

NATIONAAL ONDERZOEKSPROGRAMMA BROEIKASGASSEN VEENWEIDEN

➤ **Samenvatting eerste
meetjaar (2019-2020)**

2021
28



NATIONAAL ONDERZOEKSPROGRAMMA BROEIKASGASSEN VEENWEIDEN

➤ **Samenvatting eerste
meetjaar (2019-2020)**

Deltares
Enabling Delta Life



Radboud Universiteit Nijmegen

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

VU **VRIJE
UNIVERSITEIT
AMSTERDAM**



Universiteit Utrecht

2021
28

TEN GELEIDE

In 2019 ging het Nationaal Onderzoek Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) van start. Het NOBV onderzoekt de huidige omvang van de uitstoot van broeikasgas in het veenweidegebied. Tegelijkertijd onderzoekt het NOBV de effecten van verschillende maatregelen op de broeikasgasuitstoot.

In het Klimaatakkoord is voor veenweiden een reductiedoelstelling vastgelegd van de jaarlijkse emissie: 1,0 Mton in 2030. De huidige emissie van broeikasgasen uit veengebieden is op dit moment een schatting: 2 à 3% van de totale emissie in Nederland. Het NOBV voert langdurig en structureel metingen uit om de feitelijke emissie te bepalen onder invloed van verschillende maatregelen om bodemdaling tegen te gaan. En onderzoekt wat er nodig is om deze emissies in de toekomst beter te voorspellen.

Dit onderzoek vindt plaats op meerdere locaties door heel Nederland. Het onderzoeksconsortium stelde na afloop van het eerste meetjaar een uitgebreide rapportage op van de werkzaamheden. Dit technische rapport geeft de onderzoeks-aanpak gedetailleerd weer en laat zien waar we op dit moment staan en hoe we het onderzoek in de toekomst verder gaan vormgeven.

STOWA realiseert zich maar al te goed dat veel partijen dit onderzoek op de voet volgen. Beleidsadviseurs en beleidsmakers bij provincies, gemeenten en waterschappen zouden het liefst nu al willen weten wat de onderzoeksresultaten voor hun beleid kunnen betekenen. Of er maatregelen zijn die ze misschien nu al kunnen invoeren. Speciaal voor deze groep geïnteresseerden is deze samenvatting gemaakt. Want STOWA wil als gedelegeerd opdrachtgever graag benadrukken dat het na dit eerste meetjaar nog te vroeg is voor conclusies. Dit document - grotendeels een samenvatting van de jaarrapportage 2019-2020 - is dan ook vooral bedoeld als overzichtelijke kennismaking met het NOBV.

Het onderzoek wordt uitgevoerd door een landelijk onderzoekconsortium van verschillende onderzoeksinstituten en kenniscentra. STOWA is gedelegeerd opdrachtgever namens het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

JOOST BUNTSMA

Directeur STOWA



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



Nationaal Onderzoeksprogramma
Broeikasgassen
Veenweiden

INHOUD

	TEN GELEIDE	3
H1	DOELSTELLING, OPZET EN PARTNERS	6
	Doelstelling NOBV	7
	Opbouw van het onderzoek	9
	Waarom zijn langdurige meetreeksen zo belangrijk in dit onderzoek?	10
	Opbouw van het onderzoeksconsortium	10
	Waar zit nu precies de meerwaarde van het consortium?	10
H2	INZICHT IN DE WERKING VAN HET SYSTEEM	12
H3	METHODE	16
	Keuzes maken: locaties, instrumenten, monsters	17
	Hoe zijn de meetlocaties opgezet?	18
	Hoe brengen we onderliggende processen in beeld?	20
	Welke methoden zijn gebruikt om broeikasgasuitstoot te meten in het eerste meetjaar?	24
	Welke metingen zijn uitgevoerd in de bodem?	28
H4	HOE GAAN WE VERDER?	38
	Kennis over effectiviteit van maatregelen opbouwen	39
	Nieuwe meetsites aanleggen op aanvullende pilots	39
	Welke lessen zijn er in het eerste meetjaar geleerd?	40
	Hoe kunnen we onze methode verbeteren?	40
	Waar moeten we in het vervolg goed op letten bij de installatie?	42
	STOWA IN HET KORT	45
	COLOFON	48

H1 DOELSTELLING, OPZET EN PARTNERS



Het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) is een langjarig onderzoeksprogramma dat zich richt op structurele analyse van broeikasgasemissies en de werking van verschillende maatregelen daartegen op meerdere locaties in het veenweidegebied. Dit onderzoeksprogramma ging in september 2019 van start binnen het Klimaatakkoord. Het eerste meetjaar stond vooral in het teken van het opstarten van het onderzoeksprogramma en van de eerste metingen. Er zijn nog maar zeer beperkt resultaten beschikbaar en daarom is een geïntegreerde analyse nog niet mogelijk. De jaarrapportage van het eerste meetjaar geeft illustratief een aantal voorbeelden van de uitgevoerde metingen en de metingen die de komende jaren te verwachten zijn.

In het Klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt over het beperken van de CO₂-uitstoot in Nederland. De Nederlandse veenweidegebieden en organische gronden zijn momenteel een bron van broeikasgassen. Die bijdrage wordt geschat op 2 à 3% van de totale emissie in Nederland. Dat komt door veenafbraak, een natuurlijk proces waarbij zuurstof in de bodem dringt met als gevolg dat bacteriën het veen afbreken. In dit proces verdwijnt het veen in de vorm van CO₂. Dit leidt ook tot bodemdaling. Verder kan uit de veenbodem methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) vrijkomen. In de atmosfeer dragen deze broeikasgassen bij aan het opwarmen van het klimaat.

Wanneer is er sprake van een veengebied?

Alle gronden in Nederland waar in de bovenste 120 cm tenminste 10 cm aan organische materiaal voorkomt. Over het algemeen zijn dat de moerige en venige gronden volgens de bodemclassificatie.

DOELSTELLING NOBV

Voor veenweiden is in het Klimaatakkoord een reductiedoelstelling van de jaarlijkse emissie met 1,0 Mton in 2030 vastgelegd. Maar wat is nu feitelijk de huidige emissie uit veengebieden? Wat zijn de effecten van verschillende maatregelen tegen bodemdaling op broeikasgasuitstoot? In hoeverre werken de maatregelen die zijn ontwikkeld, of nog ontwikkeld worden, om emissies te beperken? En welke rol spelen bodemleven en waterkwaliteit bijvoorbeeld bij de veenafbraak? Het NOBV heeft als doel om antwoord te geven op deze vragen. Daarom onderscheidt het NOBV vier doelen:

-
1. Het bepalen van de effecten van maatregelen in het veenweidegebied op broeikasgasuitstoot en bodemdaling.
 2. Het opstellen van een meetprotocol voor het meten van broeikasgasuitstoot en bodemdaling in het veenweidegebied.
 3. Het actualiseren en optimaliseren van het modelinstrumentarium voor het voorspellen van broeikasgasuitstoot en bodemdaling.
 4. Het opbouwen van een landelijk dekkend meetnetwerk dat gebruikt kan worden voor langjarige monitoring van de broeikasgasuitstoot en bodemdaling in het veenweidegebied.

Een fundamenteel onderzoek

Het NOBV onderzoekt de huidige omvang van de uitstoot van broeikasgas in het veenweidegebied. Deze kennis over de effecten van maatregelen op broeikasgasuitstoot kan - waar nodig gecombineerd met onderzoeken naar de technische en maatschappelijke haalbaarheid van maatregelen - overheden helpen maatregelen te kiezen of verdiepend onderzoek in te stellen voor specifieke situaties. Het NOBV geeft objectieve en volledige informatie aan de verantwoordelijke overheden zodat zij vervolgens besluiten kunnen nemen. Het NOBV geeft dus geen beleidsadvies.

Koppeling bodemdaling en broeikasgasuitstoot

Het is cruciaal om te begrijpen hoe opname en uitstoot van broeikasgassen in de veenbodem werken en wat het effect is van processen die leiden tot bodemdaling. Deze twee mechanismen zijn met elkaar verbonden omdat veenafbraak zowel broeikasgasuitstoot als bodemdaling veroorzaakt. In het veenweidegebied wordt bodemdaling zelfs gebruikt als proxy voor de omvang van de broeikasgasuitstoot. De koppeling van deze onderwerpen kan inzichtelijk maken wat maatregelen opleveren voor het terugdringen van broeikasgasuitstoot en bodemdaling.

Maatregelen: maar welke mix dan?

Verschillende maatregelen moeten de CO₂-uitstoot in het veenweidegebied verminderen in de komende jaren. Daarom is het eerst zaak om te bepalen wat verschillende maatregelen precies bijdragen aan die vermindering en wat de onzekerheden zijn rondom de effectiviteit van elke maatregel.

OPBOUW VAN HET ONDERZOEK

In dit eerste meetjaar is het structureel meten en monitoren van de uitstoot van broeikasgassen en bodemdaling gestart. Dit gebeurt bij verschillende maatregelen in het veenweidegebied verspreid door heel Nederland. We kijken in de eerste meetjaren naar het effect van verschillende maatregelen. Verder is fundamenteel onderzoek gestart om inzicht te krijgen in het mechanistisch begrip. Wat gebeurt er nu precies in de bodem? Het is belangrijk om eerst scherp te krijgen welke relaties er precies zijn. Want met fundamenteel begrip van de processen in de bodem kun je ook effectievere maatregelen nemen. Welke maatregelen kun je nemen die rekening houden met specifieke bodemeigenschappen? Om de mogelijke maatregelen tegen elkaar af te wegen is een uniforme meetmethode noodzakelijk. Daarom is in dit eerste meetjaar een meetprotocol ontwikkeld (doelstelling 2). Dit meetprotocol wordt de komende jaren steeds geactualiseerd en aangevuld. De komende jaren verschuiven de activiteiten geleidelijk naar doelstelling 3 en 4.

Het NOBV gebruikt meetinstallaties bij verschillende maatregelen, aangevuld met meetstations die zijn geoptimaliseerd voor opschaling en monitoring. Dit meetnetwerk stelt ons uiteindelijk in staat om de broeikasgasuitstoot en bodemdaling in het veenweidegebied langdurig te monitoren. De resultaten van dit onderzoek helpen ons om bij toekomstscenario's en strategieën de broeikasgasuitstoot en bodemdaling beter te voorspellen.

Vertretpunt: van versnipperde en experimentele meetreeksen naar structurele metingen

In het verleden is weliswaar onderzoeksmatig gemeten aan broeikasgasuitstoot in veenweidegebieden, maar het ontbreekt vooralsnog aan structurele monitoring van broeikasgasemissies. Door de versnipperde en kortdurende meetreeksen is het nog niet gelukt om een vergelijking te maken tussen locaties waar maatregelen zijn genomen en locaties waar dit niet gedaan is. Een vergelijking op grond van daadwerkelijk gemeten emissies en de onderliggende processen is nog niet mogelijk. Veelal omdat de maatregelen zelf nog experimenteel waren of omdat aandacht en financiering voor onderzoek niet aanwezig waren. Daarom is het belangrijk om nu wel lange meetreeksen te maken en die structureel te monitoren. Dat maakt het mogelijk om het effect van maatregelen in de tijd te volgen, te evalueren en eventueel bij te sturen.

Aan het onderzoeksconsortium is gevraagd om in 2024 een eerste uitspraak te doen over de effecten van maatregelen. Het is niet uitgesloten dat in 2024 blijkt dat de meetduur te kort is voor een volledig antwoord op de vraag wat de effecten van verschillende maatregelen tegen bodemdaling zijn op broeikasgasuitstoot.

WAAROM ZIJN LANGDURIGE MEETREEKSEN ZO BELANGRIJK IN DIT ONDERZOEK?

Dit onderzoek gaat over de lange termijn broeikasgasuitstoot en -opname en de bodemdaling in het veenweidegebied, onder verschillende omstandigheden en bij verschillende maatregelen. De metingen van het eerste meetjaar worden juist gedomineerd door korte termijn variaties in uitstoot en in beweging. Pas na meerdere jaren continu meten, kan worden berekend wat de bijdrage van de korte koolstofcyclus is in de metingen en welk deel van de metingen terug te leiden is tot veenafbraak. Dat geldt in vergelijkbare mate ook voor de bodembewegingen. Metingen worden gedomineerd door variaties in bodemhoogte door natte en droge perioden. Er is minimaal vijf jaar aan meetdata nodig om conclusies te kunnen trekken.

OPBOUW VAN HET ONDERZOEKSCONSORTIUM

Het onderzoek wordt uitgevoerd door een landelijk onderzoekconsortium van verschillende onderzoeksinstituten en kenniscentra. STOWA is gedelegeerd opdrachtgever namens het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Om de wetenschappelijke kwaliteit te bewaken, is voorzien in het instellen van een Wetenschappelijke Adviesraad. Het onderzoek wordt begeleid door een begeleidingscommissie bestaande uit vertegenwoordigers van waterschappen en provincies. Om de maatschappelijke betrokkenheid en inbreng te bevorderen, is voorzien in regelmatige en openhartige informatievoorziening richting stakeholders en belangstellenden, zowel in de wetenschappelijke sfeer als die van de gebruikers.

WAAR ZIT NU PRECIËS DE MEERWAARDE VAN HET CONSORTIUM?

Binnen het onderzoeksconsortium werken onderzoekers uit verschillende disciplines (geologie, geotechniek, hydrologie, bodemsystemen, remote sensing, ecosystemmetingen et cetera) en uit verschillende organisaties. Het consortium

voert regelmatig discussies over operationele, wetenschappelijke en strategische onderwerpen. In de levendige discussies zijn de verschillende invalshoeken duidelijk zichtbaar. Er is sprake van kruisbestuiving en de ingeslagen weg - met onderliggende aannames en hypothesen - wordt continu getoetst. De samenwerking heeft in het eerste jaar al veel opgeleverd.

Meer weten?

Wil je je verder verdiepen, bekijk dan de andere jaarlijkse publicaties van het onderzoeksconsortium, zoals de complete jaarrapportage, het meetprotocol, de onderzoeksstrategie en langetermijnvisie op het onderzoek. Vanaf meetjaar 2 publiceert het onderzoeksconsortium ook een voortgangsdokument over de hoofddoelstellingen van dit onderzoeksprogramma en een overzicht van relevante, onderliggende rapportages en wetenschappelijke publicaties die gebruik maken van data verkregen binnen het NOBV.

Kijk op: www.nobveenweiden.nl/#meerlezen

H2 INZICHT IN DE WERKING VAN HET SYSTEEM



Om inzicht te krijgen in de broeikasgasuitstoot en bodemdaling in de Nederlandse organische gronden onderzoekt het NOBV de effecten van maatregelen. Uitgangspunt is dat hogere (grond)waterstanden veenafbraak door invloed van zuurstof afremmen. En om zo broeikasgasuitstoot en bodemdaling terug te dringen. De vraag is alleen: hoe groot is het effect van hogere grondwaterstanden precies? En wat is de invloed van variaties in de nabije omgeving op deze processen? Voor dit onderzoek zijn langdurige meetreeksen nodig. De meetresultaten uit het eerste meetjaar laten vooral de variaties op de korte termijn zien, zoals het verschil in CO₂-uitstoot tussen dag en nacht of het verschil in maaiveldhoogte tussen natte en droge perioden. Om inzicht te krijgen in de werking van het systeem en ook conclusies te trekken voor een langere termijn is minimaal vijf jaar aan meetdata nodig.

Wat is veen?

Veenbodems bestaan voor het belangrijkste deel uit organische stof, dode plantenresten dus. Deze zijn in duizenden jaren laag voor laag op een natuurlijke manier opgebouwd. Dat proces treedt alleen op als de afbraak van dood plantmateriaal langzamer gaat dan de opbouw. Dat gebeurt vooral onder zuurstof- en voedingsarme omstandigheden. Ook de zuurgraad en toegankelijkheid van de bodem voor micro-organismen spelen een belangrijke rol.

In een notendop: veenafbraak

De afbraak van veen door micro-organismen (veenoxidatie) zorgt voor zo'n 70% van de bodemdaling. Dat proces waarin het veen krimpt is al eeuwen gaande in gebieden waar veenbodems zijn ontgonnen. Bij een lagere grondwaterstand dringt dus meer zuurstof de bodem in en breken de micro-organismen het veen af. Nu is er de laatste jaren steeds meer aandacht voor de uitstoot van broeikasgassen in het algemeen, maar ook voor de uitstoot bij deze veenafbraak. Want de versnelde afbraak van dood plantenmateriaal onder zuurstofrijke omstandigheden zorgt voor CO₂-uitstoot. Veenafbraak onder zuurstofarme omstandigheden verloopt weliswaar langzamer, maar in voedselrijke bodems komen dan nog schadelijkere broeikasgassen vrij: lachgas of methaan.

Logica

Om de veenoxidatie in het veenweidegebied te beperken, lijkt het logisch om de grondwaterstand te verhogen. Je beperkt CO₂-uitstoot omdat een dunner veen-

pakket in contact komt met zuurstof. Maar het risico van een hogere grondwaterstand kan juist zijn dat onder deze zuurstofarme omstandigheden extra methaan (en eventueel lachgas) vrijkomt. Hoe zorg je voor een situatie waarin de totale uitstoot minimaal is?

Wisselende omstandigheden

De verwachting is dat vooral de bovenste decimeters van het veenprofiel voor CO₂-uitstoot zorgen. Dat komt door de samenstelling van deze laag en de aanvoer van zuurstof. Ook wisselt de temperatuur in deze laag en fluctueert de hoeveelheid bodemvocht.

Uitstoot is een mix van koolstofbronnen

Levende planten wisselen koolstof op een zeer korte tijdschaal uit met hun omgeving. Deze cyclus van koolstof duurt in plantenresten veel langer. In vergelijking met de vorming van koolstof is ook deze langere cyclus nog altijd bijzonder kort. Daarom is het belangrijk om onderscheid te maken in koolstofbronnen. Deze mix gaan we de komende jaren ontrafelen.

Metingen op verschillende diepten

Hoe dieper in het veenprofiel, hoe lager de uitstoot. Dat komt door de lagere temperatuur en het feit dat meer poriën gevuld zijn met water. Op zoek naar verklaringen meten we in profielen tot in de permanent verzadigde zone.

Omstandigheden boven de grondwaterspiegel

Boven de grondwaterstand treedt altijd veenoxidatie op. Bepalende factoren zijn de beschikbaarheid van zuurstof, de bodemtemperatuur, de hoeveelheid bodemvocht, de zuurgraad en het veentype.

- Hogere temperaturen versnellen het afbraakproces.
- Een uitgedroogd veenpakket (zoals in droge zomers) remt de afbraaksnelheid.
- Zure condities (onder de pH 5.0) remmen de afbraak.

De gevoeligheid voor afbraak verschilt per veentype: veenmosveen lijkt langzamer af te breken dan zeggeveen, rietveen of bosveen.

Omstandigheden onder de grondwaterspiegel

Onder het grondwaterpeil kan ook veenoxidatie optreden. Bepalende factoren zijn:

-
- De samenstelling van het veen (degradatiestadium en hoeveelheid fenolverbindingen).
 - De beschikbaarheid van oxidatoren (zuurstof, nitraat, sulfaat of driewaardig ijzer of CO₂).

Volgens schattingen is deze vorm van afbraak twee keer langzamer dan afbraak onder zuurstofrijke omstandigheden.

De logica blijkt niet eenduidig

Om te achterhalen wat het effect is van maatregelen op de broeikasgasuitstoot en bodemdaling zijn verschillende factoren belangrijk. Alleen de diepte van het grondwaterpeil lijkt onvoldoende om vast te stellen of een maatregel echt zorgt voor minder uitstoot van broeikasgas. Want in bepaalde gevallen kan een verandering in bijvoorbeeld de zuurgraad of de hoeveelheid nutriënten toch tot veenafbraak leiden. Kortom: de situatie is complexer.

H3 METHODE



De vier NOBV-doelstellingen zijn stuk voor stuk langetermijndoelen. Dat betekent dat er na één meetjaar nog geen uitspraken over gedaan kunnen worden. Omdat er meerjarig wordt gemeten is het onderzoeksconsortium gevraagd om in 2024 een uitspraak te doen over de effecten van maatregelen.

KEUZES MAKEN: LOCATIES, INSTRUMENTEN, MONSTERS

Meetjaar 1 stond in het teken van keuzes maken. Elke keuze is gemaakt met oog voor de lange termijn. Zo is er bijvoorbeeld voorrang gegeven aan het inrichten van meetlocaties bij percelen met maatregelen en bijbehorende referentiepercelen zonder maatregelen. Nu kunnen we daar zo lang mogelijk broeikasgasfluxen, bodemdaling en omgevingsparameters meten. Bovendien levert het opbouwen van meetlocaties relevante ervaring op voor het meetprotocol (doelstelling 2) en voor de landelijke opschaling van metingen (doelstelling 4).

Uitgevoerd in meetjaar 1:

1. *Inrichten van meetlocaties* met twee meetplots. Dat gebeurt zoveel mogelijk op dezelfde manier om vergelijkbare meetresultaten te verzamelen en te kunnen interpreteren.
2. *Laboratoriumonderzoek* om de werking van processen die leiden tot broeikasgasuitstoot en bodemdaling te doorgronden. Om zo bestaande voorspellingsmodellen te updaten.
3. *Start met opschaling en modellering* van het onderzoek: om te ontdekken hoe veengebieden binnen Nederland op grote schaal van elkaar verschillen in broeikasgasemissies.

De eerste vijf meetlocaties zijn gekozen bij bestaande projecten. De voordelen hiervan zijn:

- *Meer data*: want we sluiten aan op lopende meetreeksen.
- *Tijdwinst*: want de maatregel is al genomen of aangelegd.
- *Meer kennis*: want er zijn in deze projecten al inzichten opgedaan en specifieke kennis opgebouwd.
- *Infrastructuur*: is al aanwezig.

HOE ZIJN DE MEETLOCATIES OPGEZET?

In het eerste meetjaar zijn vijf meetlocaties opgebouwd verspreid over Nederland. Het gaat om Aldeboarn, Rouveen, Zegveld, Vlist en Assendelft. Hiermee zijn de vier grote veenweidegebieden van het land afgedekt: het Friese, Overijsselse, Noord-Hollandse en het Utrechts/Zuid-Hollandse.

De vijf locaties zijn allemaal op dezelfde manier ingericht als het gaat om type meting, apparatuur en methodes. Ze hebben allemaal twee meetplots (een maatregelenmeetplot en een referentiemeetplot). Op de locaties met hun verschillende opbouw van de ondergrond zijn ook verschillende maatregelen genomen:

SITE	MAATREGEL	AANSLUITEND BIJ LOPEND PROGRAMMA
Aldeboarn-Friesland	Onderwaterdrainage	Onderzoeksprogramma Provincie Friesland/Wetterskip
Assendelft-Noord-Holland	Drukdrainage	Innovatie Programma Veen (IPV)
Rouveen-Overijssel	Onderwaterdrainage	Pilot Onderwaterdrainage Rouveen
Vlist-Zuid-Holland	Onderwaterdrainage	Voorheen proefsite voor onderwaterdrainage
Zegveld-Utrecht	Drukdrainage Onderwaterdrainage Peilverhoging Lisdoddeteelt	Kennis Transfer Centrum (KTC) Zegveld

Standaardinrichting

Om de verschillende sites met elkaar te kunnen vergelijken, is een standaardinrichting opgesteld. Daarin is er een vaste plaats voor alle sensoren die nodig zijn om broeikasgasemissie en bodemdaling in het plot te meten. De indeling bestaat uit meerdere meetvakken:

- Grasopbrengstvak waar bemest wordt
- Grasopbrengstvak waar niet bemest wordt
- Vak met automatische kamers, op vaste afstand van de drain in het maatregelenplot, verdeeld over bemest en onbemest vak in het referentieplot
- Vak met metingen van omgevingsvariabelen
- Vak voor het nemen van grondmonsters

- Vak voor grondwaterstandmetingen en extensometer
- Vak voor mogelijk toekomstige metingen

Uitgangspunt was steeds om in een rechthoekig stuk weiland van ongeveer 10 meter breed en 20-25 meter lang de:

1. sensoren voor de omgevingsvariabelen zo dicht mogelijk bij de kamers te plaatsen.
2. meteorologietoren en autonome energie juist zo ver mogelijk van de gasanalysekamers te plaatsen om verstoringen te voorkomen.

FIG. 3.1 STANDAARDPLOTINRICHTING.

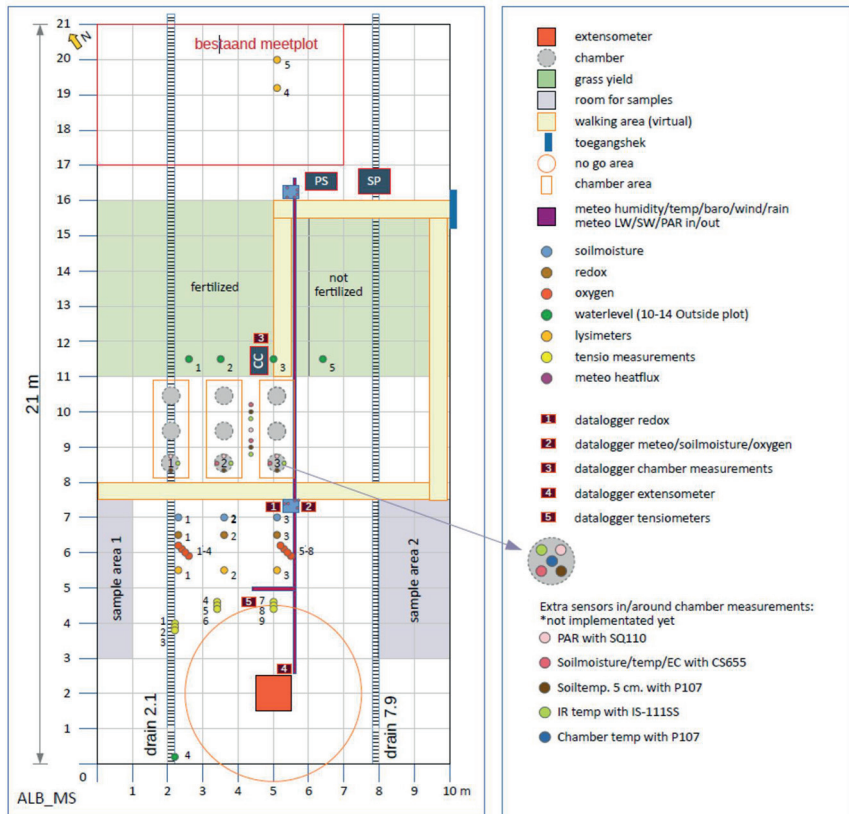
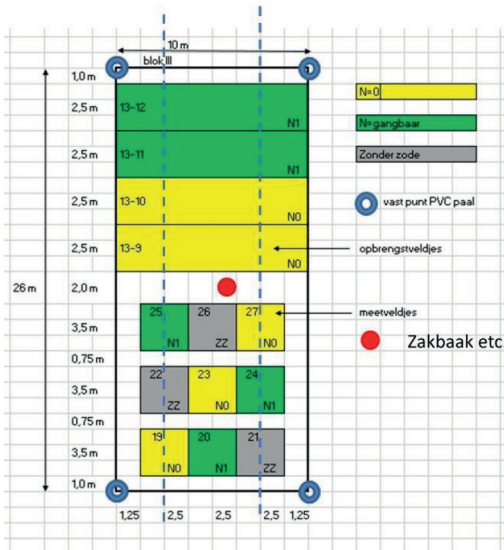


FIG. 3.2 SCHEMA INRICHTING VAN PLOT.



HOE BRENGEN WE ONDERLIGGENDE PROCESSEN IN BEELD?

CO_2 draagt het meeste bij aan de totale broeikasgasemissie in het veenweidegebied. De maatregelen zijn daarom vooral gericht op de reductie van die uitstoot en niet de uitstoot van methaan of lachgas. Zodoende ligt de focus op het meten van CO_2 . Daarnaast onderzoekt het NOBV ook de onderliggende processen die leiden tot broeikasgasuitstoot, zoals de grondwaterstand, de waterkwaliteit en het bodemgebruik.

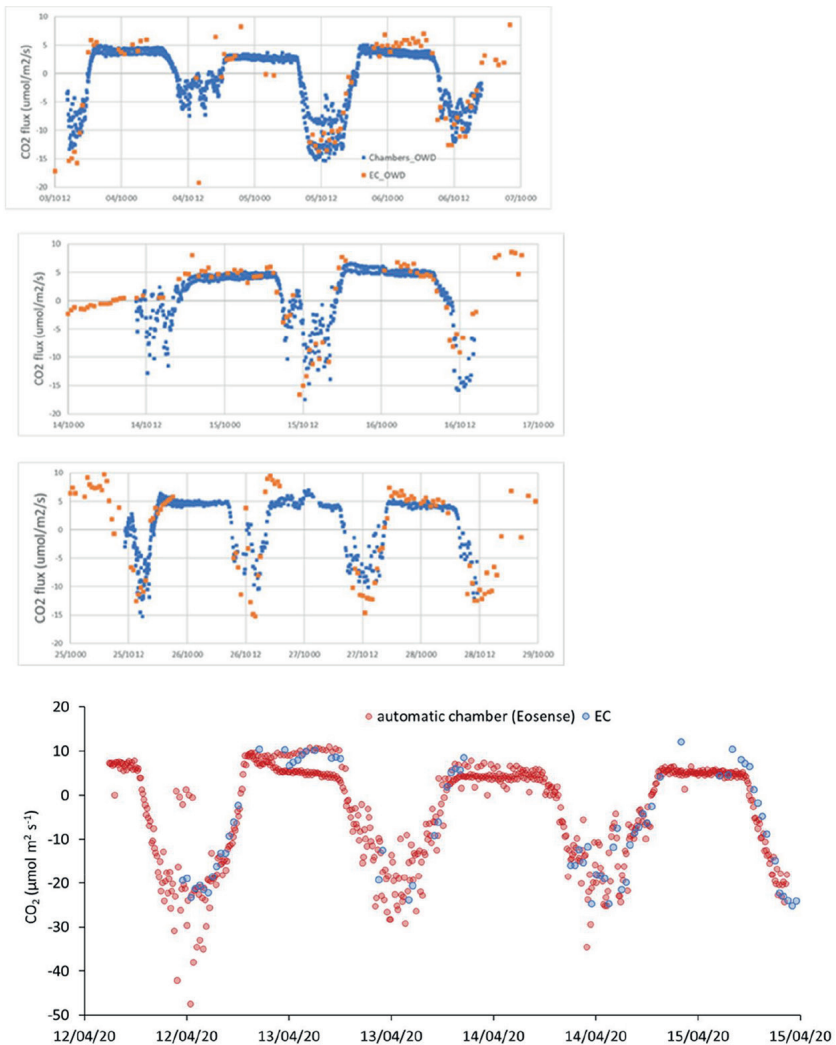
CO₂-metingen aan het oppervlak

Op alle locaties meten we de broeikasgasfluxen op dezelfde manier. Net als de omgevingsvariabelen die invloed hebben op die broeikasgassen of die nodig zijn om in te schatten hoe een plaatselijk gemeten flux zich verhoudt tot de uitstoot in een groter gebied. Om langere meetreeksen te genereren werken we met automatische kamers. Het voordeel is dat we zo het verband onderzoeken tussen de (zeer) lokale broeikasgasuitstoot en de activiteiten in de bodem. En dat we heel het jaar dag en nacht metingen uitvoeren.

Voor inzicht in de broeikasgasuitstoot op iets grotere schaal gebruiken we de zogenaamde 'Eddy covariance'-techniek. In meetjaar 1 is deze techniek alleen toegepast

in Aldeboarn en Zegveld. In Aldeboarn vergelijken we Eddy covariance-metingen met de kamermetingen én gebruiken we deze techniek om inzicht te krijgen in de broeikasgasuitstoot op perceelschaal. In Zegveld juist om vast te stellen op welke momenten de uitstoot en opname van broeikasgas (ook van methaan) plaatsvindt in een lisdoddeveld.

FIG. 3.3 VERGELIJKINGEN TUSSEN EC-METINGEN EN KAMERMETINGEN OP MAATREGELPERCEEL IN ALDEBOARN.



Onderliggende processen in beeld brengen

We beschouwen de grondwaterstanden als één van de belangrijkste bepalende parameters in dit onderzoek. Daarom meten we continu op meerdere locaties binnen een meetplot. Maar het is complex. De aanvoer van water via onderwaterdrains in de zomer heeft bijvoorbeeld niet alleen invloed heeft op de grondwaterstand, maar ook op bodemtemperatuur en beschikbaarheid van nutriënten of oxidatoren. Met andere woorden: in sommige gevallen kan extra grondwater de afbraak van veen juist versnellen of leiden tot een hogere CH₄-emissie. Daarom voeren we in de bodem diverse metingen uit om onderliggende processen in beeld te brengen.

Bodemvocht

Bodemvocht in het profiel boven de grondwaterstand lijkt een belangrijke rol te spelen in de veenaafbraak. Daarom meten we bodemvocht in het hele profiel (tot 90 cm) met dezelfde methode. In Aldeboarn, Rouveen en Zegveld gebruiken we bodemvochtsensoren (tensiometers) om het percentage met lucht gevulde poriën te bepalen.

Bodemtemperatuur

Voor microbiële activiteit is de bodemtemperatuur een belangrijke factor. De bodemvochtsensoren meten over het algemeen ook de temperatuur. Zo brengen we de temperatuur op dezelfde dieptes in kaart.

Redoxpotentiaal

Het doel van alle CO₂-reductiemaatregelen is om aerobe veenoxidatie (met zuurstof dus) terug te dringen. Om het effect voldoende te bepalen meten we ook de redoxpotentiaal. Die maakt zuurstofloze omstandigheden zichtbaar en toont aan of er anaerobe veenoxidatie (zonder zuurstof) mogelijk is. Naast redoxpotentiaal meten we op twee locaties op exact dezelfde dieptes ook het zuurstofgehalte. Dat is nodig want redoxpotentiaal laat niet altijd direct de aan- of afwezigheid van zuurstof zien.

Statische bodemeigenschappen

Er is nog een mogelijke verklaring voor de variatie tussen broeikasgasemissies en bodemdaling: de statische bodemeigenschappen van de verschillende veengebieden. Daarom brengen we voor elke meetlocatie de bodemkarakteristieken in kaart.

De geologie en bodemopbouw, het gehalte organische stof, labiel koolstof fractie, mate van veendegradatie, nutriënten, de samendrukkingseigenschappen van het veen, plasticiteit, krimpkarakteristiek, botanische samenstelling en de dichtheid van droge bulk. Omdat deze bodemeigenschappen soms per seizoen verschillen, meten we sommige factoren op meerdere momenten per jaar.

Laboratoriumonderzoek

Om beter te begrijpen op welke diepte en bij welk veentype de meeste broeikasgasproductie plaatsvindt, onderzoeken we in het laboratorium bodemmonsters. Deze experimenten maken het mogelijk om te testen wat veranderende bodemcondities doen met de snelheid waarin veen oxideert. We kijken naar factoren als temperatuur, vochtgehalte, aanwezigheid van oxidatoren. Zo kan dit laboratoriumonderzoek inzicht geven op welke diepte het vernatten van de bodem voor het meeste effect zorgt.

Aanvullende metingen vereist voor een landelijk beeld

De vijf onderzoekslocaties zijn weliswaar een afspiegeling voor een deel van het Nederlandse veenweidegebied, maar de bodemopbouw, het watersysteem en het beheer zijn behoorlijk divers. De vijf meetlocaties kunnen daarom geen sluitend beeld geven van de uitstoot van alle Nederlandse veenweidegebieden. Daar zijn aanvullende metingen voor nodig op een grotere schaal. Daar zijn we in het eerste meetjaar meteen mee begonnen. Met behulp van een klein vliegtuig zijn in verschillende gebieden vlakdekkende metingen uitgevoerd. Daarmee ontstaat een beeld voor het gebied. Met meerdere metingen op verschillende momenten per dag en per jaar en met behulp van statische methoden is het mogelijk om de CO₂-uitstoot te bepalen voor de belangrijkste bodemtypen en vormen van landgebruik.

Bodemdaling als variabele

Op alle meetlocaties meten we de bodemdaling met extensometers, waterpassen en InSAR. Als het lukt om het verband aan te tonen tussen bodemdaling en broeikasgasuitstoot dan lenen de landelijke meetresultaten voor bodemdaling zich om de CO₂-uitstoot ook landelijk te voorspellen. Het is natuurlijk ook mogelijk dat er meerdere verbanden aangetoond worden die van de omstandigheden afhangen.

Met name in Zegveld gebruiken we verschillende, deels experimentele, methoden om bodemdaling te meten, zoals waterpassen, extensometers, gebruik van GNSS

FIG. 3.4 EEN INTEGRATED GEODETIC REFERENCE STATION. ZOALS GEPLAATST IN ZEGVELD EN ROUVEEN. Groen-omlijnd is de GNSS-antenne, geel-omlijnd zijn te twee radarreflectoren en oranje-omlijnd de horizontale (referentie) plaat.

loggers, LiDAR en InSAR. Zo kunnen we bepalen welke technieken geschikt zijn voor een vlakdekkend meetsysteem dat bodembeweging op millimeterschaal nauwkeurig kan meten.

De veenbodem zwelt en krimpt dagelijks. Daarom gebruiken we op alle locaties extensometers. Die maken het verband zichtbaar tussen dagelijkse en seizoensgebonden variatie in de hoogte van het maaiveld en verschillende niveaus in de ondergrond, plus andere continu gemeten factoren zoals de grondwaterstand. Op termijn helpen extensometermetingen ons om de processen te ontrafelen die leiden tot bodembeweging.



WELKE METHODEN ZIJN GEBRUIKT OM BROEIKASGASUITSTOOT TE METEN IN HET EERSTE MEETJAAR?

Om de hoeveelheid CO₂ te meten die de bodem en de vegetatie afgeven of opnemen in oppervlakte en tijd gebruiken we verschillende meetmethodes in dit onderzoek. Voor precisiemetingen van de CO₂-flux zijn dat automatische kamers, voor grotere oppervlakten zijn dat vliegtuigmetingen en de eddy covariance-methode.

Automatische kamers

In het NOBV gebruiken we voor het eerst in Nederland op grote schaal automatische kamersystemen. Op elke meetlocatie staan meerdere kamers, zodat ook de variatie op het perceel gemeten wordt. Deze automatische kamers doen 24 uur per dag elke 5 minuten een meting. Het is een oplossing die overal toepasbaar is. De luchtdichte kamers zijn aan de onderkant open. De transparante kamer neemt regelmatig luchtmonsters en de gekoppelde analyseapparatuur bepaalt de CO₂-concentratie. Bij een toename van deze concentratie komt er meer CO₂ vrij uit de

bodem en planten dan er wordt opgenomen. Overdag kan de concentratie ook afnemen. Dat komt door de fotosynthese van planten. Deze variatie in concentratie is de CO_2 -flux. Om te voorkomen dat in een kamer een microklimaat ontstaat dat afwijkt van het perceel, wordt de kamer steeds na enkele dagen verplaatst.

FIG. 3.5 AUTOMATISCH KAMERSYSTEEM IN ALDEBOARN.



FIG. 3.6 VOORBEELD VAN HET DAG EN NACHTRITME IN DE CO_2 FLUX VAN VLIST (REFERENTIE PERCEEL). Negatieve waarden duidt op opname, positieve waarden op uitstoot van CO_2 . Duidelijk te zien is het effect van maaien op 3 en 30 juli waarna het dag en nacht ritme bijna weg is. C1-C4 zijn de 4 kamers waarmee gemeten wordt.

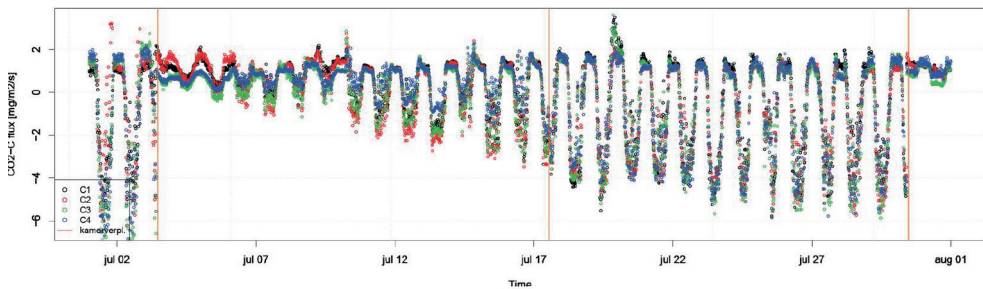


FIG. 3.7 CO₂ FLUXEN IN ALDEBOARN TOT BEGIN 2020, UITGESPLITST NAAR FOTOSYNTHESE (GPP). Uitstoot (*R_e*) en nette (*NEE*). Links het OWD-perceel en rechts het controleperceel.

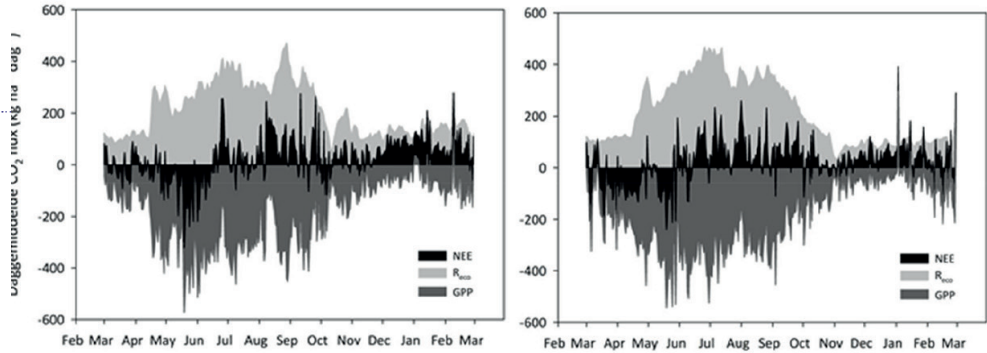
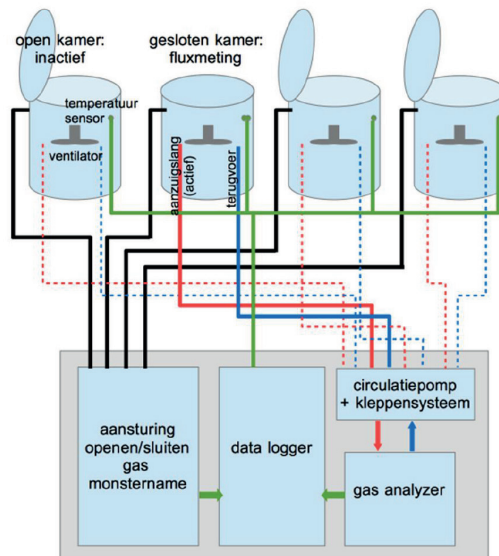


FIG. 3.8 SCHEMA AUTOMATISCH KAMERSYSTEEM. Zwart: besturing van deksel; groen: data voor temperatuur en eventueel andere omgevingsvariabelen kamer; rood+blauw: aanzuig- en terugvoerleiding voor lucht uit de kamer naar de gasanalyzer. Doorgetrokken lijnen geven de actieve leidingen tijdens een fluxmeting aan.



Eddy covariance

Om continu de uitstoot voor een wat groter oppervlak te meten gebruiken we de eddy covariance (EC). Deze toren meet elk halfuur fluxen tot 100 meter. Juist die reikwijdte levert een gemiddelde op van een perceel. Anders dan bij de automatische kamers heeft deze methode geen invloed op de bodem en de begroeiing. Wel is het belangrijk om voortdurend de windrichting en de windsnelheid te bepalen. Belangrijk bij de plaatsing van een EC-mast op het perceel is dat er ook rekening wordt gehouden met de dominante windrichting. In Aldeboarn zijn daarom twee sets geplaatst. In Zegveld wordt met een eddy covariance ook de methaan-flux in het Lisdoddeveld gemeten.

Vliegtuigmetingen

Voor fluxmetingen van een nog groter oppervlak zetten we een vliegtuig in. Bij deze vliegtuigmetingen op zo'n 60 meter hoogte gebruiken we dezelfde methode als de eddy covariance op de meeste meetlocaties. Alleen omdat het vliegtuig beweegt, wordt de windmeting nu anders bepaald. Ook verloopt het interval vanuit het vliegtuig op afstand in plaats van tijd. De nauwkeurigheid van de meetwaarden is vergelijkbaar met de metingen op de grond.

De vliegtuigmeting geeft een beeld van het landschap als geheel. Deze resultaten zijn geschikt voor modelberekeningen voor een grotere schaal. Omdat een landschap natuurlijk niet homogeen is, kunnen we later in het onderzoek de variatie in landschapselementen weer toevoegen, bijvoorbeeld met machine learning.

Lachgas

Veel organische stof en relatief natte omstandigheden maken veengronden tot een bron van lachgas. Lachgas (N_2O) ontstaat tijdens biologische processen (nitrificatie en denitrificatie) met name bij wisselingen in de grondwaterstand. De kans bestaat dat verandering van het drainagesysteem de emissie van N_2O beïnvloedt en zo de emissie van broeikasgasen in veenweidegebieden. Dit effect kan positief en negatief zijn.

Om de flux van lachgas te bepalen gebruiken we het model NEMA (National Emission Model Agriculture). Dat doen we op vier percelen in Zegveld waar de drainage en stikstofbemesting onderling verschilt. Automatische kamers voeren deze metingen wekelijks uit in het groeiseizoen en tweewekelijks in de winter. In totaal waren

er in deze periode 31 meetmomenten. Deze metingen vergelijken we met de continue CO₂-metingen met automatische kamers en eddy covariance.

WELKE METINGEN ZIJN UITGEVOERD IN DE BODEM?

Op alle meetlocaties zijn verspreid over het perceel meerdere peilbuizen op verschillende dieptes geplaatst om zo de grondwaterstand te meten. Een deel van deze peilbuizen is uitgerust met druksensoren.

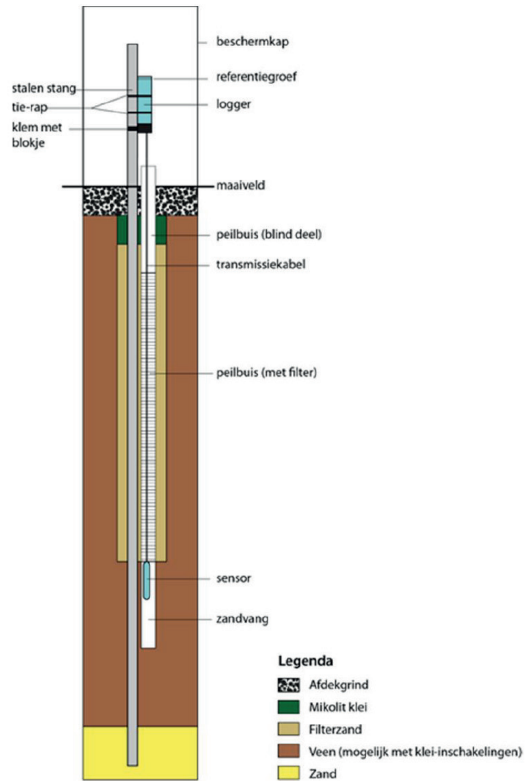
FIG. 3.9 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE STANDAARD PEILBUISCONSTRUCTIE, ZOALS GEBRUIKT IN ROUVEEN EN ASSENDELFT.

Bodemvocht en temperatuur van de bodem

Het vochtgehalte en de temperatuur van het bodemprofiel worden op verschillende dieptes gemeten met 120 centimeter lange sensoren, zogenaamde probes. Deze sensoren staan op verschillende afstanden van de drain. De probes voeren elk halfuur automatisch een meting uit. De meetresultaten gaan naar een datalogger en worden via een modem verzonden naar een server van de VU.

De veranderingen in het bodemvocht geven veel informatie. In het volgende meetjaar nemen we bodemmonsters om in het lab het volumetrisch vochtgehalte te vergelijken met de sensorwaarden. Deze vergelijkingen

verrijken onze kennis over de meetresultaten in combinatie met de fysische eigenschappen van de bodem.



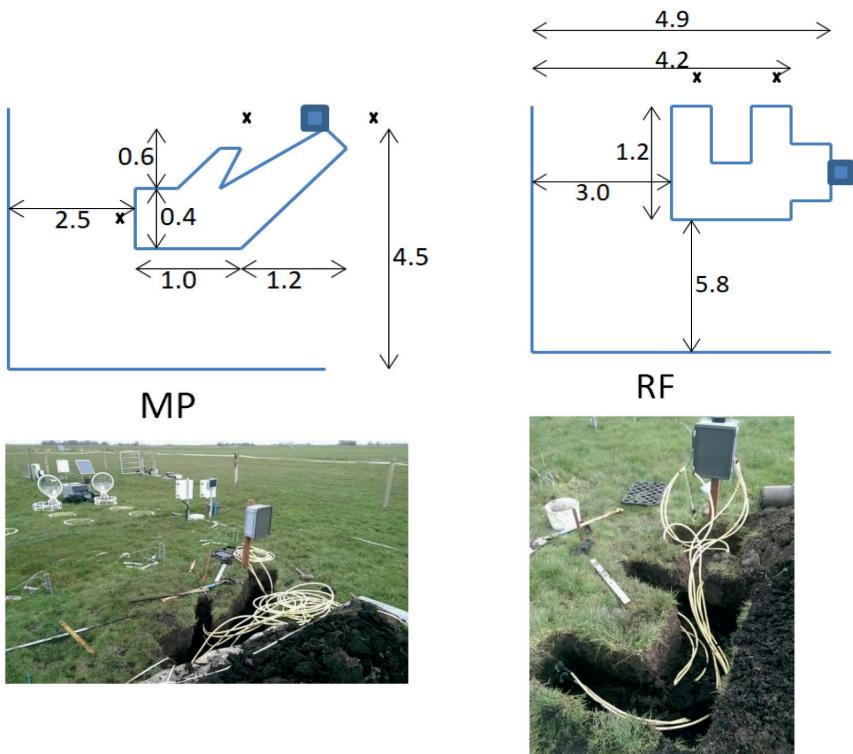
Registratie van de druk in de bodem

In Aldeboarn, Rouveen en Zegveld zijn meerdere drukmeters (tensiometers) geplaatst op verschillende afstanden van de drain. Deze meters registreren elke twee minuten de druk (kPa) en temperatuur (Celsius). Elk halfuur worden de meetwaarden opgeslagen en wordt automatisch bepaald of metingen van het afgelopen halfuur afwijken. Zo krijgen we een indicatie hoe stabiel de metingen verlopen.

De diepte van de meters hangt af van het bodemprofiel en de grondwaterstand. Steeds zijn drie tensiometers in drie verschillende lagen aangebracht: de bovengrond, veraard veen en ongestoord veen. Om de meters te plaatsen is een kuil gegraven die vervolgens zorgvuldig is dichtgemaakt.

FIG. 3.10 INSTALLATIEKUILN TENSIO METERS ALDEBOARN.

Boven: kaartjes. Midden: MP plot, Onder: RF plot



In alle meetplots van het NOBV meten we op verschillende diepten de redoxpotentiaal. Een platina-elektrode in de bodem meet het spanningsverschil tussen een referentie-elektrode in het grondwater. Om te bepalen wat de dominante en krachtigste oxidator in de bodem is, moet het potentiaal geïnterpreteerd worden met de pH in de bodem. Vervolgens is het mogelijk om een verband te leggen met de snelheid van veenafbraak. De bodem is altijd een mix van verschillende chemische stoffen en organismen. Dat maakt de interpretatie in termen van veenafbraak complex. Wetenschappelijke bronnen geven geen eenduidige indicatiewaarden voor de aanwezigheid van oxidatoren. Dit onderzoek dient ook om onze hypothesen te toetsen.

Reductor + Oxidator = Redox-reactie

De afbraak van veen is een verbrandingsproces. Voor dit proces zijn twee stoffen vereist: een oxidator, zoals zuurstof of nitraat, en een reductor, zoals organisch materiaal. Zijn beide stoffen aanwezig dan wisselen ze elektronen uit – aangejaagd door micro-organismen (microbiële katalysatoren). Elke reductor en oxidator heeft zijn eigen kracht (redoxpotentiaal). Hoe groter het verschil, hoe meer elektronen ze onderling uitwisselen. Voor micro-organismen verloopt de afbraak van organisch materiaal het best als er een oxidator aanwezig is met een hoog redoxpotentiaal. Daarom gaat veenafbraak meestal sneller als er zuurstof beschikbaar is (want een hoog redoxpotentiaal) en langzamer met bijvoorbeeld sulfaat (want een laag redoxpotentiaal).

Zuurstofgehalte in de bodem

In Aldeboarn en Assendelft meten we op verschillende posities en dieptes het zuurstofgehalte in de bodem met optische sensoren. Deze sensoren kunnen ook de zuurstofconcentratie in het bodemwater meten. In het tweede meetjaar gaan we dat ook meten.

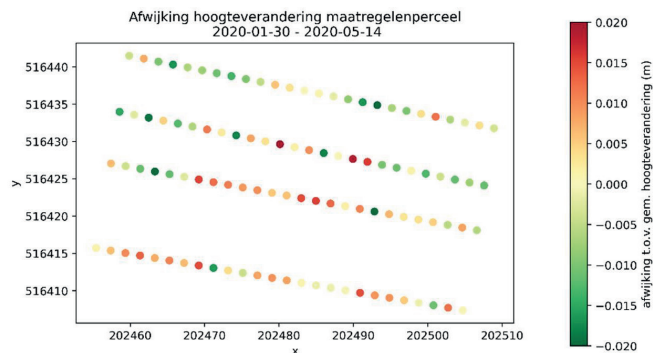
Weermetingen

Op alle onderzoekslocaties meet een eenvoudig automatisch weerstation elke minuut de windsnelheid en windrichting, de relatieve luchtvochtigheid, luchttemperatuur en luchtdruk plus stralingscomponenten. De meetresultaten gaan naar een datalogger die verbonden is met een 4G-modem. Alle variabelen worden tijdsynchroon gemeten en verstuurd naar een centrale plek.

Bodembeweging

Waterpassen - om de verandering in de hoogte van het maaiveld te meten, voert het NOBV waterpasmetingen uit. De top van een massief ijzeren staaf - aangebracht in de stabiele zandlaag onder het veen - dient als referentiepunt. Vier keer per jaar wordt met vast interval langs dwars- en lengteraaien in de percelen gemeten met waterpas en baak ten opzichte van de referentiepunten. Op basis van deze metingen uit elke meetcampagne wordt per perceel de gemiddelde hoogteverandering van het maaiveld ten opzichte van de nulmeting berekend.

FIG. 3.12 AFWIJKING VAN DE HOOGTEVERANDERING MAATREGELENPERCEEL ROUVEEN TUSSEN 30 JANUARI EN 14 MEI 2020 TEN OPZICHTE VAN DE GEMIDDELDE HOOGTEVERANDERING. Rode punten zijn minder hard gedaald en groene punten zijn sneller gedaald dan de gemiddelde hoogteverandering.

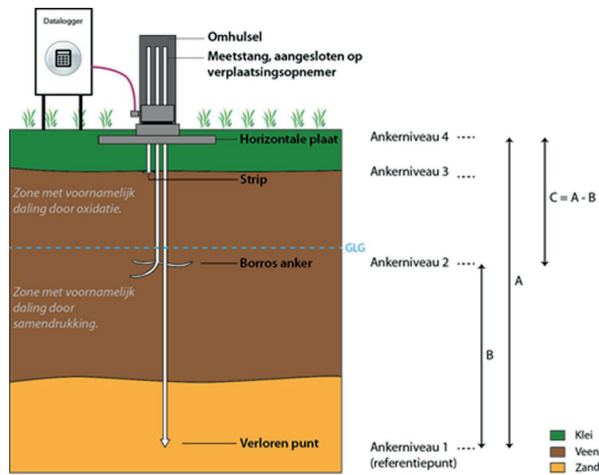


Extensometer - we gebruiken een extensometer om op één locatie doorlopend de beweging van verschillende (anker)niveaus in de ondergrond te meten. Zo wordt de bijdrage van verschillende bodemlagen aan bodembeweging zichtbaar. De extensometer meet ieder uur de hoogte ten opzichte van het diepste anker, dat in de stabiele zandlaag onder het veen is verankerd. De meetresultaten worden meteen verstuurd naar Deltares en de NOBV-database voor analyse en visualisatie.

LiDAR - bij deze technologie zendt een scanner laserpulsen uit en vangt de reflectie van de puls weer op. Dat kan vanuit de lucht met een vliegtuig, helikopter of drone. Of vanaf een statief. De meting levert een hoogtekaart op. Door herhaaldelijk

FIG. 3.13 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET EXTENSOMETER MEETSISTEEM

Meerdere Borros ankers kunnen worden toegevoegd op andere diepten in het veenpakket. Linksboven: Meetstang met Borros anker met PVC beschermhuis over de ankerstang en een schuifconstructie afgedekt met geotextiel. Onderaan de buis is een verloren punt met kabel bevestigd aan de meetstang. Rechtsboven: stalen buis waarmee het diepste anker in het zand is geheid. Linksonder: de top van de afgewerkte extensometer met een RVS plaat, flens, opne-merhuis. Rechtsonder: De meetsensoren van de extensometer; afgedekt met een kap, zijn met kabels bevestigd aan een datallogger.



metingen uit te voeren is het mogelijk om hoogteverandering te bepalen. Voor de nauwkeurigheid van de meting gebruiken we in de zandlaag gefundeerde grondcontrolepunten. Het bereik van een laser aan een statief is beperkter dan vanuit de lucht. De metingen met LiDAR aan statief op lokale schaal worden gebruikt voor een beter begrip van het effect van druk- en onderwaterdrainage op bodembeweging. Bovendien is het een extra methode om bodembeweging te meten, naast waterpassen en extensometer. De statiefmetingen gebeuren tegelijk met de waterpasmetingen.

InSAR - Satellieten maken radarbeelden van de aarde. Beelden die op verschillende momenten van dezelfde plek zijn gemaakt worden gebruikt om bodemdaling uit af te leiden. Dat gebeurt op basis van faseverschillen van de gereflecteerde radar-

FIG. 3.14 LINKSBOVEN: MEETSTANG MET BORROS ANKER MET PVC BESCHERMBUIS OVER DE ANKERSTANG EN EEN SCHUIFCONSTRUCTIE AFGEDEKT MET GEOTEXTIEL.

Onderaan de buis is een verloren punt met kabel bevestigd aan de meetstang. Rechtsboven: stalen buis waarmee het diepste anker in het zand is geheid. Linksonder: de top van de afgewerkte extensometer met een RVS plaat, flens, opnemerhuis. Rechtsonder: De meetsensoren van de extensometer, afgedekt met een kap, zijn met kabels bevestigd aan een datalogger.

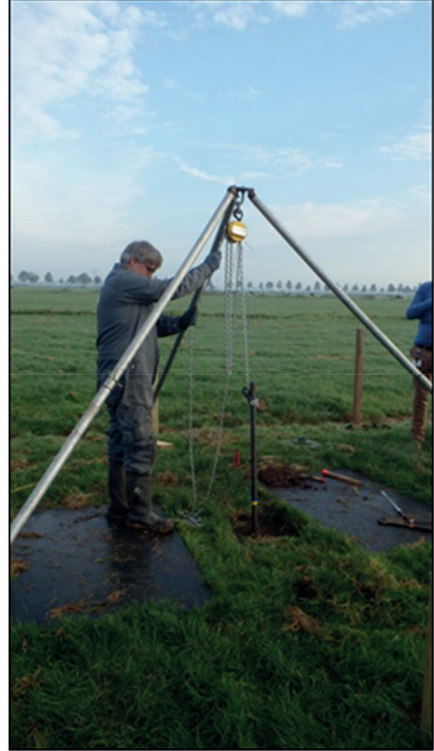
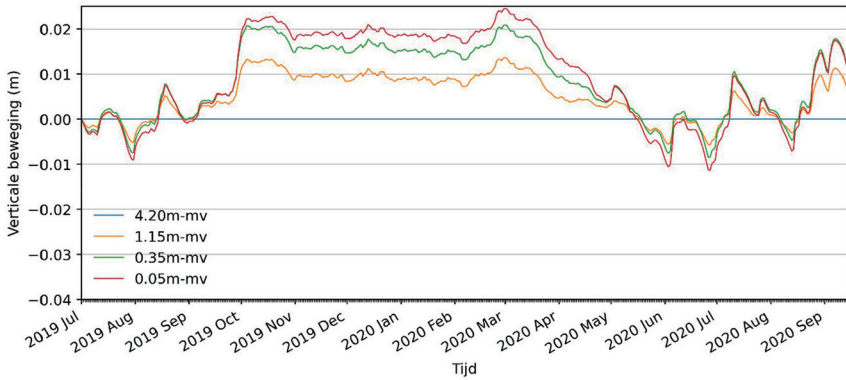


FIG. 3.15 EXTENSOMETER MEETREEKS VOOR HET REFERENTIEPERCEEL IN ROUVEEN.



golf. Zo maakt InSAR het mogelijk om hoogteverandering en de snelheid van bodembeweging vlakdekkend te bepalen. Dit gaat het best voor reflectiepunten die een consistent signaal terugkaatsen, zoals daken en wegen. In een weiland is de consistentie van het gereflecteerde signaal veel kleiner. Daarom is deze techniek om bodembeweging te bepalen in buitengebieden nog experimenteel en in ontwikkeling om bodembeweging op millimeterschaal betrouwbaar te bepalen. TU Delft voert dit onderzoek op de vijf huidige meetlocaties van het NOBV uit in samenwerking met Deltares.

Bodemonderzoek: ter plaatse en in het laboratorium

De geo(hydro)logische opbouw van de ondergrond is ter plaatse onderzocht. In Rouveen, Zegveld en Aldeboarn boorden onderzoekers van Deltares tot de top van de Pleistocene zandondergrond, die in Noord-Nederland 1-2 meter onder het maaiveld ligt en in West-Nederland soms 7 meter. In Vlist en Assendelft ligt deze zandlaag dieper en is tot maximaal 7 m onder het maaiveld geboord. Om het bodemprofiel te beschrijven verrichtten onderzoekers van WenR bodemkundige boringen. Om bodemdaling te voorspellen met modellen is het belangrijk om de geotechnische eigenschappen van de bodem te weten. Dat is in het laboratorium onderzocht. Voor veen is dat een uitdaging, vanwege de vezelige en heterogene structuur. De standaardproeven met grondmonsters in het laboratorium zijn meestal niet toereikend. De vezels in het veen zijn soms langer dan de gebruikelijke diameter van 3.8,

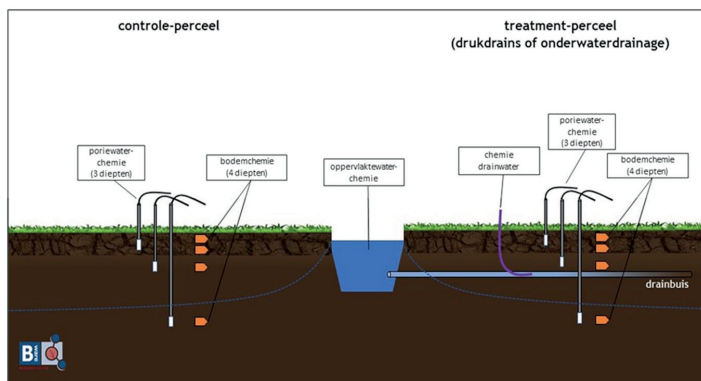
5.0 of 6.5 cm. Daarom steken we monsters met een groot volume. Deltares ontwikkelde de Deltares Large Diameter Sampler (DLDS) met een diameter van 40 cm en een hoogte van 50 of 100 cm. Uit deze grote monsters is het mogelijk om heel gecontroleerd kleinere monsters te snijden. Om zo de geotechnische eigenschappen van veen beter te bepalen en nauwkeuriger bodemdalingsvoorspellingen te doen. In het laboratorium worden samendrukkingsproeven uitgevoerd met samples op verschillende diepten. Verder wordt de volumieke massa, het watergehalte en het gehalte organische stof bepaald.

Bemonstering van bodem en water

Op alle locaties zijn monsters genomen van zowel de bodem als van het water. Op elke locaties doen we dat dubbel: van het maatregelperceel en van het referentieperceel.

Frequentie - omdat we weten dat bodemchemie in een jaar vrij constant is, is daar 1 monster van genomen. De chemische samenstelling in water kan gedurende het jaar sterk variëren, daarom zijn daar 2 tot 4 keer per jaar monsters van genomen.

FIG. 3.16 SCHEMATISCH OVERZICHT VAN DE OPZET VAN DE BEMONSTERING. Op iedere locatie werden alle 'compartimenten' van het grasland- en daarmee samenhangend watersysteem bemonsterd, te weten de bodem, het poriewater op verschillende diepten, het oppervlaktewater en het water in de drainbuizen.



Timing - de biogeochemie wordt heel bewust op dezelfde tijdstippen gemonitord als de gasfluxmetingen. Want dat maakt een koppeling mogelijk tussen broeikasgasemissies en de biogeochemische toestand van het perceel op datzelfde moment.

Bodemmonsters

Op vier verschillende diepten zijn bodemmonsters genomen. In de toplaag, in de geoxideerde bovenlaag, de laag die een deel van het jaar vochtig is en ten slotte in de verzadigde zone. Van deze monsters zijn chemische analyses gemaakt, zoals bepalen van het versgewicht, drooggewicht, vochtgehalte en organisch stofgehalte. Maar ook diverse proeven om de concentratie van diverse elementen (Al, Fe, Ca, Mg, K, Cl, Mn, Na, S, P, Si en Zn) en van fosfaat te bepalen. Om de totale hoeveelheid koolstof en stikstof vast te stellen, is een deel van het verzamelde bodem- of plantmateriaal fijn-gemalen. Na zorgvuldig afwegen volgt een meting met de CNS-elementenanalyser.

Watermonsters

Om de chemie van het bodemwater te monitoren wordt 8 keer per jaar een monster genomen. In het eerste meetjaar is na inrichting van de meetsites 2 tot 4 maal bemonsterd. Zo is het water in de poriën tussen de bodemdeeltjes op drie verschillende dieptes verzameld. Dat gebeurt steeds op vaste punten langs de drainagebuis. Ook het oppervlaktewater uit de sloten bij de locaties en het water in de drains is bemonsterd. Dat is belangrijk omdat zo zicht komt op de chemische processen die zich in/rondom de drainbuis afspelen. Wat zijn de mogelijke effecten van drains op de aan- en afvoer van nutriënten?

Bodemincubatiemetingen met een respirometer

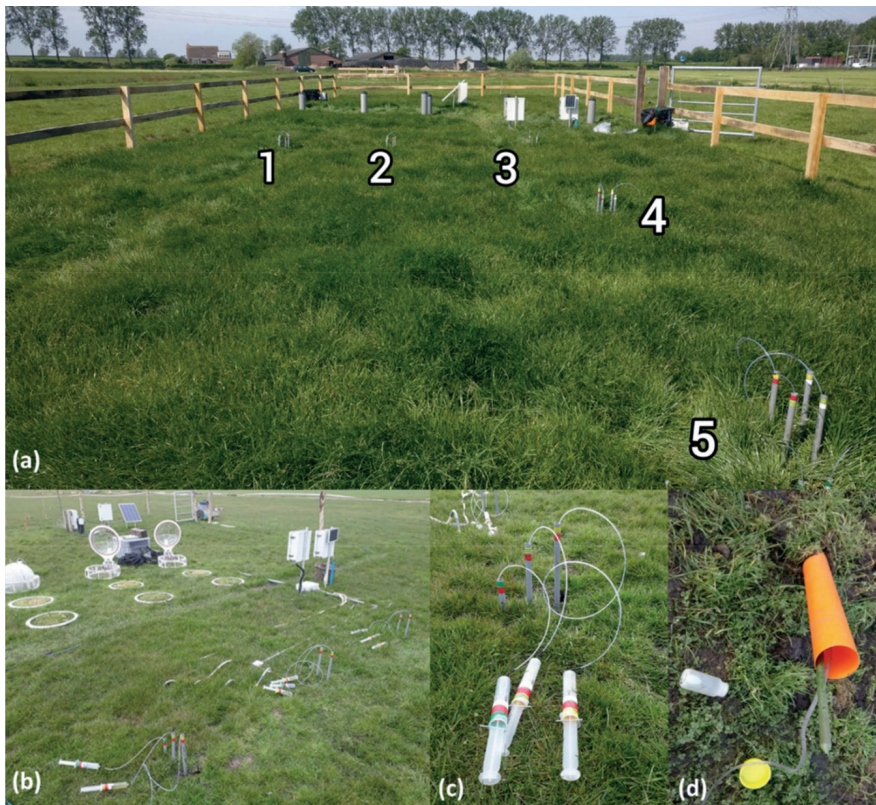
Op de respirometer worden sub-samples van gemengde bodemmonsters gemeten. De metingen zijn uitgevoerd in een vaste volgorde. Er wordt in elke serie gemeten tot stabiele waarden kunnen worden bepaald.

Onderzoek gevoeligheid van de bodem voor oxidatie

Met een zogenaamde respirometer worden bodemsamples in het lab onderzocht om te bepalen wat de snelheid van veenafbraak is onder aerobe omstandigheden met een optimale zuurstoftoevoer. Dit is op te vatten als een maat voor de oxidatiegevoeligheid van een veenlaag bij optimale blootstelling aan zuurstof. Ook wordt door het toevoegen van onder andere stikstof en fosfor onderzocht of de groei van de microbiële biomassa wordt beperkt door nutriënten.

FIG. 3.17 IMPRESSIE VAN HET BIOGEOCHEMISCH ONDERZOEK

(a) proefopzet in Rouveen met de verdeling van de 5 bemonsteringslocaties in het meetplot: locatie 1-3 liggen in een gradiënt vanaf de drainbuis, locatie 4 en 5 liggen net als locatie 3 midden tussen twee drainbuizen. (b) de bemonstering van het poriewater vond plaats in dezelfde gradiënt als dat de automatische fluxkamers zijn geplaatst (locatie Aldeboarn). (c) op iedere bemonsteringslocatie staan keramische cups op verschillende diepte geplaatst; met vacuüm spuiten werd het poriewater verzameld. (d) de drainbuizen zijn toegankelijk gemaakt met Y-stukken, via welke het drainwater werd verzameld (voorbeeld Assendelft).



H4 HOE GAAN WE VERDER?



De komende jaren verschuift de inhoud van dit onderzoek. In meetjaar 2 bouwen we nog verder aan het gedetailleerde meetsysteem (jaren 2020, 2021). Ook volgen er steeds meer investeringen in het mechanistisch begrip en het bepalen van de effecten van maatregelen (jaren 2020, 2021 en verder). In meetjaar 2 start de ontwikkeling van numerieke modellen en de uitrol van een landelijk geoptimaliseerd monitoringssysteem staat op het programma (jaren 2020, 2021 en verder).

KENNIS OVER EFFECTIVITEIT VAN MAATREGELEN OPBOUWEN

In het tweede meetjaar borgen we het huidige meetsysteem. Daarnaast wordt er in dit jaar verder geïnvesteerd in onderzoekers die werken aan het mechanistisch begrip van broeikasgasuitstoot en bodemdaling in het veenweidegebied en aan capaciteit voor data-analyse. Ook pakken we zaken op die vorig jaar zijn blijven liggen, vanwege tijdsgebrek of om budgettaire redenen. In het tweede meetjaar gaan we:

- Metingen op huidige locaties voortzetten
- Metingen die nog door lokale projecten worden gedaan overnemen
- Lachgas- en methaanmetingen op aanvullende locaties uitvoeren
- Experimentele sensoren en meetmethoden uitproberen
- Fundamenteel en mechanistisch onderzoek uitbreiden
- Modelinstrumentarium upgraden
- Eddy covariance-netwerk en airborne-metingen uitbreiden
- Broeikasgasmetingen in open water en sloten opstarten.

NIEUWE MEETSITES AANLEGGEN OP AANVULLENDE PILOTS

In het eerste meetjaar is er op de eerste vijf locaties gemeten aan onderwaterdrainage en drukdrainage en in beperkte mate hoger slootpeil en natte teelten. Dit is het moment om het pakket aan maatregelen verder uit te breiden. Tegelijkertijd ontbreken er nog typen veenlandschappen bij de huidige meetlocaties. Ook hier is uitbreiding nodig om een compleet beeld op te bouwen van de broeikasgasuitstoot in de organische gronden in Nederland. In het tweede meetjaar voegen we de volgende locaties toe aan het onderzoek:

- twee meetplots in kernmoerassen, als landschapsreferentie
- twee meetplots met natte teelten - voorgesteld lisdodde en veenmos, als extra maatregel

-
- twee meetplots bij een melkveehouderij waar met behulp van onderwaterdrainage of drukdrainage de grondwaterstand op 20 en 40 cm onder het maaiveld wordt gehouden ('geregeld hoog'), als extra maatregel
 - twee meetplots bij een melkveehouderij waar een drooglegging van circa 20 cm onder het maaiveld geldt ('ongeregeld hoog'), als extra maatregel
 - een extra meetplot bij een melkveehouderij op moerige grond, als landschapsreferentie.

Monitoring

Om de landelijke uitstoot van broeikasgassen en de bodemdaling in het veenweidegebied te volgen, is een meetsysteem nodig. Dit systeem kan ook bijdragen om de voortgang in de reductiedoelstellingen te monitoren. Dit onderdeel van het onderzoek heeft een internationale scope. Om aan te sluiten bij onderzoeken van EU-partners is het belangrijk om te werken met internationale standaarden van kwaliteitsborging van de metingen.

WELKE LESSEN ZIJN ER IN HET EERSTE MEETJAAR GELEERD?

In het eerste meetjaar kwamen we op allerlei vlakken uitdagingen tegen. De belangrijkste inzichten van een jaar lang onderzoeken hebben we onderverdeeld in vijf categorieën: methode, installatie, beheer en onderhoud, de waarde van meetreeksen en de meerwaarde van het consortium.

HOE KUNNEN WE ONZE METHODE VERBETEREN?

De locatie van bodemmetingen

Het liefst interpreteren we gasfluxmetingen met bodemvariabelen die heel dicht bij de kamers zijn gemeten. Tegelijkertijd willen we de bodem rond de kamers niet verstoren. De plaatsing van de bodemsensoren is dan ook een afweging tussen deze twee belangen. We zijn terughoudend geweest met het plaatsen van diepe sensoren en peilbuizen dicht bij de kamers. Er zijn geen signalen dat de bodemsensoren zelf grote invloed hebben gehad op de gasfluxen. Tensiometers worden ingegraven en die zijn ook het verst van de kamers geplaatst.

Funderen van peilbuizen

Om te voorkomen dat de peilbuis meebeweegt met de omliggende grond is elk exemplaar gefundeerd. Dat is belangrijk omdat de toplaag in sommige veengebieden in een jaar enkele centimeters op en neer beweegt. Een ongefundeerde peil-

buis zou meebewegen en zo het meetresultaat van de grondwaterstand niet nauwkeurig registreren.

Plaatsen van tensiometers

Bij de installatie van de tensiometers is de vochttoestand op het moment van installatie belangrijk. In een te natte bodem verhindert toestromend water een gemakkelijke installatie, in een te droge bodem is het weer moeilijk om de tensiometers ver genoeg de bodem in te duwen. De periode waarin installatie van tensiometers kan plaatsvinden, is dus redelijk beperkt en sterk afhankelijk van de weersituatie. Hier dient bij een eventuele volgende installatie rekening mee gehouden te worden in de planning.

De tensiometers zijn geïnstalleerd onder een hoek van 10° . Alleen nu blijkt (uit gegevens van de tensiometers zelf) dat de uiteindelijke hoek in sommige gevallen minder is dan 10° , waarschijnlijk mede veroorzaakt door zwel en krimp van de bodem. Dat kan bij volgende installaties voorkomen worden door bijvoorbeeld een hoek van 20° als uitgangspunt te nemen.

Een ander punt voor de installatie is de toegang tot de vulslangen van de tensiometers. Voor het vullen is het makkelijker om hiervoor de verticale coördinaat voor te gebruiken. Het blijkt lastig om niet goed functionerende tensiometers te vervangen. Dit is helaas inherent aan het type meetinstrument.

Gebruik van automatische kamers

De automatische kamers van Eosense in Aldeboarn vroegen veel aandacht vanwege kinderziektes. Meetgegevens die op zich lieten wachten, kamers die onbedoeld voor langere tijd gesloten blijven (met alle gevolgen voor het onderliggende gras en de bodem), compleet vastlopen van het systeem, kamers die niet gedetecteerd en/of worden overgeslagen tijdens de meetcyclus, defecte actuators en multiplexers. De installatie van nieuwe firmware zou de oplossing kunnen zijn, maar dat is nog onduidelijk.

De overweging is om te stoppen met het gebruik van dit systeem en over te stappen naar een ander type kamers, bijvoorbeeld die door de technische dienst van de VU zijn ontwikkeld.

Het gebruik van frames onder de kamers moeten we onderzoeken. Het frame steekt 15 centimeter in de bodem. Om zo het gas in de meetkamer zo goed mogelijk te isoleren van de buitenlucht. Alleen het zwellen en krimpen van de veenbodem is problematisch. Krimpscheuren in de zomer rondom het frame vergroten de kans op lekkage of de instroom van zuurstof en regenwater. Vergelijkingsexperimenten met en zonder frames moeten uitwijzen welke methode het meest geschikt is.

Eddy covariance-opstellingen

De eddy covariance-opstellingen op de Aldeboarn sites werken over het algemeen goed, afgezien van een paar persistente, maar niet-essentiële problemen in de dataoverdracht. De systemen dragen data automatisch over en vergen bijzonder weinig onderhoud in het veld, afgezien van incidentele problemen met stroomvoorziening in de winter en overmatig spinrag in de sensors in de herfst (eenvoudig op te lossen met lokale veldmedewerker). Wel vergt het systeem een dagelijkse online check. Ook moet het gras in de omgeving van de sensors worden bijgehouden, en de grashoogte regelmatig gemeten als een van de omgevingsvariabelen.

Deze eddy covariance-opstellingen zijn met subsidie van Provincie Friesland opgebouwd en gebruikt – nog vóór het NOBV is opgericht. Wij financierden een upgrade van de CO₂-sensors, maar niet van de dataopslag-apparatuur. De metingen op lage hoogte geven een voetafdruk die goed binnen de meetpercelen valt (<100 m lengteschaal), maar alleen als de wind uit het zuidwesten (tussen de 200 en 290 graden) komt.

Op deze kleine schaal werkt een EC-meetsysteem heel goed en levert ook genoeg data op. Alleen zou het systeem idealiter snel verplaatsbaar moeten zijn, om zo vrij eenvoudig in te spelen op wisselende windrichtingen. Upgrade naar een compacter systeem, zoals Licor Smartflux systeem, zou goed zijn.

WAAR MOETEN WE IN HET VERVOLG GOED OP LETTEN BIJ DE INSTALLATIE?

De opzet van locaties is zodanig dat de meetopstellingen zoveel als mogelijk op dezelfde manier zijn ingericht.

Dat is ook op alle locaties gelukt voor de omgevingsvariabelen en de grondmetingen. Alle dataloggers zijn verbonden met een 4G-modem waardoor honderden variabelen tijdsynchroon gemeten en verstuurd worden naar een centrale plek. Op alle percelen zijn energievoorzieningen (220V) aangelegd om de meetvoorzieningen

van energie te voorzien. Een accu/zonnepaneel-combinatie dient als back-upsysteem voor de meetopstellingen.

- De CO₂-kamersystemen hebben een lange levertijd. De keuze viel op twee typen (Eosense & een eigen VU-product). De gasanalyzer is overal hetzelfde. Het gaat om betrekkelijke nieuwe opstellingen met kinderziektes.
- Het duurde lang voordat op alle locaties hekken en stroom waren geplaatst. Het is belangrijk om de bescherming van kabels en sensoren anders aan te pakken. Slangen van PVC en PE beschermen wel tegen ongedierte en UV, maar perceelonderhoud vormt een risico. Voor het onderhoud van alle installaties in het veld wordt nog een protocol uitgewerkt om zo snel mogelijk in te grijpen bij uitval.

Periode van installatie meetinstrumenten en bemonstering

Het eerste meetjaar begon in de nazomer van 2019. Na het bestellen van instrumenten was het onvermijdelijk om in het natte seizoen te installeren en/of te bemonsteren. Dan is de draagkracht van de verzadigde veengrond veel lager dan in droge periodes. Het is aan te raden om veldwerk (installatie, bemonstering, boren) zoveel mogelijk uit te voeren in het droge seizoen, bij voorkeur in het voorjaar of najaar.

Beheer en onderhoud

Het maaien van de plots is tijdrovend en levert een risico op voor de instrumenten. Want een maaimes of grasschaar beschadigt makkelijk een kabel. Het gras in de plots groeit snel en bereikt al binnen een maand hoogtes van 30 cm of meer. Dan zijn ongemarkeerde instrumenten niet meer zichtbaar voor degene die maait.

Ingrepen om onderhoud en veiligheid te verbeteren:

- Markeer ieder instrument zodat de exacte locatie ook zichtbaar is boven hoog gras
- Bescherm kabels door ze boven het gras te hangen of in te graven
- Knip het gras met de hand op plekken waar veel instrumenten bij elkaar staan
- Vervang markeringen van looppaden en vakken in de plot door paaltjes die eenvoudig opgetild en weer teruggezet kunnen worden tijdens het maaien
- Laat gereedschap en apparatuur nooit in het gras liggen
- Plaats matten met gaten om de kwetsbare bodem te beschermen in de winter

Dilemma: vaker maaien is een optie, maar betekent ook een extra kans op beschadigingen. In het tweede meetjaar investeren we in een robuustere inrichting van de sites en geven instructies aan de veldmedewerkers.

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.



STOWA

Postbus 2180

3800 CD Amersfoort

Bezoekadres

Stationsplein 89, vierde etage

3818 LE Amersfoort

t. 033 460 32 00

e. stowa@stowa.nl

i. www.stowa.nl

.....

COLOFON

Amersfoort, juni 2021

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Tekst

Gilles Erkens, Sanneke van Asselen, Saskia Hommes, Roel Melman, Hans van Meerten, Harry van Essen - Deltares, Delft.
Merit van den Berg, Ralf Aben, Christian Fritz - Radboud Universiteit Nijmegen, Nijmegen.
Rudi Hessel, Daniel van de Craats, Harry Massop, Paul Gerritsen, Jan van den Akker, Jordy van 't Hull, Gerard Velthof - Wageningen Environmental Research, Wageningen.
Ype van de Velde, Ko van Huissteden, Jim Boonman, Ron Lootens - Vrije Universiteit Amsterdam, Amstelveen.
Mariet Hefting, Joost Keuskamp - Universiteit Utrecht, Utrecht.
Ronald Hutjes, Bart Kruijt, Wietse Franssen Wageningen Universiteit & Research, Wageningen.
Bas van de Riet, Gijs van Dijk, Fons Smolders - Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen

Redactie | Pascal Viskil met begeleiding van Pui Mee Chan, Erik Jansen, Suzanne Verkoren

Met medewerking van

Corine van den Berg (Waternet), Jan Oostdam (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Michelle Talsma (STOWA), Paule Schaap (Provincie Fryslân), Jan Strijker (Provincie Zuid-Holland)

Het NOBV wordt mogelijk gemaakt door:

Ministerie van Landbouw, natuur en voedselkwaliteit, STOWA, Deltares, Radboud Universiteit Nijmegen, Wageningen Environmental Research, Vrije Universiteit Amsterdam, Universiteit Utrecht, Wageningen Universiteit & Research, B-WARE, Kytalyk Geoscience, Technische Universiteit Delft, Flevo Instruments, Provinsje Fryslân, Provincie Noord-Holland, Provincie Overijssel, Provincie Utrecht, Provincie Zuid-Holland,

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, Waterschap Drents Overijsselse Delta, Wetterskip Fryslân, Innovatieprogramma Veen Noord-Holland, Regio Deal Bodemdaling Groene Hart, Veenweiden Innovatiecentrum en de grondeigenaren en terreinbeheerders die het programma faciliteren.

Begeleidingscommissie

Wouter Berkhout (Provincie Overijssel), Niek Bosma (Wetterskip Fryslân), Pui Mee Chan (STOWA), Francis de Graaf (Waterschap Drents Overijsselse Delta), Jantine Hoekstra (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Erik Jansen (STOWA), Harm de Jong (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Niel de Jong (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Linda Kuil (Waterschap Drents Overijsselse Delta), Hans Mankor (Provincie Utrecht), Anne Marieke Motelica (Waterschap Amstel, Gooi en Vecht), Martijn Näring (Hoogheemraadschap van Delfland), Tim Pelsma (Waterschap Amstel, Gooi en Vecht), Paule Schaap (Provincie Fryslân), Jan Strijker (Provincie Zuid-Holland)

Opdrachtgevers | Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en STOWA

Vormgeving | Vormgeving Studio B, Utrecht

Afbeeldingen | iStock, NOBV

STOWA 2021-28

ISBN 978.90.5773.924.8

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

