

## Toepassing van onderwaterdrains in veenweidegebieden

### *effectiviteit om maaiveldddaling en broeikasgasemissies te beperken en effecten op waterkwantiteit en waterkwaliteit<sup>1</sup>*

Jan van den Akker, Rob Hendriks, Idse Hoving en Matheijs Pleijter

Ir. J.J.H. van den Akker, Alterra Wageningen UR, Postbus 47, 6700 AA Wageningen, e-mail: [janjh.vandenakker@wur.nl](mailto:janjh.vandenakker@wur.nl)

Ir. R.F.A. Hendriks, Alterra Wageningen UR, e-mail: [rob.hendriks@wur.nl](mailto:rob.hendriks@wur.nl)

Ir. I.E. Hoving, Livestock Research Wageningen UR, e-mail: [idse.hoving@wur.nl](mailto:idse.hoving@wur.nl)

Ing. M. Pleijter, Alterra Wageningen UR, e-mail: [matheijs.pleijter@wur.nl](mailto:matheijs.pleijter@wur.nl)

Trefwoorden: veenweidegebied, bodemdaling, oxidatie, onderwaterdrains, broeikasgasemissies

### **Lead**

Momenteel is ongeveer 80% van het westelijk veengebied in gebruik als veenweide. De benodigde drooglegging voor een rendabele melkveehouderij is in het westelijk veenweidegebied ongeveer 60 cm. Dit veroorzaakt echter maaiveldddalingen tot 13 mm per jaar. Er bestaat daarom een grote behoefte aan oplossingen waarbij de maaiveldddaling kan worden beperkt met behoud van een goed perspectief voor de melkveehouderij. In tegenstelling tot peilverhoging lijkt toepassing van onderwaterdrains een oplossing te bieden.

### **Introductie**

Eind jaren 60 zijn in veel veenweidegebieden slootpeilen verlaagd tot ca 60 cm –mv in de Westelijke veenweidegebieden en tot 100 – 150 cm –mv in Friese veenweidegebieden, waardoor maaiveldddalingen sterk toenamen. In het Groene Hart werden maaiveldddalingen tot gemiddeld 13 mm per jaar gemeten (Van den Akker *et al.*, 2007a, Beuving en van den Akker, 1996). In Friesland leidden de grotere droogleggingen tot maaiveldddalingen tot 24 mm per jaar. Een belangrijke oorzaak van de bodemdaling is dat in droge zomers de grondwaterstand in het midden van een veenweideperceel vele decimeters onder het slootpeil kan zakken. De verdamping van het gras is dan zo groot, dat de infiltratie vanuit de sloot dit niet kan bijhouden. Door die diepe grondwaterstanden wordt veel 'vers' veen aan uitdroging en zuurstof uit de atmosfeer en daarmee aan oxidatie (biologische afbraak) blootgesteld. Uit langjarig onderzoek blijkt dan ook dat de bodemdaling sterk afhankelijk is van de laagste grondwaterstanden die in een veenweideperceel optreden. Van den Akker *et al* (2007a) vonden dat een 10 cm lagere GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) resulteert in 2,4 mm meer maaiveldddaling. Zeker op de lange termijn is oxidatie van veen de belangrijkste oorzaak van de maaiveldddaling. Deze afbraak veroorzaakt ook een grote emissie van de broeikasgassen CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O. Het International Panel on Climate Change (IPCC) onderscheidt voor de landbouw onder andere de categorie “verhoogde achtergrondemissie van broeikasgassen uit organische bodems in landbouwkundig gebruik”. Een maaiveldddaling van 1 mm per jaar komt overeen met een CO<sub>2</sub> emissie van 2259 kg CO<sub>2</sub> ·ha<sup>-1</sup>·jr<sup>-1</sup> (Van den Akker *et al.*, 2007a). Per jaar is de CO<sub>2</sub>-emissie van de Nederlandse

---

<sup>1</sup> Van den Akker, J.J.H. (Jan), Rob Hendriks, Idse Hoving en Matheijs Pleijter, 2010. Toepassing van onderwaterdrains in veenweidegebieden. Effecten op maaiveldddaling, broeikasgasemissies en het water. Werkgemeenschap voor Landschapsonderzoek (WLO), Utrecht, Landschap 27/3, 137-149

veengebieden in landbouwkundig gebruik 4,25 Mton en de N<sub>2</sub>O-emissie uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten 0,51 Mton (Kuikman *et al.*, 2005). Dit vertegenwoordigt ongeveer 2,5 % van de Nederlandse CO<sub>2</sub>-emissie en staat als zodanig op de Nederlandse “broeikasgasbalans” van het IPCC.

Het beperken van de maaiveldddaling in veenweidegebieden is daarom een beleidsdoelstelling met een hoge prioriteit. Veelal worden slootpeilverhogingen voorgesteld als middel om maaiveldddalingen te beperken (Nota Ruimte, 2004). Dit gaat ten koste van de melkveehouderij, terwijl een rendabele melkveehouderij wordt gezien als een essentiële randvoorwaarde voor de realisatie van beleidsdoelstellingen als een vitaal platteland en het behoud van het cultuurhistorische open veenweidelandschap (Voorloper Groene Hart, 2009). Als alternatief voor peilverhogingen, waarbij een rendabele melkveehouderij wordt behouden, wordt gedacht aan toepassing van onderwaterdrains.

Onderwaterdrains zijn drains die om de vier tot zes meter worden gelegd op ongeveer tien tot twintig centimeter onder het slootpeil. Zo kan het slootwater in droge perioden via de drains in het veenweideperceel infiltreren. Door die infiltratie van het slootwater wordt voorkomen dat het grondwater in het midden van de veenweidepercelen diep onder het slootpeil zakt. In natte perioden draineren onderwaterdrains juist en voorkomen zo dat het grondwater tot in het maaiveld stijgt. De grond blijft daardoor droger en heeft een betere draagkracht. Voor de melkveehouderij levert dit een belangrijke toename van de bedrijfszekerheid op, omdat het land eerder kan worden bereiden, de koeien eerder en langer op het land kunnen en berijding- en vertrappingschade wordt beperkt. Daarnaast wordt er minder water - met daarin vaak meststoffen - via afspoeling en de graszode naar de greppel en sloot afgevoerd. De verbeterde drainage kan ook een alternatief zijn voor gebieden waar aanpassing van het slootpeil (verlaging!) aan de maaiveldddaling niet meer mogelijk is en biedt zelfs de mogelijkheid om het slootpeil te verhogen, zonder veel nadelen voor de landbouw.

De afgelopen jaren is een serie van onderzoeken verricht om vast te stellen

- of toepassing van onderwaterdrains inderdaad de maaiveldddalingen beperken met behoud van een rendabele melkveehouderij en
- wat de effecten zijn op waterkwantiteit (o.a. inlaatbehoefte) en waterkwaliteit.

De onderzoeken bestaan uit veldproeven en modelstudies op perceel- en polderniveau. De veldproeven zijn vooral gebruikt voor onderzoek naar de effectiviteit van onderwaterdrains om maaiveldddalingen (en daarmee ook beperking van broeikasgasemissies) te beperken en om de effecten op het bedrijfsresultaat te bepalen. De modelstudies zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen op de effecten van onderwaterdrains op de waterkwantiteit en de waterkwaliteit. Hierbij is met name voor de modellering op perceelniveau gebruik gemaakt van de meetresultaten van de veldproeven voor kalibrering en validatie.

De doelstelling van deze onderzoeken is om voordat grootschalig wordt geïnvesteerd in onderwaterdrains duidelijkheid te scheppen over de voor- en nadelen van toepassing van onderwaterdrains.

Dit artikel doet verslag van deze onderzoeken, waarbij vooral wordt ingegaan op de effectiviteit en effecten van toepassing van onderwaterdrains.

### **Veldproeven**

Op drie locaties zijn veldproeven uitgevoerd: op het Praktijkcentrum Zegveld, het bedrijf Van Leeuwen te Linschoten en in de polder Zeevang.

Op het Praktijkcentrum Zegveld zijn in de herfst van 2003 vier proefpercelen aangelegd met onderwaterdrains op onderlinge afstanden van 4, 8 en 12 meter. Per perceel zijn zowel buisdrains Ø 6 cm (met PPE-omhulling) als eenvoudige moldrains aangelegd. Bij moldrainage wordt een torpedovormig lichaam (de “mol”) met kort daarachter aan een ketting een “ruimer” Ø 11 cm door de grond getrokken zodat een “mollengang” ontstaat die dienst doet als drainage. Daarnaast is per perceel een deel als referentie zonder drains ingericht. Twee percelen hebben een relatief hoog slootpeil van 15 à 20 cm –mv en twee percelen een ‘laag’ slootpeil van 55 à 60 cm –mv. Toepassing van onderwaterdrains bij een slootpeil van 15 à 20 cm –mv zal in de praktijk leiden tot te natte percelen voor een goede bedrijfsvoering en is in dit geval alleen toegepast om proeftechnische redenen om een extreme situatie te beproeven. Het slootpeil van 55 à 60 cm –mv komt goed overeen met de praktijk in het westelijk veenweidegebied. De drains liggen ongeveer 20 cm beneden het slootpeil, zodat enige fluctuatie in slootpeil en zelfs een geringe peilverlaging nog mogelijk is zonder dat de drains droog komen te vallen. Bovendien komt er dan ook geen kroos en drijfvuil in de drain. Dieper draineren zou in principe kunnen maar geeft meer kans op instroming van bagger en drainage van dieper grondwater, dat rijk kan zijn aan nutriënten. Het betreft een “pure” veengrond (koopveengrond), dat wil zeggen dat de toplaag voornamelijk uit organisch materiaal bestaat en slechts een beperkte hoeveelheid minerale delen (zand en klei) bevat. Deze grond is daarmee representatief voor een groot deel van de veengronden in het veenweidegebied. Bij één perceel met een hoog slootpeil (Zegveld 13) en één perceel met een laag peil (Zegveld 3) zijn tot een diepte van ca 1,20 meter grondmonsters genomen waaraan verzadigde en onverzadigde doorlatendheden, waterretentiekarakteristieken, krimpkarakteristieken en afbraakcoëfficiënten zijn bepaald. Gedurende twee jaren zijn maandelijks bodemvocht- en slootwatermonsters genomen waaraan N, P, S, Fe, Al, pH en DOC zijn bepaald. Bij Zegveld 3 zijn in de sloot drie drains met onderlinge afstand van 4 meter aan elkaar gekoppeld en zijn in- en uitstroming gemonitord wat betreft waterkwantiteit en waterkwaliteit. Bij alle percelen is van 2004 tot en met 2007 tweewekelijks de grondwaterstand gemeten op de referentiedelen en tussen de drains. De resultaten van deze metingen en bepalingen zijn gebruikt in de modellering op perceelniveau met de modellen SWAP en ANIMO.

Bij alle percelen zijn bij elke drainafstand en op de referentie proefstroken voor de bepaling van grasopbrengsten aangebracht. Om het effect op de drogestof- en stikstofopbrengst te bepalen zijn twee bemestingsniveaus voor stikstof (N) gehanteerd, namelijk een praktijkniveau (N1) en geen bemesting (N0).

Voor de bepaling van de maaivelddalingen worden elk voorjaar in de periode eind februari – half april in drie vaste raaien in de breedte de hoogten om de 2 meter gemeten. Bij de referentiedelen is de onderlinge afstand tussen de dwarsraaien 10 meter. Bij de gedeelten met onderwaterdrains zijn de dwarsraaien halverwege tussen de drains gelegd. In het vroege voorjaar is de gewasverdamping nog niet begonnen en is het veen maximaal gezwollen. Daarmee wordt zoveel mogelijk voorkomen dat een tijdelijke maaivelddaling door reversibele krimp wordt gemeten. NB in een zeer droog jaar kan de tijdelijke maaivelddaling door krimp wel 10 cm zijn. De hoogtemetingen op de referentiedelen van de percelen Zegveld 3 en Zegveld 13 sluiten aan op een monitoring van de maaivelddaling van deze percelen gedurende meer dan 35 jaar (Beuving en van den Akker, 1996).

Nabij Linschoten is in 2005 op het bedrijf Van Leeuwen op een veengrond met een kleidek van ca 35 cm een proefveld deels met en zonder onderwaterdrains aangelegd. De onderlinge afstand

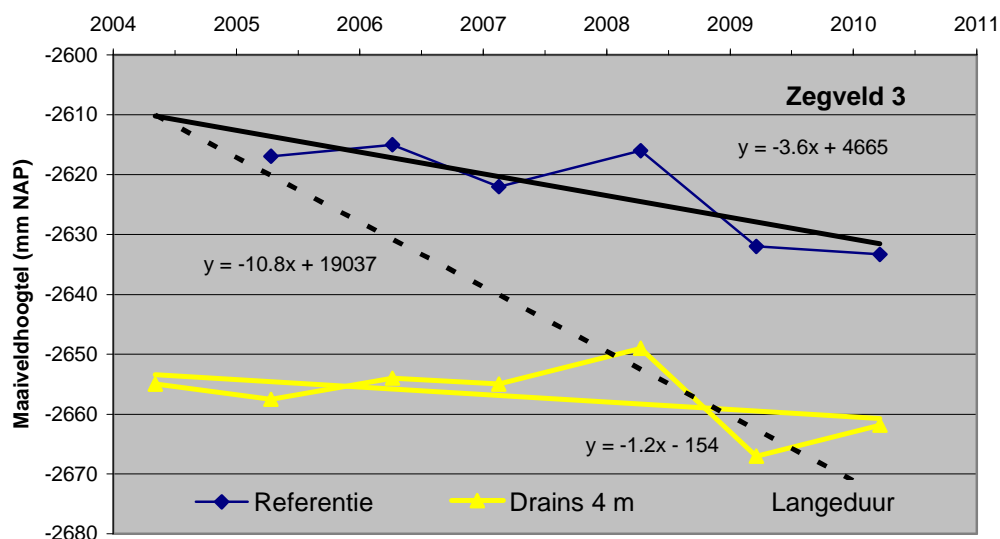
van de drains Ø 6 cm (met PPE-omhulling) is 6 m. Het betreft een waardveengrond en representeert ongeveer 20% van de Nederlandse veengronden en zelfs 45% indien de aanverwante weideveen- en meerveengronden worden meegenomen. Het meetprogramma komt nagenoeg overeen met dat op het Praktijkcentrum Zegveld. Er is bij de opbrengstbepaling echter alleen met praktijkbemesting gewerkt en niet met nulbemesting.

In de polder Zeevang zijn in 2006 op twee bedrijven (Bakker en Steenman) onderwaterdrains Ø 6 cm (met PPE-omhulling) aangelegd op een koopveengrond, dezelfde soort veengrond als bij het Praktijkcentrum Zegveld. Bij het bedrijf Bakker is de aanleg van de onderwaterdrains gecombineerd met een slootpeilverlaging van 20 tot 60 cm –mv. Bij het bedrijf Steenman is de drooglegging juist verkleind van 80 naar 60 cm. De onderwaterdrains zijn om de 6 meter dwars op de perceelrichting aangelegd met een lengte van 40 meter. Daarnaast zijn op een aantal percelen de onderwaterdrains in de lengterichting van het perceel aangelegd, met lengten van 120, 350 en 450 meter en onderlingen afstanden van 6 à 7 meter. De metingen zijn beperkt tot tweewekelijkse grondwaterstandmetingen en jaarlijkse hoogtemetingen van 2007 tot 2009. In 2007 en 2008 zijn grasopbrengstbepalingen verricht op proefstroken met praktijkbemesting (N1) en zonder bemesting (N0).

### **Effectiviteit beperking maaiveld dalingen**

De invloed van onderwaterdrains op de maaiveld daling is onderzocht door gedurende een aantal jaren in het vroege voorjaar hoogtemetingen uit te voeren in het veld. Ervaring leert dat minstens gedurende zes jaar moet worden gemeten om een trend te kunnen vastleggen (Beuving en Van den Akker, 1996). Alleen op proefpercelen op het praktijkproefbedrijf Zegveld is op dit moment lang genoeg gemeten. In figuur 1 zijn van Perceel Zegveld 3 de maaiveldhoogten in de periode 2004 – 2010 gepresenteerd van de referentie en van de drains om de 4 meter. Bij de perceeldelen met onderwaterdrains worden de dwarsraaien halverwege tussen de drains gemeten. De maaiveld daling in de periode 2004 – 2010 blijkt sterk te zijn beïnvloed door het feit dat 2003 een zeer droog jaar was en de jaren 2004 – 2010 allemaal matig of erg nat. Door de grote droogte in 2003 was het veen in het voorjaar van 2004 nog niet helemaal opgezwollen en had een potentie om in de nog volgende jaren verder op te zwellen. Deze specifieke omstandigheden resulteerden in een gemiddelde maaiveld daling van de referentie van 3,6 mm per jaar, terwijl vanaf 1970 de langeduur maaiveld daling 10,8 mm per jaar is (Beuving en Van den Akker, 1996). Het effect van de grote zwelpotentie na 2003 laat zich ook goed zien bij de hoogtemetingen tussen de drains om de 4 meter. De maaiveld daling is maar 1,2 mm per jaar en in de lente van 2008, na het zeer natte jaar 2007, was de maaiveld hoogte zelfs hoger dan de beginhoogte in 2004. Niettemin is het duidelijk dat de maaiveld daling tussen de drains om de 4 meter slechts een derde is van de maaiveld daling van de referentie zonder drains.

Zegveld representeert een “pure” veengrond, wat wil zeggen dat er geen laag klei of zand op ligt. Een belangrijk deel van de Nederlandse veengronden heeft echter een mineraal dek met een dikte van 10 – 40 cm. Het proefperceel bij Linschoten bij het bedrijf Van Leeuwen heeft een waardveengrond met een kleidek van ca 35 cm. Vanaf 2006 is in 5 jaar het referentiedeel met 11 mm gezakt en het deel met drains om de 6 m met 1 mm gestegen. Dit is een eerste aanwijzing dat de toepassing van onderwaterdrains ook bij deze waardveengrond de maaiveld daling beperkt. De meetperiode is echter te kort en de maaiveld daling te klein om gedegen uitspraken te doen.



Figuur 1. Maaiveldhoogte 2004 – 2010 Zegveld 3 zonder onderwaterdrains en met onderwaterdrains om de 4 meter. De trend van de langeduur maaiveldddaling is 10,8 mm per jaar.

In de polder Zeevang zijn bij de twee praktijkbedrijven Bakker en Steenman in de periode 2007 – 2009 jaarlijks maaiveldhoogten gemeten. Deze periode is echter te kort om uitspraken over maaiveldddalingen te doen. In 2010 zijn daar om financiële redenen geen maaiveldhoogten gemeten.

De conclusie is dat toepassing van onderwaterdrains de maaiveldddaling sterk kan beperken. Om deze conclusie verder te onderbouwen is voortzetting van de hoogtemetingen in de toekomst noodzakelijk.

### Effectiviteit beperking broeikasgassen

Een maaiveldddaling van 1 mm per jaar komt overeen met een CO<sub>2</sub> emissie van 2259 kg CO<sub>2</sub> ·ha<sup>-1</sup>·jr<sup>-1</sup> en een N<sub>2</sub>O emissie van 271 kg CO<sub>2</sub> equivalenten·ha<sup>-1</sup>·jr<sup>-1</sup>, dus in totaal is de broeikasgasemissie 2530 kg CO<sub>2</sub> eq·ha<sup>-1</sup>·jr<sup>-1</sup>. De gemiddelde broeikasgasemissie van het proefperceel Zegveld 3 is op de langeduur termijn 27300 kg CO<sub>2</sub> eq·ha<sup>-1</sup>·jr<sup>-1</sup>. Door toepassing van onderwaterdrains kan dit worden gereduceerd tot een derde hiervan: 9100 kg CO<sub>2</sub> eq·ha<sup>-1</sup>·jr<sup>-1</sup>. Hoewel de emissies van broeikasgassen uit veengronden in landbouwkundig gebruik wel op de Nederlandse “broeikasgasbalans” van het IPPC staan, zijn er voor de emissies van CO<sub>2</sub> uit veengronden nog geen emissierechten. Deze zijn momenteel € 13,- per ton CO<sub>2</sub> per jaar. Per hectare zou bij Zegveld 3 per jaar 16,3 ton CO<sub>2</sub> kunnen worden bespaard, wat overeen zou komen met € 211,-. Dit zou alle kosten dekken van onderwaterdrains en zou zelfs winst opleveren.

Geconcludeerd kan worden dat hoewel er voor de bespaarde CO<sub>2</sub> emissies niet wordt betaald, deze voldoende zouden zijn om de toepassing van onderwaterdrains te financieren en zelfs winst zou opleveren. Dit geeft in ieder geval weer dat de maatschappelijke winst aan CO<sub>2</sub> emissiebesparing de aanleg van onderwaterdrains al zou rechtvaardigen.

### **Effect op rendabiliteit melkveehouderij**

Voor de melkveehouderij is de maaivelddaling een probleem omdat bij een gelijkblijvend slootpeil de drooglegging steeds minder wordt. Voor het waterschap en andere overheden ligt een verdere verlaging van het slootpeil steeds moeilijker, omdat hiermee de maaivelddaling en de emissies van broeikasgassen en gemineraliseerde nutriënten toenemen en de ecologische doelen van de sloot zelf geschaad worden. De maaivelddaling is niet uniform over het perceel. Vooral bij brede percelen is de maaivelddaling in het middendeel groter dan de perceelsranden dicht bij de sloot, waardoor deze percelen een holle ligging krijgen. Dit verschijnsel treedt nog veel sterker op indien er een relatief grote wegzijging aanwezig is. Door de holle ligging ontstaan vooral langs de greppels stroken die langdurig nat zijn met een slechte draagkracht, waardoor het perceelbeheer moeilijker en gecompliceerder wordt. Ook tussen percelen onderling kunnen de verschillen in maaivelddaling groot zijn, doordat drooglegging en de breedte van de percelen verschilt en omdat het ene perceel meer of minder klei en zand in de bovengrond kan hebben dan andere percelen. Onderbemalingen op delen van het bedrijf maken de verschillen in maaivelddalingen nog groter. Toepassing van onderwaterdrains zorgt er niet alleen voor dat de maaivelddaling (meer dan) gehalveerd wordt, maar ook dat de resterende maaivelddaling gelijkmatiger verdeeld is, zodat er geen holle percelen ontstaan. Deze langetermijn voordelen wat betreft maaivelddaling zijn voor de melkveehouderij niet voldoende om de aanleg van onderwaterdrains op korte termijn rendabel te maken. Echter, doordat onderwaterdrains niet alleen water infiltreren maar in natte perioden het perceel draineren en de hoogste grondwaterstanden aftoppen, wordt in natte perioden de draagkracht verbeterd. Vooral in het veenweidegebied is draagkracht een probleem en een beperkende factor in de bedrijfsvoering. Toepassing van onderwaterdrains leidt tot vergroting van het aantal dagen waarop het land kan worden beweid of bereiden voor o.a. bemesting. Of de toepassing van onderwaterdrains daardoor rendabel wordt is onderzocht door Hoving *et al.*, (2008, 2009) op Praktijkcentrum Zegveld en op de twee praktijkbedrijven in de polder Zeevang. De resultaten van de proefpercelen op Praktijkcentrum Zegveld geven aan dat moldrains niet of nauwelijks draineren en daarom landbouwkundig geen waarde hebben. Door extra vernatting kunnen moldrains voor de ontwikkeling van natte natuur wel interessant zijn. Buisdrains blijken zowel te draineren als te infiltreren. Het functioneren was daarbij sterk afhankelijk van het slootpeil. De drainerende functie was bij het lage peil van 55 cm –mv sterker dan bij het hoge peil van 15 à 20 cm –mv. Voor de infiltratie gold het omgekeerde. In het algemeen waren de effecten groter bij een kleinere drainafstand. Het drainerende effect bij het lage peil was relatief groter dan het infiltrerende effect bij het hoge peil. Dit kwam niet alleen door de gehanteerde slootpeilen, maar was ook een gevolg van een relatief gering aantal perioden met een neerslagtekort in de jaren 2004 tot en met 2007.

De grasopbrengst en daarmee de N-opbrengst werd op zowel het lage als het hoge peil negatief beïnvloed door een lagere N-levering van de bodem (lagere opbrengst onbemest). De lagere N-levering bij de perceeldelen met onderwaterdrains duidt op een verminderde veenafbraak. Dit bevestigt de hypothese dat onderwaterdrains bijdragen aan de remming van veenafbraak en dus aan een geringere maaivelddaling. Bij het lage peil werd de lagere stikstoflevering van de bodem ruim gecompenseerd door een hogere benutting door het gras van de stikstof uit de bemesting. Deze verminderde mineralisatie en betere benutting betekenen dus een duidelijke milieuwinst. Uit draagkrachtmetingen in 2004 blijkt dat de toepassing van onderwaterdrains inderdaad leidt tot toename van de draagkracht, zelfs bij een hoog peil (zie Figuur 2)

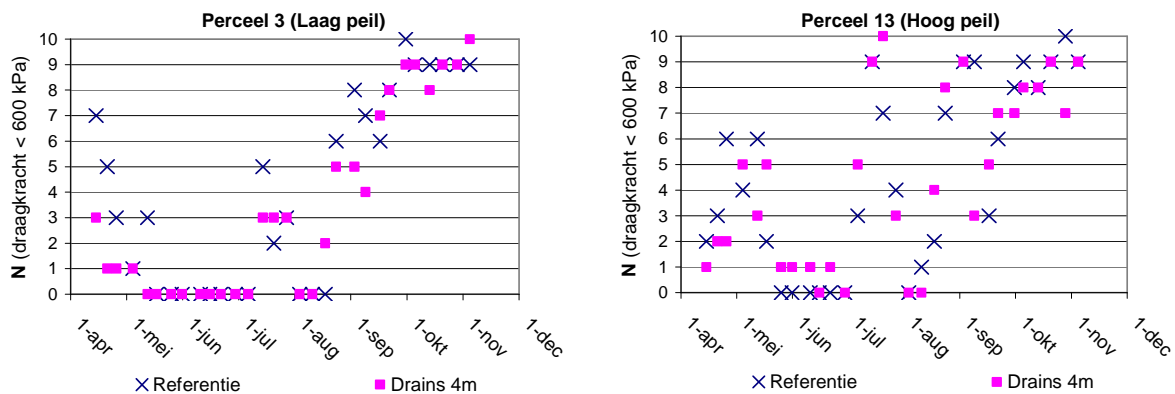


Fig. 2. Aantal malen  $N$  met onvoldoende draagkracht (draagkracht < 600 kPa) van 10 draagkrachtmetingen per week in de periode april tot december 2004 bij percelen van het proefbedrijf Zegveld met een laag peil (perceel 3, drooglegging ca 55 cm) en een hoog peil (perceel 13, drooglegging 15 – 20 cm) (Hoving *et al.*, 2008).

In de polder Zeevang zijn gedurende 2007 en 2008 op twee bedrijven (Bakker en Steenman) de effecten van onderwaterdrains onderzocht (Hoving *et al.*, 2009). Uit de metingen bleek dat tot 300 meter de drains nog een nivellerend effect hadden op de grondwaterstand. Evenals bij de proef in Zegveld werd bij beide bedrijven in de polder Zeevang een verlaging van de  $N$ -mineralisatie gemeten, wat duidt op minder veenafbraak en maaivelddaling. Voor drie varianten a, b en g zonder onderwaterdrains met respectievelijk droogleggingen van 20, 60 en 80 cm en een variant c met onderwaterdrains met een drooglegging van 60 cm zijn bedrijfseconomische berekeningen uitgevoerd. Variant a was daarbij referentiesituatie. In Tabel 1 zijn de zelfvoorziening voor ruwvoer en het verschil in kosten ten opzichte van de referentievariant gepresenteerd.

Tabel 1. Mate van zelfvoorziening voor ruwvoer en verschil in totale kosten ( $\text{€} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) voor vier varianten voor de weerjaren 1992-2001 bij een 25% lagere en een 50% hogere aankooprij voor ruwvoer en al of niet hogere loonwerkkosten (verhoging voor de varianten a en b met respectievelijk 20 en 10%). De kosten van de drains zijn  $\text{€} 165,-$  per ha per jaar (Hoving *et al.*, 2009).

Correctie voerprijs (%)	-25		0		50		Zelf-
Differentiatie loonwerkkosten	nee	ja	nee	ja	nee	ja	voorz.
a) Geen drains, drooglegging 20 cm	0	0	0	0	0	0	76%
b) Geen drains, drooglegging 60 cm	-155	-194	-208	-247	-314	-353	88%
c) Drains, drooglegging 60 cm	-179	-258	-247	-325	-381	-459	100%
c2) Variant c inclusief kosten drains	-14	-93	-82	-160	-216	-294	100%
g) Geen drains, drooglegging 80 cm	-143	-221	-210	-288	-345	-423	100%

De verhogingen van de loonwerkkosten voor de varianten a en b komen overeen met wat voorkomt in de praktijk van de melkveehouderij in het veenweidegebied. Door de nattere omstandigheden bij de varianten a en b ten opzichte van de varianten c en g wordt namelijk de capaciteit voor mestuitrijden en voederwinning beperkt, wat zich uit in hogere tarieven. De kosten van de aanleg van de drains is inclusief leggen per meter  $\text{€} 1,-$  (Hoving *et al.*, 2009). Bij een drainafstand van 6 m zijn de aanlegkosten dan  $\text{€} 1666,-$  per hectare. Bij een

afschrijftermijn van 25 jaar, een rente van 4,5 %, onderhoud 1,5 % worden de kosten per jaar per ha € 165,-. In Tabel 1 zijn deze kosten verrekend in variant c2.

Puur economisch gezien is variant b (een drooglegging van 60 cm zonder drains) rendabeler dan variant c2 (een drooglegging van 60 cm met drains). Echter, dan moet bij variant b wel het slootpeil regelmatig worden aangepast aan de maaiveldddaling, omdat anders op den duur de drooglegging en daarmee de rendabiliteit terugloopt. Zo zal in 25 jaar het maaiveld met ca 25 cm dalen en de drooglegging nog slechts 35 cm zijn. Bij variant c, met drains, is de maaiveldddaling zeker gehalveerd en is de drooglegging na 25 jaar nog 47,5 cm. Met drains is deze drooglegging nog voldoende om minimaal nog net zo rendabel te zijn als de oorspronkelijke variant b met een drooglegging van 60 cm zonder drains (Hoving *et al.*, 2009).

### **Effect op waterkwantiteit**

Toepassing van onderwaterdrains heeft tot gevolg dat de grondwaterstand dichter rondom het slootpeil schommelt en het grondwater-oppevlaktewater systeem sneller en effectiever reageert dan in het geval zonder onderwaterdrains. De verwachting is dan ook dat bij toepassing van onderwaterdrains in een polder meer water moet worden afgevoerd en ingelaten dan in een polder zonder onderwaterdrains. Hoeveel extra er moet worden ingelaten en afgevoerd is echter onbekend. Daarnaast is onbekend in hoeverre de extra inlaat en afvoer kan worden beperkt door bijvoorbeeld een wat grotere slootpeilfluctuaties toe te staan (flexibel peil en dynamisch peil) en/of meer open water te creëren. Om hier meer inzicht in te krijgen is door Jansen *et al.* (2009) en Jansen en Querner (2010, dit themanummer) een modelstudie verricht met een hydrologisch model dat gebruikt is het project 'Waarheen met het Veen?' (Woestenburg, 2009, [www.waarheenmethetveen.nl](http://www.waarheenmethetveen.nl)) voor het gebied rond de plaats Zegveld (Jansen *et al.*, 2007). Met dit model zijn scenario's doorgerekend met verschillende peilstrategieën zonder en met onderwaterdrains (zie Tabel 2). Voor scenario's zonder onderwaterdrains is een streefpeil van 60 cm aangehouden en voor scenario's met drains 50 cm. Het 10 cm hogere slootpeil bij de scenario's met onderwaterdrains zal resulteren in een extra beperking van de maaiveldddaling, waarbij verwacht wordt dat ook bij dit hogere peil de voordelen van onderwaterdrains voor de melkveehouderij grotendeels worden behouden. Door Jansen *et al.* (2009) zijn een veengrond zonder en met een dunne afdekkende kleilaag van ca 30 cm dik beschouwd. Omdat het verschil tussen de scenario's met veen met of zonder dun kleidek voornamelijk tot uitdrukking komt in de maaiveldddaling en niet in de waterbewegingen, wordt in dit artikel alleen veen zonder dun kleidek beschouwd. De scenario's en resultaten wat betreft de gemiddelde inlaat in de zomer en de gemiddelde afvoer in de winter zijn samengevat in Tabel 2

Uit de vergelijking tussen de scenario's 1 en 2 blijkt dat toepassing van onderwaterdrains en een 10 cm hoger streefpeil leidt tot een relatief grote toename van de hoeveelheid in te laten water in de zomer. Het gaat echter om de toename in absolute zin, dus in mm per jaar, en dan valt de toename wel mee. Het effect op de afvoer in de winter is beperkt.

Bij scenario 5 (regulier+) is naast een iets grotere fluctuatie (+/-5cm) het oppervlakte open water uitgebreid van 12% naar 20% van het totale oppervlakte, met als doel de kleinere berging, die het gevolg is van toepassing van onderwaterdrains plus het hogere peil, met name tijdens piekbuien op te vangen. Uit de modelresultaten blijkt dat deze maatregelen effectief zijn, echter het vergroten van het oppervlakte aan open water zal in de praktijk niet eenvoudig zijn.



Tabel 2. Samenvatting van de scenarioberekeningen van veengronden zonder dun kleidek. Scenario 1 is het referentiescenario ten opzichte waarvan de toename van inlaat en afvoer wordt berekend.

Scen.	Peilbeheer		Droog- legging (cm)	Marge (cm)	Inlaat zomer (mm/jr)		Afvoer winter (mm/jr)	
	drains				Inlaat	Toename	Afvoer	Toename
1	regulier	nee	60	+/- 2	116		299	
2	regulier	ja	50	+/- 2	155	39	304	5
5	regulier + <sup>(1)</sup>	ja	50	+/- 5	122	7	290	-9
7	flexibel	nee	60	+/- 10	85	-30	283	-16
8	flexibel	ja	50	+/- 10	113	-3	287	-12
11	dynamisch	ja	50	+/- 5	166	51	344	45
13	dynamisch	nee	60	+/- 5	156	41	344	45
<b>O</b>	<b>Optimaal<sup>(2)</sup></b>	<b>ja</b>	<b>50</b>	<b>+/-10</b>	<b>122</b>	<b>7</b>	<b>346</b>	<b>46</b>

<sup>(1)</sup> regulier + = met onderwaterdrains met extra open water en toelaten van een wat grotere slootpeilfluctuatie.

<sup>(2)</sup> optimaal = optimale beperking van de maaiveldaling en de hoeveelheid inlaatwater in de zomer

Flexibel peilbeheer houdt in dat de fluctuatie rond het streefpeil vergroot is (+/-10cm), waardoor minder water ingelaten en afgevoerd wordt. Bij flexibel peil zakken in de zomer de slootpeilen tot 10 cm onder het streefpeil uit, waardoor de maaiveldaling zal toenemen ten opzichte van de scenario's met een beperkte marge rond het streefpeil. Wel blijkt flexibel peil een effectief middel te zijn om in hoge mate de inlaat en in mindere mate de afvoer te beperken.

Dynamisch peilbeheer is er in veel vormen. Hier wordt uitgegaan van regulier peilbeheer waarbij, afhankelijk van de grondwaterstand en de neerslagverwachting, het slootpeil met 5 cm extra wordt verhoogd of verlaagd. De effectiviteit van deze vorm van dynamisch peilbeheer blijkt sterk tegen te vallen. Op het gebied van maaiveldaling wordt bijna geen winst behaald en de inlaat en afvoer is bij zowel met als zonder toepassing van onderwaterdrains aanmerkelijk groter dan bij een regulier peilbeheer.

Na beschouwing van de doorgerekende scenario's is door Jansen *et al.* (2009) tot slot een optimaal scenario gedefinieerd en doorgerekend voor een situatie met onderwaterdrains. Dit scenario "Optimaal" is in feite ook een vorm van dynamisch peil, waarbij wordt gestreefd naar een minimale maaiveldaling en minimale inlaat van gebiedsvreemd water. In de winterperiode wordt zelfs helemaal geen water ingelaten. In dit scenario wordt gestuurd op slootpeil en neerslagverwachting. Daarbij wordt een marge in het slootpeil van + of - 10 cm aangehouden om water te sparen voor drogere perioden en de inlaat te minimaliseren. In droge perioden wordt de marge verkleind tot 2 cm onder het streefpeil om het diep uitzakken van het slootpeil en daarmee de grondwaterstand te voorkomen. Ten opzichte scenario 2, waarbij een regulier peilregime wordt toegepast met onderwaterdrains, blijkt de maaiveldaling nagenoeg hetzelfde te zijn, maar de hoeveelheid inlaatwater in de zomer wordt sterk gereduceerd en is slechts iets meer dan in een situatie zonder onderwaterdrains. De afvoer in de winter is wel duidelijk hoger dan in het referentiescenario met regulier peilbeheer zonder toepassing van drains. Hierop is echter ook niet op geoptimaliseerd omdat vooral het inlaten van gebiedsvreemd water als probleem wordt gezien.

Geconcludeerd kan worden dat toepassing van onderwaterdrains zoals verwacht leidt tot een hogere inlaat en afvoer. Echter, bij toepassing van onderwaterdrains kan sterk op de inlaat worden beperkt door een slimme toepassing van een vorm van dynamisch peil waarbij rekening wordt gehouden met neerslagverwachtingen en grotere marges in slootpeil worden aangehouden om water te sparen. De benodigde hoeveelheid inlaatwater hoeft daardoor slechts iets meer te zijn dan bij een regulier waterbeheer zonder onderwaterdrains.

### Effect op waterkwaliteit

Het effect van onderwaterdrains op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit en vanaf de veenbodem is onderzocht met het model SWAP-ANIMO (Jansen *et al.*, 2010). Het model betreft de koppeling van twee dynamische modellen die op perceelsschaal werken: waterhuishoudingmodel SWAP (Kroes *et al.*, 2008) en ANIMO (Groenendijk *et al.*, 2005) dat de kringlopen van organische stof, koolstof (C), stikstof (N) en fosfor (P) simuleert en de daarmee samenhangende lotgevallen van deze stoffen, zoals uitspoeling, op basis van de gesimuleerde hydrologie.

Het model is gekalibreerd aan meetgegevens van twee delen van een onderzoeksperceel op proefboerderij Zegveld; één zonder en één met onderwaterdrains op vier meter onderlinge afstand. Het onderzoeksperceel is een 54 meter breed weideperceel met een drooglegging van circa 55 cm en een GLG van circa 60 cm – mv. Het betreft een koopveengrond op eutroof bos/broekveen met een moerige eerdlaag van 25 cm. Het veenpakket is vijf meter dik en ligt op een circa anderhalf meter dik pakket kleiig veen bovenop de zandaquifer. Het perceel kent een netto wegzijging van circa 35 mm per jaar. SWAP is gekalibreerd aan gemeten grondwaterstanden, drukhoogten en draindebieten; ANIMO aan N- en P-concentraties in het bodemvocht en grondwater, en uitspoelingsvrachten uit de drains.

Met de gekalibreerde modellen is het effect van onderwaterdrains op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater onderzocht. Hiertoe zijn vijf droogleggingen in de range 30-70 cm doorgerekend, met en zonder onderwaterdrains. Berekeningen zijn op basis van 30 werkelijke, locale weerjaren: 1971-2000. Voor alle situaties is dezelfde bemesting gebruikt: mestscenario's voor de periode 2000-2030 uit de STONE-database (Wolf *et al.*, 2003).

De resultaten zijn weergegeven als jaarlijkse N- en P-uitspoelingsvrachten, gemiddeld voor de dertigjarige weerreeks (figuur 3). Hierbij is onderscheid gemaakt in drie nutriëntenbronnen: directmenselijke beïnvloeding in de vorm van bemesting, de nutriëntenrijke veenbodem (mineralisatie en uitloging) en de 'randen' van het bodemsysteem (atmosferische depositie + aanvoer via nutriëntenrijke kwel vanuit het diepere grondwater + infiltratie van slootwater waarvan de nutriënten weer een bron van uitspoeling vormen).

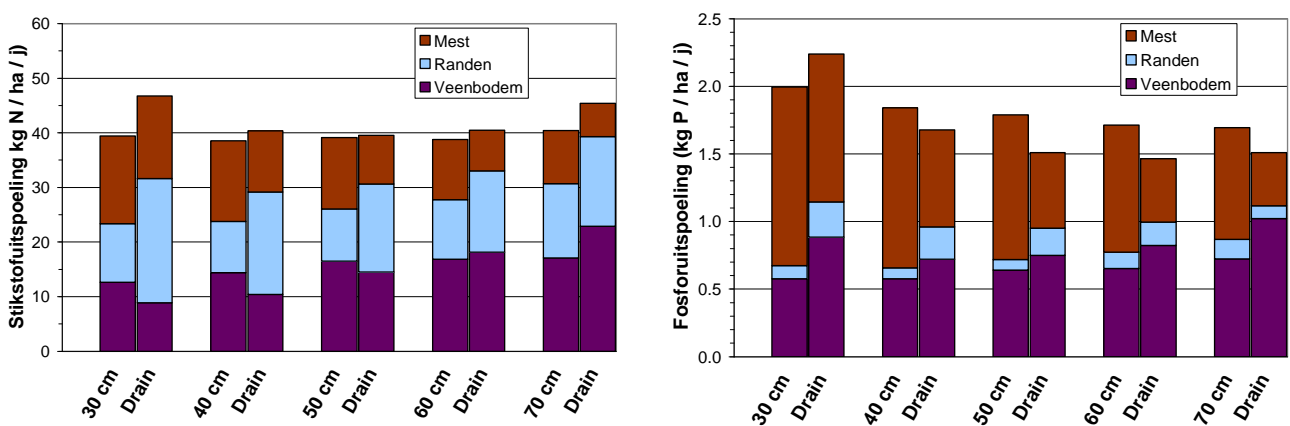


Fig. 3. N- en P-belasting van het oppervlaktewater als vracht bij verschillende droogleggingen zonder (linkerkolom) en met (rechterkolom "Drain") onderwaterdrains. 'Randen' staat voor bijdrage van atmosferische depositie + kwel + infiltratie van slootwater.

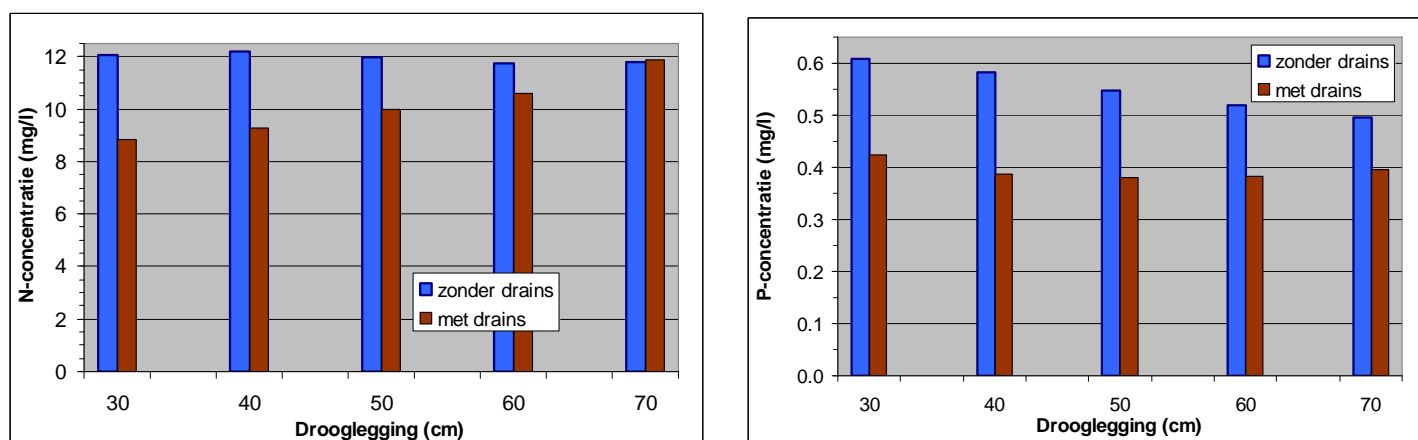


Fig. 4. N- en P-belasting van het oppervlaktewater als gemiddelde uitspoelingsconcentratie (N- en P-vracht gedeeld door watervracht) bij verschillende droogleggingen zonder en met onderwaterdrains

Belangrijkste bevinding uit de berekeningen is dat er, voor het minimaliseren van de nutriëntenbelasting als vrachten, een optimale diepte blijkt te zijn voor onderwaterdrains. Deze ligt op 50 tot 75 cm - mv, wat overeenkomt met een drooglegging van 40 tot 60 cm (drains liggen 10-15 cm beneden slootpeil). Liggen de drains te ondiep, dan is de afstand tot de oppervlakte kort en voeren ze veel 'mestwater' af naar de sloot; liggen ze te diep dan draineren ze de N- en P-rijke veenbodem onder de GLG. Bij de optimale diepten is de N-belasting als vracht min of meer gelijk aan de belasting zonder drains. De P-belasting is in dat geval zelfs lager. De betere vastlegging van mest-P in de drogere bodem prevaleert hier sterk. Wel kan deze situatie in andere veenweidegebieden anders zijn: de P-concentraties in veenbodem en sloot- en kwelwater zijn in Zegveld relatief laag.

De vrachten bij onderwaterdrains gaan gepaard met grotere hoeveelheden uitstromend water dan bij de situatie zonder drains. Dat impliceert dat de uitspoelingsconcentraties bij onderwaterdrains gemiddeld gezien (fors) lager zijn (figuur 4). Dat heeft mogelijk een positief effect op de waterkwaliteit in termen van lagere gemiddelde zomerhalfjaarconcentraties. Dit moet echter met veldonderzoek en/of modelberekeningen van N- en P-concentraties in het oppervlaktewater worden aangetoond. Vanwege deze omissie in de kennis en vanwege het 'afwentelingsprincipe' – uitspoelingsvrachten dienen zo klein mogelijk te zijn – zijn de conclusies over de optimale diepte van onderwaterdrains uit de bespreking van de vrachten van figuur 3 leidend en worden geen optimale diepten afgeleid uit de bevindingen in figuur 4.

De drooglegging heeft een groot effect, zowel in de situatie zonder als met onderwaterdrains. Dit is samen te vatten in drie hoofdtrends:

- 1) geringere drooglegging leidt tot meer uit- en afspoeling van meststoffen: bemesting en natte veenweiden verhouden zich slecht. Dit effect is iets minder bij onderwaterdrains. Die houden in het voorjaar de bovengrond droger, waardoor de mestnutriënten veel beter worden benut door het gewas en vastgelegd in de bodem, maar verkorten bij ondiepe ligging de transportroute van 'mestwater' naar de sloot. Vanwege de relatief geringe bijdrage van de overige P-bronnen is dit effect hier relatief groter voor P dan voor N;

- 2) geringere drooglegging leidt, vooral bij onderwaterdrains, tot meer infiltratie van slootwater. Hierdoor neemt de bijdrage van deze nutriëntenbron toe, want de geïnfilterde nutriënten spoelen deels ook weer uit. Kwel als nutriëntenbron wordt dan echter onderdrukt. Bij onderwaterdrains is dit effect zo groot dat de som van toename van uitgespoelde geïnfilterde nutriënten en afname van kwelnutriënten positief is en de grootste bijdrage van het totaal van deze bronnen optreedt bij de geringste drooglegging. Voor de situatie zonder drains geldt dit niet en is het effect van grotere kwel bij grotere drooglegging doorslaggevend;
- 3) grotere drooglegging heeft een grotere bijdrage van mineralisatie en uitloging van de veenbodem tot gevolg. Bij N door extra mineralisatie in het drogere profiel maar ook door meer uitloging als gevolg van het doorstromen van diepere stroombanen; bij P vooral door het laatste. Onderwaterdrains bij grote drooglegging beperken de mineralisatie nauwelijks, maar versterken door hun diepe ligging de doorstroming via diepere stroombanen en daarmee de uitspoeling van veenbodemunutriënten.

Geconcludeerd kan worden dat onderwaterdrains de uitspoeling van stikstof en fosfor niet bevorderen mits ze op de juiste diepte worden gelegd: niet te ondiep om 'aftappen van mestwater' te voorkomen en niet te diep om afvoer van nutriëntenrijk water uit de permanent verzadigde veenbodem niet te bevorderen. Tussen een draindiepte van 50-75 cm – mv lijkt er geen gevaar te zijn voor toename van de N- en P-belasting. Bovendien nemen in de modelberekeningen de gemiddelde uitspoelingconcentraties af. Dit heeft mogelijk een gunstig effect op de oppervlaktewaterkwaliteit in termen van nutriëntenconcentraties in het zomerhalfjaar. De resultaten van dit modelonderzoek zal wel verder geverifieerd moeten worden met veldonderzoek.

Ook moet er in de toekomst nog meer onderzoek gedaan worden naar het belang van 'interne eutrofiëring' waarbij door veel infiltratie van gebiedsvreemd water de veenbodem in het veen versneld afgebroken zou kunnen worden en vooral P gemobiliseerd zou kunnen worden. Ervaringen uit het veld (van den Akker *et al.*, 2007b) en een literatuurstudie (Kemmers en Koopmans, 2010) lijken er op te duiden dat afbraak van veen door slootwater dat via de drains in het veen infiltreert niet of nauwelijks speelt in het Groene Hart.

### **Discussie en conclusies**

De afbraak van veen en maaivelddalingen zijn sterk afhankelijk van de diepste grondwaterstanden die optreden (Van den Akker *et al.*, 2007a). Deze kunnen decimeters onder het slootpeil liggen. Het voorkomen dat grondwaterstanden in het veen veel dieper uitzakken dan het slootpeil zou theoretisch gezien de maaivelddaling kunnen halveren (Van den Akker, 2007a). De hoogtemetingen gedurende 6 jaar vanaf 2004 laten zien dat dit in de praktijk haalbaar is. De hoogtemetingen laten zelfs een reductie tot een derde van de maaivelddaling in de referentiesituatie zonder drains zien. Dit is bij een veengrond zonder een mineraal dek. Een belangrijk deel van de Nederlandse veengronden heeft een mineraal dek met een dikte van ca 30 cm. Hoogtemetingen bij een dergelijke veengrond zonder en met onderwaterdrains geven de indruk dat toepassing van onderwaterdrains de maaivelddaling bij deze veengronden tot nihil zouden kunnen reduceren. Echter, de maaivelddalingen zijn zo klein en de meetperiode te kort om deze conclusie hard te maken. Bedacht moet worden dat het beperken van de maaivelddaling van veengronden met een dun kleidek tot nihil zou betekenen dat het probleem "maaivelddaling" voor deze gronden min of meer zou zijn opgelost.

Geconcludeerd kan worden dat de metingen tot nu toe de theorie bevestigen dat onderwaterdrains maaiveld-dalingen sterk kunnen beperken. Wel is het gewenst om de maaiveld-dalingen van de verschillende proefvelden met en zonder onderwaterdrains verder in de toekomst te volgen om deze conclusie verder te onderbouwen, vooral wat betreft veengronden met een dun kleidek.

Door sommigen wordt er op gewezen dat op den duur de onderwaterdrains niet meer functioneren omdat de maaiveld-dalingen dan wel gehalveerd worden, maar nog steeds doorgaan. Door peilaanpassingen komen de drains uiteindelijk boven water en gaan alleen maar draineren, waardoor de maaiveld-daling juist wordt versneld. Deze redenering is nogal pessimistisch. Aangegeven is dat drains bij de aanleg ca 20 cm onder het slootpeil moeten worden aangelegd. Stel dat de drooglegging op dat moment 55 cm is. Zonder onderwaterdrains is de maaiveld-daling dan ca 1 cm per jaar (Van den Akker et al., 2007a). Met drains wordt deze gehalveerd tot ca 5 mm per jaar. In 20 jaar is de maaiveld-daling dan 10 cm. Indien het peil in die 20 jaar is verlaagd en de maaiveld-daling precies heeft gevolgd, dan is het peil ook 10 cm gezakt. De drains liggen dan nog 10 cm onder water en functioneren nog steeds, waarbij een zekere marge in slootpeil ook nog mogelijk is. Er is geen reden om te veronderstellen dat het functioneren van de onderwaterdrains verslechtert doordat ze na 20 jaar relatief 10 cm “hoger” liggen dan bij de aanleg. Bovendien kan worden verondersteld, dat de weerstand van Waterschappen en andere overheden om slootpeilen te verlagen, steeds groter wordt. Indien in de beschouwde 20 jaar geen enkele peilverlaging zou plaatsvinden, dan zou bij de percelen met onderwaterdrains de drooglegging nog 45 cm zijn. Door de drainerende werking van de drains in natte perioden zou dit maar een beperkte impact hebben op de rendabiliteit van het melkveebedrijf. Daarnaast neemt door de kleiner wordende drooglegging de maaiveld-daling af en worden de onderwaterdrains steeds effectiever in het afremmen van de maaiveld-daling. Dit betreft een veengrond zonder mineraal dek. Bij bijvoorbeeld een waardveengrond met ca 30 cm kleidek is de maaiveld-daling ook zonder drains al de helft minder. Door toepassing van onderwaterdrains zou de maaiveld-daling zo klein kunnen worden dat deze te verwaarlozen wordt en het probleem min of meer opgelost zou zijn.

De positieve conclusies wat betreft de beperking van maaiveld-daling door toepassing van onderwaterdrains gelden in dezelfde mate voor de beperking van de broeikasgassen CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O. Het is zelfs zo dat indien de beperking van CO<sub>2</sub> emissie door oxidatie van het veen verhandelbare CO<sub>2</sub> emissierechten zouden opleveren, het alleen daarom al financieel rendabel zou zijn om onderwaterdrains aan te leggen.

Een zeer belangrijk aspect is in hoeverre de toepassing van onderwaterdrains aantrekkelijk is voor de melkveehouderij. Deze zal moeten investeren in de onderwaterdrains en hier zullen ook revenuen tegenover moeten staan. Uit het onderzoek van Hoving *et al.* (2008, 2009) blijkt dat het rendement voor het melkveebedrijf op de korte termijn sterk afhangt van de kosten voor loonwerk en voerkosten. Hoe hoger deze kosten zijn, des te meer kosten worden bespaard (zie Tabel 1). Indien in een situatie zonder drains aanpassing van het slootpeil aan de voortgaande maaiveld-daling om een voldoende drooglegging te behouden nu of in de nabije toekomst niet langer mogelijk is of sterk wordt beperkt, dan is aanleg van onderwaterdrains al snel een goede investering. De aanleg van onderwaterdrains maakt het bedrijf toekomstbestendiger en geeft direct al meer zekerheid dat de draagkracht van de percelen met onderwaterdrains in natte perioden eerder en langer berijdbaar en beweidbaar zijn. Als voor het beleid beperking van de maaiveld-daling leidend is en de melkveehouderij geconfronteerd wordt met de keuze tussen peilverhogingen of toepassing van onderwaterdrains, dan is toepassing van onderwaterdrains

zonder meer de beste keuze. De conclusie is dat toepassing van onderwaterdrains een sterke bijdrage lijkt te kunnen leveren aan de beperking van maaiveldddaling met behoud van een vitale melkveehouderij. Dit verhoogt sterk de acceptatie van de melkveehouderij voor toepassing van onderwaterdrains om maaiveldddaling te beperken en het veenweidegebied te behouden.

Een belangrijk nadeel van onderwaterdrains is dat toepassing van onderwaterdrains zal leiden tot meer inlaat en afvoer in veenweidegebieden. Vooral de inlaat van gebiedsvreemd water baart grote zorgen. Uit onderzoek (Jansen *et al.*, 2009) blijkt echter dat een uitgekiend peilbeheer kan zorgen dat deze inlaatbehoefte sterk afneemt als wat grotere peilvariaties worden aangehouden en bij de inlaat en afvoer wordt geanticipeerd op de weersverwachting.

Een ander aspect is de zorg om het effect van toepassing onderwaterdrains op de waterkwaliteit. Bedacht moet worden dat kwelwater in veenweidegebieden vaak nutriëntenrijk en soms zelfs brak kan zijn. Toepassing van onderwaterdrains is dan vaak minder urgent, omdat door de kwel het grondwater niet zo diep wegzakt, maar kan ook leiden tot een verbeterde en versnelde afvoer van het kwelwater naar de sloot. Deze situatie is ongewenst en in situaties met een duidelijke kwel moet men per definitie geen onderwaterdrains toepassen. Bij een geringe kwel moet in ieder geval zorgvuldig worden afgewogen of in die specifieke kwelsituatie onderwaterdrains eventueel gecombineerd met een zekere peilverhoging de nutriëntenbelasting op de sloot wel of niet verhogen. Uit modelonderzoek (Jansen *et al.*, 2010) blijkt dat indien er geen netto kwel optreedt bij aanleg van onderwaterdrains op een diepte van 50 tot 75 cm –mv er geen gevaar bestaat voor toename van de N en P belasting op het oppervlaktewater. Een voordeel is zelfs dat de uitspoelconcentraties afnemen.

Toepassing van onderwaterdrains leidt tot beperking van de veenafbraak en de mineralisatie van nutriënten. Dit volgt uit de grasopbrengstproeven (Hoving *et al.*, 2008, 2009) en indirect ook uit de gemeten reductie van de maaiveldddaling. Ook blijkt door de toepassing van onderwaterdrains de nutriëntenbenutting van de bemesting hoger te zijn (Hoving *et al.*, 2008, 2009). De afnemende grasopbrengst als gevolg van minder mineralisatie vanuit het veen blijkt volledig te worden gecompenseerd door de betere nutriëntenbenutting van de bemesting. Dit samen leidt tot veel minder nutriënten die in het milieu terecht komen en naar de sloot zouden kunnen uitspoelen. Wat betreft de waterkwantiteits- en waterkwaliteitsaspecten is de conclusie dat toepassing van onderwaterdrains daar een grote invloed op kunnen uitoefenen en dat zorgvuldigheid bij de aanleg en het bijbehorende waterbeheer noodzakelijk is. Als dit gebeurt, dan zal de watervraag slechts in beperkte mate toenemen en de waterkwaliteit niet verslechteren. Omdat deze conclusies zijn gebaseerd op modelberekeningen wordt voorgesteld om dit te verifiëren met veldproeven op praktijkschaal. Een start hiermee is gemaakt met veldproeven in de polder Groot Wilnis Vinkeveen en de polder Keulervaart en waarschijnlijk in de Krimpenerwaard.

Aanbevelingen voor nader onderzoek zijn onder andere wat de invoering van onderwaterdrains betekent voor weidevogels en de ecologische toestand van sloten en wat de mogelijkheden zijn van toepassing van onderwaterdrains om veenweidegebieden klimaatbestandiger te maken. In dit artikel is niet ingegaan op de effecten van klimaatverandering op het veenweidegebied, maar gemiddeld hogere temperaturen en vooral perioden met grote droogte zullen de oxidatie en maaiveldddaling sterk doen toenemen (van den Akker *et al.*, 2007a). Om de extra grote maaiveldddalingen door klimaatverandering te beperken zijn onderwaterdrains veel effectiever dan alleen maar peilverhogingen. Bij besluitvorming over de invoering van onderwaterdrains moet dit aspect zeker worden meegenomen.

Een aspect wat niet onderschat moet worden en nader onderzoek verdient, is dat door de voortdurende maaiveldddaling en bijbehorende aanpassingen van het slootpeil gebieden die nu nog wegzijging kennen langzamerhand in kwelgebieden zullen veranderen. De veelal nutriëntenrijke kwel zal een steeds grotere belasting van de waterkwaliteit vormen.

### **Literatuur**

- Akker, J.J.H. van den, J. Beuving, R.F.A. Hendriks & R.J. Wolleswinkel, 2007a.** Artikel 5510: Maaiveldddaling, afbraak en CO<sub>2</sub> emissie van Nederlandse veenweidegebieden. Leidraad Bodembescherming, afl. 83, Sdu, Den Haag, 32 p
- Akker, J.J.H. van den, R.F.A. Hendriks & J.R. Mulder, 2007b.** Invloed van infiltratiewater via onderwaterdrains op de afbraak van veengrond; *Helpdeskvraag HD2057 Onderwaterdrains van Drunen 1106*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1597 43 blz
- Beuving, J. en J.J.H. van den Akker, 1996.** Maaiveldsdaling van veengrasland bij twee slootpeilen in de polder Zegveldbroek. Vijftientig jaar zakkingsmetingen op het ROC Zegveld. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 377. 158 blz.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud & J. Roelsma, 2005.** Prediction of Nitrogen and Phosphorus leaching to groundwater and surface waters; Process descriptions of the ANIMO 4.0 model. Alterra-Report 983. Wageningen. 114 blz.
- Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker & M. Pleijter, 2008.** Hydrologische en landbouwkundige effecten van gebruik van ‘onderwaterdrains’ op veengrond. Rapport 102 Animal Sciences Group, Wageningen UR, 68 blz.
- Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker & M. Pleijter, 2009.** Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing ‘onderwaterdrains’ in polder Zeevang. Rapport 188 Animal Sciences Group, Wageningen UR. 67 blz.
- Jansen, P.C., E.P. Querner & C. Kwakernaak, 2007.** Effecten van waterpeil-strategieën in veenweidegebieden. Een scenariostudie rond Zegveld. Alterra, Wageningen. Alterra-Rapport 1516.
- Jansen, P.C., E.P. Querner & J.J.H. van den Akker, 2009.** Onderwaterdrains in het veenweidegebied en de gevolgen voor de inlaatbehoefte, de afvoer van oppervlaktewater en voor de maaiveldddaling. Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 1872. 53 blz
- Jansen, P.C. & E.P. Querner, 2010.** Behoud van het veenweidegebied door aangepast peilbeheer. Landschap (dit themanummer).
- Jansen, P.C., R.F.A. Hendriks & C. Kwakernaak, 2010.** Behoud van veenbodems door ander peilbeheer; Maatregelen voor een robuuste inrichting van het westelijk veenweidegebied. Wageningen, Alterra, rapport 2009, 103 blz.;
- Kemmers R.H. & G.F. Koopmans, 2010.** Het effect van toepassing van onderwaterdrains op interne eutrofiering en veenafbraak; literatuuronderzoek. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1980, 68 blz.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker & F. de Vries, 2005.** Emissie van N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> uit organische landbouwbodems. Alterra Wageningen UR, Wageningen, Alterra-rapport 1035-2, 66 blz.
- Kroes, J.G., J.C. Van Dam, P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks & C.M.J. Jacobs, 2008.** *SWAP version 3.2. Theory description and user manual*. Wageningen, Alterra, Artikel\_Def\_vdAkkerHendriksHovingPleijter.doc 16 blz
- Voorloper Groene Hart (2008)**  
[www.toekomstgroenehart.nl/Mediatheek/Nieuwsarchief/Overige+downloads/62478.aspx](http://www.toekomstgroenehart.nl/Mediatheek/Nieuwsarchief/Overige+downloads/62478.aspx)

**Woestenburg, M (red), 2009.** Waarheen met het Veen. Kennis over keuzes in het westelijk veenweidegebied. Uitgave Landwerk, Wageningen.

**Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rotter & H. van Zeijts, 2003.** The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands. *Environmental Modelling & Software* 18, 597-617.