



---

# Onderwaterdrains zijn effectief

Jan J.H. van den Akker, Idse Hoving, Rob Hendriks en Martin Knotters



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Onderwaterdrains zijn effectief

Jan J.H. van den Akker<sup>1</sup>, Idse Hoving<sup>2</sup>, Rob Hendriks<sup>1</sup> en Martin Knotters<sup>1</sup>

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (projectnummer 5200045000).

Dit rapport is voor oplevering gereviewd door Lodewijk Stuyt en Henk Ritzema

Wageningen Environmental Research

Wageningen, november 2018

---

Rapport 2922  
ISSN 1566-7197



## Onderwaterdrains zijn effectief

Jan J.H. van den Akker<sup>1</sup>, Idse Hoving<sup>2</sup>, Rob Hendriks<sup>1</sup> en Martin Knotters<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wageningen Environmental Research

<sup>2</sup>Wageningen Livestock Research

### Dit rapport in hoofdlijnen

Veenafbraak in veenweidegebieden is een serieus probleem: de bodem daalt en er komen broeikasgassen vrij. Bij ontwatering van veengronden zal de bodem blijven dalen. Door verhoging van de grondwaterstanden in de veengebieden kan inklinking, en dus bodemdaling en CO<sub>2</sub>-uitstoot, worden verminderd. Eén van de innovatieve oplossingen om het tempo van de daling van de veenbodem te reduceren is de toepassing van onderwaterdrainage. Met deze techniek kan effectief op een hogere grondwaterstand in de zomer (bepalend voor de bodemdaling in veengronden) en lagere grondwaterstanden in de winter worden gestuurd.

Onlangs verscheen een publicatie in het Bulletin van de International Mire Conservation Group (Couwenberg 2018a) waarin negatief wordt geoordeeld over de effectiviteit van onderwaterdrains op de sturing van de grondwaterstand in veengebieden. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden verzocht Wageningen University & Research om vanuit wetenschappelijk oogpunt op deze publicatie te reflecteren.

Uit onze reflectie blijkt dat de kritiek van Couwenberg (2018a) op het onderzoek naar de effectiviteit van onderwaterdrains (onder andere) op de volgende punten is te weerleggen:

- Couwenberg concludeert dat onderwaterdrains de zomergrondwaterstand niet verhogen bij vaste slootpeilen. Deze conclusie is echter vooral gebaseerd op de resultaten van één perceel bij een laag waterpeil. Uit statistisch onderbouwd onderzoek blijkt dat een slootpeil van 35 à 40 cm -mv (= onder maaiveld) met onderwaterdrains vergelijkbaar is met een slootpeil van 20 cm -mv zonder onderwaterdrains.
- Couwenberg stelt dat onderwaterdrains het eerste jaar wel werken maar dat dit effect het tweede jaar grotendeels verdwenen is: het 'uitdooeffect'. Dit effect werd echter veroorzaakt door forse verschillen in het weer tussen de (slechts) twee onderzochte jaren: het eerste meetjaar was droog, en het tweede jaar nat, waardoor het effect van de onderwaterdrains in het tweede jaar uiteraard minder was.
- Couwenberg gebruikt voor zijn berekeningen jaargemiddelde grondwaterstanden; de effectiviteit van onderwaterdrains wordt echter bepaald door de zomergrondwaterstand en de gemiddeld laagste grondwaterstand. Juist in de zomer vallen de diepste grondwaterstanden samen met de hoogste bodemtemperaturen, waardoor de oxidatie van het veen het sterkst is. Het is dus niet juist om jaargemiddelde grondwaterstanden te gebruiken voor de bepaling van effectiviteit.
- Couwenberg voert aan dat CO<sub>2</sub>-emissies direct zouden moeten worden gemeten en niet moeten worden afgeleid uit de bodemdaling. Deze afgeleide

methode is wetenschappelijk echter een algemeen aanvaarde methode, en wordt bijvoorbeeld ook gebruikt in publicaties van Couwenberg zelf (Couwenberg en Hooijer, 2013).

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden vroeg verder om een overzicht van de praktijkresultaten over de werking van onderwaterdrainage. Na een inleiding over onderwaterdrains en het gevraagde overzicht van het onderzoek naar de ontwikkeling ervan, gaan we puntsgewijs in detail in op de kritiek van Couwenberg, met als conclusie dat onderwaterdrains wel degelijk bodemdaling en CO<sub>2</sub>-uitstoot tegengaan. Onderwaterdrainage is een effectieve maatregel om bodemdaling en CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen ten opzichte van de huidige situatie. Wij pleiten wel voor een monitoring van de effectiviteit van onderwaterdrains in de praktijk en een verdere discussie over het toekomstige duurzame gebruik van veengronden.

## Inleiding

Eeuwenlang was het grondwaterpeil in het Nederlandse veenweidegebied zo hoog dat de bovengrond het hele jaar door nat bleef, waardoor het veen slechts langzaam werd afgebroken. Om moderne productielandbouw mogelijk te maken gingen vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw de peilen omlaag. Daardoor kon zuurstof uit de lucht dieper de veenbodem indringen, waardoor de veenafbraak en daarmee de bodemdaling en de uitstoot van broeikasgassen CO<sub>2</sub> (kooldioxide) en N<sub>2</sub>O (lachgas) toenam. Een veengrond wordt gedefinieerd door een organisch stofgehalte. Inmiddels is door veenoxidatie het Nederlandse areaal veen in de afgelopen 30 tot 40 jaar met zo'n 20 procent afgenomen. Jaarlijks verdwijnt in Nederland zo'n 2000 hectare veengrond en verandert in een ander bodemtype, bijvoorbeeld zandgrond, met een lager organisch stofgehalte.

Een van de technieken om bodemdaling tegen te gaan of te verminderen is onderwaterdrainage. Veldmetingen hebben laten zien dat hiermee de snelheid van bodemdaling kan worden gereduceerd. De onderwaterdrains liggen op zo'n 20 centimeter onder het slootpeil, waardoor ze bij hoge grondwaterstanden draineren, maar bij lage waterstanden juist infiltreren. Hoge grondwaterstanden treden vooral 's winters op, als door lage temperaturen de veenafbraak gering is. Lage grondwaterstanden treden vooral 's zomers op, als door hoge temperaturen de veenafbraak het grootst is. Juist dan is vernatting van het veen via onderwaterdrains een effectief middel om veenafbraak en daarmee bodemdaling en CO<sub>2</sub>-uitstoot van het veen te verminderen.

De kritiek van Couwenberg op ons onderzoek nemen we serieus. Graag zetten we daarom de deur open naar een inhoudelijke discussie over oplossingen voor veenafbraak vanuit alle invalshoeken en met alle betrokken deskundigen. Eerst helpen we echter enkele misverstanden die over onderwaterdrainage zijn gerezen de wereld uit. In de volgende sectie geven we een kort overzicht van de ontwikkeling van het Wageningse onderzoek naar onderwaterdrainage. Vervolgens reageren we inhoudelijk op de kritiek van collega-onderzoeker John Couwenberg van het Greifswald Mire Centre.

### **Een korte schets van de ontwikkeling van onderwaterdrains**

Sinds 1969 wordt er op het Veenweide Innovatie Centrum (VIC) en Kennis Transfer Centrum Zegveld (KTC Zegveld) onderzoek verricht naar bodemdaling en mogelijkheden om deze te beperken. Bij de oprichting van de proefboerderij Zegveld startte een vergelijkende proef, waarbij de ene helft van het aantal percelen een hoog slootpeil kreeg van aanvankelijk 35 cm –mv (onder maaiveld) en inmiddels 20 cm –mv, terwijl de andere helft een laag slootpeil kreeg van aanvankelijk 70 cm –mv en inmiddels 60 tot 50 cm –mv. De maaiveldhoogten van deze percelen werd gemonitord, zoals dat ook gebeurde bij andere praktijkvelden in Zuid-Holland, Utrecht, Noord-Holland en Friesland. Uit de verkregen data werden relaties vastgesteld tussen maaiveld daling enerzijds en slootpeilen en grondwaterstanden anderzijds (Van den Akker et al., 2007). De daling van de maaiveldhoogte bleek het sterkst samen te hangen met de diepste grondwaterstanden die jaarlijks in de zomer optreden. Volgens deze relatie leidt een verhoging van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) met 10 cm tot een vermindering van de maaiveld daling met ca. 2,3 mm per jaar. In het algemeen kan de verdamping van (bodem)water door

het gras niet worden gecompenseerd door de infiltratie van slootwater. In droge jaren zakken daardoor de grondwaterstanden in het middendeel van een perceel bij het lage slootpeil wel 30 cm en bij het hoge slootpeil wel 50 cm onder het slootpeil. Daardoor kan zuurstof uit de lucht diep in het veenprofiel dringen, wat leidt tot veenoxidatie (biologische afbraak) en daardoor tot maaiveldddaling en CO<sub>2</sub>-emissies. Diep is hierbij een relatief begrip: in het westelijk veenweidegebied is een grondwaterstand van 80 cm –mv al diep.

Uit de proeven met hoge en lage slootpeilen blijkt dat het handhaven van slootpeilen van circa 20 cm –mv tot halvering van de maaiveldddaling kan leiden ten opzichte van slootpeilen van circa 60 cm -mv. Het invoeren van dergelijke (zeer) hoge slootpeilen blijkt voor melkveehouders echter nauwelijks bespreekbaar te zijn, omdat zij het risico op te natte omstandigheden tijdens perioden met een neerslagoverschot te groot vinden. De draagkracht van de graszode wordt dan te laag voor beweiding met vee en het berijden met machines en de vertrappingsverliezen van gras worden te hoog voor een rendabele bedrijfsvoering. De vraag rees daarom of er maatregelen tegen maaiveldddaling denkbaar zijn waarmee melkveehouders uit de voeten kunnen. Om de melkveehouderij een handelingsperspectief te geven en tegelijkertijd het veen in droge perioden veel natter te houden en zo zuurstofindringing en veenoxidatie te beperken, zijn proefvelden met onderwaterdrains aangelegd.

Zo startte in 2003 op proefbedrijf Zegveld een veldproef om de werking van onderwaterdrains te toetsen (Hoving et al., 2008). Dit was de eerste in een reeks van proeven en pilots die als doel hadden ervaring in de praktijk op te doen met onderwaterdrains en de effecten van toepassing ervan op onder andere grondwaterstand (Hoving et al. 2008, 2011, 2013, 2015 en 2018), maaiveldddaling (Van den Akker et al., 2018a, b), watergebruik, waterkwaliteit, economie (Van den Akker et al., 2013; Hoving et al., 2015; Van Hardeveld et al., 2018) en weidevogels (Deru et al., 2014) te onderzoeken. Watergebruik en waterkwaliteit zijn vooral met modelstudies onderzocht (Jansen et al., 2009 ; Querner et al. 2012; Hendriks en Van den Akker, 2012; Van den Akker et al., 2013; Hendriks et al., 2014a,b).

In de proef die in 2003 op proefbedrijf Zegveld startte (Hoving et al., 2008), hadden twee percelen een hoog peil van 20 cm -mv (11 en 13) en twee percelen een laag peil van 55 cm -mv (2 en 3). Statistisch is aannemelijk gemaakt dat onderwaterdrains zowel draineren als infiltreren. Het effect bleek afhankelijk van het slootpeil: het lage peil bevorderde de drainerende werking en het hoge peil bevorderde de infiltrerende werking. In het algemeen waren de effecten groter bij een kleinere drainafstand. Verwacht werd dat bij het toepassen van onderwaterdrains bij een slootpeil van 35 à 40 cm -mv een vergelijkbaar infiltrerend effect gevonden zou worden als bij een hoog slootpeil zonder onderwaterdrains, terwijl het drainerend effect vergelijkbaar zou zijn met dat van een laag slootpeil zonder onderwaterdrains. Maaiveldhoogtemetingen (Van den Akker et al., 2018a, b) wezen uit dat de maaiveldddaling kon worden gehalveerd ten opzichte van een situatie met een laag peil. Van twee percelen is de maaiveldddaling tussen 2003 en 2016 gevolgd, te weten perceel Zegveld 3 (laag slootpeil van 55 cm-mv) en perceel Zegveld 13 (hoog slootpeil van 20 cm -mv). Bij perceel 3 met laag peil is een halvering van de maaiveldddaling aangetoond en bij perceel 13 met hoog peil nam de maaiveldddaling met twee derde af tot ca. 1 mm per jaar.

In polder Zeevang is onderzoek gedaan naar de praktijktoepassing van onderwaterdrains (Hoving et al., 2011). Evenals bij het onderzoek op proefbedrijf Zegveld bleek dat de amplitude van de seizoensfluctuatie van de grondwaterstand



significant werd verkleind door onderwaterdrains. De hoogte van het slootpeil bleek cruciaal te zijn voor effect van de drains op de grondwaterstand.

Op proefbedrijf Zegveld is in 2011 en 2012 een proef uitgevoerd om met een dynamisch slootpeil de grondwaterstanden effectiever te verhogen (Hoving et al., 2013). Statistische analyse wees uit dat dynamisch peilbeheer de invloed van onderwaterdrains op de grondwaterstanden en onderwaterdrains vergrootte. In polder Zeevang vond in 2013 en 2014 een veldonderzoek plaats naar de toepassing van onderwaterdrains op veengrond bij drie slootpeilregimes, te weten vast hoog peil, vast laag peil en zomer- en winterpeil (Hoving et al., 2015). De drains verlaagden de amplitude van de seizoensfluctuatie van grondwaterstanden significant. Het toepassen van een zomer- en winterpeil vergrootte de infiltratie, maar tijdens natte perioden in het groeiseizoen leverden onderwaterdrains bij een peil van 40 cm –mv geen extra waterafvoer, wat voor boeren een belemmering kan zijn om in onderwaterdrains te investeren.

Om het effect van onderwaterdrains te vergroten zonder met het slootpeil te hoeven sturen is onderzoek gedaan naar het actief sturen van de grondwaterstand met pompgestuurde onderwaterdrains (Hoving et al., 2018). Daarbij komen de onderwaterdrains niet meer op de sloot uit maar op een waterreservoir, waar water in en uit wordt gepompt om zo de grondwaterstand optimaal te kunnen sturen om maaiveldddaling en broeikasgasemissie te beperken. Het onderzoek is uitgevoerd op twee percelen bij een hoog slootpeil (20 cm -mv) en een laag slootpeil (55 cm -mv), waarbij een grondwaterstand van 40 cm -mv werd nagestreefd. In beide jaren bleek zowel het infiltrerende als het drainerende effect van pompgestuurde onderwaterdrains aanmerkelijk groter dan bij onderwaterdrains op de sloot. Het resultaat van de pompaansturing was onafhankelijk van het slootpeil. Een berekende schatting voor het verder kunnen reduceren van maaiveldddaling en CO<sub>2</sub>-emissie bedraagt 59 à 63 % ten opzichte van de situatie zonder onderwaterdrains, (Hoving et al., 2018). Door nauwkeurig te sturen op de grondwaterstand kan de maaiveldddaling en CO<sub>2</sub>-emissie verder teruggebracht worden.

Uit de gemeten maaiveldhoogtes (Van den Akker et al., 2018a, b) bleek dat op perceel 13, met een hoog slootpeil, gangbare onderwaterdrains de maaiveldddaling al konden beperken tot ca 1 mm per jaar. Daarom onderzoeken we of bij een nattere situatie bij een constante grondwaterstand van 40 cm –mv, zoals te realiseren is met pompaansturing, de maaiveldddaling ook tot ongeveer deze 1 mm per jaar beperkt blijft. Dit is minder dan een vierde van de maaiveldddaling van de referentie van perceel 3 (laag slootpeil) en betekent dat een reductie van meer dan 75% van de maaiveldddaling bij perceel 3 mogelijk zou kunnen zijn.

Ervaring leert dat goed rekening moet worden gehouden met de waterdoorlatendheid van het veen en dat de drainafstand daarop moet worden afgestemd. Drainafstanden mogen maximaal 6 meter zijn (Van den Akker et al., 2013). Ook onderhoud en een goede aanleg zijn cruciaal: controle van net aangelegde drains liet zien dat niet alle draineurs het goede materiaal of de kunde hebben om de drain over de volle lengte op de goede diepte aan te brengen (Van den Akker et al., 2013; Stuyt, 1998; Stuyt, 2013 pp 417 - 420).

### **Reactie op Couwenberg's "Some facts on submerged drains in Dutch peat pastures"**

In het Bulletin van de International Mire Conservation Group (IMCG) van juni/juli

2018 verscheen het artikel "Some facts on submerged drains in Dutch peat pastures" van John Couwenberg van het Greifswald Mire Centre, Duitsland (Couwenberg, 2018a). Vooral rapporten en publicaties van Jan van den Akker, Idse Hoving en Rob Hendriks, werkzaam bij Wageningen Research worden in dit artikel becommentarieerd. Het artikel concludeert negatief over de effectiviteit van onderwaterdrains. Naar aanleiding van het artikel stuurde het IMCG een brief aan minister Schouten met het advies geen subsidies voor de aanleg van onderwaterdrains te verstrekken.

Er is tussen Couwenberg en de Wageningse onderzoekers geen contact geweest over zijn visie. Zijn kritiek kon daardoor niet in een wetenschappelijk discours worden besproken. Daardoor staan er nu fouten en misvattingen in het artikel, die hadden kunnen worden voorkomen. Wij vatten eerst onze reacties op de kritiekpunten in Couwenberg (2018a) puntsgewijs samen, waarna de onderbouwing volgt.

### ***Samenvatting van onze reactie***

Samengevat is de kritiek van Couwenberg (2018a) op het onderzoek naar de effectiviteit van onderwaterdrains op de volgende punten te weerleggen:

1. Couwenberg concludeert dat onderwaterdrains de zomergrondwaterstand niet verhogen bij vaste slootpeilen. Deze conclusie is echter vooral gebaseerd op de resultaten bij een laag peil (perceel 3). Uit gepubliceerde onderzoeksresultaten die het effect van onderwaterdrains op grondwaterstanden statistisch onderbouwd aantonen, mag worden aangenomen dat een drooglegging van 35 à 40 cm met onderwaterdrains een vergelijkbaar effect heeft als een hoog slootpeil van 20 cm zonder onderwaterdrains (Hoving et al., 2008);
2. Couwenberg stelt dat onderwaterdrains het eerste jaar wel werken maar dat dit effect het tweede jaar grotendeels verdwenen is: het 'uitdoofeffect'. Hij neemt hierbij niet mee dat dit effect is veroorzaakt door forse verschillen in het weer tussen de twee jaren (droog en nat);
3. De slootwaterstanden worden door Couwenberg bij de interpretatie van grondwaterstanden weggelaten en hij houdt geen rekening met de locatie van de buizen midden tussen de drains en met verschillen in neerslagoverschot tussen jaren;
4. Couwenberg gebruikt jaargemiddelde (grond)waterstanden terwijl voor de bepaling van de effectiviteit van onderwaterdrains gemiddelde zomergrondwaterstanden en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) gebruikt moeten worden;
5. Couwenberg laat ten onrechte de maaiveldalingsmonitoring van Zegveld 13 weg en laat langjarige trends in maaiveldaling buiten beschouwing, waardoor zijn interpretatie van de maaiveldalingen wordt beïnvloed door meteorologische verschillen tussen jaren;
6. Couwenberg voert aan dat emissies direct zouden moeten worden gemeten en niet moeten worden afgeleid van maaiveldaling. Het afleiden van emissies uit maaiveldalingen is echter een algemeen aanvaarde methode, die ook door Couwenberg zelf wordt gebruikt (zie onder andere Couwenberg en Hooijer, 2013);
7. Couwenberg ziet het handhaven van een gemiddelde grondwaterstand van 40 cm -mv als een risico voor de emissie van lachgas, maar houdt hierbij geen rekening met de seizoensvariatie in grondwaterstand en bodemtemperatuur;

8. Couwenberg noemt hoog watergebruik als nadeel van infiltratie via onderwaterdrains, maar baseert zich hierbij op een proef met pompgestuurde onderwaterdrains waar het slootwaterpeil lager was dan de streefgrondwaterstand waardoor water werd rondgepompt. Netto en in situaties waar het slootwaterpeil gelijk is aan of hoger dan de streefgrondwaterstand is infiltratie via onderwaterdrains zuinig met water.
9. Couwenberg suggereert dat onderzoeksresultaten bewust onder embargo worden gehouden, terwijl beperkingen in publicatie usance is als een onderzoek nog niet is afgerond en dit bovendien wordt aanbevolen in de Nederlandse gedragscode wetenschappelijke integriteit.

### ***Onze reactie in detail***

*Ad 1. Couwenberg concludeert dat onderwaterdrains de zomergrondwaterstand niet verhogen bij vaste slootpeilen*

Couwenberg (2018a) heeft een selectie gemaakt uit de beschikbare onderzoekresultaten over de werking van onderwaterdrains: vooral de grondwaterstanden worden bediscussieerd die zijn gepresenteerd in rapporten van Hoving et al. (2008, 2011, 2013a en b, 2015). Opvallend is dat de figuren in Couwenberg (2018a) geen slootpeilen laten zien, in tegenstelling tot de figuren in de rapporten, terwijl slootpeilen relevant zijn voor de interpretatie van de tijdreeksgrafieken van grondwaterstanden. De resultaten van de statistische analyses die in deze rapporten worden gepresenteerd, waaruit blijkt dat onderwaterdrains een significant effect hebben op de gemiddelde grondwaterstand en de amplitude van de seizoensfluctuatie, laat Couwenberg (2018a) buiten beschouwing. Daarbij wordt vooral gefocust op de resultaten bij een laag slootpeil die logischerwijs een geringer verhogend effect op de zomergrondwaterstand lieten zien dan de resultaten bij een hoog slootpeil. Van de rapporten van Van den Akker et al. (2013) en Hendriks et al. (2014) van pilots in de Krimpenerwaard, Keulevaart en Demmeriksekade wordt gesteld dat in deze pilots de zomergrondwaterstand niet hoger, of zelfs lager was, in percelen met onderwaterdrains, vooral in het tweede jaar van de metingen. Deze rapporten laten echter zien dat grondwaterstanden worden verhoogd, ook in het natte jaar 2012. Bovendien volgt uit modellering dat grondwaterstandsverhogingen door onderwaterdrains vooral in droge jaren tot stand komen.

Uit de eerste serie pilots werd geleerd dat slootpeilen hoger dan 60 cm –mv wenselijk zijn om ook in minder droge jaren de grondwaterstanden te verhogen. Een slootpeilverhoging is feitelijk ook mogelijk, omdat ook bij hogere slootpeilen de onderwaterdrains in natte perioden nog steeds een drainerende werking hebben. Een verhoging van het slootpeil met 10 cm kan de infiltratie al verbeteren, terwijl de drainerende werking de draagkracht in natte perioden nog steeds verbetert ten opzichte van de situatie zonder drains. Uit onderzoek dat het effect van onderwaterdrains op grondwaterstanden statistisch onderbouwd aantoonde, kon worden geconcludeerd dat een vast slootpeil van 35 à 40 cm –mv met onderwaterdrains eenzelfde effect heeft als een hoog slootpeil van 20 cm –mv zonder onderwaterdrains (Hoving et al., 2008).

Hoving et al. (2013) introduceerden vervolgens dynamisch peil (een hoger zomerslootpeil) en precisie grondwatermanagement met pompgestuurde onderwaterdrains (Hoving et al. 2018). Beide blijken effectief te zijn om de

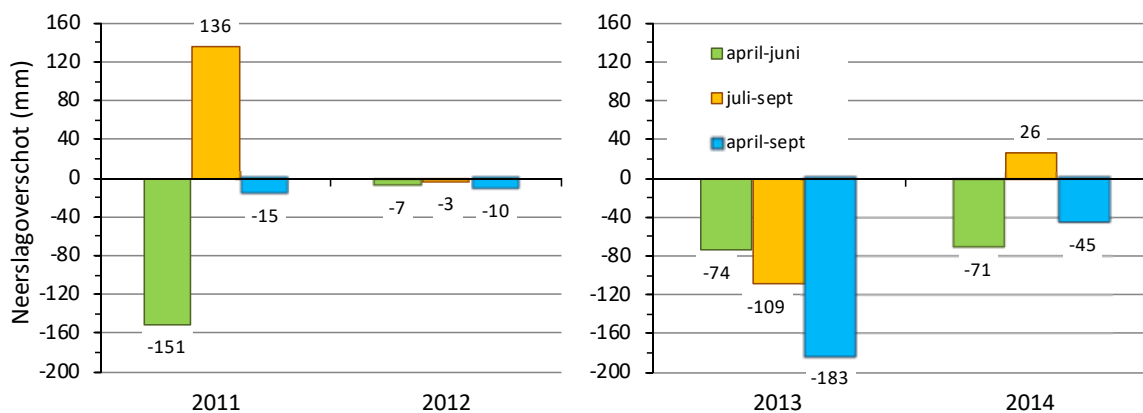
grondwaterstanden te verhogen en vormen een aanwijzing dat infiltratie via onderwaterdrains leidt tot grondwaterstandsverhoging, waardoor maaiveldvaling en CO<sub>2</sub>-emissies in potentie sterk worden beperkt. Deze onderzoeksresultaten noemt Couwenberg (2018a) wel (zie o.a. figuur 12 in zijn artikel), maar worden door hem verder niet meegenomen in zijn conclusies. Hierop komen we terug bij punt 5 (perceel Zegveld 13) en punt 8 (watergebruik).

*Ad 2. Couwenberg stelt dat onderwaterdrains het eerste jaar wel werken maar dat dit effect het tweede jaar grotendeels verdwenen is: het 'uitdoofeffect'.*

Couwenberg (2018a) stelt dat onderwaterdrains het eerste jaar na aanleggen wel een verhogend effect op de zomergrondwaterstanden hebben, maar dat dit positieve effect in het tweede jaar veel minder is of zelfs weg is. Dit 'uitdoofeffect' toont hij aan met zijn figuren 4, 5 en 6 waarin hij de onderzoeken van Hoving et al. (2013a en b) te Zegveld en Hoving et al. (2015) te Zeevang analyseert. Pilots in de Krimpenerwaard (Van den Akker et al., 2013) en in Demmeriksekade en de Keulevaart (Hendriks et al., 2014) noemt hij in de tekst als voorbeelden waarin het uitdoofeffect ook optrad. Zijn analyse bestaat uit het vergelijken van grondwaterstanden gemeten op dezelfde datum in delen zonder en met onderwaterdrains van hetzelfde perceel. Hierbij laat hij steeds het eerste en tweede jaar na aanleg van de onderwaterdrains zien. Alle onderzoeken besloegen een periode met (slechts) twee volledige zomerhalfjaren.

Wat Couwenberg (2018a) in zijn analyse buiten beschouwing laat, is de invloed van het weer dat in de twee zomers van elk onderzoek fors verschilde. Bepalend voor de grondwaterstandbeweging is het neerslagoverschot. Een positief neerslagoverschot – meer regen dan verdamping – voedt het grondwater waardoor de grondwaterstand stijgt. Een negatief overschot - meer verdamping dan regen - betekent een watertekort dat de grondwatervoorraad uitput waardoor de grondwaterstand daalt. De verhogende werking van onderwaterdrains op de grondwaterstand is groter naarmate de grondwaterstand dieper onder slootpeil ligt. Hoe groter het hoogteverschil tussen de waterstanden in veenbodem en sloot des te groter is de infiltratie van slootwater in de veenbodem.

In bovengenoemde onderzoeken was het eerste jaar na aanleg 2011 of 2013 en het tweede 2012 of 2014. Voor het onderzoek waren deze twee jaaropvolgingen niet erg gunstig. Weerjaar 2011 had een droog voorjaar (april-juni) en een zeer natte zomer (juli-september); weerjaar 2012 was het gehele zomerhalfjaar (april-september) nat. Voor weerjaren 2013 en 2014 gold dat beide een redelijk droog voorjaar hadden, maar dat de zomer van 2013 vrij droog was en die van 2014 nat. Figuur 1 laat de neerslagoverschotten zien van het voorjaar en de zomer van beide paren weerjaren. Paar 2011-2012 geldt voor Zegveld en paar 2013-2014 voor Zeevang. Voor de bovengenoemde drie pilots staan vergelijkbare grafieken voor 2011-2012 in Van den Akker et al. (2013) en Hendriks et al. (2014).



*Figuur 1 Neerslagoverschot (negatief is neerslagtekort) als neerslag (P) min referentiegewasverdamping (ETref) voor de twee zomerkwartalen en het zomerhalfjaar. Links: Zegveld voor de jaren 2011 en 2012; P van neerslagstation Zegveld, ETref van meetmast Cabauw. Rechts: Zeevang voor de jaren 2013 en 2014; P van neerslagstation Edam, ETref van weerstation Berkhout.*

Figuur 1 maakt duidelijk dat in het tweede jaar van 2011-2012 het voorjaar en in het tweede jaar van 2013-2014 de zomer zo'n 140 mm natter waren dan in beide eerste jaren. De zomer van 2012 was 139 mm minder nat dan de zomer van 2011, maar nog steeds een relatief natte zomer. Het voorjaar van 2014 was in totaal slechts 3 mm natter dan dat van 2013, maar de maand juni was in 2014 wel 36 mm natter. Het gevolg was dat onderwaterdrains in het (late) voorjaar van de eerste jaren een groter verhogend effect op de lage grondwaterstanden hadden en dat dit voor 2013-2014 eveneens gold voor de zomer. In de natte zomers van 2011 en 2012 hadden onderwaterdrains slechts een gering verhogend effect op de grondwaterstanden, maar meestal was dit effect iets beter in het tweede jaar.

Couwenberg (2018a) laat het effect van het weer op de zomergrondwaterstanden zonder onderwaterdrains ook goed zien in zijn samenvattende figuur 6. Uit die grafiek is af te lezen dat in het eerste jaar zomergrondwaterstanden vaker diep en dieper waren. De diepste grondwaterstand was in het eerste jaar 95 cm -mv en kwam acht keer voor. In het tweede jaar was dat 65 cm -mv die één keer voorkwam. De tien procent diepste grondwaterstanden in het eerste jaar waren gemiddeld 85 cm -mv, terwijl dat in het tweede jaar 60 cm -mv was.

*Ad 3. De slootwaterstanden worden door Couwenberg bij de interpretatie van grondwaterstanden weggelaten*

Bij figuur 3 in Couwenberg (2018a) en de interpretatie ervan zijn drie opmerkingen te maken. Ten eerste moet bij de interpretatie in ogenschouw worden genomen waar de grondwaterstandsbuizen zijn geplaatst ten opzichte van de onderwaterdrains. De grondwaterstanden die in figuur 3, 4, 12 en 13 in Couwenberg (2018a) worden gereproduceerd hebben bij de perceeldelen met onderwaterdrains betrekking op de raaien met grondwaterstandsbuizen halverwege tussen de drains. Daar zal de uitwerking van de infiltratie het minste zijn en de uitzakking van de grondwaterstand het minst worden beperkt.

Ten tweede laat Couwenberg (2018a) in de verschillende gereproduceerde figuren het verloop van de slootpeilen weg. Hiermee is een belangrijke verklarende factor voor de grondwaterstanden buiten beschouwing gelaten. In de originele figuren die aan figuur 3 in Couwenberg (2018a) ten grondslag liggen is het slootpeil dan ook weergegeven. Daaruit blijkt dat een aantal malen water te laat is ingelaten, waardoor het slootwater niet op peil bleef en waardoor de onderwaterdrains minder effectief waren. Deze slootpeilen geven een duidelijke indicatie waarom onderwaterdrains soms weinig effect hebben op de grondwaterstand: als de slootpeilen en grondwaterstanden dicht bij elkaar liggen, verlopen drainage en infiltratie traag door het geringe drukverschil.

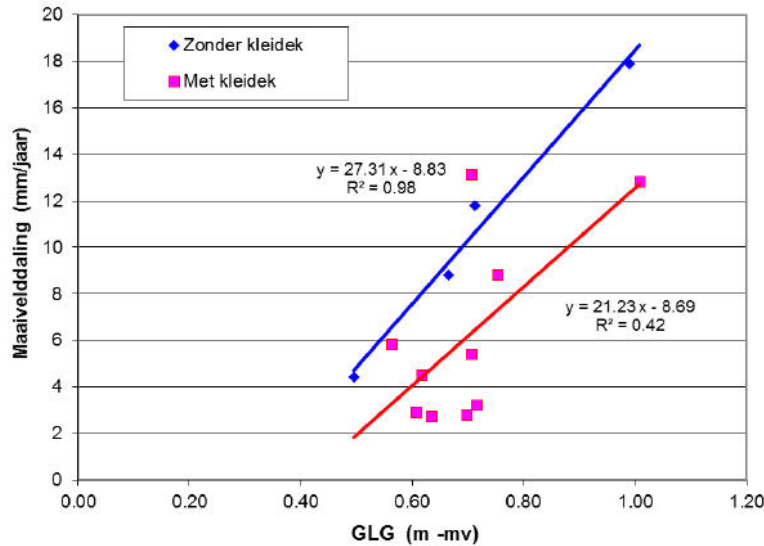
Ten derde moet bij de interpretatie van figuur 3 uit Couwenberg (2018a) ook het neerslagoverschot worden beschouwd: in een relatief nat jaar zal de grondwaterstand minder snel en minder diep onder de slootwaterstand zakken en zullen onderwaterdrains dus minder effectief zijn. Omdat de jaren 2004 tot en met 2017 in het algemeen geen echt langdurige droge perioden kende, komt in veel gevallen de grondwaterstand niet zo diep onder het slootniveau.

*Ad 4 Couwenberg gebruikt jaargemiddelde (grond)waterstanden terwijl voor de bepaling van de effectiviteit van onderwaterdrains gemiddelde zomergrondwaterstanden en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) gebruikt moeten worden*

Voor de oxidatie van veen in ontwaterde veenweiden is de meest stimulerende toestand een diepe grondwaterstand met een hoge bodemtemperatuur tot op de ontwaterde diepte. Deze toestand treedt in het huidige klimaat van Nederland normaliter in de tweede helft van de zomer op. De diepste grondwaterstanden vallen dan samen met de hoogste bodemtemperaturen. Om die reden is het voorkomen van diepe zomergrondwaterstanden een goede strategie om de veenoxidatie te beperken. Om die reden is ook de verwachting dat er een sterke statistische relatie bestaat tussen maaiveld daling en de langjarige gemeten diepste grondwaterstand (GLG).

Couwenberg gaat er echter van uit dat de jaargemiddelde grondwaterstand meer bepalend is dan de zomergrondwaterstanden. Hiervoor worden in Figuur 8a en 8b in Couwenberg (2018a) figuren afkomstig uit Van den Akker et al. (2012) gebruikt. Deze geven relaties tussen slootpeilen en maaiveld daling en tussen de diepste gemiddelde grondwaterstand en maaiveld daling. Couwenberg (2018a) wijst erop dat de correlaties in figuur 8a met de slootpeilen beter zijn dan de correlatie in figuur 8b en concludeert daaruit dat een streven naar een verhoging van de diepste zomergrondwaterstanden niet logisch is.

De correlatie in figuur 8b heeft echter betrekking op de verzamelde data van veengronden zonder en met een dun kleidek, terwijl dit bij de slootpeilen twee afzonderlijke verzamelingen zijn. Als bij figuur 8b wel onderscheid wordt gemaakt naar veengronden zonder en met een dun kleidek, dan ontstaat een ander beeld, zoals figuur 2 laat zien. Hieruit blijkt dat de  $R^2$  bij het veen zonder kleidek 0,98 is (met de kanttekening dat het om slechts vier waarnemingen gaat), terwijl bij het veen met een dun kleidek  $R^2 = 0,42$  is (Van den Akker et al., 2007), dus in beide gevallen hoger dan bij de relaties met de slootpeilen in figuur 8a van Couwenberg (2018a).



Figuur 2. Relatie maaiveiddaling en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) (Van den Akker et al., 2007).

Couwenberg (2018a) laat het inzicht buiten beschouwing dat vooral de combinatie van hoge bodemtemperaturen en diepe grondwaterstanden in de zomer de afbraak van het veen veroorzaakt. Door de nadruk op de jaargemiddelde grondwaterstand te leggen, laat Couwenberg de lage afbraak in de winter even zwaar wegen als de hoge afbraak in de zomer. Hierdoor trekt hij de fundamenteel onjuiste conclusie dat onderwaterdrains slechts in beperkte mate de CO<sub>2</sub>-emissies kunnen beperken. Want gemiddeld over het jaar is er weinig effect van onderwaterdrains op de grondwaterstand te zien. Immers door de drainerende werking van de drains worden wintergrondwaterstanden lager en door de infiltratie worden zomergrondwaterstanden hoger. Gebaseerd op deze fout komt Couwenberg (2018b) in een notitie voor de provincie Noord-Holland tot de conclusie dat toepassing van onderwaterdrains hooguit een besparing van 2 t CO<sub>2</sub>-emissie per jaar kan opleveren, maar in het algemeen geen effect heeft omdat de jaargemiddelde grondwaterstand ongeveer gelijk zal blijven.

Couwenberg (2018a) geeft aan dat de temperatuur van groter belang is dan de grondwaterstandsdiepte en haalt daarbij Lafleur et al. (2005) aan (getiteld: *Ecosystem respiration in a cool temperate bog depends on peat temperature but not water table*). De studie van Lafleur et al. (2005) betreft echter een natuurlijk veengebied met een specifieke situatie waarbij de bovenlaag geheel droogvalt naar 10 % volumevochtgehalte als de grondwaterstand onder de 30 cm -mv komt, waardoor deze te droog wordt voor grote afbraak. De ondergrond begint dan wel te oxideren en de emissie daarvan is ongeveer evenveel als van de bovenlaag voor droogvallen. De emissies zijn daardoor in dit specifieke geval toevallig bij ondiepe en diepere grondwaterstand ongeveer evenveel en "onafhankelijk" van de grondwaterstand. Couwenberg concludeert hieruit ten onrechte dat de diepte van grondwaterstand er niet zoveel toe doet. De sterke invloed op de veenafbraak van zowel temperatuur als diepte van de grondwaterstand wordt echter bevestigd door onder andere Höper, 2007; Moore en Dalva, 1993; Kluge et al., 2008; Renger et al., 2002 en Wessolek et al., 2002.

Een goed verband tussen jaargemiddelde grondwaterstand en CO<sub>2</sub>-emissie is uiteraard mogelijk, zoals figuur 7 in Couwenberg (2018a) laat zien. Het jaargemiddelde is immers sterk afhankelijk van de zomergrondwaterstanden. Bij toepassing van onderwaterdrains zijn jaargemiddelde grondwaterstanden echter niet te gebruiken als verklarende variabele voor veenoxidatie en moet onderscheid gemaakt worden tussen wintergrondwaterstanden en zomergrondwaterstanden. Door de drainerende werking worden wintergrondwaterstanden lager en de door de infiltratie worden zomergrondwaterstanden hoger. Gemiddeld over het jaar is er dus weinig effect van onderwaterdrains op de grondwaterstand te zien. In de zomer is er echter wel effect te zien en omdat veenoxidatie vooral in de zomer plaatsvindt is het van belang om naar de relatie tussen zomergrondwaterstand en veenoxidatie te kijken. De geringe verhoging van de gemiddelde jaargrondwaterstand kan dus niet worden gebruikt als argument dat onderwaterdrains niet werken. Er is namelijk geen reden om te veronderstellen dat de verlaging van de zomeremissies door een hogere grondwaterstand in de zomer volledig teniet wordt gedaan door een verhoging van de emissies in de winterperiode door de verlaging van de grondwaterstand in de winter.

#### *Nadere toelichting op het belang van zomergrondwaterstanden*

Hieronder gaan we dieper in op het belang van zomergrondwaterstanden en ook tot een kwantificering komen van het effect op veenafbraak. Een goed begrip hiervan is essentieel om de werking en effectiviteit van onderwaterdrains te begrijpen.

Diepere grondwaterstanden zorgen voor een grotere en diepere indringing van zuurstof in het veen. Daarnaast warmt een dieper ontwaterde veenbodem sneller op. De veenoxidatie, de microbiële veenafbraak met zuurstof, gaat verreweg het snelst van alle vormen van veenafbraak. Bovendien is er in potentie een onuitputtelijke voorraad zuurstof aanwezig in de atmosfeer. De indringing van zuurstof in het ontwaterde veenprofiel door diffusie in de luchtgevulde poriën (luchtfase) van de bodem is dan ook het meest cruciale proces van de veenafbraak. Deze gas-in-gas-diffusie gaat sneller bij een grotere luchtfase (bv. Currie, 1960; Bakker et al., 1987; Rijtema et al., 1999; Grant and Roulet, 2002) en bij een hogere temperatuur (b.v. Massman, 1998). Een grote luchtfase ontstaat bij diepe grondwaterstanden in combinatie met een groot neerslagtekort. Dan is het ontwaterde veenprofiel van maaiveld tot circa 5 cm boven de grondwaterstand in contact met de zuurstof in de atmosfeer (Hendriks, 1991).

Het effect van de temperatuur op de snelheid van microbiële processen is groot. Het wordt o.a. uitgedrukt met de  $Q_{10}$ , de factor waarmee de snelheid toeneemt bij 10 °C temperatuurstijging. Voor de bodem wordt vaak een  $Q_{10}$  van drie aangehouden (b.v. Groenendijk et al., 2005). Voor laagveen in West-Nederland en Friesland hebben Vermeulen en Hendriks (1996) en Hendriks et al. (2014) op meerdere diepten  $Q_{10}$ 's gemeten. De resultaten zijn gemiddeld en samengevat in tabel 1.

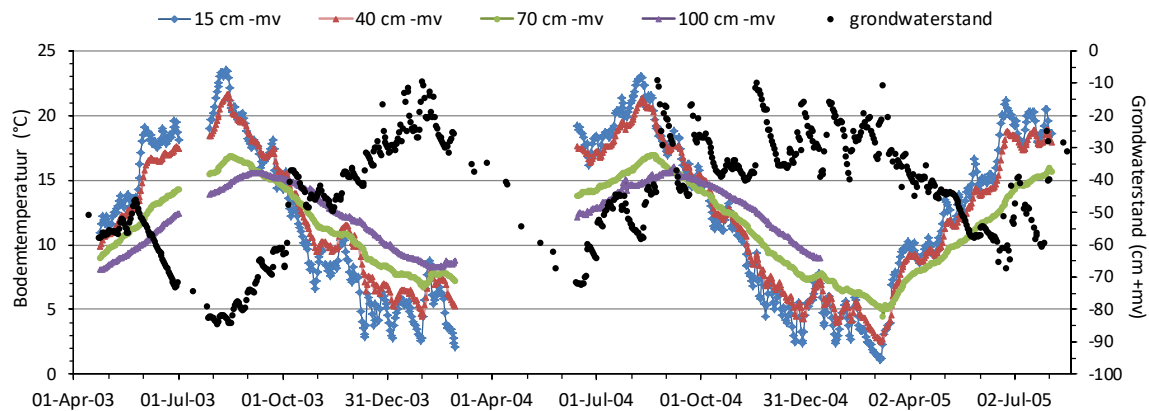


Tabel 1 Temperatuurinvloedfactor  $Q_{10}$  gemeten aan laagveenmonsters uit Friesland, Noord-Holland en Zuid-Holland (Vermeulen en Hendriks, 1996) en uit de onderwaterdrainspilots Demmerikskade, Keulevaart en Krimpenerwaard (Hendriks et al., 2014) gemiddeld over 3-5 diepten

Temperatuur- traject (°C)	Vermeulen & Hendriks (1996)			Hendriks et al. (2014)		
	$Q_{10}$ (-)	variatie coef. <sup>1)</sup> (-)	n (-)	$Q_{10}$	variatie coef. <sup>1)</sup> (-)	n (-)
0,0-10,5	4,3	0,18	8	-	-	-
10,5-19,5	3,1	0,13	8	3,0	0,11	13
0,0-19,5 <sup>2)</sup>	3,6	$R^2 = 0,98$	47	-	-	-

<sup>1)</sup> standaardafwijking gedeeld door gemiddelde

<sup>2)</sup> continue functie van Vermeulen en Hendriks (1996)



Figuur 3. Verloop in de tijd van gemeten grondwaterstanden en bodemtemperaturen op vier diepten in perceel 3 zonder onderwaterdrains te Zegveld (niet gepubliceerde data)

Wat de  $Q_{10}$  betekent voor de veenafbraak hangt af van de bodemtemperatuur van het ontwaterde veen. Figuur 3 toont het verloop in de tijd van de gemeten bodemtemperatuur op vier diepten in perceel 3 van Zegveld voor de jaren 2003-2005. Uit deze reeks zijn gemiddelde bodemtemperaturen in het ontwaterde veen voor het zomer- en winterhalfjaar berekend van 15,8 °C en 6,8 °C (op basis van de gemiddelden van alle complete maanden en uitgaande van het veenprofiel tot 5 cm boven de grondwaterstand van figuur 3). Met de  $Q_{10}$  van 3,6 voor dit temperatuurtraject (tabel 1) volgt hieruit dat de afbraaksnelheid in het zomerhalfjaar ruim drie keer zo hoog is als in het winterhalfjaar. Voor de momenten met de diepste jaargrondwaterstand in 2003, 2004 en 2005 uit figuur 3 is met de bijbehorende dieptegemiddelde bodemtemperaturen berekend dat de afbraaksnelheid dan respectievelijk nog eens 1,6, 1,2 en 1,5 keer zo hoog is als de zomerhalfjaargemiddelde snelheid. Dat zijn ook de momenten waarop het diepste en meeste veen aan zuurstof wordt blootgesteld.

Temperatuurverhoging kan het oxidatieproces alleen versnellen; ze heeft geen effect op de aard van het proces dus zuurstof blijft nodig (Allison, 1973). Veenoxidatie blijft daarom een samenspel van diepe grondwaterstanden en hoge bodemtemperaturen. Hendriks et al. (in prep.) berekenden met het organische-stof- en nutriëntenmodel SWAP-ANIMO op basis van de grondwaterstanden en bodemtemperaturen van figuur 3 dat in de periode 2003-2005 gemiddeld 84% van de veenafbraak van perceel 3 te Zegveld plaatsvond in het zomerhalfjaar; in het droge jaar 2003 was dat 88%. In ANIMO is een zuurstofmodule opgenomen die het transport van luchtzuurstof in het profiel berekent, afhankelijk van het luchtgehalte en de bodemtemperatuur die SWAP berekent.

*Ad 5. Couwenberg laat ten onrechte de maaiveldalingsmonitoring van Zegveld 13 weg en laat langjarige trends in maaiveldaling buiten beschouwing*

In figuur 9 in Couwenberg (2018a) worden de maaiveldalings van perceel Zegveld 3 met en zonder onderwaterdrains gepresenteerd. Daarbij laat hij de trendlijn weg, terwijl deze juist belangrijk is voor een goed begrip, omdat het gaat om trend van de maaiveldaling over een zo groot mogelijk aantal jaren om variaties in weerjaren en hun effect op de maaiveldaling zo goed mogelijk uit te middelen. Dit is ook de reden om elk jaar in het voorjaar de hoogtemetingen te verrichten, als het veenprofiel nat en opgezwollen is. Het is weinig zinvol om deze metingen vervolgens weer tot de individuele jaren te reduceren en apart te beschouwen, omdat het immers gaat om de gemiddelde maaiveldaling (en emissies) over de lange termijn. Ook daarom wordt voor de relaties van grondwaterstand met de maaiveldaling gebruik gemaakt van de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand), die over minimaal 8 jaar wordt berekend en daarom minder gevoelig is voor wisselende meteorologische omstandigheden.

Couwenberg (2018a) stelt dat perceel Zegveld 3 het enige voorbeeld is dat laat zien dat onderwaterdrains de maaiveldaling beperken. Dit klopt echter niet. In presentaties van Van den Akker en Hendriks (2017) en Van den Akker et al., (2018b) die in het artikel worden aangehaald is ook perceel Zegveld 13 gepresenteerd. Ook Zegveld 13 laat een zeer sterke beperking van de maaiveldaling zien: doordat daar het slootpeil op 20 cm -mv staat, wordt de maaiveldaling zelfs beperkt tot 1 mm per jaar. Dit resultaat geeft reden om te verwachten dat pompgestuurde onderwaterdrains effectief kunnen zijn om de maaiveldaling minstens zo sterk te beperken, omdat met pompgestuurde onderwaterdrains de zomergrondwaterstand hoger kan worden gehouden dan met een slootpeil van 20 cm -mv.

Couwenberg (2018a) heeft wellicht perceel Zegveld 13 buiten beschouwing gelaten omdat de grondwaterstandbewegingen op het eerste gezicht vreemd lijken. Deze zijn echter deels te verklaren uit de variatie in de slootpeilen, die Couwenberg buiten beschouwing laat. Daarnaast speelt het feit dat perceel 13, zoals veel veenweidepercelen, een holle ligging heeft en wegzijging kent. Bovendien heeft perceel Zegveld 13 in het midden een greppel die uitkomt op een sloot met laag peil. De wegzijging en de greppel zorgen ervoor dat Zegveld 13 wat droger is dan direct uit het hoge slootpeil zou volgen. Dit doet echter niets af aan het feit dat bij het perceeldeel met de onderwaterdrains de maaiveldaling wordt beperkt tot ca 1 mm/jaar, wat ca een derde is van de maaiveldaling van het referentiedeel.

*Ad 6. Couwenberg voert aan dat emissies direct zouden moeten worden gemeten en niet moeten worden afgeleid van maaiveldddaling.*

Een belangrijk kritiekpunt in Couwenberg (2018a) op het onderzoek naar de effectiviteit van onderwaterdrains is dat er alleen maaiveldddalingen zijn gemeten en geen emissiemetingen zijn verricht aan perceeldelen met en zonder onderwaterdrains. Het is echter bekend dat CO<sub>2</sub>-emissies en maaiveldddalingen sterk aan elkaar zijn gerelateerd, omdat beide geheel of voor een groot deel door veenafbraak worden bepaald (Grønlund et al., 2008; Leifeld et al., 2011; Schothorst, 1977, 1982). Beide zijn dan ook sterk gerelateerd aan klimaat (vooral temperatuur) en grondwaterstand. De berekening van CO<sub>2</sub>-emissies uit maaiveldddaling wordt dan ook algemeen aanvaard als een goede methode (Couwenberg en Hooijer, 2013; Grønlund et al., 2008; Kasimir-Klemedtsson et al., 1997; Leifeld et al., 2011). Ook Couwenberg en Hooijer (2013) vinden dit een goede methode, dus feitelijk is hierover geen verschil van inzicht. In deze onderzoeken zijn ook verschillende andere methoden om de veenoxidatie en het daaruit volgende verlies aan organische stof en de CO<sub>2</sub>-emissies te bepalen, met elkaar vergeleken, ook met metingen aan CO<sub>2</sub>-emissies (o.a. Grønlund et al., 2008). De methode om uit maaiveldddalingen de CO<sub>2</sub>-emissies te berekenen heeft ook het vertrouwen van de UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Voor de rapportage van CO<sub>2</sub>-emissies uit de veenweiden gebruikt Nederland dan ook deze methode op basis van maaiveldddalingen (Kuikman et al., 2007). Kortom, de bepaling van CO<sub>2</sub>-emissies uit de maaiveldddaling wordt internationaal door zowel instituties als door de wetenschappelijke wereld gezien als betrouwbaar. Daarom concluderen wij dat onze metingen aan maaiveldddalingen voldoende zijn om aan te geven dat de gemeten trends in reducties in maaiveldddaling overeenkomen met de trends in reducties van CO<sub>2</sub>-emissies.

Uiteraard zijn ook wij voorstander van broeikasgasmetingen aan perceeldelen met en zonder onderwaterdrains, omdat dit meer kennis op zal leveren wat betreft de processen van veenoxidatie en CO<sub>2</sub>-emissies en maaiveldddaling en hopelijk binnen enkele jaren de trends tussen wel of niet onderwaterdrains kan laten zien. Nu gaan we uit van minimaal 6 en liefst 10 meetjaren om de trends in maaiveldddaling te bepalen. Met CO<sub>2</sub>-emissies zal deze periode misschien kunnen worden gehalveerd, maar dit zal afhankelijk zijn van de toevallig optredende weerjaren en de voorgeschiedenis van de proefpercelen.

*Ad 7. Couwenberg ziet het handhaven van een gemiddelde grondwaterstand van 40 cm -mv als een risico voor de emissie van lachgas*

Couwenberg (2018a) geeft aan dat de grondwaterstand van 40 cm -mv, zoals nagestreefd bij pompgestuurde onderwaterdrains, een extra risico vormt omdat, zoals aangegeven in figuur 11 in Couwenberg (2018a), rondom een jaargemiddelde grondwaterstand van 40 cm -mv de hoogste N<sub>2</sub>O-emissies worden gemeten. De jaargemiddelde grondwaterstand ligt in het westelijk veenweidegebied echter nu ook al rond de 40 cm -mv. Net als bij CO<sub>2</sub>-emissies moet ook hier terdege rekening worden gehouden met de seizoensvariatie in grondwaterstanden en bodemtemperatuur. Om deze reden zijn wij dan ook sterk voor metingen van lachgasemissies bij perceeldelen met en zonder onderwaterdrains. Daarbij denken we ook aan de mogelijkheden die pompgestuurde onderwaterdrains bieden om grondwaterstanden te realiseren waarbij de N<sub>2</sub>O-emissies beperkt worden. Daarbij moeten uiteraard ook de CO<sub>2</sub>-emissies in de beschouwing worden meegenomen.

Een voordeel van beperking van de veenoxidatie door toepassing van onderwaterdrains is in ieder geval dat dan ook de stikstofmineralisatie uit het veen wordt beperkt. Dit levert minder stikstof op voor de potentiële omzetting naar N<sub>2</sub>O. Hoving et al. (2016) zien de verminderde stikstofmineralisatie ook als verklaring voor de geringe verschillen in de gemeten grasopbrengsten op percelen met en zonder onderwaterdrains, ondanks het feit dat de stikstofbenutting bij toepassing van onderwaterdrains beter is door betere benutting van toegediende meststoffen door drogere grond in het voorjaar.

*Ad 8. Couwenberg noemt hoog watergebruik als nadeel van infiltratie via onderwaterdrains*

Couwenberg (2018a) geeft aan dat er bij pompgestuurde onderwaterdrains veel water in de grond wordt gepompt, vooral bij Zegveld 16. Dit perceel heeft echter een laag slootpeil, namelijk 55 cm –mv. Bij een streefgrondwaterstand van 40 cm –mv draineert er daarom veel infiltratiewater uit de onderwaterdrains naar de sloot. Dit is dus rondpompen, waarbij het feitelijke netto watergebruik bestaande uit verdamping en wegzijging veel kleiner is dan de bruto hoeveelheid ingepompt water. Het wordt daarom aangeraden om het slootpeil gelijk te maken aan de streefgrondwaterstand of iets hoger.

Bedacht moet worden dat veenbehoud altijd water kost. Een (groot) deel van het geïnfiltreerde water kan naar de diepere ondergrond wegzijgen. Hoe hoger de slootpeilen en de grondwaterstanden, des te groter de wegzijging of des te kleiner de kwel. Aan de bovenzijde verdwijnt er water door verdamping door gras, bodem en open water.

*Ad 9. Couwenberg suggereert dat onderzoeksresultaten bewust onder embargo worden gehouden*

Couwenberg (2018a) geeft aan dat er een embargo rust op meetresultaten van CO<sub>2</sub>-emissies bij pilots in Friesland. Wellicht bestaat de indruk dat er een embargo is ingesteld, maar het is standaardpraktijk bij wetenschappelijk onderzoek dat meetresultaten van een lopend onderzoek niet zomaar publiek worden gemaakt. Zo staat er onder punt 53 in paragraaf 3.6 van de Nederlandse gedragscode wetenschappelijke integriteit: "Communiceer pas over onderzoeksresultaten aan het algemene publiek als er voldoende zekerheid over de resultaten bestaat". In dit kader is ook aan deelnemende partijen beloofd om niet vroegtijdig meetresultaten publiek bekend te maken, maar dat eerst het onderzoek moet zijn afgerond met goed gecontroleerde en geëvalueerde conclusies.

## **Conclusies en nabeschuiving**

Op basis van de hiervoor genoemde argumenten kunnen wij, ook na kritische zelfreflectie, de conclusies van Couwenberg niet onderschrijven. Onderwaterdrainage is een effectieve maatregel om bodemdaling en CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen ten opzichte van de huidige situatie. Wij pleiten wel voor een monitoring van de effectiviteit van onderwaterdrains in de praktijk en een verdere discussie over het toekomstige duurzame beheer van veengronden vanuit alle invalshoeken en met alle betrokken deskundigen.

De eerste onderwaterdrains zijn in 2003 aangelegd, nadat uit meer dan 25 jaar monitoring van maaiveld dalingen was geconcludeerd dat meer dan halvering van de maaiveld daling mogelijk is (Beuving en van den Akker, 1996). Sindsdien is er veel geleerd en zijn er zeker tegenvallers geweest, maar is ook veel verbeterd. Inmiddels zijn er voldoende metingen waaruit blijkt dat een halvering van maaiveld daling mogelijk is en dat we er in slagen om de grondwaterstand in de zomerperiode op ca. 40 cm –mv te houden. Dit soort metingen zal worden voortgezet bij verschillende soorten veen om ook daarvoor de mogelijkheden van onderwaterdrains vast te stellen.

Onderwaterdrainage is een oplossing waarmee de melkveehouderij uit de voeten kan en de cultuurhistorische waarde van het veenweidelandschap behouden blijft. Bij ontwatering van veengronden zal de bodem blijven dalen en we zullen duurzame en maatschappelijk gedragen toekomstige oplossingen moeten vinden voor het gebruik van veengronden.

In 2018 zijn nieuwe stappen gezet door samenwerkingsverbanden van provincies, waterschappen, de melkveehouderijsector en onderzoeksinstituten, om de toepassing van onderwaterdrains verder en grootschaliger in de praktijk te brengen. Er worden metingen aan bijvoorbeeld watergebruik verricht en monitoring van grondwaterstanden, maaiveld daling en emissiemetingen zijn onderdeel van de projecten. Verder krijgen uitvoeringsaspecten zoals een goede aanleg en inspectie en onderhoud van onderwaterdrains steeds meer aandacht.

## Referenties

- Akker, J.J.H. van den, J. Beuving, R.F.A. Hendriks en R.J. Wolleswinkel, 2007. 5510 Maaiveld daling, afbraak en CO<sub>2</sub> emissie van Nederlandse veenweidegebieden. Leidraad Bodembescherming, afl. 83, Sdu, Den Haag, 32 p
- Van den Akker, J.J.H., P.C. Jansen, R.F.A. Hendriks, I. Hoving, M. Pleijter, 2012. Submerged infiltration to halve subsidence and GHG emissions of agricultural peat soils. Proceedings 14<sup>th</sup> International Peat Congress, Stockholm, Sweden, International Peat Society.
- Akker, J.J.H. van den, R.F.A. Hendriks, I.E. Hoving, J. van Kleef, B. Meerkerk, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2013. Pilot onderwaterdrains Krimpenerwaard. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research Centre), Alterra-rapport 2466. 114 blz
- Akker, J.J.H. van den, R.F.A. Hendriks, 2017. Diminishing peat oxidation of agricultural peat soils by infiltration via submerged drains. FAO 2017. Proceedings of the Global Symposium on Soil Organic Carbon 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, pp. 436-439. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/d6555d8d-1b19-4c04-a25d-74474e6c0a11/> or <http://www.fao.org/3/a-bs038e.pdf>; presentatie: <http://edepot.wur.nl/441369>
- Akker, J.J.H. van den, et al 2018a, in voorbereiding. Maaiveld daling veenweidegebieden: monitoring en metingen aan percelen met en zonder onderwaterdrains.
- Akker J.J.H. van den, Hendriks R, Hoving I, Pleijter M, Lesschen JP. 2018b. Effecten van onderwaterdrains. Presentatie, <https://www.veenweiden.nl/wp-content/uploads/2018/03/6.1-Effecten-onderwaterdrainage-Jan-van-den-Akker.pdf>
- Van den Akker et al., 2018. Perspective of agricultural use of peatlands. Presentation at the 50 year IPS symposium, Rotterdam, The Netherlands.
- Allison, F.E., 1973. Soil organic matter and its role in crop production; developments in soil science no. 3. Amsterdam, Elsevier.
- Bakker, J.W., F.R. Boone en P. Boekel, 1987. Diffusie van gassen in grond en zuurstofdiffusiecoëfficiënten in Nederlandse akkerbouwgronden. Wageningen, ICW. Rapport 20.

- Beuving, J. en J.J.H. van den Akker, 1996. Maaiveldsdaling van veengrasland bij twee slootpeilen in de polder Zegveldbroek. Vijftiendertig jaar zakkingsmetingen op het ROC Zegveld. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 377. 158 blz.
- Couwenberg, J., 2018a. Some facts on submerged drains in Dutch peat patures. Bulletin of the International Mire Conservation Group (IMCG) of June/July 2018.
- Couwenberg, J., 2018b. Notitie betreffende onderwaterdrains voor de provincie Noord-Holland, Greifswald Mire Centre, Duitsland, 12 p.
- Couwenberg, J., Hooijer, A., 2013. Towards robust subsidence-based soil carbon emission factors for peat soils in south-east Asia, with special reference to oil palm plantations. *Mires and Peat*, Volume 12 (2013), Article 01, 1–13. <http://www.mires-and-peat.net/>, ISSN 1819-754X
- Currie J.A., 1960. Gaseous diffusion in porous media; II - Dry granular materials. *British journal of applied physics* 11:318-324.
- Deru, J., F. Lenssinck, I.E. Hoving, J. J.H. van den Akker, J. Bloem en N. van Eekeren, 2014. Effect onderwaterdrainage op bodemkwaliteit veenweiden. *AgriMedia*, Wageningen. V-focus juni 2014.
- Eggelsmann, R. 1976. Peat consumption under influence of climate, soil condition and utilization. In: *Proceedings of the fifth international peat congress*, vol 1. Poznan, Poland, pp 233–247
- Grant, R.F. and N. T. Roulet, 2002. Methane efflux from boreal wetlands: Theory and testing of the ecosystem model Ecosys with chamber and tower flux measurements. *Global Biogeochem. Cycles*, 16(4), 1054, doi:10.1029/2001GB001702, 2002.
- Groenendijk P., Renaud L.V., Roelsma J. (2005) Prediction of nitrogen and phosphorus leaching to groundwater and surface waters; Process descriptions of the ANIMO 4.0 model, Alterra, Wageningen
- Grønlund, A., A. Hauge, A. Hovde, D.P. Rasse, 2008. Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. *Nutr Cycl Agroecosyst* (2008) 81:157–167, DOI 10.1007/s10705-008-9171-5
- Van Hardeveld, H.A., Driessen, P.P.J., Schot, P.P., Wassen, M.J., 2018. Supporting collaborative policy processes with a multi-criteria discussion of costs and benefits: the case of soil subsidence in Dutch peatlands. *Land Use Policy* 77, 425–436. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.002>
- Hendriks, R.F.A., 1991. Afbraak en mineralisatie van veen. Literatuuronderzoek. DLO-Staring Centrum, Rapport 199, Wageningen.
- Hendriks, R.F.A., Vermeulen, J., 1997. Effect of temperature of the decomposition of organic matter in Dutch peat soils. In: Schmilewski, G. (eds). *Peat in horticulture; it's use and sustainability*. Jyskä (Finland), IPS, pp. 156-162.
- Hendriks, R.F.A en J.J.H. van den Akker, 2012. Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden: modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2354.
- Hendriks, R.F.A., J.J.H. van den Akker, K. van Houwelingen, J. van Kleef, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2014a. Pilot onderwaterdrains Utrecht. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research Centre), Alterra-rapport 2479.
- Hendriks, R.F.A., J.J.H. van den Akker, P.C. Jansen en H.Th.L. Massop, 2014b. Effecten van onderwaterdrains op maaiveldsdaling, waterbeheer, wateroverlast en waterkwaliteit in peilvak 9 van polder Groot-Wilnis Vinkeveen. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research Centre), Alterra-rapport 2480.
- Hendriks, R.F.A., P.C. Stolk, P. Groenendijk and J.J.H. van den Akker, in prep. Modelling greenhouse gas emissions and soil subsidence with SWAP-ANIMO; application on an agricultural peat soil.
- Höper, H., 2007. Freizetsung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren (Emission of greenhouse gases from German peatlands), *Telma* 37, pp 85 – 116.
- Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker en M. Pleijter, 2008. Hydrologische en landbouwkundige effecten gebruik 'onderwaterdrains' op veengrond. Lelystad, Animal Sciences Group van WUR. Rapport 102.

- Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker en M. Pleijter, 2011. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing 'onderwaterdrains' in polder Zeevang. Lelystad, Wageningen-UR Livestock Research. Rapport 449.
- Hoving, I.E., P. Vereijken, K. van Houwelingen en M. Pleijter, 2013a. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains bij dynamisch slootpeilbeheer op veengrond. Lelystad, Wageningen-UR Livestock Research. Rapport 719.
- Hoving, I.E., H. van Schooten, M. Pleijter, 2013b. Snijmaïsteelt op veengrond bij dynamisch slootpeilbeheer. Lelystad, Wageningen-UR Livestock Research. Rapport 720
- Hoving, I.E., H. Massop, K. van Houwelingen, J.J.H. van den Akker en J. Kollen, 2015. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains in polder Zeevang; Vervolgonderzoek gericht op de toepassing van een zomer- en winterpeil. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research. Livestock Research Rapport 875.
- Hoving I.E., A., J.J.H. van den Akker, H. Massop, G.J. Holshof, K. van Houwelingen, 2018. Precisiewatermanagement met pompgestuurde onderwaterdrains op veenweidegrond. Wageningen Livestock Research, Report 1123.
- Jansen, P.C., E.P. Querner en J.J.H. van den Akker, 2009. Onderwaterdrains in het veenweidegebied en de gevolgen voor de inlaatbehoefte, de afvoer van oppervlaktewater en voor de maaielddaling. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1872. 54 blz
- Kluge, B., Wessolek, G., Facklam, M., Lorenz, M., Schwärzel, K., 2008. Long-term carbon loss and CO<sub>2</sub>-C release of drained peatland soils in northeast Germany. *European Journal of Soil Science* 59, 1076-1086.
- Kasimir-Klemedtsson, A., Klemedtsson, L., Berglund, K., Martikainen, P., Silvola, J. & Oenema, O., 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management*, 13, 245–250.
- Kuikman, P.J.; Akker, J.J.H. van den; Vries, F. de, 2005. Emissie van N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> uit organische landbouwbodems, Wageningen : Alterra, 2005 (Alterra-rapport 1035-2) - p. 66.
- Lafleur, P.M., Moore, T.R., Roulet, N.T., Froking, S., 2005. Ecosystem respiration in a cool temperate bog depends on peat temperature but not water table. *Ecosystems* 8, 619-629. doi: 10.1007/s10021-003-0131-2
- Leifeld, J., Müller, M. & Fuhrer, J., 2011. Peatland subsidence and carbon loss from drained temperate fens. *Soil Use and Management*, 27, pp 170–177.
- Massman, W.J., 1998. A review of the molecular diffusivities of H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and NO<sub>2</sub> in air, O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> near STP. *Atmospheric Environment* 32:1111-1127.
- Moore, T.R. and M. Dalva, 1993. The influence of temperature and water table position on carbon dioxide and methane emissions from laboratory columns of peatland soils. *Journal of Soil Science* 44, pp 651-664.
- Querner, E.P. , P.C. Jansen, J.J.H. van den Akker, C. Kwakernaak, 2012. Analysing water level strategies to reduce soil subsidence in Dutch peat meadows. *Journal of Hydrology* 446–447 (2012) 59–69.
- Renger, M, Wessolek, G., Schwärzel, K., Sauerbrey, R., Siewert, C., (2002). Aspects of peat conservation and water management. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165, 487-493.
- Rijtema, P.E., Groenendijk, P., Kroes J.G., 1999. Environmental impact of land use in rural regions Imperial College Press, London, UK.
- Schothorst, C. J., 1977. Subsidence of low moor peat soils in the Western Netherlands, *Geoderma*, 17, 265–291.
- Schothorst, C.J., 1982. Drainage and Behaviour of Peat Soils. Proc. Symp. on Peatlands below Sea Level. 1982. ILRI publication 30, Wageningen, The Netherlands: 130-163
- Stuyt, L.C.P.M., 1998. Schade aan onderlopende buisdrainage. Literatuurstudie-State of the Art-Onderzoeksvorstel. DLO Staring Centrum, 1998, 46 p.
- Stuyt, L.C.P.M., 2013. Regelbare drainage als schakel in toekomstbestendig waterbeheer; bundeling van resultaten van onderzoek, ervaringen en indrukken, opgedaan in binnen- en buitenland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2013. 20 blz.; 269 fig.; 40 tab.  
<http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/439472>

- Vermeulen, J. en R.F.A. Hendriks, 1996. Bepaling van afbraaksnelheden van organische stof in laagveen. Ademhalingsmetingen aan ongestoorde veenmonsters in het laboratorium. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 288. 124 blz.
- Wessolek, G., Schwärzel, M., Renger, M., Sauerbrey, R., Siewer, C., (2002). Soil hydrology and CO<sub>2</sub> release of peat soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165, 494-500.





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 317 48 07 00  
[www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research)

Rapport 2922  
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

