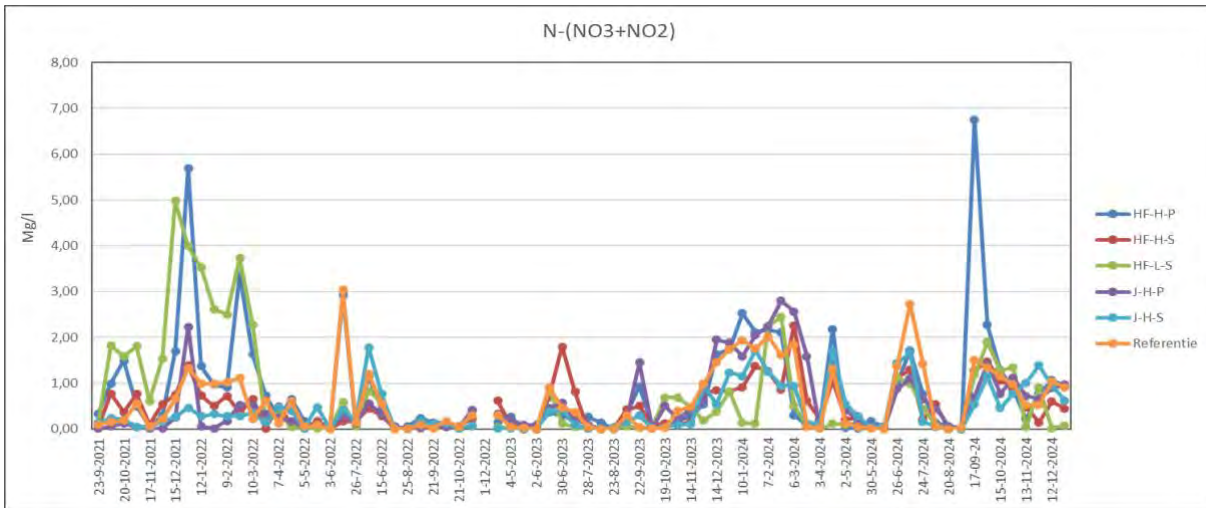


Figuur 3.20 Inlaat (mm.maand<sup>-1</sup>) 241016 HW - Afvoer voor perceel 31 (2) voor 2022-2024. Negatieve getallen betreffen afvoer.

Gezien de onvolledigheid en onduidelijkheden in de meetgegevens is een totale balans niet opgesteld en zijn deze gegevens niet bruikbaar voor kalibratie of validatie van een SWAP-modellering.

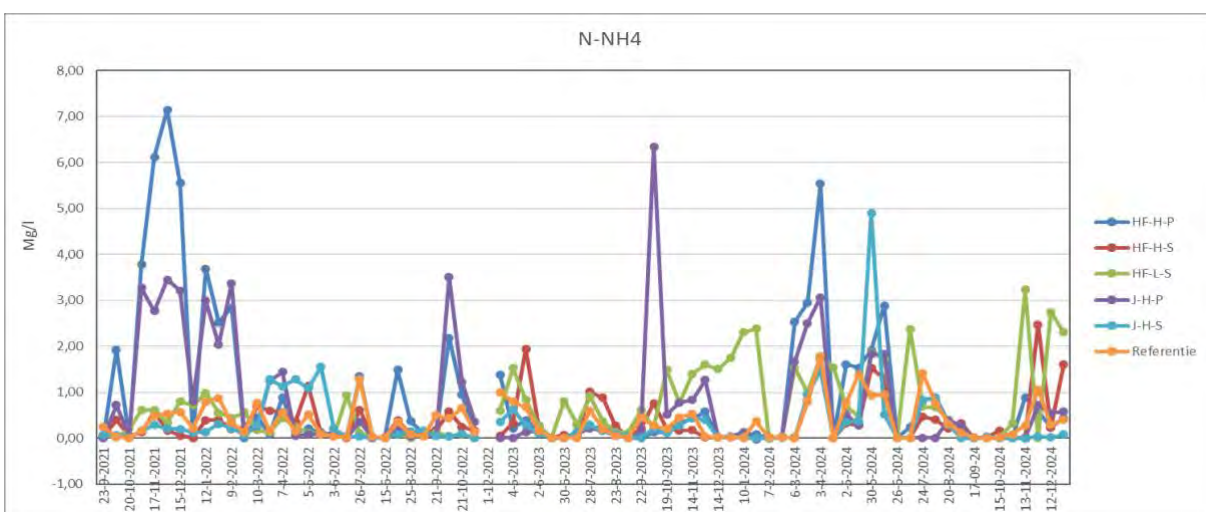
## Waterkwaliteit

De resultaten van de geanalyseerde watermonsters staan in Figuur 3.21 tot en met 3.27. Het betreft een meetreeks van 23 september 2021 tot 10 januari 2024. Watermonsters uit de winterperiode van 2022-2023 zijn verloren gegaan door een brand in de opslagruimte van KTC Zegveld. In het algemeen worden nutriëntconcentraties in de sloot in het zomerhalfjaar verlaagd door biochemische processen, denitrificatie en opname door de waterplanten en neemt in het winterhalfjaar de diffuse uitspoeling vanuit de sloot en uitspoeling vanuit de drains toe.



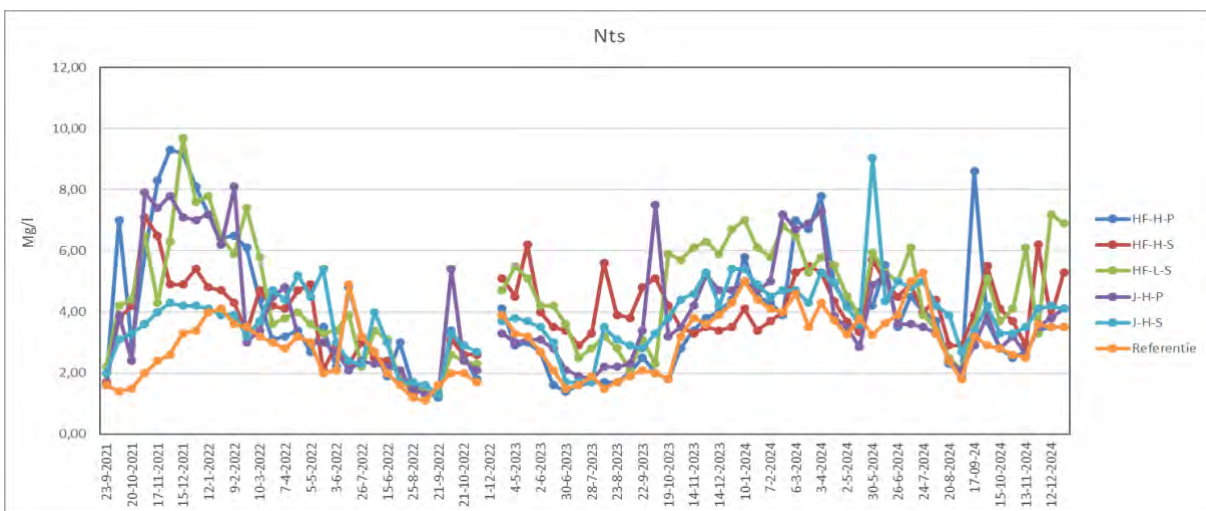
Figuur 3.21 Gemeten N-concentratie (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) vanuit stuwputten (of afvoerpunten van het systeem op het moment van drainage) bij een hoog slootpeil (HF-H-P en J-H-P), vanuit de sloot bij een hoog peil (HF-H-S en J-H-S), vanuit de sloot bij een laag peil (HF-L-S) en vanuit buitenwater (Referentie).

De NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup> concentraties waren in de wintermaanden van 2021-2022 relatief hoog voor HF-H-P en HF-L-S ten opzichte van de Referentie. Dit duidt op een grotere (diffuse) uitspoeling bij een laag slootpeil en extra afvoer vanuit de stuwputten of afvoerpunten van het systeem op het moment van drainage. De diffuse uitspoeling leek eerder op gang te komen dan de afvoer vanuit de stuwputten of afvoerpunten van het systeem. De hogere concentraties bij AWIS werd mogelijk veroorzaakt door sterker 'aftappen' van nutriëntrijk water uit de bemeste toplaag van de bodem bij de hoge streefgrondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld. Opvallend is de verhoogde concentratiepiek voor J-H-S en Referentie in juni 2022. Deze maand was relatief nat met een gering neerslagtekort van 9,6 mm. In het relatief natte najaar en de winter van 2023-2024 werden geen sterk verhoogde concentraties gemeten, mogelijk door verdunning als gevolg van het grote neerslagoverschot. Op 17 september 2024 werd een hoge waarde gemeten voor HF-H-P, echter deze laat zich niet direct verklaren.



Figuur 3.22 Gemeten ammoniumconcentratie ( $N-NH_4^+$ ) vanuit stuwputten (of afvoerpunten van het systeem op het moment van drainage) bij een hoog slootpeil (HF-H-P en J-H-P), vanuit de sloot bij een hoog peil (HF-H-S en J-H-S), vanuit de sloot bij een laag peil (HF-L-S) en vanuit buitenwater (Referentie).

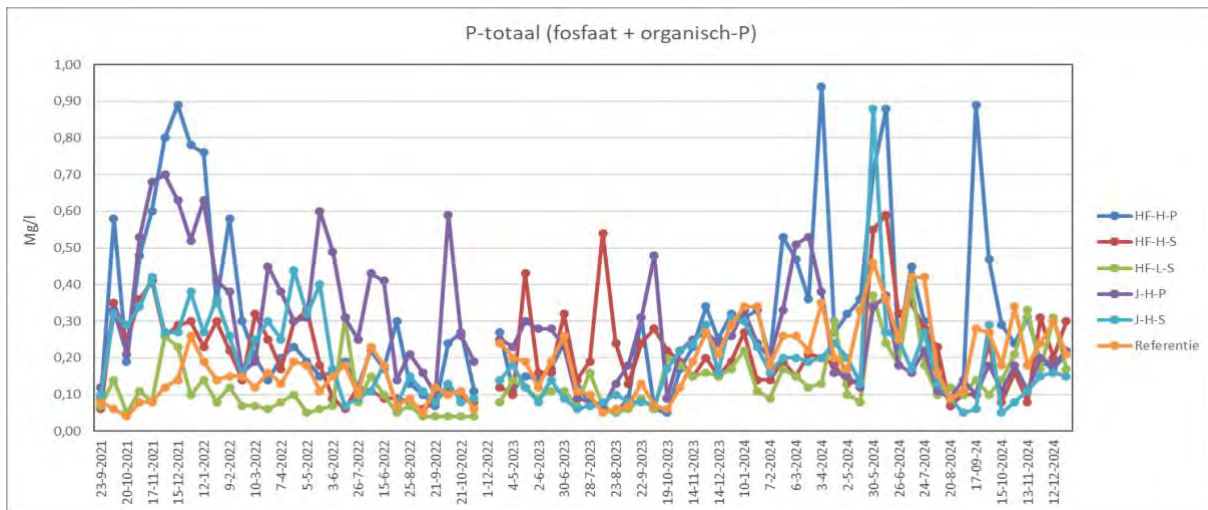
Voor ammonium werden in de wintermaanden van 2021-2022, het najaar van 2022 verhoogde concentraties gemeten in beide stuwputten (of afvoerpunten van het systeem op het moment van drainage) ten opzichte van de referentie. In oktober 2022 werden voor J-H-P en HF-H-P hogere concentraties gemeten en in oktober 2023 alleen voor J-H-P. In het voorjaar van 2024 waren de concentraties in beide stuwputten of afvoerpunten hoger. Evenals voor  $NO_3^- + NO_2^-$  waren de hogere concentraties waarschijnlijk het gevolg van afvoer van nutriëntrijk water vanuit de wortelzone. In de wintermaanden van 2023-2024 en eind 2024 werden hogere concentraties in de laagwatersloot (HF-L-S) gemeten.



Figuur 3.23 Gemeten totaal oplosbaar N concentratie (Nts) vanuit stuwputten (of afvoerpunten van het systeem op het moment van drainage) bij een hoog slootpeil (HF-H-P en J-H-P), vanuit de sloot bij een hoog peil (HF-H-S en J-H-S), vanuit de sloot bij een laag peil (HF-L-S) en vanuit buitenwater (Referentie).

Voor totaal oplosbaar stikstof werden in het algemeen voor alle behandelingen hogere of vergelijkbare concentraties gevonden dan voor de *Referentie*. De concentraties namen toe in de wintermaanden en waren relatief hoog voor HF-H-P, J-H-P en HF-L-S.

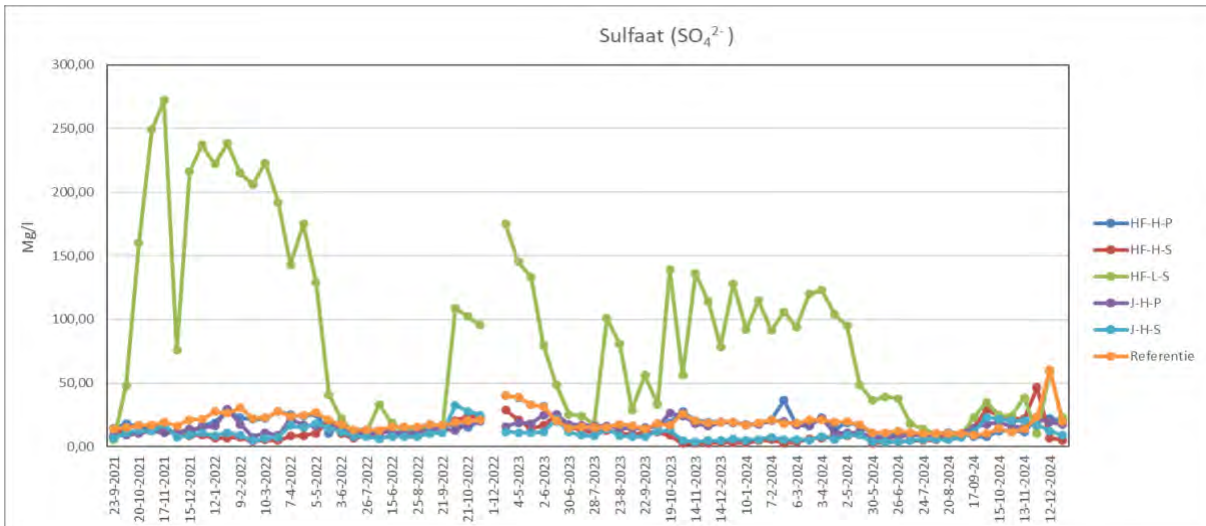
Volgens de KRW voor zoete gebufferde sloten (M1asloten; Evers et al., 2018) is voor totaal N de beoordeling van meetwaarden *Matig* tussen 2,4 en 4,8, *Ontoereikend* tussen 4,8 en 12 en *Slecht* >12. De metingen van de Referentie voldoen aan de norm *Matig* en die van de overige behandelingen zijn veelal hoger (behalve in het groeiseizoen van 2022) en worden beoordeeld als *Matig* of *Ontoereikend*.



Figuur 3.24 Gemeten P-totaal concentratie (fosfaat en organisch-P) vanuit stuwputten (of afvoerputten van het systeem op het moment van drainage) bij een hoog slootpeil (HF-H-P en J-H-P), vanuit de sloot bij een hoog peil (HF-H-S en J-H-S), vanuit de sloot bij een laag peil (HF-L-S) en vanuit buitenwater (Referentie).

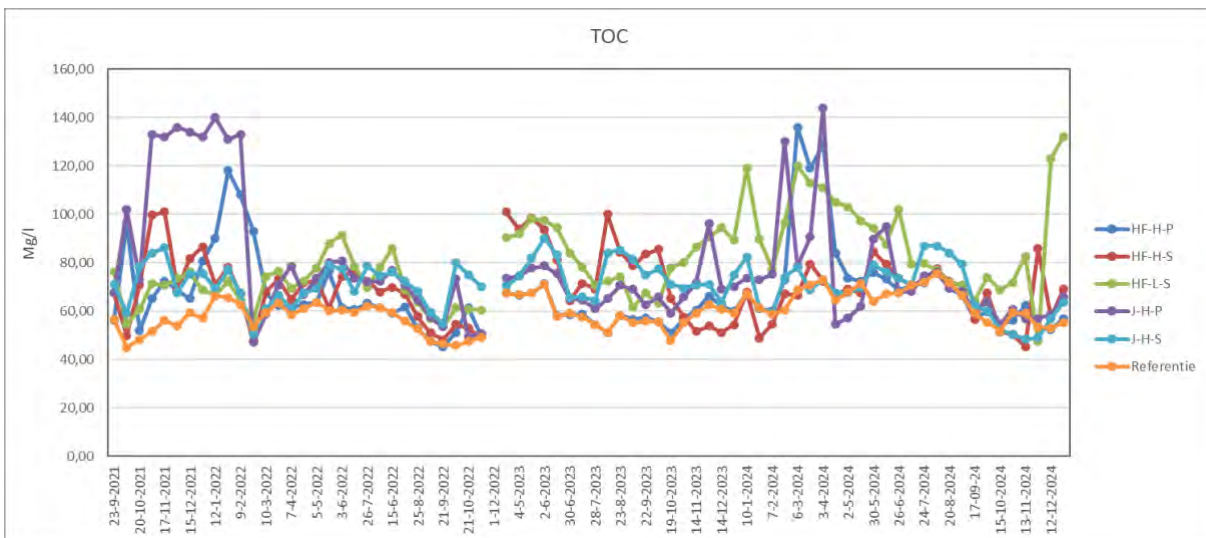
Voor P-totaal werden over het algemeen hogere concentraties gemeten in de stuwputten en in beperktere mate bij een verhoogd slootpeil. De laagwatersloot (HF-L-S) en de Referentie hadden de laagste concentraties met een relatief vlak verloop, behalve in het voorjaar van 2024 waarbij ook voor deze meetpunten de concentraties gestegen waren. Wellicht dat door de zeer natte omstandigheden in april-mei na bemesting in maart grotere nutriëntenverliezen zijn opgetreden.

Volgens de KRW voor zoete gebufferde sloten (M1asloten; Evers et al., 2018) is voor totaal P de beoordeling van meetwaarden *Matig* tussen 0,22 en 0,44, *Ontoereikend* tussen 0,44 en 1,10 en *Slecht* >1,10. De metingen van de Referentie voldoen aan de norm *Matig*. De metingen van J-H-S en HF-H-S ook grotendeels, maar waren *Ontoereikend* in de zomer van 2023 (J-H-S en HF-H-S) en in het voorjaar van 2024 (HF-H-S). Metingen van HF-H-P en J-H-P worden nog frequenter als *Ontoereikend* beoordeeld.



*Figuur 3.25 Gemeten sulfaatconcentratie ( $SO_4^{2-}$ ) vanuit stuwputten (of afvoerpunten van het systeem op het moment van drainage) bij een hoog slootpeil (HF-H-P en J-H-P), vanuit de sloot bij een hoog peil (HF-H-S en J-H-S), vanuit de sloot bij een laag peil (HF-L-S) en vanuit buitenwater (Referentie).*

Uitsluitend bij een laag slootpeil werden relatief hoge concentraties sulfaat gemeten. Door waterinfiltratie in combinatie met een hoog slootpeil verminderde de oxidatie van pyriet ( $Fe_2S$ ) tot sulfaat.

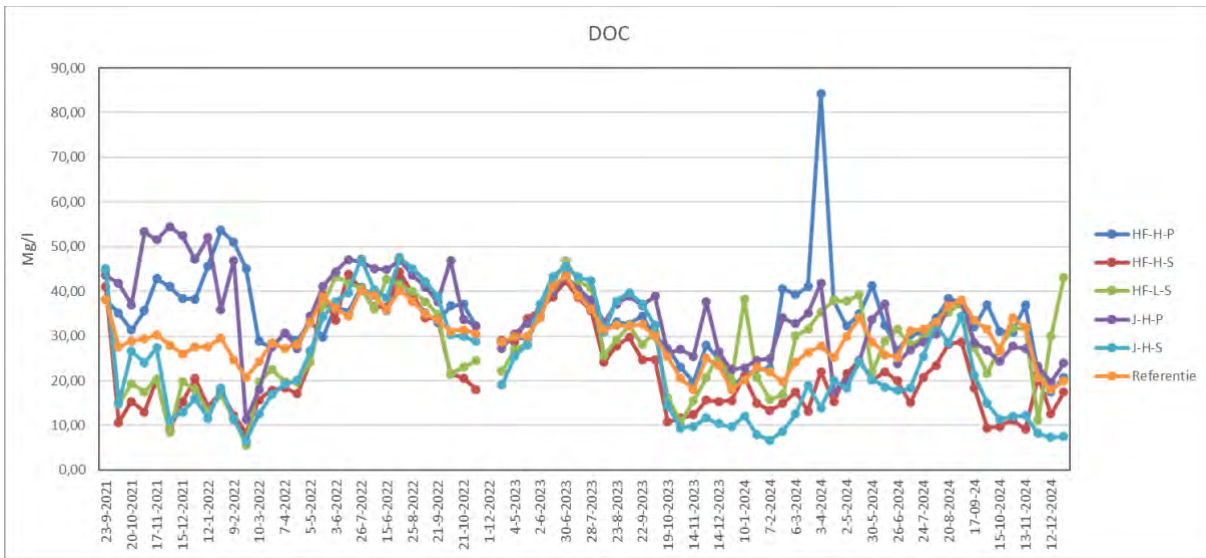


*Figuur 3.26 Gemeten concentratie totaal oplosbaar koolstof (TOC) vanuit stuwputten (of afvoerpunten van het systeem op het moment van drainage) bij een hoog slootpeil (HF-H-P en J-H-P), vanuit de sloot bij een hoog peil (HF-H-S en J-H-S), vanuit de sloot bij een laag peil (HF-L-S) en vanuit buitenwater (Referentie).*

TOC geeft een beeld van de afbraak van de organische stof als tussenstation in de totale afbraak tot  $CO_2$ . Het wordt echter heel snel afgebroken en is zeer mobiel, waardoor het moeilijk is om hier kwantitatieve conclusies aan te verbinden zonder inzet van een proces georiënteerd model.

Voor J-H-P werden in het najaar van 2021 en de wintermaanden van 2021-2022 relatief hoge concentraties gemeten. In de wintermaanden van 2023-2024 werden relatief hoge concentraties

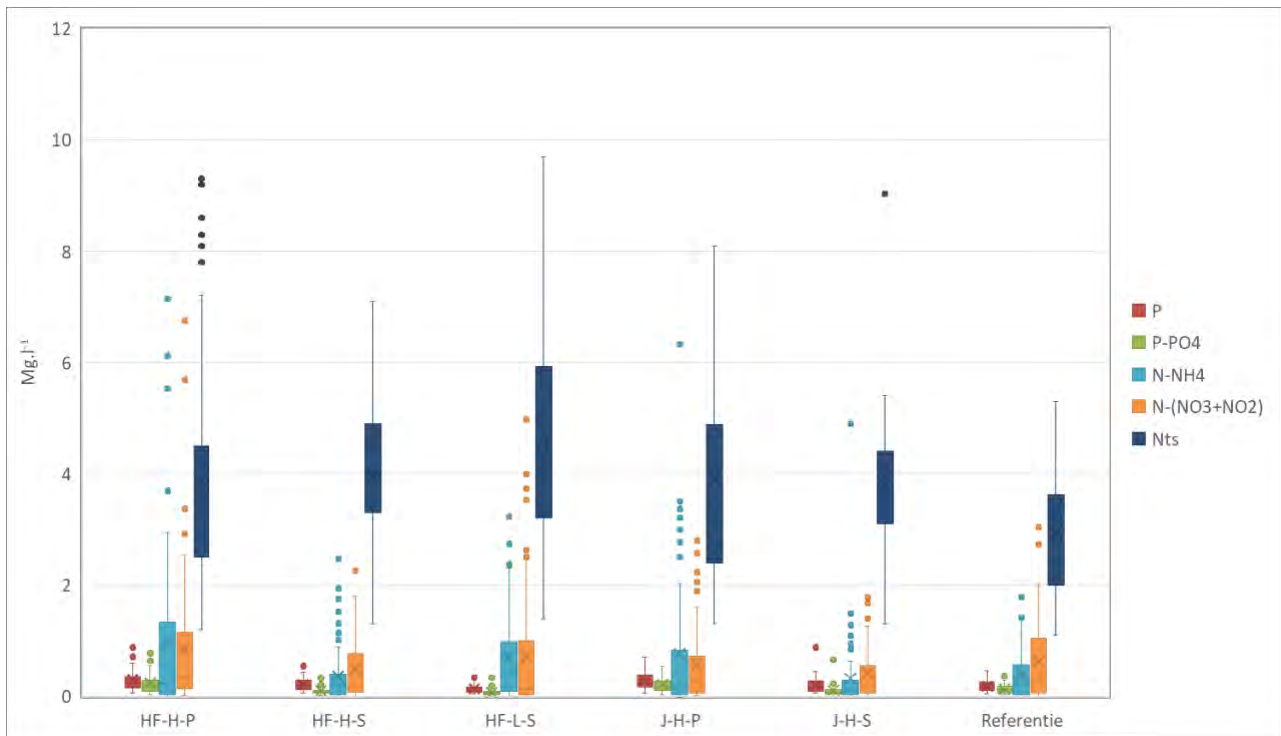
gemeten voor *HF-H-P*, *J-H-P* en de laagwatersloot *HF-L-S*. Voor de *Referentie* waren de concentraties over het algemeen het laagst.



*Figuur 3.27 Gemeten concentratie gefilterde fractie totaal oplosbaar koolstof (DOC) vanuit stuwputten (of afvoerpunten van het systeem op het moment van drainage) bij een hoog slootpeil (HF-H-P en J-H-P), vanuit de sloot bij een hoog peil (HF-H-S en J-H-S), vanuit de sloot bij een laag peil (HF-L-S) en vanuit buitenwater (Referentie).*

Evenals TOC geeft DOC een beeld van de afbraak van de organische stof. Voor DOC lieten de metingen in beide stuwputten (*HF-H-P* en *J-H-P*) vooral in de wintermaanden van 2021-2022 en 2023-2024 hogere concentraties zien dan die van de *Referentie*. Daarentegen waren in deze perioden de concentraties in de hoogwater sloten (*HF-H-S* en *J-H-S*) lager dan die van de *Referentie*.

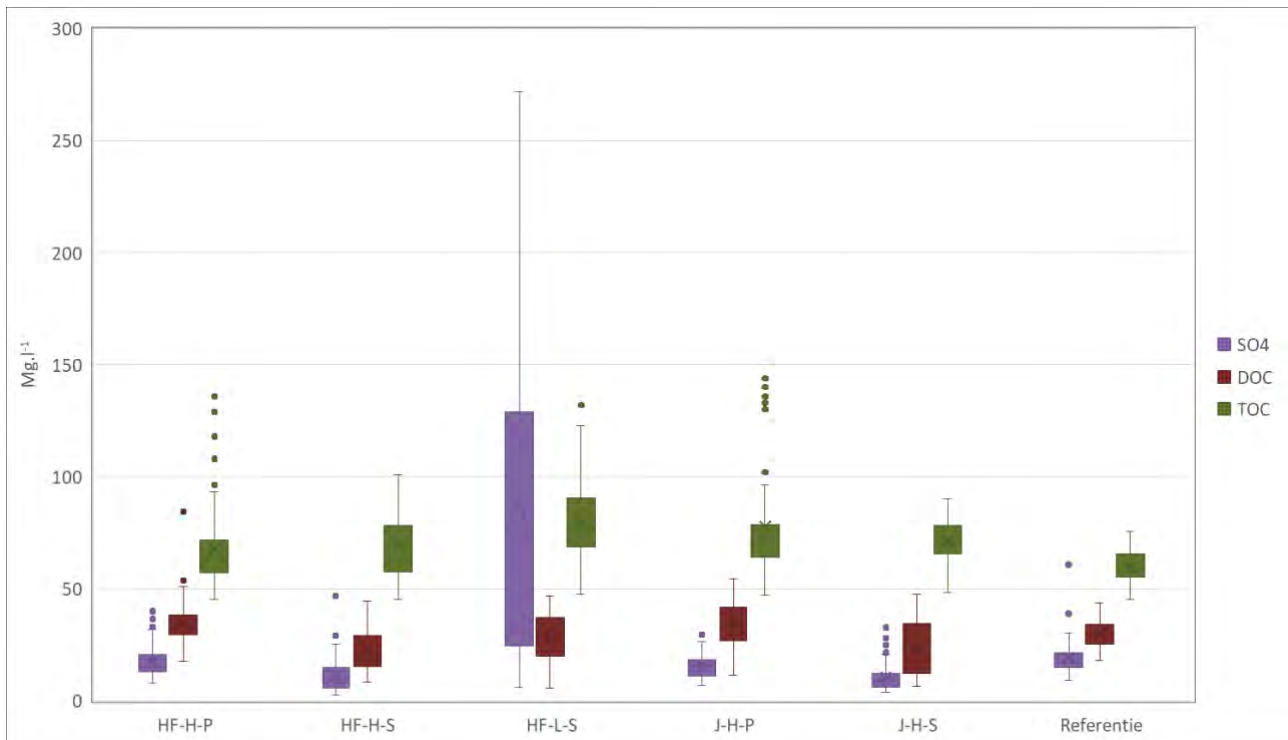
Ter samenvatting van de resultaten staat in *Figuur 3.28* de gemiddelde concentraties van de P, P-PO<sub>4</sub>, N-NH<sub>4</sub>, N-(NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>) en Nts per bedrijfssysteem, inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden.



Figuur 3.28 De gemiddelde concentraties P, P-PO<sub>4</sub>, N-NH<sub>4</sub>, N-(NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>) en Nts (x) voor de verschillende monsterpunten. De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uiterste waarden. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

Praktisch alle meetwaarden van de Referentie voor totaal N en P worden volgens de KRW-norm als *Matig* beoordeeld. De meetwaarden van het hoog- en laagwatersysteem waren veelal hoger en worden beoordeeld als *Matig* of *Ontoereikend*. Voor totaal N (Nts) had het laagwatersysteem het hoogste gemiddelde en de grootste variabiliteit in meetwaarden. Voor totaal N (Nts) had het laagwatersysteem (HF-L-S) een hoger gemiddelde en een grotere variatie in meetwaarden dan het hoogwatersysteem. Binnen het hoogwatersysteem was de variabiliteit in totaal N in de stuwputten / van de afvoerpunten groter dan in de hoogwatersloten.

In Figuur 3.29 staan de gemiddelde concentraties van SO<sub>4</sub>, DOC en TOC per bedrijfssysteem, inclusief de kwartielwaarden en uiterste waarden.



Figuur 3.29 De gemiddelde concentraties SO<sub>4</sub>, DOC en TOC (x) voor de verschillende monsterpunten. De weergegeven kaders en lijnen betreffen de verdeling van resultaten in kwartielen, met de mediaan en de uiterste waarden. De verticale lijnen geven variabiliteit buiten het bovenste en onderste kwartiel aan en punten buiten die lijnen betreffen sterk afwijkende waarden.

De concentratie sulfaat was bij het hoogwatersysteem aanzienlijk lager dan bij het laagwatersysteem (HF-L-S) door verminderde pyrietoxidatie. Dit is een indicatie dat de extra waterinfiltratie de veenafbraak en CO<sub>2</sub>-emissie vermindert, echter de concentraties TOC en DOC (indicatoren voor veenafbraak) waren niet verlaagd. De meetwaarden in de stuwputten/afvoerpunten zouden mogelijk beïnvloed kunnen zijn door instroom van bagger in het waterinfiltratiesysteem.

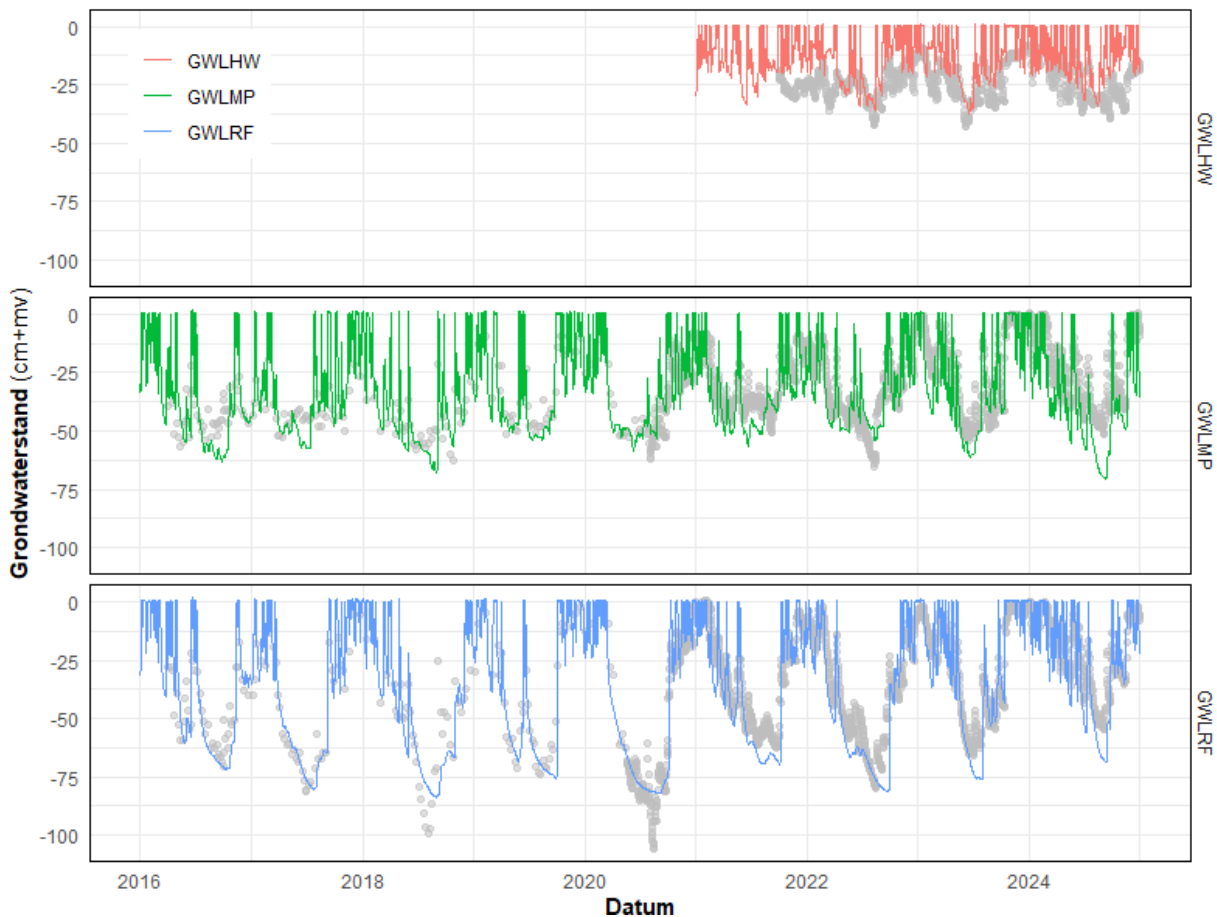
## Modellering waterkwaliteit, waterkwantiteit en CO<sub>2</sub>-emissie

### Waterkwantiteit

De gemeten en de met SWAP gemodelleerde grondwaterstanden komen over het algemeen goed overeen (Figuur 3.30). Duidelijk is dat de hoogste grondwaterstanden gerealiseerd worden in het hoogwaterperceel (HW), met relatief geringe uitzakkingen tot maximaal 35 cm-mv. In het referentieperceel (middelste deel NOBV perceel 16 zonder waterinfiltratie afgekort als RF) kan de grondwaterstand tot meer dan 80 cm-mv uitzakken. In periodes met een diepe uitzakking van het grondwater simuleert SWAP af en toe te diepe grondwaterstanden in het NOBV perceel 16 met AWIS (MP) en RF. In MP, en met name HW simuleert SWAP regelmatig een grondwaterstand tot aan maaiveld voor een periode van 1 á 2 dagen bij een intensief neerslagevent. Dit is een gevolg van de hoge grondwaterstanden en bijkomstige relatief geringe bergingscapaciteit van de

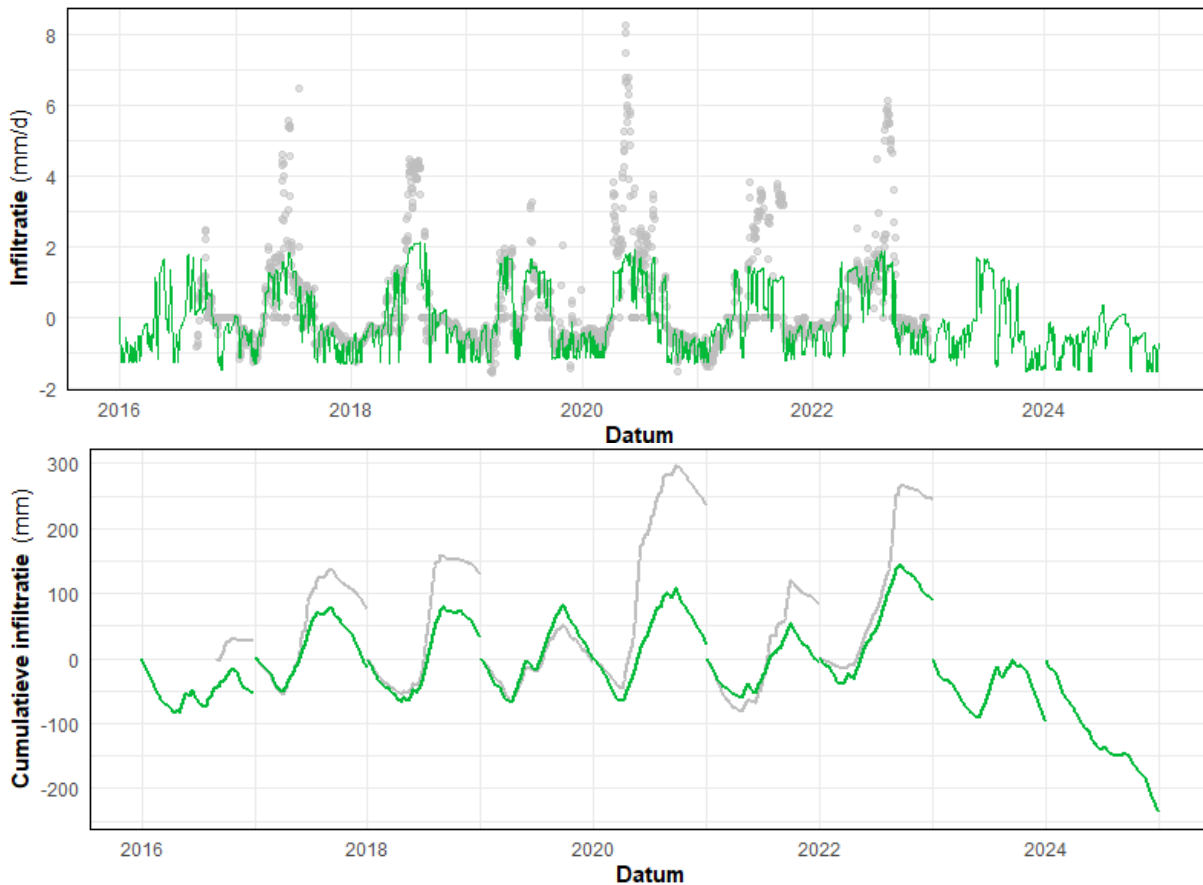
onverzadigde zone. De grondwaterstand wordt gemeten op een bepaalde diepte (filterdiepte), en kan met name nabij verzadiging een mismatch vormen met de daadwerkelijke grondwaterstand.

Opvallend is de relatief sterke uitzakking in 2024 in MP. Dit is een gevolg van missende meetdata van waterstanden in de drain in de periode juli-december 2024. Voor deze periode is in het model, op basis van lineaire interpolatie, constante drainage verondersteld. Dit lijkt in werkelijkheid niet het geval te zijn geweest.



Figuur 3.30 Gemodelleerde (lijnen) en geobserveerde (stippen) grondwaterstanden in de hoogwaterboerderij (rood, AWIS met streefpeil -20 cm: HW) en perceel 16 (groen, AWIS met streefpeil -50 cm: MP; blauw, referentie: RF).

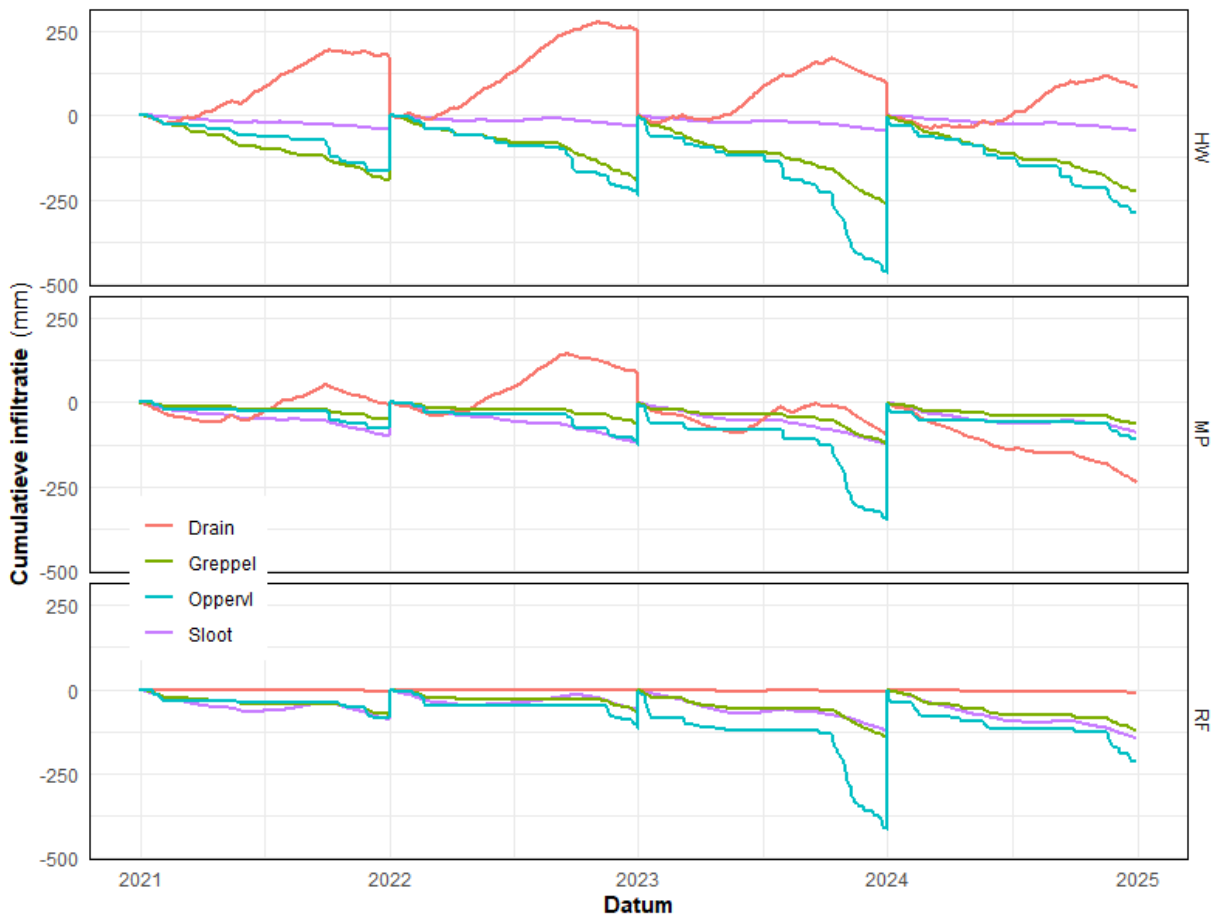
De gemodelleerde en gemeten dagelijkse debieten (eind 2016 tot eind 2022) op basis van de hoeveelheid water die het AWIS in- uitgaat voor perceel 16 (MP) staan in Figuur 3.31.



*Figuur 3.31 Boven: gemodelleerde (groene lijnen) en geobserveerde (grijze stippen) dagelijkse debieten via het AWIS in perceel 16 (MP). Negatieve waarden betreffen drainage en positieve waarden betreffen infiltratie van water. Onder: cumulatieve debieten, per jaar. Metingen lopen van eind 2016 tot eind 2022.*

De gemodelleerde debieten via het AWIS komen over het algemeen goed overeen met de metingen in termen van timing (fig. 3.31). In perioden met een aanzienlijke infiltratieflux wordt de infiltratieflux onderschat door SWAP. Dit kan het gevolg zijn van een daadwerkelijk te lage berekende infiltratie (en daarmee een te sterke uitzakking van de grondwaterstand). Dit kan bijvoorbeeld voor 2021 en 2023 het geval zijn (Figuur 3.30). De discrepantie kan ook deels verklaard worden als gevolg van het rondpompen van water. In de nabijheid van de sloot kan water wat infiltreert gemakkelijk via de bodem terugstromen naar de sloot zonder een effectieve bijdrage te leveren aan het verhogen van de grondwaterstand. Dit effect wordt door SWAP, zijnde een perceels-gemiddeld 1D model, niet gesimuleerd. De drainagefluxen middels het AWIS worden over het algemeen zeer goed gesimuleerd. Opvallend zijn verder het jaar 2023 en 2024, welke als zeer nat te boek staan. In deze jaren is er geen sprake van netto infiltratie, en zeker in 2024 is de gesimuleerde infiltratiehoeveelheid nagenoeg 0. Voor het jaar 2024 worden de gemodelleerde drainagehoeveelheden waarschijnlijk overschat als gevolg van de missende metingen in de drain.

De gemodelleerde infiltratie – en drainagefluxen voor de percelen HW, MP en RF via de sloot, drains, greppel en oppervlakkige maaiveld afvoer (2021-2024) staan in Figuur 3.32.



Figuur 3.32 Overzicht van de gesimuleerde cumulatieve infiltratiefluxen (positief = infiltratie) via de sloot (paars), drain (rood), greppel (groen) en oppervlakkige maaiveld afvoer (blauw) voor de HW, MP en RF percelen.

Figuur 3.32 toont dat met actief peilbeheer de wateruitwisseling tussen perceel en oppervlaktewater versterkt wordt in de percelen. In HW is duidelijk de grootste infiltratieflux via de drains waarneembaar, tot wel twee keer zo groot als in MP. In MP is de drainage via de sloot groter dan in RF als gevolg van de gemiddeld ondiepere grondwaterstand. In HW is dat effect echter tenietgedaan door de hogere slootwaterstanden (20 cm-mv t.o.v. 50 cm-mv). Hierdoor is in HW de netto drainage via de sloot relatief gering. De ondiepe grondwaterstanden in HW zorgen echter voor de grootste bijdrage van oppervlakkige afvoer via de greppel en oppervlakkige afvoer in de totale waterafvoer in vergelijking met MP en RF. Verder is de oppervlakkige afvoerpiek eind 2023 als gevolg van de overdadige neerslag in die periode duidelijk zichtbaar, overeenkomstig met een periode waarin volgens de veldwaarnemingen ook het water aan of boven het maaiveld stond. Opvallend is dat de totale oppervlakkige afvoer in MP kleiner is dan in RF, door de bijdrage van AWIS in de afvoer van water tijdens natte perioden.

Voor de periode juni 2022 tot november 2024 kon een vergelijking gemaakt worden tussen de gemeten balansen in het LW-gebied (zie Werkwijze) en de gemodelleerde som van de debieten in RF. In de tweede helft van de zomer van 2022 wordt er enige infiltratie van water gesimuleerd vanuit de sloot naar het perceel. Voor de betreffende periode van inlaat van water was de totale

gemeten inlaat van ca. 200 mm in drie maanden aanzienlijk groter dan de gemodelleerde infiltratie van ca. 35 mm. In de daaropvolgende winterperiode werd in januari 2023 een aanzienlijke afvoer van ca. 100 mm gemeten, wat redelijk in lijn is met de gemodelleerde afvoer voor deze periode van 125 mm. Gedurende de maanden november, december 2022 en maart 2023 werd ook een flinke afvoer gesimuleerd van ca. 70 mm per maand, welke niet duidelijk is terug te zien in de metingen. Gedurende het zomerhalfjaar van 2023 werd relatief weinig infiltratie of drainage gemeten, wat ook in de modellering is terug te zien. Vanaf oktober 2023 werd een grote drainageflux berekend en gemeten, al was de gemeten flux (ca. 600 mm) aanzienlijk groter dan de gesimuleerde flux (ca. 425 mm) over de periode oktober tot en met december. Ook over het begin van 2024 werd een drainageflux gemeten en gesimuleerd, al is wederom de gemeten flux (ca. 450 mm voor de eerste 5 maanden) wat groter dan de gesimuleerde flux (ca. 275 mm). Voor het resterende deel van 2024 werd relatief weinig infiltratie of drainage gemeten en gemodelleerd. Samengevat, in termen van patronen van infiltratie en drainage komen de modelresultaten goed overeen met de metingen, al zijn er wel verschillen in de gevonden absolute waarden. Gezien de onzekerheden in zowel metingen als model, is niet toe te schrijven welke van deze methoden de beste resultaten geeft.

### *Waterkwaliteit*

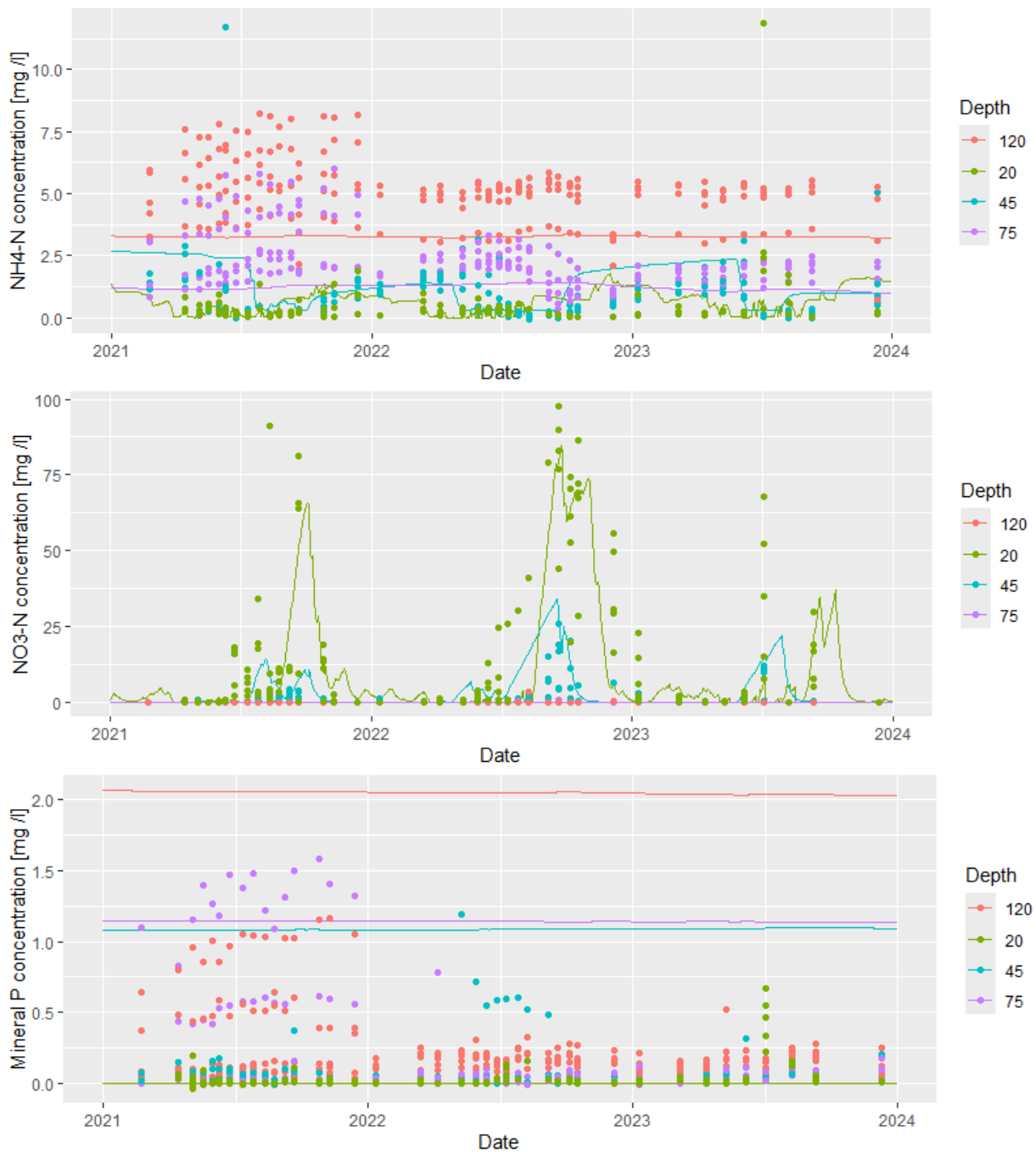
Een overzicht van de gesimuleerde en gemeten poriewaterconcentraties op een aantal dieptes staan in Figuur 3.33 (RF) en 3.34 (HW). Poriewaterconcentraties zijn alleen in het RF perceel op een diepte van 20 cm gemeten. Het verloop van  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$  in de tijd volgt een seizoensgebonden patroon in RF, en dit patroon is vergelijkbaar in de metingen en de simulaties. In de zomermaanden, met diepe grondwaterstanden en relatief diepe zuurstofindringing in de bodem, vindt nitrificatie plaats waarbij  $\text{NO}_3$  wordt gevormd. In de wintermaanden, bij hoge grondwaterstanden, wordt  $\text{NO}_3$  vervolgens weer afgebroken (denitrificatie). In HW, waar helaas geen metingen op 20 cm beschikbaar zijn, is dit seizoensgebonden patroon in nitraatbeschikbaarheid niet zichtbaar; immers, hier is de bodem op de meetdieptes door het jaar heen verzadigd. Voor  $\text{NH}_4$  is een afname in beschikbaarheid op diepte ook gerelateerd aan het beschikbaar komen van zuurstof. Immers, bij het nitrificatieproces wordt  $\text{NH}_4$  omgezet naar  $\text{NO}_3$ . Daarnaast speelt de seizoensgebonden bemesting, veenafbraak, gewasopname en uitspoeling van stikstof een rol bij de beschikbaarheid van deze stoffen in de tijd.

De gemeten en gesimuleerde  $\text{PO}_4$  concentraties in het bodemvocht komen minder goed overeen. De gesimuleerde concentraties in de ondiepe bodem zijn aan de hoge kant, hoewel dit wel afhankelijk is van het meetpunt waarnaar gekeken wordt. Verder zijn de gesimuleerde concentraties redelijk stabiel, waar er wel enige fluctuatie wordt gezien in de metingen van  $\text{PO}_4$ . Een overzicht van de gemodelleerde uit- en inspoelingsvrachten en gemiddelde concentraties van opgeloste stoffen in het uitspoelende water staan in resp. 3.4 en 3.5. Hierin wordt de bijdrage van N gesplitst in een bijdrage van  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  en aan opgelost organisch materiaal gebonden N (DON). De bijdrage van P wordt gesplitst in een bijdrage van  $\text{PO}_4$  en aan opgelost organisch materiaal gebonden P (DOP).

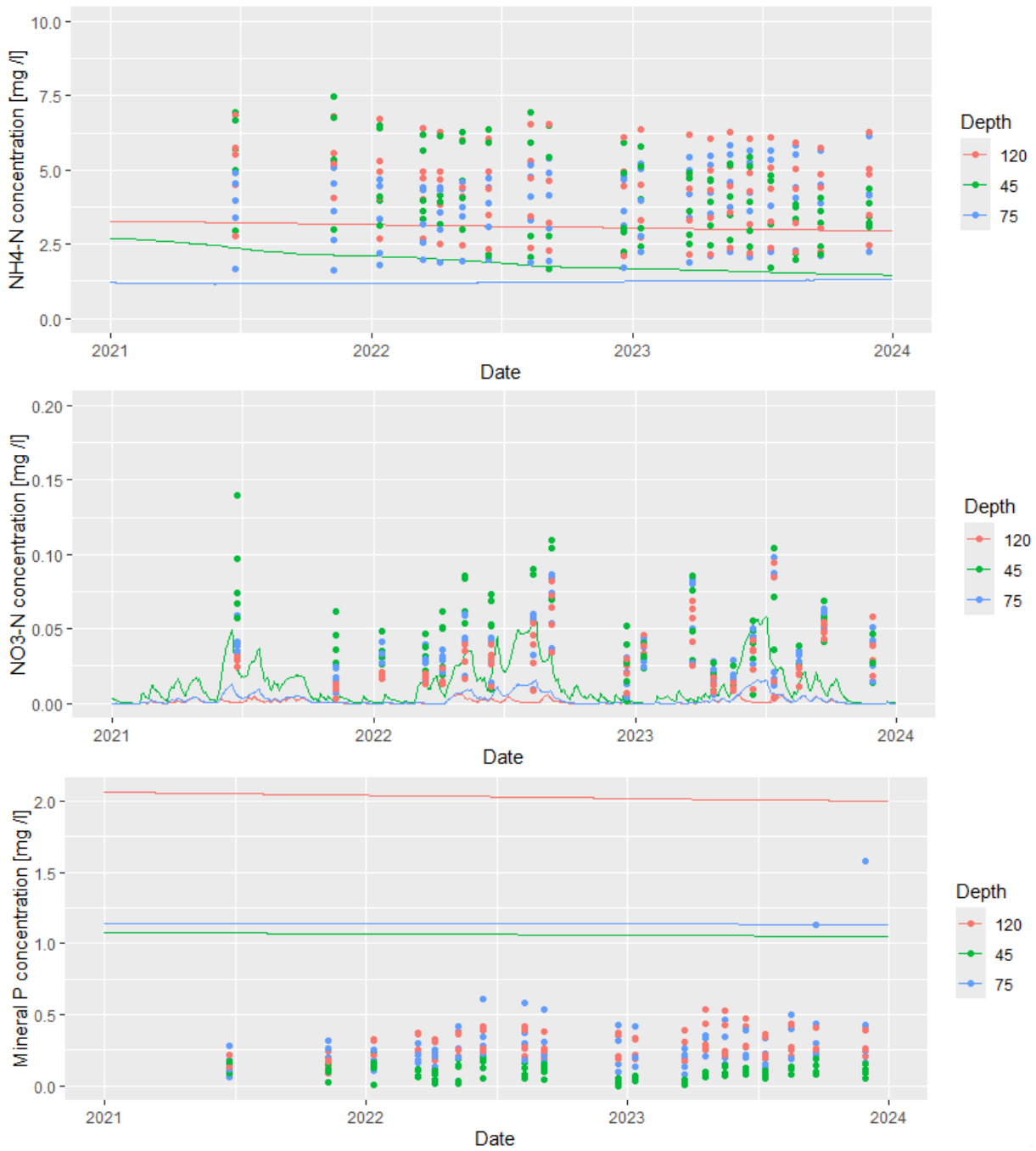
De gesimuleerde uitspoelingsvracht van  $\text{NO}_3$  is duidelijk kleiner in het HW perceel, terwijl de gesimuleerde  $\text{NH}_4$  en met name DON vrachten juist groter zijn. Voor  $\text{NO}_3$  en  $\text{NH}_4$  is dit gerelateerd aan de beschikbaarheid zoals hierboven geschetst. Voor DON is de reden onduidelijk, en zou het kunnen zijn dat er bij een langere simulatieperiode minder DON vrijkomt; immers, door een verminderde (veen)afbraak zou er minder aanvulling van DON moeten plaatsvinden.

De totale N-uitspoeling is groter voor het HW perceel dan het RF perceel. Ondanks dat ook de inspoeling van N groter is in het HW perceel, is de netto N vracht van het perceel naar het oppervlaktewater groter in het HW perceel dan het RF perceel. Dit is voornamelijk toe te schrijven aan de relatief grote uitspoeling van N gebonden aan opgelost organisch materiaal (DON).

De  $\text{PO}_4$  uitspoeling vanuit het HW perceel is aanzienlijk lager dan vanuit het RF perceel, terwijl de uitspoeling van DOP aanzienlijk hoger is. Dit resulteert in een hogere netto P-vracht vanuit het HW perceel dan vanuit het RF perceel, wederom vooral door de bijdrage P gebonden aan opgelost organisch materiaal.



*Figuur 3.33. Gemeten (stippen) en gesimuleerde (lijnen) concentraties van  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  en  $\text{PO}_4\text{-P}$  ( $\text{mg l}^{-1}$ ) op vier dieptes voor het referentieperceel (RF) van 2021 tot en met 2023. NB. let op de schaal van  $\text{NO}_3\text{-N}$  bij vergelijking met Figuur 3.34. Een aantal (relatief hoge) meetpunten die in 2021 in gebruik waren, zijn niet meegenomen in 2022 en 2023.*



Figuur 3.34 Gemeten (stippen) en gesimuleerde (lijnen) concentraties van NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N en PO<sub>4</sub>-P (mg l<sup>-1</sup>) op vier dieptes voor de hoogwaterboerderij (HW) van 2021 tot en met 2023. NB. let op de schaal van NO<sub>3</sub>-N bij vergelijking met 3.33.

Tabel 3.4 Overzicht van de jaarlijkse en gemiddelde uitspoelingsvrachten van N en P voor het RF en HW perceel, in kg ha<sup>-1</sup>. DON en DOP zijn N en P, resp., gebonden aan opgeloste organische stof. NB. de infiltratie van opgeloste stoffen in de bodem wordt niet meegenomen.

Veld	Jaar	NO <sub>3</sub> -N uit	NH <sub>4</sub> -N uit	DON uit	Tot-N in	N netto	PO <sub>4</sub> -P	DOP	Tot-P in	P netto
RF	2021	7,71	5,26	13,6	4,95	21,6	1,73	1,26	0,08	2,91
	2022	6,08	5,09	10,9	6,07	16,0	1,46	1,01	0,10	2,37
	2023	13,1	13,6	19,4	2,65	43,5	2,13	1,81	0,04	3,90
	2024	13,0	8,34	18,3	1,47	38,2	2,27	1,70	0,02	3,95
	<b>Gem.</b>	<b>10,0</b>	<b>8,1</b>	<b>15,6</b>	<b>3,8</b>	<b>29,9</b>	<b>1,90</b>	<b>1,45</b>	<b>0,06</b>	<b>3,29</b>
HW	2021	4,19	8,59	33,6	7,98	38,4	0,78	3,34	0,46	3,66
	2022	2,76	7,24	31,9	11,66	30,2	0,71	3,17	0,65	3,23
	2023	7,94	17,5	41,1	9,02	57,5	1,13	3,94	0,52	4,55
	2024	3,27	7,28	31,0	7,73	33,8	0,78	2,96	0,46	3,28
	<b>Gem.</b>	<b>4,54</b>	<b>10,1</b>	<b>34,4</b>	<b>9,1</b>	<b>39,9</b>	<b>0,85</b>	<b>3,35</b>	<b>0,52</b>	<b>3,68</b>

Tabel 3.5 Overzicht van de jaarlijkse en gemiddelde gemodelleerde uitspoelingsconcentraties (inspoeling niet meegeteld) van stikstof en fosfaat voor het RF en HW perceel, in mg l<sup>-1</sup>. DON en DOP zijn N en P, resp., gebonden aan opgeloste organische stof. NB. de infiltratie van opgeloste stoffen in de bodem wordt niet meegenomen.

Veld	Jaar	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	DON	Total N	PO <sub>4</sub> -P	DOP	Total P
RF	2021	2,83	1,93	5,01	9,77	0,64	0,46	1,10
	2022	2,13	1,78	3,83	7,73	0,51	0,35	0,86
	2023	1,86	1,92	2,75	6,53	0,30	0,26	0,56
	2024	2,63	1,68	3,70	8,00	0,46	0,34	0,80
	<b>Gem.</b>	<b>2,36</b>	<b>1,83</b>	<b>3,82</b>	<b>8,01</b>	<b>0,48</b>	<b>0,35</b>	<b>0,83</b>
HW	2021	0,96	1,98	7,59	10,5	0,16	0,74	0,90
	2022	0,55	1,49	6,41	8,45	0,13	0,62	0,75
	2023	0,86	1,97	4,58	7,43	0,12	0,43	0,56
	2024	0,49	1,10	4,62	6,21	0,11	0,44	0,55
	<b>Gem.</b>	<b>0,72</b>	<b>1,64</b>	<b>5,80</b>	<b>8,16</b>	<b>0,13</b>	<b>0,56</b>	<b>0,69</b>

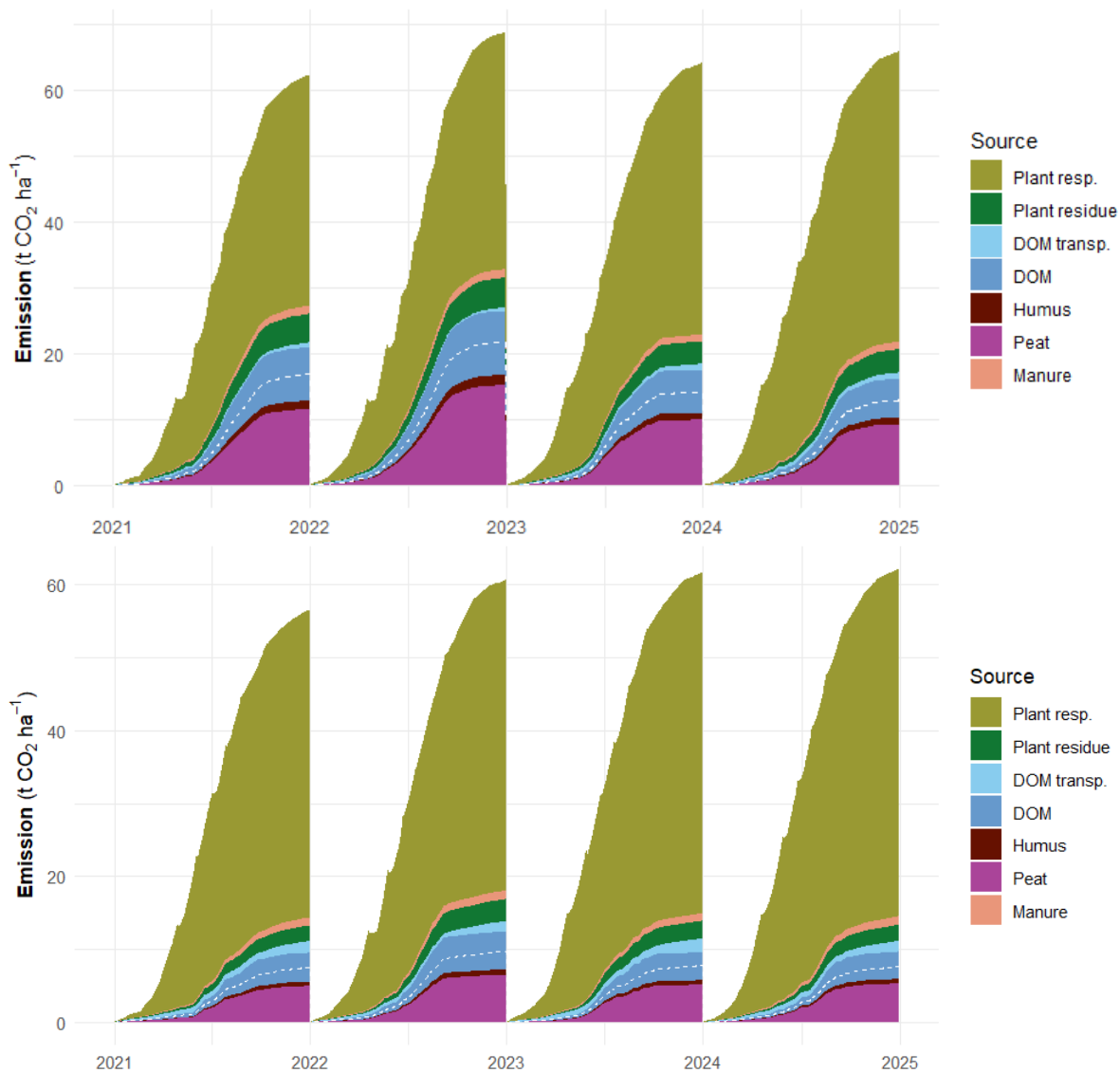
De gemiddelde gemodelleerde uitspoelingsconcentraties NO<sub>3</sub> zijn redelijk in lijn met concentraties als gevonden in de sloot (Figuur 3.21), met hogere concentraties bij het laagwaterperceel (HF-L-S) dan bij het hoogwaterperceel (J-H-S). Dat geldt ook voor de concentraties NH<sub>4</sub> (Figuur 3.22). De gesimuleerde P-totaal waarden zijn aan de hoge kant in vergelijking met de gemeten concentraties (Figuur 3.24), waarschijnlijk als gevolg van de te hoge gesimuleerde concentraties in de bodem. In vergelijking met modelresultaten voor een vergelijkbare 'veenweide eenheid' uit Hendriks & van den Akker (2012) zijn gesimuleerde N-vrachten sterk vergelijkbaar, terwijl P-vrachten aan de hoge

kant zijn. Voor de concentraties geldt een vergelijkbare observatie. Opvallend is wel dat, waar Hendriks & van den Akker (2012) een verlaging van de P- en N vrachten berekenen door het toepassen van onderwaterdrains, er hier sprake is van een verhoging van de vrachten. Mogelijkerwijs speelt hierbij een rol dat er in die toepassing alleen sprake was van PWIS, terwijl bij de huidige berekeningen de grondwaterstand sterker wordt verhoogd door toepassing van AWIS bij een ondiep streefpeil; Hendriks & van den Akker merken ook op dat 'de algemene trend is dat een drooglegging van 40 cm meestal de meest ongunstige en minst gunstige effecten van onderwaterdrains op de N en P-uitspoeling heeft', waarbij 40 cm de meest ondiepe drooglegging is in die studie. Als reden hiervoor wordt de relatief slechtere benutting van N en P uit meststoffen aangedragen.

### *CO<sub>2</sub> emissie*

De gesimuleerde koolstofemissie is weergegeven in 3.35, waarbij onderscheid is gemaakt in de verschillende componenten die bijdragen in de emissie. Het grootste deel van de emissie bedraagt respiratie van gras, waarmee opgenomen CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer terugkeert naar de atmosfeer door processen binnen de plant. Andere termen zijn de afbraak van afgestorven plantmateriaal (wortelresten), afbraak van organische mest, netto transport van opgelost organisch materiaal (DOM) naar het oppervlaktewater en de afbraak van DOM, humus en veen. De DOM en humus vormen in het model een restproduct van de afbraak van veen, mest of plantmateriaal, en bestaan dus uit een mix van deze bronnen. De totale bijdrage van afbraak van veen en de restproducten die origineel afkomstig waren van veen zijn weergegeven in Figuur 3.35 met een stippellijn. Duidelijk is dat er een flinke jaarlijkse variatie in CO<sub>2</sub> uitstoot is gesimuleerd, waarbij de bijdrage van veen flink schommelt voor met name het LW perceel. Voor HW is de bijdrage van veen aan de totale uitstoot stabiel, en duidelijk lager. Dit is een gevolg van de veel ondiepere en stabielere grondwaterstanden in HW.

De netto afbraak van veen in termen van CO<sub>2</sub> uitstoot is weergegeven in 3.6. Er is een zeer duidelijke verlaging van de afbraak van veen en bijbehorende CO<sub>2</sub> emissie gesimuleerd voor het HW perceel in vergelijking met het LW perceel. De absolute getallen en de reductie zijn in lijn met de metingen aan de hand van automatische kamers (Aben et al., 2024) van gemiddeld 15,8 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> in LW, en 6,4 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> in HW voor de jaren 2022 en 2023. Ook is de reductie in lijn met de getallen uit SOMERS (SOMERS, 2024), al zijn de hier gesimuleerde absolute waarden in zowel het LW als HW perceel wat hoger dan uit SOMERS.



Figuur 3.35 Overzicht van de jaarlijkse cumulatieve gemodelleerde CO<sub>2</sub> uitstoot in het RF (boven) en HW (onder) perceel, opgesplitst naar bijdrage van de verschillende componenten. De gestippelde lijn geeft de som van de directe (afbraak van veen; roze) en indirecte (afbraak van producten welke van origine van het veen komen) bijdrage van veen aan de oxidatie weer.

Tabel 3.6 Overzicht van de gesimuleerde netto emissie van CO<sub>2</sub> door veenafbraak naar de atmosfeer, voor RF en HW. Tevens weergegeven zijn de resultaten van SOMERS voor het HW perceel, voor RF bij een drooglegging van 50 cm-mv en geen maatregel, en voor HW bij een drooglegging van 20 cm-mv en een AWIS.

Jaar	CO <sub>2</sub> emissie RF	CO <sub>2</sub> emissie HW
2021	17,9	5,4
2022	22,3	7,8
2023	13,5	5,6
2024	12,9	5,7
Gemiddeld	16,6	6,2
SOMERS	12,6	3,7

## 3.4 Discussie

### Grondwaterstanden

De infiltratie kwam pas midden zomer in 2020 op gang, omdat het infiltratiesysteem nog niet op alle percelen gereed was. Dit belemmerde ook het scherp kunnen sturen op de streefgrondwaterstand, waardoor deze niet gehaald werd. Verder bleek dat de infiltratiecapaciteit van de windmolenpomp te beperkt was en deze is in het najaar van 2020 vergroot met een pomp op zonne-energie. Daarnaast zijn eind 2020 de meest oostelijk gelegen percelen van *J Hoog*, die bovendien hoger liggen, uitgebreid met een extra reservoir en een pomp op zonne-energie, zodat deze percelen apart gestuurd konden worden. De infiltratie voor Huiskavel 'Midden' en 'Zuid' was zodoende voor de start van het groeiseizoen van 2021 aanzienlijk verbeterd. Ondanks deze verbetering bleek de streefgrondwaterstand alleen op *J Hoog* van 'Huiskavel Midden en Zuid' redelijk gehaald te worden. Het verdampingsoverschot was in 2021 lager dan in 2020, waardoor het gemakkelijker was om hogere grondwaterstanden te realiseren. In de relatief droge zomer van 2022 zakten de grondwaterstanden te ver uit, waardoor in de winter van 2022-2023 besloten is om het waterinfiltratiesysteem in basis te verbeteren om meer vat te krijgen op de werking en aansturing van waterinfiltratie. Bepaald is hoe de waterinfiltratie adequater aangestuurd, gecontroleerd en onderhouden kon worden. De verbeterpunten betroffen het tussendraineren (drainafstand 3 m), het plaatsen van extra toevoerregelingen en het realiseren van een doorspoelsysteem. Met de extra toevoerregelingen kunnen hoogteverschillen tussen percelen worden overbrugd, en zijn vertragingen uit de aansturing van de waterinfiltratie gehaald (minder drukverlies). Tijdens de het realiseren van de aanpassingen bleek dat de bestaande aansluiting van de drainbuizen op de hoofdleiding niet deugdelijk was, wat veel drukverlies heeft veroorzaakt en mede de onvoldoende infiltratie verklaarde.

De verbeteringen waren in het voorjaar van 2023 gereed (alleen huiskavel). In mei-juni 2023 trad een droge periode op. De doorgevoerde verbeteringen waren op dat moment nog in uitvoering of in afronding, waardoor de grondwaterstanden uitzakten tot 30-35 cm beneden maaiveld en de streefgrondwaterstand nog niet werd gehaald. Wel werden grondwaterstanden gerealiseerd die 15-20 cm hoger waren dan tijdens de droge periode in de zomer van 2022.

Op de veldkavel werden in droge perioden grondwaterstanden van 40-50 cm gerealiseerd. De verbetering van het waterinfiltratiesysteem, die uitgevoerd is voor 'Huiskavel Midden' en 'Huiskavel Zuid', zou ook voor de Veldkavel uitgevoerd moeten worden. Hierbij moet vooral gekeken worden naar drukverliezen, het realiseren van een doorspoelinrichting en het verkleinen van de drainafstand.

Over het algemeen was het slootpeil voldoende hoog (20-25 cm beneden maaiveld) voor het kunnen behalen van de streefgrondwaterstand. Op de veldkavel was het slootpeil zelfs 10-15 cm beneden maaiveld. Bij een lager slootpeil dan de streefgrondwaterstand, bestaat het risico op

verlies van infiltratiewater doordat het terugstroomt naar de sloot. Dit vraagt een aanzienlijk hogere infiltratiecapaciteit. Zie Hoving et al. (2021).

Niet alleen de technische beperkingen maar ook het ontstaan van natte plekken door waterinfiltratie belemmeren het verhogen van de grondwaterstand. Zelfs wanneer de streefgrondwaterstand niet gehaald werd. Deze natte plaatsen ontstaan boven een drainbuis doordat water relatief gemakkelijk door de extra druk vanuit het stuwputten naar het maaiveld stroomt. Voor het opheffen van dergelijke natte plekken moet nog een oplossing gevonden worden.

Verder is een belangrijke gebruikservaring dat het managen van een waterinfiltratiesysteem veel aandacht en tijd vraagt. Voor het opschalen van het gebruik van een waterinfiltratiesysteem is dat een belangrijke constatering om rekening mee te houden.

### Waterkwaliteit

Voor stikstof en fosfor werden vooral in perioden met een neerslagoverschot hogere concentraties gemeten in de sloot en de stuwputten en waarschijnlijk was dit het gevolg van waterinfiltratie in combinatie met een hoog slootpeil. De hogere concentraties in de stuwputten werden mogelijk veroorzaakt door een versnelde uitspoeling van nutriënten uit de bodem bij hoge grondwaterstanden. In het zeer natte najaar en december van 2023 werden de betreffende concentratie in veel mindere mate verhoogd, mogelijk door verdunning als gevolg van het grote neerslagoverschot in de betreffende maanden.

Alleen bij een laag slootpeil werden hogere sulfaatconcentraties gevonden en dit laat zien dat de pyrietoxidatie door een hoog slootpeil en extra waterinfiltratie sterk verminderd werd. Dit is ook een indicatie dat de extra waterinfiltratie de veenafbraak en CO<sub>2</sub>-emissie vermindert.

Verwacht werd dat door vernatting en een verminderde afbraak van organische stof de concentraties TOC en DOC verlaagd zouden worden, maar dit bleek niet eenduidig uit de metingen. Voor DOC werden in de sloot lagere en in beide stuwputten hogere concentraties koolstofverbindingen gemeten, vergeleken met de *Referentie*. Mogelijk zorgt inspoeling van bagger in het waterinfiltratiesysteem voor verhoogde concentraties. Een nadere verklaring voor de resultaten is nog niet gevonden.

Voor een interpretatie van de waterkwantiteit en- kwaliteitsmetingen bleken de modelberekeningen met het modelinstrumentarium SWAP-ANIMO een waardevolle aanvulling. Vooral de metingen aan waterkwantiteit bleken incompleet door storingen, waardoor het erg lastig is om tot een betrouwbare inschatting van de waterbalans te komen. Met de modelberekeningen kon het verschil in wateraanvoer door het toepassen van een hoog slootpeil in combinatie met AWIS worden benaderd, evenals de effecten op waterkwaliteit en CO<sub>2</sub>-emissie.

## 3.5 Conclusies

### Grondwaterstand

In de eerste jaren bleek het lastig om in de zomerperioden ten doel gestelde streefgrondwaterstand van 20 cm beneden maaiveld te halen, door onvolkomenheden in het waterinfiltratiesysteem. Met de aanpassingen van het infiltratiesysteem in het voorjaar van 2023 (extra aanvoerpunten en toevoerregelingen, tussen-draineren, doorspoelleiding en scherpere aansturing) is de waterinfiltratie verbeterd. In de winterperiode was de extra waterafvoer met drains (zonder actieve sturing) beperkt. Dit betekent dat bij het toepassen van AWIS bij een hoog streefpeil er ook veel aandacht moet zijn voor een goed functionerende detailontwatering in de vorm van greppels en greppelbuizen.

### Praktijkervaring

De praktijk leerde dat het beheer van een waterinfiltratiesysteem veel aandacht en tijd vraagt. Hiermee moet in de bedrijfsvoering rekening worden gehouden. In sommige percelen ontstonden 'kwelplekken' boven drains (doorslag van water van drainbuis naar maaiveld). Deze plekken waren beperkend voor het vergroten van de waterinfiltratie door verlies aan draagkracht van de graszode. De consequentie van het verfijnen van het waterinfiltratiesysteem was dat dit tot hogere aanleg- en beheerskosten leidde.

### Waterkwantiteit

Door storingen aan de meetapparatuur konden geen complete meetreeksen worden verkregen. Daarbij waren er voor het hoogwatersysteem onduidelijkheden over de meetdata. Alleen voor het laagwatersysteem kon een totale balans van netto aanvoer, neerslag en bodemberging berekend worden, echter in het laagwatergebied vond veel doorvoer van water plaats, waardoor de onzekerheid in de grootte van de balanst termen groot is. Een vergelijk tussen het laag- en hoogwatersysteem kon niet gemaakt worden. Het bleek, dat het meten van debieten met meerder aan en afvoerpunten per watersysteem complex is en de afhankelijkheid van meettechniek en de leveranciers hiervan groot is.

De gesimuleerde infiltratie- en drainagefluxen van het AWIS in MP zijn goed vergelijkbaar met de metingen, terwijl ook de grondwaterstanden redelijk goed worden nagebootst met SWAP. De benodigde hoeveelheid water voor infiltratie is aanzienlijk hoger voor het HW perceel met een streefpeil van 20 cm-mv, in vergelijking met het MP perceel met een streefpeil van 50 cm-mv. Dit resulteert ook in een grote toename van oppervlakkige afvoer voor het HW perceel door de ondiepe grondwaterstanden.

### Waterkwaliteit

In perioden met een neerslagoverschot (vooral winterhalfjaar) verhoogde de concentraties stikstof en fosfor in het oppervlaktewater van zowel het hoogwater- als laagwatersysteem ten opzichte

van het buitenwater (Referentie). Praktisch alle meetwaarden van de Referentie worden volgens de KRW-norm voor totaal N en P als *Matig* beoordeeld. De meetwaarden van het hoog- en laagwatersysteem waren veelal hoger (vooral in perioden met een neerslagoverschot) en worden beoordeeld als *Matig* of *Ontoereikend*. Voor totaal N (Nts) had het laagwatersysteem (HF-L-S) een hoger gemiddelde en een grotere variatie in meetwaarden dan het hoogwatersysteem. Binnen het hoogwatersysteem was de variabiliteit in totaal N in de stuwputten/afvoerpunten groter dan in de hoogwatersloten. De concentratie zwavel was bij het hoogwatersysteem aanzienlijk lager dan bij het laagwatersysteem door verminderde pyrietoxidatie. Dit is een indicatie dat de extra waterinfiltratie de veenafbraak en CO<sub>2</sub>-emissie vermindert, echter de concentraties TOC en DOC (indicatoren voor veenafbraak) waren niet verlaagd. De meetwaarden in de stuwputten / van de afvoerpunten zouden mogelijk beïnvloed kunnen zijn door instroom van bagger in het waterinfiltratiesysteem.

De poriewaterconcentraties van mineraal stikstof konden goed nagebootst worden met ANIMO. Uitspoelingsvrachten van NO<sub>3</sub> nemen af in het hoogwatersysteem ten opzichte van het laagwatersysteem (RF), doordat in een groter deel van de bodem denitrificatie plaatsvindt. Tegelijkertijd nemen vrachten van NH<sub>4</sub> en met name DON toe, waarschijnlijk ten gevolge van een lagere stikstofbenutting uit bemesting door de grotere oppervlakkige afvoer. De poriewaterconcentraties van mineraal fosfor werden wat te hoog ingeschat met ANIMO. Als gevolg daarvan zijn ook de gesimuleerde fosforvrachten aan de hoge kant. De PO<sub>4</sub> uitspoeling vanuit het hoogwatersysteem is aanzienlijk lager dan vanuit het laagwatersysteem, terwijl de uitspoeling van P gebonden aan opgelost organisch materiaal (DOP) aanzienlijk hoger is. Dit resulteert in een hogere netto P-vracht vanuit het hoogwatersysteem dan vanuit het laagwatersysteem.

### CO<sub>2</sub>-emissie

Afbraak van veen wordt duidelijk verminderd door de toepassing van een AWIS met een ondiep streefpeil, met een verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door veenafbraak met 60-70% ten opzichte van de referentie.

## 3.6 Referenties

- Boonman, J., Hefting, M. M., van Huissteden, C. J. A., van den Berg, M., van Huissteden, J. (., Erkens, G., Melman, R., and van der Velde, Y. , 2022. Cutting peatland CO<sub>2</sub> emissions with water management practices, *Biogeosciences*, 19, 5707–5727, <https://doi.org/10.5194/bg-19-5707-2022>.
- Evers, C.H.M., A.J.M. van den Broek, R. Buskens, A. van Leerdam, R.A.E. Knoben, F.C.J. van Herpen, R. Pot, 2018. Omschrijving mep en maatlatten voor sloten en kanalen voor de kaderrichtlijn water 2021-2027. STOWA, rapportnummer 2018-50.
- Harpenslager, Sarah F., Gijs van Dijk, Jim Boonman, Stefan T.J. Weideveld, Bas P. van de Riet, Mariet M. Hefting, Alfons J.P. Smolders, 2024. Rewetting drained peatlands through subsoil infiltration stabilises

- redox-dependent soil carbon and nutrient dynamics. *Geoderma*, Volume 442, 2024, 116787, ISSN 0016-7061, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116787>.
- Hoving I.E., J.W. van Riel, H.T.L. Massop, R.F.A. Hendriks, J.J.H. van den Akker en K. van Houwelingen, 2021. Precisiewatermanagement met pompgestuurde onderwaterdrains op veenweidegrond. Rapportage onderzoeksperiode 2016-2020. Wageningen Livestock Research, Rapport 1293.
- Hoving, I.E., J.W. van Riel, H.T.L. Massop, J.J.H. van den Akker en K. van Houwelingen, 2023. Statistische analyse veldexperimenten waterinfiltratiesystemen in het westelijke veenweidegebied van Nederland. Rapportage van veldonderzoeken die hebben plaatsgevonden in de periode 2004-2021. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1347.
- Aben, R.C.H., van de Craats, D., Boonman, J., Peeters, S.H., Vriend, B., Boonman, C.C.F., van der Velde, Y., Erkens, G., & van den Berg, M. (2024). CO<sub>2</sub> emissions of drained coastal peatlands in the Netherlands and potential emission reduction by water infiltration systems. *Biogeosciences*, 21(18), 4099-4118. <https://doi.org/10.5194/bg-21-4099-2024>.
- Boonman, J., Harpenslager, S. F., van Dijk, G., Smolders, A. J. P., Hefting, M. M., van de Riet, B., & van der Velde, Y. (2024). Redox potential is a robust indicator for decomposition processes in drained agricultural peat soils: A valuable tool in monitoring peatland wetting efforts, *Geoderma*, 441, 116728, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116728>.
- Groenendijk, P., Renaud, L., & Roelsma, J. (2005). Prediction of nitrogen and phosphorus leaching to groundwater and surface waters; process descriptions of the Animo4.0 model. Report 983, Alterra, Wageningen. <https://edepot.wur.nl/35121>.
- Groenendijk, P., Boogaard, H., Heinen, M., Kroes, J., Supit, I., & de Wit, A. (2017). Simulation nitrogen-limited crop growth with SWAP/WOFOST: Process description and user manual. Report 2721, Wageningen Environmental Research, Wageningen. <https://edepot.wur.nl/40045>.
- Harpenslager, S. F., van Dijk, G., Boonman, J., Weideveld, S. T. J., van de Riet, B. P., Hefting, M. M., & Smolders, A. J. P. (2024). Rewetting drained peatlands through subsoil infiltration stabilises redox-dependent soil carbon and nutrient dynamics. *Geoderma*, 442, 116787, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116787>
- Hefting, M. M., Van Asselen, S., Keuskamp, J. A., Harpenslager, S. F., & Erkens, G. (2023). Carbon stocks in sight: High-resolution vertical depth profiles to quantify carbon reservoirs in the NOBV research sites. NOBV year report 2022.
- Hendriks, R. F. A., & van den Akker, J. J. H. (2012). Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden. Modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied. Rapport 2354, Alterra, Wageningen. <https://edepot.wur.nl/240125>.
- Jurasinski, G., Günther, A.B., Huth, V., Couwenberg, J., Glatzel, S. 2016. Ecosystem services provided by paludiculture – greenhouse gas emissions. In: Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H. (eds.) 2016. Paludiculture - productive use of wet peatlands. Schweizerbart Science Publishers. [www.schweizerbart.de/9783510652839](http://www.schweizerbart.de/9783510652839) (25/4/2019)
- Kroes, J. G., van Dam, J. C., Bartholomeus, R. P., Groenendijk, P., Heinen, M., Hendriks, R. F. A., Mulder, H. M., Supit, I., & van Walsum, P. E. V. (2017). SWAP version 4: Theory and description; Report 2870, Wageningen Environmental Research, Wageningen. <https://edepot.wur.nl/416321>.
- SOMERS (2024). Soil Organic Matter Emission Registration System v2.0. <https://www.nobveenweiden.nl/dashboard/>.

## 4. Thema Bodem & gras

Voor meer informatie over de hieronder beschreven resultaten met betrekking tot draagkracht en grasproductie in onverstoorde maaiploots wordt verwezen naar de Engelstalige wetenschappelijke publicatie van respectievelijk Jongbloed et al., (in voorbereiding) en Van Dijk et al., (geaccepteerd in European Journal of Agronomy).

### 4.1 Inleiding

Onderzoek en praktijkervaring laten zien dat een verhoogde grondwaterstand kan leiden tot een afname in draagkracht voor weidend vee en machines en een afname in grasproductie en -kwaliteit.

Het is bekend dat de draagkracht van veengronden afneemt bij het verhogen van de grondwaterstand (Holshof et al., 2011). Dit betekent echter niet dat beweiden en maaien onmogelijk is. Een nattere bodem is gevoeliger voor vertrapping en rij schade, en de grootste effecten van een verhoogde grondwaterstand zijn te verwachten onder relatief natte omstandigheden in het voorjaar en najaar. Draagkracht is naast het bodemvochtgehalte, ook afhankelijk van de textuur, het organische stofgehalte en de zodekwaliteit. Zo heeft een dichtere (beweide) grasmat een betere draagkracht dan een open (gemaaide) grasmat (Hoekstra et al., 2019; van Eekeren et al., 2013; Janssen et al., 2023).

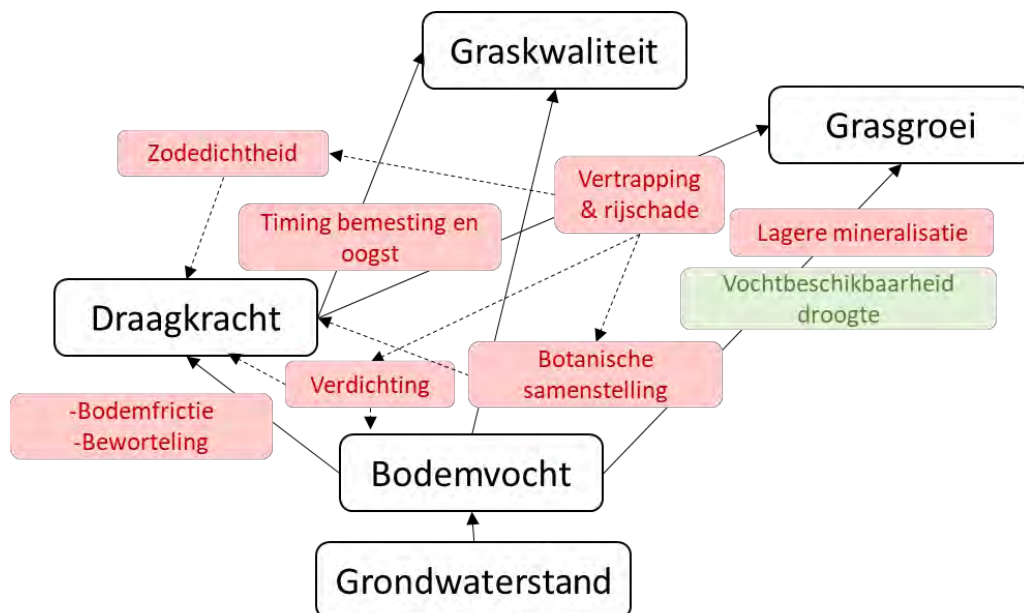
Een verhoging van de grondwaterstand kan ook invloed hebben op de grasgroei en de kwaliteit van gras. Vernatting van de bodem zorgt ervoor dat er minder mineralisatie kan plaatsvinden en daardoor wordt het stikstof leverend vermogen van de bodem lager (de Vos et al., 2010). Ook zal de bodem langer koud blijven in het voorjaar, wat mogelijk ook een negatief effect heeft op de mineralisatie en grasgroei (Hoving et al., 2011; Holshof, 2008). Naast deze directe effecten van vernatting op de grasproductie, zijn er ook indirecte effecten. In het voorjaar is er een vergrote kans dat de draagkracht niet voldoende is om op tijd te bemesten. Ook kan er niet altijd op het gewenste moment gemaaid of beweid worden vanwege de verminderde draagkracht. Dit gaat ten koste van de absolute grasopname tijdens beweiding maar ook de voederwaarde van het gras, want deze gaat achteruit wanneer de groeiduur toeneemt (Hoving et al., 2011).

Daarnaast kan een verhoogde grondwaterstand een effect hebben door verminderde wortelgroei onder de 20 cm (met mogelijke consequenties voor draagkracht en productie onder drogere omstandigheden) en de botanische samenstelling van de zode (mogelijk effect op productie en gewaskwaliteit). Op de langere termijn kan door vernatting een verschuiving naar matige grassen zoals ruwbeemd en struisgrassen optreden. Met name onder droge omstandigheden produceren deze soorten slecht, omdat ze droogtegevoelig zijn. Daarnaast neemt bij een slechte draagkracht het grasaanbod sterker af als gevolg van vertrapping (Holshof et al., 1994). Echter, ten tijde van

droogte kan een verhoogde grondwaterstand er juist voor zorgen dat de groei niet beperkt wordt door een tekort aan water.

Bij een hogere grondwaterstand is gedurende natte periodes de waterinfiltratie en waterbergend vermogen mogelijk lager. Daarentegen, tijdens droge periodes in de zomer kan de veenlaag uitdrogen, waardoor deze waterafstotend wordt. Hierdoor neemt de bodem bij (zware) regenval na droogte geen of weinig water op, wat direct uit- of afspoelt richting grond- en oppervlaktewater (Dekker en Ritsema, 1996, Hoekstra et al., 2020).

In dit thema worden deze belangrijke relaties tussen grondwaterstand – bodemvocht - draagkracht - rijschade & vertrappingschade – zode – bodem – grasproductie, & kwaliteit onderzocht (zie Figuur 4.1).

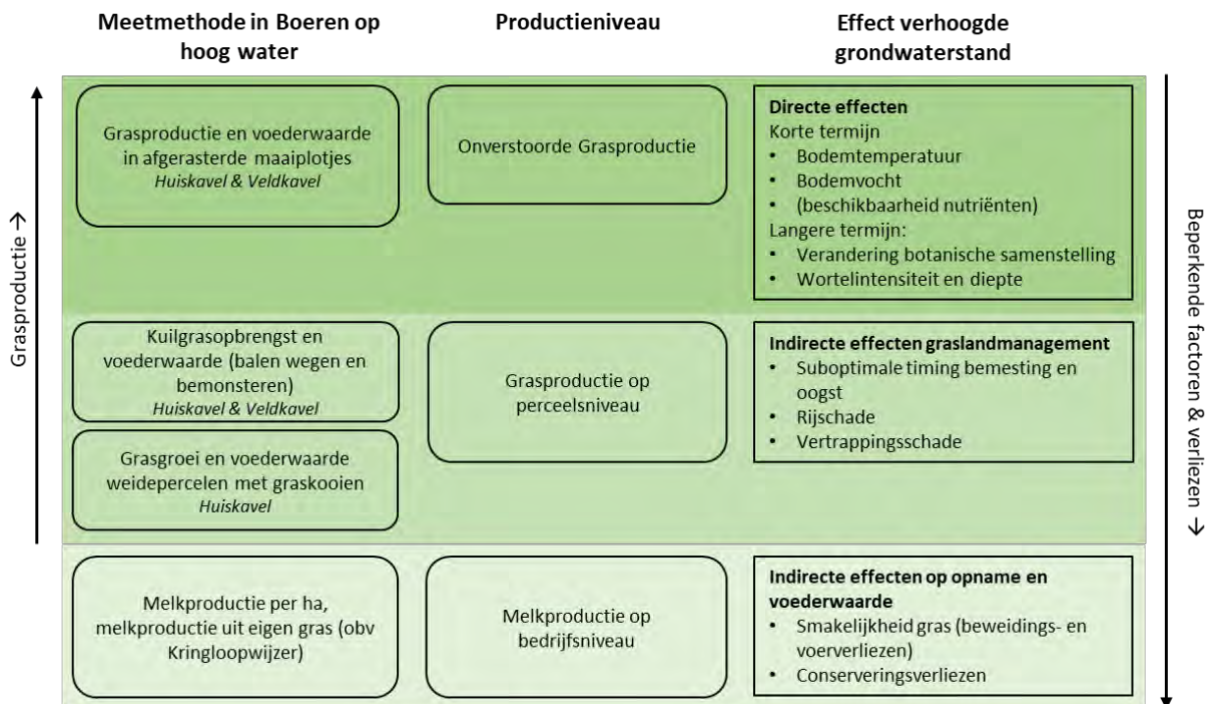


Figuur 4.1 Onderlinge samenhang tussen grondwaterstand, bodemvocht, draagkracht, graskwaliteit en grasgroei

Hiertoe zijn de volgende hypothesen opgesteld:

1. Draagkracht: een hogere grondwaterstand heeft een negatief effect op de draagkracht, met name in periodes met een hoger bodemvochtgehalte (voorjaar en najaar). De verwachting is dat de gemiddelde draagkracht afneemt, en dat dit de lengte van de weideperiode verkort en een optimale timing van bemesting en oogstwerkzaamheden bemoeilijkt.
2. Zode: de hogere grondwaterstand heeft een negatief effect op de worteldiepte (maximale worteldiepte wordt minder diep), de worteldichtheid op 20 cm (lager) en de botanische samenstelling van de zode (minder Engels raigras, meer beemdgras en struisgras, meer kruiden). Deze factoren zijn weer direct van belang voor de grasproductie en kwaliteit (zie punt 4).

3. Waterinfiltratie, waterafstotendheid en sponswerking van de bodem: gedurende voor- en najaar is de waterinfiltratie in de bodem lager bij een hoge grondwaterstand. Gedurende de zomermaanden zal het bodemvochtgehalte van de bovengrond (10 en 20 cm) hoger zijn bij hoge grondwaterstand. Hierdoor wordt de grond minder snel waterafstotend en is de waterbergende functie (zogenaamde sponswerking) bij hoge neerslag groter met minder (snelle) uit- en afspoeling naar grond en oppervlaktewater (belangrijk voor onderdeel water).



Figuur 4.2 Overzicht van het effect van grondwaterstand op directe en indirecte beperkende factoren en verliezen en hoe deze in stappen van toenemende factoren (van boven naar beneden) doorwerken op het productieniveau. Daarnaast wordt in de eerste kolom aangegeven hoe dit met verschillende meetmethodes in kaart is gebracht binnen Boeren op Hoog Water.

4. Grasopbrengst, graskwaliteit en grasbenutting
- De grasproductie en -kwaliteit in afgerasterde maaiplootjes (zonder vertrapping en rijschade) is lager bij hoge grondwaterstanden, maar de grootte van het effect is afhankelijk van seizoen en weersomstandigheden: in natte jaren (perioden) is het effect groter dan in droge jaren (perioden). De lagere productie is gerelateerd aan een lager stikstof leverend vermogen en een lagere stikstofbenutting bij een verhoogde grondwaterstand.
  - Er is een negatief effect van een verhoogde grondwaterstand op de kuilgrasopbrengst en kwaliteit op de veld- en huiskavel en op de grasgroei en kwaliteit op weidepercelen gemeten met graskooien (dus inclusief mogelijke vertrapping en rijschade). Dit negatieve effect is groter dan het effect gemeten op de afgerasterde maaiplootjes (4a).

- c. De melkproductie uit eigen gras is lager bij een verhoogde grondwaterstand. Dit negatieve effect is sterker dan bij 4a) en 4b) omdat ook indirecte effecten van de verhoogde grondwaterstand op conservering, voerverliezen, voederwaarde en opname (smakelijkheid) hierin tot uiting komen.

## 4.2 Werkwijze

### *Draagkracht*

De draagkracht werd regelmatig gemeten in het voor- en najaar op drie monitoringplots van 10 x 10 m grootte binnen zowel de huiskavel (HF-LW, HF-HW, J-HW) als de veldkavel (VK-HW, VK-LW) per bedrijfssysteem (5 x 3 = 15 plots totaal, zie kaartje Figuur 2.2). Vanaf 2022 is er op de laagwater huiskavel nog een extra plotje aangelegd, om de variatie tussen percelen beter in kaart te brengen. Deze plotjes lagen steeds in de buurt van peilbuizen. Zowel de draagkracht (penetrometer) als de insporing (koeienpootmethode), zodedichtheid (point-intercept methode) en het bodemvochtgehalte van de bodem (gravimetrisch, 0-10 cm) en de grondwaterstand werd bepaald in verschillende meetrondes (zie Tabel 4.1 voor methode en frequentie).

### *Zode en botanische samenstelling*

De maximale worteldiepte en worteldichtheid op 10 en 20 cm zijn in het najaar bepaald in de 15 monitoringplots. De botanische samenstelling is 1 keer per jaar in het voorjaar en vanaf 2022 ook in het najaar bepaald op perceelsniveau in alle percelen met een monitoringplot om zo veranderingen als gevolg van een verhoogde grondwaterstand in kaart te brengen.

### *Waterinfiltratie en waterafstotendheid*

Waterinfiltratie werd in voor- en najaar 2020 en najaar van de overige jaren gemeten in de 15 monitoringplots (Tabel 4.1). De mate van waterafstotendheid van de bodem (hydrofobie) is bepaald met behulp van een druppeltoets in de 15 monitoringplots in juli 2024 (Hoekstra et al., 2020). Hierbij werden druppels met oplopend % ethanol (0 – 70% ethanol) met behulp van een multipipet voorzichtig op de bodem gelegd. Het laagste % ethanol waarbij de druppel binnen 10 seconden in de bodem trok, is een indicator voor de mate van hydrofobie (0% ethanol = zeer hydrofiel, 5% ethanol = licht hydrofoob, 36% ethanol = extreem hydrofoob). In het veld werd de druppeltoets op 5 en 15 cm diepte uitgevoerd, daarnaast werd de druppeltoets in het lab uitgevoerd op een mengmonster (0-10 cm diepte) met veldvochtige grond en op luchtdroge grond (48 uur op 30°C). Ook werd het bodemvochtgehalte op het moment van de druppeltest bepaald.

### *Grasproductie en kwaliteit*

Het effect van grondwaterstand op de grasproductie en melkproductie is op verschillende niveaus in kaart gebracht (Figuur 4.2).

- De onverstoorde grasproductie en voederwaarde werd bepaald in 6 laagwaterplots en 9 hoogwaterplots (15 afgerasterde maaiplootjes van 10 x 10 m nabij de monitoringsplots, zie boven) waarin de grasproductie, het N-leverend vermogen (NLV, N opname gras zonder N bemesting) en N benutting op basis van drie stikstoftrappen (0, 125 en 250 kg N / ha in de vorm van KAS) zijn gemeten. De plots werden handmatig bemest en gemaaid met een Haldrup plot oogstmachine (4 – 5 snedes per jaar). Er werd een monster genomen voor bepaling van drogestof, N-totaal (Eurofins, nat-chemisch), voederwaarde (Eurofins, NIRS) en mineralen (Eurofins). De plots werden ieder jaar naar een nieuwe plek verplaatst.
  - Het N leverend vermogen (NLV) werd bepaald door de N opbrengst (kg drogestof / ha x N gehalte) van het 0-plotje.
  - N benutting in de maaiplootjes (kg N opname / kg N bemest) werd bepaald met de volgende formule:
 
$$\text{N benutting} = (\text{N opbrengst}_{\text{bemest}} - \text{N opbrengst}_{\text{N0}}) / \text{N bemest} \times 100\%$$
- Daarnaast werd de grasproductie op perceelsniveau bepaald. Op weidepercelen werd dit bepaald met behulp van graskooien (4 per systeem) waarin de wekelijkse toename in grashoogte werd gemeten, iedere week op een nieuwe plek. Daarnaast zijn de drogestofopbrengsten tijdens voederwinning bijgehouden (weegbrug + registratie balen). Op de beweidde percelen is om de twee weken een grasmonster genomen voor voederwaardeanalyse (steeds in het perceel dat eerstvolgend beweid zou worden), en werd de voederwaarde van het geoogste gras tijdens voederwinning bepaald (Eurofins).
- De indirecte effecten van een verhoogde grondwaterstand op conservering en opname (smakelijkheid, voederverliezen en conserveringsverliezen) kunnen in kaart worden gebracht door de melkproductie uit eigen gras (op basis van VEM en Ruw eiwit) te vergelijken. Dat is gedaan met behulp van de Kringloopwijzer. Dit methode en resultaten hiervan worden toegelicht in Thema Klimaat en Milieu.



*Figuur 4.3 a) met de zogenaamde koeienpootmethode wordt de insporing van de grond gesimuleerd die op zou treden bij betreding (Janssen et al., 2023); b) waterinfiltratiemeting.*

Tabel 4.1: Overzicht van metingen in en rond de 10 x 10 m monitoringsveldjes.

Meting	Methode	Frequentie
Draagkracht	Analoge penetrometer (Eijkelkamp) met conus diameter van 5,0 cm <sup>2</sup> en tophoek van 60° 10 metingen per veldje	~ twee-wekelijks in voor- en najaar
Insporing	Cm insporing in bodem met vallende “koeienpoot” (Figuur 4.3)	
Bodemvochtgehalte	20 steken met grondboor 0-10 cm, drogen op 70°C. Vanaf 2022 ook met bodemvochtsensor	
Zodedichtheid	Point-intercept methode: bedekkingsgraad op grondniveau op 10 plekken per veldje	1 – 2 keer in voor- en najaar
Grondwaterstand	Peilbuizen nabij monitoringveldjes	1 x per week of twee weken
Beworteling	Worteldichtheid op 10 en 20 cm diepte: 2 meetvlakken van 10 x 10 cm per veldje	1x per jaar in het najaar
Botanische samenstelling	Botanische kartering op perceelsniveau	Jaarlijks in mei en september (vanaf 2021)
Indringingsweerstand	Electronische penetrometer (Eijkelkamp) met een diameter van 2,0 cm <sup>2</sup> , 10 metingen per veldje op 0-80 cm	1 - 2 x in voor- en najaar
Waterinfiltratie	PVC pijp 15 cm hoogte in de bodem tot 10 cm diepte, voeg 500 mL water toe en houd met stopwatch tijd nodig voor infiltratie bij 3 metingen per veldje (Figuur 4.3)	1-2 x per jaar in het najaar en/of nazomer
Bodemanalyse	Bodemmonster met graslandboor 0-10 cm in onbemeste maaiploots, analyse door Eurofins	Maart ieder jaar

## 4.3 Resultaten

### Grondwaterstand, bodemvocht en draagkracht

#### *Grondwaterstand en bodemvocht*

De draagkrachtmetingen zijn uitgevoerd op monitoringveldjes binnen de percelen. Om de effecten goed te kunnen interpreteren is bij deze veldjes ook lokaal de grondwaterstand en het bodemvochtgehalte gemeten ten tijde van deze draagkrachtmetingen. Deze grondwaterstand kan dus afwijken van het gemiddelde op perceelniveau en systeemniveau zoals gerapporteerd in thema Water.

Over een periode van vier jaar lagen de gemiddelde grondwaterstanden in het voor- en najaar in de laagwater- en hoogwaterplots respectievelijk op 38,5 cm en 17,5 cm onder maaiveld (Figuur 4.4a). De variatie in grondwaterstand was hoger voor de laagwaterplots. In de laagwaterplots varieerde de jaarlijkse gemiddelde grondwaterstand van 25,6 cm tot 42,0 cm onder maaiveld, terwijl deze in de hoogwaterplots tussen 17,8 cm en 13,8 cm onder maaiveld lag.

Het bodemvochtgehalte was over het algemeen hoger in de hoogwaterplots dan in de laagwaterplots. Bovendien vertoonden de hoogwaterplots een kleinere variatie in bodemvocht dan de laagwaterplots (Figuur 4.4b).

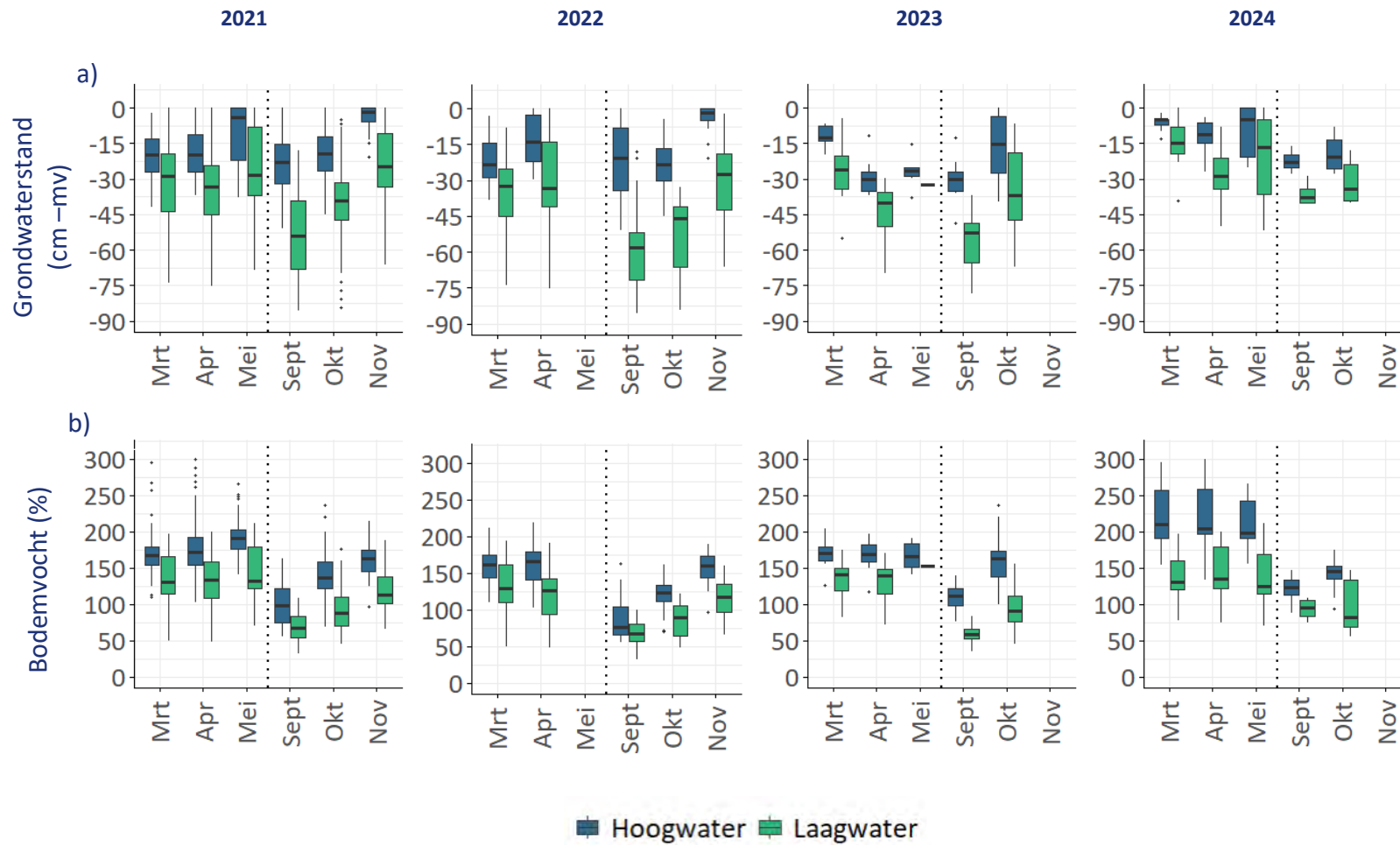
### *Draagkracht en insporing*

De draagkracht was over het algemeen hoger in de laagwaterpercelen dan in de hoogwaterpercelen, met een duidelijker verschil in de herfst dan in de lente (Figuur 4.5a). Over het algemeen wordt aangenomen dat als de draagkracht hoger is dan 0,7 MPa (zogenaamde schadedrempel), er geen vertrapping en rijschade optreedt (Beuving et al., 1989; Scholz & Hennings, 1996; Van Wijk, 1977).

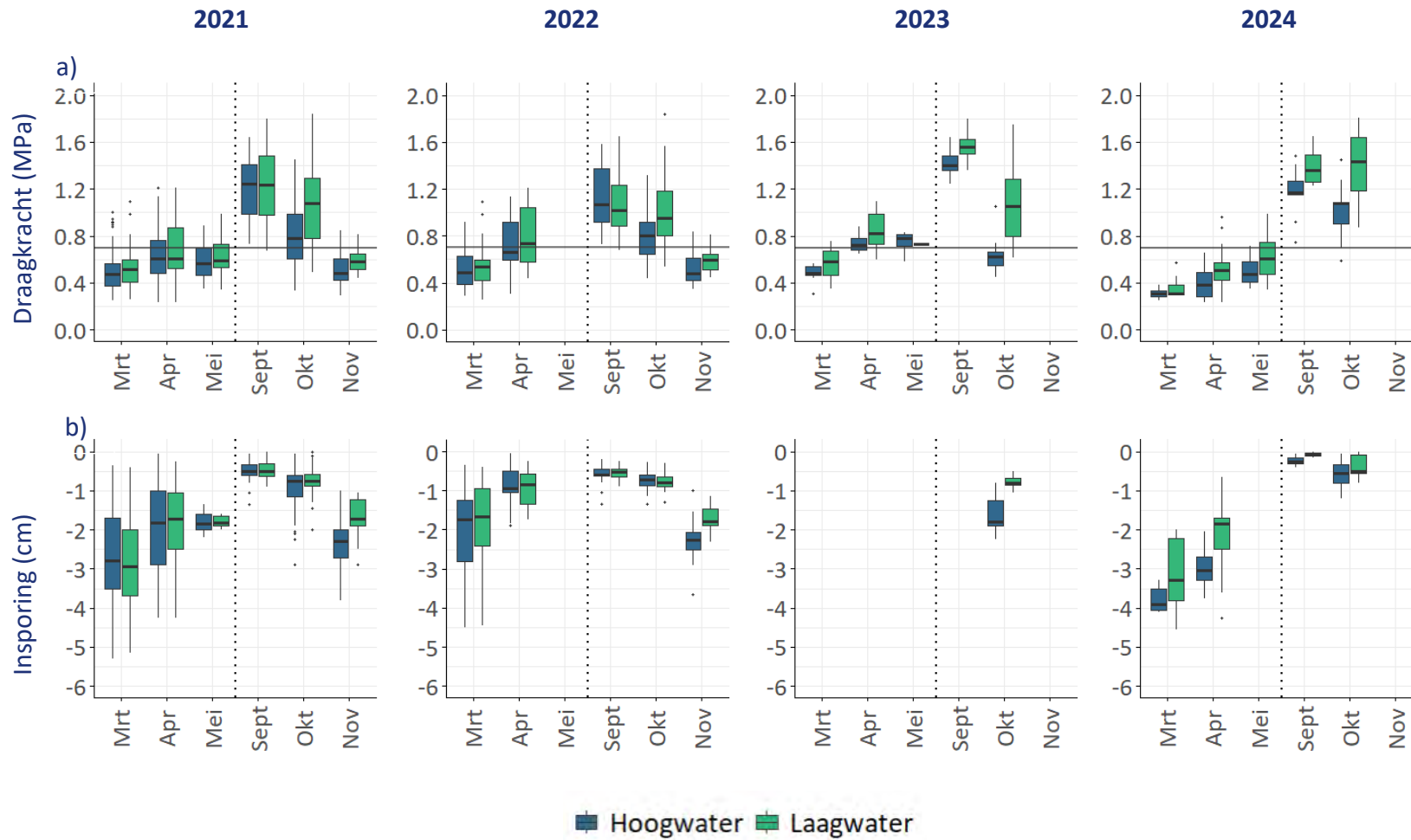
Er werd minder variatie in de draagkracht waargenomen in de hoogwaterpercelen dan in de laagwaterpercelen, en ook minder in de lente dan in de herfst. Het verschil in draagkracht tussen hoog- en laagwaterpercelen was over het algemeen groter in de herfst dan in de lente (Figuur 4.5a).

In 2021 waren de verschillen in waterstand en bodemvocht tussen HW en LW relatief klein, en dat resulteerde in relatief kleine verschillen in draagkracht (Figuur 4.5). In het relatief droge najaar van 2022 was de draagkracht iets hoger voor de LW plots, met name in het najaar, maar ook op de HW plots was de draagkracht tot eind oktober nog voldoende voor beweiding. In 2023 was de draagkracht in het vroege voorjaar en in het najaar wel duidelijk lager voor de hoogwaterplots. En in 2024 was de gemiddelde draagkracht gedurende de hele meetperiode hoger voor de laagwatermeetplots.

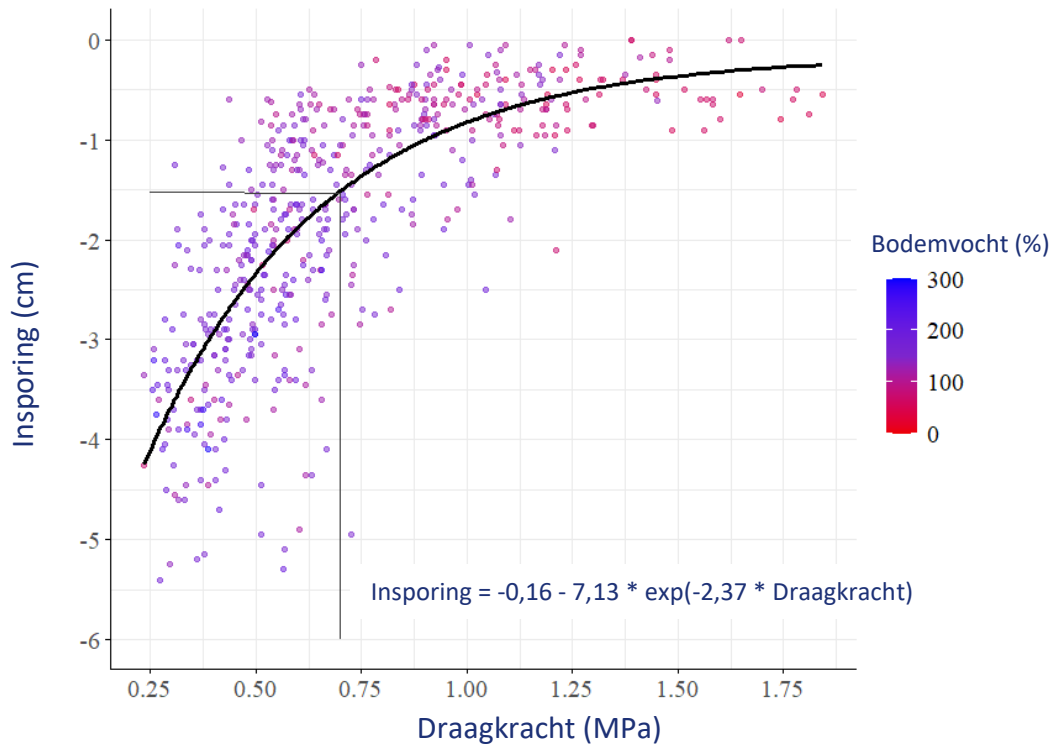
In het voorjaar waren er nauwelijks verschillen in insporing tussen de HW en LW percelen. Alleen in het (late) najaar was de insporing dieper voor HW plots. Er was een sterke correlatie tussen draagkracht en insporing (Tabel 4.2 en Figuur 4.6).



Figuur 4.4 Boxplots met de a) grondwaterstand (cm –mv) en b) bodemvochtgehalte op 0-10 cm (% g vocht / 100 g droge bodem) gemeten op of nabij de 15 meetperceeltjes op de hoogwater en laagwater percelen tijdens de draagkrachtmetingen in het voor- en najaar.



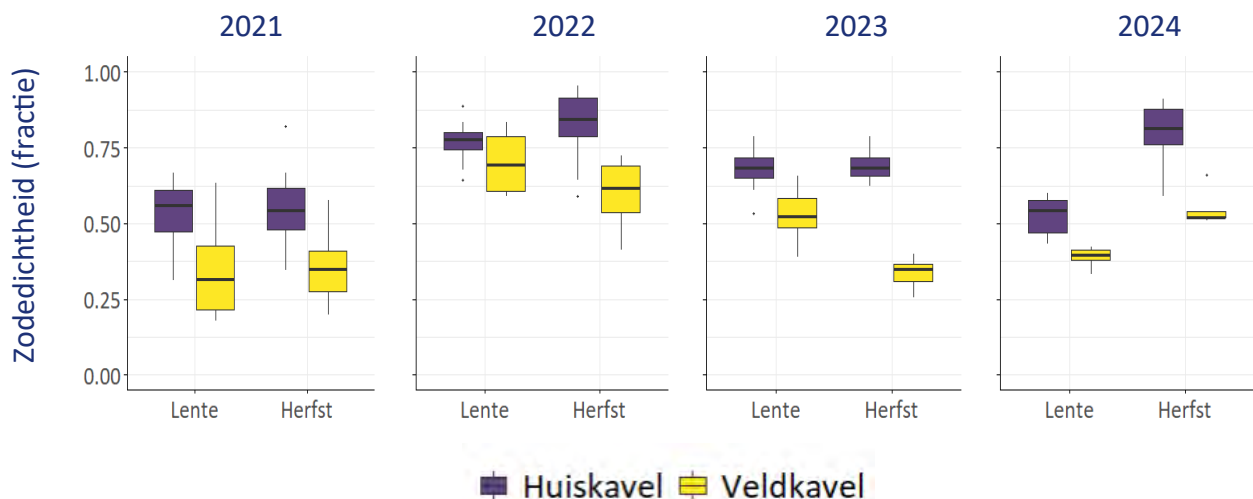
Figuur 4.5 Boxplot van a) Draagkracht (MPa) en b) Insporing (cm) gemeten op de 15 meetperceeltjes op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen in het voor- en najaar. De horizontale lijn bij 0,7 MPa draagkracht geeft de schadedrempel weer, waarboven geen schade ontstaat bij beweiding of berijding.



Figuur 4.6 Verband tussen draagkracht en insporing. De verticale zwarte lijn geeft de schadedrempel voor draagkracht weer waarboven geen vertrappings- en rijshade optreedt (0,7 MPa). Dit kwam overeen met een insporing van -1,5 cm diepte.

### Zodedichtheid

Er was geen effect van grondwaterstand op de zodedichtheid gemeten met de point-intercept methode (% bedekking op grondniveau). Wel was de zodedichtheid op de huiskavel duidelijk hoger dan op de veldkavel, en dit verschil was het duidelijkste in het najaar (Figuur 4.7).



Figuur 4.7 De zodedichtheid (fractie bedekking) gemeten met de point-intercept methode (o.b.v. spruiten op grondniveau) op de 15 meetplots in de huiskavel en veldkavel in het voorjaar en najaar van 2021 - 2024.

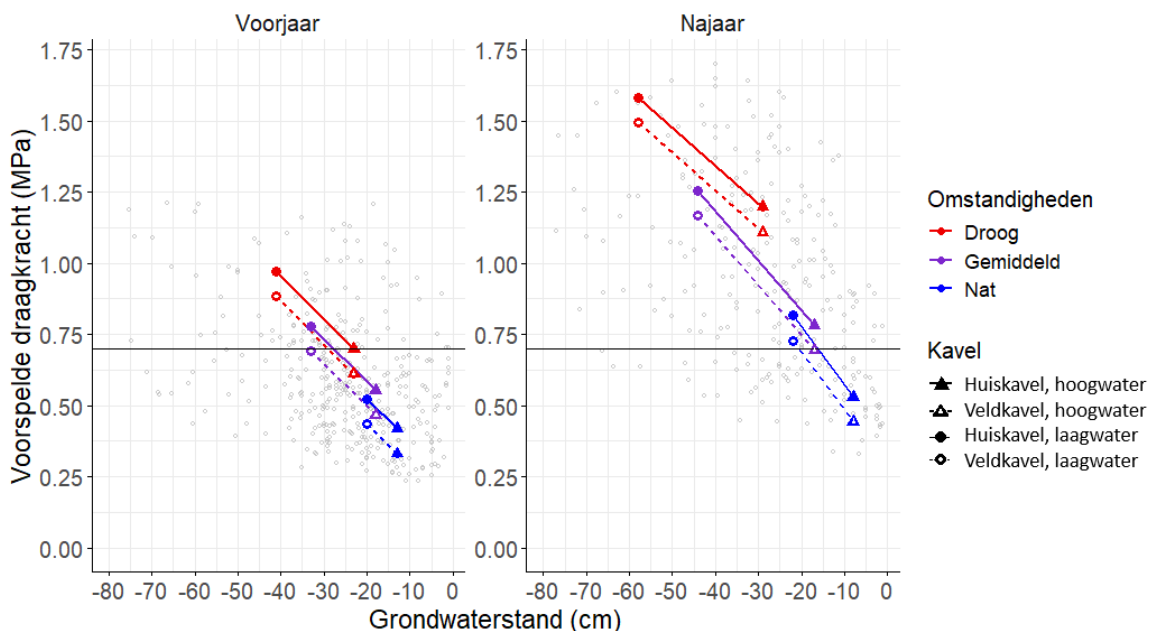
### Correlatie draagkracht met waterstand en bodemvocht

Draagkracht en insporing hadden een sterk negatief verband met bodemvochtgehalte en grondwaterstand. Daarnaast was er een sterk positief verband met zodedichtheid, vooral voor insporing (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Pearsons correlaties tussen draagkracht, insporing, bodemvochtgehalte, grondwaterstand en zodedichtheid  $p < 0.001 = '***'$ ,  $p < 0.01 = '**'$ ,  $p < 0.05 = '*'$ .

Variabele	Insporing	Bodemvochtgehalte	Grondwaterstand	Zodedichtheid
Draagkracht	0.71***	-0.63***	-0.45***	0.19***
Insporing		-0.53***	-0.27***	0.42***
Bodemvochtgehalte			0.66***	0.08*
Grondwaterstand				0.23***

Grondwaterstand en bodemvocht zijn sterk met elkaar verweven. Aan de ene kant zorgt een hogere grondwaterstand voor een hoger bodemvochtgehalte. Aan de andere kant wordt de bodem ook natter in periodes waarin veel regen valt. In deze periodes wordt de grondwaterstand vaak ook hoger. Om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen grondwaterstand, bodemvocht en draagkracht hebben we op basis van de metingen een regressiemodel gemaakt. Vervolgens hebben we voor de hoogwater- en laagwaterpercelen de grondwaterstanden bepaald die horen bij droge, gemiddelde en natte omstandigheden in het voorjaar en najaar (op basis van 25<sup>ste</sup>, 50<sup>ste</sup> en 75<sup>ste</sup> percentiel van het bodemvochtgehalte). Op basis van deze grondwaterstanden hebben we de draagkracht berekend (Figuur 4.8).



Figuur 4.8 Voorspelde draagkracht in relatie tot grondwaterstand bij lage, gemiddelde en hoge bodemvochtgehaltenes, weergegeven per seizoen (voorjaar en najaar) en kaveltype (huis- en veldkavel). Droog = 25<sup>e</sup> percentiel, gemiddeld = mediaan, en nat = 75<sup>e</sup> percentiel van de bodemvochtmetingen. Een draagkracht van 0,7 MPa wordt over het algemeen als voldoende beschouwd om zonder schade te kunnen beweiden.

Gemiddeld genomen over de drie droogtecategorieën (omstandigheden) en twee seizoenen was het verschil in draagkracht tussen hoog- en laagwaterpercelen 0,3 MPa. Dit verschil in draagkracht werd echter sterk beïnvloed door het bodemvochtgehalte. Onder natte omstandigheden was het verschil tussen hoog- en laagwaterpercelen gemiddeld 0,2 MPa, en onder gemiddelde en droge omstandigheden nam dit verschil in draagkracht toe tot gemiddeld 0,34 MPa (Figuur 4.8).

Er was ook een groot verschil tussen de seizoenen: in het voorjaar was de draagkracht gemiddeld lager dan in het najaar, en was het verschil in draagkracht tussen hoogwater- en laagwaterpercelen kleiner. Dit komt mede doordat de grondwaterstand in de winter ook hoog is op de laagwaterpercelen, en pas geleidelijk over het seizoen daalt, terwijl de grondwaterstand op hoogwaterpercelen veel stabiel (hoog) blijft. Daardoor is het verschil in grondwaterstand tussen de hoog- en laagwaterpercelen in het voorjaar (en onder natte omstandigheden) minder groot dan in het najaar.

Daarnaast bleek dat draagkracht op de huiskavel hoger was dan op de veldkavel. Dit komt doordat beweiding voor een dichtere graszode zorgt, wat weer een positief effect heeft op draagkracht. Het effect was niet heel groot (gemiddeld slechts 0.1 MPa hoger), maar in Figuur 4.8 is te zien dat dit toch een belangrijk verschil kan vormen rondom de kritieke waarden van draagkracht. Zo voldeed de gemiddelde draagkracht van de huiskavel nog onder natte omstandigheden in het najaar bij een grondwaterstand van ca. -20 cm. Voor de veldkavel lag de gemiddelde draagkracht in dezelfde situatie echter onder de grenswaarde van 0,7 MPa.

## Zode en botanische samenstelling

### *Beworteling*

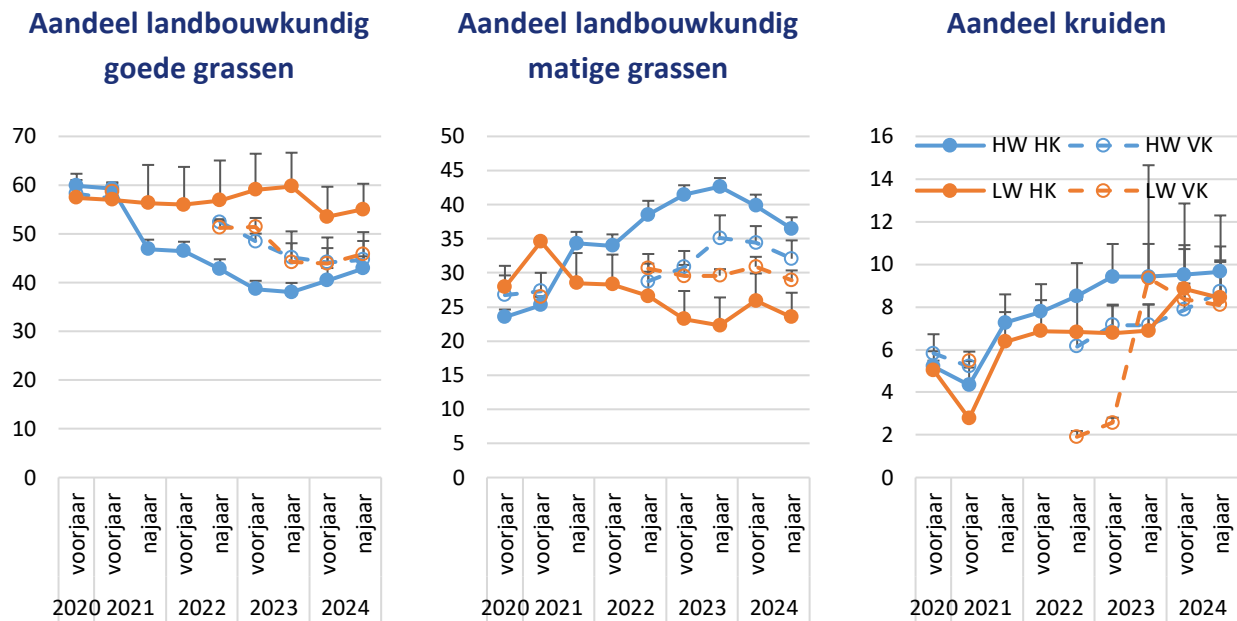
Er was geen duidelijk effect van de verhoogde grondwaterstand op het aantal wortelpuntjes op 10 cm (gemiddeld 163 / dm<sup>2</sup>) en 20 cm diepte (gemiddeld 99 / dm<sup>2</sup>) en het aandeel wortelpuntjes op 10 cm (62%) van 2020 tot 2024.

### *Botanische samenstelling*

Op de huiskavel was er een duidelijke verschuiving in botanische samenstelling zichtbaar als gevolg van de verhoogde grondwaterstand in 2024 ten opzichte van 2020 (Figuur 4.9). De grootste verschuivingen vonden plaats in het eerste jaar na vernatting (tussen 2020 en najaar 2021). Op de hoogwater percelen nam het aandeel goede grassen (Engels raaigras en timotheegras) af van 60% in 2020 naar 40% in 2024, terwijl dit aandeel op de laagwater percelen relatief stabiel was. Het aandeel matige grassen (met name ruwbeemd en fioringras) nam juist toe bij de hoogwater percelen. Er waren geen duidelijke verschuivingen in het aandeel slechte grassen (gemiddeld 11%, met name kweek, gestreepte witbol en straatgras). Van de kruiden leek het aandeel kruipende boterbloem, paardenbloem en zilverschoon toe te nemen bij een hoge grondwaterstand, terwijl het aandeel ridderzuring juist afnam. Hierbij moet worden opgemerkt dat een deel van de laagwater huiskavel na de zeer zware snede in voorjaar 2021 is doorgezaaid (najaar 2021).

De verschillen tussen deze percelen zijn ook groter (minder homogeen) dan de hoogwater huiskavel (zie ook de relatief grote foutbalken in Figuur 4.9).

Op de veldkavel waren de verschillen minder duidelijk. Deels omdat hier minder vaak is gemeten. Het aandeel kweek en witbol was het hoogst op de laagwater maaikavel. Anderzijds fluctueerde de botanische samenstelling van de laagwater veldkavel sterk onder invloed van droogte (niet zichtbaar in de figuren). De verschuivingen in botanische samenstelling hebben mogelijk gevolgen voor de productie en voederwaarde (zie ook paragraaf grasproductie).

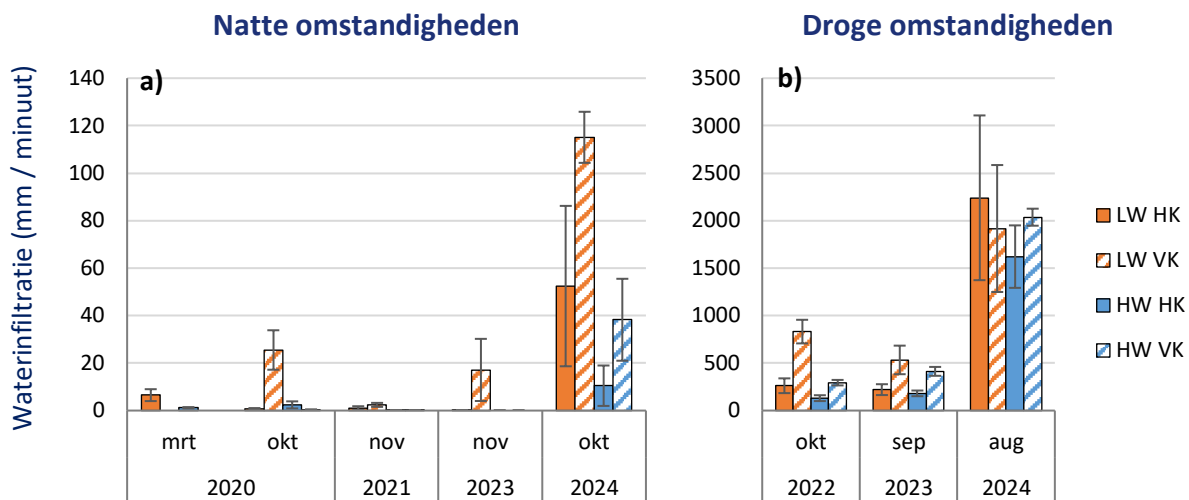


*Figuur 4.9 Aandeel (%) landbouwkundig goede grassen (Engels raigras en Timothee), matige grassen (vooral ruw beemdgras en fioringras) en aandeel kruiden (met name paardenbloem, kruipende boterbloem, vogelmuur en zilverschoon) rondom de meetplots in de huiskavel (HK) en veldkavel (VK) op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen (foutbalk = standaardfout).*

## Waterinfiltratie en indringingsweerstand

### Waterinfiltratie

Gedurende natte omstandigheden was de waterinfiltratiesnelheid zeer laag op de HW plots (gedurende de 20 minuten meetperiode geen meetbare waterinfiltratie in een aantal gevallen tot maximaal 40 mm / minuut in okt 2024, Figuur 4.10a). Bij de LW (maai)percelen was er meetbare waterinfiltratie (tot maximaal 25 mm / minuut). Gedurende drogere omstandigheden (oktober 2022 en september 2023) was er geen significant effect van grondwaterstand of kavelttype. Wel was er de trend dat de waterinfiltratie iets sneller was bij de veldkavel t.o.v. de huiskavel.



Figuur 4.10 Waterinfiltratie snelheid onder a) natte en b) droge omstandigheden op de huiskavel (HK) en veldkavel (VK) op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen (foutbalk = standaardfout). N.B. let op sterk verschillende schaal van de y-assen. Geen metingen voor VK in maart 2020.

### Bodemhydrofobie

De waterafstotendheid van de bodem gemeten in het veld op 5 en 15 cm diepte in augustus 2024 was iets lager voor de hoogwaterplots dan voor de laagwaterplots (niet significant, zie Tabel 4.3). Met de labmethode was er weinig verschil tussen de hoog- en laagwater percelen. In beide behandelingen waren de monsters erg waterafstotend, zelfs in veldvochtige grond. Mogelijk waren de bodemmonsters na monsternamen al iets uitgedroogd. In de luchtdroge grond waren alle monsters compleet hydrofoob en werden zelfs de druppels met 70% ethanol nergens meer opgenomen.

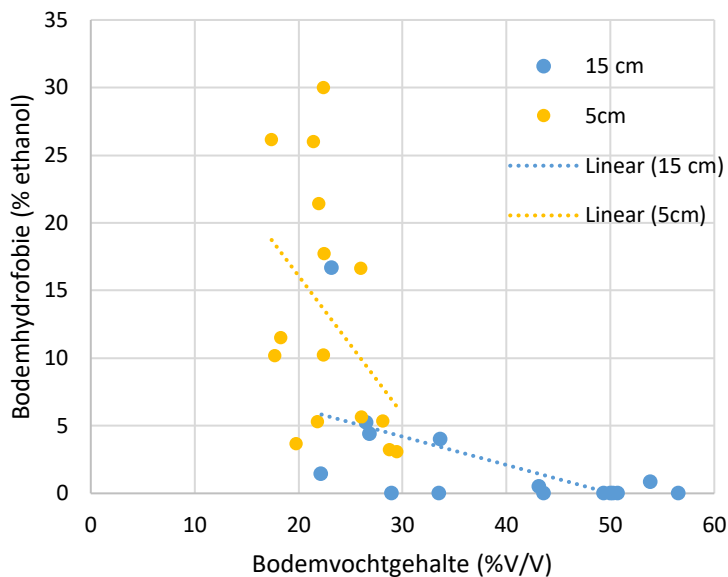
Tabel 4.3. Gemiddelde waterafstotendheid (% ethanol) en bodemvochtgehalten (TDR bodemvochtsensor) op 5 en 15 cm diepte gemeten in augustus 2024

Parameter	Hoogwater		Laagwater		Sign. (P)
	Gem.	SD	Gem.	SD	
Waterafstotendheid 5 cm (% ethanol))	11,9	9,16	13,3	10,20	ns
Waterafstotendheid 15 cm (% ethanol))	1,1	2,03	3,3	6,11	ns
Vochtgehalte 5 cm (Vol%)	23,8	9,2	20,9	10,0	ns
Vochtgehalte 15 cm (Vol%)	44,2	10,6	30,8	11,3	< 0,05
Grondwaterstand (cm -mv)	-32	9,3	-57	16,1	< 0,001

Er waren geen significante correlaties tussen waterafstotendheid en bodemparameters. Als de veld-waterafstotendheid gecombineerd voor beide lagen en tegen bodemvocht werd uitgezet werd wel een duidelijk patroon zichtbaar (Figuur 4.11). Boven een bodemvochtgehalte van ~25% is de bodem niet hydrofoob, en is er dus geen verband tussen waterafstotendheid en

bodemvocht. Als het bodemvochtgehalte afneemt van 25 tot 15% vindt er een sterke toename in de mate van waterafstotendheid plaats.

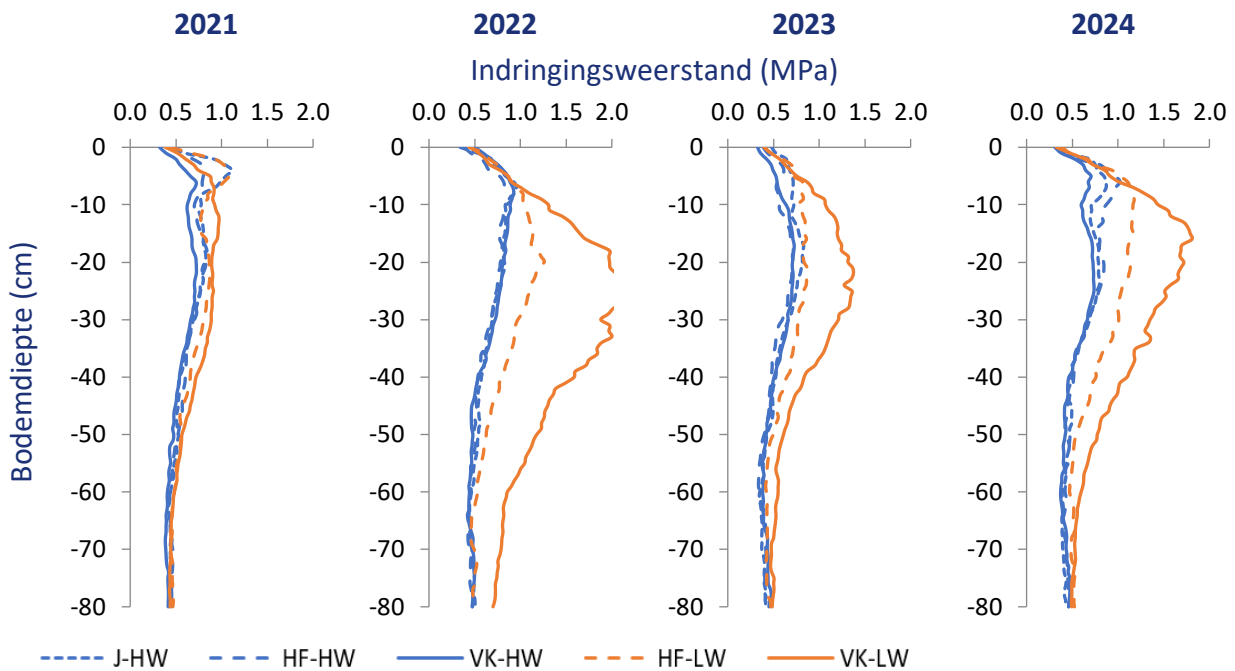
Daarnaast was er een negatieve correlatie ( $r = -0,51$ ;  $P < 0,05$ ) tussen waterafstotendheid op 5 cm diepte en waterinfiltratiesnelheid. Dit laat zien dat zelfs een relatief klein verschil in bodemvocht en waterafstotendheid al effect kan hebben op de waterinfiltratie in de bodem.



*Figuur 4.11 Relatie tussen volumetrisch bodemvochtgehalte en bodemwaterafstotendheid (% ethanol) gemeten in het veld op 5 en 15 cm diepte.*

### *Indringingsweerstand*

Indringingsweerstand is een indicatie van bodemverdichting, maar is ook heel gevoelig voor variaties in bodemvochtgehalte. Er waren met name verschillen in indringingsweerstand in de bodemlaag tussen 10 en 40 cm (Figuur 4.12). Dit komt overeen met het beeld dat de bodem juist in deze laag ook natter is voor de hoogwaterpercelen en dat daardoor de indringingsweerstand lager is. Dit laat geen duidelijk beeld van verdichting zien.



Figuur 4.12 De indringingsweerstand in oktober in de huiskavel (HK) en veldkavel (VK) op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen in 2021-2024.

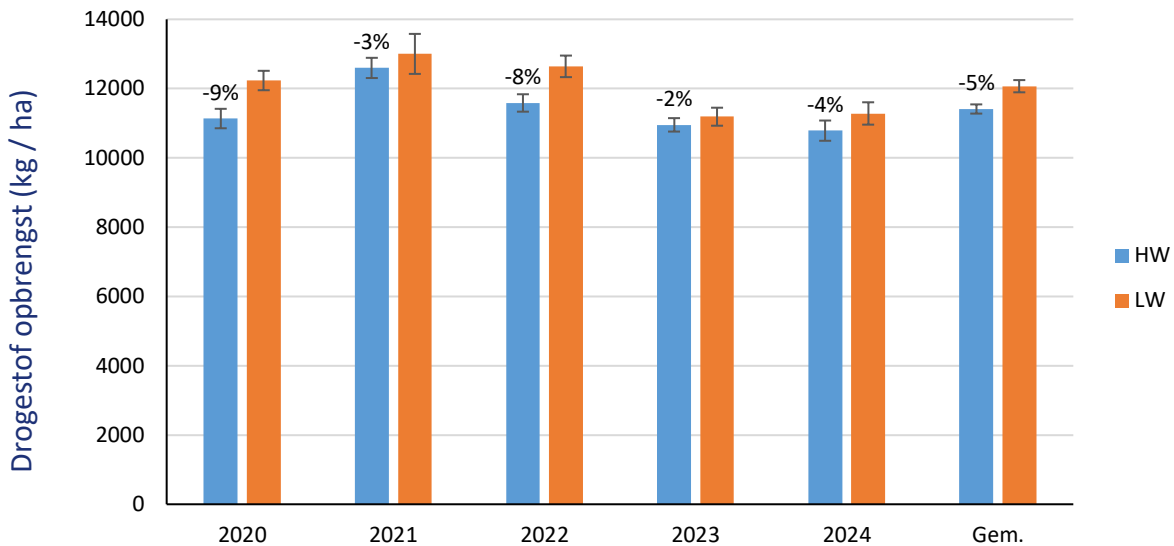
### Bodemchemisch

De bodemchemische analyses genomen in de monitoringsplots lieten geen effect van grondwaterstand op de patronen over de jaren heen zien. Met andere woorden, de hoge grondwaterstand had geen effect op bodem chemische samenstelling op de lange termijn. Alleen S-PAE (plant-beschikbare zwavel) nam tussen 2021 en 2024 licht toe voor HW en nam juist af voor LW percelen. Dit is mogelijk gelinkt aan een afname in pyrietoxidatie, een indicatie dat de veenafbraak en CO<sub>2</sub> emissie afnam. Dit werd weerspiegelt in een lagere zwavel concentratie in het slotwater (zie thema Water).

### Grasproductie

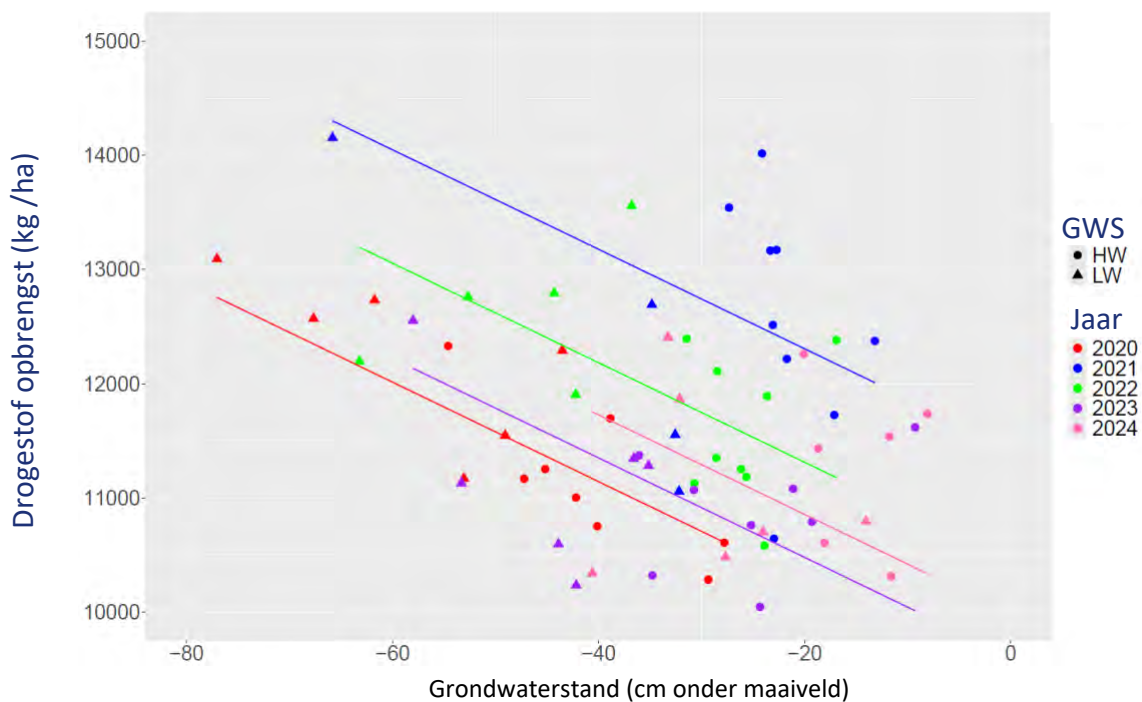
#### Onverstoorde productie in maaiplootjes

Over de 5 meetjaren van 2020 - 2024 was de onverstoorde grasproductie in de maaiplootjes gemiddeld genomen 5% (616 kg DS / ha) lager voor de hoogwater- dan de laagwaterpercelen ( $P < 0,05$ , Figuur 4.13).



Figuur 4.13 De onverstoorte drogestofopbrengst op maaiplootjes (gemiddelde van 0, 125 en 250 kg N bemesting / jaar) op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen in 2020-2024 (foutbalk = standaardfout). Percentages geven het relatieve verschil tussen HW en LW weer:  $(HW-LW)/LW \times 100\%$

Als we de drogestofproductie van de maaiplootjes direct relateren aan de gemiddelde grondwaterstand gemeten nabij de maaiplootjes gedurende het groeiseizoen, dan zien we een negatief effect van grondwaterstand op de drogestofopbrengst van gemiddeld  $-44 \text{ kg DS / cm}$  (Figuur 4.14). Daarnaast is er een duidelijk verschil in productieniveau tussen de jaren (laagste in 2020, hoogste in 2021)



Figuur 4.14 Verband tussen de onverstoorte drogestof opbrengst op maaiplootjes (gemiddelde van 0, 125 en 250 kg N bemesting / jaar) en de grondwaterstand gedurende het groeiseizoen gemeten op de maaiplootjes in 2020 – 2024. Conditional  $R^2 = 0,73$ ; RMSE = 811. P-waarde grondwaterstand  $<0,001$ ; jaar  $<0,001$

In werkelijkheid waren de behaalde grondwaterstanden sterk afhankelijk van weersomstandigheden en het functioneren van het AWIS systeem. Het is de vraag hoe groot de opbrengstreductie geweest zou zijn wanneer daadwerkelijk de streefgrondwaterstand voor het hoog watersysteem bereikt zou zijn. Om hier meer inzicht in te krijgen hebben we het regressiemodel (Figuur 4.14) toegepast om de drogestofopbrengst (bij 125 kg N ha<sup>-1</sup> bemesting werkzame N) te voorspellen op basis van drie scenario's: S1) op basis van de gemeten grondwaterstand voor LW en HW, S2) op basis van de gemeten grondwaterstand voor LW en de streefgrondwaterstand voor HW (-20 cm) en S3) op basis van de uitgangsgroundwaterstand voor LW (-50 cm) en de streefgrondwaterstanden voor HW. De uitgangsgroundwaterstand is gelijkgesteld aan het slootpeil voor LW conform de streefgrondwaterstand voor HW die gelijk is aan het hoge slootpeil. De resultaten staan in Tabel 4.4.

De gemiddelde voorspelde afname in drogestofopbrengst bij de waargenomen grondwaterstanden bedroeg in S1 0,7 ton ha<sup>-1</sup> (-6%) . De voorspelde afname in drogestofopbrengst was gemiddeld 1,1 ton ha<sup>-1</sup> (-9%) wanneer de streefgrondwaterstand van -20 cm voor het HW-systeem wel werd bereikt (S2). In dat scenario was er aanzienlijke variatie in de afname van de drogestofopbrengst tussen de verschillende jaren. Opvallend genoeg was de afname in drogestofopbrengst groter in relatief droge jaren (met een hoog neerslagtekort, 2020) dan in relatief nattere jaren (met een laag neerslagtekort, 2024). Wanneer voor zowel LW als HW de opbrengst werd berekend op basis van respectievelijk de uitgangswaarde en streefwaarde voor de grondwaterstand (S3), dan was de opbrengstreductie 11%. Dit is dus de theoretische afname in productie als er geen rekening wordt gehouden met variaties in grondwaterstand tussen verschillende weerjaren.

Tabel 4.4. Overzicht van de gemeten gemiddelde grondwaterstand (GWS) tijdens het groeiseizoen en de voorspelde drogestofopbrengst (ton DS ha<sup>-1</sup>) bij een bemesting van 125 kg N ha<sup>-1</sup>, voor het LW- en HW-systeem. De drogestofopbrengst is berekend voor drie scenario's: S1) de gemeten (MW) grondwaterstand voor LW en HW, S2) de gemeten grondwaterstand voor LW en de streefgrondwaterstand voor HW en S3) de uitgangsgroundwaterstand voor LW en de streefgrondwaterstanden HW.

Jaar	Gemeten grondwaterstand maaiplots (cm)			Opbrengst S1 (ton DS / ha)	Opbrengst S2 (ton DS / ha)			Opbrengst S3 (ton DS / ha)				
	LW	HW	%*		LW	LW	HW	LW	HW	%	LW	HW
Grondwaterstand	MW	MW					MW	-20 cm		-50 cm	-20 cm	
2020	-59	-42	-29%	12.0	11.2	-6%	12.0	10.3	-14%	11.6	10.3	-11%
2021	-42	-26	-38%	13.3	12.6	-5%	13.3	12.3	-7%	13.6	12.3	-10%
2022	-48	-26	-46%	12.5	11.6	-8%	12.5	11.3	-10%	12.6	11.3	-10%
2023	-45	-25	-44%	11.6	10.7	-8%	11.6	10.5	-10%	11.8	10.5	-11%
2024	-31	-17	-45%	11.3	10.7	-5%	11.3	10.8	-4%	12.2	10.8	-11%
<b>Gem.</b>	<b>-45</b>	<b>-27</b>	<b>-40%</b>	<b>12.1</b>	<b>11.4</b>	<b>-6%</b>	<b>12.1</b>	<b>11.0</b>	<b>-9%</b>	<b>12.4</b>	<b>11.0</b>	<b>-11%</b>

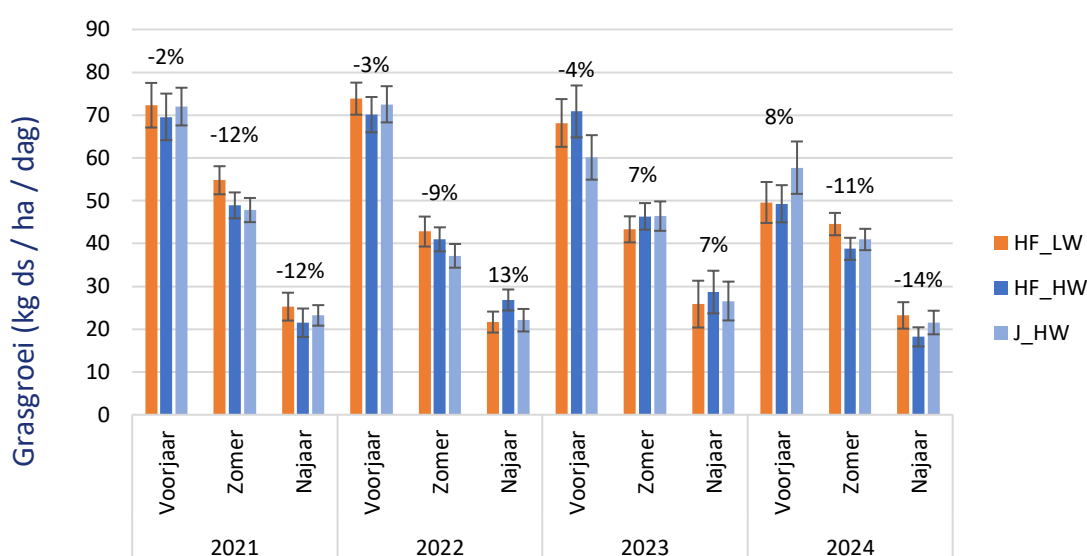
\*% = Relatieve verschil tussen HW en LW:  $(HW-LW)/LW \times 100\%$

### Grasproductie op perceelsniveau

#### Grasgroei weidepercelen gemeten met behulp van graskooien

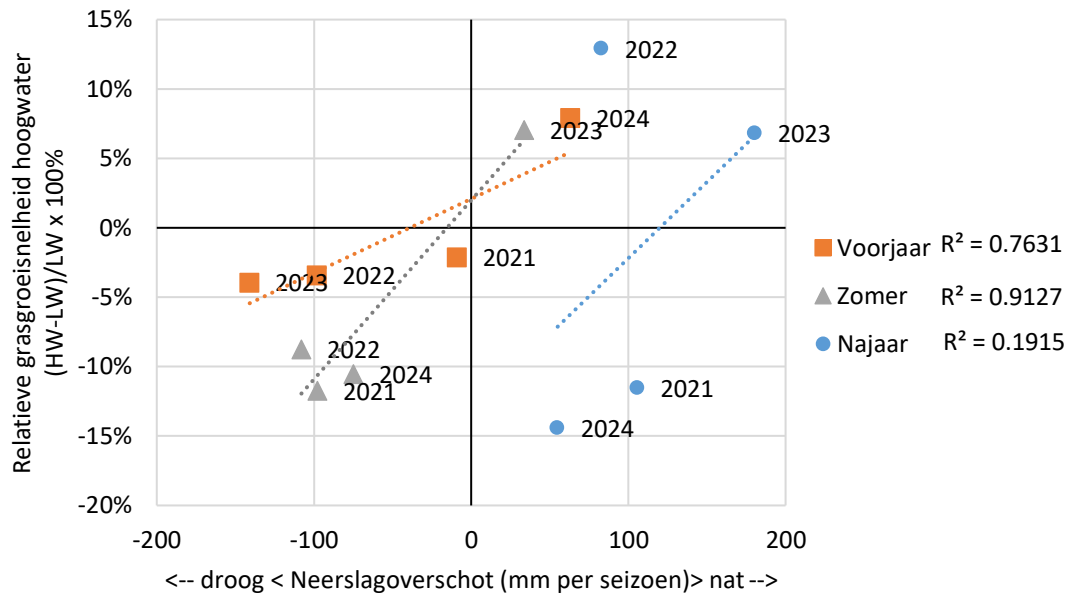
De grasgroei op de weidepercelen, gemeten met behulp van graskooien, varieerde van 10 kg ds / ha / dag in oktober en november tot ruim 130 kg ds / ha / dag in mei 2023. Er was geen significant verschil in gemiddelde grasgroei tussen hoogwater en laagwater weidepercelen.

De cumulatieve grasopbrengst over het hele weideseizoen was in 2021 en 2024 7% lager voor de HW ten opzichte van de LW percelen (Tabel 4.4). In 2022 was deze 3% lager en in 2023 juist 1% hoger.



Figuur 4.15 Gemiddelde grasgroei gemeten met behulp van graslandkooien op beweide percelen van de huiskavel gedurende voorjaar, zomer en najaar in 2021-2024. Het percentage boven de balken is het % verschil tussen hoogwater en laagwater  $(HW-LW)/LW \times 100\%$

In de zomer en het najaar was er een trend dat de grasgroei op de hoogwater percelen iets lager was (Figuur 4.15). Dit was mogelijk gerelateerd aan vertrapping (en vertraagde hergroei) van het weidegras gedurende het voorjaar. Echter, in het voorjaar van 2024 gingen de hoogwater koeien pas in juni naar buiten, en was er alleen bij de laagwater percelen sprake van mogelijke vertrapping, zonder dat dit zich vertaalde in een lagere grasgroei in de zomer op de LW percelen. Nadere analyse liet een trend zien dat binnen de seizoenen het relatieve verschil in grasgroei van de hoogwater t.o.v. van de laagwater weidepercelen  $((HW-LW)/LW \times 100\%)$  negatief was bij een lager neerslagoverschot (droogte) en juist positief bij een hoger neerslagoverschot (Figuur 4.16). De enige uitzondering was het najaar van 2022, toen de grasgroei op de hoogwaterpercelen relatief hoog was, terwijl het wel relatief droog was. Echter, gezien het beperkt aantal meetjaren, kunnen individuele jaren de verbanden sterk beïnvloeden (zoals 2023 in de zomer) en voor een goede analyse zijn meer meetjaren wenselijk.



Figuur 4.16 Relatie tussen de relatieve grasgroeisnelheid op de hoogwater weidepercelen t.o.v. de laagwater weide percelen  $((HW-LW)/LW \times 100\%)$  uitgezet tegen het neerslagoverschot (mm neerslag – mm evapotranspiratie) per seizoen in 2021-2024.

### Kuilgrasopbrengst veldkavel

De bruto maaiofbrengsten op de veldkavel waren gemiddeld 12,6 ton drogestof / ha voor de laagwater percelen en 11,2 ton drogestof / ha voor de hoogwater percelen (Tabel 4.4). De gemiddelde opbrengstreductie  $((HW-LW)/LW)$  was -12%, en deze varieerde van -25% in 2024 tot -2% in 2023.

### Opbrengst t.o.v. onverstoorde groei

Om meer inzicht te krijgen in hoeverre de opbrengstverliezen door vertrapping en rij schade en sub-optimale timing als gevolg van lagere draagkracht bij hoogwater, kunnen we de gerealiseerde productie op perceelsniveau vergelijken met de onverstoorde productie op de maaiplootjes (Tabel 4.4).

De reductie in grasgroei op weidepercelen t.o.v. de onverstoorde grasproductie op de huiskavel maaiplootjes was gemiddeld over de vier jaren -24% voor HF-L en HF-H en -27% voor J-H. Gezien het geringe verschil tussen beide percentages is er dus geen sterke aanwijzing dat er een lagere grasgroei was op de weidepercelen als gevolg van vertrapping op de hoogwater percelen.

De reductie in kuilgrasopbrengst op de veldkavel t.o.v. de onverstoorde grasproductie op de veldkavel was gemiddeld -9% voor laagwater en -13% voor hoogwater. Hier lijkt dus wel sprake van grotere verliezen door rij schade bij hoogwater. Wel zijn er grote verschillen tussen jaren zichtbaar.

Tabel 4.4. Overzicht van de potentiële grasopbrengst (ton drogestof / ha / jaar) op de onverstoorde maaiplots, grasgroei op beweidingspercelen (graskooien) en maaisnedes op de veldkavel voor de Holstein Friesian laagwater (HF-L) en Jersey en Holstein Friesian hoogwater (HF-H en J-H) systemen. Weergegeven zijn de gemiddeldes per jaar per systeem, het verschil tussen hoogwater en laagwater ( $(HW-LW)/LW \times 100$  in %). Daarnaast is het opbrengstverlies t.o.v de onverstoorde groei in maaiplots berekend  $(Opbrengst - Opbrengst_{onverstoord}) / Opbrengst_{onverstoord} \times 100\%$ .

Grasopbrengst	2021			2022			2023			2024			2021-2024 Gemiddelden			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
Potentiële productie in maaiplots*																	
Huiskavel	13.6	13.2	14.0	13.3	12.9	13.3	11.8	11.9	11.1	12.9	11.8	12.6	12.9	12.5	12.8	-3%	-1%
Veldkavel	16.4	14.6		14.4	12.5		12.8	12.2		12.2	12.3		13.9	12.9	12.9	-7%	-7%
Totaal**	14.5	13.7	14.2	13.6	12.8	13.1	12.1	12.0	11.4	12.7	12.0	12.5	13.2	12.6	12.8	-5%	-3%
Perceelsniveau																	
Grasgroei weide***	11.5	10.6	10.7	11.3	11.3	10.7	9.4	9.9	9.1	6.7	6.0	6.6	9.7	9.4	9.3	-3%	-5%
t.o.v. maaiplots huiskavel													-24%	-24%	-27%	-1%	11%
Kuilgrasopbrengst veldkavel	12.0	10.6		10.1	9.7		13.7	13.5		14.7	11.0		12.6	11.2	11.2	-11%	-11%
t.o.v. maaiplots veldkavel													-9%	-13%	-13%	42%	42%

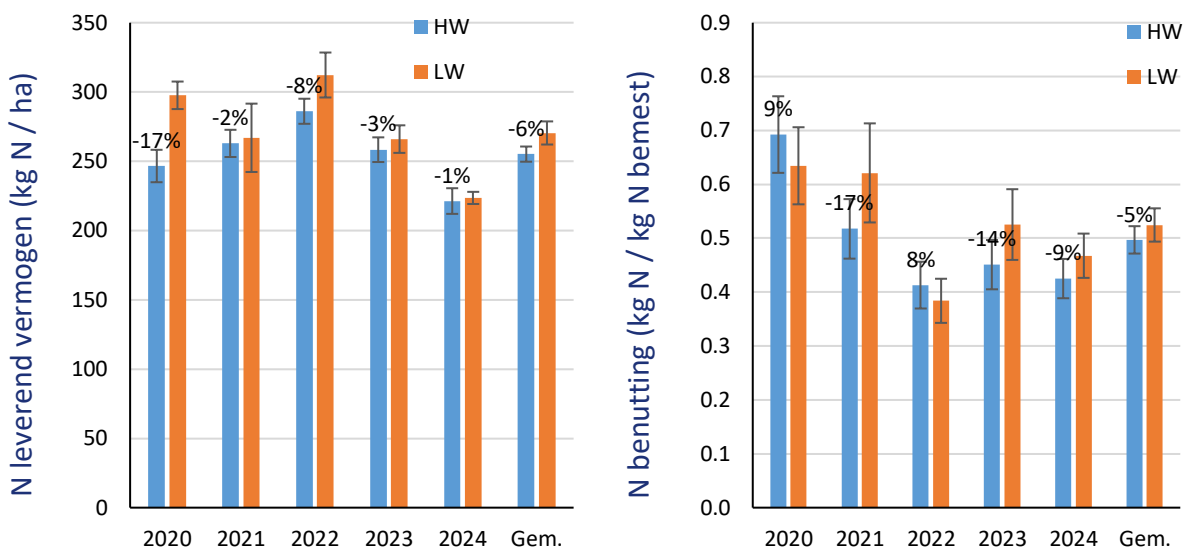
\*Maaiplotjes: 250 kg N / ha

\*\*gewogen gemiddelde o.b.v. oppervlakte

\*\*\* Grasgroei op percelen die beweid worden bepaald m.b.v. graskooien. 2024: metingen vanaf 28 mei

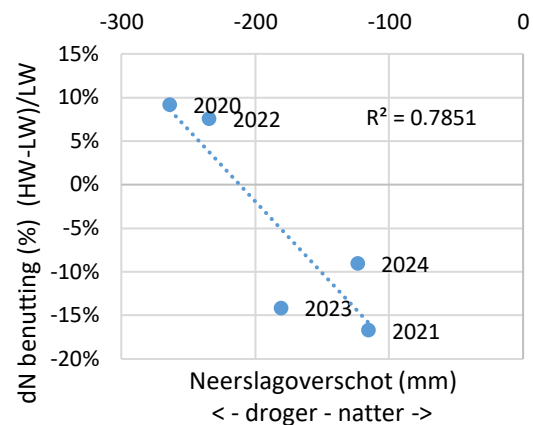
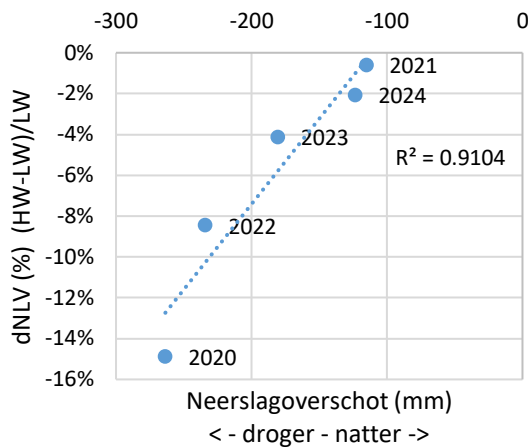
### N leverend vermogen en N benutting

Het N-leverend vermogen (NLV, N-opbrengst zonder N-bemesting) op de maaiplootjes was gemiddeld 255 kg N / ha voor hoogwater en 270 kg N / ha voor laagwater percelen. Dat is een verschil van -6% ( $P = 0,05$ , Figuur 4.17). De verschillen leken groter in het eerste jaar (2020: -17%) dan in de laatste twee jaren (-1%). De verschillen in opbrengst en NLV tussen hoogwater- en laagwaterpercelen leken groter (sterker negatief effect van hoge grondwaterstand) in relatief droge jaren (2020, 2022) dan in natte jaren (2021 en 2024, Figuur 4.18).



Figuur 4.17 Het N-leverend vermogen (N opbrengst bij 0 kg N bemesting) en de N benutting ((N opbrengst\_Bemest-N opbrengst\_ON)/N bemest) op maaiplootjes op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen in 2020 – 2024 (foutbalk = standaardfout). Percentages geven het relatieve verschil tussen HW en LW weer:  $(HW-LW)/LW \times 100\%$

De N-benutting (kg N-opname per kg N-bemest) was gemiddeld 5% lager voor de hoogwater dan de laagwater plots, maar dit verschil was niet statistisch significant (Figuur 4.17b). Bij een hoge grondwaterstand leek de aangewende kunstmest stikstof dus net zo efficiënt gebruikt te worden als bij een lage grondwaterstand. Er waren grote verschillen tussen de jaren in de N-benutting: deze varieerde van 0,66 in 2020 tot slechts 0,40 kg N / kg N bemest in 2022. Nadere analyse liet wel een duidelijk verband zien tussen de (niet significante) afname in N benutting bij hoogwater t.o.v. laagwater plots en het neerslagoverschot. In tegenstelling tot NLV lijkt het effect op N benutting juist negatief in natte jaren, terwijl in droge jaren er een positief effect was (Figuur 4.18b).



Figuur 4.18 Verband tussen neerslagoverschot (minimale neerslagoverschot tijdens het groeiseizoen) en a) het relatieve verschil in stikstof leverend vermogen (NLV) tussen de HW en LW maaiploots en b) het relatieve verschil in N efficiëntie tussen de HW en LW maaiploots.

## Graskwaliteit

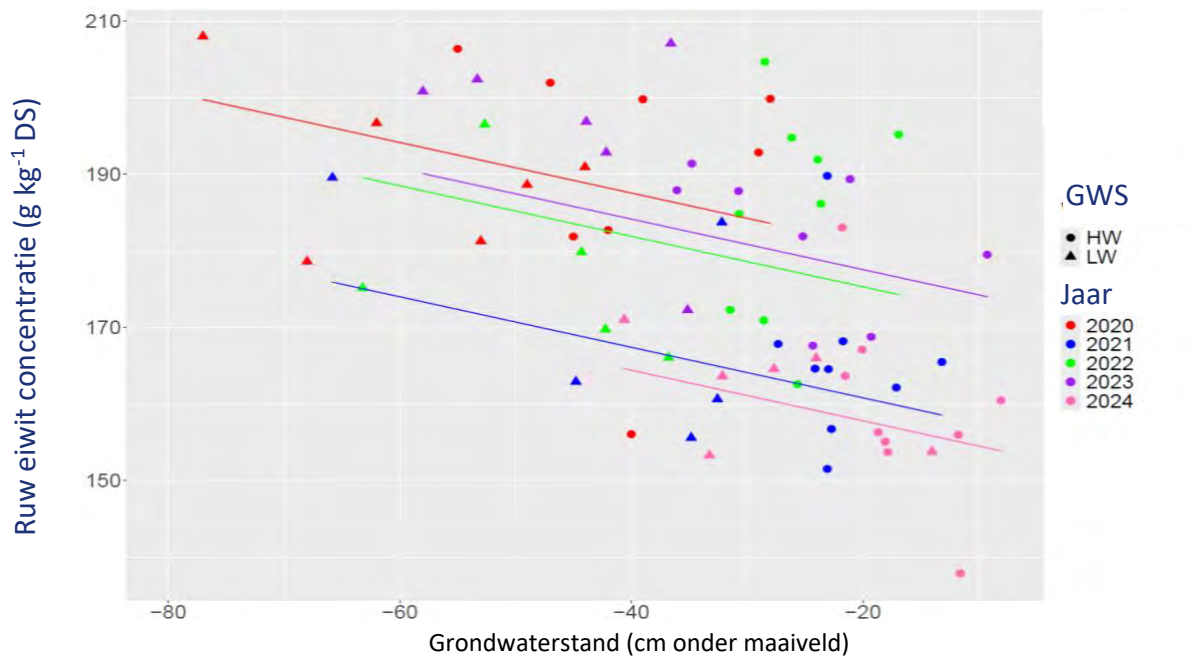
### Graskwaliteit maaiploots

Het ruw eiwitgehalte van de maaiploots nam af met gemiddeld 0,33 g / kg DS per cm verhoging in grondwaterstand (Figuur 4.19). De overige voederwaarde resultaten waren alleen beschikbaar voor 2022 – 2024 en er waren geen significante verschillen in voederwaarde tussen de laagwater en hoogwater maaiplootjes (Tabel 4.6), alleen het OEB gehalte was lager voor HW in 2023 (maar niet in de andere jaren). Er was grote variatie tussen de jaren: in 2022 waren het ruw eiwit en OEB gehalte hoger voor de hoogwater percelen en in 2023 juist lager. De voederwaarde per snede liet ook geen duidelijke patronen zien (Bijlage 1).

Tabel 4.6. De voederwaarde\* van maaiploots (bij 150 kg N / ha) op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen en het relatieve verschil (% = (HW-LW)/LW x 100%) voor 2022-2024.

	2022			2023			2024			Gem %
	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	
Ruw eiwit	174	185	6%	177	161	-9%	156	155	0%	-2%
VEM	914	899	-2%	832	837	1%	841	852	1%	-1%
DVE	77	76	-1%	70	67	-4%	66	66	1%	-2%
OEB	21	27	29%	25	14	-45%	11	10	-13%	-11%
VCOS (%)	78	77	-1%	74	73	-1%	74	74	0%	-1%

\*DVE = darm verteerbaar eiwit, OEB = onbestendig eiwit balans, VEM = voeder eenheid melk, VCOS = verteringscoëfficiënt organische stof (%).



Figuur 4.19 Verband tussen het ruw eiwitgehalte op maaiplootjes (bij 125 kg N bemesting / jaar) en de grondwaterstand (GWS) gedurende het groeiseizoen gemeten op de maaiplootjes in 2020 – 2024. Conditional  $R^2 = 0,79$ ; RMSE = 9,7. P-waarde grondwaterstand <0,001; jaar <0,001

### Graskwaliteit weidepercelen

De verschillen in voederwaarde van het weidegras (twee-wekelijkse plukmonsters) tussen de hoog en laagwater huiskavel waren zeer beperkt (Tabel 4.7). Het ruw eiwit en OEB gehalte waren in het voorjaar en het najaar iets lager voor de hoogwater percelen, terwijl deze in de zomer juist iets hoger was (trend interactie WP x seizoen:  $P = 0,06$ ). Het zwavelgehalte was significant lager voor de hoogwater percelen.

Tabel 4.7. De voederwaarde en mineralen gehaltenes (g / kg drogestof) van weidegras op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen en het relatieve verschil ( $\% = (HW-LW)/LW \times 100\%$ ) op basis van twee-wekelijkse plukmonsters gemiddeld over 2020-2024. P-waarde (< 0,05) geeft significante effecten van grondwaterstand aan.

	2020			2021			2022			2023			2024			Gem %	P
	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%		
RE*	220	217	-1%	198	204	3%	221	210	-5%	208	205	-1%	197	193	-2%	-1%	ns**
DVE	95	93	-2%	87	90	3%	93	88	-6%	91	89	-2%	85	84	-1%	-2%	ns
OEB	57	54	-6%	40	44	11%	60	49	-17%	50	46	-8%	39	35	-11%	-7%	ns**
VEM	966	958	-1%	948	953	1%	947	927	-2%	965	950	-2%	925	920	-1%	-1%	ns
VCOS	81	80	-1%	80	80	0%	80	79	-2%	81	80	-1%	78	77	-1%	-1%	0.07
P										3.3	3.7	13%	3.7	3.7	2%	7%	0.07
K										32	32	0%	31	30	-5%	-3%	ns
S										4.4	3.8	-13%	4.0	3.5	-13%	-13%	<0.01

\*RE=ruw eiwit, DVE = darm verteerbaar eiwit, OEB = onbestendig eiwit balans, VEM = voeder eenheid melk, VCOS = verteringscoëfficiënt organische stof (%).

\*\*Trend: interactie tussen grondwaterstand en seizoen ( $P = 0,06$ ), zie tekst voor meer info

## Graskwaliteit maaisnedes

Van 2020 tot 2023 was de voederwaarde van het geogste kuilgras op de huis- en veldkavel zeker niet lager op de hoogwaterpercelen dan de laagwaterpercelen (Tabel 4.8, Bijlage 1). De variatie tussen de jaren was groter dan het effect van grondwaterstand. Echter, in 2024 was de voederwaarde van het geogste kuilgras een stuk lager op de hoogwaterpercelen. Dit was met name het gevolg van de slechte voederwaarde van de eerste snede, die pas op 8 juni geogst was op de hoogwater percelen ten opzichte van 7 mei voor laagwater.

Tabel 4.8. De voederwaarde van kuilgras geogst op de huis- en veldkavel op de hoogwater (HW) en laagwater (LW) percelen en het relatieve verschil ( $\% = (HW-LW)/LW \times 100\%$ ) gemiddeld over 2020-2023.

	2020			2021			2022			2023			2024			Gem %
	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	
Ruw eiwit	169	183	8%	154	145	-6%	155	160	4%	170	176	4%	155	132	-15%	-1%
VEM	792	891	13%	812	814	0%	918	889	-3%	887	891	1%	848	789	-7%	0%
DVE	63	75	19%	68	69	2%	70	72	3%	70	68	-2%	64	50	-22%	0%
OEB	55	48	-14%	35	17	-52%	32	34	5%	49	58	20%	37	26	-32%	-13%
VCOS	68	76	11%	73	71	-2%	77	76	-2%	76	76	0%	73	69	-6%	0%
Suiker	62	103	67%	68	98	43%	124	124	0%	104	108	3%	99	81	-18%	12%
Ruw As	94	93	-1%	121	97	-20%	97	96	0%	105	104	-1%	97	86	-12%	-7%

## Impact op bedrijfsvoering

De impact van de verhoogde grondstand op de timing van bemesting, oogst en beweiding staat weergegeven in Tabel 4.9. Van 2020 tot 2023 waren de gevolgen voor de bedrijfsvoering beperkt. Er was geen effect van de grondwaterstandverhoging op de timing van de kunstmestbemesting in het voorjaar, of op de datum van de eerste en laatste snede. Wel trad er bij de laatste snede op de HW veldkavel vaker rijshade op. De drijfmestbemesting in het voorjaar vond met name op de HW veldkavel vaak later plaats dan op de LW veldkavel door onvoldoende draagkracht. Dit varieerde van 5 dagen in 2020 tot 33 dagen in 2023 (toen een deel van de HW veldkavel pas na de eerste snede met drijfmest is bemest). Hierbij moet worden opgemerkt dat de LW veldkavel gelegen is op relatief diep ontwaterde, drogere percelen. Op de huiskavel was er nauwelijks effect van de grondwaterstand op de datum van drijfmestbemesting. De start van het weideseizoen was alleen in 2022 en 2023 2-3 dagen later op de hoogwater percelen. Gedurende het weideseizoen was er op de HW percelen niet vaker aanleiding om de koeien naar binnen te halen vanwege gebrek aan draagkracht gedurende natte periodes. In het najaar werden de HW koeien maximaal 6 dagen eerder op stal gebracht. Let wel, in het droge najaar van 2022 stonden ook de HW koeien nog tot 12 november buiten. Het weideseizoen was dus maximaal 7 dagen korter op de HW systemen.

In het extreem natte voorjaar van 2024, resulteerde de lagere draagkracht op de hoogwaterpercelen wel in een korter weideseizoen. De koeien konden op deze percelen pas eind juni voor het eerst naar buiten, terwijl het weideseizoen op de laagwaterpercelen 8 april startte. Desondanks moest tussen eind mei en eind juni ook deze groep nog een aantal weken op stal

doorbrengen vanwege de natte omstandigheden. Dit resulteerde in een verschil van 60 weidedagen tussen de hoog- en laagwater percelen, met 137 weidedagen voor de hoogwaterkoeien en 197 voor de laagwaterkoeien. Daarnaast was de kwaliteit van het geogoste ruwvoer een stuk lager doordat de eerste snede op de hoogwater veldkavel pas op 8 juni gemaaid kon worden. Zelfs toen waren de omstandigheden eigenlijk nog te nat.

Tabel 4.9. Overzicht van timing van drijfmestbemesting in het voorjaar, datum eerste snede, datum laatste snede, start en einde weideseizoen en het aantal weidedagen op de hoogwater en laagwater veld- en huiskavel van 2020 tot 2024.

	Jaar	Hoogwater		Laagwater		Verschil tussen HW & LW (dagen)	
Activiteit		HK	VK	HK	VK	HK	VK
Drijfmest-bemesting voorjaar	2020	20-mrt	25-mrt	20-mrt	20-mrt	0	5
	2021	22 feb-12 mrt	13-mrt	12-19 mrt	23-feb	-12.5	18
	2022	8-19 mrt	23-mrt	8-12 mrt	5-mrt	3.5	18
	2023	24-25 feb	22 mrt-27 mei*	24-25 feb	22-mrt	0	33
	2024	18-mrt	26-mrt	1-22 mrt	29-feb	7.5	26
Kunstmest bemesting voorjaar	2020	31 mrt-1 apr	1-apr	31 mrt-1 apr	1-apr	0	0
	2021	26-29 mrt	26-29 mrt	26-29 mrt	26-29 mrt	0	0
	2022	25-mrt	25-mrt	25-mrt	25-mrt	0	0
	2023	30-mrt	30-mrt	30-mrt	30-mrt	0	0
	2024	26-27 mrt	27-mrt	26-27 mrt	27-mrt	0	0
Datum eerste snede voorjaar	2020	12-mei	12-mei	12-mei	12-mei	0	0
	2021	31-mei	29-31 mei	28-29 mei	29-mei	2.5	1
	2022	9-mei	9-mei	9-mei	9-mei	0	0
	2023	2-mei	16-mei	2-mei	16-mei	0	0
	2024	7 mei-8 jun	8-jun	7-mei	7-mei	16	32
Datum laatste snede	2020	9-sep	15-sep	9-sep	15-sep	0	0
	2021	24-30 aug	12-okt	24-30 aug	12-okt	0	0
	2022	21-sep	5-okt	21-sep	5-okt	0	0
	2023	7-sep	26-sep	7-sep	26-sep	0	0
	2024	31-aug	15-okt	17-sep	15-okt	-17	0
		<b>Start</b>	<b>Eind</b>	<b>Start</b>	<b>Eind</b>	<b>Start</b>	<b>Eind</b>
Start / Einde weide- seizoen	2020	8-apr	20-okt	8-apr	24-okt	0	-4
	2021	15-apr	21-okt	15-apr	21-okt	0	0
	2022	15-apr	12-nov	13-apr	16-nov	2	-4
	2023	21-apr	13-okt	18-apr	19-okt	3	-6
	2024	24-jun	8-nov	8-apr	19-nov	77	-11
		<b>Opstal</b>	<b>Lengte (dagen)</b>	<b>Opstal</b>	<b>Lengte (dagen)</b>	<b>Opstal</b>	<b>Lengte (dagen)</b>
Tussentijds opstallen / totale lengte weide-seizoen	2020	17+18+23 mei	192	18+23 mei	197	1	-4
	2021	Niet	189	Niet	189	1	-1
	2022	Niet	211	Niet	217	0	-7
	2023	Niet	175	Niet	184	2	-6
	2024	Niet	137	22 mei-2 jun + 6-23 jun	197	28	-60

\*Deel van HW veldkavel pas na de eerste snede met drijfmest bemest

## 4.4 Discussie

### Draagkracht

Er was een sterk effect van grondwaterstand en bodemvochtgehalte op de draagkracht en insporing. De relatie tussen grondwaterstand en draagkracht was het sterkst in het najaar. In het voorjaar was de relatie tussen grondwaterstand en draagkracht over het algemeen minder sterk en in de zomer had de grondwaterstand vrijwel geen effect op draagkracht. Door de relatief hoge verdamping in het voorjaar en de zomer kan het bodemvochtgehalte in de bovenlaag zo snel afnemen dat de draagkracht voldoende is, ondanks een hoge grondwaterstand. Daarnaast was in het voorjaar de grondwaterstand ook relatief hoog voor de laagwaterpercelen. In het najaar is het verdampingsniveau lager, waardoor bij neerslag het bodemvochtgehalte snel toeneemt en de draagkracht relatief snel beperkend is, zeker als het uitgangsniveau van de grondwaterstand al hoger is.

Gedurende de jaren 2020 tot 2023 had deze lagere draagkracht geen grote impact op de bedrijfsvoering. Bemesting in het voorjaar kon soms iets later worden uitgevoerd, en met name voor de laatste snede in het najaar was de draagkracht soms beperkt. De start en lengte van de weideperiode werd nauwelijks beïnvloed door verschillen in grondwaterstand, er zaten steeds slechts een paar dagen tussen in- en uitschaarmoment voor HW en LW percelen. In de zomer was er op de HW percelen niet vaker aanleiding om de koeien tijdelijk op te stallen, zelfs bij hoge grondwaterstanden en veel regenval. Vooral de timing van drijfmestbemesting op de veldkavel in het voorjaar was lastiger bij een hoge grondwaterstand. Echter, in het zeer natte voorjaar van 2024 hadden de verschillen in draagkracht enorme impact op de bedrijfsvoering: de hoogwater koeien konden pas veel later naar buiten, en ook de eerste snede op de hoogwaterpercelen kon pas in juni worden gemaaid. Dit had enorme consequenties voor de ruwvoervoorziening op het bedrijf.

Daarnaast zijn op een aantal hoogwaterpercelen “kwelplekken” (plekken waar water plaatselijk lang blijft staan) ontstaan. Deze liggen vaak direct boven de drainagebuizen, en ontstaan vaak op plekken waar tractoren (onverwacht scherp) moeten draaien, zoals in de buurt van de afgerasterde maaiplots, maar ook op kopakkers. De ontwikkeling van de “kwelplekken” wordt in kaart gebracht. Er is nog meer onderzoek nodig om uit te zoeken of en hoe deze “kwelplekken” het beste kunnen worden behandeld.

De resultaten lieten zien dat de hogere zodedichtheid op de weidepercelen (huiskavel ten opzichte van veldkavel waar alleen werd gemaaid) een positief effect hadden op de draagkracht. Hoewel dit effect beperkt was (gemiddeld 0,1 MPa verschil tussen huis- en veldkavel) kan het tijdens kritieke perioden in het jaar wel degelijk een groot verschil maken. Bovendien lijkt de meetmethode voor draagkracht met behulp van een penetrometer (puntvormige conus met 5cm<sup>2</sup> oppervlakte) het effect van zodedichtheid te onderschatten. Als we de koeienpoot methode (met

een groter contactoppervlakte) gebruiken om de insporing te bepalen, is het effect van zodedichtheid groter. Er is meer onderzoek nodig om inzicht te krijgen of en hoe de schadedrempel voor draagkracht (geen schade als draagkracht > 0,7MPa is) afhangt van de zodedichtheid.

## Zode en botanische samenstelling

Er was geen effect van verhoogde grondwaterstand op zodedichtheid en de relatieve worteldichtheid op 20 cm. Op de hoogwater huiskavel was er een duidelijke afname van 60% naar 40% in het aandeel grassen die landbouwkundig als goed worden geclassificeerd (in het bijzonder Engels raaigras) tussen de start van de proef in 2021 en 2024. Het aandeel grassen die als landbouwkundig matig en slecht worden gewaardeerd, zoals ruw beemdgras en fioringras nam sterk toe, en er was ook een toename van kruiden zichtbaar, zoals kruipende boterbloem, paardenbloem en zilverschoon. Deze soorten staan er om bekend dat ze goed gedijen onder relatief natte omstandigheden. Op de veldkavel waren de trends minder duidelijk.

## Waterinfiltratiecapaciteit en bodemhydrofobie

In lijn met de verwachtingen was de waterinfiltratiesnelheid gedurende voor- en najaar (onder natte omstandigheden) hoger op de laagwater dan de hoogwater percelen. Dit was gerelateerd aan de hogere bodemvochtgehalten in de bovenlaag van de hoogwaterpercelen, die de waterinfiltratie in de bodem beperkten.

Daarnaast was de verwachting dat gedurende de zomermaanden het bodemvochtgehalte van de bovengrond hoger zou zijn bij de hoge grondwaterstand, waardoor de grond minder snel waterafstotend wordt en de waterbergende functie (zogenaamde sponswerking) bij hoge neerslag groter zou zijn. Echter, onder droge omstandigheden was er geen verschil in waterinfiltratiesnelheid tussen de hoog- en laagwaterpercelen. De waterafstotendheid van de bodem in augustus 2024, was iets lager voor de hoogwater dan de laagwater percelen, maar dit verschil was klein en niet statistisch significant. In de bovenlaag was er geen significant verschil in bodemvochtgehalte tussen de percelen met hoge- en lage grondwaterstand. Dit komt overeen met overige observaties, die laten zien dat een verhoogde grondwaterstand met name effect heeft op bodemvocht en daaraan gerelateerde draagkracht tijdens natte periodes in het voorjaar en het najaar, maar niet of nauwelijks in de zomer. Daarnaast is het effect van de verhoogde grondwaterstand groter op bodemvocht op 15 cm diepte t.o.v. 5 cm diepte. Dit geeft aan dat een verhoogde grondwaterstand naar verwachting weinig tot geen effect heeft op de bodemhydrofobie in de bovengrond. Tijdens drogere periodes zouden er op 15 cm diepte mogelijk wel verschillen kunnen ontstaan als deze sterker uitdroogt bij de lage grondwaterstand dan bij de hoge grondwaterstand. Het lijkt er dus op dat een verhoogde grondwaterstand geen sterk positief effect heeft op de sponswerking (vochtberging) van de bodem ten tijde van (piek)buien in de zomer, maar er zijn meer meetjaren nodig om hier een goed beeld van te krijgen.

## Grasproductie en kwaliteit

### *Onverstoorde groei in maaiplots*

De opbrengsten van de afgerasterde maaiplots geven een beeld van het effect van verhoogde grondwaterstand op de onverstoorde grasproductie. Hierbij gaat het dus met name om verschillen in groeisnelheid en mineralisatie door verschillen in bodemvochtgehalte en temperatuur. Daarnaast kunnen ook verschillen in botanische samenstelling en worteling een rol spelen. Gemiddeld over 2020 - 2024 was de onverstoorde grasgroei 5% lager op de hoogwaterplots dan de laagwaterplots. Dit kwam overeen met een afname in grasproductie van 44 kg DS / ha voor elke centimeter grondwaterstandverhoging. De theoretische grasgroei-reductie bij een (potentiële) verhoging van de grondwaterstand van -50 cm naar -20 cm kwam uit op 11%.

Deze afname in productie was sterk gerelateerd aan de gemeten afname van het stikstofleverende vermogen (gras N opname zonder N bemesting) van gemiddeld 270 kg N / ha voor de laagwaterplots naar 255 kg N / ha voor de hoogwaterplots. Het lagere N-leverend vermogen weerspiegelt de lagere mineralisatie bij een verhoogde grondwaterstand en is daarmee een belangrijke verklarende factor voor de lagere opbrengst. Een hogere grondwaterstand resulteert in nattere grond, wat weer resulteert in een lagere N mineralisatie. Daarnaast kan nattere grond ook de bodemtemperatuur in het voorjaar verlagen. De lagere mineralisatie is een belangrijke indicator dat deze maatregel inderdaad een remmend effect op de veenafbraak heeft.

De verwachting was dat de verhoging van de grondwaterstand met name in natte jaren een negatief effect op de opbrengst zou hebben, en dat dit in droge jaren mogelijk juist een positief effect zou geven. Echter, de verschillen in opbrengst en NLV tussen hoogwater- en laagwaterplots leken groter (meer negatief effect van hoge grondwaterstand) in relatief droge jaren (2020, 2022) dan in natte jaren (2021 en 2024). Dit lijkt verband te hebben met het feit dat het gerealiseerde verschil in grondwaterstand tussen de hoogwater en laagwater percelen juist groter was in droge jaren. Daarnaast zou het kunnen dat in natte jaren de mineralisatie zowel op de hoogwater- als laagwaterpercelen beperkt is, en dat de beperking in droge jaren juist sterker is op hoogwaterpercelen omdat de bodem hier langer nat en koud blijft. Echter, onderzoek door Holshof en Hoving (2019) liet geen verschil in bodemtemperatuur zien tussen verschillende droogleggingen, dus mogelijk is dit effect beperkt.

Een andere verklaring zou kunnen liggen in de verandering in de botanische samenstelling van de zode. Op de hoogwater huiskavel was er een duidelijke toename in ruw beemdgras en fioringras. Beide grassen gedijen goed onder natte omstandigheden en wortelen relatief ondiep. Echter, door de ondiepe wortels is de droogteresistentie van deze soorten zeer matig. Dit draagt er mogelijk toe bij dat het verschil in grasproductie tussen hoog- en laagwaterplots tijdens droge jaren relatief groter is dan in natte jaren.

In tegenstelling tot NLV was er geen significant effect van grondwaterstand op de N benutting van de aangewende kunstmest in de hoogwatermaaiplots. Wel was er een negatieve trend zichtbaar

van een hoge grondwaterstand op N benutting in natte jaren. In natte jaren is de kans op uitspoeling en denitrificatie bij een hoge grondwaterstand kennelijk groter.

### *Grasproductie op perceelsniveau:*

In tegenstelling tot bovenstaande onverstoorde grasgroei op afgerasterde maaiplootjes wordt het mogelijke effect van een hoge grondwaterstand op verschillen in grasgroei als gevolg van een sub-optimale timing van bemesting en oogst en door rijschade en vertrapping op grasgroei wel gemeten op perceelsniveau.

**Grasgroei weidepercelen gemeten onder graskooien:** Gemiddeld over 2021-2024 was de grasgroei op de weidepercelen 0,4 ton DS / ha (4%) lager op de hoogwater t.o.v. de laagwater percelen. Echter, dit verschil varieerde sterk tussen de jaren (van +2% in 2023 tot -7% in 2021 en 2024). Vergelijkbaar met de onverstoorde grasgroei, was het verschil in grasgroei tussen hoog- en laagwaterpercelen op seizoensniveau groter tijdens droge periodes (met laag neerslagoverschot). De relatieve grasgroei t.o.v. de onverstoorde maaiplootjes was nauwelijks verschillend tussen de hoog- en laagwaterpercelen, en leverde geen duidelijk indicatie voor grotere vertrappingschade bij hoogwater. In de praktijk wordt vertrappingschade vaak vermeden door koeien tijdens natte periodes (zoals bijvoorbeeld het voorjaar van 2024) niet in te scharen. Draagkrachtmetingen lieten zien dat (kortstondige) natte periodes in de zomer maar zelden tot draagkrachtproblemen leiden.

**Kuilgrasoogst:** De bruto maaiofbrengsten op de veldkavel waren gemiddeld 12% lager op de hoogwater ten opzichte van de laagwaterpercelen, en deze varieerde van -25% in 2024 tot -2% in 2023. De grote verschillen in 2024 waren direct gerelateerd aan de zeer lage draagkracht op de hoogwater maaikavel in het voorjaar, waardoor de percelen pas laat gemaaid konden worden en er aanzienlijke rijschade ontstond. Daarnaast heeft de latere drijfmestbemesting in het voorjaar en rijschade tijdens de laatste snede in het najaar op de hoogwater percelen ook een negatief effect gehad.

### **Graskwaliteit**

Op de maaiplootjes was er een lichte afname in ruw eiwit gehalte zichtbaar van gemiddeld 0,33 g / kg DS per cm verhoging in grondwaterstand. Dit hangt samen met het lagere N leverend vermogen bij een hoge grondwaterstand. Er waren geen consistente verschillen in graskwaliteit (RE, DVE en VEM) van de kuilsnedes tussen de hoog en laagwater percelen in 2020-2023: gevonden verschillen varieerden per jaar, maar ook per oogstmethode (maaiplootjes, weidemonsters, kuilgrasanalyse). De verschuiving in botanische samenstelling op met name de HW huiskavel vertaalde zich niet in een afname in de voederwaarde op deze percelen. Echter, in 2024 was de voederwaarde van het geoogste kuilgras een stuk lager op de hoogwaterpercelen. Dit was met name het gevolg van de slechte voederwaarde van de eerste snede, die pas op 8 juni geoogst was op de hoogwater percelen ten opzichte van 7 mei voor laagwater.

## 4.5 Conclusies

- **Draagkracht:** Verhoging van grondwaterstand tot -20 cm onder het maaiveld d.m.v. AWIS resulteerde in een afname in draagkracht met gemiddeld 0,2 MPa, maar dit was sterk afhankelijk van de omstandigheden op het veld. De relatie tussen grondwaterstand en draagkracht was het sterkst in het najaar, terwijl de draagkracht in de zomer nauwelijks werd beïnvloed door de grondwaterstand.
- De hogere zodedichtheid op de huiskavel ten opzichte van de veldkavel had een positief effect op draagkracht.
- Van 2020 tot 2023 had de hoge grondwaterstand geen grote effecten op de bedrijfsvoering, maar in het extreem natte 2024 resulteerde beperkte draagkracht in een korter weideseizoen en een zeer late oogst van de eerste snede.
- **Zode en botanische samenstelling:** Er was geen duidelijk effect van verhoogde grondwaterstand op de gemeten worteldiepte. Op de hoogwater huiskavel was er een duidelijke toename in het aandeel grassen die als matig en slecht worden gewaardeerd (ten koste van Engels raaigras), zoals ruw beemdgras en fioringras, en er was ook een toename van kruiden zichtbaar, zoals kruipende boterbloem, paardenbloem en zilverschoon. Deze veranderingen kunnen effecten hebben op de grasproductie en kwaliteit, maar zijn ook relevant voor de biodiversiteit.
- **Waterinfiltratiecapaciteit:** De waterinfiltratiecapaciteit onder natte omstandigheden in het voor- en najaar was hoger op de laagwater dan de hoogwater percelen. Dit was gerelateerd aan de hogere bodemvochtgehalten in de bovenlaag van de hoogwaterpercelen. Onder droge omstandigheden was er geen effect van grondwaterstand op waterinfiltratie en ook het effect op de waterafstotendheid van de bodem was beperkt. Het lijkt er dus op dat een verhoogde grondwaterstand geen sterk positief effect heeft op de sponswerking (vochtberging) van de bodem ten tijde van (piek)buien in droge periodes.
- **Grasproductie:**
  - o Het directe effect van grondwaterstand op de onverstoorde grasproductie (zonder vertrapping- en rijschade) gemeten in kleine maaiploots resulteerde in een afname in drogestofopbrengst van gemiddeld 44 kg DS / ha per cm waterstandverhoging. Dit was sterk gerelateerd aan een verlaging van het stikstofleverend vermogen van de bodem op de hoogwater ploots. Grondwaterstand had gemiddeld genomen geen effect op de N benutting van kunstmest, maar er was een trend zichtbaar dat in droge jaren de N benutting hoger was op de hoogwater maaiploots en in natte jaren juist lager. In tegenstelling tot de verwachting was het negatieve effect van de verhoogde grondwaterstand groter in droge jaren ten opzichte van natte jaren. Dit is mogelijk gerelateerd aan een verschuiving naar minder droogteresistente soorten (zoals

ruwbeemd en fioringras) en lagere mineralisatie. Dit negatieve effect lijkt sterker dan het positieve effect op N benutting in droge jaren.

- De gerealiseerde grasproductie op perceelsniveau (inclusief effecten van vertrapping, rij schade en aanpassingen in timing van bemesting en oogst als gevolg van lagere draagkracht) was gemiddeld 4% lager op weidepercelen en 12% lager op maaipercelen. De opbrengstreductie liep op tot 25% in 2024, toen lage draagkracht in het voorjaar de timing van bemesting en voederwinning sterk vertraagde.
- **Graskwaliteit:** Op de maaiplots was er een lichte afname in ruw eiwit gehalte zichtbaar van gemiddeld 0,33 g / kg DS per cm verhoging in grondwaterstand. Verder waren er geen consistente verschillen in graskwaliteit (ruw eiwit, DVE en VEM) tussen de hoog en laagwater percelen in 2020-2023. Echter, in 2024 resulteerde de zeer late eerste snede op de hoogwaterpercelen in een sterke reductie in voederwaarde.
- De combinatie van grasproductie, graskwaliteit en grasopname (smakelijkheid en oogstverliezen) bepaalt in sterke mate de melkproductie op systeemniveau. Dit zal verder worden bediscussieerd naar aanleiding van melkproductie uit eigen gras (op basis van VEM of Ruw eiwit) op basis van de kringloopwijzer (Hoofdstuk 7).

## 4.6 Referenties

- Beuving, J., Oostindie, K., & Vellinga, T. (1989). *Vertrappingsverliezen door onvoldoende draagkracht van veengrasland* (6). Staring Centrum.
- Dekker, L.W. & Ritsema, C. J. (1996). Variation in water content and wetting patterns in Dutch water repellent peaty clay and clayey peat soils. *Catena*, 28(1-2), 89-105.
- De Vos, J., Van Bakel, P., Hoving, I., & Smidt, R. (2010). Raising surface water levels in peat areas with dairy farming: Upscaling hydrological, agronomical and economic effects from farm-scale to local scale. *Agricultural water management*, 97(11), 1887-1897.
- Hoekstra, N.J., Sleiderink, J.W.M., Deru, J.G.C., van Agtmaal, M. & van Eekeren, N. (2020). Hydrofobie op veengrond: oorzaken en maatregelen - Rapportage van lab-experimenten in Project Integrale Bodemverbetering Feangreide. 2020-047 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Hoekstra, N., Holshof, G., Schils, R., Philipsen, B., van Reenen, K., van Houwelingen, K., & van Eekeren, N. (2019). The effect of kurzrasen and strip-grazing on grassland performance and soil quality of a peat meadow. *Sustainability*, 11(22), 6283.
- Holshof, G. & I.E. Hoving (2019). *Verbeteren tijdstip voorjaarsbemesting op basis van bodemtemperatuur*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1154
- Holshof, G., van Houwelingen, K., & Lenssinck, F. (2011). Landbouwkundige gevolgen van peilverhoging in het veenweidegebied.
- Holshof, G. (2008). Redt peilverhoging het veen én de veehouder? V-Focus, 2.
- Holshof, G., & Vellinga en J Beuving, T. V. (1994). Vertrapping en grasaanbod op veengrasland met een slechte draagkracht.
- Hoving, I., van den Akker, J., Pleijter, M., & van Houwelingen, K. (2011). Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains in polder Zeevang.

- Hoving, I.E., et al., 2023. *Statistische analyse veldexperimenten waterinfiltratiesystemen in het westelijke veenweidegebied van Nederland; Rapportage veldonderzoeken die hebben plaatsgevonden in de periode 2004-2021*. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Janssen, P. W., Hoekstra, N. J., & van Eekeren, N. (2023). Higher density swards have a higher load bearing capacity. *Grass and Forage Science*, 78(1), 204-213.
- Jongbloed, M. Hoekstra, N.J., Groot, J., van den Hout, M., Hoving, I., Janssen, P. en van Eekeren N., 2025. Peat under pressure: the effect of raised groundwater tables on load-bearing capacity of agricultural peat meadows. In preparation.
- Philipsen, B., & Schils, R. (2019). Bouwstenen beweiden. <https://doi.org/https://doi.org/10.18174/475891>
- Scholz, A., & Hennings, H. H. (1996). Bearing capacity for grazing in connection with the rewetting of fens. *Zeitschrift Für Kulturtechnik Und Landentwicklung*, 36(3), 162–164.
- Van Dijk, H.M., Hoekstra, N.J., Ripoll-Bosch, R., Hoving, I., Pijlman, J. en van Eekeren, N., 2025. Assessing peat pasture performance with raised groundwater tables. Accepted, *European Journal of Agronomy*.
- Van Eekeren, N., Deru, J., Philipsen, B., Lenssinck, F., & Meerkerk, B. (2013). Zoeken naar bodemstructuur en draagkracht onder grasland. *V-Focus*, 2
- Van Wijk, A. L. M. (1977). *Bodemtechniek* (1006; p. 39). Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.

## 5. Thema Dier

### 5.1 Inleiding

In Boeren op Hoog Water is voor wat betreft diergezondheid vooral gekeken naar risico's. Dit vanuit de gedachte dat behoud van diergezondheid een randvoorwaarde is bij veranderingen op een melkveebedrijf. Risico's voor diergezondheid die geassocieerd worden met natte omstandigheden en mogelijk dus ook met hogere grondwaterstand, zijn leverbot, blauwtong en klauwproblemen.

Leverbot maakt koeien gevoeliger voor een infectie met salmonella, en beide kunnen effect hebben op de weerstand en vruchtbaarheid van koeien (Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025a en 2025c; Neijenhuis et al., 2014; Hoving et al., 2021). Ook zijn het allebei zoönosen die dus kunnen worden overgedragen op mensen (RIVM, 2025; Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025a en 2025c). Nattigheid wordt ook geassocieerd met een toename van knutten, die drager kunnen zijn van het virus dat Blauwtong veroorzaakt (Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025b). Als nattere omstandigheden voetzolen zachter maken, en daarmee gevoeliger voor verwondingen en bacteriële infecties (Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025d), dan is bij een hogere grondwaterstand ook een groter risico voor klauwgezondheid denkbaar. Nattere omstandigheden worden geassocieerd met een toename van bepaalde giftige plantensoorten, zoals lidrus (Timmermans e.a., 2016). En om het geheel van risico's voor diergezondheid, ook van risico's die we (nog) niet in beeld hebben, te kunnen inschatten, is behoud van conditie en melkproductie ook als relevante indicator voor diergezondheid beschouwd.

Om de bovengenoemde risico's voor diergezondheid in beeld te krijgen is de gezondheid van de koeien op de Hoogwaterboerderij breed gemonitord.

### 5.2 Werkwijze

Experimentele opzet

Tabel 5.1 bevat de belangrijkste kenmerken van de onderzochte systemen.

Tabel 5.1 Overzicht van de drie bedrijfssystemen (zie ook Hoofdstuk 2).

Kenmerk	Bedrijfssystemen		
	Holstein – laagwater (HF-L)	Holstein – hoogwater (HF-H)	Jersey – hoogwater (J-H)
Streefgrondwaterstand (cm)	-	20 cm onder maaiveld	
Slootwaterpeil (cm)	Regulier: ca. 45-50 cm onder maaiveld	Ca. 20-30 cm onder maaiveld	
Veeras	Holstein	Jersey	
Aantal koeien	44	22	29
Huiskavel (ha)	15,3	7,2	7,6
Veldkavel (ha)	6,6	3,7	3,3
Totaal (ha)*	21,96	10,88	11,02
Koeien per ha	2,0	2,0	2,7
Melksysteem	Robot 1	Robot 2	
Mestopslag	Mestkelder 1	Mestkelder 2	
Kunstmest (kg N per ha)		80	
Krachtvoer (kg per ha)**		3600	
Krachtvoer (kg per koe)**		1580	1200

\* In 2020 waren de oppervlakten ca. 20,1, 10,1 en 10,3 ha voor HF-L, HF-H en J-H, respectievelijk. Vanaf 2021 zijn de oppervlakten uitgebreid naar de waarden in de tabel.

Zie ook hoofdstuk 2 (Opzet van de bedrijfssystemen), 7 (Klimaat & milieu) en 8 (Economie & verdienmodel) voor informatie over de compensatie van het rantsoen van met name de hoogwatersystemen met bijvoer om de conditie van de dieren te waarborgen bij afnemende voederwaarde van het voer van eigen land.

### Lichaamsconditie en -gewicht

Maandelijks werd de conditie (Body Condition Score; BCS) gescoord en het gewicht bepaald. De conditie van melkgevende en droge koeien is gescoord aan de hand van een standaard protocol (Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025e; Handleiding conditiescore melkvee, 1998). Het gewicht van melkgevende koeien is maandelijks op 2 achtereenvolgende dagen bepaald met een veeweger. Van die 2 dagen werd het gemiddelde berekend.

## Melkproductie en celgetal

De melkproductie is gemeten bij alle melkbeurten, dus 2 à 3 keer per dag in de robot. De melksamenstelling is via de melkcontrole bepaald. Deze vond plaats elke 4 weken. Van alle onderzochte gehalten is alleen het celgetal meegenomen in deze rapportage.

## Leverbot en salmonella

Jaarlijks, minimaal 2 maanden na opstallen, is van elk dier onderzocht of er antistoffen tegen leverbot aanwezig waren en werd de hoeveelheid Salmonella antistof bepaald in het bloed.

Er is een eenmalig veldbezoek georganiseerd met een leverbotslakkenexpert om in te schatten of op de percelen van de Hoogwaterboerderij op zinvolle wijze onderzoek gedaan kon worden naar de aanwezigheid van leverbotslakken.

## Blauwtong

Er is een eenmalig veldbezoek georganiseerd met een knuttenexpert om in te schatten of op de percelen van de Hoogwaterboerderij op zinvolle wijze onderzoek gedaan kon worden naar de aanwezigheid van knutten.

Alle dieren zijn in december 2023 eenmalig getest op de aanwezigheid van antistoffen tegen het blauwtongvirus. In het voorjaar van 2024 zijn alle koeien gevaccineerd, waardoor bloedonderzoek naar antistoffen door een veldvirus niet meer mogelijk was.

## Klauwgezondheid

Twee keer per jaar, rond de overgang van het stal- naar het weideseizoen en andersom, zijn van alle melkgevende dieren de klauwen bekapt door een professionele bekapper en gescoord op een aantal gezondheidsproblemen (Digiklauw, 2025). In 2021 werd gescoord op Mortellaro, stinkpoot, zoolbloeding, wittelij, zoolzweer en tyloom. Per 2022 werd ook gescoord op chronische bevangenheid, dikke hak, teennecrose en tussenklauwontsteking. De uitslagen werden vastgelegd in Digiklauw. Indien nodig volgde behandeling.

## Lidrus

Jaarlijks is voor en na de zomer de botanische samenstelling onderzocht van alle percelen van de Hoogwaterboerderij (methode 'Sikkema'; zie Hoofdstuk 6). In september 2024 zijn met deze methode eenmalig de slootkanten onderzocht. In juni 2022 is eenmalig de vegetatie van de percelen en slootkanten geïnventariseerd door de Universiteit Utrecht (methode 'Utrecht'; zie Hoofdstuk 6). In de resultaten van deze inventarisaties is gekeken naar de aanwezigheid van lidrus.

## Statistische analyse

In de aanloop naar deze eindrapportage is nagedacht of en hoe statistische analyse van de resultaten de vraag 'is er een relatie tussen grondwaterstand en diergezondheid?' zou kunnen beantwoorden. Er zijn methoden waarmee, als er verschillen zijn tussen de drie bedrijfssystemen, deze aantoonbaar zouden zijn (o.a. variantieanalyse en regressie-analyse). Echter, de drie bedrijfssystemen verschillen op dusdanig veel onderdelen van elkaar, dat eventueel gevonden verschillen vervolgens niet verklaard kunnen worden aan de hand van een verschil in grondwaterstand. Om deze reden is besloten om voor deze eindrapportage af te zien van statistische analyse. Immers, met statistische analyse zou de schijn van verschillen en dus van het bestaan van een relatie tussen grondwaterstand en diergezondheid gewekt kunnen worden. Dat werd als niet gewenst beschouwd. In de discussie wordt verder ingegaan op wat wel afgeleid kan worden uit de resultaten.

## 5.3 Resultaten

### Lichaamsconditie en -gewicht

Tabel 5.2 laat de gemiddelde conditiescores van de koeien zien per systeem per jaar, met 2.61 als laagste en 2.72 als hoogste score. Bekeken per jaar, lijken er geen noemenswaardige verschillen te zijn tussen de bedrijfssystemen voor wat betreft conditie. Logischerwijs lagen de condities van de koeien tussen de bedrijfssystemen dicht bij elkaar, omdat de bijvoeding op de drie bedrijfssystemen was gericht op het conditiebehoud van de koeien.

*Tabel 5.2 Gemiddelde conditiescore in relatie tot bedrijfssysteem en jaar.*

	Holstein LW	Holstein HW	Jersey HW
2021	2.68	2.65	2.61
2022	2.71	2.72	2.65
2023	2.71	2.65	2.61
2024	2.66	2.66	2.66

Tabel 5.3 laat het gemiddeld gewicht zien per bedrijfssysteem per jaar, variërend van 604 tot 642 voor Holstein en van 422 tot 445 kg voor Jersey koeien. Bekeken per jaar, lijken er geen noemenswaardige verschillen te zijn tussen de Holsteinsystemen. Logischerwijs zijn er vanwege raseigenschappen wel verschillen tussen de Holsteinsystemen enerzijds en het Jerseysysteem anderzijds.

Tabel 5.3 Gemiddeld gewicht in relatie tot bedrijfssysteem en jaar.

	Holstein LW	Holstein HW	Jersey HW
2021	604	606	422
2022	628	636	445
2023	637	642	442
2024	641	632	433

## Melkproductie en celgetal

Tabel 5.4 laat de melkproductie per bedrijfssysteem zien, per koe per dag. Gemiddeld over het jaar, lijken er geen verschillen te zijn tussen de Holsteinsystemen. Logischerwijs vanwege de ras eigenschappen wel tussen de Holsteinsystemen enerzijds en het Jerseysysteem anderzijds.

Tabel 5.4 Gemiddelde melkproductie (uitgedrukt in kg/dier/dag) in relatie tot bedrijfssysteem en jaar. Noot: meetmelkproducties per koe en hectare zijn weergegeven in hoofdstuk Klimaat & milieu.

	Holstein LW	Holstein HW	Jersey HW
2021	23.3	21.5	15.4
2022	21.4	19.6	14.2
2023	22.7	22.1	15.7
2024	21.6	19.5	14.5

Tabel 5.5 laat het percentage koeien zien met een verhoogd celgetal per bedrijfssysteem per jaar. Het celgetal geldt als verhoogd als het hoger is dan 150.000 cellen/ml bij vaarzen of hoger dan 250.000 cellen/ml bij oudere koeien (CRV, 2025; Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025f). Bekeken per jaar, lijken de Holsteinsystemen nauwelijks van elkaar te verschillen. Het Jerseysysteem telt structureel een lager percentage koeien met verhoogd celgetal dan de Holsteinsystemen.

Tabel 5.5 Percentage koeien met verhoogd celgetal (>200.000).

	Holstein LW	Holstein HW	Jersey HW
2021	13	15	9
2022	24	26	14
2023	17	17	10
2024	15	18	12

## Leverbot en salmonella

Tabel 5.6 laat zien dat er nauwelijks of geen dieren waren met een leverbot besmetting op de Hoogwaterboerderij.

Tabel 5.6 Aantal dieren met antistoffen tegen leverbot in het bloed in relatie tot het aantal geteste dieren. Omdat in 2024 niet getest is, zijn de resultaten van januari 2025 aan de tabel toegevoegd. Met ingang van 1 januari 2025 zijn er twee Holsteinsystemen en is er geen Jerseysysteem meer.

	Holstein LW	Holstein HW	Jersey HW
1 febr 2021	3/46	0/23	0/30
10 febr 2022	2/44	0/19	0/26
17 jan 2023	0/42	0/19	0/29
5 dec 2023	0/44	0/23	0/26
27 jan 2025	1/45	1/45	n.v.t.

**Veldbezoek expert leverbotslakken.** Dat leverbot geen risico vormt op de Hoogwaterboerderij, werd bevestigd middels een veldbezoek door een expert op het gebied van leverbotslakken (Moll, 2023). Op 20 april 2023 is met de heer Moll een ronde gelopen over de Hoogwaterboerderij en over de percelen van de naastgelegen Blaarkopboerderij. Op basis van vooraf opgestuurde informatie over bodemeigenschappen van de graslandpercelen en bloedonderzoek aan de koeien van de Hoogwaterboerderij schatte hij het risico van leverbotslakken en dus leverbot, laag in. De pH, in april 2020 gemeten op 15 percelen van de Hoogwaterboerderij, was gemiddeld 5.1 (4.7-5.3; uitslagen Eurofins). De leverbotslak kan bij pH < 6 eigenlijk niet leven (Moll, persoonlijke informatie o.b.v. onderzoek ca. 15 jaar geleden). Ook worden bij grondwatertrap I (25-50 cm onder maaiveld (Knotters e.a., 2018) minder slakken gezien dan bij grondwatertrap II (25-80 cm onder maaiveld (Knotters e.a., 2018) en III (25-120 cm onder maaiveld (Knotters e.a., 2018); Moll, persoonlijke informatie). Tijdens het veldbezoek aan de Hoogwaterboerderij is gekeken op natte plekken ('kwelplekken' boven de drukdrainagebuizen), in greppels en langs slootkanten op percelen 'Jersey Hoog' en 'Holstein Hoog'. De greppels waren nat, maar bevatten geen water. Tijdelijk natte plekken in het land zijn voor leverbotslakken niet interessant; die houden van permanent natte plekken, volgens dhr. Moll. Tijdens deze rondes is geen enkele leverbotslak gevonden. Op basis van de bloedonderzoeken, de bodemkenmerken en het veldonderzoek concludeerde de heer Moll dat leverbot geen probleem is op de Hoogwaterboerderij. Nieuwe runderen of schapen zouden het nog kunnen 'aanvoeren', maar vanwege het ontbreken van de tussengastheer zou een infectie na introductie 'dood' lopen.

Bloedonderzoek naar salmonella aan de dieren van de Hoogwaterboerderij (Tabel 7) laat zien dat t/m december 2023 geen enkel dier een verhoogde titerwaarde had. Alleen in december 2024 scoorden enkele dieren 150 of hoger, de titerwaarde waarbij vervolgonderzoek geadviseerd wordt om aan te tonen of er sprake is van een actuele besmetting (EVL, 2024). In 2021 was Salmonella nog geen onderdeel van de monitoring op de Hoogwaterboerderij.

Tabel 5.7 Aantal dieren met verhoogde waardes van antistoffen tegen salmonella in het bloed.

	Holstein LW	Holstein HW	Jersey HW
10 febr 2022	0/44	0/19	0/26
17 jan 2023	0/42	0/19	0/29

5 dec 2023	0/44	0/19	0/29
Dec 2024	2/39	1/20	1/24

## Blauwtong

**Aanwezigheid knutten.** Tot en met voorjaar 2023 gold dat blauwtong sinds 2012 niet meer aangetoond was in Nederland (NVIC, 2016), hoewel in 2019 en 2020 nog wel in België (Bloemberg-van der Hulst, 2020). Nederlands onderzoek naar knutten vond vooral plaats vanwege zorgen om overlast voor omwonenden bij vernatting van (natuur)gebieden, dus niet als zijnde de overbrenger van blauwtongvirus. Om het risico op aanwezigheid van knutten in te schatten en om daarmee in te schatten of onderzoek ernaar zinvol zou zijn, is op 26 april met een knutten- en muggenexpert (van Duinen, 2023) een ronde gelopen over de Hoogwaterboerderij en over de percelen van de naastgelegen Blaarkopboerderij (zie Figuur 5.1).



Figuur 5.1 Afgelegde route (blauwe lijnen) op de percelen van de Hoogwaterboerderij met knutten- en muggenexpert (van Duinen, 26 april 2023).



Figuur 5.2 Grasland met (van links naar rechts) weinig tot veel water in de vorm van plassen, bekeken met knutten- en muggenexpert (van Duinen, 26 april 2023).

Het risico op overlast door knutten en steekmuggen werd ingeschat als laag. Beide diergroepen hebben namelijk langdurig (>3 weken) stilstaand water nodig, liefst in een (tegen wind en zon) beschutte omgeving zonder vissen als predator. Dergelijke plekken bleken nauwelijks aanwezig.

Natte plekken in het grasland zagen er niet uit als langdurig nat genoeg en/of waren niet beschermd tegen wind of zon (zie Figuur 5.2). Er waren immers geen landschapselementen zoals bosjes. Nader onderzoek naar de aanwezigheid in relatie tot grondwaterstand leek niet zinvol en is niet gedaan.

**Uitbraak blauwtong.** Aan het eind van zomer 2023 bleken op de Hoogwaterboerderij koeien besmet met blauwtong. Tot half november zijn in drie golven 83 van de 117 koeien van KTC (Hoogwaterboerderij en Blaarkopboerderij) besmet geraakt met blauwtong. Dit had als gevolg uitval, verlies aan conditie, overige gezondheidsproblemen en gemiddeld per dag een 6 kg lagere melkproductie. Doordat de koeien flink ziek geweest zijn en ook het jongvee getroffen is, werden er gevolgen verwacht tot in 2024. Van de 8 overleden dieren waren er 5 Jersey en 3 Holstein. Tabel 5.8 bevat de resultaten van bloedonderzoek aan de dieren van de Hoogwaterboerderij op 5 december 2023.

Tabel 5.8 Resultaten bloedonderzoek naar antistoffen tegen het blauwtong-virus (5 december 2023).

	Holstein LW	Holstein HW	Jersey HW
Negatief	5	9	14
Verdacht	4	1	0
Positief	35 (80%)	13 (57%)	12 (46%)
Totaal	44	23	26

## Klauwgezondheid

Tabel 5.9 laat zien hoeveel koeien een aandoening hadden aan één of meer klauwen in de periode april 2021 t/m november 2024. In 2021 werd nog niet gescoord op chronische bevangenheid, dikke hak, teen necrose en tussenklauwontsteking, waardoor de werkelijke aantallen dieren met een aandoening hoger waren dan weergegeven in de tabel. Afhankelijk van het moment scoort het Holstein hoogwater systeem vergelijkbaar met of slechter dan het Holstein laagwatersysteem. Het Jersey hoogwatersysteem scoort over het algemeen het beste. Ook laat Tabel 5.9 zien dat in 2024 het aantal dieren met een klauwprobleem lager is dan in de voorgaande jaren.

Tabel 5.9 Aantal en % koeien per bedrijfssysteem met één of meer aandoeningen aan één of meer klauwen.

	2021		2022		2023		2024	
	6 april* N=72	29 nov* N=85	Aug/sept N=107	29 nov N=96	26 mei N=114	13 okt N=115	17 mei N=90	19 nov N=87
Holstein LW	10/34 (29%)	4/38 (11%)	15/41 (37%)	12/36 (33%)	12/38 (32%)	14/43 (33%)	9/40 (23%)	14/43 (33%)
Holstein HW	8/15 (53%)	2/19 (11%)	8/22 (36%)	9/18 (50%)	8/21 (38%)	12/23 (52%)	7/22 (32%)	6/21 (29%)
Jersey HW	6/23 (26%)	2/28 (7.1%)	7/24 (29%)	8/27 (30%)	9/29 (31%)	8/26 (31%)	5/28 (18%)	1/23 (4%)

Totaal	24/72 (33%)	8/85 (9.4 %)	31/107 (29%)	35/96 (36%)	33/114 (29%)	41/115 (36%)	21/90 (23%)	21/87 (24%)
--------	----------------	-----------------	-----------------	----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------

\* In 2021 waren chronische bevangingheid, dikke hak, teen necrose en tussenklauwontsteking nog geen onderdeel van Digiklauw. Daardoor is het werkelijke aantal dieren met minimaal één afwijking in 2021 waarschijnlijk hoger dan weergegeven in deze kolom.

## Lidrus

Er is geen lidrus aangetroffen op de percelen of in de slootkanten (zie Hoofdstuk 6. Biodiversiteit).

## 5.4 Discussie

### Beperkte bewijskracht voor relatie tussen grondwaterstand en diergezondheid

De resultaten in dit hoofdstuk zijn beschreven in termen van verschillen tussen de drie bedrijfssystemen. In hoeverre kunnen dergelijke verschillen geïnterpreteerd worden als zijnde gerelateerd aan verschil in grondwaterstand? Voor de beantwoording van deze vraag, zijn onderstaande aspecten van belang.

**Statistisch wensbeeld vs praktische haalbaarheid.** Vanuit statistisch oogpunt was de ideale opzet van de Hoogwaterboerderij een '2x2 ontwerp aangelegd in herhalingen', waarbij twee rassen elk in een hoog- en een laag watervariant gehouden werden. En dat in herhalingen, dus meerdere van dergelijke boerderijen. Om goed verdedigbare praktische redenen is de boerderij echter ingericht met drie bedrijfssystemen (vergeleken met het 2x2 ontwerp ontbrak het Jersey laagwatersysteem) en zonder herhalingen.

**Grondwaterstand niet het enige verschil tussen bedrijfssystemen.** De drie bedrijfssystemen verschillen onderling op meer onderdelen dan ras en grondwaterstand. Zo zijn er verschillen in het rantsoen ontstaan vanaf het moment dat besloten is om met name in de hoogwatersystemen met bijvoer te corrigeren voor de afnemende ruwvoeropbrengsten en voederwaarde. Daarnaast verschilt de stalrichting en routing van de drie bedrijfssystemen doordat het hoogwater Holsteinsysteem en het hoogwater Jersey systeem samen de ene helft van de stal gebruiken. Er is o.a. een selectiepoort aangebracht zodat Holstein hoogwater en Jersey hoogwater ieder naar hun eigen voerhek werden geleid, met als bijeffect een op- en afstapje. Dit kan gevolgen hebben voor klauwgezondheid. Ook verschilden de bedrijfssystemen voor wat betreft aantal koeien. De twee hoogwatersystemen (22 en 29 dieren) zijn fors kleiner dan het laagwatersysteem (44 dieren), waardoor kleine veranderingen op dierniveau groot kunnen uitpakken. Eén koe met leverbotbesmetting in een systeem van 44 dieren komt overeen met 2.3%, terwijl één koe in een systeem van 22 dieren overeenkomt met 4.5%. Daarnaast, bij het vervangen van een ziek dier door een nieuwe vaars, laat staan meerdere dieren tegelijk, neemt de gemiddelde leeftijd sneller af in een kleine groep dan in een grote. Grondwaterstand is dus niet het enige verschil tussen de

bedrijfssystemen. Er is dus sprake van drie verschillende bedrijfssystemen. En verschillen in groeps grootte kunnen onbedoeld ook leiden tot het uitvergrooten van kleine verschillen.

Kortom, er kunnen weliswaar verschillen tussen de drie bedrijfssystemen zijn, maar:

- De bedrijfssystemen verschillen op meer aspecten dan alleen grondwaterstand
- Door verschillen in groeps grootte kunnen kleine verschillen uitvergroot zijn, met name in de hoogwaterbedrijfssystemen

De zekerheid waarmee ogenschijnlijke verschillen tussen bedrijfssystemen kunnen worden toegeschreven aan verhoogde grondwaterstand, is dus zeer beperkt. Bevestiging via vervolgonderzoek, bijvoorbeeld door langer en op meer locaties te meten, is daarvoor nodig.

### Lichaamsconditie en -gewicht

Voor wat betreft conditiescores en diergewicht is het belangrijk te realiseren dat er met bijvoergecorrigeerd is om de conditie van met name de hoogwatersystemen niet te laten afnemen. Er kon dus geen relatie aangetoond worden tussen grondwaterstand enerzijds en conditie en diergewicht anderzijds.

### Melkproductie en celgetal

Voor wat betreft melkproductie is het belangrijk te realiseren dat er met bijvoergecorrigeerd is om de conditie van met name de hoogwatersystemen niet te laten afnemen. Er kon dus geen relatie aangetoond worden tussen grondwaterstand enerzijds en melkproductie anderzijds. Opmerking: In dit hoofdstuk is alleen gekeken naar de melkproductie per koe als indicator voor diergezondheid. In o.a. hoofdstuk 7 (Klimaat en milieu) is de meetmelkproductie (melkproductie gecorrigeerd voor het vet- en eiwitgehalte) per hectare vergeleken als onderdeel van de vergelijking tussen de bedrijfssystemen.

Voor wat betreft het aandeel koeien met verhoogd celgetal in de melk, verschilden de Holsteinsystemen nauwelijks van elkaar. Het Jersey-systeem telt structureel een lager percentage koeien met verhoogd celgetal dan de Holsteinsystemen. Er is dus geen aanwijzing gevonden voor een relatie tussen grondwaterstand enerzijds en percentage koeien met verhoogd celgetal anderzijds.

### Leverbot en salmonella

Besmetting met leverbot kwam nauwelijks of niet voor op de Hoogwaterboerderij, waarschijnlijk vanwege de bodemcondities (pH, geen klei-op-veen) die ongunstig waren voor de tussengastheer leverbotslak. Daardoor kon de parasiet, de enkele keer dat deze aanwezig was, zijn levenscyclus waarschijnlijk niet voltooien. Doordat leverbotinfecties grotendeels afwezig waren, kon dus op de Hoogwaterboerderij geen relatie met bedrijfssysteem vastgesteld worden. Dit zegt echter niets

over een dergelijke relatie in andere gebieden. Immers, uit eerder onderzoek kwam wel een relatie tussen vernatting met greppelinfiltratie of een waterinfiltratiesysteem en de aanwezigheid van meer leverbotslakken naar voren (Hoving et al., 2021).

Ook salmonella was grotendeels afwezig, waardoor er geen relatie met bedrijfssysteem vastgesteld kon worden. Er is dus geen aanwijzing gevonden voor een relatie tussen grondwaterstand enerzijds en leverbot of salmonella anderzijds.

## Blauwtong

Op basis van de risico inschatting van een knutten- en muggenexpert (voorjaar 2023) werden er voor wat betreft aantallen knutten geen noemenswaardige verschillen verwacht tussen percelen met een lage en hoge grondwaterstand. Er is besloten geen nader onderzoek te doen naar de aanwezigheid van knutten. Echter, aan het eind van de zomer 2023 tot half november is in drie golven het merendeel van de koeien van de Hoogwaterboerderij besmet geraakt met blauwtong, alsook van de koeien van het naastgelegen Blaarkopbedrijf. Er leek niet zozeer een verschil tussen bedrijfssystemen, maar wel tussen rassen. Van de 8 overleden dieren waren er 5 Jersey, 3 Holstein en 0 Blaarkop, waarbij de Blaarkoppen bovendien het snelst herstelden (Beek, 2023). De besmetting met blauwtong trof het gehele veenweidengebied, dat overwegend een reguliere, dus lage, grondwaterstand heeft. Er is dus geen aanwijzing gevonden voor een relatie tussen grondwaterstand enerzijds en infectie met blauwtong anderzijds.

## Klauwgezondheid

Het Holstein hoogwatersysteem scoorde op sommige momenten vergelijkbaar en op andere momenten slechter dan het Holstein laagwatersysteem op het aandeel koeien met een klauwaandoening. Het Jersey hoogwatersysteem scoorde over het algemeen het beste, beter ook dan het Holstein laagwatersysteem. Mogelijk is er verschil tussen rassen, waardoor Jerseys minder vatbaar zijn voor klauwproblemen dan de zwaardere Holsteinkoeien. Mogelijk vormde de routing in de stal van de Holstein hoogwaterkoeien (op- en afstap bij selectiepoort naar voerhek) een risico voor klauwgezondheid. Er is geen aanwijzing gevonden voor een relatie tussen grondwaterstand enerzijds en klauwgezondheid anderzijds.

## Lidrus

Lidrus werd niet aangetoond op de percelen en slootkanten van de Hoogwaterboerderij. Ozinga et al. (2025) schrijft dat lidrus een venige bodem met minerale lagen in de ondergrond (met name kleiige lagen) nodig heeft. De grondsoort op de Hoogwaterboerderij is hoofdzakelijk puur veen, dus waarschijnlijk is de kans op lidrus er klein. Vanwege de afwezigheid van het giftige lidrus kon geen relatie aangetoond worden tussen verhoogde grondwaterstand en de aanwezigheid van deze plant.

## 5.5 Conclusies

- De experimentele opzet (drie bedrijfssystemen met deels onbedoelde verschillen in rantsoen, huisvesting en jaren en zonder herhalingen) maakt het niet mogelijk om een eventuele statistische relatie aan te tonen tussen grondwaterstand en diergezondheid.
- Het ontbreken van verschillen in diergezondheid tussen de bedrijfssystemen kan deels verklaard worden doordat gecorrigeerd werd met bijvoer, gericht op behoud van conditie. Behalve dat er (vanwege corrigeren met bijvoer) geen verschillen waren in conditie, koegewicht en melkproductie, werden ook geen verschillen gezien in celgetal, blauwtong en klauwgezondheid.
- Leverbot, salmonella en lidrus waren (min of meer) afwezig op de gehele Hoogwaterboerderij, ongeacht de grondwaterstand. De resultaten voor deze laatste risico's zijn daardoor niet voorspellend voor andere veenweidenlocaties met een verhoogde grondwaterstand.
- Binnen alle bovengenoemde beperkingen en complicerende factoren, en met in acht nemen van corrigeren met bijvoer, zijn er geen aanwijzingen dat in de onderzochte bedrijfssystemen met verhoogde grondwaterstand risico's opleverde voor de diergezondheid.

## 5.6 Referenties

- Beek, J. 2023. Bedrijfsleider KTC Zegveld. Mondelinge informatie 17 december 2023.
- Bloemberg-van der Hulst, M. 2020. Blauwtongvirus hangt in de lucht. Nieuwsbrief Nieuwe Oogst 20 maart. <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/03/20/blauwtongvirus-hangt-in-de-lucht#:~:text=Begin%202020%20en%20in%20het,dierenarts%20kleine%20herkauwers%20bij%20GD>  
<https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/03/20/blauwtongvirus-hangt-in-de-lucht>
- CRV. 2025. Veelgestelde vragen over de MPR-uitslag. <https://apps.crv4all.nl/support/mpr/faq.htm>
- EVL. 2024. Interpretatie resultaat Salmonella antistof bepaling serum. Toelichting op brief met testresultaten van testdatum 13 december 2024.
- Digiklauw. 2025. Klauwenscorekaart. [https://assets.crv4all.com/prod/GD0068\\_Klauwenscorekaart\\_PRINT.pdf](https://assets.crv4all.com/prod/GD0068_Klauwenscorekaart_PRINT.pdf)
- Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025a. Leverbot. <https://www.gddiergezondheid.nl/nl/dapcontact/Dierziektes/Leverbot>
- Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025b. Bluetongue. <https://www.gddiergezondheid.nl/nl/Diergezondheid/Dierziekten/Bluetongue>
- Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025c. Salmonellose. <https://www.gddiergezondheid.nl/nl/Diergezondheid/Dierziekten/Salmonellose-rund>
- Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025d. Klauwgezondheid. <https://www.gddiergezondheid.nl/nl/Diergezondheid/Management/Klauwaandoeningen>
- Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025e. Conditiecorekaart. <https://www.gddiergezondheid.nl/nl/Producten-en-diensten/Producten/Rundvee/Klauwgezondheidsaanpak/Handige-tools>
- Gezondheidsdienst voor Dieren, 2025f. Celgetal als maatstaf. <https://www.gddiergezondheid.nl/nl/Diergezondheid/Management/Uiergezondheid/Behandelen/Subklinische-mastitis/Celgetal-als-maatstaf>

- Handleiding Conditie score melkvee. 1998. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR).  
<https://edepot.wur.nl/44023>
- Hoving IE, Tempelman D, Van Riel J, Zom R, Visbeen F. 2021. Leverbot en vernatting veenweide; Het voorkomen van de leverbotslak in percelen met onderwaterdrains en greppelinfiltratie. Wageningen Livestock Research Rapport 1344. <https://doi.org/10.18174/557123>
- Knotters M, Walvoort D, Brouwer F, Stuyt L, Okx J. 2018. Landsdekkende, actuele informatie over grondwatertrappen digitaal beschikbaar. H2O-Online.  
[https://www.h2owaternetwerk.nl/images/2018/12/H2O-Online\\_181204\\_Grondwatertrappen.pdf](https://www.h2owaternetwerk.nl/images/2018/12/H2O-Online_181204_Grondwatertrappen.pdf)
- Moll, L. 2023. Expert leverbotslakken. De heer Moll was tot aan zijn pensionering werkzaam bij de Gezondheidsdienst voor Dieren als expert op het gebied van leverbotslakken.
- Neijenhuis F, J Verkaik, C Verwer, G. Smolders, J-P Wagenaar. 2014. Integrale diergezondheid: beheersing van leverbot. Wageningen UR, Livestock Research, Lelystad.  
<https://edepot.wur.nl/320373#:~:text=Diergezondheid%20wordt%20vanuit%20een%20systeembenadering,als%20werken%20aan%20preventieve%20diergezondheid.>
- NVIC, 2016. Draaiboek uitvoering dierziektebestrijding Bluetongue, versie 2.0. NVWA Incident- en Crisiscentrum. <https://edepot.wur.nl/404566>
- Ozinga, W.A., C. Bufe, C. Dekker, J. Verkaik, D. van der Merwe, P. Janssen, M. van den Hout, N. van Eekeren & I. van Dixhoorn, 2025. Diergezondheidsproblemen door lidrus in het veenweidegebied; Ecologie, giftigheid en mogelijkheden voor preventie en beheer. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport XXXX in de maak.
- RIVM, 2025. Leverbot, fasciolose. <https://www.rivm.nl/leverbot-fasciolose>
- Timmermans B, J-P Wagenaar, N van Eekeren. 2016. Lidrus: sluipmoordenaar in de weide. V-Focus december: 29-31. <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/3204.pdf>
- Van Duinen, GJ. 2023. Stichting Bargerveen.

## 6. Thema Biodiversiteit

Voor meer detailinformatie over de hieronder beschreven werkwijze, resultaten, discussie en conclusies wordt verwezen naar de Engelstalige wetenschappelijke publicatie Van der Laan et al. (in voorbereiding).

### 6.1 Inleiding

Naar verwachting verandert een hogere grondwaterstand de omstandigheden voor veenweidenflora en -fauna. Zo neemt het vochtgehalte in de bodem toe en het stikstof leverend vermogen van de bodem juist af (de Vos et al., 2010). Omdat de effecten mogelijk verschillen per soortgroep, is aan een breed aantal soortgroepen gemeten, zowel ondergronds als bovengronds. De ondergrondse biodiversiteit wordt naar verwachting directer beïnvloed door een hogere grondwaterstand en veranderende nutriëntentoestand (van der Laan et al., 2025a) en de bovengrondse biodiversiteit meer indirect. Bovengrondse biodiversiteit wordt naar verwachting meer beïnvloed door type graslandgebruik (maaïen of weiden) en landschapskenmerken (van der Laan et al., 2025b).

Uit eerder onderzoek is gebleken dat verhoging van de grondwaterstand in agrarisch veenweidengrasland niet automatisch leidt tot een verbetering van de biodiversiteit (Van Dijk et al., 2007; Heuts et al., 2024). Echter, deze effecten zijn nog nauwelijks onderzocht in een experimentele setting op één locatie. Dat is wat het onderzoek op de Hoogwaterboerderij relevant en uniek maakt.

De volgende ondergrondse soortgroepen zijn onderzocht: bacteriën en schimmels, nematoden en regenwormen. Bovengronds is de botanische samenstelling van percelen en slootkanten onderzocht, lopende ongewervelden, vliegende insecten, dag- en nachtvlinders en libellen. Weidevogels zijn niet onderzocht, maar sommige van de onderzochte soortgroepen (regenwormen, lopende ongewervelden en vliegende insecten) kunnen dienen als voedsel voor weidevogels. Tabel 6.1 laat zien welke soortgroepen wanneer onderzocht zijn.

### 6.2 Werkwijze

#### Experimentele opzet

Voor wat betreft thema biodiversiteit telt vooral dat er twee grondwaterniveaus (laag/hog) en twee typen graslandgebruik (weiden/maaïen) zijn, resulterend in vier behandelcombinaties. De percelen met de voor Polder Zegveld reguliere grondwaterstand van -50 cm onder maaiveld, dienen als referentie. Voor de percelen met het waterinfiltratiesysteem was de beoogde grondwaterstand 20 cm onder maaiveld. Voor wat betreft type graslandgebruik waren er percelen

die alleen gemaaid werden (hierna aangeduid met 'maaien') en percelen die vooral geweid, maar ook gemaaid werden (hierna aangeduid met 'weiden'). Zie voor kenmerken van de verschillende behandelcombinaties. Maaipercelen werden jaarlijks 3-5 keer gemaaid, afhankelijk van de weersomstandigheden, en weidepercelen 1-3 keer per jaar. Op weidepercelen werd, rekening houdend met de mest van weidende koeien, minder mest uitgereden dan op maaipercelen.

Weidepercelen met een lage grondwaterstand werden beweid met enkel Holsteinkoeien en die met een hoge grondwaterstand met Holstein- of Jerseykoeien. Voor de analyse van de biodiversiteitsgegevens zijn de Holstein hoogwater weidepercelen samengevoegd met de Jersey hoogwater weidepercelen. Overigens is dit gedaan na checks waaruit bleek dat de resultaten niet verschilden.

## Grondmonsters voor bodemleven en nutriënten

In oktober 2024 werd per perceel met een 'graslandboor' ca 1800 gram verse grond 'gestoken' uit de bovenste 10 cm, verspreid over een oppervlak van ca 10x10 m, grenzend aan de 'bemestingsplots' uit thema Bodem en gewas. De grond werd een dag later in het laboratorium gezeefd (maaswijdte 1cm) en opgesplitst in drie monsters van elk 500 gram; één voor microbiële bodemleven, één voor nematoden en één voor nutriënten.

## Microbieel bodemleven

De hoeveelheid bacteriën en schimmels werden bepaald d.m.v. de PLFA-methode (PhosphoLipid Fatty Acids; fosfolipidenvetzuren (Eurofins, 2020, 2025). De PLFA-samenstelling van celmembranen is uniek voor verschillende groepen micro-organismen. PLFA-analyse geeft informatie over de hoeveelheid levende biomassa en welke groepen aanwezig zijn, zonder soorten te determineren.

## Nematoden

In laboratorium Nemacontrol zijn de nematoden uit de grond gehaald en bewaard in een potje met 4% formaline tot het moment van determinatie. Nematoden werden door het LIOS gedetermineerd tot op soortniveau en ingedeeld in vijf functionele groepen: bacterivoren, fungivoren, herbivoren, omnivoren en predatoren.

## Regenwormen

Regenwormen zijn gemeten via de 'plaggenmethode', in voorjaar 2021, 2022 en 2024. Per perceel zijn 2 plaggen van 20x20x20 cm uitgestoken. In het veld werden de plaggen horizontaal in twee helften gesneden, resulterend in 4 blokken per perceel: 2 blokken van diepte 0-10 cm en 2 blokken van diepte 10-20 cm. In het laboratorium van het Louis Bolk Instituut zijn de blokken handmatig uit elkaar gehaald en alle regenwormen, inclusief de halve, per blok gewogen en in een potje met

alcohol bewaard tot het moment van determinatie. Bij determinatie werden de regenwormen ingedeeld in drie hoofdgroepen: strooiselbewoners, bodembewoners en pendelaars. Daarnaast zijn ze gedetermineerd tot op soortniveau en ingedeeld naar juvenielen en adulten.

## Botanische samenstelling percelen en slootkanten

**Methode Sikkema.** In voor- en najaar van de jaren 2020 t/m 2024 is de vegetatie van alle percelen in kaart gebracht volgens de methode Sikkema (1997; uitgevoerd door Henk Schilder, WUR Livestock Research). De methode Sikkema (1997) bestaat eruit dat per perceel eerst werd geschat welk deel van het bodemoppervlak bedekt is met planten en daarna werd per soort het aandeel in de totale bezetting geschat. De som van alle bedekkingspercentages is dus 100 %.

**Methode Utrecht.** In juni 2022 is de vegetatie van alle percelen en slootkanten in kaart gebracht volgens de 'methode Utrecht'. Per perceel werd een transect van 50 m lang en 1 m breed gelopen midden op het perceel en parallel daaraan een transect van 50 m langs de oever. Alle planten werden gedetermineerd tot op soortniveau.

## Lopende ongewervelde dieren

Lopende ongewervelde dieren zijn gemeten met behulp van potvallen in voorjaar/zomer 2021, 2022 en 2024. Per perceel werden 3 potjes ingegraven. Ze werden tegelijk geplaatst en in dezelfde rij als de plakvallen voor de vliegende insecten (zie onder). De potvallen werden na 7 dagen opgehaald. De insecten werden overgeplaatst in bewaarpotjes met alcohol, tot het moment van determinatie. Bij determinatie werden de dieren ingedeeld in categorie '<4mm lengte' en categorie '>4mm lengte', ervan uitgaande dat de dieren >4mm geschikt zijn als voedsel voor weidevogel(kuiken)s (Verhulst et al., 2008). De dieren werden gedetermineerd tot op niveau van orde en soms van familie.

## Vliegende insecten

Vliegende insecten werden gemeten met behulp van gele plakvallen in zomer 2022 en 2024. Per perceel werden 10 plakvallen geplaatst; één rij van 5 midden op het perceel tegelijk met en in dezelfde rij als de potvallen en parallel daaraan één rij van 5 in het gras naast de overgang van perceel naar oever. De plakvallen stonden op 10 m afstand van elkaar en met de plakzijde naar het zuiden gericht. De plakvallen werden na 48 uur opgehaald. De plakvallen uit 2022 werden ingevroren tot het moment van scannen en de plakvallen uit 2024 werden na enkele etmalen invriezen aan de lucht gedroogd en bij kamertemperatuur bewaard tot het moment van scannen. Alle plakvallen werden gescand door Hogeschool Van Hall Larenstein en daarna automatisch gedetermineerd tot op klasse niveau (Strijkstra et al., 2023).

## Dag- en nachtvlinders en libellen

Deze soorten zijn gemonitord door Van Grunsven & Van der Laan (2024) volgens de methodes van de landelijke meetprogramma's (Vlinderstichting, 2025). Dagvlinders en libellen zijn gemonitord aan de hand van transecttellingen, 100 m langs en boven de sloot, en gedetermineerd tot op soort niveau. Nachtvlinders zijn gemonitord met lichtvallen. Deze werden aan het eind van de dag geplaatst, 1 per perceel op ca 15 m afstand van de sloot. De volgende ochtend bij zonsopkomst werden de gevangen nachtvlinders gedetermineerd tot op soort niveau en weer vrijgelaten.

Tabel 6.11: Overzicht van welke soortgroepen wanneer gemeten werden.

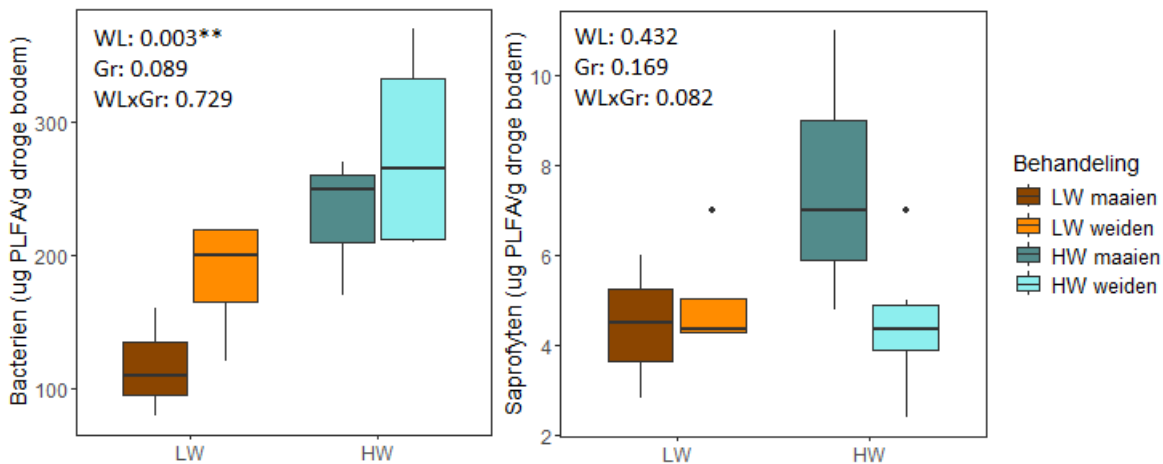
Soortgroep	2021	2022	2023	2024
Microbieel bodemleven: bacteriën en schimmels	-	-	-	14 okt
Nematoden	-	-	-	14 okt
Regenwormen	23 mei 7 juni*	11 april	-	28 mei 4 juni*
Botanische samenstelling percelen - methode Sikkema	29 april 9 sept	5 mei 2 sept	20 april 6 nov	13 april 17 okt
Botanische samenstelling slootkanten en percelen - methode Utrecht	-	juni	-	-
Lopende ongewervelde dieren	5-12 juni	17-24 mei 22-29 juni 5-12 juli	-	13-20 aug
Vliegende insecten	-	22-24 juni 5-7 juli	-	13-15 aug
Dag- en nachtvlinders en libellen	-	4x in juni- aug	3x in juni- aug	-

\* Per perceel zijn per meetmoment 2 plaggen gestoken: in 2022 op dezelfde dag, in 2021 en 2024 met een week tussentijd.

## 6.3 Resultaten

### Microbieel bodemleven: bacteriën en schimmels

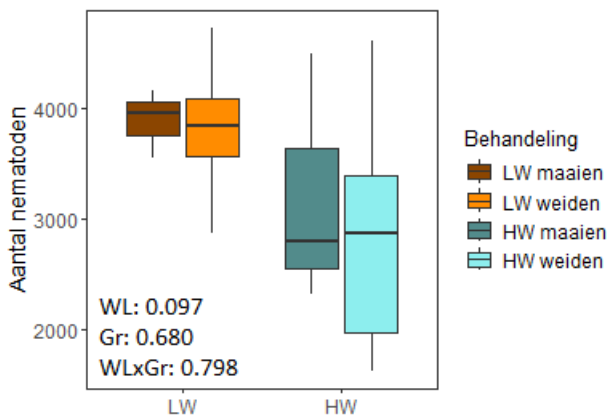
De grondmonsters bevatten meer bacterieel PLFA's dan schimmel PLFA's. Er zijn meer bacteriën gemeten in hoog water percelen dan in laag water percelen, maar er was geen verschil in relatie tot type graslandgebruik of de interactie tussen grondwaterstand en type graslandgebruik (Figuur 6.1 links). Voor wat betreft saprophyten (schimmels) waren er geen verschillen in relatie tot grondwaterstand, type graslandgebruik of de interactie daartussen (Figuur 6.1 rechts).



Figuur 6.1: Hoeveelheid bacteriën en saprofyten (schimmels) (beide uitgedrukt in ug PLFA per gram droge grond), in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaaien/weiden).

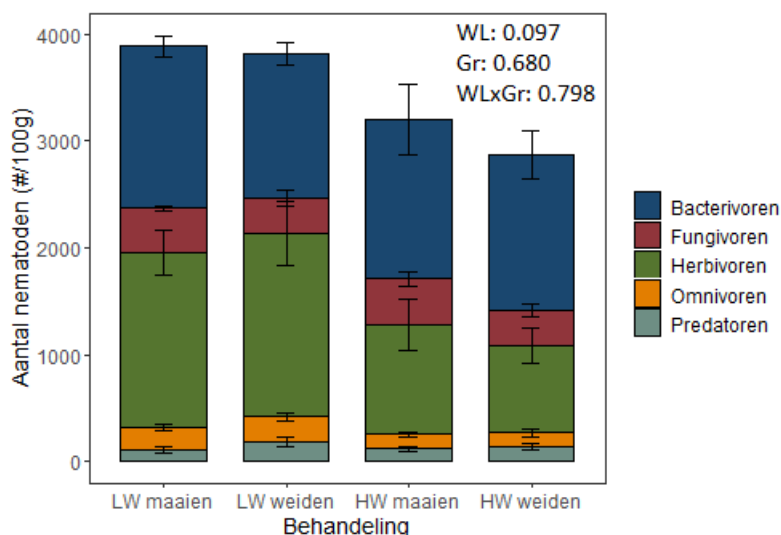
## Nematoden

Figuur 6.2 toont het totaal aantal nematoden in relatie tot grondwaterstand en type graslandgebruik. Er lijken weliswaar meer nematoden aanwezig te zijn in laag water percelen dan in hoog water percelen, maar dit was niet significant. Ook het type graslandgebruik (maaaien/weiden) leidde niet tot verschillen.



Figuur 6.2: Aantal nematoden (uitgedrukt in aantal per 100 gram grond) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaaien/weiden).

Alleen het aantal herbivore nematoden verschilde significant in relatie tot grondwaterstand; meer in laag water dan in hoog water percelen (Figuur 6.3).



Figuur 6.3: Aantal nematoden (uitgedrukt in aantal/100 gram grond) ingedeeld naar functionele groepen in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

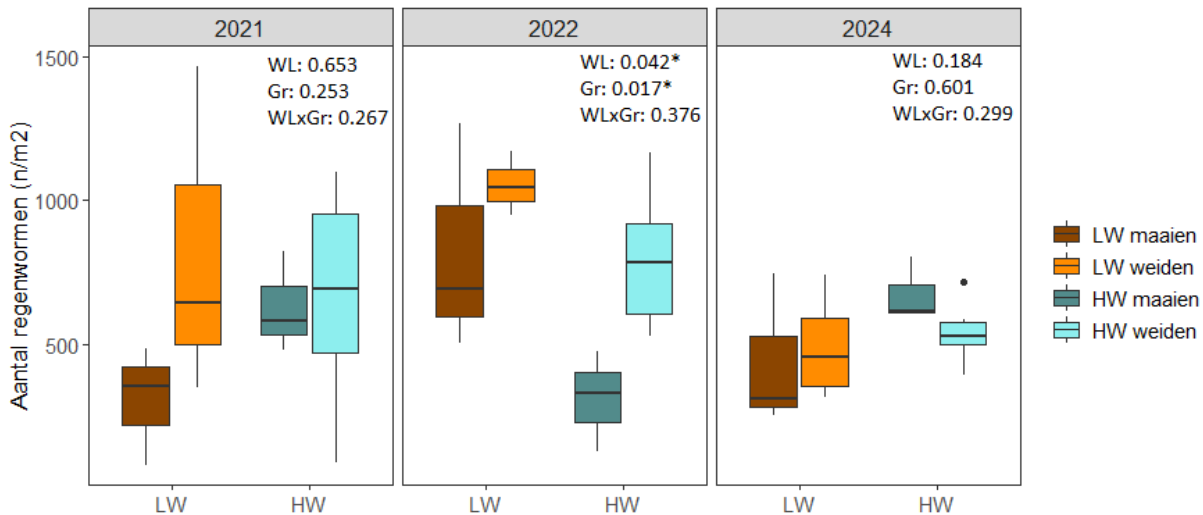
## Regenwormen

In Tabel 6.2 en Figuur 6.4 zijn de resultaten van de regenwormen weergegeven. Het merendeel van alle regenwormen is aangetroffen in de bodemlaag 0-10 cm. Er werden gemiddeld 3 tot 5 soorten per perceel geteld, met name strooiselbewoners en bodembewoners. Alleen in 2022 is een enkele pendelaar gevonden.

Tabel 6.22: Resultaten regenwormen in relatie tot grondwaterstand en type graslandgebruik.

	LW-maaien			LW-weiden			HW-maaien			HW-weiden		
	2021	2022	2024	2021	2022	2024	2021	2022	2024	2021	2022	2024
Totaal aantal regenwormen (n/m <sup>2</sup> )	305	811	435	820	973	490	628	299	675	667	812	541
Biomassa regenwormen (g/m <sup>2</sup> )	125	158	159	193	241	160	142	80	197	185	250	180
Aantal soorten regenwormen	2,8	3,7	3,33	3,5	4,3	4,3	3,2	4,7	4,3	3,1	4,3	4,5
Aandeel juvenielen	0,25	0,69	0,32	0,51	0,60	0,45	0,52	0,46	0,51	0,48	0,52	0,38
Aandeel in 0-10cm	0,99	0,99	0,96	0,88	0,92	0,86	0,91	0,96	0,99	0,99	0,96	1,00
% strooiselbewoners*	30	33	24	29	19	19	31	74	19	38	23	30
% bodembewoners*	70	67	76	71	81	81	69	26	81	61	76	70
% pendelaars*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Figuur .4 toont het aantal regenwormen in relatie tot grondwaterstand en type graslandgebruik. Alleen in 2022 zijn relaties gevonden, nl. meer wormen bij lage dan bij hoge grondwaterstand en meer regenwormen op weide- dan op maaipercelen. Gerekend met de totale wormenbiomassa (gram/m<sup>2</sup>), is (ook alleen in 2022) alleen de relatie met graslandtype significant, nl. meer regenwormen gezien in weide- dan in maaipercelen.



Figuur 6.4: Aantal regenwormen (uitgedrukt in aantal (incl. halve)/m<sup>2</sup>) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

## Botanische samenstelling percelen en slootkanten

**Methode Sikkema.** September 2022 was het eerste moment waarop alle percelen geïnventariseerd zijn. Omdat een nazomers meetmoment alleen met een ander nazomers meetmoment (en niet met een voorjaarsmoment) vergeleken kan worden, zijn de resultaten van september 2022 (Tabel 6.3) geanalyseerd samen met die van oktober 2024 (Tabel 6.4).

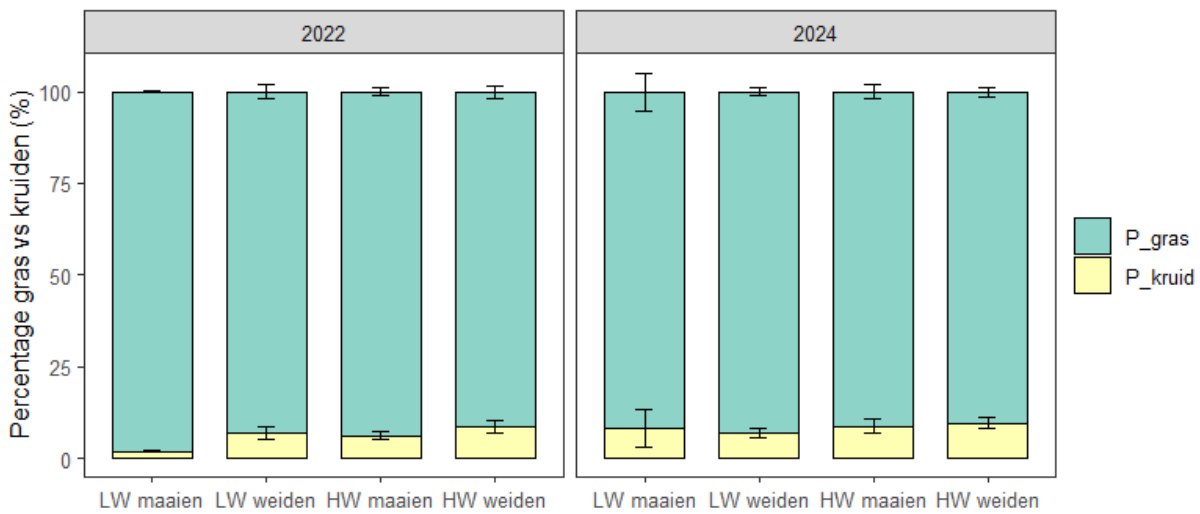
Tabel 6.3: Resultaten botanische kartering percelen september 2022 (methode Sikkema).

	P9	P7	P8					P5	P4	P6	P1	P2	P3	P10	P11	P12	P13	P14	P15
veldnr	HF L03	HF L 06	HF L08	HF L 9	HF L 10	HF L 11	HF L 12	HF H 05	HF H 07	HF H 10	J H 06	J H 08	J H 11	Veld Hoog HFA	Veld Hoog J C	Veld Hoog HFB	Veld Laag_A	Veld Laag_B	Veld Laag_C
<b>Omschrijving</b>																			
Totale bezetting	98	98	98	96	96	96	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
Engels raai gras	60	71	70	28	25	35	50	53	44	36	43	40	42	52	53	53	56	50	49
veldbeemdgras																			
beemdlangbloem																			
ruw beemdgras	18	12	14	26	28	22	18	22	20	32	28	30	30	18	15	10	14	14	15
timotheegras	0,2	0,2	0,2	6	5	4	2	0,2	2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Festulolium																			
Rietzwenk																			
witte klaver											0,2	0,2	0,2	0,2	0,2				
rode klaver																			
kweek	2	3	1	6	8	8	2	3	5	4	5	4	4	4	6	10	8	10	8
fioringras	6	5	10	12	15	5	5	12	12	10	10	16	14	14	14	16	12	18	20
gestreepte witbol	3			4	3	3	2		3	3	0,4	0,2	0,4	2	3	4	4	5	4
kropaar	0,2																		
rietgras																			
zachte dravik																			
ruwe smele																			
mannagrass																			
straatgras	4	5	3	2	6	5	4	8	3	0,4	6	6	5	3	2	3	5	2	2
grote vossestaart	0,2																		
geknikte vossestaart	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4
paardenbloem	0,2			6	8	15		2	2	1	1	2	3	4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4
kr boterbloem	2	2	2	5	3	6	2		4	6	4	3	3	4	3	4	1	1	2
ridderzuring	2	0,2	0,6	0,6	2	0,6	0,6	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2						
krulzuring	0,2								0,2		0,2	0,2	0,2						
scherpe boterbloem	0,2																		
melkdistel																			
brandnetel																			
biggekruid	0,2																		
vogelmuur	1	0,2	0,2	2	2	2		0,2	2	1	0,2	0,4	0,4						
pinksterbloem																			
brede weegbree	0,2																		
fluitekruid																			
kleine veldkers																			
madeliefje	0,2	0,2	0,2	0,6	0,6	0,6		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2				0,2	0,2	0,2
akkerdistel																			
gele waterkers																			
waterpeper																			
veldzuring																			
speenkruid																			
klein kruiskruid																			
blaartrekkende boterbloem																			
kluwenhoornbloem																			
gewone hoornbloem																			
varkensgras				0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2						
paarse dovenetel	0,2																		
herderstasje				0,2															
hondsdrif	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2						
speerdistel																			
herfst leeuwetand																			
zachte ooievaarsbek	0,2																		
zwarte nachtschade																			
zilver schoon	2	2		3	3	2	0,6	2	3	5	3								

Tabel 6.4: Resultaten botanische kartering percelen oktober 2024 (methode Sikkema).

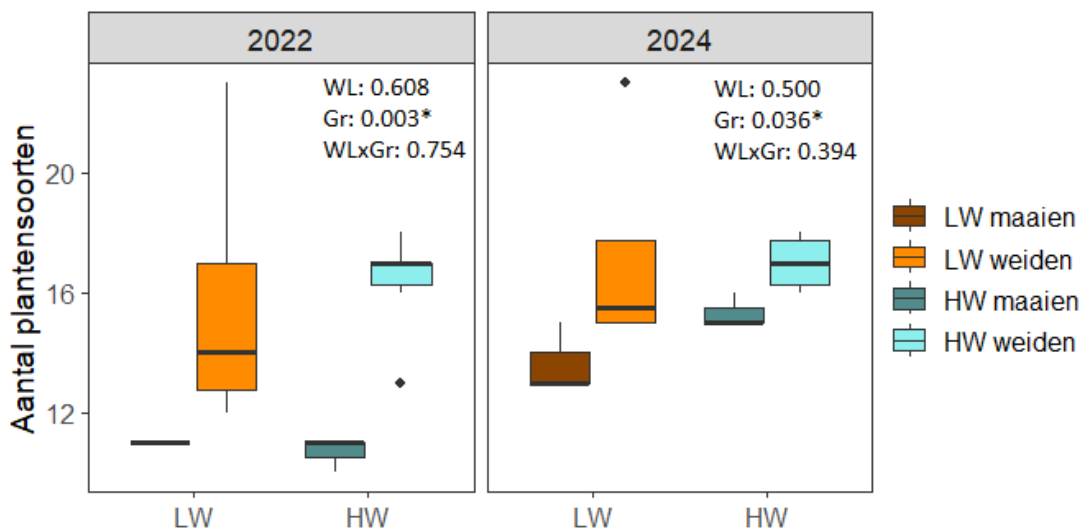
	P9	P7	P8					P5	P4	P6			P1	P2	P3	P10	P11	P12	P13	P14	P15
veldnr	HF L03	HF L 06	HF L08	HF L 9	HF L 10	HF L 11	HF L 12	HF H 05	HF H 07	HF H 10	HF H 11	J H 04	J H 06	J H 08	J H 11	Veld Hoog_HF A	Veld Hoog_J C	Veld Hoog_HF B	Veld Laag_A	Veld Laag_B	Veld Laag_C
<b>Omschrijving</b>																					
Totale bezetting	98	98	98	96	96	96	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	92	98	98
Engels raigras	60	63	73	37	41	48	49	58	38	37	45	46	41	42	42	41	40	55	35	52	52
veldbeemdgras																					
beemdlangbloem																					
ruw beemdgras	10	12	10	20	20	12	16	20	20	28	20	20	25	26	26	20	22	10	18	10	10
timotheegras	0,2	0,2	0,2	3	4	4	3	0,2	3	2	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Festulolium																					
Rietzwenk																					
witte klaver													0,2	0,2	0,2	0,2	0,2				
rode klaver																					
kweek	5	4	3	6	6	8	4	4	5	5	2	2	5	6	6	6	6	8	8	10	8
fioringras	7	7	6	14	14	6	6	10	14	14	15	15	12	15	14	16	14	16	14	16	20
gestreepte witbol	5	3	2	4	4	3	2	2	4	3	3	2	1	0,2	1	4	4	4	4	6	4
kroopaar	0,2																				
rietgras																					
zachte dravik																					
ruwe smele																					
mannagrass																					
straatgras	4	5	3	3	3	3	5	4	4	0,4	4	4	6	4	5	4	4	3	3	4	4
grote vossestaart	0,2																				
geknikte vossestaart	3	3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	1	2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4
paardenbloem	0,4	0,4	0,4	6	0,4	6	10	0,4	3	3	3	3	2	2	2	4	5	0,2	0,4	0,4	0,4
kr boterbloem	3	2	3	5	3	6	5	0,4	4	3	4	4	5	5	4	5	5	4	2	2	2
ridderzuring	2	0,6	0,6	0,6	2	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,2	1	0,2	0,2
krulzuring	0,2								0,2				0,2	0,2	0,4						
scherpe boterbloem	0,4																				
melkdistel																					
brandnetel																					
biggekruid	0,2																				
vogelmuur	0,4	0,2	0,4	0,6	1	2	0,2	0,2	2	0,6	0,4	1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	10	0,2	0,2
pinksterbloem																					
brede weegbree	0,2																				
fluitekruid																					
kleine veldkers																					
madeliefje	0,2	0,2	0,2	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2		0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
akkerdistel																					
gele waterkers																					
waterpeper																					
veldzuring																					
speenkruid																					
klein kruiskruid																					
blaartrekkende boterbloem																					
kluwenhoornbloem																					
gewone hoornbloem																					
varkensgras				0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,2	0,2	0,2	0,2					
paarse dovenetel	0,2																				
herderstasje				0,2																2	
hondsdrif	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,6	0,4	0,2	0,4		0,2	0,2	3		
speerdistel																					
herfst leeuwetand																					
zachte ooievaarsbek	0,2																				
zwarte nachtschade																					
zilver schoon	1	1	0,4	2	2	2	0,6	2	3	5	2		3		0,2	0,2	0,2	0,2			

Figuur 6.5 laat zien dat het perceeloppervlak bedekt met grassoorten in beide jaren en voor alle behandelcombinaties groter was dan het oppervlak bedekt met kruidensoorten.



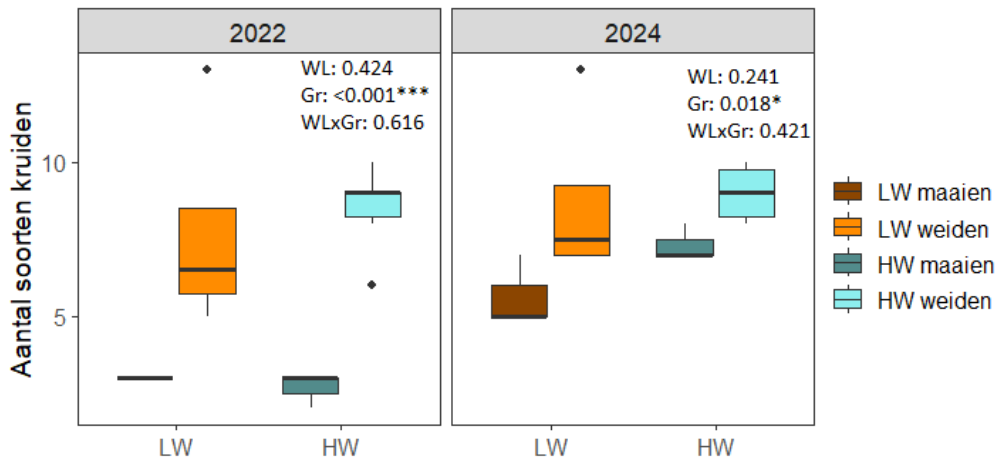
Figuur 6.5: Verhouding oppervlak bedekt met gras- en kruidensoorten (methode Sikkema) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

Figuur 6.6 laat zien dat in beide jaren het type graslandgebruik bepalend was voor het aantal plantensoorten op een perceel; meer soorten op weide- dan op maaipercelen.



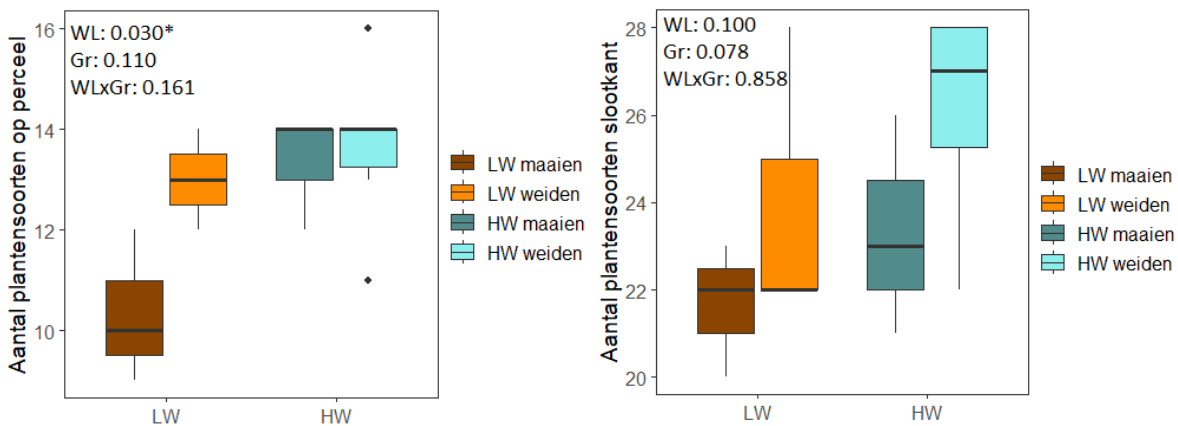
Figuur 6.6: Aantal plantensoorten (grassen én kruiden; methode Sikkema) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

Zoals in Figuur 6.7 te zien is, wordt dit effect vooral bepaald door het aantal kruiden en niet door grassen.



Figuur 6.7: Aantal kruidensoorten (methode Sikkema) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

**Methodie Utrecht.** In juni 2022 zijn zowel de percelen als de slootkanten geïnventariseerd. In Figuur 6.8 staan de resultaten van perceel en slootkant naast elkaar. Op de slootkant zijn veel meer plantensoorten aangetroffen dan op het perceel. De grondwaterstand is bepalend voor het aantal plantensoorten op het perceel: meer soorten bij hoge dan bij lage grondwaterstand. Voor het aantal soorten op slootkanten is geen relatie gevonden met grondwaterstand of type graslandgebruik.



Figuur 6.8: Aantal plantensoorten op het perceel (links) en langs de slootkant (rechts) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden). Let op verschillen in maatverdeling y-as!

## Lopende ongewervelde dieren

Omdat de resultaten enorm afhangen van het moment waarop gemeten is, zijn ze geanalyseerd en gepresenteerd per meetmoment.

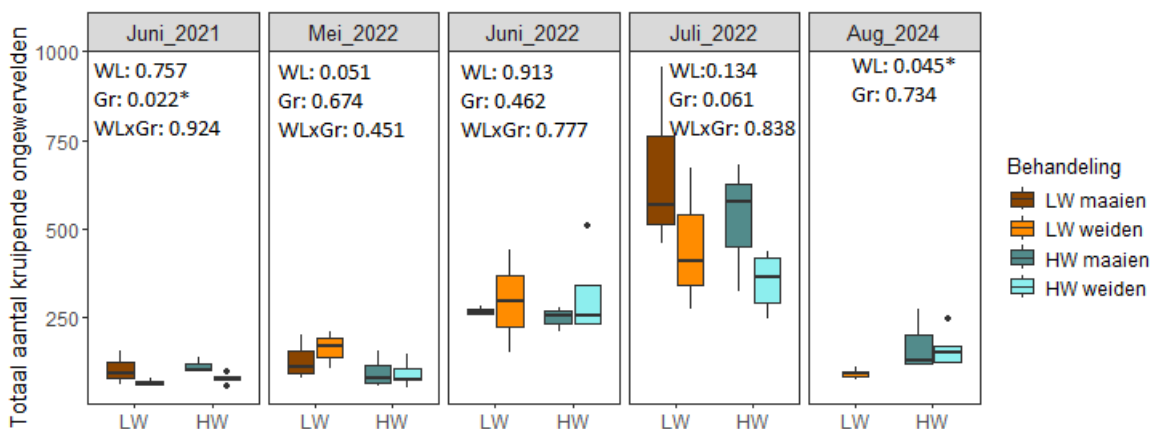
**Totaal aantal lopende ongewervelden.** Tabel 6.5 bevat de resultaten voor de meest voorkomende soortgroepen in de potvallen.

Tabel 6.5: Lopende ongewervelden (uitgedrukt in gemiddeld aantal per potval) ingedeeld o.b.v. de meest gevonden soortgroepen en in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

	Meetmaand	LW maaien	LW weiden	HW maaien	HW weiden
Spinnen	2021-6	8	8	20	7
	2022-5	13	18	16	14
	2022-6	68	53	67	85
	2022-7	63	38	42	65
	2024-8*	X	26	24	34
Mijten	2021-6	1	1	2	3
	2022-5	5	7	7	4
	2022-6	7	9	13	6
	2022-7	22	13	42	10
	2024-8*	X	2	1	1
Vliegen/muggen (adult)	2021-6	2	1	1	1
	2022-5	12	7	11	6
	2022-6	17	8	10	8
	2022-7	7	4	7	9
	2024-8*	X	7	19	17
Springstaarten	2021-6	17	8	16	10
	2022-5	22	38	4	12
	2022-6	28	63	20	46
	2022-7	222	153	161	70
	2024-8*	X	2	6	5
Wespachtigen	2021-6	0	0	0	0
	2022-5	3	2	2	1
	2022-6	7	5	5	5
	2022-7	10	8	6	11
	2024-8*	X	4	16	14
Loopkevers	2021-6	5	2	2	2
	2022-5	2	2	1	2
	2022-6	1	0	3	1
	2022-7	0	0	0	1
	2024-8*	X	1	1	1
Kortschildkevers	2021-6	9	10	11	12
	2022-5	1	1	1	1
	2022-6	1	2	2	2
	2022-7	2	3	2	2
	2024-8*	X	0	1	0
Overig	2021-6	8	4	4	5
	2022-5	7	7	6	5
	2022-6	3	7	4	4
	2022-7	5	6	3	8
	2024-8*	X	4	18	8

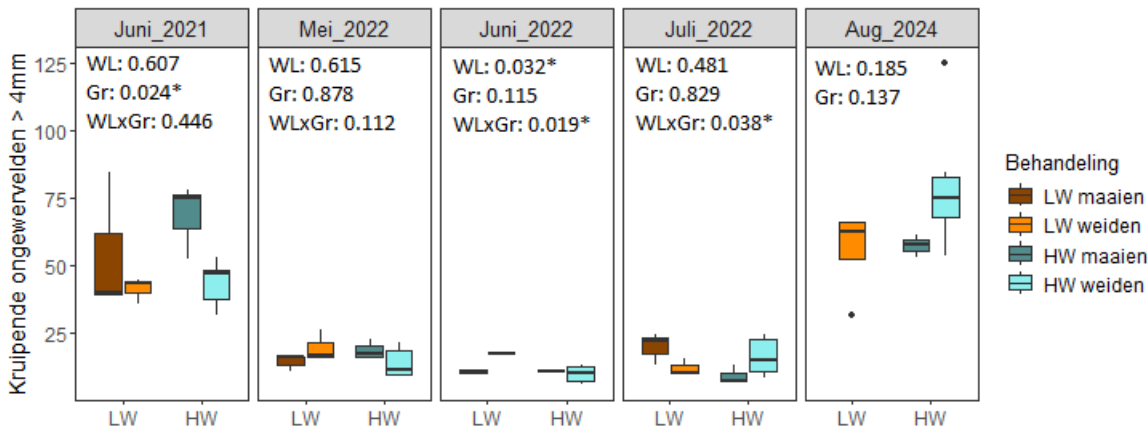
\*Vanwege het samenvallen van het meetmoment met de toediening van drijfmest op enkele percelen in augustus 2024, waren in dat jaar de potvallen van de laag water maaipercelen onbruikbaar.

Figuur 6.9 laat per meetmoment de aantallen lopende ongewervelden zien in relatie tot grondwaterstand en type graslandgebruik. Het eerste dat daarin opvalt is dat de orde van grootte van de aantallen verschilt per meetmoment: op drie momenten relatief weinig, op één meetmoment relatief veel en op één meetmoment een aantal er tussenin. Bij inzoomen naar de relatie tussen aantal ongewervelden en grondwaterstand en/of type graslandgebruik wordt er op enkele meetmomenten een relatie gevonden: in juni 2021 meer lopende ongewervelden op maai- dan op weidepercelen, in mei 2022 meer bij lagere grondwaterstand, in juni 2022 en juli 2022 geen relaties en in augustus 2024 meer bij een hoge grondwaterstand. De vijf meetmomenten laten dus geen eenduidig beeld zien van een relatie tussen totaal aantal lopende ongewervelden en grondwaterstand en/of type graslandgebruik, maar bevestigen dat de aantallen vooral afhangen van andere factoren tijdens het meetmoment.



Figuur 6.9: Lopende ongewervelden (uitgedrukt in gemiddeld aantal per potval) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

**Lopende ongewervelden als voedsel voor weidevogels.** Bekeken vanuit het perspectief van ongewervelden als voedsel voor weidevogels, zijn alleen de ongewervelden groter dan 4 mm relevant. Zie Figuur 6.116.10. Er waren twee meetmomenten met relatief veel grote lopende ongewervelden en drie momenten met relatief weinig. Bij inzoomen naar relaties met grondwaterstand en/of type graslandgebruik is op enkele momenten een relatie gevonden: in juni 2021 meer grote insecten op maai- dan op weidepercelen, in mei 2022 geen relaties, in juni 2022 meer bij lage grondwaterstand en in combinatie met weiden. In juli 2022 was de interactie tussen grondwaterstand en type graslandgebruik weliswaar significant maar tegengesteld tussen percelen met lage en hoge grondwaterstand. In augustus 2024 was er geen relatie met grondwaterstand of type graslandgebruik. Ook voor het aantal grote ongewervelden (>4mm) laten de vijf meetmomenten geen eenduidig beeld zien met grondwaterstand en/of type graslandgebruik, maar hangen de aantallen vooral af van andere factoren tijdens het meetmoment.



Figuur 6.110: Lopende ongewervelden >4mm (uitgedrukt in gemiddeld aantal per potval) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

**Meest voorkomende grote ongewervelden.** De meest voorkomende ‘grote’ ongewervelden waren spinnen, vliegen/muggen, loopkevers en kortschildkevers. Er werden meer spinnen gezien op maai- dan op weidepercelen (juni 2021;  $p < 0.001$ ) of in relatie tot interactie tussen grondwaterstand en type graslandgebruik (juni 2021,  $p = 0.008$ ; mei 2022,  $p = 0.003$ ; juli 2022,  $p = 0.021$ ). Vliegen/muggen werden meer gezien bij een hoge grondwaterstand (aug 2024,  $p = 0.045$ ), maar dat was op slechts één van de vijf meetmomenten. Loopkevers werden vooral gezien op laag water (juni 2022,  $p = 0.037$ ) weide percelen (juni 2022,  $p = 0.045$ ), waarbij ook de interactie significant was (juni 2022,  $p = 0.015$ ), maar dit was op slechts één van de vijf meetmomenten. Het aantal kortschild kevers was op geen enkel moment gerelateerd aan grondwaterstand, type graslandgebruik of de interactie ertussen. Dus bij inzoomen op de meest voorkomende soortgroepen binnen de grote lopende ongewervelden geldt dat de aantallen vooral afhangen van andere factoren tijdens een meetmoment dan grondwaterstand en/of type graslandgebruik.

## Vliegende insecten

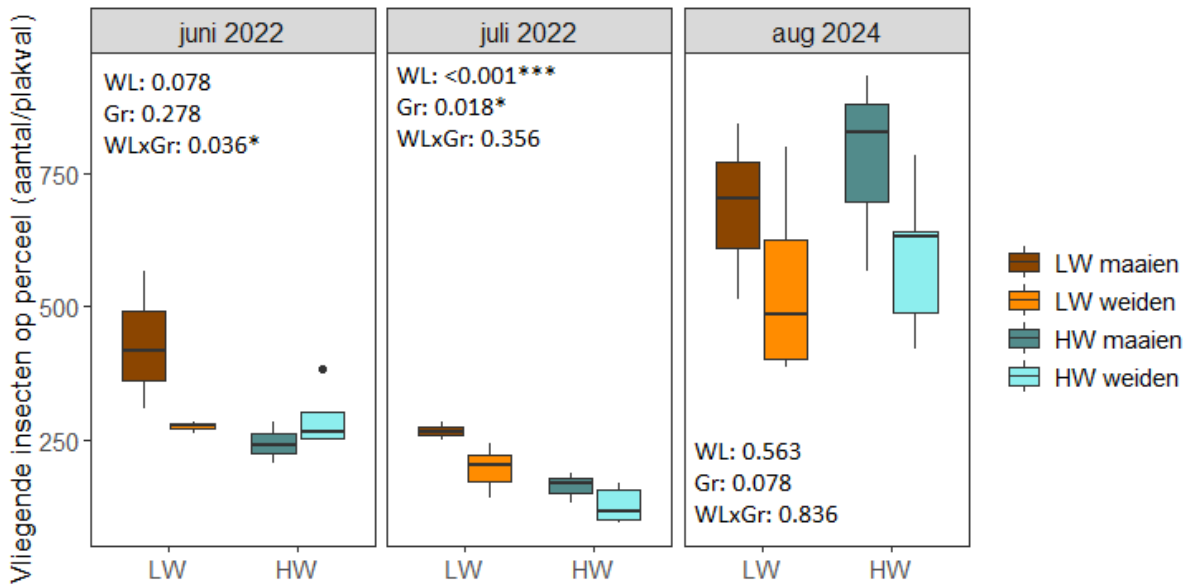
De resultaten hangen enorm af van het moment waarop gemeten is. Zo zijn in augustus 2024 veel meer vliegende insecten gezien dan in juni en juli 2022 (Figuur 6.26.11 en 6.12). Daarom zijn de resultaten geanalyseerd en gepresenteerd per meetmoment. Tabel 6.6 bevat de resultaten voor de meest voorkomende soortgroepen op de plakvallen.

Tabel 6.6: Vliegende insecten (uitgedrukt in gemiddeld aantal per plakval) ingedeeld in de meest gevonden soortgroepen en in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

	Meet- maand	LW maaien	LW weiden	HW maaien	HW weiden
Vliegen/muggen	2022-6	292	165	185	168
	2022-7	174	160	134	117
	2024-8	382	290	364	320
Niet geclassificeerde Insecten*	2022-6	31	29	25	25
	2022-7	18	23	15	15
	2024-8	124	122	145	136
Vliesvleugeligen**	2022-6	35	26	31	25
	2022-7	12	14	12	11
	2024-8	82	83	137	105
Halfvleugeligen***	2022-6	11	12	12	9
	2022-7	5	4	3	2
	2024-8	24	28	30	22
Tripsen****	2022-6	5	5	3	4
	2022-7	2	3	2	2
	2024-8	8	11	18	7
Libellen	2022-6	1	1	0	1
	2022-7	0	1	1	1
	2024-8	2	3	5	2
Overig	2022-6	2	2	2	1
	2022-7	1	1	1	1
	2024-8	2	2	1	1

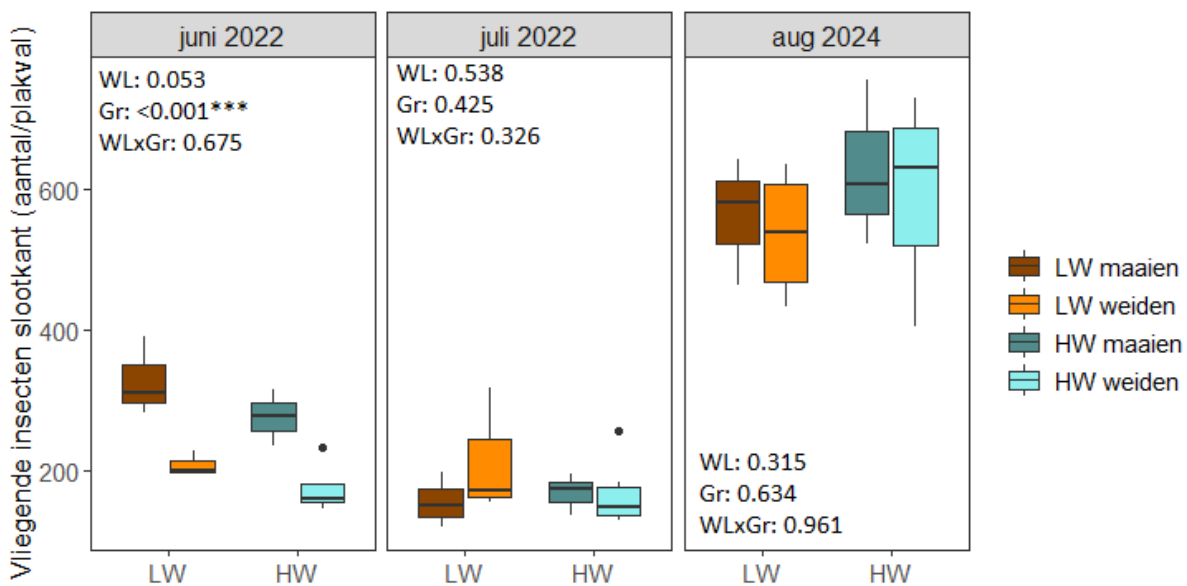
\*Wel insect, maar programma kon ze niet indelen. \*\*Vliesvleugeligen: o.a. mieren, wespachtigen, bijen en hommels. \*\*\*Halfvleugeligen: o.a. wantsen, bladluizen en cicaden. \*\*\*\*Tripsen: onweersbeestjes.

**Midden op perceel** (Figuur 6.26.11). In juni 2022 was er voor wat betreft aantal insecten midden op het perceel een significant effect van de interactie tussen grondwaterstand en type graslandgebruik (meer insecten op laag water maaipercelen), terwijl in juli 2022 de effecten van grondwaterstand en type graslandgebruik afzonderlijk significant waren. Er werden toen meer insecten gezien bij lage dan bij hoge grondwaterstand en meer insecten op maai- dan op weidepercelen. In augustus 2024 daarentegen was er geen significante relatie met grondwaterstand of type graslandgebruik.



Figuur 6.211: Aantal vliegende insecten midden op perceel (uitgedrukt in gemiddeld aantal per plakval) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaieren/weiden).

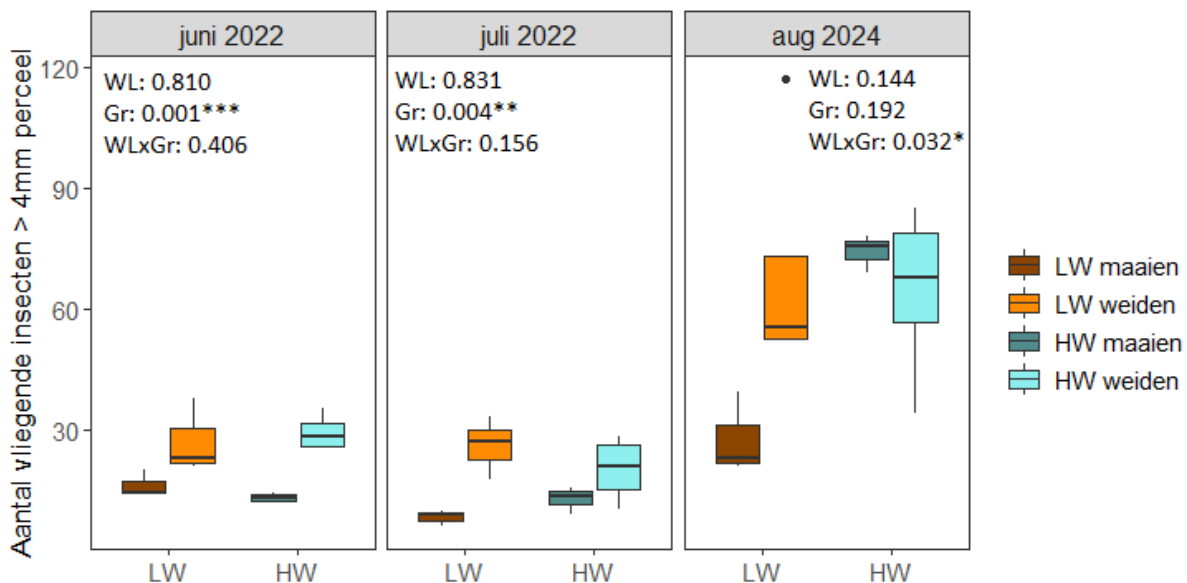
**Langs slootkant** (Figuur 6.12). Voor wat betreft aantal insecten langs de slootkant, werd alleen in juni 2022 een significant effect gezien: meer insecten langs slootkanten van maaipercelen dan van weidepercelen.



Figuur 6.12: Aantal vliegende insecten langs de oever (uitgedrukt in gemiddeld aantal per plakval) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaieren/weiden).

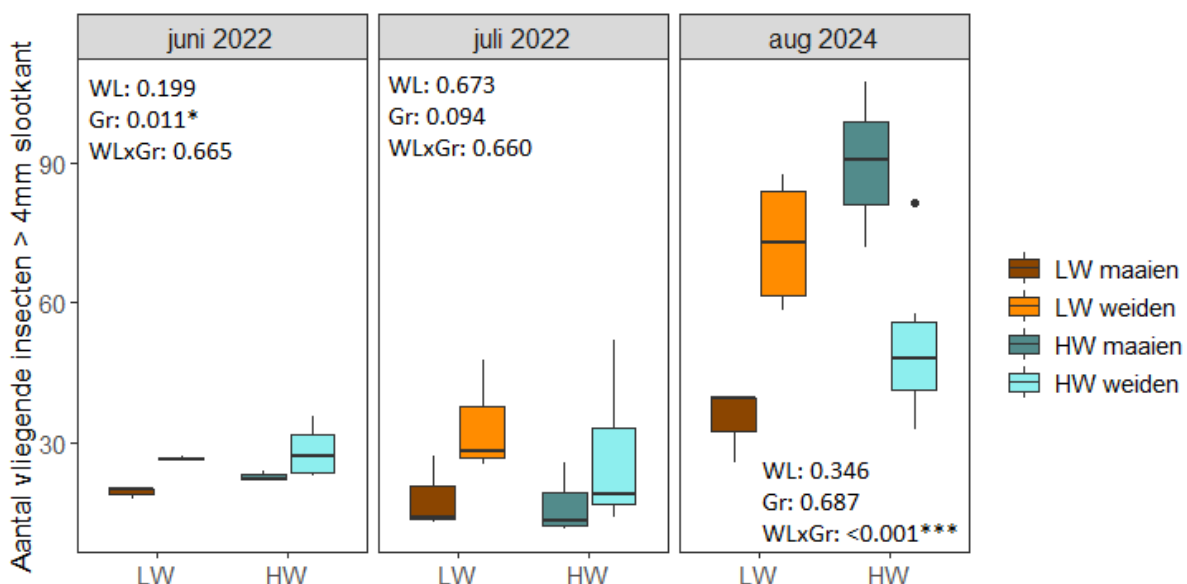
**Vliegende insecten als voedsel voor weidevogels.** Bekeken vanuit het perspectief van insecten als voedsel voor weidevogels, zijn alleen de insecten >4mm relevant. Voor wat betreft aantal 'grote' insecten midden op percelen (Figuur 6.136.13) werden in juni 2022 en juli 2022 meer insecten gezien op weidepercelen dan op maaipercelen, terwijl in augustus 2024 alleen de interactie tussen

grondwaterstand en type graslandgebruik een significant effect had: minder insecten op laag water maaipercelen.



Figuur 6.133: Vliegende insecten >4mm midden op perceel (uitgedrukt in gemiddeld aantal per plakval) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

Voor wat betreft aantal ‘grote’ insecten langs slootkanten (Figuur 6.146.14) werden in juni 2022 meer insecten gezien op weide- dan op maaipercelen, terwijl in augustus 2024 alleen de interactie tussen grondwaterstand en type graslandgebruik een significant effect had: minder insecten op laag water maaipercelen.



Figuur 6.144: Vliegende insecten >4mm langs de oever (uitgedrukt in gemiddeld aantal per plakval) in relatie tot grondwaterstand (LW/HW) en type graslandgebruik (maaien/weiden).

## Dag- en nachtvlinders en libellen

Onderstaande informatie over dag- en nachtvlinders en libellen is overgenomen uit Van Grunsven en van der Laan (2024).

**Nachtvlinders.** Totaal over alle percelen en meetmomenten zijn 2167 nachtvlinders gevangen in de lichtvallen. Er is geen relatie met grondwaterstand ( $p=0.16$ ), maar wel met type graslandgebruik ( $p<0.001$ ); er zijn meer nachtvlinders gevangen op maai- dan op weidepercelen. Ook de soortensamenstelling bleek niet gerelateerd aan grondwaterstand ( $p=0.16$ ) en nauwelijks aan type graslandgebruik ( $p=0.051$ ). Soorten die vooral op gemaaide percelen gezien werden, waren kleine beer, koolmotje en bleke grasmot. De egelskopboorder komt voor in slootkanten (vanwege o.a. de egelskop) maar werd zowel op maai- als weidepercelen gezien.

**Dagvlinders.** Totaal over alle percelen en meetmoment zijn 51 dagvlinders geteld, waaronder 21 zeldzame argusvlinders. De andere soorten waren 12 atalanta's, 1 bont zandoogje, 1 distelvlinder en 16 klein geaderd witjes. Die 51 is dusdanig weinig dat geen relaties onderzocht konden worden met grondwaterstand of type graslandgebruik.

**Libellen.** Totaal over alle percelen en meetmoment zijn 750 libellen geteld, waaronder 619 lantaarntjes, een algemeen voorkomende soort. De andere soorten waren 42 bruinrode heidelibel, 39 gewone oeverlibel, 22 variabele waterjuffer, 13 paardenbijter, 8 steenrode heidelibel, 3 vroege glazenmaker, 3 groene glazenmaker en 1 grote keizerlibel. Er was een relatie met grondwaterstand ( $p=0.02$ ); bij hoge grondwaterstand werden 2.4 keer zoveel libellen gezien als bij lage. Er was geen relatie met type graslandgebruik.

## 6.4 Discussie

### Microbieel bodemleven

Er werden meer bacteriën gevonden in hoog water dan in laag water percelen. Dit is in lijn met wat anderen vonden (Van Dijk et al., 2009; Deru et al., 2018; Van der Laan et al., 2025a). De aantallen bacteriën waren niet gerelateerd aan het type graslandgebruik. Er werd geen relatie gevonden tussen de hoeveelheid schimmels en grondwaterstand of type graslandgebruik. Het ontbreken van een relatie tussen bacteriën en schimmels met type graslandgebruik kan ook veroorzaakt worden door de ligging en mogelijke verschillen in gebruikshistorie van de laag water maaipercelen, welke 0.5 tot 3 km van de andere meetpunten af lagen.

### Nematoden

Alleen herbivore nematoden (één van de vijf functionele groepen) bleken voorkeur te hebben voor lagere grondwaterstand. Dit komt overeen met de resultaten uit de kolommenproef met veengrond uit de Polder Zegveld (Van der Laan et al., 2025a). Van der Laan et al. (2025a)

verklaarden dit aan de hand van een lagere wortelbiomassa bij hogere grondwaterstand en daarmee minder voedsel voor herbivore nematoden. Een dergelijke relatie is niet gevonden op de Hoogwaterboerderij (zie Hoofdstuk 5 bij Beworteling). Er werd geen relatie gevonden tussen de hoeveelheid (herbivore) nematoden en type graslandgebruik.

## Regenwormen

De hoeveelheid regenwormen was vergelijkbaar met wat Mulken et al. (2025) vonden op agrarische graslanden in het veenweidengebied, maar veel hoger dan wat Deru et al. (2018) vonden op agrarische graslanden. De hoeveelheden op de Hoogwaterboerderij zijn meerdere keren hoger dan wat op natuurgraslanden in het veenweidengebied gevonden wordt (Deru et al., 2018; Mulken et al., 2025). De hoeveelheid regenwormen was in alle drie de jaren en behandelcombinaties ruimschoots hoger dan de 10-60 gram/m<sup>2</sup> die minimaal nodig is voor een geschikt grutto voedselzoek gebied (Van der Weijden en Guldmond, 2006). Slechts in één van de drie meetjaren werden behandelingseffecten gevonden, nl meer regenwormen bij lagere grondwaterstand en meer wormen op weide dan op maaipercelen. Deze relatie met grondwaterstand is ook gevonden in de kolommenproef met veengrond uit de Polder Zegveld (Van der Laan et al., 2025a) en door Mulken et al. (2025). Dat er meer wormen in weide- dan in maaipercelen gevonden werden, hangt waarschijnlijk samen met de aanwezigheid van verse mestflatten (Van Eekeren et al., 2014).

## Botanische samenstelling percelen en slootkanten

De resultaten van de inventarisatie volgens methode Sikkema zijn gebaseerd op september-oktober, terwijl die van de methode Utrecht zijn gebaseerd op juni. In juni zijn er meer soorten herkenbaar aanwezig. Dat is één van de redenen waarom de resultaten van deze twee methoden niet met elkaar vergeleken worden.

**Methode Sikkema.** Er zijn minder plantensoorten, met name minder kruiden, aangetroffen op maaï- dan op weidepercelen. Er is geen relatie met grondwaterstand. Het aantal soorten is toegenomen in oktober 2024 ten opzichte van september 2022.

**Methode Utrecht.** Er zijn meer soorten aangetroffen in slootkanten dan midden op de percelen. Dit wordt ook door anderen gevonden (Van Mulken et al., 2025; Van der Laan et al., 2025b). Midden op de hoogwater percelen zijn meer soorten aangetroffen dan midden op laagwater percelen. Dit is lastig te vergelijken met andere onderzoeken omdat daar meestal sprake was van meer variatie dan alleen op het gebied van grondwaterstand. Voor slootkanten is geen relatie gevonden met grondwaterstand of type grasland management.

## Lopende ongewervelden

Qua orde van grootte zijn de aantallen per potval op de drie meetmomenten met de minste aantallen vergelijkbaar met Mulken et al. (2025) en met Pijlman et al. (2025). Dit laatste onderzoek

is uitgevoerd tegelijk met de bemonstering van de Hoogwaterboerderij van 2024 en op de naastgelegen Blaarkopboerderij. Het totaal aantal lopende ongewervelde dieren verschilde vooral tussen de meetmomenten, maar nauwelijks in relatie tot grondwaterstand en/of type graslandgebruik. Deze verschillen tussen meetmomenten zijn waarschijnlijk het gevolg van weersomstandigheden en 'verstoringen' zoals mestuitrijden of maaien. Het aantal grote lopende ongewervelden, die als voedsel voor weidevogels kunnen dienen, was ook vooral gerelateerd aan de meetmomenten. Als er na inzoomen op de meest gevonden soortgroepen (spinnen, vliegen/muggen, loopkevers of kortschildkevers) al relaties gevonden werden, waren die niet eenduidig en werd die over het algemeen niet op alle vijf meetmomenten gevonden. Dat bevestigt dat andere factoren dan grondwaterstand en/of type graslandgebruik bepalender zijn voor het aantal lopende prooidieren voor weidevogels.

## Vliegende insecten

Het aantal vliegende insecten verschilde vooral tussen de meetmomenten, waarbij augustus 2024 een uitzonderlijk moment was met veel vliegende insecten. Het verschilde per meetmoment of er relaties gevonden werden tussen aantal vliegende insecten en grondwaterstand of type graslandgebruik. Er werden nauwelijks relaties met grondwaterstand gevonden, behalve in juli 2022 voor de plakvallen midden op het perceel, nl. meer insecten op laag water percelen. Voor wat betreft type graslandgebruik werd vaker een relatie gevonden, nl bij de slootkant meer insecten op maai- dan op weidepercelen. Dat slechts op enkele meetmomenten een effect gezien werd van grondwaterstand of type graslandgebruik, bovendien meetmomenten waarop niet de meeste insecten gezien werden, bevestigt vooral dat andere factoren, zoals het weer, van groter belang zijn.

## Dag- en nachtvlinders en libellen

Onderstaande informatie over dag- en nachtvlinders en libellen is overgenomen uit Van Grunsven en van der Laan (2024).

**Nachtvlinders.** Dat nachtvlinders vooral gezien werden in maai-percelen (ongeacht grondwaterstand), komt waarschijnlijk doordat de vegetatie langs de sloten met maaien gespaard wordt en bij weiden wel gegeten wordt.

**Dagvlinders.** Er zijn dusdanig weinig vlinders geteld, dat geen relaties gelegd konden worden met grondwaterstand of type graslandgebruik. Mogelijk hing de aanwezigheid van vlinders samen met de aanwezigheid van kruiden in slootkanten. Opvallend was dat 41% van de vlinders behoorden tot de zeldzame soort argusvlinder. Dat deze relatief veel is aangetroffen, hangt waarschijnlijk samen met het slootkantbeheer (ruigte), de aanwezigheid van een bosje met bloemrijke ruigtevegetatie aan het eind van één van de percelen en nectarplanten zoals koninginnekruid.

**Libellen.** Er werden meer libellen gezien bij een hoge dan bij een lage grondwaterstand, overigens met name de algemeen voorkomende waterjuffer. De waterplanten en de hoge grassen die deze soort nodig heeft voor resp. de larven en de volwassen dieren, zijn op zowel maai- als weidepercelen aanwezig. Plekken met veel ‘emerse waterplanten’ (groeien deels boven wateroppervlak) bleken hot spots voor de variabele waterjuffer. Bij de enige plek met krabbenscheer is de zeldzame groene glazenmaker aangetroffen. Libellen vereisen helder water met veel waterplanten, zonder dat het water bedekt raakt met algen of kroos. Van Grunsven en Van der Laan (2024) concluderen dat vernatten een positief effect kan hebben op de biodiversiteit in de sloten, maar ook aanpassingen in het beheer nodig zijn leidend tot een goede waterkwaliteit en een variëteit aan waterplanten (o.a. krabbescheer) en oeverplanten.

### Samenvatting alle soortgroepen

Tabel 6.7 vat de resultaten van alle onderzochte soortgroepen samen. Een ‘winstwaarschuwing’ is hier op zijn plaats. De relaties met grondwaterstand en/of type graslandgebruik werden vaak maar op een enkel meetmoment gezien en soms was er ook sprake van tegengestelde effecten tussen de verschillende meetmomenten. De aantallen dieren verschilden soms enorm tussen de verschillende momenten. Het algemene beeld is daardoor dat andere factoren dan de hier onderzochte bepalender zijn voor de onderzochte soortgroepen.

Tabel 6.7: Samenvatting van de relaties tussen biodiversiteit met grondwaterstand en type graslandgebruik (0: geen relatie; -: negatieve relatie; +: positieve relatie, x: niet kunnen vaststellen, bijv. om proef technische redenen).

Soortgroep	Grondwaterstand Hoog t.o.v. Laag	Graslandgebruik Weiden t.o.v. maaien	Opmerking	
Bodem	Bacteriën	+	0	
	Schimmels	0	0	
	Nematoden (alle)	0	0	
	Herbivore nematoden	-	0	
	Regenwormen (strooisel- en bodembewoners)	-	+	Effect in 1 vd 3 meetjaren
Boven- gronds	Botanisch percelen (Sikkema)	0	+	
	Botanisch percelen en slootkanten (Utrecht)	Percelen: + Slootkanten: 0	Percelen: 0 Slootkanten: 0	
	Lopende ongewervelden	0 / - / +	0 / -	Effect tegengesteld en niet op alle momenten
	Lopende ongewervelden >4mm (voedsel voor weidevogels)	Spinnen: 0 Vliegen/muggen: +	Spinnen: - Vliegen/muggen: 0	Effect tegengesteld voor verschillende groepen en niet op alle meetmomenten
		Loopkevers: - Kortschildkevers: 0	Loopkevers: + Kortschildkevers: 0	
	Vliegende insecten	- / 0	- / 0	Niet op alle meetmomenten
	Vliegende insecten >4mm (voedsel voor weidevogels)	0	+ / 0	Niet op alle meetmomenten
	Nachtvlinders	0	-	
	Dagvlinders	x	x	Argusvlinder gezien in/bij bloemrijke ruigtes
	Libellen	+	0	Waterkwaliteit en waterplanten v belang

## Grondwaterstand en biodiversiteit

De resultaten in Boeren op Hoog Water hebben betrekking op een relatief korte periode van grondwaterstand verhoging. In 2020 werd gestart met verhoging van de grondwaterstand en op sommige percelen werden in 2023 nog extra waterinfiltratiebuizen ingegraven (zie Hoofdstuk 2. Opzet van de bedrijfssystemen en het onderzoek) om de beoogde grondwaterstand te bereiken. Vervolgens was het voorjaar van 2024 heel nat. Een hogere grondwaterstand laat ondergronds een enkel effect zien, met name bij een deel van het bodemleven. Mogelijk dat (bovengronds levende) soortgroepen pas na langere tijd reageren op de grondwaterstand. In 2026 wordt daarom opnieuw gemeten aan de biodiversiteit. Overigens laten andere onderzoeken zien dat voor het vergroten van de biodiversiteit meer nodig is dan verhoging van de grondwaterstand, bijvoorbeeld extensivering (Deru et al., 2018; Heuts et al., 2024; Mulken et al., 2025) of zelfs het

creëren van gunstige kiemomstandigheden in combinatie met de aanvoer van plantenzaden (Van Dijk et al., 2007). Minder ingrijpend is wellicht om het beheer van slootkanten meer te richten op verhogen van de biodiversiteit (Van der Laan et al., 2025b), bijvoorbeeld via bewust kiezen voor lokaal een eerder of juist later maaimoment, afhankelijk van de aanwezigheid van gewenste of ongewenste soorten. In slootkanten worden meer plantensoorten gezien, waarbij sommige soort(groep)en gunstig zijn voor bijvoorbeeld vlinders of libellen (Van Grunsven en Van der Laan, 2024).

## 6.5 Conclusies

- Voor zover er relaties gezien werden met grondwaterstand, was dat het vaakst (maar niet altijd) bij het bodemleven. Bij de hoge grondwaterstand waren er meer bacteriën maar juist minder herbivore nematoden (geen effect op overige vier functionele groepen) en minder regenwormen. Voor schimmels werd geen relatie gezien met grondwaterstand.
- Afhankelijk van de methode/moment van vegetatiekartering werden meer plantensoorten gezien op weide- dan op maaipercelen en bij een hoge dan bij een lage grondwaterstand. Sowieso bleken de slootkanten soortenrijker dan de percelen, ongeacht de grondwaterstand.
- Voor wat betreft lopende ongewervelden en vliegende insecten geldt dat de verschillen tussen de meetmomenten (weersomstandigheden, verstoring) meestal groter waren dan de verschillen in relatie tot grondwaterstand of type graslandgebruik. Dit geldt ook voor de grotere exemplaren, dus het voedsel voor weidevogelkuikens.
- Bij de bovengrondse dieren werden meer libellen gevonden bij een hogere grondwaterstand.
- Voor wat betreft dagvlinders werden onvoldoende exemplaren gezien om een relatie te kunnen aantonen. Voor nachtvlinders was geen relatie met grondwaterstand.
- Al met al lijkt op de relatief korte termijn waarop gemeten is sinds het verhogen van de grondwaterstand en mogelijk ook vanwege verschillen in het weer tussen de meetjaren, er nog weinig effect van grondwaterstand op de biodiversiteit.

## 6.6 Referenties

- Deru JGC, Bloem J, De Goede R, Keidel H, Kloen H, Rutgers M, Van den Akker J, Brussaard L, Van Eekeren N. 2018. Soil ecology and ecosystem services of dairy and semi-natural grasslands on peat. *Applied soil Ecology* 125: 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.12.011>
- De Vos J, Van Bakel P, Hoving I, Smidt R. 2010. Raising surface water levels in peat areas with dairy farming: Upscaling hydrological, agronomical and economic effects from farm-scale to local scale. *Agricultural water management*, 97(11), 1887-1897. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.06.017>
- Eurofins, 2020. Nieuwe methode voor analyse bodemleven. <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/2020-05-nieuw-bodemlevenmonitor>

- Eurofins, 2025. PLFA. <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/plfa>
- Heuts TS, Giersbergen Qv, Nouta R, Nijman TPA, Aben RCH, Scheer Ovd, Heuts PGM, Skovsholt LJ, Quadra GR, Smolders AJP and Fritz C (2024) Shallow drainage of agricultural peatlands without landuse change: have your peat and eat it too. *Front. Environ. Sci.* 12:1437394. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1437394>
- Pijlman J, Hoekstra N, Bestman M, Honkoop w, Beek J, Van Houwelingen K, Van der Weijde H. 2025. Extensief Veenweide Verdienbedrijf. Testen van een integrale maatregelenset in de veenweiden bij een hoog grondwaterpeil en minder bemesting. Ontwikkelen van verdien capaciteit met dubbeldoelkoeien, beweiden voor draagkracht, greppelinfiltratie en biodiverse slootkanten. KTC Zegveld. <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/extensief-veenweide-verdienbedrijf.pdf>
- Sikkema K, 1997. Handleiding Beoordeling grasland- en slootvegetatie. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad. <https://edepot.wur.nl/36498>
- Strijkstra A, Boerema AS, Boersma R. 2023. BEESPOKE Frisian clay area: sticky trap protocol and analysis. <https://www.silenceofthebees.eu/wp-content/uploads/2023/09/Factsheet-BEESPOKE-Frisian-clay-area-Sticky-trap-protocol-and-analysis.pdf>
- Van der Laan A, Van Eekeren N, Wassen MJ, Rebel KT, Van Dijk J. 2025a. Soil biota response to raised water levels and reduced nutrient inputs in agricultural peat meadows. *Applied Soil Ecology* 207 105932. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.105932>
- Van der Laan A, Van Dijk J, Rebel K, Wassen M. 2025b. Biodiversiteit bij klimaatmaatregelen in het westelijk veenweidegebied. Universiteit Utrecht. <https://klimaatlimboerenopveen.nl/wp-content/uploads/2025/03/Van-der-Laan-et-al-2025-Biodiversiteit-bij-klimaatmaatregelen-in-het-westelijk-veenweidegebied.pdf>
- Van der Weijden AGG, Guldemond JA. 2006. Wormenland en vliegjesland: bemesting in relatie tot voedsel voor de grutto. *CLM*. <https://edepot.wur.nl/175732>
- Van Dijk J, Stroetenga M, Van Bodegom PM, Aerts, R. 2007. The contribution of rewetting to vegetation restoration of degraded peat meadows. *Applied Vegetation Science* 10: 315-324. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2007.tb00430.x>
- Van Dijk J, Didden WAM, Kuenen F, Van Bodegom PM, Verhoef HA, Aerts R. 2009. Can differences in soil community composition after peat meadow restoration lead to different decomposition and mineralization rates? *Soil Biology & Biochemistry* 41: 1717-1725. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.05.016>
- Van Eekeren N, Bokhorst J, Deru J, de Wit J. 2014. Regenwormen op het melkveebedrijf. Handreiking voor herkennen, benutten en managen. Louis Bolk Instituut 2014-004 LbD. <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/2849.pdf>
- Van Grunsven RHA, Van der Laan A. 2024. Veenweidevernatting en insecten. Rapport VS2024.013, De Vlinderstichting, Wageningen. <https://assets.vlinderstichting.nl/docs/d7a59b0f-4fba-495c-9b87-674a8ccc82e8.pdf>
- Van Mulken MWE, J van Dijk, PP Schot, R.J.M Temmink, N.J.M. van Eekeren, M.W.P. Bestman, A. van der Laan, M.J. Wassen, 2025. Kansen voor biodiversiteit bij klimaatmaatregelen in het laagveen. Onderzoeksrapport OBN-2021-128-LZ, OBN Natuurkennis, Driebergen. <https://natuurkennis.nl/publicaties/kansen-voor-biodiversiteit-bij-klimaatmaatregelen-in-het-laagveenlandschap/>
- Verhulst J, Melman TCP, de Snoo GR. 2008. Voedselaanbod voor gruttokuikens in de Hollandse veenweidegebieden. *Alterra-rapport 1668*. <https://edepot.wur.nl/17242> Vlinderstichting, 2025. Telformulieren en handleiding. <https://www.vlinderstichting.nl/wat-wij-doen/meetnetten/meetnet-vlinders/telformulieren-en-handleidingen/>
- Vlinderstichting, 2025. Methodes van de landelijke meetprogramma's. <https://www.vlinderstichting.nl/wat-wij-doen/meetnetten/landelijk-meetprogramma/>

## 7. Thema Klimaat & milieu

### 7.1 Inleiding

Een belangrijk doel van Boeren op Hoog water is de emissie van broeikasgassen te reduceren, en daarnaast te streven naar minder ammoniakemissie en emissies naar water. Waar het uiteindelijk om draait is dat overheidsdoelen en –ambities net als wensen vanuit het bedrijfsleven op het gebied van emissies, zo goed mogelijk invulling krijgen. Het doel van het monitoringsdeel ‘klimaat & milieu’ is inzicht te geven in de broeikasgasemissies en in de stikstof- en fosfaatbalansen (mineralenkringloop) van elk van de drie bedrijfssystemen.

Uit simulatieberekeningen (scenariostudies) die gedaan zijn in 2019 en 2020 blijkt dat het uitmaakt hoe doelen zijn geformuleerd: per kg melk, per hectare of per bedrijf (o.a. Pijlman et al. 2018). Op dit moment worden emissies vaak uitgedrukt per kg melk of per hectare. Beide wijzen van uitdrukken hebben voor- en nadelen, en sturen op één van deze indicators betekent niet per definitie dat de emissie van een gebied of sector daalt (Reijs en de Vries, 2024). Voor deze rapportage is er daarom gekozen om emissies zowel per kg melk als per hectare uit te drukken.

Een belangrijke hypothese voor de Hoogwaterboerderij is dat een grondwaterstand van ca. –20 cm beneden maaiveld de laagste emissie van broeikasgassen per hectare uit de bodem geeft ten opzichte van reguliere ontwatering (Jurasinski et al. 2016; Evans et al. 2020). Op de Hoogwaterboerderij is gestreefd naar een grondwaterstand van ca. -20 cm beneden maaiveld tijdens het groeiseizoen (voor meer info zie hoofdstuk water), afgeleid van deze hypothese.

Hypothese was daarnaast dat een grondwaterstand van ca. –20 cm beneden maaiveld tot een vermindering van de ammoniakemissies zou leiden als gevolg van een lagere bodemmineralisatie en lagere stikstofopname door gras vanuit de bodem. Daarnaast was een hypothese dat een hogere grondwaterstand tot grotere P-verliezen op het bedrijf zou kunnen leiden. Enerzijds omdat een hogere grondwaterstand mogelijk tot een grotere bodem-P-mobilisatie leidt wat verliezen richting water zou kunnen verhogen. En anderzijds omdat een hogere grondwaterstand mogelijk tot een lagere grasproductie bij een gelijke bemesting leidt, waardoor er extra voer van buitenaf het bedrijf nodig is om de melkveerantsoenen voor deze verliezen te compenseren. Hierdoor kan de fosfaataanvoer op bedrijfsniveau toenemen, terwijl de afvoer via melk en dieren onveranderd blijft.

Hypothesen zijn daarnaast dat de emissies van kooldioxide, methaan of lachgas kunnen verschillen tussen de bedrijven doordat er onderliggende factoren verschillen als gevolg van een hogere grondwaterstand of ander veeras: graslandmanagement (o.a. moment van maaien en weiden, bemesting, grasopbrengst- en kwaliteit, grasbenutting), rantsoen (o.a. soort en hoeveelheid krachtvoer en geteeld en aangevoerd ruwvoer) en melkproductie van koeien.

Bij de interpretatie van emissies is het van belang alert te zijn op afwentelingen van een hoge grondwaterstand en mogelijke optimalisatie te benoemen tussen de bedrijfsvoering en een hoge grondwaterstand. Een belangrijke vraag daarbij is: Hoe verhouden zich de (mogelijke) negatieve effecten van de bedrijfsvoering op emissies bij een streefgrondwaterstand van ca. -20 cm, ten opzichte van de emissiebeperking uit de bodem die wordt behaald bij deze streefgrondwaterstand?

## 7.2 Werkwijze

Aanvoer, afvoer en overschotten van stikstof en fosfaat op niveau van de veestapel, de bodem en het bedrijf van de drie bedrijfssystemen zijn uitgerekend op basis van de systematiek en rekenregels van de Kringloopwijzer (versie 2024.13, van Dijk et al. 2024). Dit is jaarlijks gedaan vanaf 2021. Voor het opstartjaar 2020 zijn geen balansen opgesteld, vanwege het feit dat dit jaar een ‘inregeljaar’ was en de Hoogwaterboerderij geen volledig kalenderjaar heeft gefunctioneerd. De systematiek van de Kringloopwijzer geeft ook inzicht in verschillende vorm(en) van verliezen, zoals ammoniakemissie, broeikasgassen en overige emissies richting lucht en water.

De volgende data zijn per bedrijfssysteem verzameld voor het opstellen van de balansen met behulp van de Kringloopwijzer:

- Gemiddeld aantal aanwezige stuks melk- en jongvee, inclusief aan- en afvoer van dieren;
- Geleverde melk (hoeveelheid en samenstelling) aan de fabriek, en melk gevoerd aan eigen kalveren. Voor de melkproductie per bedrijfssysteem was de levering van melk aan de fabriek leidend (de melk van de bedrijfssystemen werd gemengd afgeleverd). Vervolgens is de melkproductie en samenstelling per bedrijf uitgerekend op basis van de melkproductieregistraties van de melkrobots en melkcontrole (melkgift en samenstelling) welke tweewekelijks per koe is gedaan;
- Hoeveelheid weidegang (aantal dagen en uren per dag). De hoeveelheid weiduren zijn uitgerekend op basis van de weidepoorten welke voor elke koe registeren wanneer deze richting de wei loopt en weer richting de stal. De berekening voor de hoeveelheid weideuren is vanaf 2023 verfijnd ten opzichte van 2021 en 2022. Vanaf 2023 zijn de geregistreerde weideuren gecorrigeerd voor administratiefouten van de weidepoorten (af en toe wordt een koepassage niet geregistreerd door de poorten wat een foutieve weidetijd voor een koe op een specifieke dag oplevert) en door ‘weidedagen’ welke korter dan 30 min waren eruit te filteren, omdat een koe dan vaak alleen de stal uit en in is gelopen zonder naar de wei te zijn gegaan.
- Ruwvoeraanleg en verbruik: Hiervoor zijn voervorraden (ruwvoer) op 1 januari en 31 december (hoeveelheid en samenstelling), de voorraadaanleg en voorraadafvoer (hoeveelheid

en samenstelling) leidend. De omvang van de voorraadaanleg in kg droge stof is bepaald door alle geogoste balen te wegen (met behulp van een weegbrug), en door per geogoste partij een representatief steekmonster te analyseren op het vochtgehalte (Eurofins Agro). Voor het opstellen van de voerbalansen zijn de bepalingen van de voervorraden op 1 januari en 31 december leidend (tellingen van de aanwezige balen), en is per bedrijfssysteem gekeken of de gevoerde voorraad (voorraad op 31 december - voorraad op 1 januari + voorraad aanleg) overeenkomt met de voeropnameregistraties (vierwekelijks zijn voeropnames per groep gemeten in de stal).

- Krachtvoergebruik. Voor krachtvoer waren de registraties van de geleverde hoeveelheden krachtvoer op de Hoogwaterboerderij het uitgangspunt (leveringsgewichten per vracht bepaald met een weegbrug). Aan de hand van de geregistreerde krachtvoergiften (door de melkrobots en handmatige registratie van het voer aan het voerhek) is krachtvoergift voor de drie bedrijfssystemen bepaald;
- Drijfmest- en kunstmestgebruik: Voor drijfmest waren de mestvoorraden op 1 januari en 31 december leidend en zijn de gehalten van de voorraad bepaald door het analyseren van mestmonsters (Eurofins Agro). Voor kunstmest is de aanvoer (soort en samenstelling) als uitgangspunt genomen. De werkelijke giften per bedrijfssysteem zijn bepaald uit de dataregistratie van alle bemestingen in de graslandkalender. Kunstmest voorraden op 31 januari waren altijd 0. De methode van drijfmest uitrijden was sleepvoeten (1 deel water op 2 delen mest);
- Stro- en kalkgebruik: Hiervoor waren de voorraden op 1 januari en 31 december, en aan- en afvoer (hoeveelheid en samenstelling) geregistreerd. Een verdeling per bedrijfssysteem van het netto gebruik is gemaakt op basis van dieraantallen;
- Oppervlakte grasland, bodemtype (100% veen) en eventuele schade door ganzen (oppervlak en kg droge stof uit taxatierapport ganzenschade);
- Staltype ('standaard' stalsysteem melkvee), type melkstal (automatisch melksysteem), afvoer van reinigingswater melkstal (in mestput)
- Energieverbruik: elektriciteit en dieselverbruik volgens normatieve berekening van de Kringloopwijzer, uitgaande van 100 % groene stroom.

Nadat deze gegevens waren verwerkt in de Kringloopwijzer zijn de bodem- en bedrijfsbalansen voor stikstof handmatig gecorrigeerd voor het jaarlijkse gemiddeld gemeten stikstofmineralisatie (NLV) van de laag- en hoogwaterpercelen. Met deze benadering worden de bodem- en bedrijfsbalansen naar verwachting accurater ingeschat dan bij het gebruik van een 'vaste' mineralisatie van 235 kg N per ha per jaar voor veengrond zoals standaard in de Kringloopwijzer wordt toegepast (van Dijk et al. 2024). Het NLV was gemeten in meetplots op meerdere percelen (zie Hoofdstuk 4 voor details). Overigens is een substantieel deel van het NLV afkomstig uit stikstof van historische bemesting en relatief recent opgebouwde organische stof afkomstig, en dus

afkomstig uit de bedrijfskringloop en geen aanvoer van buiten het bedrijf. In de rekensystematiek van de Kringloopwijzer wordt echter het NLV gelijkgesteld aan veenmineralisatie en beschouwd als N aanvoer van het bedrijf, en in deze rapportage is gekozen deze systematiek te volgen.

Daarnaast zijn resultaten van het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) gebruikt om de broeikasgasemissies uit de veenbodem te schatten, en daarmee de broeikasgasbalans van de drie bedrijfssystemen. Binnen het NOBV wordt gewerkt aan kennisuitbreiding rondom broeikasgasemissies uit veen, waarbij de Hoogwaterboerderij één van de meetlocaties is. Binnen het NOBV-onderzoek wordt gekeken naar o.a. verbanden tussen grondwaterstand, bodemchemie en veentype, fysieke bodemeigenschappen en andere bodem- en watereigenschappen in relatie tot broeikasgassen. Deze gevonden relaties worden door NOBV verwerkt in de SOMERS (Subsurface Organic Matter Emission Registration System) monitoringstool. De broeikasgassen uit de bodem van de Hoogwaterboerderij zijn voor deze rapportage geschat met behulp van SOMERS (versie 8 mei 2024). Op het moment van schrijven (juli 2025) bevat SOMERS enkel rekenregels voor CO<sub>2</sub>-emissies uit de bodem, en niet voor methaan en lachgas. De emissies van methaan en lachgas zijn berekend met behulp van de Kringloopwijzer, waardoor er voor deze broeikasgassen (nog) geen onderscheid kan worden gemaakt tussen laag en hoog grondwater. Percelen in SOMERS omvatten gedeeltelijk meerdere percelen die én in het laag- en hoogwaterbedrijfssysteem liggen, of én in het HF en Jersey hoogwaterbedrijfssysteem liggen. Hierdoor is er een onvermijdelijke overlap tussen de berekende CO<sub>2</sub>-emissies van de drie bedrijfssystemen, en is ervoor gekozen gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissies van alle percelen in de drie bedrijfssystemen te rapporteren.

## 7.3 Resultaten

### Ontwikkelingen veestapel, veebezetting en krachtvoergift

De Hoogwaterboerderij is in 2020 opgestart. In 2020 bleek een ruwvoertekort te ontstaan als gevolg van een relatief hoge veebezetting. Daarom is ervoor gekozen per 1 januari 2021 het oppervlakte grasland wat te vergroten (Tabel 7.1). Vanaf 2022 zijn er geen veranderingen in dieraantallen of oppervlakte grasland geweest, dus in de veebezetting. Vanaf 2022 zijn er kleine variaties in het aantal melkkoeien geweest doordat de aanwas en afvoer van melkkoeien niet helemaal constant en volledig te plannen is.

Tabel 7.1. De oppervlakte van het grasland en het aantal melkkoeien (inclusief koeien in droogstand) per bedrijfssysteem

		HF-L	HF-H	J-H
Grasland (hectare)	2020	20.1	10.1	10.3
	2021-2024	22.01	10.88	11.02
Aantal melkkoeien*	2020	46	23	31
	2021	44	22	30
	2022	43	22	29
	2023	43	23	29
	2024	45	23	28

\* inclusief koeien in droogstand.

## Technische kengetallen bedrijfsvoering

De technische kengetallen laten zien dat verschillen tussen de bedrijfssystemen niet elk jaar dezelfde kant op wijzen (Tabel 7.2). Uit de technische cijfers blijkt dat de meetmelkproductie per hectare gemiddeld vrijwel gelijk was voor de HF bedrijfssystemen en hoger was voor het Jersey bedrijfssysteem, terwijl de grasproductie, het percentage eiwit van eigen land en het percentage VEM van eigen land lager was bij de hoogwaterbedrijfssystemen.

Op basis van de Kringloopwijzer was de graslandproductie in kilogrammen drogestof gemiddeld 3 tot 11% lager, de KVEM productie 5 tot 13% lager, en waren eiwitgehalten in het gras gemiddeld 4 tot 5% lager bij een hoge grondwaterstand t.o.v. een lage grondwaterstand (HF-H en J-H vs. HF-L). Echter, de verschillen tussen de jaren variëren sterk. Zo was er een hogere graslandproductie voor de hoogwater t.o.v. laagwater systemen in 2024, terwijl de gemeten kuilgrasproductie op de veldkavel in dat jaar juist een stuk lager was. De vierjarig gemiddelde grasgroei van het HF-H bedrijf lag 3% onder dat van het HF-L bedrijfssysteem, terwijl dit 11% was voor het J-H bedrijfssysteem. Bij de hoogwaterbedrijfssystemen was de afname van weidegras in het rantsoen gemiddeld 14%. De meetmelkproductie uit eiwit of VEM van eigen land was 5-6% lager bij de hoogwaterbedrijfssystemen. Voor wat betreft fosfor waren er geen noemenswaardige verschillen in het gehalte in het gras.

Tabel 7.2. Enkele technische kengetallen van de drie bedrijfssystemen berekend met behulp van de Kringloopwijzer

	2021			2022			2023			2024			2021-2024 Gemiddelden			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
<i>Melkproductie</i>																	
kg meetmelk per koe	7895	7583	6201	7730	7217	6358	8018	8181	6414	7379	7031	5778	7756	7503	6188	-3%	-20%
kg meetmelk per ha	15604	15403	16601	15241	14594	16617	15701	16918	16588	15019	14540	14786	15391	15364	16148	0%	5%
<i>Rantsoen</i>																	
% eigen eiwit in rantsoen	72	66	69	69	60	51	78	78	78	76	72	70	74	69	67	-6%	-9%
% eigen VEM in rantsoen	64	65	59	67	56	54	70	64	61	56	60	57	68	61	58	-5%	-10%
uren weidegang (/koe/jaar)	1504	1496	1496	1792	1688	1688	1022	1078	1234	928	613	772	1312	1219	1298	-7%	-1%
% weidegras in rantsoen	16,2	15,4	14,6	20,5	15,7	15,9	11,5	11,3	11,7	9,4	6,5	7,4	14,4	12,2	12,4		
weidegras in rantsoen (kg ds/ha)	2116	2026	1951	2608	1967	2049	1489	1580	1527	1233	860	891	1862	1608	1604	-14%	-14%
kg krachtvoer per hectare	3767	3755	3609	3438	3535	3537	3261	3688	3284	3649	4095	4010	3529	3768	3610	7%	2%
kg krachtvoer per 100 kg meetmelk	24	24	22	23	24	21	21	22	20	24	28	27	23	25	22	7%	-2%
RE-gehalte rantsoen (g/kg ds)	172	162	158	164	158	160	161	163	162	163	156	155	165	160	159	-3%	-4%
VEM-gehalte rantsoen (VEM/kg ds)	949	949	937	958	956	956	952	948	941	930	915	937	947	942	943	-1%	0%
<i>Graslandproductie</i>																	
Bruto (kg ds/ha)	10790	11278	10035	10236	8306	7964	11907	11115	9795	8836	9772	9451	10442	10118	9311	-3%	-11%
Netto 'over de dam' (kg ds/ha)	10001	10476	9304	9481	7718	7405	11163	10401	9159	8290	9239	8908	9734	9459	8694	-3%	-11%
kVEM (/ha)	8613	9107	8029	8931	7132	6824	10105	9331	8283	7344	7604	7317	8748	8294	7613	-5%	-13%
RE-gehalte (g/kg ds)	182	166	167	165	170	168	176	178	184	168	141	142	173	164	165	-5%	-4%
P-gehalte (g/kg ds)	3.3	3.4	3.3	2.6	2.6	2.7	3	3.1	3.1	3.1	2.9	2.8	3.0	3.0	3.0	0%	-1%
Kunstmest bemesting (kg N/ha)	74	74	70	83	82	82	80	82	83	91	86	87	82	81	81	-1%	-2%
kg meetmelk per ha per % eiwit van eigen land	11235	10166	11455	10516	8756	8475	12247	13196	12939	11414	10469	10350	11353	10647	10805	-6%	-5%
kg meetmelk per ha per % VEM van eigen land	9958	10008	9764	10265	8172	9029	11011	10752	10119	8391	8681	8459	9906	9403	9343	-5%	-6%

## Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van veestapel

Gemiddeld over 2021-2024 hadden de twee bedrijfssystemen op hoog water een 15% lagere stikstofopname via weidegras (Tabel 7.3). Daarnaast was de aanvoer van N via krachtvoer en kuilgras gemiddeld hoger bij HF-H in vergelijking met HF-L, en de N afvoer via melk bijna gelijk. De N-efficiëntie op dierniveau van met name J-H was marginaal hoger ten opzichte van HF-L en HF-H.

Gemiddeld over 2021-2024 waren er geen noemenswaardige verschillen in de fosfaatbenutting van de veestapel tussen de bedrijfssystemen (Tabel 7.4). In deze balans is de gemiddeld hogere meetmelkproductie van HF-H in 2023 terug te zien als een hogere P-afvoer.

Tabel 7.3. Stikstofbalans op dierniveau (alle waarden in kg per hectare, m.u.v. de benutting)

	2021			2022			2023			2024			Gemiddeld			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	HF-H	J-H	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
<i>Aanvoer N</i>																	
Krachtvoer	75	75	72	68	70	69	68	77	68	72	81	85	71	76	74	7%	4%
Kuilgras	206	198	199	184	183	194	214	230	214	230	219	187	209	208	199	0%	-5%
Weidegras	79	69	66	81	65	67	52	56	55	42	27	28	64	54	54	-15%	-15%
<i>Afvoer N</i>																	
Melk	82	82	87	79	78	86	80	88	83	76	73	74	79	80	83	1%	4%
Dieren	3	4	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	18%	-18%
Aanvoer totaal	360	341	338	333	318	330	334	363	337	344	327	299	343	337	326	-2%	-5%
Afvoer totaal	85	85	90	82	81	88	83	91	85	79	76	76	82	83	85	1%	3%
Benutting	24%	25%	26%	24%	25%	26%	25%	25%	25%	23%	23%	25%	24%	25%	26%		

Tabel 7.4. Fosfaat balans op dierniveau (alle waarden in kg per hectare, m.u.v. de benutting)

	2021			2022			2023			2024			Gemiddeld			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
Aanvoer																	
krachtvoer	31	31	29	27	28	28	29	32	29	36	40	42	31	33	32	7%	4%
kuilgras	54	58	58	49	51	53	55	58	56	60	62	51	55	57	55	5%	0%
weidegras	19	18	17	17	13	15	11	13	12	10	7	7	14	13	13	-11%	-11%
Afvoer																	
Melk	33	32	33	33	32	34	33	36	32	32	30	29	33	33	32	-1%	-2%
Vlees	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	13%	-13%
Aanvoer totaal	103	106	105	93	92	95	95	103	97	107	110	101	100	103	100	3%	0%
Afvoer totaal	33	32	33	33	32	34	33	36	32	32	30	29	33	33	32	-1%	-2%
Benutting, %	35%	33%	33%	37%	37%	37%	37%	37%	35%	32%	29%	30%	35%	34%	34%		

## Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van bodem

Gemiddeld was de N aanvoer naar de bodem via weidemest iets lager voor de hoogwaterbedrijfssystemen, en via drijfmest ook lager bij het J-H bedrijfssysteem (Tabel 7.5). Gemiddeld was het gemeten stikstofleverend vermogen (NLV) van de hoogwaterpercelen 7 kg per hectare lager, en de afvoer van N via gras en kuil 22-51 kg per hectare lager. De N-benutting viel 3-6% lager uit en het N-bodemoverschot 3-6% hoger bij de hoogwaterbedrijfssystemen. Wanneer het N-bodemoverschot per kg meetmelk wordt uitgedrukt, zijn er nagenoeg geen verschillen tussen de bedrijfssystemen (vierjarig gemiddeld).

Voor fosfaat is de bodemlevering niet ingeschat, wat als gevolg heeft dat de fosfaatbalans soms netto negatief was (Tabel 7.6). De vierjarig gemiddelde fosfaataanvoer via drijfmest was 1-3 kg per ha hoger bij de hoogwaterbedrijven, en gelijk voor weidemest. De fosfaatvastlegging in gras en kuil was daarentegen wat lager bij hoogwater en met name bij J-H, wat ervoor zorgde dat het laagwaterbedrijfssysteem HF-L het kleinste berekende bodemoverschot en de hoogste fosfaatbenutting had.

Tabel 7.5. Stikstofbalans op bodemniveau (alle waarden zijn in kg per hectare, m.u.v. de benutting en waarden per kg meetmelk).

	2021			2022			2023			2024			Gemiddeld			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
<i>Aanvoer N</i>																	
Drijfmest	207	195	191	174	169	173	165	189	168	222	213	190	192	192	181	0%	-6%
Weidemest	41	38	37	45	40	41	29	34	35	26	20	21	35	33	34	-6%	-5%
Kunstmest	73	72	68	81	80	80	78	80	81	89	84	85	80	79	79	-2%	-2%
Depositie	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0%	0%
NLV bodem	277	263	263	294	286	286	262	259	259	224	221	221	264	257	257	-3%	-3%
<i>Afvoer N</i>																	
Gras	79	69	66	63	48	44	51	59	54	35	21	26	57	49	48	-14%	-17%
Kuil	213	210	182	187	163	156	265	239	216	189	187	176	214	200	183	-6%	-15%
Aanvoer totaal	619	589	580	615	596	601	555	583	564	582	559	538	593	582	571	-2%	-4%
Afvoer totaal	292	279	248	250	211	199	316	297	270	224	208	203	271	249	230	-8%	-15%
Benutting, %	47%	47%	43%	41%	35%	33%	57%	51%	48%	38%	37%	38%	46%	43%	40%		
N overschot, kg/ha	327	310	332	365	385	402	239	286	294	358	351	335	322	333	341	3%	6%
N overschot, g/kg meetmelk	20.9	20.1	20.0	24.0	26.4	24.2	15.2	16.9	17.7	23.8	24.1	22.7	21	22	21	4%	1%

Tabel 7.6. Fosfaatbalans op bodemniveau (alle waarden zijn in kg per hectare, m.u.v. de benutting en waarden per kg meetmelk). NG = niet gemeten

	2021			2022			2023			2024			Gemiddeld			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
<i>Aanvoer</i>																	
Bodemlevering	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG					
Drijfmest	58	50	49	42	48	50	38	45	41	72	81	74	53	56	54	7%	2%
Weidemest	10	11	11	11	10	10	7	8	9	7	6	6	9	9	9	0%	3%
<i>Afvoer</i>																	
Gras	19	18	17	12	8	8	11	13	11	8	5	7	13	11	11	-12%	-14%
Kuil	57	63	53	45	38	39	65	62	53	51	56	52	55	55	49	0%	-10%
Aanvoer totaal	68	61	60	52	58	60	45	53	49	80	87	80	61	65	62	6%	2%
Afvoer totaal	76	81	70	57	46	46	76	75	65	59	62	58	67	66	60	-1%	-11%
Benutting, %	111%	130%	116%	108%	81%	78%	162%	138%	128%	75%	72%	74%	114%	105%	99%		
Overschot, kg/ha	-8	-20	-11	-5	12	14	-31	-22	-15	21	26	22	-6	-1	3		
Overschot, g/kg meetmelk	-0.5	-1.3	-0.7	-0.3	0.8	0.8	-2.0	-1.3	-0.9	1.4	1.8	1.5	-0.4	0.0	0.2		

## Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van bedrijf

Op bedrijfsniveau was de stikstofbenutting gemiddeld gelijk tussen de bedrijven (18%, Tabel 7.7). Bedrijfssysteem J-H had een vierjarig gemiddeld hogere N-aanvoer via gekocht voer, ten opzichte van de andere twee bedrijfssystemen. Ook het HF-H bedrijfssysteem had een wat hogere N aanvoer via ruwvoer dan het HF-L bedrijfssysteem. Daarnaast lag bij beide hoogwaterbedrijfssystemen de gemiddelde N afvoer 1-3 kg per ha hoger. Het J-H bedrijfssysteem had wel het hoogste N-overschot per hectare, gevolgd door het HF-H bedrijfssysteem. Uitgedrukt per kg meetmelk had het J-H bedrijfssysteem een 1% lager bedrijfsoverschot van stikstof en het HF-H bedrijfssysteem een 3% hoger bedrijfsoverschot, in vergelijking tot het HF-L bedrijfssysteem.

De bedrijfssystemen op hoogwater hadden gemiddeld ook een lagere ammoniakemissie, zowel per hectare als per kg meetmelk. Voor het HF-H bedrijfssysteem was de ammoniakemissie 2 kg per ha lager en voor het J-H bedrijfssysteem 5 kg lager in vergelijking met het HF-L bedrijfssysteem. Uitgedrukt per kg meetmelk was het relatieve verschil tussen het J-H en HF-L bedrijfssysteem groter (-14%).

Tussen de bedrijfssystemen waren er geen noemenswaardige verschillen in de afvoer van fosfaat via melk en dieren (Tabel 7.8). In tegenstelling tot de stikstofbalansen op bedrijfsniveau, is er voor fosfaat vaak sprake van een netto afvoer in plaats van aanvoer voor de HF bedrijven.

Tabel 7.7. Stikstofbalans op bedrijfsniveau (alle waarden zijn in kg per ha, m.u.v. de benutting en cijfers per kg meetmelk)

	2021			2022			2023			2024			Gemiddeld			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
<i>Aanvoer N</i>																	
Kunstmest	74	74	70	83	82	82	80	82	83	91	86	87	82	81	81	-1%	-2%
Dierlijke mest	7	6	7	-4	-3	-4	-32	-19	-23	16	11	14	-3	-1	-2		
Krachtvoer	76	76	73	70	72	71	70	78	69	73	83	86	72	77	75	7%	3%
Ruwvoer	9	2	32	29	49	75	-32	7	16	65	53	26	18	28	37	56%	110%
Depositie	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0%	0%
Mineralisatie	277	263	263	294	286	286	262	259	259	224	221	221	264	257	257	-3%	-3%
<i>Afvoer N</i>																	
Melk	82	82	86	78	77	85	80	88	83	75	72	73	79	80	82	1%	4%
Dierverkoop	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	3	2	3	3	3	8%	-17%
Aanvoer totaal	464	442	466	493	507	531	369	428	425	490	475	455	454	463	469	2%	3%
Afvoer totaal	85	85	89	81	80	87	83	92	86	78	75	75	82	83	84	2%	3%
Benutting, %	18%	19%	19%	16%	16%	16%	23%	22%	20%	16%	16%	16%	18%	18%	18%		
N overschot, kg/ha	379	357	377	412	427	444	286	336	339	412	400	380	372	380	385	2%	3%
N overschot, g/kg meetmelk	24.3	23.2	22.7	27.1	29.3	26.7	18.2	19.8	20.4	27.4	27.5	25.7	24.2	24.9	23.9	3%	-1%
Ammoniak, kg/ha	53	48	45	45	42	42	44	48	44	53	49	44	49	47	44	-4%	-10%
Ammoniak, g/kg meetmelk	3.4	3.1	2.7	3.0	2.9	2.5	2.8	2.8	2.7	3.5	3.4	3.0	3.2	3.1	2.7	-4%	-14%

Tabel 7.8. Fosfaatbalans op bedrijfsniveau (alle waarden zijn in kg per ha, m.u.v. de benutting cijfers per kg meetmelk). NG = niet gemeten

	2021			2022			2023			2024			Gemiddeld			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
<i>Aanvoer</i>																	
Kunstmest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Dierlijke mest	-3	-14	-14	-9	-3	-3	-19	-16	-17	2	6	6	-7	-7	-7	-7%	-3%
Krachtvoer	31	31	30	27	28	28	29	32	29	37	41	43	31	33	33	6%	5%
Ruwvoer	-1	-2	8	12	20	24	-6	-1	6	15	12	3	5	7	10	45%	105%
Mineralisatie	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG					
<i>Afvoer</i>																	
Melk	33	32	33	32	32	34	33	36	32	32	30	29	33	33	32	0%	-2%
Dierverkoop	2	3	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	13%	-50%
Aanvoer totaal	27	15	24	30	45	49	4	15	18	54	59	52	29	34	36	17%	24%
Afvoer totaal	35	35	34	34	34	35	35	38	33	34	32	30	35	35	33	1%	-4%
Benutting, %	130%	233%	142%	113%	76%	71%	875%	253%	183%	63%	54%	58%	295%	154%	114%		
Overschot, kg/ha	-8	-20	-11	-5	12	14	-31	-22	-15	21	26	22	-6	-1	3		
Overschot, g/kg meetmelk	-0.5	-1.3	-0.7	-0.3	0.8	0.8	-2.0	-1.3	-0.9	1.4	1.8	1.5	-0.4	0.0	0.2		

## Bodem-CO<sub>2</sub>-emissie bij actieve waterinfiltratie i.c.m. verhoging slootwaterpeilen

Alle percelen op de Hoogwaterboerderij bestaan volledig uit kleiig eutroof broekveen met een moerige eerdlaag als bovengrond (bodemtype hVb). De zomerdrooglegging (slootpeil) van de percelen schommelt tussen ca. 40 en 60 cm afhankelijk van het perceel en plaats waarop de drooglegging wordt gemeten, en de winter is die drooglegging 10 cm groter (dus 10 cm meer drooglegging in de winter). De gemeten slootpeilen van zowel de lage en hoge grondwaterstand behandelingen zijn weergegeven in Hoofdstuk 3 van deze rapportage.

Op basis van SOMERS 2.0, voor de percelen zonder slootpeilverhoging en AWIS, was de gemiddelde zomerdrooglegging 40 cm, en de winterdrooglegging 10 cm groter, en was de mediane CO<sub>2</sub>-emissie per hectare 10,8 ton per jaar (Tabel 7.9). De toepassing van AWIS en slootpeilverhoging lieten de mediane CO<sub>2</sub>-emissie dalen naar 4,1 ton per hectare per jaar (-62%), bij een gemiddelde drooglegging van 22 cm. Zoals genoemd geeft SOMERS 2.0 geen inschatting van methaan- en lachgasemissies uit de bodem.

Tabel 7.9. Drooglegging (slootpeil) en CO<sub>2</sub>-emissie van de percelen in de drie bedrijfssystemen respectievelijk zonder en met slootpeilverhoging en actieve waterinfiltratie (AWIS) volgens SOMERS 2.0 (versie 8 mei 2024).

	Drooglegging (m)		CO <sub>2</sub> regulier (ton/ha/jr)			CO <sub>2</sub> AWIS (ton/ha/jr)			CO <sub>2</sub> reductie (ton/ha/jr)		
	Regulier	AWIS	Mediaan	Min	Max	Mediaan	Min	Max	Mediaan	Min	Max
Waarde <sup>1</sup>	0,40	0,22	10,8	9,9	11,7	4,1	3,6	5,2	6,7	4,7	8,1

<sup>1</sup> Waarden zijn gemiddelden gewogen naar perceeloppervlakte van de volgende perceel nummers in SOMERS: 471388\_19\_2, 170108\_19\_2, 277063\_1, 312801\_19\_1, 312801\_19\_2, 312801\_19\_3, 409159\_1, 197166\_1, 343323\_1, 206522\_1, 176937\_1, 491562\_1, 495108\_1, 464671\_1, 5702\_2, 299597\_2, 98033\_2, 486307\_1, 258943\_18\_1, 362942\_1, 118415\_18\_1, 258943\_18\_2, 118415\_18\_2, 361923\_2, 53021\_2, 495031\_20\_2 en 118072\_1.

## Emissies van broeikasgassen op bedrijfsniveau uit de Kringloopwijzer

De berekende broeikasgasemissies zijn zowel uitgedrukt per hectare als per kg meetmelk (Tabel 7.10). De bedrijven op hoogwater scoren 15-18% gunstiger op broeikasgasemissies per hectare en per kg meetmelk. Lachgasemissies uit bodem en sloot zijn 2-3% lager berekend voor de hoogwaterbedrijfssystemen. Emissies uit energiegebruik, aangevoerd voer en kunstmest en methaan uit pensfermentatie waren juist hoger bij hoogwater. Lachgasemissies uit de stal en mestopslag waren juist lager bij de hoogwaterbedrijfssystemen.

Tabel 7.10. Emissies van broeikasgassen in kg per hectare en in g per kg meetmelk. Alle broeikasgasemissies zijn uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten.

	2021			2022			2023			2024			Gemiddeld			2021-2024 % t.o.v. HF-L	
	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-L	HF-H	J-H	HF-H	J-H
<i>Bodememissies, kg/ha</i>																	
CO <sub>2</sub> bodem*	10800	4100	4100	10800	4100	4100	10800	4100	4100	10800	4100	4100	10800	4100	4100	-62%	-62%
Methaan bodem en sloot**	828	828	829	831	830	830	824	825	826	823	819	820	826	826	826	0%	0%
Lachgas bodem en sloot**	5404	5222	5113	5417	5233	5272	4876	5179	5095	5291	4969	4882	5247	5151	5091	-2%	-3%
<i>Overige emissies, kg/ha</i>																	
CO <sub>2</sub> energie	582	640	633	557	566	580	625	655	614	574	663	650	585	631	619	8%	6%
CO <sub>2</sub> -eq aanvoer (o.a. voeraankopen, kunstmest)	5561	7087	6318	5030	6459	7852	4518	5518	6210	5323	7009	7919	5108	6518	7075	28%	39%
Methaan pensfermentatie	7401	7770	7993	7021	7038	7402	7220	7698	7536	7269	7393	7152	7228	7475	7521	3%	4%
Methaan stal en mestopslag	1685	1661	1684	1813	1534	1564	1637	1736	1596	1694	2043	1807	1707	1743	1663	2%	-3%
Lachgas stal en mestopslag	330	302	289	288	272	276	309	333	304	332	321	281	315	307	288	-2%	-9%
<i>Totale emissies</i>																	
Broeikasgassen totaal, kg/ha	32592	27610	26960	31757	26031	27876	30808	26043	26281	32107	27317	27612	31816	26750	27182	-16%	-15%
Broeikasgassen totaal, g/kg meetmelk***	2089	1793	1624	2084	1784	1678	1962	1539	1584	2138	1879	1867	2068	1749	1688	-15%	-18%
Allocatiefactor emissies melk****	0.9	0.88	0.91	0.88	0.86	0.92	0.93	0.91	0.96	0.92	0.94	0.88	0.91	0.90	0.92	-1%	1%
Gealloceerd naar melk, g/kg meetmelk	1880	1577	1478	1834	1534	1543	1825	1401	1521	1967	1766	1643	1876	1570	1546	-16%	-18%
Gealloceerd naar melk, g/kg meetmelk (excl. bodememissies)	997	1134	1019	965	1087	1064	911	942	980	1012	1199	1204	963	1066	1034	11%	7%

\* De CO<sub>2</sub>-emissie is berekend met behulp van SOMERS 2.0 (versie 8 mei 2024) \*\* De methaan- en lachgasemissies zijn berekend met behulp van de Kringloopwijzer. In de Kringloopwijzer wordt (nog) geen rekening gehouden met een eventueel effect van de sloot- of grondwaterstand op deze emissies. \*\*\*Gerekend met de meetmelkproductie per ha zoals weergegeven in tabel 4 van dit hoofdstuk, berekend met de in Nederland gebruikelijke meetmelkformule. In de Kringloopwijzer wordt bij de berekening van broeikasgassen per kg meetmelkproductie de International Dairy Federation (IDF) meetmelkformule gebruikt. \*\*\*\*Factor voor de verdeling van broeikasgasemissies naar melk en vlees. Deze factor is afhankelijk van de verhouding melkproductie en afgevoerde dieren

## 7.4 Discussie

### Technische kengetallen bedrijfsvoering

#### *Variatie tussen jaren*

De variantie van technische bedrijfskengetallen tussen jaren heeft meerdere oorzaken, waaronder variaties in het weer waardoor verschillen tussen laag- en hoogwater variëren, en daarmee de grasgroei en -opname. Effecten van een droger of juist natter jaar werken gedeeltelijk door in het daaropvolgende jaar omdat de aangelegde graskuilen deels pas in de winter na het groeiseizoen worden gevoerd. Maar er zijn bijvoorbeeld ook variaties in de gemiddelde leeftijd van de koeien per bedrijfssysteem die van invloed zijn op de melkproducties. Wat bijvoorbeeld opvalt is dat de meetmelkproductie per hectare voor HF-H relatief hoog was in 2023 ten opzichte van HF-L. In dat jaar was het gemiddelde lactatienummer 3,3 voor HF-H tegenover 2,9 voor HF-L, wat betekent dat de HF-H gemiddeld ca. 3 maanden ouder waren. Ook was er gemiddeld 0,1 melkkoe meer per hectare, en was de krachtvoergift wat hoger voor HF-H. Variaties binnen de koeiengroepen tussen de bedrijven zijn niet volledig te voorkomen. Daarnaast valt op dat de grasgroei in 2024 hoger was bij hoog- t.o.v. laagwater. Dit was een gevolg van het uitzonderlijk natte groeiseizoen waardoor op de hoogwaterboerderij minder maar zwaardere grasoogsten waren en er minder beweiding plaatsvond, wat gunstig was voor de drogestofproductie van het grasland en ongunstig voor de graskwaliteit (gras met een lager VEM en ruw eiwit gehalte).

De cijfers per jaar zijn belangrijk voor het begrip van jaarvariaties en het technische functioneren van de bedrijfssystemen onder verschillende weersomstandigheden. Om een beter begrip te krijgen van de algemene tendens van een hoge versus lage grondwaterstand op het technisch functioneren van de verschillende bedrijfssystemen zijn vooral de gemiddelden over de verschillende jaren inzichtelijk. Variaties binnen een jaar, zoals bijvoorbeeld de gemiddelde leeftijd van de koeien, spelen in meerjarige gemiddelden een minder grote rol en worden vaak ook deels gecompenseerd. Bijvoorbeeld, als in één jaar gemiddeld meer vaarzen afkalven op een bedrijf, zal dat in het daaropvolgende jaar vaak niet zo zijn, waardoor het gemiddelde lactatienummer in het opvolgende jaar weer stijgt.

#### *Gemiddelde kengetallen 2021 - 2024*

De beperkte verschillen in meetmelkproductie tussen de bedrijfssystemen waren een gevolg van een relatief grotere compensatie van de voederwaarde van de rantsoenen met aangekocht ruw- en krachtvoer op de hoogwaterbedrijfssystemen. Om meer inzicht te krijgen in de productiecapaciteit van het grasland, en te corrigeren voor externe voer inputs, is ook de meetmelkproductie per hectare uit VEM of ruw eiwit van eigen land berekend. Hierbij is aangenomen dat elke procent eiwit of VEM in het rantsoen (van eigen bedrijf of aangekocht van buiten het bedrijf) dezelfde bijdrage heeft geleverd aan de meetmelkproductie per ha. Volgens deze benadering was de meetmelkproductie uit eiwit of VEM van eigen land 5-6% lager bij de hoogwaterbedrijfssystemen. Dit onderbouwt dat er op de hoogwaterbedrijfssystemen relatief meer melk is geproduceerd uit aanvullend aangekocht ruw- en krachtvoer, en er dus relatief meer

‘ruimte’ was voor rantsoencompensatie was met aangekocht voer. Aangezien deze afname niet hoger is dan de afname in grasproductie, lijkt het erop dat de opbrengstverliezen als gevolg van o.a. vertrapping en rijshade relatief beperkt waren. In deze parameter worden namelijk alle (mogelijke) negatieve effecten van een verhoogde grondwaterstand op grasproductie, voederwaarde, weide-, oogst- en conserveringsverliezen meegenomen.

De afwijkende verschillen van grasgroei tussen de jaren kunnen met name worden verklaard doordat in 2024 een groter deel van de HW huiskavel is gemaaid, doordat beweiding in het voorjaar beperkt mogelijk was door de lage draagkracht. Ook waren de door de Kringloopwijzer berekende verschillen in grasgroei tussen de HF bedrijfssystemen kleiner dan tussen J-H en HF-L bedrijfssystemen

Dat de grasgroei bij het HF hoogwaterbedrijf 3% lager en bij het Jersey hoogwaterbedrijf 11% lager was ten opzichte van het bedrijf met reguliere ontwatering kan verschillende mogelijke oorzaken hebben. Bij het Jersey bedrijfssysteem was de berekende grasopname uit de wei wel vergelijkbaar met die van HF hoogwater. Dit zou kunnen doordat de Jersey koeien gemiddeld meer tijd besteden aan beweiding, wat enerzijds tot een hogere vers gras opname zou kunnen leiden, maar anderzijds tot meer vertrappingsschade doordat Jersey koeien actiever kunnen zijn in de wei dan Holstein koeien. Die extra vertrapping zou een negatief effect kunnen hebben gehad op de grasgroei. Ook zou het kunnen dat de lagere berekende grasgroei bij het Jerseybedrijfssysteem (deels) een gevolg is van de rekenregels van de Kringloopwijzer. De Kringloopwijzer rekent voor Jersey koeien een lichaamsgewicht van 400 kg en voor HF koeien 650 kg. Volgens metingen waren de Jerseys gemiddeld ongeveer 436 en de HF koeien 628 kg in de periode 2021-2024 (zie hoofdstuk 5). Het koegewicht waarmee wordt gerekend is van invloed op de berekende VEM-opname uit het rantsoen voor lichaamsonderhoud, en daarmee op de berekende grasgroei, welke in de Kringloopwijzer bij Jersey kan zijn onderschat door een lager lichaamsgewicht dan werkelijk. Bij de HF bedrijfssystemen zou de grasgroei iets kunnen zijn overschat. Dit betekent dat de werkelijke grasgroei tussen de HF bedrijfssystemen en het Jersey bedrijfssysteem mogelijk dichterbij elkaar lag dan ingeschat door de Kringloopwijzer. Deze mogelijke overschatting van grasgroei is overigens wel gelijk voor beide HF bedrijfssystemen, waardoor de Kringloopwijzers tussen deze bedrijfssystemen onderling waarschijnlijk relatief beter vergelijkbaar zijn.

De afname van weidegras in het rantsoen (-14%) bij hoogwater kan slechts deels worden verklaard door de lagere grasproductie van 3 tot 11%. Een andere verklaring is een afname in het aantal weideuren als gevolg van lagere draagkracht: Dit was eigenlijk alleen in 2024 aan de orde toen er 25% minder weideuren waren omdat in de overige jaren er gemiddeld nauwelijks verschillen in weideuren waren. Nog een andere verklaring zou kunnen liggen in beperkte opname van het beschikbare weidegras als gevolg van lagere smakelijkheid of meer vertrapping en weideresten.

## Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van veestapel

De 15% lagere stikstofopname via weidegras bij hoogwater is te verklaren uit gemiddeld lagere eiwitgehalten in het gras en een relatief lagere weidegras opname in het rantsoen. De gemiddeld hogere N aanvoer via krachtvoer en kuilgras was een gevolg van compensatie voor de lagere N

opname uit vers gras in het rantsoen. De bijna gelijke vierjarig gemiddelde N afvoer via melk van HF-H is te verklaren uit de gemiddeld vrijwel gelijke meetmelkproductie per hectare. De hogere N-efficiëntie op dierniveau van met name J-H is te verklaren uit de gemiddeld hogere meetmelkproductie per hectare van het Jersey bedrijf.

De beperkte verschillen in P balans op dierniveau zijn het gevolg van vrijwel gelijke aanvoerhoeveelheden in voer en vastleggingen in melk en vlees.

## Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van bodem

De lagere N-benutting en het hogere N-bodemoverschot bij de hoogwaterbedrijfssystemen is vooral te verklaren uit de gemiddeld lagere grasgroei en het eiwitgehalte van het gras.

De bodembalansen lijken aan te geven dat de benutting van bemesting gemiddeld minder hoog was bij de hoogwaterbedrijven, wat niet helemaal in overeenstemming lijkt met de resultaten van de bemestingsplots met kunstmest waar geen effect van grondwaterstand op de benutting van kunstmest werd gevonden (Hoofdstuk 4). Mogelijke verklaringen zijn dat er verschillen kunnen zijn geweest in de benutting van drijfmest, wat in de plots met kunstmest niet tot uiting kwam. Ook zouden weidegang en het passeren van machines een rol kunnen spelen, wat niet in de maaiploots maar wel op de percelen speelde.

## Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van bedrijf

De reden van de hogere N aanvoer via gekocht voer bij de hoogwaterbedrijfssystemen was een groter ruwvoertekort, welke bij het J-H bedrijfssysteem het grootste was. Mogelijk kan de hogere N-aanvoer via ruwvoer, als gevolg van een onbedoelde licht hogere veebezetting, samen met de iets hogere benutting op dierniveau, verklaren waarom het J-H bedrijfssysteem de hoogste N afvoer via melk had ten opzichte van de twee andere bedrijfssystemen. Het hogere N overschot per ha bij de hoogwaterbedrijfssystemen is vooral het gevolg van een lagere N opname door gras, ondanks ook een lagere stikstoflevering uit de bodem.

De lagere ammoniakemissie bij de hoogwaterbedrijfssystemen is voornamelijk te verklaren uit het 5-6 g/kg droge stof lagere eiwitgehalte in de rantsoenen in vergelijking tot het HF-L bedrijfssysteem. Dit lagere eiwitgehalte hangt samen met een kleinere N stroom van bodem naar gras naar dier naar mest terug naar bodem bij de hoogwaterbedrijven. Ondanks dat de ammoniakemissie op de bedrijfssystemen afnam, namen de bodem- en bedrijfsoverschotten toe bij hoogwater, wat betekent dat verliezen uit (on)volledige denitrificatie ( $N_2$ ,  $N_2O$  en  $NO_x$ ) of afspoeling groter worden. De verdeling van gasvormige N verliezen (anders dan  $NH_3$ ) of afspoeling bij een stijgend stikstofbodemoverschot is nog moeilijk in te schatten bij een hogere grondwaterstand, vanwege beperkt onderzoek op dit gebied. Het NOBV doet onderzoek naar lachgasemissies bij een hoge grondwaterstand, en resultaten hiervan zullen mogelijk bijdragen aan een verbeterd inzicht op deze emissies.

De lagere grasgroei betekent voor fosfaat dat er minder P uit de bodemvoorraad wordt onttrokken. Dit zou kunnen leiden tot een afname van de P opname door de koeien, maar als gevolg van een grotere aanvoer van ruw- en krachtvoer van buiten het bedrijf hadden de koeien

op alle bedrijfssystemen een vrijwel gelijke P opname. Door de lagere benutting van P op de hoogwaterbedrijfssystemen (-4%), nam de aanvoer van P naar de bodem via mest 2 tot 6% toe in vergelijking tot het laagwaterbedrijfssysteem. Gemiddeld over periode 2021 tot 2024 lag het fosfaatoverschot bij de hoogwaterbedrijfssystemen echter rondom 0 kg per ha, wat betekent dat de lagere benutting geen extra ophoping van fosfaat vanaf de bodem gaf.

## Broeikasgasemissies uit de bodem

De gemiddelde droogleggingen volgens SOMERS 2.0 waren in redelijke overeenstemming met de gemeten slootpeilen (Hoofdstuk 3). Met SOMERS 2.0 zijn enkel CO<sub>2</sub>-emissies te schatten voor de maatregel AWIS. In de huidige rekenregels van de Kringloopwijzer wordt ook (nog) geen rekening gehouden van het effect van grondwaterstand op methaan- en lachgasemissies. Methaan- en lachgasemissies uit de bodem en sloten zijn daarom gelijk ingeschat voor zowel een lage als hoge grondwaterstand, wat deels te onderbouwen is met literatuur. De metingen binnen NOBV geven geen duidelijke kwantitatieve indicatie van het effect van waterinfiltratie op methaanuitstoot. Uit onderzoek van NOBV blijkt dat methaanemissies vooral kunnen toenemen bij een grondwaterstand hoger dan ca. 20 cm onder maaiveld wanneer er zuurstofloze omstandigheden in de bodem ontstaan (Buzacott et al. 2024). Volgens Aben et al. (2024) hangt methaanvorming door micro-organismen sterk af van de redoxcondities in de bodem. Zolang er nog veel nitraat en sulfaat in de bodem aanwezig is, worden deze gebruikt om organische koolstof om te zetten in CO<sub>2</sub>. Pas als deze stoffen 'op' zijn, kunnen micro-organismen methaan gaan produceren. Meetresultaten suggereren dat methaanuitstoot vooral afkomstig is van sloten en greppels, tenzij er sprake is van het (bijna) onder water staan van het land (Aben et al. 2024). Een tijdelijke grondwaterstand boven 20 cm kwam wel frequenter voor op de hoogwater- in vergelijking tot de laagwaterpercelen, vooral in het najaar en de winter (zie Hoofdstuk 3). Overigens komen grondwaterstanden vlak onder maaiveld bij reguliere ontwatering ook vaak voor in de winter. Daarnaast ligt volgens Aben et al. (2024) een duidelijk effect van waterinfiltratie op lachgasuitstoot niet voor de hand. Lachgasemissies leken gemiddeld lager uit te vallen bij een hogere grondwaterstand op een onderzoeksperceel van KTC Zegveld welke geen onderdeel was van de Hoogwaterboerderij (Hutjes en van der Velde, 2024). Wel bleek uit een labproef met veenkolommen een indicatie dat het risico op lachgasemissiepieken zou kunnen toenemen bij een plotselinge stijging van een grondwaterstand van 20 cm onder maaiveld (Blondeau et al. 2024).

## Emissies van broeikasgassen op bedrijfsniveau uit de Kringloopwijzer

De 15-18% lagere broeikasgasemissies op de hoogwaterbedrijfssystemen zijn vooral het gevolg van een beperking van CO<sub>2</sub>-emissies uit de bodem. Dat de bedrijfssystemen op hoogwater 2-3% lagere lachgasemissies uit de bodem hebben, is het gevolg van een gemiddeld kleinere stikstofaanvoer uit weide- en kunstmest bij deze systemen. Wanneer broeikasgasemissies uit de bodem niet mee worden geteld in de totale broeikasgasemissies – wat op dit moment gebruikelijk is voor de rapportage van CO<sub>2</sub>-eq emissies van melk – zijn de emissies per kg melk bij de hoogwaterbedrijfssystemen 7 tot 11% hoger. Dit is vooral een gevolg van een grotere

ruwvoeraanvoer per hectare op de hoogwaterbedrijfssystemen waardoor de CO<sub>2</sub>-eq productie gerelateerd aan aanvoerbronnen stijgt. Daarnaast is het energieverbruik bij de hoogwaterbedrijfssystemen hoger berekend, wat onder andere een gevolg is van een relatief kleiner aandeel weidegras ten opzichte van kuilgras in het rantsoen. Het voeren van kuilgras levert meer dieselverbruik dan wanneer koeien zelf weidegras opnemen. Ook de methaanemissie uit pensfermentatie is hoger berekend voor de hoogwaterbedrijfssystemen, wat onder andere een gevolg is van relatief minder weidegras ten opzichte van kuilgras in het rantsoen. Kuilgras geeft een wat hogere methaanemissie uit pensfermentatie dan weidegras. Ook de gemiddeld wat lagere graskwaliteit bij hoogwater draagt bij aan de hogere methaanemissie uit pensfermentatie. Dat lachgasemissies uit de stal en mestopslag lager waren bij de hoogwaterbedrijfssystemen is vooral een gevolg van de gemiddeld lagere eiwitgehalten in het rantsoen, wat doorwerkt in de stikstofexcretie naar mest.

## Resultaten in relatie tot uitgangspunten bedrijfsvoering

De huidige kringlopen en emissies van de verschillende bedrijfssystemen zijn niet alleen het gevolg van een hogere grondwaterstand, maar hangen deels ook samen met uitgangspunten van de bedrijfsvoering en managementkeuzes die zijn gemaakt. Afhankelijk van uitgangspunten in de bedrijfsvoering en managementkeuzes lijkt het aannemelijk dat verschillen tussen de laag- en hoogwaterbedrijfssystemen kleiner of groter zouden kunnen worden. Bijvoorbeeld:

- Zoals in elke bedrijfsvoering zijn de uitgangspunten en managementkeuzes bedrijfsspecifiek, en is hier vaak ruimte voor verbetering mogelijk (optimalisatie). In de huidige onderzoeksopzet is gekozen om het gebruik van kunstmest en krachtvoer relatief laag te houden. In de veenweidenpraktijk wordt gemiddeld meer kunstmest (naar schatting ca. 100-120 kg N per ha of meer op grasland) en krachtvoer (in de praktijk wordt vaak als streefwaarde 25 kg krachtvoer per 100 kg meetmelk geadviseerd; Vooral veenweidenbedrijven met weinig of geen snijmais zitten daar meestal ruim boven. De hoeveelheid gebruikte kunstmest en krachtvoer is van invloed op de gehele mineralenkringloop van een bedrijf. Op de Hoogwaterboerderij is er bewust voor gekozen om geen snijmais te voeren, maar dat maakt het moeilijker om te sturen op het energie- en eiwitgehalte van het melkveerantsoen. De verwachting is dat bij een relatief lage kunstmest- en krachtvoeraanvoer eventuele effecten van de grondwaterstand op de grasgroei, -kwaliteit, -opname en -benutting zo goed mogelijk zichtbaar zijn in de bedrijfsvoering, bij de randvoorwaarde dat de koeien gezond zijn.
- Een belangrijk uitgangspunt binnen de bedrijfsvoeringen was het op peil houden van de gezondheid en conditie van de melkkoeien, wat een belangrijke reden was om relatief meer kuil- en krachtvoer van buitenaf het bedrijf aan te voeren bij de hoogwaterbedrijfssystemen.
- Een managementkeuze bij een hoge grondwaterstand kan zijn meer stikstofkunstmest te strooien om de afname van de stikstoflevering uit de bodem te compenseren, en daarmee de afname in grasgroei proberen te beperken. Dat is in de huidige onderzoeksopzet niet gedaan.

Een hogere stikstofkunstmest gift zou ervoor kunnen zorgen dat er jaarlijks meer fosfaat uit de bodem wordt onttrokken ten opzichte van de huidige bevindingen, en dat er minder kuil- en krachtvoer hoeft te worden aangevoerd op de hoogwaterbedrijfssystemen. Nadeel van deze optie is dat het hoogstwaarschijnlijk tot meer lachgasverliezen, ammoniak en stikstofverliezen naar het oppervlaktewater zal leiden, als gevolg van een hoger bodem-N-overschot en hogere eiwitgehalten in het gras.

- Een andere mogelijke optie om te verkennen is het werken met soberdere koerassen, omdat de koeien in het huidige onderzoek op de hoogwaterbedrijfssystemen extra bijvoeding nodig hadden om in voldoende conditie te blijven. Een koeras dat relatief minder energie per dier voor melkproductie gebruikt, zoals dubbeldoelrassen, zouden in een hoogwaterbedrijfssysteem waarschijnlijk met minder aangevoerd ruw- en krachtvoer toekunnen, wat gunstig kan uitpakken voor de emissies gerelateerd aan deze aanvoer. Echter, dubbeldoelkoeien produceren minder melk, waardoor dit hoogstwaarschijnlijk een negatief effect op de omzet per hectare zal hebben (zie bijv. Pijlman et al. 2025).
- Mogelijk zijn er innovatieve opties om een deel van het gras te oogsten bij een (zeer) lage draagkracht van de bodem. In bijvoorbeeld het natte voorjaar van 2024 is draagkracht een belemmering gebleken om de eerste snede voor midden mei te oogsten als kuilgras, wat negatief was voor de voederwaarde van het gras. Ook kwam de weidegang in dat jaar later op gang. Indien de ontwatering bij veel regenval onvoldoende is om genoeg draagkracht te realiseren voor koeien of reguliere machines, kan er worden gedacht aan aangepaste machines met een lage bodemdruk. Theoretisch kan met een behoorlijke lage bodemdruk machinaal gras worden gemaaid en opgehaald. Dit zal echter niet werken voor het inkuilen van gras, omdat het drogen normaliter op het veld gebeurt wat niet gaat op een zeer natte bodem. Nat gras ophalen en kunstmatig drogen vraagt grote investeringen (en energieverbruik met samenhangende emissies) waardoor dit in de huidige praktijk niet voor de hand ligt. Machines waarmee het gras vers vervoerd kan worden op stal zouden de moeite waard kunnen zijn om te verkennen, maar dus dit zal hooguit een deeloplossing zijn want in het voorjaar groeit er meer gras dan koeien kunnen opnemen en wordt veel kuilgras gewonnen. De 1<sup>e</sup> voorjaarsnede is in de praktijk de belangrijkste snede voor het winnen van graskuil.
- Er is nu in de onderzoeksopzet gekozen een streefgrondwaterstand van ca. 20 cm onder maaiveld na te streven, waarbij de hypothese is dat dit tot een maximale reductie van broeikasgasemissies uit de bodem zal leiden. Mogelijk kan het werken met een iets lagere streefgrondwaterstand een kleinere afname in grasgroei en weidegrasopname betekenen, waardoor er minder kuil- en krachtvoer hoeft te worden aangevoerd op de hoogwaterbedrijfssystemen. Hierdoor zouden broeikasgasemissies die samengaan met de extra ruw- en krachtvoeraanvoer verminderd kunnen worden op de hoogwaterbedrijfssystemen. Echter leidt dit wel weer tot een hogere CO<sub>2</sub>-emissie uit de bodem. Daarnaast laat de grondwaterstand zich in de praktijk ook niet altijd volledig sturen als

gevolg van weersomstandigheden en de manier waarop het bodem-gras systeem hierop reageert.

Effecten van managementkeuzes zouden verder verkend kunnen worden met vervolgonderzoek en modellen gebaseerd op de huidige kennis en onderzoeksresultaten.

## 7.5 Conclusies

### Grasgroei en -benutting

De graslandproductie op bedrijfsniveau in kilogrammen drogestof per ha was gemiddeld 7% lager, de KVEM productie 9% lager, en eiwitgehalten in het gras gemiddeld 5% lager op de hoogwaterbedrijfssystemen dan op het laagwater bedrijfssysteem (HF-H en J-H vs. HF-L). Wel varieerden de verschillen tussen de bedrijfssystemen sterk, met name in het natte 2024. Ook was de grasgroei bij het HF hoogwaterbedrijf 3% lager en bij het Jersey hoogwaterbedrijf 11% lager, ten opzichte van het bedrijf met regulier ontwatering. Afgaand op de vergelijking tussen beide HF bedrijven, wat in principe de meest zuivere vergelijking is, waren de verschillen tussen hoog- en laagwater dus kleiner. De meetmelkproductie uitgedrukt per kg eiwit of VEM van eigen land was 5-6% lager bij de hoogwaterbedrijfssystemen. Aangezien deze afname niet hoger is dan de afname in grasproductie, lijkt het erop dat de opbrengstverliezen als gevolg van o.a. vertrapping en rijschade relatief beperkt waren. Wel nam het aandeel weidegras (-14%) meer af bij de hoogwaterbedrijven, wat mogelijk ook een gevolg is van minder weideuren in het natte 2024 en een mogelijk meer vertrapping en weideresten.

### Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van veestapel

De hoge grondwaterstand had geen noemenswaardige effecten op de N en P benutting van de veestapel. De N-efficiëntie op dierniveau van met name J-H was marginaal hoger ten opzichte van HF-L en HF-H.

### Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van bodem

Door een lagere grasgroei, en met name in 2024 lagere eiwitgehalten, was de N en P opname door gras lager bij een hoge grondwaterstand. Als gevolg van de vrijwel gelijke bemesting die is toegepast op de bedrijfssystemen, en ondanks de dalende stikstoflevering van de bodem, steeg het bodemoverschot van N (11 tot 19 kg per ha) en P (5 tot 9 kg per ha). Gemiddeld lag het fosfaatoverschot echter rond 0, wat betekent dat de lagere benutting geen extra ophoping van fosfaat vanaf de bodem gaf.

## Stikstof- en fosfaatbalans op niveau van bedrijf

De hoge grondwaterstand had geen effect op de stikstofbenutting op bedrijfsniveau. Wel was de ammoniakemissie 2-5 kg per ha lager, maar gaf het toenemende bodemoverschot meer risico op N verliezen vanaf de bodem. Op de hoogwaterbedrijfssystemen waren volgens de rekenregels gebruikt in de Kringloopwijzer 2-3% lagere lachgasemissies uit de bodem, als gevolg van een gemiddeld kleinere stikstofaanvoer uit weide- en kunstmest bij deze systemen.

## Broeikasgassen

Op basis van deze resultaten lijkt de hypothese bevestigd dat de een bedrijfssysteem bij een hogere grondwaterstand tot lagere broeikasgasemissies leidt ten opzichte van reguliere ontwatering, wat vooral het gevolg is van een vermindering van CO<sub>2</sub>-emissies uit veenoxidatie. Bij deze conclusie zijn twee kanttekeningen te plaatsen. Eerste kanttekening is dat methaan- en lachgasemissies uit de bodem en sloten gelijk zijn ingeschat voor zowel een lage als hoge grondwaterstand. Wel zijn er aanwijzingen uit onderzoek zijn dat de verschillen beperkt kunnen zijn. Tweede kanttekening is dat de hoogwaterbedrijfssystemen een wat grotere ruw- en krachtvoer aanvoer hadden dan het laagwaterbedrijfssysteem, waardoor een deel van broeikasgasemissies van de teelt van het voer naar buiten het bedrijf zijn verplaatst. Ook is het belangrijk op te merken dat de huidige kringlopen en emissies van de verschillende bedrijfssystemen niet volledig het gevolg van een hogere grondwaterstand, maar deels ook samenhangen met uitgangspunten van de bedrijfsvoering en managementkeuzes die zijn gemaakt.

## 7.6 Referenties

- Aben, R., J. Boonman, D. van de Craats, R. Nouta & B. Kruijt. 2024. NOBV jaarrapportage 2024. Integratierapport Waterinfiltratie. Versie: 2024-09-28
- Blondeau, E., G.L. Velthof, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, A. Stam, J.J.H. van den Akker, M. Weghorst, J.W. van Groenigen. 2024. Groundwater level effects on greenhouse gas emissions from undisturbed peat cores. *Geoderma* 450, 117043, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.117043>
- Buzacott, A. J. V., Kruijt, B., Bataille, L., van Giersbergen, Q., Heuts, T. S., Fritz, C., Nouta, R., Erkens, G., Boonman, J., van den Berg, M., van Huissteden, J., & van der Velde, Y. (2024). Drivers and Annual Totals of Methane Emissions From Dutch Peatlands. *Global Change Biology*, 30(12), e17590. <https://doi.org/10.1111/gcb.17590>
- Evans, C.D., Peacock, M., Baird, A.J. et al. 2021. Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature* 593, 548–5522021.
- Pijlman, J., J. de Wit, J.G.C. Deru, M. van Agtmaal, J.P. Wagenaar, J.W. Erisman, N. van Eekeren. 2018. Living lab Klimaatmax bedrijf - Voorstudie naar inrichting scenario's van een landbouwbedrijf op veen met minimale klimaatimpact. 2018-029 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Pijlman, J., N. Hoekstra, M. Bestman, W. Honkoop, J. Beek, K. van Houweligen, H. van der Weijde. 2025. Extensief Veenweide Verdienbedrijf: Testen van een integrale maatregelenset in de veenweiden bij een hoog grondwaterpeil en minder bemesting. Louis Bolk Instituut, PPP Agro Advies, KTC Zegveld.
- Hutjes, R. & Y. van der Velde. 2024. NOBV jaarrapportage 2024. Integratierapport Broeikasgassen. Versie: 2024-11-25.
- Van Dijk, W., J.A. de Boer, R.L.M. Schils, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema & J. Verloop, 2024. Rekenregels van de KringloopWijzer 2024; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2023-versie. Wageningen Research, Rapport WPR-1396.
- Reijs, J. & M. de Vries, 2024. Afbakening en functionele eenheid KPI broeikasgassen melkveehouderij; Systematische analyse van voor- en nadelen van opties. Wageningen, Wageningen University & Research, Rapport 2024-097.

## 8. Thema Economie & verdienmodel

### 8.1 Inleiding

De centrale vraag in het project Boeren op Hoog Water is: hoe kun je financieel en economisch gezond boer blijven bij een hoge grondwaterstand? Dit is afhankelijk van:

- in welke mate de kostprijs van de melk- en vleesproductie wordt verhoogd bij vernatting van de veengrond;
- in welke mate eventuele grondwaardevermindering invloed kan hebben op de (bedrijfs)economie;
- in hoeverre (nieuwe) verdienmodellen bij kunnen dragen om de eventueel hogere kostprijs te dekken.

Het doel van de financiële bedrijfsresultaten analyse is inzicht geven in bedrijfsresultaten van de twee verschillende bedrijfssystemen en rassen. In het kader hiervan zijn de financiële resultaten voor de drie bedrijfssystemen gekwantificeerd voor 2021 tot en met 2024.

Vernatting van veenweidegrond leidt tot lagere graslandopbrengsten, zie hoofdstuk 4. Dit heeft gevolgen voor de bedrijfsvoering doordat de opbrengst en kwaliteit van het gras afnemen. Deze effecten komen vooral tot uiting in de verlies- en winstrekening van het bedrijf. Vernatting kan echter ook effect hebben op de waarde die wordt toegekend aan de grond. Het opbrengend vermogen wordt immers minder. Dit kan leiden tot een lagere grondwaarde, maar dat hoeft niet. De grondmarkt houdt niet alleen rekening met het opbrengend vermogen van de grond, maar ook met bijvoorbeeld de locatie van het perceel, de vraag en het aanbod van grond in de omgeving ('is er ook grond zonder vernatting te koop?') en ook subjectievere zaken spelen een rol. Een voorbeeld hiervan is het "buurman's grond is maar één keer te koop" effect. Om inzicht te krijgen in de (bedrijfs)economische gevolgen van waardevermindering van landbouwgrond is een analyse gemaakt van het effect van een eventuele fictieve grondwaardedaling op het vermogen, inkomen en liquiditeit op de korte en langere termijn.

Vernatting van veengrond door het aanleggen van een Waterinfiltratiesysteem (WIS) leidt mogelijk tot een hogere kostprijs voor melkveebedrijven die hierin investeren. Enerzijds door hogere kosten voor de productie van primaire producten, anderzijds door hogere investerings- en onderhoudskosten voor het WIS. Doormiddel van (nieuwe) verdienmodellen kan een melkveehouder de opbrengsten van de primaire productie of andere bedrijfsactiviteiten verhogen, waardoor het bedrijfsresultaat kan verbeteren, ondanks de hogere kosten door het aanleggen van het WIS.

## 8.2 Werkwijze

### Economie bedrijfssystemen

Het opstellen van de financiële resultaten van de hoogwaterboerderij is gebeurd aan de hand van een opgesteld protocol. Dit protocol is gebaseerd op de Winst- en Verliesrekening (W&V) zoals deze wordt uitgewerkt in het Bedrijveninformatienet (BIN) van Wageningen Social & Economic Research. Het doel van dit protocol is het uniformeren van de verzameling van de financiële gegevens van de hoogwaterboerderij. Per W&V-rekening post is een gedetailleerde beschrijving van de data opgenomen. Daarnaast is opgenomen welke eventuele berekeningen worden gedaan om tot de bedragen per W&V post te komen. Alle financiële gegevens zijn afkomstig uit de administratie van de hoogwaterboerderij en zijn volgens bovengenoemd protocol verzameld en opgesteld.

Voor de vergelijkbaarheid van de resultaten tussen de verschillende groepen en rassen worden deze resultaten gepresenteerd in euro per koe. Binnen de Hoogwaterboerderij is het aantal melkkoeien beperkend en niet de melkproductie. In bijlage 2 worden de resultaten ook gepresenteerd in euro per 100 kg meetmelk en per bedrijfssysteem.

Tabel 8.1 toont de structuur en productiekenngetallen van de Hoogwaterboerderij per groep. Het aantal melkkoeien en oppervlakte per groep is zo veel mogelijk constant gehouden gedurende het onderzoek, zodat de veebezetting per hectare zo constant mogelijk bleef. Voor de Holsteingroepen komt dit neer op 2 melkkoeien per hectare en voor de Jerseys op 2,7 melkkoeien per hectare. Hierbij moet rekening worden gehouden met het metabool gewicht. Jerseys hebben een lager metabool gewicht dan Holstein melkkoeien waardoor per kg metabool gewicht de veebezetting nagenoeg gelijk is. De Hoogwaterboerderij heeft geen jongvee. De Holstein-Laag groep had in de gehele periode de hoogste meetmelkproductie per koe ten opzichte van de Holsteins op hoog waterpeil. In 2023 lag de melkproductie van de Holstein-Hoog groep wel dicht tegen die van de Holstein-Laag groep. Dit kwam waarschijnlijk doordat de Holstein-Hoog groep gemiddeld minder lactatiedagen had in het voorjaar. Deze groep heeft in dat jaar dus maximaal geprofiteerd van het aanbod van kwalitatief vers gras waardoor de melkproductie is toegenomen. Qua meetmelkproductie per koe behaalde de Holstein-Hoog melkkoeien in de gehele periode een hogere productie dan de Jersey melkkoeien. De totale meetmelkproductie was in bijna alle jaren hoger bij de Jersey melkkoeien vergeleken met de Holstein-Hoog melkkoeien.

Tabel 8.1. Structuur en productiekenngetallen van de Hoogwaterboerderij per groep in de periode 2021-2024.

	2021			2022			2023			2024		
	H-L	H-H	J-H	H-L	H-H	J-H	H-L	H-H	J-H	H-L	H-H	J-H
Aantal melkkoeien [#]	44	22	30	43	22	29	43	23	29	45	23	28
Oppervlakte cultuurgrond [ha]	20	10	10	22	11	11	22	11	11	22	11	11
Oppervlakte grasland [ha]	20	10	10	22	11	11	22	11	11	22	11	11
Veebezetting [melkkoe/ha]	2.2	2.2	2.9	2.0	2.0	2.6	2.0	2.1	2.6	2.0	2.1	2.6
Meetmelkproductie [ton per jaar]*	341,7	166,7	181,9	332,1	157,2	181,4	344,9	184,0	182,7	327,3	156,9	161,6
Vetgehalte melk [%]	4,23	4,25	5,65	4,19	4,15	5,59	4,34	4,19	5,85	4,41	4,29	5,68
Eiwitgehalte melk [%]	3,48	3,54	4,15	3,41	3,50	4,03	3,41	3,41	3,99	3,40	3,29	3,92
Meetmelk per ha voederoppervlak [kg/ha]	16.999	16.504	17.659	15.093	14.451	16.458	15.670	16.911	16.578	14.869	14.422	14.666
Meetmelkproductie per koe [kg/koe]	7.766	7.577	6.063	7.725	7.147	6.254	8.021	7.999	6.300	7.305	6.974	5.731
Melkproductie per koe [kg/koe]	7.492	7.269	4.884	7.516	6.949	5.094	7.676	7.784	5.020	6.938	6.755	4.655

\* Melk- en meetmelkproductie is op basis van aan fabriek geleverde melk en gehalten.

Bron: Hoogwaterboerderij via KTC Zegveld.

## Grondwaardedaling door vernatting

Op basis van expert judgement en financiële/economische principes is onderzocht wat een eventuele grondwaardedaling door vernatting voor gevolgen heeft voor het vermogen, inkomen en liquiditeit op de korte en langere termijn voor het melkveebedrijf. Deze analyse is gebaseerd op bedrijfseconomische gevolgen en dus uitdrukkelijk niet op de fiscale gevolgen.

## Verdienmodellen

Voor het onderzoek naar verschillende verdienmodellen is eerst een theoretisch kader uitgewerkt van de begrippen businessmodel, verdienmodel, verdienvermogen, ecosysteemdiensten en de betaling voor ecosysteemdiensten. Dit kader geeft een eenduidige definitie van deze begrippen, zodat helder is wat er mee wordt bedoeld. Vervolgens is via literatuuronderzoek gekeken naar verschillende, potentieel interessante, verdienmodellen in de landbouw. Hieruit zijn mogelijk kansrijke thema's gekomen die bouwstenen kunnen leveren voor een verdienmodel bij vernatting.

## 8.3 Economie bedrijfssystemen

In deze paragraaf worden de financiële bedrijfsresultaten van 2021 tot en met 2024 gepresenteerd. Eerst worden de resultaten van de vergelijking tussen de Holstein Friesians op hoog en laag waterpeil weergegeven (systeemvergelijking). Ten tweede wordt de vergelijking tussen de Holstein Friesians en de Jerseys op hoog waterpeil weergegeven (vergelijking bedrijven met verschillende veerassen).

### Resultaten Holstein Friesian op hoog en laag waterpeil

In tabel 8.2 worden de opbrengsten en toegerekende kosten in euro per koe voor de Holstein-Friesian koppels op lage (HF-L) en hoge (HF-H) grondwaterstand voor de jaren 2021 tot en met 2024 weergegeven. De melkopbrengsten van de HF-L groep waren in 2021 en 2022 hoger dan die van de HF-H groep. Dit komt door de hogere meetmelkproductie van de HF-L groep. In 2023 was de meetmelkproductie bijna gelijk en dat resulteert ook in bijna gelijke melkopbrengsten voor de HF-H groep. In 2024 realiseerde de HF-L groep weer hogere melkopbrengsten per koe dan de HF-H groep. Dit komt door de hogere meetmelkproductie per koe van de HF-L groep. De omzet en aanwas van beide koppels fluctueert tussen de jaren. De omzet en aanwas van melkvee draagt weinig of zelfs negatief bij aan de totale opbrengsten. Dit komt vooral doordat er geen eigen jongveeopfok aanwezig is op de Hoogwaterboerderij en daardoor alle melkvee wordt aangekocht. De overige opbrengsten hebben betrekking op de voorraadmutatie van het geoogste gras. Een negatieve opbrengst betekent dat er is ingeteerd op de grasvoorraad of dat de kwaliteit van de voorraad is verminderd. Een positieve opbrengst betekent het tegenovergestelde. De opbrengsten uit inkomenstoelagen en subsidies waren redelijk constant tussen de groepen in 2021 en 2022. In 2023 waren deze opbrengsten hoger door enerzijds hogere inkomenstoelagen (eco-regeling) en

anderzijds door hogere ANLB-subsidies. In 2023 was er ook voor het eerst ganzenschade vergoed. In 2024 zijn deze opbrengsten voor beide groepen verder toegenomen. Dit komt door extra opbrengsten van de subsidie behoud grasland bij afbouw derogatie. De opbrengsten uit de ecoregeling zijn juist gedaald doordat het aantal weide-uren benodigd voor het Zilveren niveau niet werden gehaald. Dit geldt voor alle diergroepen. De totale opbrengsten waren voor HF-H meestal lager dan die van HF-L, behalve in 2021.

Binnen de kosten voor dierlijke en plantaardige activa is veevoer de grootste kostenpost. In de gehele periode waren de kosten voor veevoer voor de HF-H groep hoger dan voor de HF-L groep, al kan dit per jaar fluctueren. De krachtvoergift is per groep op hetzelfde niveau gemaximaliseerd mits de diergezondheid niet in het geding komt (zie Hoofdstuk 2) en daarom wijken de kosten voor krachtvoer niet veel van elkaar af. In 2024 liggen de krachtvoerkosten van de HF-H groep door de mindere kwaliteit ruwvoer hoger dan die van de HF-L groep. De ruwvoerkosten waren voor de HF-H groep elk jaar hoger vergeleken met de HF-L groep. Vooral in 2022 en 2024 was er veel ruwvoer aangekocht voor de HF-H groep. Het verschil in voersaldo (melkopbrengsten – voerkosten) tussen HF-L en HF-H neemt toe in 2022 ten opzichte van 2021, maar was in 2023 weer ongeveer gelijk. In 2024 nam het verschil in voersaldo weer toe. Het saldo melkveehouderij exclusief subsidies (totale opbrengsten - inkomenstoelagen en subsidies – kosten dierlijke en plantaardige activa) was voor de HF-L groep in alle jaren hoger dan de HF-H groep. Hier spelen nog wel de fluctuaties van de omzet en aanwas een rol. De post omzet en aanwas heeft geen relatie met de waterpeilverhoging en vertroebelt het effect van deze waterpeilverhoging. Wanneer geen rekening wordt gehouden met deze fluctuaties, dan nam het verschil in saldo melkveehouderij in 2021, 2023 en 2024 tussen de groepen af en in 2022 verder toe. Dit komt doordat in 2021, 2023 en 2024 de omzet en aanwas van de HF-H lager was dan de HF-L en in 2022 was dit juist andersom. Gecorrigeerd voor de omzet en aanwas was het verschil in 2021 12 euro per koe positief voor HF-H ten opzichte van HF-L, in 2022 393 euro per koe negatief, in 2023 83 euro per koe negatief en in 2024 124 euro per koe negatief. Dit was een procentueel verschil van respectievelijk 1%, -14%, -4% en -6%.

Gemiddeld over de gehele periode was het verschil in saldo 147 euro per koe (+/- 7%) in het voordeel van de HF-L groep. Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door hogere melkopbrengsten en lagere veevoerkosten, waaraan de ruwvoerkosten het meest bijdragen.

Tabel 8.2. Financiële resultaten Holstein-Friesian koppels op lage (HF-L) en hoge (HF-H) grondwaterstand op de hoogwaterboerderij in periode 2021-2024, in euro per koe.

	2021		2022		2023		2024		Gemiddeld	
	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H
<b>Opbrengsten</b>	2.674	2.684	4.045	3.827	3.667	3.311	3.387	3.333	3.443	3.289
Melk en zuivelproducten	2.524	2.480	3.799	3.554	3.161	3.170	3.113	2.937	3.149	3.035
melk	2.468	2.425	3.799	3.554	3.161	3.170	3.113	2.937	3.135	3.021
zuivelproducten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omzet en aanwas melkveehouderij	-47	-109	-20	87	81	-173	58	-3	18	-49
verkopen rundvee	189	268	305	347	176	328	216	178	222	280
aankopen rundvee	275	300	280	348	134	501	158	181	212	333
aanwas rundvee	39	-77	-45	89	39	0	0	0	8	3
Overige opbrengsten	-33	84	44	-27	126	27	-108	53	7	34
Inkomenstoeslagen en subsidies	229	229	222	212	299	287	325	346	269	269
hectaretoeslag	186	187	178	169	204	190	228	227	199	193
subsidies	43	43	44	43	94	98	96	119	69	75
<b>Betaalde kosten en afschrijving</b>										
Dierlijke en plantaardige activa	902	962	1.028	1.105	1.143	1.135	1.074	1.184	1.037	1.097
veevoer	755	808	831	923	861	879	825	959	818	892
w.v. krachtvoer	626	616	817	811	793	790	708	762	736	745
w.v. ruwvoer	129	192	14	112	68	89	116	197	82	147
meststoffen	32	30	63	60	125	118	55	51	69	65
zaaizaad en pootgoed	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1
gewasbeschermingsmiddelen	1	0	2	1	0	0	9	0	3	0
mestafzetkosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
overige kosten	114	117	132	121	157	138	186	175	147	138

Voersaldo melkveehouderij	1.769	1.672	2.968	2.631	2.301	2.291	2.288	1.978	2.331	2.143
Saldo melkveehouderij (excl. subsidies)	1.543	1.493	2.795	2.509	2.226	1.889	1.988	1.803	2.138	1.924
Saldo melkveehouderij incl. correctie o&a	1.590	1.603	2.815	2.422	2.145	2.062	1.930	1.806	2.120	1.973
Saldooverschil		12		-393		-83		-124		-147

## Resultaten Holstein Friesian en Jersey op hoog waterpeil

In tabel 8.3 worden de opbrengsten en toegerekende kosten per melkkoe van de Holstein-Friesian koppel (HF-H) en de Jersey koppel (J-H) op het hoog grondwatersysteem (HW) voor de jaren 2021 tot en met 2024 weergegeven. De vergelijking van HF-H en J-H is een vergelijking tussen melkveerassen. In deze vergelijking wordt, anders dan bij de Holstein koppels, ook het totale bedrijfssaldo inclusief de omzet van het melkvee weergegeven omdat naast het verschil in metabool gewicht ook het ras bepalend kan zijn voor de opbrengsten uit aan- en verkopen van melkvee. De melkopbrengsten per melkkoe van HF-H waren aanmerkelijk hoger dan die van J-H. Dit komt door de hogere meetmelkproductie van de Holstein melkkoeien, ondanks de hogere vet- en eiwitgehalten in de Jersey melk. De omzet en aanwas van de Jerseys was laag in 2021 door achterblijvende verkoopopbrengsten. In 2022 was deze hoger, maar de omzet en aanwas bleef wel lager dan de HF-H groep door o.a. een lagere verkoopprijs van Jerseys ten opzichte van Holstein-Friesians. In 2023 en 2024 was de omzet en aanwas van de Jerseys ook lager. Dit werd in 2023 vooral veroorzaakt door een negatieve aanwas (de veestapel is gekrompen tussen de begin- en eindbalans). In 2024 was er ook een negatieve aanwas, maar er waren ook veel dieren aangekocht. De voerkosten per melkkoe liggen voor de HF-H groep in elk jaar hoger dan de J-H groep en komt vooral doordat de Holstein melkkoeien een hogere voederbehoefte hebben dan Jersey melkkoeien. Qua voersaldo, saldo melkveehouderij (excl. subsidies) behaalde de HF-H groep, per koe, de hoogste resultaten. Echter Jersey melkkoeien hebben een lager metabool gewicht dan Holstein melkkoeien waardoor er meer Jersey melkkoeien (gemiddeld 29 stuks) kunnen worden gehouden ten opzichte van Holstein melkkoeien (gemiddeld 22 stuks). Het totale bedrijfssaldo waarbij rekening wordt gehouden met de aan- en verkopen van het melkvee is om deze reden ook in tabel 8.3 opgenomen. Gemiddeld over de periode was het verschil in saldo klein, maar de fluctuatie tussen de jaren is groot. Dus, rekening houdend met het lagere metabool gewicht van de Jerseys, was het gemiddelde saldooverschil tussen de rassen klein in de gemonitorde periode op de Hoogwaterboerderij.

Tabel 8.3. Financiële resultaten Holstein-Friesian (HF-H) en Jersey (J-H)\* koppels op het hoog watersysteem en totaal op de hoogwaterboerderij in periode 2021-2024, in euro per koe en totaal bedrijfssaldo.

	2021		2022		2023		2024		Gemiddeld	
	HF-H	J-H	HF-H	J-H	HF-H	J-H	HF-H	J-H	HF-H	J-H
<b>Opbrengsten (per koe)</b>	2.684	1.877	3.827	3.271	3.311	2.495	3.333	2.372	3.289	2.504
Melk en zuivelproducten	2.480	2.020	3.554	3.144	3.170	2.525	2.937	2.537	3.035	2.556
melk	2.425	1.975	3.554	3.144	3.170	2.525	2.937	2.537	3.021	2.545
zuivelproducten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omzet en aanwas melkveehouderij	-109	-270	87	-55	-173	-316	-3	-516	-49	-289
verkopen rundvee	268	117	347	133	328	106	178	183	280	135
aankopen rundvee	300	330	348	189	501	248	181	550	333	329
aanwas rundvee	-77	-57	89	0	0	-173	0	-150	3	-95
Overige opbrengsten	84	-42	-27	20	27	62	53	85	34	31
Inkomenstoeslagen en subsidies	229	168	212	162	287	224	346	268	269	206
hectaretoeslag	187	137	169	130	190	151	227	181	193	150
subsidies	43	31	43	33	98	73	119	87	75	56
<b>Betaalde kosten en afschrijving (per koe)</b>										
Dierlijke en plantaardige activa	962	697	1.105	986	1.135	957	1.184	1.014	1.097	913
veevoer	808	558	923	814	879	718	959	726	892	704
w.v. krachtvoer	616	440	811	617	790	572	762	600	745	557
w.v. ruwvoer	192	118	112	197	89	146	197	126	147	147
meststoffen	30	22	60	46	118	96	51	41	65	51
zaaizaad en pootgoed	5	4	0	0	0	0	0	0	1	1
gewasbeschermingsmiddelen	0	0	1	1	0	0	0	22	0	6
mestafzetkosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
overige kosten	117	113	121	125	138	143	175	224	138	151

Voersaldo melkveehouderij (per koe)	1.672	1.462	2.631	2.329	2.291	1.807	1.978	1.811	2.143	1.852
Saldo melkveehouderij per koe (excl. subsidies)	1.493	1.011	2.509	2.123	1.889	1.315	1.803	1.091	1.924	1.385
<b>Saldo melkveehouderij op bedrijfsniveau minus de aanwas</b>										
Saldo melkveehouderij (euro/bedrijf)	33.336	30.692	53.251	61.559	43.445	43.148	40.561	34.988	42.648	42.597
Verschil totaal saldo melkveehouderij J-H t.o.v. HF-H (euro/bedrijf)		-2.644		8.308		-297		-5.573		-52

\* Niet gecorrigeerd voor metabool gewicht

## Investeringskosten Waterinfiltratiesysteem (WIS)

Om het effect van een WIS op het bedrijfsresultaat weer te geven zijn de investerings- en onderhoudskosten voor dit systeem op de Hoogwaterboerderij berekend. De investeringskosten zijn berekend zonder subsidie en het rentepercentage is vijf procent. De afschrijving is per onderdeel bepaald en varieert van 10 tot 30 jaar. Er is geen rekening gehouden met de inzet van eigen arbeid bij het beheren van het WIS. In Bijlage 5 wordt de berekening in detail weergegeven. De eerste inschatting op basis van de Hoogwaterboerderij is dat een ondernemer ongeveer één uur en tien minuten per hectare per jaar kwijt is aan werkzaamheden voor een goede werking van het systeem. In tabel 8.4 worden de investerings- en onderhoudskosten van het WIS weergegeven. Per hectare kost het systeem ongeveer 603 euro per jaar en dit vertaalt zich in het geval van de Holsteingroep op hoogwater naar 297 euro per koe per jaar. Bij de aanname dat alle overige vaste kosten niet verschillen tussen de Holsteingroepen betekent dit dat het inkomensverlies met 297 euro per koe per jaar toeneemt in het geval van Holsteins op hoogwater.

Tabel 8.4. Investerings- en onderhoudskosten van het Waterinfiltratiesysteem (WIS) op de hoogwaterboerderij.

WIS verbeterd op solar zonder subsidie en eigen arbeid	Kosten in euro per jaar
Per ha	603
Per koe	297
Per 100 kg meetmelk (jaar 2024)	3.55

Bron: eigen berekeningen, prijsniveau WIS medio 2025.

## 8.4 Grondwaardedaling door vernatting

In deze paragraaf worden de effecten van vernatting van landbouwgrond op het vermogen, inkomen en liquiditeit beschreven. Als eerste worden de gevolgen voor de korte termijn beschreven en daarna de gevolgen voor de langere termijn.

### Korte termijn gevolgen

Bij een eventuele grondwaardedaling door vernatting kan er één korte termijn gevolg voor de bedrijfseconomische situatie van een melkveebedrijf ontstaan. De waardedaling van de grond gaat namelijk ten koste van het eigen vermogen op de balans. De bedrijfseconomische waarde van de landbouwgrond wordt bepaald op basis van de marktwaarde van de grond. Als de grondwaarde daalt, dan daalt ook het totale balansvermogen terwijl het vreemde vermogen gelijk blijft. In tabel 8.5 is dit geïllustreerd aan de hand van de balans van een gemiddeld Nederlands melkveebedrijf. In de uitgangssituatie heeft dit melkveebedrijf een eigen vermogen van ruim 3,4 mln. euro en een solvabiliteit van 75%. In het geval van een grondwaardedaling van 10% daalt het eigen vermogen naar iets meer dan 3,2 mln. euro en de solvabiliteit naar 72%.

De waardedaling van de landbouwgrond heeft geen effect op het inkomen en liquiditeit van het bedrijf. Er is namelijk geen kasstroom verbonden aan de waardedaling, ervan uitgaande dat de waardedaling niet wordt vergoed. Als grond wordt gepacht, dan kan een waardedaling zich uiten in de pachtprijs. Deze kan lager worden. De gevolgen van de waardedaling komen dan voor rekening van de verpachter. Als de pachtprijs daalt, dan zou het de inkomens- en liquiditeitspositie kunnen verbeteren. Echter hierbij is dan nog geen rekening gehouden met eventuele beperkingen die vernatting heeft voor de melkoprangsten en/of niet-toegerekende kosten, zoals een daling van de melkoprangsten of extra voeraankopen. In bijlage 3 is een overzicht gegeven van de eigendomssituatie van landbouwgrond in het westelijk veenweidegebied. Dit geeft een beeld van hoeveel grond er in eigendom is en wordt gepacht in het westelijk veenweidegebied.

Tabel 8.5. Balans van een gemiddeld Nederlands melkveebedrijf in 2021 en bij 10% grondwaarde daling (2021a).

	Eenheid	2021	2021a
<b>Bedrijfsopzet</b>			
Aantal steekproefbedrijven	aantal	300	
Kadastrale oppervlakte	ha	65.8	
eigendom	%	63	
erfpacht	%	5	
pacht	%	32	
<b>Debet</b>			
Totaal waarde debet	euro	4.848.200	4.499.540
Immateriële vaste activa	euro	786.900	786.900
Materiële vaste activa	euro	3.487.600	3.226.730
w.v. grond	euro	2.608.690	2.347.820
Plantaardige en/of dierlijke activa	euro	238.200	238.200
Financiële vaste activa	euro	108.700	108.700
Voorraden	euro	91.500	91.500
Vorderingen	euro	68.100	68.100
Liquide middelen	euro	67.300	67.300
<b>Credit</b>			
Totaal waarde credit	euro	4.848.200	4.499.540
Totaal vreemd vermogen	euro	1.403.300	1.403.300
Langlopende schulden	euro	1.097.700	1.097.700
Kortlopende schulden	euro	69.700	69.700
Voorzieningen	euro	235.900	235.900
Eigen vermogen	euro	3.444.900	3.226.730
Solvabiliteit	%	75	72

Bron: Bedrijven-Informatienet van Wageningen Economic Research, bewerking Wageningen Economic Research.

## Langere termijn gevolgen

De gevolgen op de langere termijn van de waardedaling van de grond hebben betrekking op de zekerheden die grond biedt voor de economische waarde van een landbouwbedrijf of financiers. Een lagere grondwaarde biedt vooral voor financiers minder zekerheden. Dit kan zich uiten in een hogere rente-opslag. Bij de huidige gemiddelde bedrijfsomvang van bijna 1 miljoen kg melk, een vreemd vermogen van ruim 1 euro/kg melk en 4% te betalen rente betekent een 0,5 procentpunt hogere rente 5.000 euro extra uitgaven. Ofwel 5.000 euro minder inkomen hetgeen bij een belastingdruk van 37% (eerste belastingtarief Box 1) ca. 3.150 euro daling van de liquiditeit oplevert. Daarnaast kan een verminderde grondwaarde invloed hebben op de moderniteit van het bedrijf doordat investeringen worden bemoeilijkt door minder zekerheden. Op den duur geeft dit minder afschrijvingsmogelijkheden waardoor het inkomen stijgt en de belastingdruk toeneemt. Deze belastingdruk wordt waarschijnlijk verminderd doordat ook de exploitatiekosten zullen stijgen door een mogelijk lagere ruwvoerproductie en/of verouderde gebouwen/machines en installaties. Hier moet wel worden opgemerkt dat financiers minder rekening (gaan) houden met de vermogenspositie van landbouwbedrijven en zich meer richten op de liquiditeit van het bedrijf. Dit betekent dat vermogen minder belangrijk wordt bij het financieren van een landbouwbedrijf. Eerder in dit rapport is gebleken dat het verhogen van de grondwaterstand invloed heeft op de financiële resultaten van het melkveebedrijf. Lagere financiële resultaten kunnen ook invloed hebben op het verdienvermogen van het melkveebedrijf in de toekomst en daardoor ook de moderniteit beïnvloeden. Onduidelijk is welk van deze aspecten de overhand zal hebben en daardoor is ook het effect op het inkomen onduidelijk.

Bij verkoop van de grond wordt het verschil tussen de historische aankoopwaarde en de huidige marktwaarde liquide. Bij een daling van de grondprijs zal dit deel lager zijn dan wanneer er geen vernatting zou zijn geweest. Als een ondernemer het bedrijf staakt en verkoopt, dan blijft er minder eigen vermogen over voor bijvoorbeeld pensioen of de aankoop van een ander woonhuis.

## 8.5 Verdienmodellen

Deze paragraaf geeft een beschrijving van de huidige stand van zaken met betrekking tot het onderzoek naar verschillende verdienmodellen in relatie tot het onderwerp hoogwaterboerderij. Als eerste wordt het theoretisch kader beschreven waarin relevante begrippen en definities zijn uitgewerkt. Vervolgens worden vier kansrijke thema's benoemd en kort beschreven. Deze thema's kunnen mogelijke bouwstenen leveren voor een verdienmodel van een hoogwater boerderij op veen. Tot slot wordt ingegaan op de kansrijkheid van potentiële verdienmodellen voor de hoogwaterboerderij en de mogelijke elementen daarvoor.

## Theoretisch kader

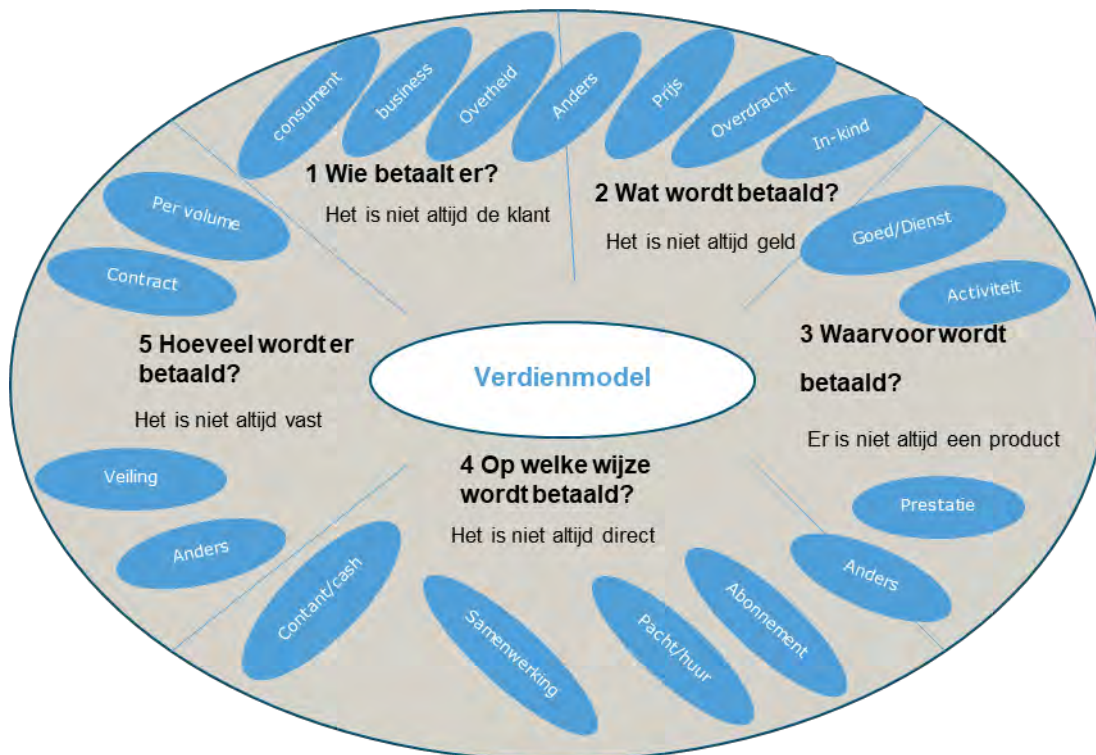
Om goed zicht te krijgen op mogelijke verdienmodellen voor hoogwaterboerderijen, worden in deze paragraaf een aantal begrippen gedefinieerd die centraal staan in dit onderzoek, zoals verdienmodel en verdienvermogen.

## Verdien- en businessmodel

Het begrip verdienmodel heeft de afgelopen jaren veel aandacht gekregen in onderzoek rond de verduurzaming van de Nederlandse landbouw (Polman en Dijkshoorn, 2019; Polman en Jongeneel, 2020; Eweg et al., 2022; Berkhout en Galema, 2022). Er kan gesteld worden dat het begrip een centrale rol speelt in discussie over de verduurzaming van de landbouw. In deze discussie wordt een 'goed verdienmodel' voor boeren veelal gezien als een randvoorwaarde om te verduurzamen (Eweg et al., 2022; De Lauwere et al., 2023). Maar wat betekent het begrip 'verdienmodel'?

Het verdienmodel is gerelateerd aan activiteiten van een bedrijf (de verkoop van goederen of diensten) en omvat de opbrengsten en kosten die daarmee gepaard gaan. Het verdienmodel is onderdeel van het businessmodel van een bedrijf. Het verdienmodel omvat vooral de inkomsten- en kostenkant binnen het businessmodel. Daarnaast bestaat het businessmodel uit veel andere factoren. Bekend is het BusinessModel Canvas dat naast inkomsten en kosten ook factoren onderscheidt zoals klantensegmentering, communicatie-, distributie- en verkoopkanalen, cruciale hulpbronnen, sleutelactiviteiten en partnerschappen (Jongeneel, 2020).

Het verdienmodel bestaat uit verschillende onderdelen, die door Meyer (2019) in kaart zijn gebracht en zijn samengevat in figuur 8.1. Elke onderdeel is geformuleerd aan de hand van een vraag rond betalingen. In de buitencirkel van figuur 8.1 zijn de antwoorden op deze vragen weergegeven (Polman en Jongeneel, 2020). De figuur richt zich voornamelijk op de opbrengstenkant van het verdienmodel. Er moet echter ook rekening worden gehouden met de kostenkant. Voor een goed verdienmodel moeten de opbrengsten immers groter zijn dan de kosten.



Figuur 8.1: Vijf aspecten van een verdienmodel (Meyer, 2019, aangepast voor de landbouw door Polman en Jongeneel, 2020).

## Verdienvermogen

Verdienvermogen is een begrip dat vaak in één adem wordt genoemd met verdienmodel. Hoewel de begrippen in elkaar overlopen zijn er wel degelijk verschillen (Berkhout en Galema, 2022). Waar bij verdienmodel de focus met name ligt op de private kosten-baten van een activiteit, gaat het begrip verdienvermogen in op ondernemerschap, aanpassingsvermogen en ontwikkelingen in de markt (Jongeneel, 2020). Verdienvermogen raakt daarmee ook aan het begrip ‘veerkracht’. Bij veerkracht kan worden gedacht aan de robuustheid, adaptatievermogen en transitievermogen. Robuustheid gaat vooral over het vermogen om op korte termijn plotselinge schokken op te vangen. Bij adaptatievermogen gaat het om inspelen op veranderingen binnen de bestaande bedrijfsstructuur. Bij transitievermogen gaat het om structurele aanpassingen van het bedrijfsmodel (Berkhout en Galema, 2022).

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de volgende definitie van het begrip verdienvermogen (Maij et al, 2019):

*“Verdienvermogen betekent het vermogen om middels ondernemerschap een redelijk inkomen te vergaren om daarmee nieuwe producten en diensten te ontwikkelen en zo nieuwe markten aan te boren. Of in het kort: het vermogen om verdienmodellen te ontwikkelen.”*

## Kansrijke thema's

Op basis van literatuuronderzoek zijn er 4 kansrijke thema's benoemd welke bouwstenen kunnen leveren voor een potentieel verdienmodel voor de hoogwaterboerderij geïdentificeerd, namelijk:

- CO<sub>2</sub> beprijzen/veenbehoud;
- Waterdiensten;
- Overige ecosysteemdiensten;
- Natte teelten.

Het behouden van veen richt zich op het vergoeden van vermindering van CO<sub>2</sub>-emissie door middel van het verhogen van de grondwaterstand in veengebieden. Waterdiensten zijn diensten zoals het tijdelijke vasthouden van water en/of waterberging. De waterdiensten zijn een ecosysteemdienst en worden hier apart onderscheiden vanwege de binding met het verhogen van de grondwaterstand. Overige ecosysteemdiensten omvatten, behalve waterdiensten, alle goederen en diensten die ecosystemen aan de samenleving leveren en bijdragen aan het menselijk mentaal en fysiek welzijn, zie ook paragraaf Overige ecosysteemdiensten. Natte teelten refereert aan het verbouwen van gewassen die goed gedijen in bodems met een hoog waterpeil. Deze thema's worden hieronder verder beschreven.

### CO<sub>2</sub> beprijzen/veenbehoud

Het vergoeden van CO<sub>2</sub>-reductie komt overeen met het volgende standpunt uit het nationale klimaatakkoord (2019): "Een financieringssysteem waarbij de boeren betaald worden voor de opslag van CO<sub>2</sub> is essentieel en moet ontwikkeld worden" (Klimaatakkoord, 2019). Zowel overheden als private partijen kunnen hier potentieel aan bijdragen.

De Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) stelt (Rli, 2020) dat de Rijksoverheid ervoor moet zorgen dat het geld dat CO<sub>2</sub>-reductie oplevert, terecht komt bij de partijen die nadelen ondervinden van peilverhoging, zoals de boeren. Een vergoeding die boeren ontvangen voor het vasthouden van CO<sub>2</sub> in bodems kan een extra inkomstenbron betekenen en dus deel uitmaken van het verdienmodel van de boer (Rli, 2020). Dit betekent overigens wel dat de vergoeding duidelijk boven het niveau van de gemaakte kosten moet liggen om te kunnen spreken van een verdienmodel. Het is niet waarschijnlijk dat boeren overgaan op vernatting wanneer de beloning hiervoor net genoeg is om de kosten te vergoeden. Om deze reden zal de prijs hoger moeten liggen om vernatting financieel interessant te maken voor boeren (Rli, 2020).

Naast overheden kunnen ook private partijen zoals bedrijven en ngo's boeren op veengronden vergoeden voor CO<sub>2</sub>-reductie. Dit zou bijvoorbeeld kunnen doormiddel van verhandelbare koolstofcertificaten op een nationale koolstofmarkt. Bedrijven kunnen deze certificaten kopen wanneer zij hun 'niet-vermijdbare' CO<sub>2</sub>-emissies willen compenseren. De opbrengsten van deze certificaten worden vervolgens uitgekeerd aan de boeren die hun CO<sub>2</sub>-reductie hebben weten te reduceren (Beldman, 2022).

Internationaal en nationaal zijn er verschillende voorbeelden waar bedrijven op deze manier hun emissies compenseren. Het gaat hier dan vooral om voorbeelden waar bedrijven boeren betalen voor het *opslaan* van CO<sub>2</sub> in bodems. In het geval van boeren op veen gaat het over het *reduceren* van CO<sub>2</sub> emissies. Een voorbeeld van een project is het Humusaufbau-project in Oostenrijk (Beldman, 2022). De boeren die deelnemen aan het project krijgen per ton vastgelegde CO<sub>2</sub> betaald. Hoe meer CO<sub>2</sub> wordt vastlegt hoe hoger de beloning die de boer ontvangt. Om meer CO<sub>2</sub> te kunnen vastleggen in de bodem nemen de boeren maatregelen om het organisch stofgehalte te verhogen. Een ander voorbeeld betreft het RegenConnect programma van Cargill, een Amerikaans agro-industrieel concern. In kader van dit programma worden boeren in de Verenigde Staten betaald voor het opslaan van CO<sub>2</sub> in hun landbouwgronden. De boeren ontvangen een beloning voor elke ton vastgelegde koolstof in de bodem (Cargill, 2025).

Ook in Nederland lopen verschillende projecten. Een hiervan is Valuta voor Veen. Eigenaren van veengronden die het waterpeil verhogen kunnen in kader van dit project CO<sub>2</sub>-certificaten ontvangen waarmee zij de kosten voor gedeerde inkomsten door peilverhoging, zoals lagere opbrengsten en investeringen, kunnen compenseren. Deze CO<sub>2</sub>-certificaten kunnen de boeren vervolgens verkopen aan bijvoorbeeld bedrijven die hun eigen CO<sub>2</sub>-emissies willen compenseren. Inmiddels wordt dit proces met verhandelbare certificaten toegepast in de provincie Friesland.

## Waterdiensten

Mogelijke waterdiensten betreffen onder andere het verzorgen van waterberging, het aanleggen van Plas-dras of het sturen met water.

Bij waterberging worden graslanden zodanig beheerd dat ze geschikt zijn voor berging. Door beperkingen op bemesting en op chemische onkruidbestrijding blijft de waterkwaliteit goed na onderlopen van het perceel. Optimalisatie van het waterbeheer creëert ruimte om water in perioden van tekort of overschot te bergen dan wel uit te slaan en maakt inzichtelijk wat voor invloed dit heeft op gewas, grond en zoetwaterkwaliteit.

Plas-dras is het (tijdelijk) onder water zetten van grasland of greppels (greppel plas-dras). Meestal wordt de maatregel in graslanden genomen om betere leefomstandigheden te creëren voor weidevogels in de directe omgeving. Weidevogels gebruiken deze plasjes om er voedsel te zoeken (wormen o.a.), te baltsen, te slapen en te ruïen. Een plas-dras kan ook gunstig zijn voor de toename van verschillende plantensoorten op de grens van water en land. En dat trekt weer insecten aan. Bovendien wordt een plas-dras landschappelijk hoog gewaardeerd.

Sturen met water is het actief sturen op grondwaterstanden in het veenweidengebied met behulp van onderwaterdrainage, met als doel het optimaliseren van het landgebruik voor alle functies en het tegengaan van bodemdaling.

## Overige ecosysteemdiensten

Ecosysteemdiensten omvatten alle goederen en diensten die ecosystemen aan de samenleving leveren en bijdragen aan het menselijk mentaal en fysiek welzijn. Vaak worden ecosysteemdiensten gegroepeerd in drie categorieën (zie figuur 8.2):

1. Productiediensten (bijvoorbeeld voedsel, water en hout),
2. Regulerende diensten (bijvoorbeeld kustbescherming, waterberging en plaagonderdrukking),
3. Culturele diensten (bijvoorbeeld wetenschap en educatie, groene recreatie en natuurlijk erfgoed).



Figuur 8.2: Ecosysteemdiensten in Nederland (bron: PBL, 2014)

## Natte teelten

Paludicultuur ('natte teelten') is een nieuwe vorm van landbouw die geschikt is om toe te passen in gebieden met een hoge grondwaterstand, zoals veengebieden.

Doelen van natte teelten kunnen zijn:

- Landbouw: met als hoofddoel productie voor veevoer of grondstof voor isolatiemateriaal en bouwplaten.
- Bufferzone: natte teelt met als hoofddoel reiniging van water in de bufferzone tussen landbouw en natuur.
- Natuurontwikkeling: natte teelt met als hoofddoel uitmijnen van de grond en de ontwikkeling van biodiversiteit op schrale grond te bevorderen

## Kansrijkheid voor verdienmodellen

Een belangrijke conclusie ten aanzien van de kansrijkheid voor verdienmodellen ten aanzien van de hoogwaterboerderij op veen wordt getrokken in het onderzoeksrapport Betaalbaarheid (STOWA, 2021) van de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). Kort samengevat zijn de conclusies uit dit rapport als volgt:

*Er zijn meerdere verdienmodellen voor het toekomstige gebruik van het veenweidegebied. Het is nog niet bekend welke modellen het meest kansrijk zijn. De inzichten die hiermee samenhangen zijn dat de baten van zowel natte teelten, ecosysteemdiensten als energieproductie onzeker zijn. Een belangrijk aandachtspunt is de onzekerheid rondom de beprijzing van CO<sub>2</sub> - op dit moment een essentiële baat in de kosten-batenanalyses van nieuwe functies in het veenweidegebied. Een belangrijke randvoorwaarde vanuit de markt is dat de overheid geld beschikbaar stelt voor boeren die hun land willen vernatten. Daarbij is ook zekerheid voor de lange termijn gewenst omdat omschakelingen niet of niet eenvoudig zijn terug te draaien.*

Het gaat met betrekking tot het vernatten van veen om grote investeringen, tientallen tot honderden miljoenen euro's, in de komende decennia. De vraag ligt nog open waar deze rekening gelegd wordt en is bij uitstek een governance vraagstuk. Volgens de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli, 2020) zou het Rijk ervoor moeten zorgen dat het geld dat de CO<sub>2</sub>-reductie oplevert terecht komt bij de partij die nadelen ondervindt van verhoging van de grondwaterstand. Dat zijn de agrariërs. Het ligt voor de hand dat de vernatting van het landelijk veengebied onderdeel uitmaakt van de transitie van de landbouw naar kringbouwanbouw en dat wordt aangesloten op de versterking van de natuur in Nederland. Deze sporen vragen ook sturing en financiering door de overheid.

Het risico is dat er een cirkelredenering ontstaat, de politiek wil weten wat het kost voordat er financiering komt, maar de oplossing komt niet verder omdat er geen financiering is.

In deze cirkelredenering (Mexican standoff) zit de agrariër, die zijn veenbodem wil of moet vernatten, klem tussen andere partijen. Het kan noodzakelijk zijn om als agrariër zelf het initiatief te nemen om het verdienmodel te verbeteren. Inzicht krijgen in welke mogelijke maatregelen er genomen kunnen worden is dan van belang. In de paragraaf *potentiële verdienmodellen* zijn een aantal thema's geïdentificeerd die bij kunnen dragen aan het verdienmodel van de hoogwaterboerderij.

## Potentiële verdienmodellen

Zoals in de vorige paragraaf is aangegeven zijn een aantal potentiële thema's/regelingen geïdentificeerd die bij kunnen dragen aan het verdienmodel van de hoogwaterboerderij. In deze paragraaf worden deze thema's uitgewerkt doormiddel van het beschrijven van maatregelen die bij kunnen dragen aan het verdienmodel. Per maatregel wordt een beknopte beschrijving gegeven

van potentie die het kan hebben op een potentieel verdienmodel. Het doel is niet om alomvattend te zijn, maar om handvaten te geven die mogelijk het verdienmodel kunnen versterken. Bijlage 4 bevat een uitgebreide beschrijving van de maatregelen.

De volgende maatregelen worden onderscheiden:

- Betalingen voor ecosysteemdiensten
- CO-2 beprijzing/veenbehoud
- Natte teelten
- GLB-regelingen
- Marktinitiatieven

### *Betalingen voor ecosysteemdiensten*

Het betalen voor ecosysteemdiensten, in de literatuur aangeduid met het acroniem PES (Payments for Ecosystem Services) heeft zich de afgelopen decennia steeds verder ontwikkeld (Kumar et al., 2014). PES is een betaling met als doel om ecosysteemdiensten te beschermen. Met financiële prikkels worden landeigenaren gestimuleerd om landgebruiks- en/of beheerpraktijken toe te passen die gunstig zijn voor de bescherming van ecosysteemdiensten (Perrot-Maître, 2006). Het basisidee achter PES is dat de verstrekkers van ecosysteemdiensten, net zoals reguliere dienstverleners, daarvoor worden betaald (Smith et al., 2013).

Voor diverse ecosysteemdiensten kunnen subsidies worden verkregen. Tabel 8.6 geeft hiervan een indruk voor de provincie Zuid-Holland.

*Tabel 8.6. Voorbeelden van beheersvergoedingen (voorbeeld provincie Zuid-Holland)*

ECOSYSTEEDIENST	VOORWAARDE	VERGOEDING	EENHEID
Weidegang	Melkkoeien minimaal 120 dagen gedurende 6 uur per dag in de weide	1,5 – 2,0	100 kg melk
Legselbeheer	Legsels worden gezocht en gemarkeerd, bij beweiding nestbeschermers worden geplaatst en bij maaien wordt 50 m <sup>2</sup> ontzien	87	Hectare
Uitgesteld maaien	Gedurende een rustperiode (bijvoorbeeld van 1 april tot 15 juni) is beweiding niet toegestaan en worden geen bewerkingen uitgevoerd	532	Hectare
Graslanddiversiteit	Het perceel wordt ingezaaid met een mengsel van gras en kruiden, er geldt een rustperiode van 1 april tot en met 15 juni en er mag alleen dierlijke mest worden gebruikt	1028	Hectare
Plas/dras	Minimaal 60% van de beheerseenheid staat van 1 april tot en met 15 juni onder water	1.981	Hectare
Landschapselementen	Aanwezigheid van knotwilgen, rietzomen en poelen	varieert	Per element

Bron: STOWA (2021).

Veel van de ecosysteemdiensten in de tabel hebben betrekking op het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb). Melkveehouders kunnen ecosysteemdiensten uitvoeren en hiervoor een vergoeding ontvangen. Ecosysteemdiensten zijn subsidie gestuurd, ter compensatie van (natuur)beheerskosten en inkomstendering. Ecosysteemdiensten, bijvoorbeeld via het ANLb, worden niet gezien als commerciële activiteiten waardoor de vergoeding alleen de gederfde inkomsten en eventuele beheerskosten worden vergoed. Winst maken op ecosysteemdiensten is niet vanzelfsprekend. Naast intrinsieke motivatie lijken deze verschillende subsidievormen een belangrijke motivator voor transitie, maar bieden vaak nog onvoldoende economisch perspectief.

### CO<sub>2</sub>-beprijzing

Er zijn verschillende opties voor een financieringssysteem waarbij agrariërs betaald worden voor de reductie van CO<sub>2</sub>:

- Opname in een handelssysteem. Een vervuilend bedrijf betaalt dan voor de extra CO<sub>2</sub>-reductie die agrariërs realiseren.
- Opname in een vrijwillig systeem. Het kunnen dan ook individuen of maatschappelijke organisaties zijn die de extra CO<sub>2</sub>-reductie van agrariërs belonen. Het programma 'Valuta voor Veen' dat gestart is door de Milieufederatie in Fryslân is een voorbeeld van zo'n vrijwillig systeem.

- Opname in een subsidieregeling. In dat geval betaalt de belastingbetaler de extra CO<sub>2</sub>-reductie door agrariërs.

In heel Nederland werken steeds meer grondeigenaren aan CO<sub>2</sub>-reductie en -vastlegging. Dit kan met hulp van de methoden van de Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK). Toepassing leidt tot uitgifte van verhandelbare koolstofcertificaten door de SNK voor de vrijwillige nationale koolstofmarkt. Voor de landbouw is vooral het vrijwillige handelssysteem van toepassing aangezien momenteel de CO<sub>2</sub>-uitstoot uit de landbouw niet is gereguleerd in het Europese Emission Trade System (ETS). Een vrijwillig handelssysteem kan een melkveehouder die investeert in bodemvernatting helpen om het verdienmodel te verbeteren. Een voorbeeld van een vrijwillig handelssysteem is Carbon Coöp. Carbon Coöp is een coöperatie opgericht door een groep melkveehouders en akkerbouwers. Het doel van deze coöperatie is het ontwikkelen en uitrollen van een verdienmodel gebaseerd op vastlegging van CO<sub>2</sub> én reductie van CO<sub>2</sub> in de productiewijze (Carbon Coöp, 2025).

In bijlage 4 wordt het beprijzen van CO<sub>2</sub> verder toegelicht en worden een aantal conclusies en aanbevelingen die de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) hierover doet beschreven.

### *Natte teelten*

Op een aantal veengronden wordt geëxperimenteerd met de productie van natte teelten, in plaats van dat deze gronden gebruikt worden voor het telen van gras voor melkproductie. Omdat verhoging van de grondwaterstand in veenweidegebieden leidt tot 'nattere' gronden, bieden deze teelten een mogelijkheid op de productieve inzet van deze gronden te behouden (STOWA, 2023).

Met natte teelten worden gewassen bedoeld die met hoge grondwaterstanden of in oppervlaktewater geteeld kunnen worden. Voorbeelden van natte teelten zijn lisdodde, cranberry, veenmos, azolla (kroosvaren), eendenkroos (waterlinzen), riet en wilde rijst. Met deze natte teelten worden momenteel pilots uitgevoerd in Nederland (STOWA, 2021).

Deze teelten kunnen gebruik worden als bouw- en isolatiematerialen, vezels of als voedsel. Twee voorbeelden hiervan zijn o.a. cranberry- en lisdoddeteeelt. Cranberries worden vooral op kleine schaal, meestal in pilots, geteeld. Hierdoor is er nog weinig tot geen informatie over hoe deze natte teelt op commerciële schaal geteeld kunnen worden. Lisdodde wordt vooral gebruikt als isolatie- of bouwmaterialen, evenals alternatief voor turf en potgrond (Nature Today, 2023). Uit onderzoek van het Louis Bolk Instituut (2022) blijkt dat de teelt van lisdodde nog geen haalbaar verdienmodel oplevert. Zie bijlage 4 voor meer informatie.

## GLB-regelingen

Binnen het EU Gemeenschappelijk Landbouwbeleid zijn verschillende regelingen beschikbaar. In deze paragraaf worden enkele relevante regelingen beschreven die het verdienmodel van melkveebedrijven die bodemvernatting toepassen kunnen verbeteren.

De volgende regelingen worden onderscheiden:

- Eco-regeling;
- Samenwerking in veenweidengebieden en Natura 2000-gebieden;
- Niet-productieve investering voor landbouw- en veenweidegebieden (NPILV);
- Bergboerenregeling/gebieden met natuurlijke handicaps.

De Eco-regeling is een extra betaling per hectare naast de basispremie. Om in aanmerking te komen voor de eco-premie voert een landbouwer eco-activiteiten uit. Het pakket aan eco-activiteiten bepaald de totaalwaarde van alle eco-activiteiten en de uiteindelijke eco-premie. Er zijn drie premieniveaus, brons (60 euro/ha), zilver (100 euro/ha) en goud (200 euro/ha). Op dit moment zijn er nog geen specifieke eco-activiteiten die zich richten op het verhogen van de grondwaterstand in combinatie met het telen van gras. Natte teelt is wel een eco-activiteit. De Eco-regeling draagt op dit moment niet specifiek bij aan het verdienmodel bij vernatting, maar door slim combineren van activiteiten zou de premie toe kunnen nemen. De Hoogwaterboerderij behaalde in 2023 het zilveren niveau. Dit geldt echter voor het totale bedrijf, dus voor zowel de laagwater- als hoogwaterpercelen.

De overige drie regelingen zijn anders in opzet dan de Eco-regeling. Deze regelingen gelden niet per sé voor iedere landbouwer, maar zijn gericht op een specifieke doelgroep of specifiek gebied. Bij de regeling *Samenwerking in veenweidengebieden en Natura 2000-gebieden* ligt de nadruk op het verminderen van de uitstoot van ammoniak door extensivering dichtbij Natura-2000 gebieden en/of de CO<sub>2</sub>-uitstoot verminderen door het verhogen van de grondwaterstand in het veenweidegebied. De regeling *Niet-productieve investering voor landbouw- en veenweidegebieden (NPILV)* stimuleert projecten die bijdragen aan de water- en klimaatdoelen en de *Bergboerenregeling/gebieden met natuurlijke handicaps* was er speciaal om landbouwers in probleemgebieden te ondersteunen. Deze regeling bestaat niet meer, maar zou als inspiratie kunnen dienen om het verhogen van de grondwaterstand in veengebieden te stimuleren. Zie bijlage 4 voor een uitgebreide beschrijving van de regelingen.

## Marktinitiatieven

Bijdragen aan het verdienmodel van de landbouwer bij vernatting hoeft niet uitsluitend te komen vanuit publieke gelden of initiatieven. Op dit moment zijn er ook private initiatieven of keurmerken. Onderstaande lijst geeft een overzicht van de keurmerken die bij Milieu Centraal in gebruik zijn specifiek voor zuivel (Baayen et al., 2023):

- Zuivel
  - EU-biologisch (topkeurmerk)
  - EKO (topkeurmerk)
  - On the way to Planet Proof (topkeurmerk)
  - Beter Leven keurmerk (drie sterren) (topkeurmerk)
  - Beter Leven keurmerk (één ster) (topkeurmerk)
  - Weidemelk
  - Demeter (topkeurmerk)
  - Climate Neutral Certified (topkeurmerk)
  - Beter Voor Koe, Natuur en Boer
  - Caring Dairy
  - Duurzame weidezuivel
  - Vlog melk (GMO-vrij)
  - Drentse Aa-melk

Op dit moment is CO<sub>2</sub>-emissiereductie door grondwaterstandverhoging nog niet in private duurzaamheidsprogramma's of keurmerken opgenomen. Hierdoor is er nog geen verdienmodel beschikbaar op basis van marktinitiatieven. Melkveehouders kunnen, al dan niet in collectiefverband, ook zelf een aparte melkstroom opzetten. Echter dit is makkelijker gezegd dan gedaan en met risico's omgeven.

## 8.6 Discussie

### Economie bedrijfssystemen

Het jaar 2021 kan worden aangeduid als een startjaar met betrekking tot het verhogen van het waterpeil. Het jaar 2022 was een droog jaar en in dit jaar is er geconstateerd dat de onderwaterdrains niet naar behoren functioneerden. Het doel was om de grondwaterstand tot 20 cm onder maaiveld te verhogen, maar in de eerste fase van het onderzoek tot en met 2022 was dit in de zomer gemiddeld 30 cm onder maaiveld, met een spreiding in metingen van 0 tot ongeveer 70 cm –mv. Zie ook het hoofdstuk van Thema Water. Daarom is het belangrijk om te realiseren dat de resultaten van de hoogwaterboerderij in de eerste fase van het onderzoek refereren aan diepere grondwaterstanden dan gewenst. In het voorjaar van 2023 zijn er verbeteringen aan het systeem aangebracht, waardoor het doel van 20 cm grondwaterstand onder maaiveld gemiddeld wel gehaald werd, met een spreiding in waarnemingen van 0 tot 50 cm -mv. Door deze verbeteringen is structuurschade ontstaan aan de bodem en dit heeft mogelijk gevolgen voor de resultaten van 2023 en de vergelijkbaarheid met eerdere jaren. Dit in combinatie met de financiële resultaten van slechts vier jaar maakt het lastig om uitspraken te kunnen doen over het directe effect van de peilverhoging op de resultaten. Een langere reeks aan meetjaren kan de invloed van o.a. het minder functionerende drainagesysteem verminderen.

## Grondwaardedaling door vernatting

In het onderzoek naar de gevolgen van grondwaardedaling als gevolg van vernatting is alleen gekeken naar effect op het vermogen, inkomen en liquiditeit vanuit een bedrijfseconomische invalshoek. Hierbij is geen rekening gehouden met mogelijke effecten op de grondmarkt. Zo kan het zijn dat de grondmarkt anders reageert als men zou verwachten, omdat dit een markt is van vraag en aanbod van verschillende partijen. Zo kan het zijn dat in een bepaald gebied peilverhoging wordt ingevoerd, maar de grondprijs niet verandert omdat de druk op de grondmarkt blijft bestaan. Ook kan de druk op de grondmarkt verschuiven van het ene gebied naar het andere gebied waar geen of minder beperkingen gelden of andere grondsoorten dominant zijn. Het afwaarderen van gronden in het geval van een onveranderde grondprijs moet dan ook meer worden gezien als schadevergoeding voor de peilverhoging in plaats van een schadevergoeding voor de waardevermindering van de grond, indien de grond niet van functie verandert. Het is zelfs niet ondenkbaar dat deze afwaardering in een gebied tot een hogere grondprijs elders leidt doordat de vrijgekomen liquiditeiten (deels) worden ingezet om extra grond te verwerven.

## Verdienmodellen

Uit het de voorlopige resultaten blijkt dat het risico van, de onzekerheid van en het ontbreken van (kansrijke) verdienmodellen die bijdragen aan economisch perspectief weinig perspectief geeft op het verder onderzoeken van mogelijke verdienmodellen. Het gebrek aan eigenaarschap met betrekking tot de langdurige financiering van verschillende verdienmodellen verlamt de uitbreiding en adoptie van deze modellen. Dit ligt op een hoger niveau dan het bedrijfsniveau van de individuele agrariër. Het vernatten van veen heeft tot doel om de broeikasgasuitstoot uit en daling van deze veenbodems te verminderen. Dit is in eerste instantie niet in het directe belang van de agrariër, want het verminderen van deze emissies draagt niet bij aan de productiviteit of het bedrijfsresultaat. Zonder beleid op het verminderen van de broeikasgasemissies door veenoxidatie zal een agrariër niet vanzelfsprekend kiezen voor vernatting. Voor de overheid is het wel van belang om deze emissies te verminderen, immers in het klimaatakkoord van Parijs en vervolgens in het Klimaatplan 2021-2030 is afgesproken om de broeikasgasemissies te verlagen. Hierin speelt veenoxidatie ook een rol. Zoals al eerder is beschreven door de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur zou het Rijk ervoor moeten zorgen dat het geld dat de broeikasgasreductie oplevert terecht komt bij de partij die nadelen ondervindt van verhoging van de grondwaterstand. Gezien de grote investeringen die nu en in de toekomst worden gevraagd is dit voor de hand liggend.

## 8.7 Conclusies

### Economie bedrijfssystemen

Gemiddeld over de periode 2021-2024 behaalt de Holstein-groep op laagwater een hoger saldo dan de Holstein groep op hoogwater. Gemiddeld is dit verschil 147 euro per koe en komt vooral doordat in 2022 de meetmelkproductie van de Holstein hoog groep achterbleef. Over de gehele periode realiseren de Holstein melkkoeien op hoogwater hogere voerkosten, vooral door hogere ruwvoerkosten. Per koe behalen de Holsteins op hoogwater een hoger saldo dan de Jersey melkkoeien op hoogwater door vooral hogere melkopbrengsten. Gecorrigeerd voor metabool gewicht realiseren de Jersey melkkoeien een licht hoger saldo ten opzichte van de Holstein melkkoeien. Het verschil tussen de twee rassen is onder de condities van de Hoogwaterboerderij klein.

### Grondwaardedaling door vernatting

Op korte termijn zijn er geen effecten van de daling van de grondwaarde op het inkomen en de liquiditeit. Er is op korte termijn wel een negatief effect op het eigen vermogen. Op langere termijn kan een waardedaling gevolgen hebben voor de zekerheden die grond biedt voor financiers. Een lagere grondwaarde kan invloed hebben op de moderniteit van het bedrijf doordat investeringen worden bemoeilijkt door minder zekerheden. Lagere investeringen kunnen voor een slechter bedrijfsresultaat zorgen door veroudering, maar daar staat tegenover dat minder afschrijvingen zorgen voor een hoger inkomen. Onduidelijk is welke van deze twee aspecten de overhand heeft en daarmee ook het effect op het inkomen.

### Verdienmodellen

Een vergoeding voor CO<sub>2</sub> reductie door veenbehoud, waterdiensten, overige ecosysteemdiensten, en natte teelten zijn potentiële verdienmodellen voor melkveebedrijven die te maken krijgen met een hogere grondwaterstand. Vooral de onzekerheid van (langdurige) baten en (technische) ontwikkeling van verschillende verdienmodellen zorgen voor een onbekend economisch perspectief. Hierdoor komen verdienmodellen moeilijk van de grond vanwege het gebrek aan eigenaarschap met betrekking tot de financiering ervan.

### Referenties

- Baayen, R.P., W.H.M. Baltussen, A. Beldman, M. van Galen, R. Jongeneel, K. Logatcheva, H. Schebesta, R. Schrijver (2023). Duurzaamheidsafspraken in de landbouw; Horizontale en verticale overeenkomsten in de landbouw ten behoeve van natuur, milieu, klimaat, dierenwelzijn en het verdienvermogen van de agrarisch ondernemer. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3239. 142 blz.; 5 fig.; 7 tab.; 188 ref
- Beldman, A, (2022). Oostenrijkse boeren verdienen aan koolstofopslag. Inspiratiesheet voor nieuwe verdienmodellen. Wageningen, Wageningen Economic Research, Factsheet 2022-062.

- Berkhout, P., Galema, S. (2022). *Duurzaam verdienen. Analyse verdienvermogen verduurzamingsmodellen landbouw*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 147.
- Carbon Coöp (2025). Een boerencoöperatie van melkveehouders en akkerbouwers. <https://carboncoop.nl/>
- Cargil (2025). Cargill RegenConnect. <https://www.cargillag.com/grow-sustainably/regenconnect>
- Eweg, A., Beldman, A., Jellema, A. (2022). *Verdienmodellen als randvoorwaarde voor realiseren doelen Duurzame Zuivelketen*. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2022-062.
- Jindal, R., Kerr, J. (2007). *Basic principles of PES*. USAID PES Brief 1. P.1-8.
- Jongeneel, R. (2020). *Verdienmodel: actualiteit, theorie, parktijken en beleid*. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2020-067.
- Kumar, P., Kumar, M., Garret, L. (2014). Behavioural foundation of response policies for ecosystem management: What can we learn from Payments for Ecosystem Services (PES). *Ecosystem Services* 10: 128-136.
- Lauwere, C., Jellema, A., Wattel, C. (2023). *Melkveehouders over de verduurzaming in de melkveehouderij*. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2023-036.
- Linderhof, V., De Blaeij, A., Polman, N. (2009). Betalen voor ecosystemendiensten: een interessante aanvulling op het waterprijsbeleid. Den Haag, Landbouw Economisch Instituut.
- Maij, H., Baarsma, B., Koen, C., Van Dijk, G., Van Trijp, H., Volberda, H., Vermeulen, M., Tijssens, R., Thus, S. (2019). *Goed boeren kunnen boeren niet alleen: 'Je kunt niet groen doen als je rood staat' Verdienvermogen essentiële voorwaarde voor kringlooplandbouw*. Taskforce verdienvermogen kringlooplandbouw.
- Meyer, R. (2019). *Meyer's Management; Episode 4 Revenue model*. Antwerpen, Antwerp Management School.
- PBL (2014). *Ecosysteemdiensten*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving. <https://www.pbl.nl/ecosysteemdiensten-0>
- Perrot-Maître, P., (2006). *The Vittel payments for ecosystem services: a 'perfect' PES case*. International Institute for Environment and Development.
- Polman, N., Dijkshoorn, M. (red.). (2019). *Verdienmodellen natuurinclusieve landbouw*. Wageningen, Wageningen Economic Research.
- Polman, N., Jongeneel, R. (2020). *Voor een natuurinclusieve landbouw zijn nieuwe verdienmodellen nodig*. Economisch Statistische Berichten Dossier Duurzame Landbouw 105(4761S): p.99-101.
- Rli (2020). *Stop bodemdaling in veenweidegebieden: het Groene Hart als voorbeeld*. Digitale uitgave. Publicatie Rli 2020/05.
- Smith, S., Rowcroft, P., Everard, M., Couldrick, L., Reed, M., Rogers, H., Quick, T., Eves, C., White, C. (2013). *Payments for Ecosystem Services: A Best Practice Guide*. London, Department for Environment, Food en Rural Affairs (DEFRA).
- STOWA (2021). *BETAALBAARHEID. Een inventarisatie van de haalbaarheid van maatregelen in het veenweidegebied*. Amersfoort, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. Rapport 2021-23D.
- Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics* 117: 235-243.

# Bijlage 1. Voederwaarde per snede

Tabel B1.1. Gemiddelde voederwaarde op de maaiplootjes per snede (% = (HW-LW)/LW x 100%)

	Snedes	2022			2023			2024			Gem
		LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	%
Ruw eiwit	S1	162	178	10%	153	142	-7%	149	148	0%	1%
	S2	159	171	8%	176	180	3%	129	129	0%	4%
	S3	176	178	1%	189	164	-13%	155	168	8%	-2%
	S4	208	216	4%	202	188	-7%	221	201	-9%	-4%
	S5	228	227	0%							
VEM	S1	985	947	-4%	903	885	-2%	884	867	-2%	-3%
	S2	889	885	0%	804	853	6%	831	843	1%	2%
	S3	866	863	0%	812	823	1%	781	812	4%	2%
	S4	823	849	3%	760	784	3%	886	893	1%	2%
	S5	966	940	-3%							
DVE	S1	82	80	-3%	71	67	-6%	67	66	-2%	-4%
	S2	71	72	1%	68	73	7%	59	60	2%	3%
	S3	72	71	-1%	72	67	-6%	60	66	9%	0%
	S4	70	75	6%	67	67	-1%	88	83	-6%	0%
	S5	98	92	-6%							
OEB	S1	16	23	41%	10	2	-79%	7	6	-8%	-5%
	S2	12	21	82%	22	26	15%	-5	-8	58%	34%
	S3	23	24	3%	30	15	-52%	11	17	64%	-13%
	S4	34	43	26%	45	33	-27%	54	40	-25%	-13%
	S5	55	53	-3%							
VCOS	S1	82	80	-3%	77	76	-2%	75	75	-1%	-2%
	S2	76	76	0%	71	74	3%	74	73	-1%	0%
	S3	75	74	-1%	72	72	0%	70	71	2%	0%
	S4	70	72	2%	71	71	0%	76	77	1%	1%
	S5	82	80	-3%							

Tabel B1.2: Gemiddelde voederwaarde per snede voor de kuilsnedes op de veldkavel (% = (HW-LW)/LW x 100%)

Waarden	Jaar	2020			2021			2022			2023			2024			Totaal
	Snede	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	LW	HW	%	%
Ruw eiwit	S1	153	159	4%	128	133	4%	144	160	11%	149	149	0%	143	103	-28%	-2%
	S2	160	178	12%	168	167	0%	173	155	-10%	164	156	-5%	142	168	18%	2%
	S3				221	208	-6%	148	150	2%	187	178	-5%	166			-1%
	S4	180	193	7%	201	165	-18%	194	189	-3%	218	214	-2%	191	199	4%	-2%
	S5	210	192	-9%				120	216	80%				199	193	-3%	14%
VEM	S1	926	986	6%	809	834	3%	977	930	-5%	898	890	-1%	867	721	-17%	-3%
	S2	792	869	10%	832	808	-3%	911	867	-5%	822	835	2%	843	816	-3%	0%
	S3				866	861	-1%	862	896	4%	834	844	1%	845			2%
	S4	831	876	5%	803	742	-8%	809	832	3%	841	817	-3%	860	782	-9%	-2%
	S5	846	875	3%				919	876	-5%				866	839	-3%	-2%
DVE	S1	72	84	17%	60	65	9%	69	75	9%	63	63	0%	63	27	-57%	-4%
	S2	59	64	9%	78	70	-10%	69	54	-22%	68	65	-4%	77	78	1%	-6%
	S3				75	83	11%	68	77	13%	79	74	-6%	76			4%
	S4	70	85	21%	48	41	-16%	83	84	1%	66	63	-5%	59	72	22%	6%
	S5	68	74	9%				64	80	25%				61	53	-13%	7%
OEB	S1	14	11	-21%	19	15	-21%	27	31	15%	37	35	-5%	31	21	-32%	-12%
	S2	40	55	37%	25	35	40%	52	54	5%	36	35	-3%	4	26	550%	31%
	S3				96	64	-34%	22	14	-34%	50	47	-6%	28			-15%
	S4	50	47	-6%	133	87	-35%	48	42	-13%	114	109	-4%	86	66	-23%	-19%
	S5	89	61	-32%				4	82					91	92	1%	27%
VCOS	S1	79	83	4%	72	72	0%	81	79	-3%	77	76	-1%	75	63	-16%	-3%
	S2	69	74	8%	73	71	-3%	77	74	-4%	71	73	3%	73	71	-3%	0%
	S3				75	75	1%	74	77	4%	74	74	0%	73			2%
	S4	72	76	6%	72	69	-4%	70	71	2%	75	73	-2%	74	69	-6%	-1%
	S5	73	75	3%				78	75	-4%				77	75	-3%	-1%

## Bijlage 2. Financiële resultaten Hoogwaterboerderij

Tabel B2.1: Financiële resultaten Holstein-Friesian koppels op lage (HF-L) en hoge (HF-H) grondwaterstand op de hoogwaterboerderij in periode 2021-2024, in euro per 100 kg meetmelk.

	2021		2022		2023		2024		Gemiddeld	
	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H
<b>Opbrengsten</b>	34,4	35,4	52,4	53,5	45,7	41,4	46,4	47,8	44,7	44,5
Melk en zuivelproducten	32,5	32,7	49,2	49,7	39,4	39,6	42,6	42,1	40,9	41,0
melk	31,8	32,0	49,2	49,7	39,4	39,6	42,6	42,1	40,7	40,9
zuivelproducten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Omzet en aanwas melkveehouderij	-0,6	-1,4	-0,3	1,2	1,0	-2,2	0,8	0,0	0,2	-0,6
verkopen rundvee	2,4	3,5	3,9	4,9	2,2	4,1	3,0	2,6	2,9	3,8
aankopen rundvee	3,5	4,0	3,6	4,9	1,7	6,3	2,2	2,6	2,8	4,4
aanwas rundvee	0,5	-1,0	-0,6	1,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Overige opbrengsten	-0,4	1,1	0,6	-0,4	1,6	0,3	-1,5	0,8	0,1	0,5
Inkomenstoeslagen en subsidies	2,9	3,0	2,9	3,0	3,7	3,6	4,4	5,0	3,5	3,6
hectaretoeslag	2,4	2,5	2,3	2,4	2,5	2,4	3,1	3,3	2,6	2,6
subsidies	0,5	0,6	0,6	0,6	1,2	1,2	1,3	1,7	0,9	1,0
<b>Betaalde kosten en afschrijving</b>										
Dierlijke en plantaardige activa	11,6	12,7	13,3	15,5	14,2	14,2	14,7	17,0	13,5	14,8
veevoer	9,7	10,7	10,8	12,9	10,7	11,0	11,3	13,7	10,6	12,1
w.v. krachtvoer	8,1	8,1	10,6	11,4	9,9	9,9	9,7	10,9	9,6	10,1
w.v. ruwvoer	1,7	2,5	0,2	1,6	0,8	1,1	1,6	2,8	1,1	2,0
meststoffen	0,4	0,4	0,8	0,8	1,6	1,5	0,7	0,7	0,9	0,9
zaaizaad en pootgoed	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
gewasbeschermingsmiddelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0

	mestafzetkosten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	overige kosten	1,5	1,5	1,7	1,7	2,0	1,7	2,5	2,5	1,9	1,9
	Voersaldo melkveehouderij	22,8	22,1	38,4	36,8	28,7	28,6	31,3	28,4	30,3	29,0
	Saldo melkveehouderij (excl. subsidies)	19,9	19,7	36,2	35,1	27,7	23,6	27,2	25,8	27,8	26,1
	Saldo melkveehouderij incl. correctie o&a	20,5	21,2	36,4	33,9	26,7	25,8	26,4	25,9	27,5	26,7
	Saldooverschil		0,7		-2,6		-1,0		-0,5		-0,8

Tabel B2.2: Financiële resultaten Holstein-Friesian (HF-H) en Jersey (J-H) koppels op hoog waterpeil en totaal op de hoogwaterboerderij in periode 2021-2024 in euro per 100 kg meetmelk.

		2021		2022		2023		2024		Gemiddeld	
		HF-H	J-H	HF-H	J-H	HF-H	J-H	HF-H	J-H	HF-H	J-H
	<b>Opbrengsten</b>	35,4	31,0	53,5	52,3	41,4	39,6	47,8	41,4	44,5	41,1
	Melk en zuivelproducten	32,7	33,3	49,7	50,3	39,6	40,1	42,1	44,3	41,0	42,0
	melk	32,0	32,6	49,7	50,3	39,6	40,1	42,1	44,3	40,9	41,8
	zuivelproducten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Omzet en aanwas melkveehouderij	-1,4	-4,5	1,2	-0,9	-2,2	-5,0	0,0	-9,0	-0,6	-4,8
	verkopen rundvee	3,5	1,9	4,9	2,1	4,1	1,7	2,6	3,2	3,8	2,2
	aankopen rundvee	4,0	5,4	4,9	3,0	6,3	3,9	2,6	9,6	4,4	5,5
	aanwas rundvee	-1,0	-0,9	1,2	0,0	0,0	-2,8	0,0	-2,6	0,1	-1,6
	Overige opbrengsten	1,1	-0,7	-0,4	0,3	0,3	1,0	0,8	1,5	0,5	0,5
	Inkomenstoeslagen en subsidies	3,0	2,8	3,0	2,6	3,6	3,6	5,0	4,7	3,6	3,4
	hectaretoeslag	2,5	2,3	2,4	2,1	2,4	2,4	3,3	3,2	2,6	2,5
	subsidies	0,6	0,5	0,6	0,5	1,2	1,2	1,7	1,5	1,0	0,9
	<b>Betaalde kosten en afschrijving</b>										

Dierlijke en plantaardige activa	12,7	11,5	15,5	15,8	14,2	15,2	17,0	17,7	14,8	15,0
veevoer	10,7	9,2	12,9	13,0	11,0	11,4	13,7	12,7	12,1	11,6
w.v. krachtvoer	8,1	7,3	11,4	9,9	9,9	9,1	10,9	10,5	10,1	9,2
w.v. ruwvoer	2,5	1,9	1,6	3,2	1,1	2,3	2,8	2,2	2,0	2,4
meststoffen	0,4	0,4	0,8	0,7	1,5	1,5	0,7	0,7	0,9	0,8
zaaizaad en pootgoed	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
gewasbeschermingsmiddelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1
mestafzetkosten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
overige kosten	1,5	1,9	1,7	2,0	1,7	2,3	2,5	3,9	1,9	2,5
Voersaldo melkveehouderij	22,1	24,1	36,8	37,2	28,6	28,7	28,4	31,6	29,0	30,4
Saldo melkveehouderij (excl. subsidies)	19,7	16,7	35,1	33,9	23,6	20,9	25,8	19,0	26,1	22,6
Saldo melkveehouderij incl. correctie o&a	21,2	21,1	33,9	34,8	25,8	25,9	25,9	28,0	26,7	27,5
Saldooverschil		0,0		0,9		0,1		2,2		0,8

Tabel B2.1: Financiële resultaten Holstein-Friesian koppels op lage (HF-L) en hoge (HF-H) grondwaterstand op de hoogwaterboerderij in periode 2021-2024, in euro per bedrijfssysteem.

	2021		2022		2023		2024		Gemiddeld	
	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H
<b>Opbrengsten</b>	115.167	57.837	173.942	84.189	157.680	76.163	151.738	74.985	149.632	73.293
Melk en zuivelproducten	108.595	53.340	163.361	78.188	135.942	72.902	139.442	66.076	136.835	67.626
melk	108.595	53.340	163.361	78.188	135.942	72.902	139.442	66.076	136.835	67.626
zuivelproducten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omzet en aanwas melkveehouderij	-2.064	-2.403	-880	1.922	3.484	-3.971	2.607	-67	787	-1.130
verkopen rundvee	8.336	5.897	13.115	7.637	7.569	7.549	9.687	4.004	9.677	6.272
aankopen rundvee	12.100	6.600	12.045	7.665	5.760	11.520	7.080	4.071	9.246	7.464
aanwas rundvee	1.700	-1.700	-1.950	1.950	1.675	0	0	0	356	63
Overige opbrengsten	-1.437	1.853	1.901	-592	5.417	622	-4.852	1.198	257	770
Inkomenstoelagen en subsidies	10.073	5.047	9.560	4.672	12.838	6.610	14.541	7.778	11.753	6.027
hectaretoeslag	8.196	4.109	7.670	3.727	8.791	4.365	10.222	5.108	8.720	4.327
subsidies	1.877	939	1.890	945	4.047	2.245	4.319	2.670	3.033	1.700
<b>Betaalde kosten en afschrijving</b>										
Dierlijke en plantaardige activa	39.672	21.154	44.207	24.316	49.137	26.108	48.119	26.646	45.284	24.556
veevoer	33.235	17.781	35.737	20.310	37.007	20.214	36.947	21.566	35.731	19.968
w.v. krachtvoer	27.543	13.559	35.126	17.847	34.093	18.173	31.730	17.135	32.123	16.679
w.v. ruwvoer	5.692	4.222	611	2.464	2.914	2.041	5.217	4.431	3.608	3.289
meststoffen	1.407	669	2.697	1.320	5.386	2.710	2.450	1.138	2.985	1.459
zaaizaad en pootgoed	0	115	0	0	0	0	0	0	0	29
gewasbeschermingsmiddelen	32	6	93	23	0	0	382	0	127	7
mestafzetkosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
overige kosten	4.998	2.583	5.680	2.662	6.744	3.184	8.340	3.941	6.441	3.092
Voersaldo melkveehouderij	75.360	35.559	127.624	57.877	98.935	52.687	102.495	44.509	101.104	47.658

Saldo melkveehouderij (excl. subsidies)	65.421	31.636	120.175	55.201	95.706	43.445	89.077	40.561	92.595	42.711
Saldo melkveehouderij incl. correctie o&a	67.486	34.039	121.055	53.279	92.222	47.416	86.471	40.628	91.808	43.841

Tabel B2.2: Financiële resultaten Holstein-Friesian (HF-H) en Jersey (J-H) koppels op hoog waterpeil en totaal op de hoogwaterboerderij in periode 2021-2024 in euro per bedrijfssysteem.

	2021		2022		2023		2024		Gemiddeld	
	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H	HF-L	HF-H
<b>Opbrengsten</b>	57.837	54.952	84.189	94.856	76.163	72.356	74.985	66.903	73.293	72.267
Melk en zuivelproducten	53.340	59.254	78.188	91.163	72.902	73.215	66.076	71.530	67.626	73.791
melk	53.340	59.254	78.188	91.163	72.902	73.215	66.076	71.530	67.626	73.791
zuivelproducten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omzet en aanwas melkveehouderij	-2.403	-8.102	1.922	-1.609	-3.971	-9.157	-67	-14.563	-1.130	-8.358
verkopen rundvee	5.897	3.498	7.637	3.866	7.549	3.068	4.004	5.175	6.272	3.902
aankopen rundvee	6.600	9.900	7.665	5.475	11.520	7.200	4.071	15.517	7.464	9.523
aanwas rundvee	-1.700	-1.700	1.950	0	0	-5.025	0	-4.220	63	-2.736
Overige opbrengsten	1.853	-1.247	-592	593	622	1.804	1.198	2.390	770	885
Inkomenstoelagen en subsidies	5.047	5.047	4.672	4.710	6.610	6.494	7.778	7.546	6.027	5.949
hectaretoeslag	4.109	4.109	3.727	3.764	4.365	4.386	5.108	5.096	4.327	4.339
subsidies	939	939	945	945	2.245	2.108	2.670	2.450	1.700	1.610
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Betaalde kosten en afschrijving</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dierlijke en plantaardige activa	21.154	20.913	24.316	28.588	26.108	27.739	26.646	28.589	24.556	26.457
veevoer	17.781	16.732	20.310	23.610	20.214	20.826	21.566	20.472	19.968	20.410
w.v. krachtvoer	13.559	13.198	17.847	17.886	18.173	16.589	17.135	16.908	16.679	16.146
w.v. ruwvoer	4.222	3.534	2.464	5.723	2.041	4.236	4.431	3.563	3.289	4.264
meststoffen	669	672	1.320	1.336	2.710	2.773	1.138	1.165	1.459	1.486
zaaizaad en pootgoed	115	115	0	0	0	0	0	0	29	29

	gewasbeschermingsmiddelen	6	4	23	23	0	0	0	632	7	165
	mestafzetkosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	overige kosten	2.583	3.390	2.662	3.619	3.184	4.141	3.941	6.320	3.092	4.367
	Voersaldo melkveehouderij	35.559	42.522	57.877	67.553	52.687	52.390	44.509	51.058	47.658	53.381
	Saldo melkveehouderij (excl. subsidies)	31.636	28.992	55.201	61.559	43.445	38.123	40.561	30.768	42.711	39.861
	Saldo melkveehouderij incl. correctie o&a	34.039	37.094	53.279	63.168	47.416	47.280	40.628	45.331	43.841	48.218
	Saldooverschil		3.055		9.889		-136		4.703		4.378
	Totaal saldo melkveehouderij met omzet melkveehouderij	33.336	30.692	53.251	61.559	43.445	43.148	40.561	34.988	42.648	42.597
	Vershil totaal saldo melkveehouderij met omzet		-2.644		8.308		-297		-5.573		-52

## Bijlage 3. Eigendomssituatie westelijk veen

Tabel B3. Eigendomssituatie van landbouwgrond in hectare en aantal bedrijven in het westelijk veenweidegebied

	Areaal	Bedrijven
Eigendom	62863	2809
Erfpacht	1325	118
Pachtvormen	23495	1574
w.v. Geliberaliseerd pacht, 6 jaar of korter	12960	972
w.v. Geliberaliseerde pacht, langer dan 6 jaar	384	72
w.v. Reguliere pacht, kortlopend	1524	275
w.v. Reguliere pacht, langlopend	7769	805
w.v. Ander gebruik	858	155

Bron: CBS Landbouwtelling, 2022. Bedrijven kunnen meerdere keren in een categorie zijn vertegenwoordigd. Westelijk veenweidegebied: Krimpenerwaard/Oostelijk Rijnland, Alblasserwaard/Vijfheerenlanden, Westelijk Weidegebied in Utrecht, t'Gein en Gooiland, Westelijk Rijnland en Boskoop/Rijneveld.

## Bijlage 4. Overzicht potentiële verdienmodellen

### Betalingen voor ecosysteemdiensten

Het betalen voor ecosysteemdiensten, in de literatuur aangeduid met het acroniem PES (Payments for Ecosystem Services) heeft zich de afgelopen decennia steeds verder ontwikkeld (Kumar et al., 2014). PES is een betaling met als doel om ecosysteemdiensten te beschermen. Met financiële prikkels worden landeigenaren gestimuleerd om landgebruiks- en/of beheerpraktijken toe te passen die gunstig zijn voor de bescherming van ecosysteemdiensten (Perrot-Maître, 2006). Het basisidee achter PES is dat de verstrekkers van ecosysteemdiensten, net zoals reguliere dienstverleners, daarvoor worden betaald (Smith et al., 2013).

PES-betalingen worden meestal direct en op vrijwillige basis gefinancierd door partijen die baat hebben bij de instandhouding van ecosysteemdiensten. Dit is de reden waarom PES soms ook wel wordt beschreven als een 'marktinstrument' voor ecosysteemdiensten (Perrot-Maître, 2006). Door de vrijwilligheid onderscheidt PES zich van andere instrumenten zoals wetgeving of regulerende heffingen (Linderhof et al., 2009). Ook voorwaardelijkheid (conditionaliteit) wordt gezien als een onderscheidend kenmerk van PES (Jindal en Kerr, 2007). Vragers en aanbieders zijn afhankelijk van elkaar: de vragers willen ecosysteemdiensten en de aanbieders willen voor het leveren van deze diensten een beloning ontvangen. Daarnaast is het voor vragers en aanbieders mogelijk om zich terug te trekken, bijvoorbeeld wanneer afspraken niet worden nagekomen (Wunder, 2015). Een belangrijk principe binnen PES zijn wederzijds voordelige onderhandelingen. Dit soort onderhandelingen stellen vragers en aanbieders in staat om tot een adequate overeenkomst te komen die gunstig is voor beide partijen evenals de natuur (Jindal en Kerr, 2007).

Bedrijven die ecosysteemdiensten leveren, zoals herstel en bescherming van de biodiversiteit en landschapsbeheer, komen in aanmerking voor een vergoeding. Bij het verhogen van de grondwaterstand nemen de opbrengsten van een gangbaar landbouwbedrijf af; dit maakt alternatieven zoals een combinatie van natuurbeheer en natte teelten interessanter voor de agrariër. Bedrijven die over willen stappen op een meer natuurinclusieve koers kunnen veelal gebruik maken van (vergoedingen voor) ecosysteemdiensten en natuurbeheer. Deze vergoedingen zijn meestal kortlopend van aard en niet altijd aanwezig per provincie. Dat levert onzekerheid op, zeker als het een groter deel van de bedrijfsvoering gaat uitmaken.

Voor een modelbedrijf in het restveengebied in de Krimpenerwaard is berekend [[Verkenning haalbaarheid bouwstenen voor toekomst Restveengebied, 2017](#)] dat gemiddeld een positief saldo gemaakt wordt met veenmos en lisdodde van respectievelijk €2.500 en € 1.110 per hectare per jaar. Hierbij is rekening gehouden met de waarde van ecosysteemdiensten (verminderde bodemdaling, minder uitstoot van broeikasgassen, minder uitspoeling van nutriënten en extra

piekwaterberging) van respectievelijk €1.000 en € 1.600 per hectare. Hierbij wordt benadrukt dat deze waarden echter zeer discutabel zijn en er op dit moment nog geen afnemer is die voor deze ecosysteemdiensten wil betalen.

Voor diverse ecosysteemdiensten kunnen dus subsidies worden verkregen. Tabel B4.1 geeft hiervan een indruk voor de provincie Zuid-Holland.

Tabel B4.1. Voorbeelden van beheersvergoedingen (voorbeeld provincie Zuid-Holland)

ECOSYSTEEDIENST	VOORWAARDE	VERGOEDING	EENHEID
Weidegang	Melkkoeien minimaal 120 dagen gedurende 6 uur per dag in de weide	1,5 – 2,0	100 kg melk
Legselbeheer	Legsels worden gezocht en gemarkeerd, bij beweiding nestbeschermers worden geplaatst en bij maaien wordt 50 m <sup>2</sup> ontzien	87	Hectare
Uitgesteld maaien	Gedurende een rustperiode (bijvoorbeeld van 1 april tot 15 juni) is beweiding niet toegestaan en worden geen bewerkingen uitgevoerd	532	Hectare
Graslanddiversiteit	Het perceel wordt ingezaaid met een mengsel van gras en kruiden, er geldt een rustperiode van 1 april tot en met 15 juni en er mag alleen dierlijke mest worden gebruikt	1028	Hectare
Plas/dras	Minimaal 60% van de beheerseenheid staat van 1 april tot en met 15 juni onder water	1.981	Hectare
Landschapselementen	Aanwezigheid van knotwilgen, rietzomen en poelen	varieert	Per element

Bron: STOWA (2021)

## ANLb

Het is voor veehouders ook mogelijk om duurzame activiteiten die zij uitvoeren vergoed te krijgen vanuit een andere subsidieregeling, zoals het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb). Omdat er geen sprake mag zijn van dubbele financiering, kiezen sommige bedrijven ervoor om geen subsidie vanuit de eco-regeling (zie verderop in deze bijlage) aan te vragen, maar in plaats daarvan mee te doen met het ANLb.

Voor de ANLb subsidie komen alleen agrarische collectieven met een SNL-certificaat in aanmerking. Het certificaat is een verklaring van de provincie waarmee een agrarisch collectief bepaalde kwaliteitseisen voor beheer, organisatie en administratie garandeert. De collectieven stellen een beheerstrategie op waarin zij beschrijven hoe zij het in stand houden van soorten willen realiseren. Op basis hiervan kunnen de collectieven een subsidieaanvraag indienen bij de

provincie. De subsidieaanvraag wordt de gebiedsaanvraag genoemd. De aanvraag geldt voor een zesjarige subsidieperiode. In de gebiedsaanvraag laten agrarische collectieven zien welke prestaties zij op gebiedsniveau willen realiseren en hoe deze bijdragen aan het realiseren van de doelen uit het provinciale Natuurbeheerplan.

Ecosysteemdiensten zijn subsidie gestuurd, ter compensatie van (natuur)beheerskosten en inkomstenderving. Naast intrinsieke motivatie lijken deze verschillende subsidievormen een belangrijke motivator voor transitie, maar bieden vaak nog onvoldoende economisch alternatief.

## CO<sub>2</sub>-beprijzing

Er zijn verschillende opties voor een financieringssysteem waarbij agrariërs betaald worden voor de opslag van CO<sub>2</sub>:

- Opname in een handelssysteem. Een vervuilend bedrijf betaalt dan voor de extra CO<sub>2</sub>-reductie die agrariërs realiseren.
- Opname in een vrijwillig systeem. Het kunnen dan ook individuen of maatschappelijke organisaties zijn die de extra CO<sub>2</sub>-reductie van agrariërs belonen. Het programma 'Valuta voor Veen' dat gestart is door de Milieufederatie in Fryslân is een voorbeeld van zo'n vrijwillig systeem.
- Opname in een subsidieregeling. In dat geval betaalt de belastingbetaler de extra CO<sub>2</sub>-reductie door agrariërs.

In het rapport *Stop bodemdaling in veenweidegebieden* van De Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli, 2020) wordt gesteld dat het niet zo veel uitmaakt aan wie de emissierechten moeten worden toegekend; aan boeren, boerencollectieven of aan een waterschap. Worden ze aan het waterschap toegekend terwijl de boeren de kosten maken, dan moet het waterschap de boeren compenseren voor de schade van de vernatting. Worden ze aan de boeren toegekend dan zullen die het waterschap overtuigen (of eventuele kosten van het waterschap op zich nemen) om het peil te verhogen. Ook is denkbaar dat een overheidsorganisatie als RVO als 'makelaar' optreedt.

De raad trekt conclusies en doet een groot aantal aanbevelingen:

- De raad denkt dat het verstandig is om boeren een vergoeding te bieden als zij door de vernatting van hun grond CO<sub>2</sub>-reductie realiseren die verdergaat dan de klimaatafspraken.

- Daarnaast zou het Rijk een omschakelingspremie beschikbaar moeten stellen voor boeren die na de vernatting hun bedrijf willen voortzetten met een ander bedrijfsmodel.
- Ook zal er uitvoeringsbudget beschikbaar moeten komen voor het herinrichten van veenweidegebieden waar het waterpeil wordt verhoogd.
- Uit onderzoek van Wageningen Social and Economic Research blijkt dat peilverhoging in het veenweidegebied in het Groene Hart nadelige gevolgen heeft voor verreweg de meeste melkveehouders (Daatselaar et al., 2020). De terughoudendheid is dus alleszins begrijpelijk. CO<sub>2</sub>-beprijzing kan bijdragen aan verandering. Het Rijk zou ervoor moeten zorgen dat het geld dat de CO<sub>2</sub>-reductie oplevert, terecht komt bij de partij die nadelen ondervindt van peilverhoging, dus de boeren, al dan niet via boerencollectieven. Dat geeft boeren (meer) zekerheid en kan hen over de streep trekken. Als boeren een vergoeding ontvangen voor vermindering van CO<sub>2</sub>-uitstoot op hun kavels, zijn dat inkomsten waarmee ze hun kosten van o.a. extra voeraankoop kunnen compenseren of waarmee zij kunnen overgaan tot extensivering van hun bedrijf. Een prijs voor CO<sub>2</sub> betekent op die manier een bijdrage aan een alternatief verdienmodel voor de boer.
- De raad gaat er in dit advies van uit dat de beperking van CO<sub>2</sub>-emissie alleen aan boeren wordt vergoed als het gaat om éxtra CO<sub>2</sub>-reductie, boven op de CO<sub>2</sub>-reductie waartoe boeren al verplicht zijn volgens de gemaakte nationale klimaatafspraken voor veengebieden tot 2030 en de nog te maken afspraken tot 2050. Dit betekent dat boeren géén recht hebben op een vergoeding voor CO<sub>2</sub>-reductie als de boer te maken krijgt met een nieuw – vernattend – peilbesluit om de doelen van het nationale Klimaatakkoord te halen. Voor dit verplichte deel van de CO<sub>2</sub>-reductie heeft de landbouw immers zelf getekend in het Klimaatakkoord. Een boer heeft wél recht op vergoeding als hij of zij overgaat tot extra inspanningen voor CO<sub>2</sub>-reductie op de eigen percelen, door extra vernatting. Zo'n vergoeding kan individueel of via een collectief van boeren worden verstrekt. Voor extra vernatting zal de boer of het collectief wel eerst een vergunning moeten aanvragen bij het waterschap. Daarom ligt een rol voor collectieven van boeren hier meest voor de hand.
- Boerenbedrijven op veen hebben een vergoeding voor extra CO<sub>2</sub>-reductie nodig omdat ze bij vernatting extra kosten hebben, met name door de aankoop van extra veevoer (nodig omdat het vee op natte grond minder lang buiten kan grazen) en de aanleg van een waterinfiltratiesysteem. Een vergoeding voor CO<sub>2</sub>-reductie kan een extra inkomstenbron betekenen, naast aanvullingen uit andere neveninkomsten zoals recreatie. Maar dan moet de vergoeding wel duidelijk boven het niveau van de gemaakte kosten liggen. Een berekening op basis van de gegevens uit de eerder aangehaalde Wageningen Social and Economic Research -

studie (Daatselaar & Prins, 2020) laat zien dat een CO<sub>2</sub>-prijs van € 40 maar net genoeg is om de kosten te vergoeden. Het is niet waarschijnlijk dat boeren in die situatie ertoe overgaan om hun land extra te vernatten. Daarvoor zal de prijs hoger moeten liggen. Als de CO<sub>2</sub>-prijs verder oploopt, wordt het wél financieel interessant voor boeren om tot extra vernatting over te gaan.

- Nader besloten zal moeten worden of de vergoeding voor extra CO<sub>2</sub>-reductie slechts een tijdelijke extra inkomstenbron voor boeren is of ook na 2050 nog geldt. Immers, als door de vernattingsmaatregelen er in 2050 nauwelijks veenafbraak is, zal tegen die tijd ook de ruimte voor extra CO<sub>2</sub>-reductie minimaal zijn. Een vergoeding voor boeren voor reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie in veen werkt in ieder geval in de overgangsfase tot 2050 als versneller. Tegen die tijd kunnen de huidige investeringen in gebouwen zijn afgeschreven en kunnen alternatieve bedrijfsopzetten (natte teelten, energieproductie) zijn gerealiseerd. De raad stelt voor om, als in 2030 het doel voor 2050 wordt vastgesteld, tegelijkertijd te besluiten of na 2050 ook nog een vergoeding c.q. nadeelcompensatie nodig is voor CO<sub>2</sub>-reductie.
- De raad meent dat het Rijk aanvullend geld beschikbaar moet stellen om boeren in staat te stellen hun bedrijfsvoering aan te passen aan de benodigde nattere omstandigheden. Zo'n 'omschakelingspremie' is specifiek bedoeld voor agrarische bedrijven die moeten extensiveren (minder vee per hectare, werken met lichter vee, ander voer), of overschakelen op een natuurinclusief of circulair melkveebedrijf. In sommige gebieden is een geheel ander bedrijfssysteem noodzakelijk, waarbij natte teelten het meest voor de hand liggen.
- De omschakelingspremie kan op vergelijkbare wijze vorm krijgen als de bestaande premie voor het omschakelen naar een biologisch boerenbedrijf. Volgens deze regeling kunnen boeren gedurende maximaal twee jaar een omschakelingspremie krijgen voor de overgang van een gangbaar naar een biologisch bedrijf, voor de periode dat het gezinsinkomen nog niet op peil is. Iets dergelijks kan ook gaan gelden voor de omschakeling naar een bedrijfsmodel dat past bij bodemvernatting. Te denken valt aan een omschakelingspremie waarop boeren recht hebben als ze bijvoorbeeld van een grondwaterstand van -60 cm naar een waterpeil van -20 cm onder maaiveld gaan.
- Voor de financiering van de omschakelingspremie zouden budgetten kunnen worden benut uit de tweede pijler van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) van de Europese Unie. Het geld uit deze pijler is bestemd voor innovatie, maar gaat nu nog vooral naar technologische innovaties zoals luchtwassers en high tech robots. De provincies zouden ervoor moeten zorgen dat het geld wordt geormerkt voor de transitie van boerenbedrijven in veengebieden. De minister van LNV kan verder de ecoregelingen (zie onder Ecosysteemdiensten) aanpassen in

de eerste pijler van het komende GLB, door in de eisen voor deze ecoregelingen kritische prestatie-indicatoren op te nemen op het gebied van bodemdaling.

In heel Nederland werken steeds meer grondeigenaren aan CO<sub>2</sub>-reductie en -vastlegging. Boeren, gemeenten, natuurorganisaties, kerken enzovoorts. Dit kan met hulp van de methoden van de Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK). Toepassing leidt tot uitgifte van verhandelbare koolstofcertificaten door de SNK voor de vrijwillige nationale koolstofmarkt. Zo worden grondeigenaren voor hun extra inspanningen financieel beloond. Een voorbeeld van een vrijwillig handelssysteem is Carbon Coöp. Carbon Coöp is een coöperatie opgericht door een groep melkveehouders en akkerbouwers. Het doel van deze coöperatie is het ontwikkelen en uitrollen van een verdienmodel gebaseerd op vastlegging van CO<sub>2</sub> én reductie van CO<sub>2</sub> in de productiewijze (Carbon Coöp, 2025).

Steeds meer bedrijven, overheden en burgers investeren vrijwillig, via aankoop van certificaten, in projecten waarmee CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt verminderd of wordt vastgelegd. De vrijwillige koolstofmarkt was tot voor kort vooral een wereldmarkt waarin compensatie plaatsvond in internationale projecten met name op het gebied van bosaanplant. Met de komst van de Stichting Nationale Koolstofmarkt en partijen zoals de Carbon Coöp wordt het mogelijk om ook in eigen land via regionale projecten geborgd en betrouwbaar CO<sub>2</sub> te compenseren. Financiële en maatschappelijke baten vloeien hierdoor terug naar de regio in plaats van naar het buitenland.

Het Emissions Trading System (ETS) richt zich op grote uitstoters van CO<sub>2</sub>, zoals grote energiebedrijven, staal-, papier- en chemische industrie. We noemen dit de verplichte koolstofmarkt. De vrijwillige koolstofmarkt (Non ETS) richt zich op projecten in overige sectoren.

#### **Literatuur:**

- Daatselaar, C.H.G., H. Prins (2020). Vernatting Groene Hart: kostprijs melk en CO<sub>2</sub>-prijs. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2020-017c. 20 blz.; 2 fig.; 9 tab.; 11 ref.
- Rli (2020). *Stop bodemdaling in veenweidegebieden: het Groene Hart als voorbeeld*. Digitale uitgave. Publicatie Rli 2020/05.

## **Natte teelten**

Op een aantal veengronden wordt geëxperimenteerd met de productie van natte teelten, in plaats van dat deze gronden gebruikt worden voor het telen van gras voor melkproductie. Omdat verhoging van de grondwaterstand in veenweidegebieden leidt tot 'nattere' gronden, bieden deze teelten een mogelijkheid op de productieve inzet van deze gronden te behouden (STOWA, 2023).

Met natte teelten worden gewassen bedoeld die met hoge grondwaterstanden (zoals cranberry) of in oppervlaktewater geteeld kunnen worden. Voorbeelden van natte teelten zijn lisdodde, cranberry, veenmos, azolla (kroosvaren), eendenkroos (waterlinzen), riet en wilde rijst. Met deze natte teelten worden momenteel pilots uitgevoerd in Nederland (STOWA, 2021).

Deze teelten kunnen gebruik worden als bouw- een isolatiematerialen, vezels of als voedsel.

### *Cranberryteelt*

Er lopen verschillende pilots met de teelt van cranberries (STOWA, 2021), zoals in de Krimpenerwaard. Cranberries zijn licht rode ovaalvormige bessen die geschikt zijn voor menselijke consumptie (sap, bessen en voedingssupplementen).

In deze pilot zijn productiegroenlanden omgevormd naar percelen geschikt voor cranberryteelt. Dit gewas kan goed op natte veenbodems worden geteeld. De pilot in de Krimpenerwaard is gestart in 2016 op 18 hectare veenweidegronden die voorheen werden gebruikt voor de teelt van gras (Hendriks et al., 2021).

De markt voor cranberries wordt gezien als een nichemarkt, waardoor er beperkt ruimte is voor de productie van dit gewas wil het blijven renderen (Hendriks et al., 2021). De vraag naar cranberries in Nederland is wel toenemende, in het bijzonder biologisch geteelde cranberries. Voor veel telers is een goede lokale afzetmarkt voor de bessen en producten met cranberries (Hoes et al., 2020).

Cranberries worden vooral op kleine schaal, meestal in pilots, geteeld. Hierdoor is er nog weinig tot geen informatie over hoe deze natte teelt op commerciële schaal geteeld kunnen worden. STOWA (2021) stelt dat om beter inzicht te krijgen in de schaalbaarheid van natte teelten zoals cranberries grotere pilots dienen worden opgezet (STOWA, 2021). Daarbij komt dat de teelt van cranberries zich pas terugverdient na 8 jaar bij een teelt op 5 tot 10 hectare land. Dit kan een beperkende factor vormen voor boeren om over te stappen op de teelt van cranberries (Hoes et al., 2020).

### *Lisdoddeteelt*

Ook rond het gewas lisdodde zijn verschillende pilots opgezet. Lisdodde is een plant van ongeveer twee meter hoog. De plant is bekend vanwege zijn bruine 'sigaar' op het uiteinde van de stengel. Lisdodde groeit langs voedselrijke oevers, op veenbodems en in ondiepe plassen. Het is een meerjarig gewas (Bestman et al., 2019). Nadat de lisdodde is geoogst, kan het gewas worden gebruikt als isolatie- of bouwmaterialen, evenals alternatief voor turf en potgrond (Nature Today, 2023). Door de luchtholtes is het blad van lisdodde geschikt voor bouw- en isolatiemateriaal. Verschillende bedrijven in Duitsland, Nederland en Oostenrijk hebben verschillende bedrijven isolatieplaten en losse spouwmuurisolatie gemaakt van lisdodde (Bestman et al., 2019). Uit onderzoek van het Louis Bolk Instituut (2022) blijkt dat de teelt van lisdodde nog geen haalbaar verdienmodel op. Dit komt onder meer dat lisdodde een relatief dure teelt is ten opzichte van gewassen waaruit dezelfde materialen te maken zijn, zoals isolatiematerialen. Daarnaast is ook de oogst lastig. Door de natte omstandigheden waarin dit gewas wordt geteeld zijn speciale machines nodig (Bestman et al., 2022). Potentieel kan het verdienmodel rond lisdodde ook bestaan uit ecosysteem vergoedingen, zoals vergoedingen voor CO<sub>2</sub>-uitstoot (VIC, 2022).

## Literatuur:

- Bestman, M., J. Geurts, Y. Egas, K. Van Houwelingen, F. Lenssinck, A. Koorneef, J. Pijlman, R. Vroom, N. van Eekeren, 2019. *Natte teelten voor het veenweidegebied – Verkenning van de mogelijkheden van lisdodde riet, miscanthus en wilg*. Bunnik, Louis Bolk Instituut.
- Bestman, M., J. Pijlman, y. Egas, O. van Hal, A. Koorneef, F. Lenssinck, N. van Eekeren, 2022. *Eindrapportage Veen Voer en Veder II – Vervolgonderzoek lisdodde 2019 t/m 2021*. Bunnik, Louis Bolk Instituut.
- Hendriks, K., C. Grashof-Bokdam, N. Polman, 2021. *Private verevening voor ecosysteemdiensten in de landbouw – Notitie met voorbeelden*. Wageningen, Wageningen Environmental Research.
- Hoes, A.C., M. Slegers, C. Savelkoul, A. Beldman, D. Lakner, L. Puister-Jansen, 2020. *Toekomstige voedselproductie. Een portret van pionierende boeren die bijdragen aan kringlooplandbouw in Nederland*. Wageningen, Wageningen Economic Research.
- Nature Today, 2023. *Flinke opschaling teelt lisdodde in Friesland*. <https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=30796>
- STOWA, 2021. *Bedrijfsvoering – Een inventarisatie van de haalbaarheid van maatregelen in het veenweidegebied*. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202021/STOWA%202021-23C%20Bedrijfsvoering.pdf>
- STOWA, 2023. *Natte teelten*. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. <https://www.stowa.nl/deltafacts/ruimtelijke-adaptatie/adaptief-deltamanagement/natte-teelten#3533>
- VIC, 2022. *Eindrapportage lisdodde: Lobby voor de markt is geslaagd, maar nu de teelt nog*. Veenweide Innovatiecentrum. <https://www.veenweiden.nl/berichten/eindrapportage-lisdodde-lobby-voor-de-markt-is-geslaagd-maar-nu-de-teelt-nog/>

## GLB-regelingen

Binnen het EU Gemeenschappelijk Landbouwbeleid zijn verschillende regelingen beschikbaar. In deze paragraaf worden enkele relevante regelingen beschreven die het verdienmodel van melkveebedrijven die bodemvernatting toepassen kunnen verbeteren.

### *Eco-regeling*

De invoering van de eco-regeling (onder de GLB-regeling) van de EU heeft ertoe geleid dat melkveehouders die meer doen voor het klimaat, de natuur en het milieu hogere subsidiebedragen kunnen krijgen dan melkveehouders met alleen inkomenssubsidie. Hoe hoog de duurzaamheidssubsidie voor een melkveehouder is, hangt af van de eco-medailles. Er zijn gouden, zilveren en bronzen medailles, die het bedrijf kan verdienen door duurzame activiteiten te ondernemen. Dat is bijvoorbeeld het zaaien van grasklaver of kruiden in het grasland, biologische bestrijding of het verlengen van de weidegang (koeien staan dan langer buiten en minder in de stal). Een melkveehouder met een gouden eco-medaille kreeg in 2023 gemiddeld € 460 aan totale subsidie per hectare. Een melkveehouder zonder eco-medaille kreeg gemiddeld € 270 per hectare. Er was dan ook veel animo voor de medailles: 93% van de Nederlandse melkveehouders vroeg er een aan.

Er is een lijst met 21 eco-activiteiten waaruit boeren kunnen kiezen. Een boer kiest activiteiten die passen bij zijn bedrijfsvoering of interesse. Hoe meer iemand doet, hoe meer beloning.

### *Samenwerking in veenweidegebieden en Natura 2000-gebieden*

Binnen het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) is de regeling *Samenwerking in veenweidegebieden en Natura 2000-overgangsgebieden*. De regeling is bedoeld voor melkveehouders in het veenweidegebied of Natura 2000-gebied. Er zijn drie categorieën binnen de regeling:

1. Gebiedsplan opstellen en samenwerkingsverband opzetten;
2. Grondwaterstand verhogen mogelijk extensivering in veenweidegebieden;
3. Extensivering in en rond stikstofgevoelige Natura-2000 gebieden.

Het doel van de regeling is om de uitstoot van ammoniak door extensivering van melkveebedrijven dichtbij Natura-2000 gebieden te verminderen en/of de CO<sub>2</sub>-uitstoot verminderen door het verhogen van de grondwaterstand in het veenweidegebied.

Het budget van deze regeling is ongeveer 144 mln. euro.

Voor het veenweidegebied is categorie 2 van belang. Het budget van deze categorie is 3,5 mln. euro. De subsidie is bedoeld voor samenwerkingsverbanden. Dit is een samenwerking tussen bijvoorbeeld andere melkveehouders, agrarische collectieven en natuurorganisaties. Aan de subsidie hangen allerlei voorwaarden, deze zijn te raadplegen op de website van RVO (RVO, 2024). De subsidie is in ieder geval te gebruiken voor het aanleggen van waterinfiltratiesystemen (WIS) en het plaatsen van grondwaterpeilbuizen.

De subsidiabele kosten worden voor 100% vergoed. Deze regeling kan een melkveehouder helpen om de kosten van de aanleg van een WIS te verlagen, waardoor de jaarkosten kunnen worden verlaagd. Hierdoor kan het interessanter zijn om in een WIS te investeren.

Een nadeel van deze regeling is dat deze eenmalig is. Dit betekent dus dat de exploitatiekosten van een WIS niet worden vergoed. Deze drukken dan jaarlijks op het bedrijfsresultaat.

De regeling is opengesteld in 2024. Het is onduidelijk of de regeling voor 2025 en verder ook wordt opengesteld.

### *Niet-productieve investering voor landbouw- en veenweidegebieden (NPILV)*

Deze regeling uit het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) stimuleert projecten die bijdragen aan de water- en klimaatdoelen. Dit kan door bijvoorbeeld te investeren in een watersysteem. De regeling geldt voor vier provincies: Noord-Holland, Overijssel, Utrecht en Zuid-Holland. Per provincie verschilt het totale budget wat beschikbaar is. In totaal is er ruim 15,8 mln. euro beschikbaar. De subsidie is beschikbaar voor de subsidiabele kosten van een project. Bij investeringen in een watersysteem wordt 70% van de subsidiabele kosten vergoed. In Noord-Holland wordt alleen subsidie verstrekt als de investeringen in het watersysteem gericht zijn op waterkwantiteit. Investeringen in het watersysteem waarvan alleen de landbouwers voordeel hebben krijgen geen subsidie.

Aan de subsidie hangen allerlei voorwaarden, deze zijn te raadplegen op de website van RVO (RVO, 2024a). De subsidie zou gebruikt kunnen worden voor het aanleggen van waterinfiltratiesystemen (WIS) en het plaatsen van grondwaterpeilbuizen.

Deze regeling is een investeringssubsidie. Dit houdt in dat stel er wordt geïnvesteerd in een WIS de subsidie wordt gebruikt om het investeringsbedrag te verlagen. Dit verlaagt dan de jaarkosten van de investering doordat bijvoorbeeld minder rente en aflossing hoeft te worden betaald. Daarnaast kan het een stimulans zijn voor het aanvragen en verkrijgen van externe financiering voor het project. Nadeel van deze regeling is dat het een eenmalige regeling is en dus de exploitatiekosten niet vergoed. Deze drukken dan jaarlijks op het bedrijfsresultaat.

### *Bergboerenregeling/gebieden met natuurlijke handicaps*

De bergboerenregeling was er speciaal om landbouwers in probleemgebieden te ondersteunen. De regeling bestaat echter niet meer, maar kan mogelijk, in aangepaste vorm, wel bijdragen aan het verdienmodel bij vernatting in het veenweidegebied. De regeling beoogde de voortzetting van het gebruik van de landbouwgrond en de instandhouding van duurzame landbouwsystemen in probleemgebieden (Terluin, 2008). De regeling probeerde deze doelen te bereiken door het verlengen van een vergoeding, die dient als compensatie voor de belemmeringen van natuurlijke handicaps. Er waren vier verschillende probleemgebieden:

1. Berggebieden;
2. Andere probleemgebieden;
3. Gebieden met specifieke handicaps;
4. Gebieden met milieubeperkingen vanwege de Vogel- en Habitatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water.

Een (nieuwe) regeling in de trant van deze bergboerenregeling zou kunnen helpen om het verdienmodel van landbouwers die te maken krijgen met vernatting te ondersteunen. De premie voor deze regeling zou wel afgestemd moeten worden op de minimale benodigde vergoeding die nodig is voor een duurzaam toekomstperspectief. Vaak is de premie bij dergelijke regelingen een onkostenvergoeding of een vergoeding voor gederfde opbrengsten. Nadeel is dat een dergelijke regeling niet bedrijfsspecifiek kan worden ingericht. Dit betekent dat de premie voor sommige bedrijven voldoende zal zijn en voor anderen niet. Ook is de duur van dergelijke regelingen vaak onzeker. De investeringen bij vernatting vragen om een langere termijn van zekerheid.

### **Marktinitiatieven**

Bijdragen aan het verdienmodel van de landbouwer bij vernatting hoeft niet uitsluitend te komen vanuit publieke gelden of initiatieven. Op dit moment zijn er ook private initiatieven of keurmerken. Onderstaande lijst geeft een overzicht van de keurmerken die bij Milieu Centraal in gebruik zijn specifiek voor zuivel (Baayen et al., 2023):

- Zuivel
  - EU-biologisch (topkeurmerk)
  - EKO (topkeurmerk)
  - On the way to Planet Proof (topkeurmerk)
  - Beter Leven keurmerk (drie sterren) (topkeurmerk)
  - Beter Leven keurmerk (één ster) (topkeurmerk)
  - Weidemelk
  - Demeter (topkeurmerk)
  - Climate Neutral Certified (topkeurmerk)
  - Beter Voor Koe, Natuur en Boer
  - Caring Dairy
  - Duurzame weidezuivel
  - Vlog melk (GMO-vrij)
  - Drentse Aa-melk

Daarnaast zijn er ook nog initiatieven van individuele zuivelondernemingen die de duurzaamheidprestaties van de aangesloten melkveebedrijven belonen. Zo hebben zuivelondernemingen ieder hun eigen duurzaamheidsprogramma voor melkveehouders, zoals bijvoorbeeld Focus Planet van FrieslandCampina of Tuurlijk! van DOC Kaas. Melkveehouders ontvangen op basis van hun duurzaamheidsprestaties wel of geen vergoeding.

De CO<sub>2</sub>-emissiereductie die vernatting van veengronden kan opleveren kan mogelijk tot waarde worden gebracht binnen deze keurmerken of duurzaamheidsprogramma's. Belangrijke voorwaarde is dat er vanuit de markt vraag naar is. Op dit moment is CO<sub>2</sub>-emissiereductie door grondwaterstandverhoging nog niet in duurzaamheidsprogramma's of keurmerken opgenomen. Mogelijk komt dit omdat er nog onderzoek naar plaatsvindt of omdat het nog niet in bestaand instrumentarium (zoals de Kringloopwijzer) beschikbaar is. Op dit moment wordt in de Kringloopwijzer rekening gehouden met de lachgasemissie uit veenafbraak en niet met de CO<sub>2</sub> emissie. Zuivelondernemingen kunnen de emissiereductie niet voldoende of robuust borgen waardoor het eventuele marktpotentieel niet kan worden benut.

Wanneer vernatting van veengronden meer algemeen wordt, kunnen landbouwers (collectief) en/of marktpartijen de broeikasgasemissiereductie verwaarden door bijvoorbeeld een aparte melkstroom op te zetten of deze reductie te verwaarden in de duurzaamheidsprogramma's. Nadeel hiervan is dat het maar de vraag is of de vergoeding die de markt voor deze emissiereductie wil betalen voldoende is voor een gezonde bedrijfsvoering. Ook de is het maar de vraag voor hoelang deze vergoeding geldt. Dit maakt investeren in vernatting onzeker en dat kan elkaar versterken doordat er niemand wil investeren in vernatting en daardoor dus marktpartijen geen initiatief ondernemen of andersom.

#### Literatuur:

Baayen, R.P., W.H.M. Baltussen, A. Beldman, M. van Galen, R. Jongeneel, K. Logatcheva, H. Schebesta, R. Schrijver, 2023. Duurzaamheidsafspraken in de landbouw; Horizontale en verticale overeenkomsten in de landbouw ten behoeve van natuur, milieu, klimaat, dierenwelzijn en het verdienvermogen van de

agrarisch ondernemer. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3239. 142 blz.; 5 fig.; 7 tab.; 188 ref

RVO, 2024. Samenwerking in veenweidengebieden en Natura 2000-gebieden.

<https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/samenwerking-veenweide-natura-2000/categorie-2-grondwaterstand>

RVO, 2024a. Niet-productieve investering voor landbouw- en veenweidegebieden.

<https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/npilv>

Terluin, I., 2008. De bergboerenregeling in Nederland. Agri-Monitor, Wageningen Economic research, juli 2008.

# Bijlage 5. Investeringskosten Waterinfiltratiesysteem (WIS)

B5. Investerings- en onderhoudskosten (€/ha, zonder subsidie) van het Waterinfiltratiesysteem (WIS) op de hoogwaterboerderij.

Kosten Passief	Levensduur onderdeel	Vervangingswaarde onderdeel per ha*	Perc. Onderhoud. Materiaal kosten	Perc. Afschrijving per ha	Kosten onderhoud per ha in 30 jaar	Kosten afschrijving per ha in 30 jaar	Rente (4%)	Totaal kosten
Drains gewaaierd naar put 50% en 50% via hoofddrain naar put; prijs /ha 4 m drainafstand.	30	4250	0.5	3.33	21	142	85	248
1 put per 2 percelen (4 ha)	30	467	0.5	3.33	2	16	9	27
1 Terugslagklep per put.	15	67	2	6.67	1	2	1	5
Eindbuis bescherming	15	300	2	6.67	6	10	6	22
Grondwerk	30	480		3.33		16	10	26
<i>Gem. Kosten drains per ha, geen subsidie</i>		<b>5564</b>			<b>31</b>	<b>185</b>	<b>111</b>	<b>328</b>
<b>Kosten Passief verbetering</b>								
Doorspoelinrichting deel in grond	30	615	0.5	3.33	3	21	12	36
Doorspoelinrichting slootkant	15	150	2	6.67	3	5	3	11
extra grondwerk herstel doorspoelinrichting	30	430		3.33		14	9	23
<i>Extra kosten bij verbeterd systeem per ha, geen subsidie</i>		<b>1195</b>			<b>6</b>	<b>40</b>	<b>19</b>	<b>65</b>
<b>Awis Solar</b>								
Suevia systeem (pompen en vlotter accu panelen en aansturing)	10	2800	2	10	56	93	59	209
<i>Totaal Awis Solar per ha, geen subsidie</i>		<b>2800</b>			<b>56</b>	<b>93</b>	<b>61</b>	<b>211</b>
<b>Kosten AWIS verbeterd op solar per ha, geen subsidie en zonder eigen arbeid</b>					<b>93</b>	<b>319</b>	<b>192</b>	<b>603</b>

\*Vervangingswaarden zijn gebaseerd op het prijsniveau van medio 2025.

Meer informatie:  
[www.veenweiden.nl](http://www.veenweiden.nl) en [www.vip-nl.nl](http://www.vip-nl.nl)

Boeren op Hoog Water is een VIP-NL project dat onder de verantwoordelijkheid van het Veenweiden Innovatiecentrum wordt uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut, Wageningen University & Research, PPP-Agro Advies en KTC Zegveld. NOV voert broeikasgasonderzoek uit.

## Uitvoerende partijen

