

De toekomst van ons veenweidelandschap

Wetenschappelijk
artikel

Over vernatten, optoppen en veenmosteelt

Het veenweidegebied is een karakteristiek Nederlands landschap, maar ook een 'zorgenkindje'. Door ontwatering wordt de veenbodem afgebroken, waarbij het hierin opgeslagen koolstof als koolstofdioxide (CO₂) naar de atmosfeer verdwijnt. Er is een zekere urgentie om maatregelen te nemen die de veenoxidatie en de hiermee samenhangende bodemdaling kunnen remmen. In dit artikel leveren we, aan de hand van een overzicht van de veenweideproblematiek, nieuwe inzichten die kunnen bijdragen aan een meer duurzame inrichting van het veenweidelandschap.

In Noord- en West-Nederland hebben we bij elkaar ruim 220.000 ha aan veenweidegebieden. Het land wordt voornamelijk gebruikt als productiegrasland voor de grondgebonden melkveehouderij. Deze heeft belang bij een voldoende lage grondwaterstand vanwege de draagkracht van het land, beperking van de vertrappingsschade en een hoge grasopbrengst, maar de keerzijde daarvan is een voortschrijdende veenbodemdaling van gemiddeld 5 tot 10 mm per jaar (Kwakernaak et al., 2010) en een broeikasgasuitstoot waarvoor de schattingen uiteenlopen van 20-30 ton CO₂-eq per ha per jaar (o.a. Kwakernaak et al., 2010; Wilson et al., 2016; Van de Riet et al., 2018). Daarnaast leidt de continue afbraak van veen tot een slechte waterkwaliteit in sloten, kanalen en plassen, zowel door nutriëntenuitspoeling als door baggerproductie (Smolders et al., 2013). Wanneer de huidige vorm van landgebruik wordt voortgezet, blijft het maaiveld in het veenweidelandschap dalen en neemt zowel de maatschappelijke als de ecologische schade verder toe (PBL, 2016). Het is dan ook van groot belang om de bodemdaling en de hiermee gepaard gaande emissie van broeikasgassen (met name CO₂) te stoppen. Er is urgent behoefte aan nieuwe inzichten die kunnen bijdragen aan een duurzamere landschapsinrichting van het Nederlandse veenweidegebied en behoud van de veenbodem.

Vernatten door onderwaterdrainage

Om veenoxidatie en maaiveldaling te stoppen moet het diepere, nog intacte, veenpakket jaarrond waterverzadigd blijven. Dit lukt echter niet door in de zomermaanden het waterpeil in de sloten hoog op te zetten: door de slechte doorlatendheid van het veen en verdamping in warme en droge periodes zakt de grondwaterstand in het perceel toch uit, veelal zelfs tot in het 'intacte veen'. Hierdoor ontstaan in de zomer holle grondwaterprofielen in de percelen.

Om de diepere, intacte veenbodem permanent nat te houden wordt momenteel geëxperimenteerd met onderwaterdrainage en drukdrainage (Van den Akker et al., 2010). Hiermee kan in de zomermaanden via drainagebuizen oppervlaktewater worden aangevoerd in de percelen, zodat het intacte veen nat blijft, waarbij gebruik gemaakt wordt van afgedamde sloten of, bij drukdrains, van waterreservoirs (pompputten). In natte tijden werken de drainagebuizen als drains en voeren ze overtollig water af, waardoor de draagkracht van het perceel in het voorjaar verbetert (van den Akker et al., 2010). De werking en effectiviteit van dit systeem is overigens sterk afhankelijk van de eigenschappen van het veen (o.a. doorlatendheid), de druk van het water en de afstand waarop de drainagebuizen van elkaar liggen.

Het nadeel is, behalve de hoge kosten van het aanleggen, dat er in droge perioden veel water beschikbaar moet

veenweiden
bodemdaling
veenoxidatie
broeikasgasemissie
transitie in landgebruik
innovatie

A.J.P. (Alfons) Smolders
Onderzoekcentrum B-WARE &
Radboud Universiteit Nijmegen,
Postbus 6558, 6503 GB
Nijmegen
A.Smolders@b-ware.eu

B.P. (Bas) van de Riet
Onderzoekcentrum B-WARE &
Radboud Universiteit Nijmegen

J.M.H. (José) van Diggelen
Onderzoekcentrum B-WARE &
Radboud Universiteit Nijmegen

G. (Gijs) van Dijk
Onderzoekcentrum B-WARE &
Radboud Universiteit Nijmegen

J.J.M. (Jeroen) Geurts
Onderzoekcentrum B-WARE &
Radboud Universiteit Nijmegen

L.P.M. (Leon) Lamers
Onderzoekcentrum B-WARE &
Radboud Universiteit Nijmegen

Foto **Loek Londo**
Zuiderwoude, Noord-Holland



Figuur 1 Gemiddelde verloop van de relatieve concentraties van verschillende elementen in het bodemprofiel van vier veenweide percelen in het Wormer- en Jisperveld in Noord-Holland (Van Diggelen *et al.*, 2013). Verlies van organisch stof (org. stof) in de toplaag gaat gepaard met een sterke ophoping van nutriënten en ijzer.

Figure 1 Average relative concentration of chemical elements along depth profiles in four peat meadows in Wormer-Jisperveld, Noord-Holland (Van Diggelen *et al.*, 2013). The loss of organic matter in the topsoil layer coincides with a strong accumulation of nutrients and iron.

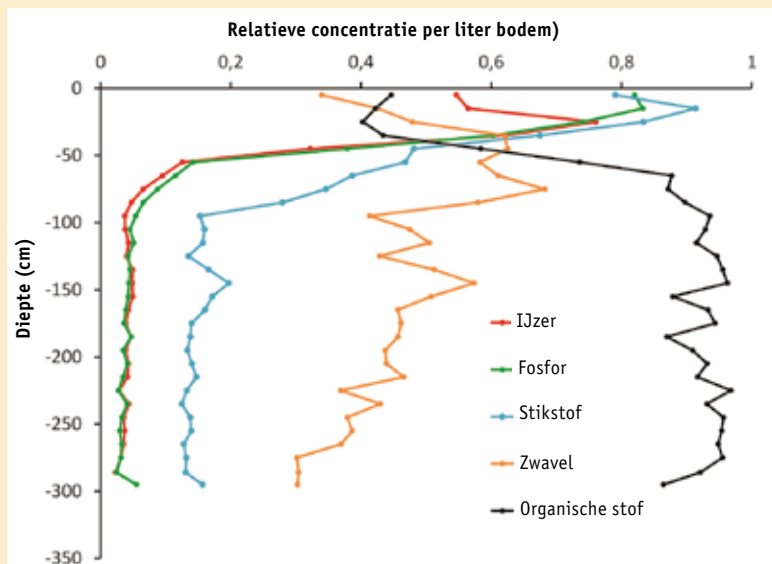
De gelaagde opbouw van de veenweidebodem

Wanneer 'intacte' veenbodem wordt drooggelegd en blootgesteld aan zuurstof, wordt organisch materiaal geoxideerd/afgebroken, waarbij CO_2 ontwijkt naar de atmosfeer. De veenbodem bestaat niet alleen uit koolstof (C), maar ook uit allerlei andere elementen waaronder stikstof (N) en fosfor (P). N komt na veenafbraak vooral vrij als ammonium (NH_4^+) en kan worden geoxideerd naar nitraat (NO_3^-). Veenweidepercelen staan er dan ook om bekend dat ze relatief veel N naleveren dat weer kan worden opgenomen door het gewas.

Vanwege de voormalige invloed van de zee, en in diepere polders de invloed van brak en zout grondwater, is het veen in West-Nederland rijk aan gereduceerd zwavel (sulfide) dat gebonden is aan ijzer (Fe) in de vorm van 'pyriet'. Gereduceerd zwavel komt na oxidatie vrij als sulfaat (SO_4^{2-}), wat zeer mobiel is en gemakkelijk uitspoelt. Hierbij komt ook gereduceerd Fe vrij dat grotendeels oxideert tot zeer slecht oplosbare ijzer(III)(hydr)oxides ('roest').

Bij de afbraak van het organisch materiaal komt echter ook P vrij. Dit is weinig mobiel en hoopt op in de geoxideerde, veraarde toplaag, omdat het sterk bindt aan de bij oxidatie gevormde ijzer(III)(hydr)oxides. Daarnaast wordt P, net als N overigens, ook door bemesting aangevoerd, waarvan het overschot - het deel dat niet wordt opgenomen en afgevoerd via het gewas - ook bindt aan de ijzer(hydr)oxides. In de veenweiden is in de bovenste 50 cm naar schatting wel 2000 kg P per hectare vastgelegd (Smolders *et al.*, 2013).

Door eeuwenlange drainage is de toplaag van de veenbodems, onder invloed van oxidatieprocessen, steeds armer aan organisch materiaal en steeds rijker aan Fe en P geworden (figuur 1). Hierdoor zijn er in het resterende bodemprofiel twee bodemlagen te onderscheiden: een toplaag van 30-50 cm zeer sterk veraard veen, die bestaat uit datgene wat er overblijft van het veen na oxidatie en wat er als gevolg van agrarisch gebruik is aangevoerd (kleideeltjes, ijzer(hydr)oxides en recalcitrant organisch materiaal dat slecht afbreekbaar is). Daarnaast bevat deze toplaag reactief organisch materiaal dat bestaat uit resten van de grassen die momenteel de veenweides domineren. Onder de veraarde veenlaag ligt een intact veenpakket dat wordt gekenmerkt door een hoog organische stof- en relatief hoog S-gehalte, met relatief lage gehalten aan Fe, P en N.



zijn om de veenbodem nat genoeg te houden. Rozemeijer *et al.* (2019) berekenden dat voor peilvakken met gemiddeld 10% onderwaterdrainage de regionale watervraag toeneemt met 8% (bij 5-10 cm verhoging van de laagste grondwaterstand) tot 36% (bij 30-40 cm verhoging van de laagste grondwaterstand). Ook kunnen de buizen in natte periodes of na regenbuien veel nutriënten afvoeren naar de sloten.

Hoewel er van onderwater- en drukdrains veel verwacht wordt, dragen ze slechts ten dele bij aan het tegengaan van veenoxidatie en bodemdaling. Lopend onderzoek van de Radboud Universiteit laat zien dat onderwaterdrainage niet vanzelfsprekend leidt tot verminderde CO₂-uitstoot, zelfs als de grondwaterstand hiermee verhoogd wordt. De effectiviteit van drukdrainage wordt momenteel onderzocht.

Vernatten door permanente inundatie

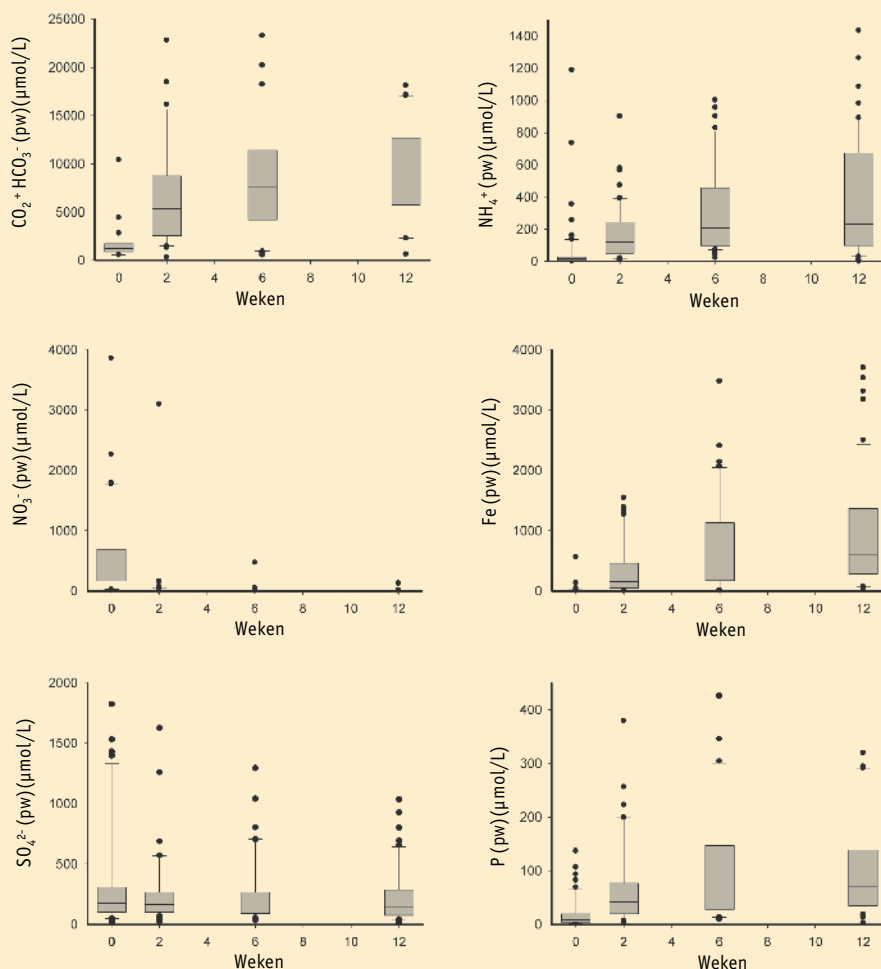
Om bodemdaling tegen te gaan kan ook gekozen worden voor inundatie van veenweidepercelen gedurende het grootste deel van het jaar. Dit geeft verreweg de beste garantie dat de intacte veenlaag permanent waterverzadigd blijft en dus niet verder zal oxideren. Omdat voor permanente vernatting het regenwateroverschot in de winter kan worden vastgehouden is de watervraag in de zomer ook lager. Een belangrijk nadeel van het permanent vernatten van veenweidebodems is dat er meer nutriënten kunnen uitspoelen naar het oppervlaktewater. Bovendien kunnen er bij de anaerobe oxidatie uit het reactieve organisch materiaal in de toplaag van de bodems ook (tijdelijk) behoorlijke hoeveelheden methaangas (CH₄) worden geproduceerd (Harpenslager *et al.*, 2015). Methaan is een 34 maal krachtiger broeikasgas dan CO₂ (Myhre *et al.*, 2013), waardoor het positieve effect van het stoppen van aerobe veenoxidatie deels weer ongedaan wordt gemaakt. De methaan-

productie piekt overigens vooral in de eerste jaren na vernatting en wordt in de atmosfeer relatief snel afgebroken, op de langere termijn leidt vernatting altijd tot een lagere broeikasgasemissie (Günther *et al.*, 2019).

Natte landbouw

De mobilisatie van nutriënten door permanente inundatie biedt ook kansen voor duurzame vormen van natte landbouw ('paludicultuur'), waarbij gewassen worden verbouwd die juist goed gedijen onder natte omstandigheden (Joosten *et al.*, 2012; Fritz *et al.*, 2014; Wichtmann *et al.*, 2016; Geurts *et al.*, 2017). Hierbij kan gedacht worden aan lisdodde (*Typha*), riet (*Phragmites*), veenmos (*Sphagnum*), maar ook wilde rijst (*Zizania*) of kroosvaren (*Azolla*). Deze gewassen kunnen te vermarkten producten opleveren. Lisdodde kan bijvoorbeeld gebruikt worden als veevoer, isolatiemateriaal of biobrandstof (Fritz *et al.*, 2014; Wichtmann *et al.*, 2016). Riet vindt toepassing als brandstof voor biomassacentrales, maar ook als dakbedekking en voor de productie van papier en bouwmaterialen. Wilde rijst is een zeer smakelijke graansoort die op grote schaal in Noord-Amerika wordt verbouwd. *Azolla* kan onder andere gebruikt worden als veevoeder, groenbemester en voor de productie van eiwitten (Smolders & Van Kempen, 2015; Brouwer, 2017). Vanwege de symbiose met stikstoffixerende bacteriën is er voor *Azolla* altijd voldoende N beschikbaar en is de groei vooral P-gelimiteerd. Daarom kan *Azolla* ook worden ingezet voor het uitmijnen van natte landbouwgronden (versneld afvoeren van P door de beschikbaarheid van de overige nutriënten (N en K) optimaal te houden), zodat deze bodems op termijn kunnen worden omgevormd naar soortenrijke moerasnatuur zonder dat de zeer fosforrijke toplaag hoeft te worden verwijderd. Op dit moment wordt er binnen het NWO TTW-project

Effecten van vernatten op biochemische processen



Figuur 2 Verloop van concentraties van gasen, ionen en elementen in het poriewater (pw) van de toplaag van

veenweidepercelen na vernatting (data uit rapportages Van Diggelen & Smolders 2016 en 2018).

Figure 2 Concentrations of dissolved gasses, ions and elements in porewater (pw) collected from the topsoil layer of rewetted

peat meadows (data from Van Diggelen & Smolders, 2016; 2018).

Na inundatie is er geen zuurstof meer beschikbaar in de bodem, waardoor de microbiële afbraak van het reactieve organische stof anaeroob plaatsvindt, waarbij in plaats van zuurstof alternatieve elektronenacceptoren gebruikt worden. Deze anaerobe afbraak gaat veel langzamer dan met zuurstof, de mate waarin deze plaatsvindt wordt bepaald door de beschikbaarheid van zowel reactief (gemakkelijk afbreekbaar) organisch materiaal als van alternatieve elektronenacceptoren. In de intacte veenbodem is weinig reactief organisch materiaal aanwezig, het onder anaerobe omstandigheden geaccumuleerde veen kan daarom vooral goed worden afgebroken wanneer er een zeer krachtige elektronenacceptor, zoals zuurstof, aanwezig is.

In de veraarde, geoxideerde toplaag daarentegen is wel reactief organisch materiaal aanwezig, in de vorm van recent afgestorven plantenresten. Bovendien zijn er in deze toplaag ook veel alternatieve elektronenacceptoren aanwezig, zoals NO_3^- , driewaardig ijzer (Fe^{3+}) en SO_4^{2-} . Na zuurstof is NO_3^- energetisch de meest gunstige elektronenacceptor en zal dus het eerst gebruikt worden bij de anaerobe afbraak, waarbij het wordt omgezet naar stikstofgas (N_2) of lachgas (N_2O , een sterk broeikasgas van 265 CO_2 -eq). Incubatie-experimenten met toplagen van veenweidebodems laten zien dat NO_3^- na vernatting relatief snel verdwijnt uit het poriewater. Vervolgens worden Fe^{3+} (hydr)oxiden gereduceerd, waarbij gereduceerd ijzer (Fe^{2+}) en P vrijkomen (Smolders *et al.*, 2013; figuur 2). Omdat de meeste veraarde veenweidebodems een grote voorraad Fe^{3+} bevatten, is ijzerreductie hier bijna altijd het dominante proces voor de anaerobe afbraak van organisch stof. In geoxideerde veenbodems kan ook veel reactief organisch materiaal gebonden zijn aan ijzer(III)(hydr)oxides. Door ijzerreductie komt dit beter beschikbaar voor anaerobe afbraak (Wen *et al.*, 2019), waardoor een positieve terugkoppeling ontstaat die kan leiden tot een versnelde afbraak van reactief organisch materiaal en mobilisatie van P en NH_4^+ .

Door anaerobe oxidatie van het reactieve organische materiaal in de toplaag komt anorganisch koolstof (C), N en P vrij in de vorm van respectievelijk CO_2 en bicarbonaat (HCO_3^-), NH_4^+ en PO_4^{3-} (figuur 2). Daarnaast wordt ook methaan geproduceerd. Bovendien komt er P vrij door de reductie van ijzer(III)(hydr)oxiden. Wanneer deze worden gereduceerd tot Fe^{2+} kan er minder P worden gebonden.

In hoeverre zich NH_4^+ , Fe^{2+} en P ophoopt in het poriewater van de geïnundeerde veenweidebodem hangt af van de mate waarin (re-) adsorptie van deze ionen plaatsvindt in de bodem.

AZOPRO onderzoek gedaan naar het optimaliseren van zowel de productie als de ecosysteemdiensten (o.a. reductie broeikasgasemissies, P-recycling) van Azolla.

Optoppen

Onder de huidige voedselrijke condities is het niet mogelijk om natte schraallanden of voedselarme moerasnatuur in het veenweidegebied te laten ontwikkelen. Er ontstaan enkel kansen voor natte natuurontwikkeling met biodiversiteit wanneer de voedselrijke toplaag wordt afgeplagd. Het probleem van het plaggen van veenweidepercelen is dat er een bestemming moet worden gevonden voor de verwijderde voedselrijke toplaag. Daarbij lijkt maaiveldverlaging op het eerste gezicht een merkwaardige maatregel om bodemdaling tegen te gaan.

In dit kader hebben wij een nieuw concept bedacht, het 'optoppen' (figuur 3), waarbij zowel landbouw als natuur voordeel kunnen hebben. Het gaat bodemdaling tegen en vermindert daarbij zeer sterk de uitstoot van broeikasgassen (van Diggelen *et al.*, in druk). Optoppen houdt in dat in delen van het veenweidegebied de voedselrijke, veraarde laag wordt afgegraven ten behoeve van natuurontwikkeling (of, bij onvolledige verwijdering van de voedselrijke toplaag, paludicultuur). De vrijgekomen voedselrijke veengrond wordt vervolgens verplaatst naar nabijgelegen gebieden. Dit maakt het mogelijk om na peilverhoging het gangbare agrarische gebruik daar voort te zetten bij een vergelijkbare drooglegging als voorheen. Eventueel kan dit in combinatie met onderwaterdrainage. Na optoppen bestaat in het landbouwdeel de bodemlaag waarin de waterstandsfluctuaties plaatsvinden uit veraarde veenbodem die minder gevoelig is voor aerobe veenafbraak; de daaronder liggende intacte veenbodem blijft permanent nat. Daardoor zullen de bodemdaling en CO₂-uitstoot sterk reduceren. In het natuurdeel wordt de voor oxidatie gevoelige intacte

veenbodem semi-permanent geïnundeerd, waardoor hier de oxidatie in ieder geval zeer sterk zal afnemen. Bij inrichting op gebiedsniveau kunnen uiteraard ook iets voedselrijkere en relatief natte overgangszones worden gecreëerd, die geschikt zijn voor bijvoorbeeld extensief beheerde veenweidegraslanden met weidevogels.

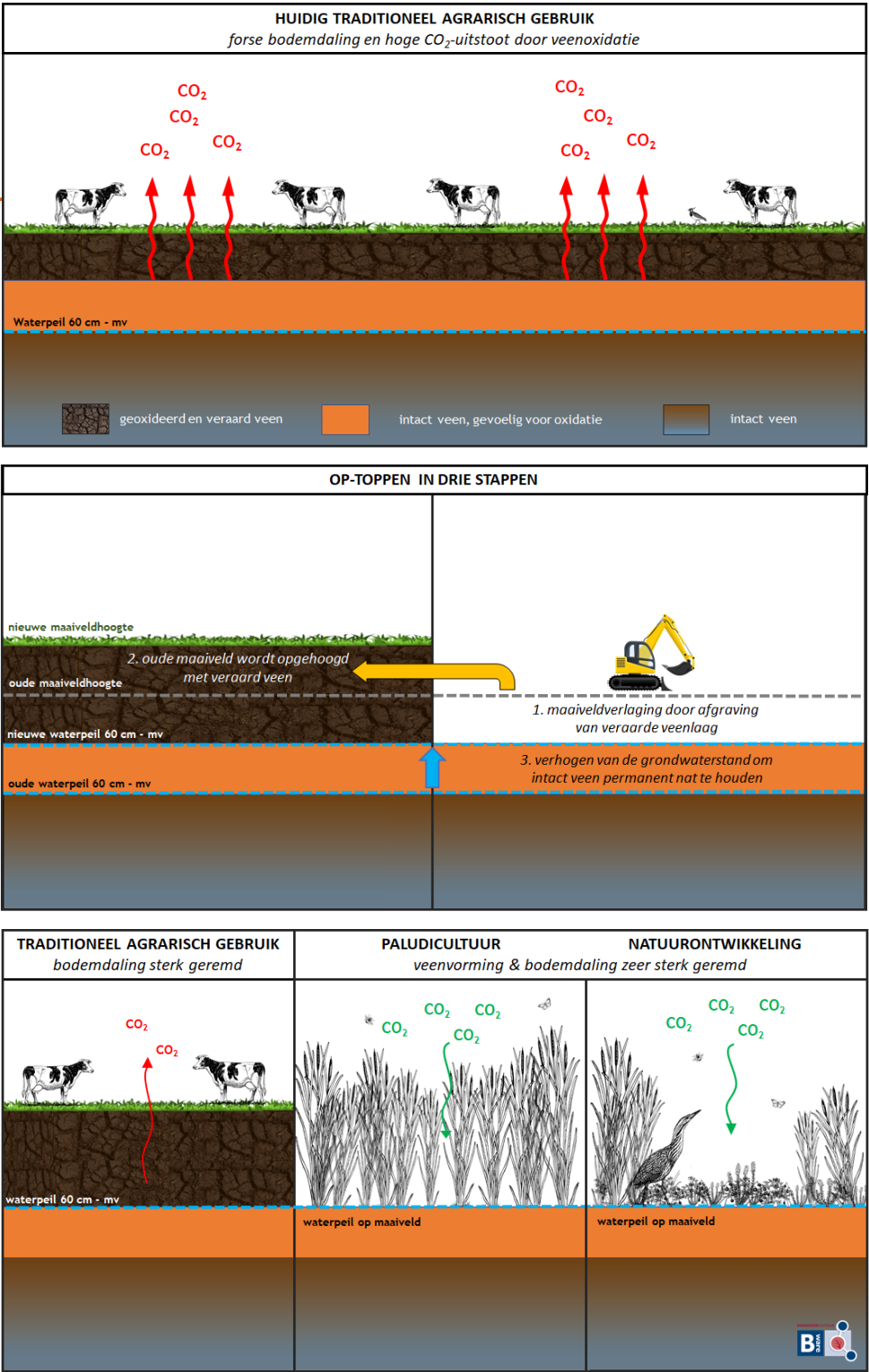
Het grote voordeel van optoppen is dat diverse belangrijke functies van het veenweidegebied (natuur en landbouw) worden geoptimaliseerd en bodemdaling (en daarmee de uitstoot van broeikasgassen) wordt beperkt. Bovendien kan de traditionele 'droge' veeteelt in een deel van het veenweidegebied tot ver in de toekomst worden gehandhaafd, terwijl er tevens meer water kan worden vastgehouden in het landschap.

Veenmosteelt

Door afgraven tot op het intacte veen ontstaat een voedselarme uitgangssituatie voor natuurontwikkeling. Wanneer het intacte veen aan het maaiveld komt te lig Voor optimale groei van veenmossen is een constant hoge waterstand van belang; bij grondwaterstanden die langdurig dieper wegzakken dan 10 cm –mv worden veenmossen geremd in de groei en kunnen ze zich meestal ook niet permanent vestigen (Gaudig *et al.*, 2018). Waterstanden boven maaiveld zijn echter ook ongewenst, omdat de kwaliteit van het oppervlaktewater in het veenweidegebied grotendeels wordt bepaald door de kwaliteit van het boezemwater. Puur boezemwater is in West-Nederland ongeschikt voor inundatie van veenmosweides, omdat het rijk is aan ionen en nutriënten. Uit recent onderzoek is gebleken dat veenmossen relatief veel ionen kunnen verdragen, behalve HCO₃⁻ (Van de Riet *et al.*, 2018; Koks *et al.* in druk). De onderliggende mechanismen hierachter worden nog verder onderzocht. Om veenmosweides aan te kunnen leggen moet daarom gezorgd worden voor voldoende zwak gebuf-

Figuur 3 Schematisch overzicht van optoppen. Boven: Het traditionele landgebruik in veenweiden bestaat overwegend uit grondgebonden melkveehouderij. Door de relatief diepe drooglegging daalt de veenbodem fors en komt veel CO₂ vrij. Midden: het concept van optoppen gaat uit van drie stappen: (1) het verwijderen van de veraarde veenlaag van een deel van de percelen; (2) het ophogen van het bestaande graslandperceel met veraard veen; (3) het verhogen van de grondwaterstand waardoor het intacte veen permanent nat wordt gehouden. Onder: het opgehoogde perceel heeft een drooglegging die voldoende is om graslandgebruik voort te zetten. Doordat de bodem boven de grondwaterspiegel uit veraard veen bestaat zal de bodemdaling en CO₂-uitstoot sterk gereduceerd zijn.

Figure 3 Schematic overview of the new concept 'optoppen' ('layering up'). Upper panel: Land-related dairy farming is the most common land use in peat meadows. Drainage of these peatlands causes soil subsidence and large CO₂-emissions. Middle panel: 'Optoppen' is done in three steps: (1) removal of the earthified topsoil; (2) raising the surface level of the meadow using the excavated topsoil material; (3) raising the waterlevel to ensure the intact peat body is permanently waterlogged. Lower panel: in the new situation the drainage depth of the meadow remains suitable for continuation of dairy production. Peatland subsidence and CO₂ emissions will be strongly reduced since the drained soil layer consists of earthified peat and the intact peat layers remain permanently waterlogged.

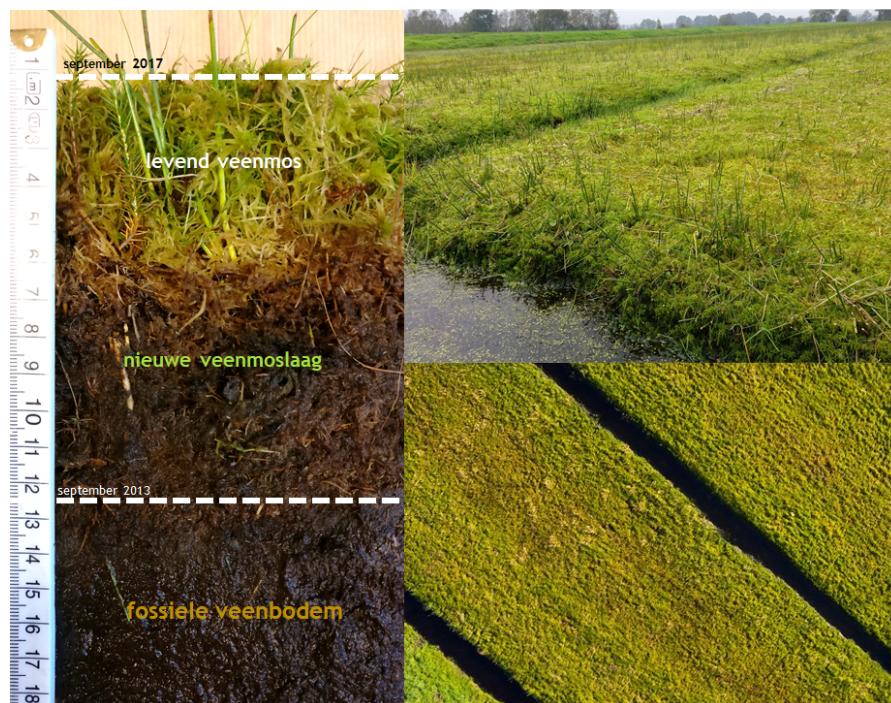


ferd water, bijvoorbeeld door opslag van regenwater. Momenteel wordt onderzocht of dit in de zomer kan worden aangevuld met onthard boezemwater: door aanzuren van oppervlaktewater kan het HCO_3^- namelijk worden omgezet in CO_2 waardoor het niet meer schadelijk is voor veenmossen. Een aandachtspunt hierbij is dat een te hoge aanvoer van nutriënten kan leiden tot de dominantie van vaatplanten, wat de instandhouding van een door veenmossen gedomineerde vegetatie in de weg kan staan en extra (maai)onderhoud zal vergen (Van de Riet et al., 2018).

De ervaringen uit het project 'Omhoog met het Veen' laten zien dat veenmos in vier jaar tijd al 8 cm organisch materiaal kan accumuleren, in veenmospercelen in Duitsland is een groei van 3-6 cm per jaar gevonden (Van de Riet et al., 2018; Fritz et al., 2014; figuur 4). De door veenmosgroei ontstane nieuwe veenbodem, ook wel acrotelm genoemd, werkt als een spons waardoor het zeer goed regenwater vasthoudt en er steeds minder water nodig is om de veenmosweides nat te houden. De veenmosweides kunnen uiteindelijk worden omgevormd in een hoogveenvormende vegetatie door soorten als hoogveen-veenmos (*S. magellanicum*) en wrattig veenmos (*S. papillosum*) te introduceren.

Synthese

Er bestaat een palet aan mogelijke maatregelen die de veenoxidatie, bodemdaling en eutrofiëring in het veenweidelandschap sterk kunnen verminderen. Deze kunnen worden gebruikt voor het opstellen van omgevingsvisies, die richting geven aan de toekomst van het huidige veenweidegebied op zowel landelijke, provinciale als gemeentelijke schaal. Een combinatie van maatregelen, afhankelijk van de lokale omstandigheden, biedt kansen voor een gezonder landschap met zowel gebruiks- als natuurwaarden. Door optoppen en/of het gebruik van



Figuur 4 Links: Project Omhoog met het Veen, Ilperveld. Veenmosontwikkeling op een voormalige veenweidegrasland; bovenop de fossiele, veraarde veenbodem is in drie jaar tijd een centimeters dikke laag veenmosveen gevormd.

Rechts: De veenmospercelen (14,5 ha) in het Hankhausermoor bij Rastede (Duitsland). Sinds 2011 wordt door o.m. de Universiteit van Greifswald onderzoek gedaan naar de productie en oogst van veenmos en vervolgens het gebruik van veenmosbiomassa als alternatief voor turf in substraten. Foto's: Bas van de Riet, Lensescape.org.

Figure 4 Left: Project AddmireNL, Ilperveld. Sphagnum farming on a former peat grassland; within three years a new layer of Sphagnum peat ('white peat') has been formed on top of a fossil peat soil.

Right: Sphagnum production fields in the Hankhausermoor near the village Rastede (Germany). At this field site (14.5 ha), the University of Greifswald and others investigate the production and harvesting of Sphagnum biomass, as well as its application as substitute for fossil peat in horticultural substrates. Photo's: B. van de Riet, Lensescape.org.

(onderwater)drukdrainage kan een deel van ons karakteristieke veenweidelandschap blijven bestaan terwijl de bodemdaling (sterk) kan worden geremd. Landbouw in combinatie met vernatting (paludicultuur, natte teelten en veenmosweides) kan een goed alternatief vormen voor de traditionele droge veeteelt. Daarnaast kan een deel van het veenweidegebied weer worden omgevormd naar de vroegere door veenmos gedomineerde hoogveennatuur. Hierbij kan de karakteristieke openheid van het landschap grotendeels intact blijven.

Dat deze transitie noodzakelijk is, staat vast. Voor het veenweidegebied wordt gestreefd naar een reductie van de uitstoot van 1 megaton CO₂-eq voor 2030 (Klimaatakkoord, 2019). Hoewel de urgentie voor veenbehoud steeds groter wordt, zal deze transitie van het landschap echter nog de nodige tijd vergen. Ondertussen wordt er volop geëxperimenteerd met mogelijke maat-

regelen, zoals paludicultuur (inclusief veenmosteelt) en onderwater(druk)drainage. Ook is er belangstelling om met optoppen te gaan experimenteren. De komende decennia zal ons veenweidelandschap onvermijdelijk een metamorfose ondergaan, maar het zal zeker niet minder interessant en mooi worden. We zullen in deze landschapshistorisch gezien nieuwe fase een meer divers landschap terugkrijgen. En vooral: een veenlandschap met toekomstperspectief.

Summary

The future of our peat meadow landscape. About rewetting, 'optoppen' ('layering up') and peat moss cultivation (Sphagnum farming)

Alfons Smolders, Bas van de Riet, José van Diggelen, Gijs van Dijk, Jeroen Geurts & Leon Lamers

peat meadow, soil subsidence, peat oxidation, greenhouse gas emissions, land use transition, innovation

The cultivated peat meadow landscape is a characteristic Dutch landscape, but it also provokes serious problems. As a result of severe drainage, the peat soil becomes aerated and decomposes fast, resulting in the emission of the stored carbon as CO₂ into the atmosphere. There is a sense of urgency to take measures that can inhibit fast peat oxidation and the associated greenhouse gas emis-

sion and land subsidence. In our article, various measures are discussed that can bring a halt to these processes. We discuss the consequences of waterlogging peat meadow soils, and the opportunities this approach offers for new types of wet agriculture and paludiculture, including the cultivation of peat mosses. The new concept of 'op-toppen' ('layering up') is discussed. This concept involves the removal of the top layer of part of an area, after which water levels can be raised without excessive methane emission and nutrient mobilization. The removed, nutrient-rich topsoil can subsequently be used in drained, subsiding peatlands that are still in agricultural use, enabling maintenance of traditional agriculture on these fields at higher groundwater levels. In this way, we will be able to create a more diverse and, above all, future-proof novel peat meadow landscape.

Literatuur

- Brouwer, P., 2017.** Turning the aquatic weed *Azolla* into a sustainable crop. Utrecht, PhD-Thesis Utrecht University.
- Fritz, C., L.P.M. Lamers, G. van Dijk *et al.*, 2014.** Paludicultuur. Kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden. Vakblad Natuur Bos Landschap 105: 4-9.
- Geurts, J.J.M., C. Fritz, L.P.M. Lamers *et al.*, 2017.** Paludicultuur houdt de polder schoon. Zuiveren van oppervlaktewater en uitmijnen van fosfaatrijke bodems met riet-en lisdodde teelt. H2O-Online, 23 augustus 2017.
- Gaudig, G., M. Krebs, A. Prager *et al.*, 2018.** Sphagnum farming from species selection to the production of growing media: a review. *Mires and Peat* 20: article 13, 1–30.
- Günther, A., A. Barthelmes, V. Huth, H. Joosten, G. Jurasinski, F. Koebisch, J. Couwenberg, 2019.** Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/748830>.
- Harpenslager, S.F., E. van den Elzen, M.A.R. Kox *et al.*, 2015.** Rewetting former agricultural peatlands: topsoil removal as a prerequisite to avoid strong eutrophication and reduce greenhouse gas emission. *Ecological Engineering* 84: 159-168.
- Joosten, H., M. Tapio-Biström & S. Tol, 2012.** Peatlands – Guidance for Climate Change Mitigation Through Conservation, Rehabilitation and Sustainable Use. Rome. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Wetlands International.
- Klimaatakkoord, 2019.** Den Haag.
- Koks, A.H.W., G. van Dijk, A.J.P. Smolders *et al.*, 2019.** The effects of alkalinity and cations on the vitality of *Sphagnum palustre* L. peat mosses. *Mires and Peat* (in press).
- Kwakernaak, C., J. van den Akker, E. Veenendaal *et al.*, 2010.** Veenweiden en klimaat, mogelijkheden voor adaptatie. *Tijdschrift Bodem* 2010(3): 6-8.
- Myhre, G., D. Shindell, F. Bréon *et al.*, 2013.** Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Table. 8:714.
- PBL, 2016.** Dalende bodems, stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied. Den Haag. Planbureau voor de Leefomgeving. PBL-publicatienummer 1064.
- Rozemeijer J., H. Boomsma, A. Veldhuizen *et al.*, 2019.** Effecten van onderwaterdrainage op de regionale watervraag. Berekeningen met het Landelijk Hydrologisch Model. Delft/Wageningen. Deltares, rapport 11202752-002-BGS-0001.
- Smolders A.J.P., J.M.H. van Diggelen, J.J.M. Geurts *et al.*, 2013.** Waterkwaliteit in het veenweidegebied. De complexe interacties tussen oever, waterbodem en oppervlaktewater. *Landschap* 30(3): 145-153.
- Smolders A. & M. van Kempen, 2015.** *Azolla*: van plaagsoort tot groenproduct. Vakblad Natuur Bos Landschap 12(118): 31-33.
- Van de Riet, B.P., E. van den Elzen, N. Hogeweg *et al.*, 2017.** Herstel van veenvormende natuur op landbouwgrond. *Tijdschrift Bodem* 2017(2): 32-34.
- Van de Riet B., E. van den Elzen, N. Hogeweg *et al.*, 2018.** Herstel van een veenvormende veenmosvegetatie op voormalige landbouwgrond in veenweidegebieden. Eindrapport van het project 'Omhoog met het Veen', i.s.m. Landschap Noord-Holland i.o.v. Provincie Noord-Holland. Nijmegen. Onderzoekcentrum B-WARE. Rapportnummer RP-17.055.17.99.
- Van den Akker, J.J.H., R. Hendriks, I. Hoving *et al.*, 2010.** Toepassing van onderwaterdrains in veenweidegebieden. Effecten op maaiveld daling, broeikasgasemissies en het water. *Landschap* 27(3): 137-149.
- Van Diggelen, J.M.H., L.P.M. Lamers, J.H.T. Loermans *et al.*, 2019.** How to choose between evils? The complex biogeochemistry of drained coastal peatlands causes a hydrological management dilemma. *Mires and Peat* (in press).
- Van Diggelen, J.M.H., A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers *et al.*, 2013.** Onderzoek naar een duurzaam beheer van het Wormer- en Jisperveld. Nijmegen. B-WARE. Rapportnummer 2013.04.
- Van Diggelen J. & A. Smolders, 2016.** Pilot en monitoringsprogramma Effecten Plas-Dras: P-mobilisatie experiment. Nijmegen. B-WARE. Rapportnummer PR16.017.
- Van Diggelen J. & A. Smolders, 2018.** Pilot en monitoringsprogramma Effecten Plas-Dras op fosfaat-emissie in Noord-Holland. P-mobilisatie experiment. Nijmegen. B-WARE. Rapportnummer R-18.003.
- Wen, Y., H. Zang, Q. Ma *et al.*, 2019.** Is the 'enzyme latch' or 'iron gate' the key to protecting soil organic carbon in peatlands? *Geoderma* 349: 107-113.
- Wichtmann, W., C. Schröder, & H. Joosten (eds.), 2016.** *Paludiculture - Productive Use of Wet Peatlands*. Stuttgart. Schweizerbart Science Publishers.
- Wilson, D., D. Blain, J. Couwenberg *et al.*, 2016.** Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils. *Mires and Peat* 17(4): 1- 28.