



Praktijkproeven infiltratiedrains in het Fryske veenweidegebied

Effectiviteit verhoging grondwaterstanden met waterinfiltratiesystemen in Fryslân

J.J.H. van den Akker, M. Gosen, W. Terwisscha van Scheltinga, N. Bosma

Praktijkproeven infiltratiedrains in het Fryske veenweidegebied

Effectiviteit verhoging grondwaterstanden met waterinfiltratiesystemen in Fryslân

J.J.H. van den Akker⁽¹⁾, M. Gosen⁽²⁾, W. Terwisscha van Scheltinga⁽²⁾, N. Bosma⁽²⁾

1 Wageningen Environmental Research

2 Wetterskip Fryslân

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wetterskip Fryslân en Wageningen Environmental Research en gefinancierd door Provinsje Fryslân en Wetterskip Fryslân.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, maart 2025

Gereviewd door:
Rudi Hessel, senior onderzoeker (WENR)

Akkoord voor publicatie:
Mirjam Hack, teamleider van Bodem, Water en Landgebruik

Rapport 3417
ISSN 1566-7197

J.J.H. van den Akker, M. Gosen, W. Terwisscha van Scheltinga, N. Bosma, 2025. *Praktijkproeven infiltratiedrains in het Fryske veenweidegebied; Effectiviteit verhoging grondwaterstanden met waterinfiltratiesystemen in Fryslân*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3417. 106 blz.; 55 fig.; 27 tab.; 7 ref.

Gedurende drie jaar zijn op acht representatieve praktijklocaties in Fryslân op veenweidepercelen met en zonder infiltratiedrains vooral grondwaterstanden en slootpeilen, maar ook draagkracht, grasopbrengsten, maaiveldhoogten en bodemvochtgehalten gemeten. Met Passive (PWIS) en Actieve Water Infiltratie Systemen (AWIS) kunnen hogere grondwaterstanden worden gerealiseerd en daarmee kan de snelheid van veenaafbraak – en dus maaiveldzinking en CO₂-emissies – worden gereduceerd. Het functioneren van het Water Infiltratie Systeem blijkt sterk afhankelijk van een goed ontwerp, van uitvoering en van onderhoud.

Over a period of three years, groundwater levels and ditch levels, but also carrying capacity, grass yields, ground level and soil moisture levels, were measured at 8 representative practice locations in Fryslân on peat meadow plots with and without infiltration drains. With Passive (PWIS) and Active Water Infiltration Systems (AWIS), higher groundwater levels can be achieved and thus the rate of peat degradation and therefore also ground level subsidence and CO₂ emissions can be reduced. The functioning of the Water Infiltration System appears to be highly dependent on good design, implementation and maintenance.

Trefwoorden: veenweide, onderwaterdrains, infiltratiedrains, drukdrains, AWIS, PWIS, water infiltratie systeem, broeikasgasemissie, CO₂, Friesland, melkveehouderij, grondwaterstand

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/690369> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

 2025 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een kwaliteitsmanagementsysteem volgens de ISO 9001. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd volgens de norm ISO 14001. Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3417 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Niek Bosma

Inhoud

Verantwoording	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	13
2 Proeflocaties en metingen	15
2.1 Proeflocaties, kenmerken van veenbodem	15
2.1.1 Proeflocaties	15
2.1.2 Kenmerken van de veenbodem	15
2.2 Inrichting locaties	19
2.2.1 Het drainageplan	19
2.3 Meetmethoden	20
2.3.1 Grondwaterstanden	20
2.3.2 Draagkracht	20
2.3.3 Bodemvocht	21
2.3.4 Bodemdaling over het jaar	21
2.3.5 Gewasopbrengsten	22
2.3.6 Gasfluxen broeikasgassen	22
2.3.7 Chemische samenstelling oppervlaktewater, bodemvocht en bodem	22
2.3.8 Bedrijfsvoering	23
2.3.9 Neerslag	23
3 Resultaten en discussie	24
3.1 Grondwater	24
3.1.1 Kou-S, Koufurtherigge (SY)	24
3.1.2 Warten (BM)	34
3.1.3 Kou-B, Koufurtherigge (BR)	38
3.1.4 Vegelinsoord (LN)	43
3.1.5 Kou-G, Koufurtherigge (GR)	47
3.1.6 Gersloot (NR)	49
3.1.7 Spanga (SG)	52
3.1.8 Aldeboarn (DK)	56
3.1.9 Samenvatting bevindingen grondwaterstandmetingen	62
3.2 Draagkracht	65
3.2.1 Draagkracht: conus versus het 30 cm grondwaterstand criterium	65
3.2.2 Draagkracht van alle percelen	67
3.2.3 Conclusie draagkracht	67
3.3 Vochtgehalte en bulkdichtheid	70
3.3.1 Bemonstering gravimetrisch vochtgehalte met de guts	71
3.3.2 Ringmonsters ter bepaling van dichtheden, vocht- en luchtgehalten	80
3.3.3 Discussie en conclusie	85
3.4 Bodemdaling	86
3.4.1 Warten	86
3.4.1 Kou-B	90
3.4.2 Vegelinsoord	92
3.4.3 Spanga	95
3.4.4 Conclusie bodembeweging en jaarlijkse maaiveld daling	97
3.5 Gewasopbrengsten	97
3.5.1 Kou-B	97
3.5.2 Vegelinsoord	98

	3.5.3 Spanga	98
	3.5.4 Grasopbrengsten 2017 en 2018	99
4	Conclusies	100
	Literatuur	101
Bijlage 1	Gemiddelden van ringmonsters 100cc genomen in drievoud	102
Bijlage 2	Relatie WFPS en relatieve afbreeksnelheid	104

Verantwoording

Rapport: 3417

Projectnummer: 5200045090

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: senior onderzoeker

naam: Rudi Hessel

datum: 11-02-2025

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Mirjam Hack-ten Broecke

datum: 21-02-2025

Samenvatting

In 2016 is gestart met een onderzoek en een twee- tot driejarige monitoring naar de toepassing van Water Infiltratie Systemen (WIS), oftewel onderwaterdrainage, op acht representatieve praktijklocaties in Fryslân. Het doel van het project is het bepalen in hoeverre met behulp van onderwaterdrainage (WIS) hogere grondwaterstanden kunnen worden gerealiseerd en daarmee de snelheid van veenaafbraak (en dus maaiveldafval en CO₂-emissies) kan worden gereduceerd met behoud van een goede landbouwopbrengst. Gemonitord worden grondwaterstanden, bodemvochtgehalten, draagkracht, maaiveldhoogten, gewasopbrengsten en, in een aanvullend project bij vier locaties, de emissies van de broeikasgassen CO₂, N₂O en CH₄ door de Radboud Universiteit Nijmegen (Fritz et al., 2021).

Er is gekozen voor acht proeflocaties die zijn gesitueerd in Koufurderrige (drie bedrijven), Gersloot, Aldeboarn, Vegelinsoord, Spanga en Warten. Het zijn alle percelen met minstens 1 meter veen, vijf van de acht percelen hebben schalterveen (en deels veenmosveen) in de ondergrond, het overige veen bestaat uit beter doorlatend riet- en zeggeveen. Alle locaties hebben een kleidek, behalve de locatie in Gersloot en Spanga.

Per locatie wordt in ieder geval één schaduwperceel (referentieperceel) zonder infiltratiedrains gemonitord en minstens één perceel met infiltratiedrains. Bij een aantal locaties is gevarieerd in drainafstanden, verschillende manieren om drainage aan te brengen en het gebruik van de bestaande drainage. Bij één locatie (Kou-B) is een Actief Water Infiltratie Systeem (AWIS) aangelegd door de infiltratiedrains aan te sluiten op een reservoir (put) met een met een pomp geregeld waterniveau. Daarmee kan blijken onderzoek in Zegveld de grondwaterstand binnen nauwe marges op ca. 40 cm diepte worden geregeld (precisie grondwaterstandmanagement). Of dit ook in Koufurderrige met schalterveen in het profiel mogelijk is, moest nog blijken.

De metingen en monitoring worden bij vier locaties door het Wetterskip Fryslân en bij vier locaties door de Radboud Universiteit uitgevoerd. Het Wetterskip meet per perceel de grondwaterstanden op meer punten dan de Radboud Universiteit en doet dit daarom ook op de locaties van de Radboud Universiteit. Daarnaast heeft het Wetterskip ook vochtspanningen gemeten bij meetlocaties van de Radboud Universiteit. Het rapport van de Radboud Universiteit richt zich vooral op de CO₂-emissies, maar geeft ook grondwaterstanden, vochtgehalten, dichtheden, afbraaksnelheden, gewasopbrengsten en maaiveldhoogten (Fritz et al., 2021). Daarnaast is over die metingen een paper verschenen (Weideveld et al., 2021). Het rapport concentreert zich daarom vooral op de resultaten van de percelen bemeten door Wetterskip Fryslân.

Bodem Conditie Score (BCS)

In het eerste jaar zijn de bodemkwaliteit en graszodekwaliteit met behulp van de Bodem Conditie Score (BCS) vastgesteld. De gevonden BCS in 2017 liep van 12,5 tot 28,5, waaruit blijkt dat er grote verschillen in bodem- en graszodekwaliteit zijn tussen de percelen, maar de meeste percelen scoren redelijk tot goed (BCS tussen 20 en 30). Ook tussen het schaduwperceel en het perceel met infiltratiedrains zaten in een enkel geval grote verschillen. Waarschijnlijk zijn de verschillen deels veroorzaakt door muizenschade voordat de proef begon, door noodzakelijke graslandvernieuwing en in beperkte mate door werkzaamheden samenhangend met de installatie van de infiltratiedrains. Dit kan de draagkracht en opbrengsten nadelig hebben beïnvloed.

Effect van infiltratiedrains (WIS) op grondwaterstanden

De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in tabel 0.1.

Het blijkt dat de slootpeilen sterk kunnen afwijken van de beoogde drooglegging. Veel hogere slootpeilen zijn vaak het gevolg van het tijdelijk opzetten van het slootpeil om de infiltratie te bevorderen en/of om het perceel te bevoeien ter bestrijding van muizen. De slootpeilen boven het maaiveld bij Kou-S en Aldeboarn wijzen op inundatie. Ook bij zeer hoge neerslag kan het slootpeil soms flink stijgen. Een slootpeilverhoging tot aan bijna maaiveld of enkele decimeters daaronder heeft in combinatie met WIS een sterke invloed op de grondwaterstanden, zeker als dit wordt gevolgd door neerslag. Te lage slootpeilen zijn vaak het gevolg van

het te laat opzetten naar de beoogde drooglegging in het voorjaar en een te lage aanvoer van water in droge perioden. Te lage slootpeilen hebben bij WIS een zeer nadelige invloed, omdat ze de infiltrerende werking beperken en de drainerende werking juist bevorderen. Door te lage slootpeilen kunnen de eindbuizen ook boven water komen, waardoor lucht in de WIS kan komen en de werking in gevaar komt. De ontwerpdiepte van de bovenkant drains is 75 cm geweest. Hierin zit altijd een zekere marge en bij Vegelinsoord en Spanga zijn de slootpeilen misschien zo laag geweest dat lucht in de drains kan zijn gekomen.

Tabel 0.1 Samenvattende tabel effect van WIS op grondwaterstanden (in cm) midden tussen de drains, grasopbrengsten (in ton droge stof per ha) en trend maaiveldddaling (cm/jaar). Aangegeven grondwaterstanden zijn van 2017-2018-2019 en het gemiddelde. Indien de grondwaterstand onder de filterdiepte zakt, is de filterdiepte in **rood** aangegeven. Waarden of missende data die hierdoor niet zijn te berekenen, worden aangegeven door xx of weggelaten. LG3 is de gemiddeld laagste grondwaterstand van drie dagmetingen op de 14^e of 28^e van de zomermaanden (april t/m september). GWSzomer is de gemiddelde grondwaterstand in de zomermaanden april t/m september.

Kenmerken	Kou-S	Warten	Kou-B	Vegelinsoord	Kou-G	Gersloot	Spanga	Aldeboarn
Kleidek.	wel	wel	wel	wel	wel	niet	niet	wel
Diepte zand (m)	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5
beweidings	niet	wel	niet	2016/17 niet, 2018/19 wel	niet	wel	niet	wel
Drooglegging referentie	60/ 120	60	90	110	60	60	40/60	90
Drooglegging proefperceel	60	60	60	60		60	40/60	60
Bestaande drainage?	nee	Nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee
Schalterveen	wel	niet	wel	niet	niet	niet	niet	wel
Drainafstand (m)	5	4 en 6 m	AWIS 5	4	6	6	6	6
Slootpeil zomer min/max ref	54-47-43 108-110-109	36-45-33 62-72-62	26-53- 72-76-	110 110	27-12-8 51-51-54	41-61-55 69-69-65	xx-43- ⁶⁰ xx-82- ⁶⁰	24-0-0 80-79-99
Slootpeil zomer min/max WIS	21-0- -28 49-54-49	32-41-29 58-68-58	AWIS, sloot ref.	52-42-36 67-81-67	31-16-12 55-55-58	37-56-61 67-72-71	xx-38- ⁶⁰ xx-77- ⁶⁰	12-8- -32 55-54-47
LG3 ref	90-96-82 89	66-xx-86	82-99-98 93	103-108-	88-102-82 91	94-110-113 106		92-81-78 84
LG3 WIS	80-88-74 81	59-73-74 68	70-71-xx	90-103-88 93		72-84-76 78		65-62-62 63*
GWSzomer ref	67-68-55 63	47-xx-64	60-72-76 69	84-84-82 83	62-68-56 62	75-86-95 85		62-58-65 62
GWSzomer WIS	51-58-44 51	45-58-59 54	39-xx-xx	75-79-73 76		65-73-70 69		55-53- *
Diepste GWS ref	96-97-98 97	76- 104 -92	95-103-101 100	107-118- 103 110	99-113-95 102	100-121- 119 113		100-89-85 91
Diepste GWS WIS	104-104-91 100	68-84-84 79	70- 77 -77	97-114-96 102	79-93- 86	74-91-83 83		69-69-65 68*
Grasopbrengst ref (t ds/ha) en WIS (% ref)	10,7 112%		12,8 9,0 103% 90%	14,8 104%	14,5 88%	10,8 97%	11,0 ⁶⁰ 107%	13,8 82%
Maaiveldddaling (cm/jaar) ref en WIS		2017-2020 1,54 1,43	2017-2020 1,17 0,14	2017-2019 0,75 0,90			2018-2020 4,36 ⁴⁰ 6,04 ⁶⁰ 2,83 ⁴⁰ 3,52 ⁶⁰	

* Aldeboarn peilbuis op 1,5 m vanaf de drain.

^{40, 60} Spanga, bij drooglegging van respectievelijk 40 en 60 cm.

De diepste grondwaterstanden zijn gemeten in het droge jaar 2018. De WIS heeft het diep uitzakken van de grondwaterstanden meestal maar in beperkte mate kunnen voorkomen. Bij Kou-S en Vegelinsoord zakten de grondwaterstanden onder de 100 cm diepte. Bij Kou-S is dit zelfs dieper dan bij de referentie. Wel moet worden bedacht dat dit midden tussen de drains is gemeten en de veldgemiddelde diepste grondwaterstand

10 tot 20 cm hoger zal liggen. Dit blijkt ook uit de diepste grondwaterstand gemeten bij Aldeboarn, waar op 1,5 m vanaf de drain is gemeten. Behalve bij Kou-S zijn de diepste grondwaterstanden bij de andere locaties bij de referentie 4 tot 30 cm dieper dan bij de WIS-percelen. Als we de gemiddeld laagste grondwaterstanden LG3 beschouwen, dan zijn bij alle locaties de LG3 bij de WIS-percelen 5 tot 20 cm ondieper dan bij de referentie. Wat betreft de gemiddelde zomergrondwaterstand zijn de GWSzomer 5 tot 13 cm ondieper bij WIS dan bij de referentie. Bij Warten, Vegelinsoord, Gersloot en Spanga zijn te lage slootpeilen, 8 tot 21 cm dieper dan de bedoelde drooglegging van 60 cm, een belangrijke oorzaak van diepere grondwaterstanden dan verwacht. Houden we een marge aan dat de infiltratie voldoende is als de diepste grondwaterstand niet dieper komt dan 10-20 cm onder het diepste slootpeil, dan voldoet WIS bij Warten en Gersloot. Bij Kou-G, Spanga en Aldeboarn zou WIS misschien voldoen als de drainafstand van 6 naar 4 m wordt teruggebracht, waardoor de effectiviteit van de WIS meer dan verdubbel wordt. Bij Kou-S is waarschijnlijk het probleem dat bij droogte de gewasverdamping groter is dan de toevoercapaciteit via een inlaat en collectorbuis, waardoor in een droogteperiode de infiltratiedrains op grotere afstand van de inlaat niet voldoende water kregen. Bij Vegelinsoord voldoet de WIS niet, waarschijnlijk omdat het een wegzijgebied is en omdat bovendien de te diepe slootpeilen ervoor zorgen dat het veen al voor de droogte veel water kwijtraakt. Mogelijk is door te lage slootpeilen ook lucht in de WIS gekomen. De combinatie van een droge periode, wegzijging en een verminderde infiltratie door een 21 cm te diep slootpeil zorgt ervoor dat de gewasverdamping bij lange na niet wordt gecompenseerd door de infiltratie. Een flinke, tijdige slootpeilverhoging zou ervoor kunnen zorgen dat deze WIS wel het gewenste effect heeft.

Het Actieve Water Infiltratie Systeem (AWIS) bij Kou-B slaagde er in het droge jaar 2018 in om de grondwaterstanden boven de 80 cm diepte te houden. In het minder droge jaar 2019 lukte dat niet. De oorzaak van het onderpresteren van de AWIS is dat de pompcapaciteit onvoldoende is omdat het afhankelijk is van zonne-energie in combinatie met een te kleine accu. Het waterpeil in het reservoir zakt in de nacht tot aan de grondwaterstand tot zelfs 80 cm onder maaiveld. Het reservoir loopt in de nacht leeg in het infiltratiesysteem en wordt pas in de ochtend langzaam aangevuld. De gemiddelde druk (waterhoogte in het reservoir) over een etmaal en daardoor de infiltratiecapaciteit is daardoor nog niet de helft van wat het had kunnen zijn. Bovendien is het systeem pas in werking gezet toen de grondwaterstand al dieper was dan 60 cm, terwijl juist op de droge periode had moeten worden geanticipeerd. Vervolgens is de instelling van het waterpeil in het reservoir te laag op een goede hoogte van ca. 10 cm onder maaiveld gebracht. Een ander probleem trad op in het najaar en winter, waarbij geen gebruik werd gemaakt van de drainerende werking van de AWIS. Het lijkt er zelfs op dat in deze natte periode soms water is ingepompt waardoor het veld veel te nat werd. Kortom, deze eerste jaren kunnen eerder als leerschool worden beschouwd dan een demonstratie van wat met AWIS kan worden bereikt. Beschouwen we de meetresultaten nader, dan volgt daaruit dat de doelstellingen van de AWIS, namelijk het grondwater op ca. 60 cm -mv houden, met deze AWIS na enige verbeteringen in pompcapaciteit en niveauregeling, goed te realiseren is.

Draagkracht, grasopbrengsten en bodemdaling

De verwachting is dat de draagkracht in het vroege voorjaar door de drainerende werking van WIS en resulterende lagere grondwaterstanden wordt bevorderd. In het najaar zouden de referentiepercelen hun draagkracht als het ware langer vasthouden doordat de bovenlaag in de zomerperiode sterker is uitgedroogd en ook hydrofobe eigenschappen heeft gekregen. In 2017 lijkt dit wel aan de hand te zijn, maar in 2018 en 2019 veel minder. Deze trends zijn echter niet duidelijk, regelmatig is het tegenovergestelde het geval. PWIS heeft geen duidelijk positief effect op de draagkracht in het voorjaar, maar ook geen duidelijk negatief effect in het najaar. De draagkracht in het jaar 2017 was lager dan in de jaren 2018 en 2019, waarschijnlijk omdat 2017 een relatief nat jaar was en ook eerdere muizenplagen en graslandvernieuwing kunnen de draagkracht negatief hebben beïnvloed. De AWIS in Kou-B laat hetzelfde onduidelijke beeld zien als bij de WIS-locaties. Wel lijkt het erop dat ook het in de natte periode inpompen van water leidt tot extra hoge grondwaterstanden en een slechtere draagkracht. Door in de natte periode de drainerende werking van AWIS te benutten, zou in het vroege voorjaar juist een betere draagkracht kunnen worden gerealiseerd.

De grasopbrengsten met of zonder WIS laten enkele grote verschillen zien (tabel 0.1), waarbij de grasopbrengst bij de percelen met WIS hoger of lager kan uitvallen dan bij de referentie. Gemiddeld leverden de percelen met WIS 400 kg ds/ha minder op in 2017 dan de referentie, die een opbrengst had van gemiddeld 12900 kg ds/ha. In het droge jaar 2018 viel de grasopbrengst bij de referentie van Kou-B tegen, met 9,0 t ds/ha. Bij de AWIS was dit nog 10% lager. Waarschijnlijk is bij de AWIS naast droogteschade ook

waterschade geweest doordat het reservoir te hoog werd gezet, zodat plassen op het land kwamen. In 2018 deed bij Spanga de WIS het wel beter dan de referentie. Omdat het algemene beeld nogal wisselend is, vallen de verschillen tussen referentie en WIS binnen de nauwkeurigheid van opbrengstbepaling en kan niet vast worden gesteld of WIS een positief of negatief effect heeft op de grasopbrengst.

De hoogten van het maaiveld bij Warten, Kou-B, Vegelinsoord en Spanga zijn gemeten in een aantal raaien in de referentie en het perceel met WIS of AWIS. Uit de hoogtemetingen in april is de trend van de jaarlijkse maaiveldddaling bepaald (tabel 0.1). De meetjaren per locatie zijn in tabel 0.1 vermeld. Bedacht moet worden dat 2017 een vrij nat jaar, 2018 een droog jaar en 2019 een vrij droog jaar was. De maaiveldddalingen in 2017 bleken daardoor veel kleiner te zijn dan in 2018 en 2019. Uit de trend van de maaiveldddalingen blijkt dat WIS de maaiveldddaling gemiddeld met ongeveer 1/3^e beperkt. Daarbij is Vegelinsoord een uitzondering, want daar is de trend in bodemdaling bij het WIS-perceel 20% groter dan bij de referentie. Bij Kou-B met AWIS is de maaiveldddaling sterk beperkt tot 0,14 cm per jaar ten opzichte van 1,17 cm per jaar bij de referentie. De maaiveldddalingen blijken meestal meer dan 1 cm per jaar te zijn, waarbij Spanga eruit springt met zeer grote maaiveldddalingen in de range van 2,8 tot 6,0 cm per jaar. Dit betreft wel de droge jaren 2018 en 2019, maar deze maaiveldddaling is zelfs dan uitzonderlijk groot.

Bedacht moet worden dat aangenomen wordt dat voor een betrouwbare meting van de jaarlijkse maaiveldddaling zeker 10 jaar moet worden gemeten. De trend dat WIS en zeker AWIS de maaiveldddaling sterk beperkt, lijkt echter al duidelijk zichtbaar te zijn.

Broeikasgasemissies

De broeikasgasmetingen zijn gerapporteerd door Fritz et al. (2021) en gepubliceerd door Weideveld et al. (2021) in BioSciences. De gemeten CO₂-emissies zijn veel hoger dan verwacht op basis van vroegere metingen in met name West-Nederland en op basis van de LULUCF-rapportages. De metingen in Friesland zijn discontinu en worden achttienmaal per jaar verricht met kamers met en zonder lichtdoorlating (donkere kamer). Ter controle is in 2019 bij de percelen in Aldeboarn een jaar metingen gedaan met de Eddy Covariance (EC) methode, waarbij continu wordt gemeten en waaruit veel lagere CO₂-emissies volgden (Van den Berg en Kruijt, 2020). Het grote verschil tussen de discontinue kamermetingen en de meer continue EC-metingen werd geweten aan (1) de noodzakelijke interpolatie om de achttien metingen per jaar om te zetten naar een continue curve over het jaar en de daaruit volgende CO₂-emissie op jaarbasis en (2) het gebruik van metingen met een donkere kamer in plaats van nachtmetingen. Dit was reden om in het NOBV-project (www.NOBVeenweiden.nl) met continue kamermetingen en EC te werken. Ook in het NOBV-project zijn veel lagere CO₂-emissies gemeten dan in het Frieslandproject, ook in Aldeboarn (Aben et al., 2024). Terwijl in het Friesland-project gemiddeld maar kleine verschillen tussen met of zonder WIS werden gevonden, werd in het NOBV bij WIS en AWIS afhankelijk van de gerealiseerde grondwaterstanden wel veel lagere CO₂-emissies gevonden.

Discussie, conclusies en aanbevelingen

In het Friese onderzoek naar de effectiviteit van WIS om de maaiveldddaling en CO₂-emissies significant te beperken, is in eerste instantie uitgegaan van een combinatie van WIS en een drooglegging van 60 cm. Uitgangspunt was dat de grondwaterstanden in de zomerperiode door de infiltratie via de WIS niet dieper dan 10 tot 20 cm onder het slootpeil zouden zakken. In de praktijk bleek dit tegen te vallen en slechts bij de locaties Warten en Gersloot lijkt het mogelijk om die doelstelling te realiseren. Echter doordat de slootpeilen in de zomer dieper uitzakten dan de beoogde drooglegging van 60 cm, zakten midden tussen de infiltratiedrains de grondwaterstanden dieper uit dan 80 cm. Bij de resterende locaties lijkt het probleem naast te lage slootpeilen vooral een te lage infiltratiecapaciteit te zijn. Door de afstand tussen de infiltratiedrains van 6 m terug te brengen naar 4 m, kan de infiltratiecapaciteit worden verdubbeld en kan bij de meeste locaties waarschijnlijk wel de doelstelling worden bereikt. Uit de metingen blijkt dat de maaiveldddaling met de nu bestaande WIS gemiddeld met ca. 30% kan worden gereduceerd. Bij een goed functionerende WIS zal dit nog meer zijn. De AWIS bij Kou-B blijkt in zijn huidige vorm niet te voldoen, maar kan door verbetering van de energievoorziening en een betere aansturing van het waterpeil in het reservoir wel de grondwaterstand op het gewenste niveau van ca. 60 cm -mv houden. Bij Kou-B waren tussen oude, bestaande drains nieuwe drains aangelegd, waarbij de eindbuizen bij de oude drains waren verwijderd. Via scheuren in de grond bleek echter veel water weg te lekken naar de sloot. Bij een combinatie van oude en nieuwe drains is het dus zaak om hoge slootpeilen te handhaven.

Een van de belangrijkste resultaten van dit project in Friesland en verschillende projecten in het westelijk veenweidegebied is dat de ervaringen met deze projecten hebben geleid tot het certificeren van het ontwerp en uitvoering van infiltratiedrains (WIS), om op die wijze een betere waarborg te krijgen dat een WIS ook daadwerkelijk goed functioneert. Deze Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor Buisdrainage en Veenweide-infiltratie BLR1411 kan worden gevonden op de website <https://www.kiwa.com/nl/nl/services/testen/brl-1411/>. Daarin wordt aangegeven dat de drainafstand 3 tot 4 m moet bedragen, echter indien de doorlatendheid bekend is, mag de drainafstand worden berekend, maar de maximale drainafstand is 6 m.

Naar aanleiding van de resultaten van NOBV is door de toenmalige minister (Harbers) in een Kamerbrief aangegeven dat voor een forse reductie van de CO₂-emissie de grondwaterstand in het veenweidegebied in de zomer niet onder de 40 cm -mv mag zakken. Dit houdt in dat bij een WIS het slootpeil in de zomer in droge perioden niet dieper mag zijn dan 30 cm -mv. Ook zal de infiltratiecapaciteit voldoende moeten zijn om de grasverdamping en eventuele wegzijging ruim te compenseren. Met AWIS lijkt deze doelstelling (om de grondwaterstand niet onder de 40 cm -mv te laten zakken) goed realiseerbaar.

Om de CO₂-emissie fors te beperken, wordt aanbevolen om bij WIS in ieder geval in droge perioden een slootpeil van 30 cm -mv of hoger aan te houden. Mogelijk is dit in de praktijk met HAKLAM (Hoog Als het Kan, Laag Als het Moet) te realiseren. Dit slootpeil is dus veel hoger dan de drooglegging van 60 cm die in het Friese WIS-project is toegepast. Daarnaast moet de infiltratiecapaciteit voldoende zijn om in droge perioden de grasverdamping ruim te compenseren. Daarom wordt aanbevolen om bij subsidieaanvragen voor de aanleg van WIS te eisen dat voldaan wordt aan de KOMO-richtlijn BLR1411.

1 Inleiding

In de Veenweidevisie is aangegeven dat de Provincie Fryslân (PF) en het Wetterskip Fryslân (WF) samen praktijkproeven (pilots) met onderwaterdrainage willen gaan uitvoeren. Volgens de visie wil men onderzoeken "onder welke condities een verminderde drooglegging in combinatie met onderwaterdrainage effectief kan worden ingezet" (p. 53).

In het veenweidegebied in West-Nederland (Provincies Utrecht en Zuid- en Noord-Holland) wordt al enkele jaren geëxperimenteerd met het aanleggen van infiltratiedrains. Dit is een innovatieve drainagetechniek waarbij de drains relatief dicht naast elkaar worden gelegd in combinatie met een hoog slootpeil. De resultaten van de praktijkproeven met onderwaterdrainages in Zuidwest-Nederland zijn veelbelovend. De snelheid van maaiveldddaling kan met ruim 60% worden vertraagd, terwijl de draagkracht van de bodem goed blijft.

Onderwaterdrainage is dus een instrument om de waterhuishouding te verbeteren. In het geval van de veenweidevisie, om minimalisatie bodemdaling en emissiereductie broeikasgassen te bereiken.

De ervaringen met infiltratiedrains uit West-Nederland kunnen niet een-op-een door worden vertaald naar het beheergebied van WF. Hiervoor zijn de volgende redenen te noemen:

1. De bodemopbouw in Fryslân is anders. De doorlatendheid van vooral de bovenste veenlagen, welke vaak bestaan uit schalterveen, is slechter dan de doorlatendheid van het veen in Zuidwest-Nederland (vooral goed doorlatend zeggeveen). Bovendien zijn de veenlagen in Fryslân in het algemeen veel dunner dan in West-Nederland.
2. De percelen in Fryslân zijn breder en hebben vaak geen greppelopbouw (meer).
3. De huidige drooglegging is vaak groter dan in West-Nederland.

Om deze reden is er besloten om praktijkproeven uit te voeren. Zodoende kan worden geconstateerd of toepassing van infiltratiedrains ook werkt in Fryslân.

In een praktijkproef kan ook inzicht worden verkregen of met infiltratiedrains ook effecten op de volgende aspecten kan worden verwacht:

1. Droogteschade; in bestaande onderzoeken is gebleken dat door hogere slootpeilen en het infiltreren van water uit de sloot via de onderwaterdrainage, de mate van optredende droogteschade kan worden beïnvloed.
2. Natschade; door de intensieve drainage kan er een effect optreden.
3. Schade door muizenplagen. Door een hogere grondwaterspiegel kan de gevoeligheid voor muizenplagen worden beïnvloed.
4. Draagkracht. Doordat door infiltratiedrains de grondwaterspiegel minder opbult, kan er een effect optreden op vernatting op percelen en draagkracht.
5. Bodemvruchtbaarheid (nutriëntenuitspoeling, bodemstructuur). Volgens de literatuur kan door een hogere grondwaterspiegel de nutriëntenuitspoeling afnemen. De nutriënten worden beter benut voor de grasgroei en de waterkwaliteit van het oppervlaktewater wordt minder belast. Een hogere grondwaterspiegel kan ook leiden tot een beter bodemleven en mede daardoor tot een betere bodemstructuur.
6. Gewasopbrengst/(maatschappelijk) rendement. Effecten op de bovenstaande vijf punten hebben invloed op de gewasopbrengst en het rendement op de investering in infiltratiedrains.
7. Ecologische kansen; een hogere grondwaterspiegel kan het bodemleven beïnvloeden. Dit heeft weer invloed op weidevogels.

In de proef wordt onderzocht of deze effecten al dan niet optreden.

Waar dit mogelijk is, wil het project werken vanuit een integrale visie, waarbij doelstellingen, effecten en belangen voor de verschillende partijen (vooral PF, WF en de landbouw) elkaar onderling versterken.

De proef met Onderwater Drainage (OD) is onderdeel van programmalijn 2 van het uitvoeringsplan Feangreide (Praktijkproeven nieuwe technieken, teelten en verdienmodellen).

Het doel van het project is het bepalen in hoeverre met behulp van onderwaterdrainage hogere grondwaterstanden kunnen worden gerealiseerd en daarmee de snelheid van veenafbraak (en dus maaiveldddaling) kan worden gereduceerd met behoud van een goede landbouwopbrengst (en dus ook voldoende berijdbaarheid en beperking vertrappingsschade).

Een afgeleid doel is dat via effectieve communicatie over o.a. de resultaten van de proef, er draagvlak ontstaat voor de toepassing van onderwaterdrainage.

2 Proeflocaties en metingen

2.1 Proeflocaties, kenmerken van veenbodem

2.1.1 Proeflocaties

Er is gekozen voor acht proeflocaties, die zijn gesitueerd in Koufurderrige (drie locaties), Gersloot, Aldeboorn, Spanga, Vegelinsoord en Warten. Het zijn alle percelen met minstens 1 m veen, vijf van de acht percelen hebben schalterveen en deels veenmosveen in de ondergrond, het overige veen bestaat uit beter doorlatend riet- en zeggeveen (zie tabel 2.1). Alle locaties hebben een kleidek, behalve de locatie in Gersloot, maar ter aanvulling is halverwege 2017 een tweede locatie zonder kleidek gestart (Spanga). Per locatie wordt één schaduwperceel (referentieperceel) zonder infiltratiedrains gemonitord en minstens één perceel met infiltratiedrains. Bij een aantal locaties is gevarieerd in drainafstanden en gebruik van de bestaande drainage. Bij één locatie zijn infiltratiedrains toegepast, waarmee blijkens onderzoek in Zegveld de grondwaterstand binnen nauwe marges op ca. 40 cm diepte kan worden geregeld (AWIS).

Tabel 2.1 Overzicht proeflocaties naar de belangrijkste kenmerken.

Kenmerken	Kou-S	Warten	Kou-B	Vegelins-oord	Kou-G	Gersloot	Spanga	Aldeboarn
Kleidek	wel	wel	wel	wel	wel	niet	niet	wel
Diepte zand (m)	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5	1 tot 1,5
Beweiding	niet	wel	niet	2016/17 niet, 2018/19 wel	niet	wel	niet	wel
Veebezetting	Intensief	Intensief	Intensief	Intensief	Intensief	Intensief	Intensief	Intensief
Drooglegging referentie	60/ 120	60	90	110	60	60	40/60	90
Drooglegging proefperceel	60	60	60	60		60	40/60	60
Bestaande drainage?	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee
Schalterveen	wel	niet	wel	niet	nee	niet	nee	wel

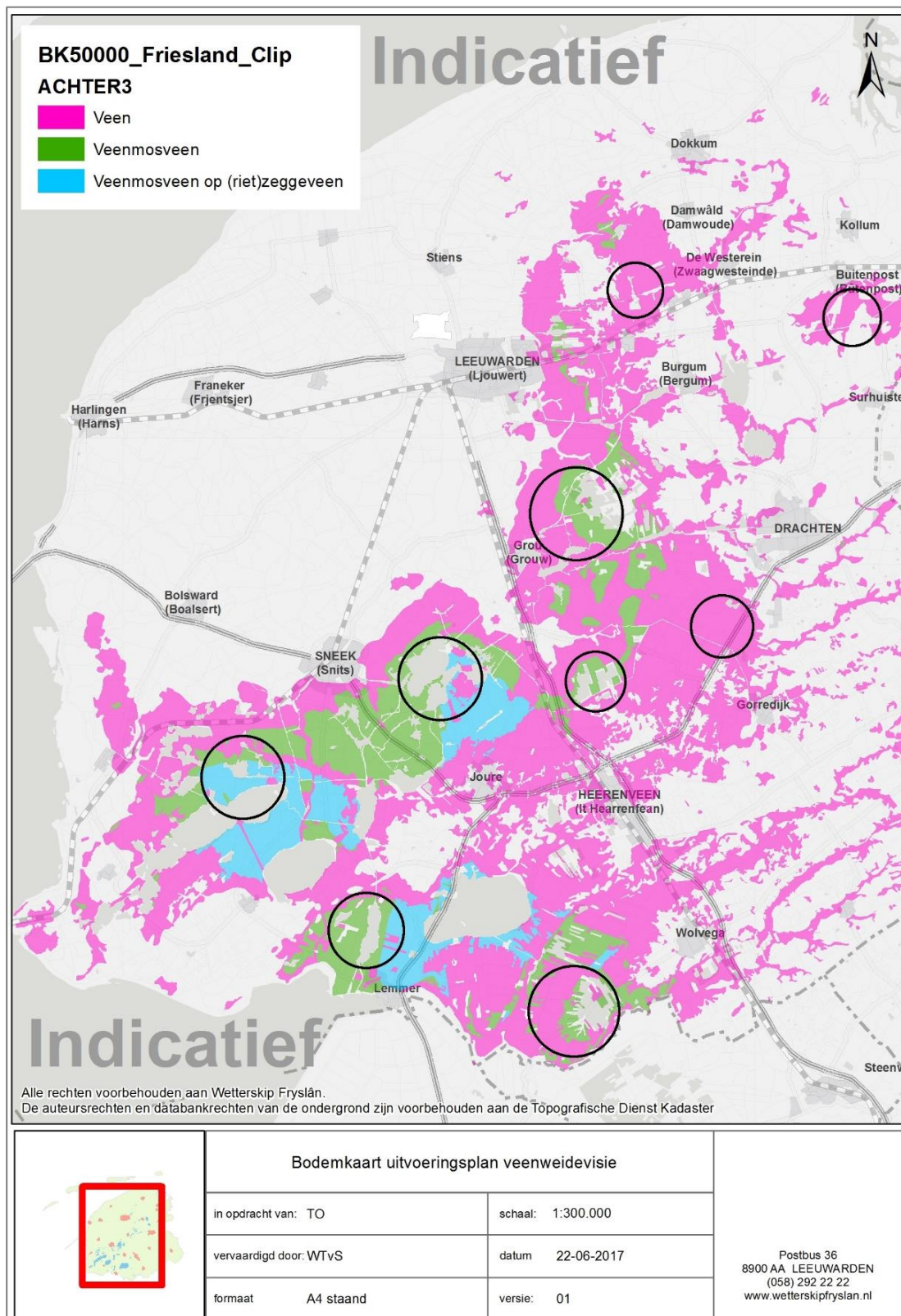
De deelnemende boeren zijn ruwweg in twee categorieën in te delen:

1. vijf boeren hebben momenteel om historisch gegroeide redenen of om meer ideologische redenen een hoger slootpeil (circa 60 cm drooglegging) en
2. twee boeren werkten met grotere droogleggingen (diepontwatering, ca. 80 tot 120 cm drooglegging). Deze boeren willen ervaringen opdoen met hogere slootpeilen.

In feite willen beide categorieën boeren onderwaterdrainage gebruiken om met hoge slootpeilen toch voldoende rendement te bereiken met hun bedrijf.

2.1.2 Kenmerken van de veenbodem

Bij de selectie van de proeflocaties waren de bodemkenmerken een belangrijk criterium. Zoals aangegeven in tabel 2.1, waren dit vooral wel of niet aanwezig dun kleidek van 20-40 cm dikte; een minimale diepte van de zandlaag van ca. 1 m en wel of niet aanwezigheid van veenmosveen en schalterveen. Veenmosveen heeft vaak een slechte doorlatendheid. Bij schalterveen is sprake van minimaal 10 cm sterk gelaagd veen, dat eruitziet als bladzijden in een boek. Vooral de verticale doorlatendheid is in het algemeen zeer slecht. Normaliter kunnen graswortels niet door de schalterlaag groeien. Door veraarding, krimpscheuren bij sterke droogte en grondbewerking kan dit worden beïnvloed, waardoor de doorlatendheid toeneemt. In figuur 2.1 is aangegeven waar veenmosveen en in samenhang daarmee schalterveen in Friesland voorkomt. Het areaal veenmosgronden is ca. 13.500 ha en de oppervlakte van de veenmosgronden op (riet)zeggeveen is ca. 7.500 ha. Samen 21.000 ha waar potentieel schalterveen aanwezig is.



Figuur 2.1 Voorkomen van veen, veenmosveen en veenmosveen op (riet)zeggeveen. In het veenmosveen kan een laag met schalterveen voorkomen.

Kenmerken van de bodem uit de BodemConditieScore (BCS)

Onderdeel van het project is het vaststellen van de BCS van de percelen. Daarbij is gevraagd op perceelsniveau een profielbeschrijving te maken en de bodemkenmerken vast te stellen, met name de doorlatendheid. De resultaten zijn verzameld in de tabel 2.2 en 2.3.

Tabel 2.2 Bodemconditiescore en kenmerken van het profiel van de locaties.

naam	BCS-score	laagdikte in cm	profielbeschrijving (gemiddeld)	doorlatendheid	beperkingen
Kou-S	14.5	tot 20	gemengde humusrijke klei met wat veen		snel nat op mv
		tot 30	humeuze, blauwige klei, matig beworteld	matig	matige doorlatendheid
		tot 45	harde overgang naar skalter/matig poreus veen	matig	weinig lucht in hele profiel
		tot 60	sterk gelaagd, platerig bruin veenmosveen s	matig	P en Ca heel laag
		tot 85/175	gelaagd s	redelijk	
		5-10 cm	gyttja		
		vanaf 85-180cm	iets lemig, zeer fijn zand		
Kou-S	28	tot 15	rulle zeer humeuze klei	goed	
LP oude drains		tot 30	vrij rulle humeuze klei	goed	
		tot 50	veraard rul veen, beworteld	goed	
		tot 60	poreus met wormgangens, bruin veen, iets skalterachtig	redelijk	
		daaronder	bruin veenmosveen		
Kou-G	23.5	tot 30	humeuze klei, gemengd, blauwzwart	matig	vrij snel nat op mv
		tot 60	veraard veen	matig tot redelijk	
		tot 165	bruin los en grof s	goed	
		5-30 cm dik	gliede of gyttja		
		vanaf 115/170	lemig fijn zand		
Warten	21.5	tot 10	venige zode	redelijk	snel nat op mv
		tot 20	blauwzwarte humeuze klei	matig	
		tot 25	korrelig veen	goed	
		tot 90/160	zeer poreus rietzeggeveen (rc)	goed	
		daaronder	verspoeld zand/veen of podzol met poreus bruin zand)		
Kou-B	20	tot 30	humeuze klei en veen	redelijk	vrij snel nat op mv
		tot 55/80	gelaagde skalter of poreus, veraard los veen	matig tot redelijk	P en Ca heel laag
		vanaf 55	platerig bruin veenmosveen s	matig	
		10 cm dik	gliede of gyttja		
		vanaf 100	lemig fijn zand		
Gersloot	29.5	tot 30	venige klei, korrelig	goed	bovengrond verdroogd snel
		tot 45	platerig veen	redelijk	vrij lage P
		tot 65/80	zeer poreus veraard s en rc	goed	
		vanaf 65	bruin poreus rc	goed	
		vanaf 120	lemig fijn zand		
Vegelinsoord	26.5	tot 30	humusrijke klei, sterk gemengd	goed	vrij snel nat, vrij snel droog
		tot 35	veraard veen, soms gemengde kleilaag	goed	zeer lage P
		tot 70	zeer poreus rietzeggeveen rc	goed	
		daaronder	bruin rc		
		N.B.: lokaal slecht	doorlatende kleilaagjes in veen		
Aldeboarn	24	tot 30	humeuze klei	redelijk	blijft lang nat op mv
		tot 50	zware klei of kleilig veen gemengd	matig, zwelt dicht	Lage P
		tot 100	zeer poreus veraard en los veenmosveen (s)	goed	
		daaronder	bruin s of rc	redelijk	
Spanga	26.5	tot 30	gemengd kleilig veen, los, oude zode stinkt	goed	
		tot 75	veraard, poreus en los veenmosveen s	goed	
		tot 175	bruin s	goed	
		10 cm dik	gliede of gyttja		
		vanaf 155	lemig fijn zand		

Tabel 2.3 Bodemconditiescore en beoordeling doorlatendheid en ontwatering.

naam	BCS-score	veen goed doorlatend ?	ontwatering 'beheerst'?	infiltratie duidelijk?
Kou-S	14.5	matig, skalter op platerig veenmosveen s	nee	matig
Kou-G	23.5	matig tot redelijk, veraard veen op platerig s	matig	redelijk
Warten	21.5	ja, poreus rietzeggeveen (rc)	matig, hoog WP	ja maar wisselend
Kou-B	20	matig, skalter op platerig veenmosveen s	matig, hoog WP	redelijk
Gersloot	28.5	ja, iets platerig s op poreus s en rc	ja	ja (ook wegzijging)
Vegelinsoord	26.5	ja, zeer poreus rietzeggeveen rc	ja	nee (wegzijging)
Aldeboarn	24	ja, zeer poreus veraard veenmosveen (s)	nee, hoog WP	nee
Spanga	26.5	ja, veraard en los veenmosveen s	ja	nog niet duidelijk

Doorlatendheden en drainageadvies

Voor het drainageadvies zijn met behulp van de boorgatenmethode de doorlatendheden gemeten. De gemeten waarde wordt grotendeels bepaald door de horizontale doorlatendheid. De resultaten zijn gepresenteerd in tabel 2.4.

Tabel 2.4 Doorlatendheden k bepaald uit boorgatmetingen per perceel in m/dag.

	Gemiddeld	Mediaan
Kou-V	0.592	0.057
Kou-S	0.067	0.072
Kou-G	0.110	0.103
Kou-B	0.106	0.102
Vegelinsoord	0.033	0.018
Gersloot	1.020	0.789
Aldeboarn	0.091	0.023
Warten	0.037	0.032

Met uitzondering van locatie Kou-V en Aldeboarn verschillen het gemiddelde en de mediaan weinig per perceel. Bij Kou-V en Aldeboarn geeft de mediaan de beste benadering van de k -waarde in verband met een sterk afwijkende meting.

In het drainageadvies werd geconcludeerd dat niet kan worden voldaan aan de vooraf gestelde eis van een infiltratie van 3 mm/d bij maximale uitholling van 10 cm. Als een minder strenge eis van 20 cm uitholling wordt gehanteerd, dan kan wel een infiltratie van 3 mm/d worden gerealiseerd. Bij Kou-B en Kou-G kunnen dan een drainafstand van 6 m, bij Kou-S 5 m en bij Kou-V 4 m worden gehanteerd. Deze 20 cm uitholling houdt in dat bij een grotere gewasverdamping dan 3 mm/dag, de grondwaterstand midden tussen de drains 20 cm lager wordt dan het slootpeil. Op zich een aanzienlijke grondwaterstanddaling, die men echter wel zou kunnen beperken door een hoger slootpeil toe te passen. Bij Gersloot werd de hoogste k -waarde gemeten (grootste doorlatendheid), in de boorgaten werd vaak hout aangetroffen. Door de hoge k -waarde kan bij geringe uitholling en relatief grote drainafstand voldoende water infiltreren. Bij Vegelinsoord is de doorlatendheid het laagst. Bij een draindiameter van 6 cm, een drainafstand van 4 m en een uitholling van 0,3 m is de infiltratie 1,5 mm/d. Bij zowel Aldeboarn als Warten is de gemeten k -waarde relatief gering. Bij Warten is de infiltratie bij een uitholling van 0,3 m en een drainafstand van 4 m 2,7 mm/d, bij Aldeboarn is het slechts 1,9 mm/d. Bedacht moet worden dat een uitholling van 30 cm driemaal de gewenste maximale uitholling is.

Beoordeling doorlatendheden

De doorlatendheden die bij de BCS worden ingeschat, verschillen op sommige locaties van de gemeten waarden gevonden met de boorgatenmethode. Alleen Gersloot heeft zowel bij de BCS als bij de meting een goede doorlatendheid. In de BCS wordt een matige doorlatendheid toegekend aan Kou-S, Kou-G en Kou-B. In de meting met de boorgatenmethode zijn de mediane doorlatendheden respectievelijk 7, 10 en 10 cm per dag, wat matig tot zeer matig is. De grootste verschillen tussen de BCS-schatting en de metingen met de boorgatenmethode doen zich voor bij Kou-V, Vegelinsoord, Aldeboarn en Warten, die in de BCS een kwalitatief 'goede doorlatendheid' hebben en bij de meting met de boorgatenmethode mediane doorlatendheden van respectievelijk 6, 2, 2 en 3 cm per dag hebben. Vooral de laatste drie hebben volgens de metingen een slechte doorlatendheid. De gemiddelde doorlatendheid bij Aldeboarn is wel duidelijk hoger dan de mediaan en kan als matig worden geclassificeerd (9 cm/dag).

2.2 Inrichting locaties

2.2.1 Het drainageplan

Omwillen van de vergelijkbaarheid is in elk proefperceel een deelproefperceel met een standaardopzet uitgevoerd, nl.:

1. Een drainafstand van de nieuwe drains van 6 m.
2. Sleufloze uitvoering.
3. De drooglegging is 60 cm. Dit houdt in een minimaal slootpeil (dat de drains voedt) van 60 cm onder de gemiddelde maaiveldhoogte. Dit peil kan worden verhoogd als er sprake is van droogte of van een muizenplaag.
4. De bovenkant van de drain ligt 75 cm onder de gemiddelde maaiveldhoogte (en dus 15 cm onder water).
5. Drains met een diameter van 60 mm.
6. Omhulling PE 1000 of PP 700.
7. De lengte van de drain is afhankelijk van de perceellengte en het al dan niet toepassen van een verzameldrain in het midden van het perceel. De drainlengte varieert van 100 tot maximaal 300 meter.

Elk proefperceel heeft een schaduwperceel (referentie), wat zo veel mogelijk lijkt op het gedraineerde perceel en waar het oorspronkelijke peil is aangehouden. Proefperceel en schaduwperceel komen zo veel mogelijk overeen wat betreft:

- bodemopbouw en -structuur
- opbouw grasmat
- begreppeling en bestaande drainage
- graslandmanagement

Varianten op het hoofdontwerp

De grootte van de percelen bood de mogelijkheid om varianten op het hoofdontwerp uit te voeren. In onderstaande tabel zijn de varianten uitgewerkt en het doel waarom de variant is gekozen.

Tabel 2.5 De varianten op het hoofdontwerp van de drainage.

#	Variant	Proeflocaties	Doel
1	Drainafstand 4, 6, 7.5 en 8 m	Kou-B, Warten, Vegelinsoord	Beoordelen bij welke drainafstand de drainage/infiltratie voldoende is. Bij voldoende drainage/infiltratie zal de GWS weinig opbolling/uitzakking laten zien
2	Toepassen drukdrain	Kou-B	Beoordelen of met extra druk op de drain, de infiltratie voldoende valt te verbeteren. Ook kan drainage/infiltratie onafhankelijk van het slootpeil plaatsvinden.
3	Uitvoering met kettingfrees, met en zonder zandomhulling	Kou-S	Beoordelen of met kettingfrees een voldoende horizontale GWS valt te realiseren. Ervaring opdoen met kosten en aanleg kettingfrees.
4	Naast schaduwperceel, varianten zonder nieuw aangelegde onderwaterdrainage. Een diep ontwaterd deelproefperceel (90 tot 110 cm drooglegging) met oude drains en een deelproefperceel met oude drains en verhoogd peil.	Kou-S.	Op deze wijze kan inzicht gekregen worden in de uitzakking en opbolling van de GWS bij verschillende uitgangssituaties.

2.3 Meetmethoden

2.3.1 Grondwaterstanden

2.3.1.1 Grondwaterstanden

Voor het meten van de grondwaterstand werden peilbuizen geïnstalleerd. De filters bevinden zich meestal in het veen, maar minstens 1 buis per proefperceel heeft het filter in het onderliggende zandpakket. In de percelen waar schalterveen voorkomt, zijn ook buizen met een ondiep filter geplaatst, omdat in deze percelen door de lage doorlatendheid van het schalterveen een schijngrondwaterspiegel kan optreden. Door het Wetterskip zijn bij de percelen met infiltratiedrains aan het begin van de drains (op ca. 50 m vanaf de sloot of verzameldrain) een grondwaterstandbuis op 50 cm vanaf de drain en een peilbuis halverwege tussen twee drains gezet. Hetzelfde is gebeurd aan het einde van de drainbuizen op ca. 50 m vanaf het einde. Bij het schaduwperceel zijn peilbuizen op 50 m vanaf het begin en einde van de percelen gezet.

De buizen worden handmatig, met een logger of met telemetrie gemeten. De meetfrequentie van de handmatig gemeten buizen is 2 weken, van de buizen met een logger 1 uur en de buizen op telemetrie 15 minuten. De loggers zijn van het merk Solinst.

2.3.1.2 Slootpeilen

In de percelen Warten, het onderwaterdrainageperceel van Vegelinsoord en het perceel van Kou-B wordt het slootpeil gemeten met een oeverkantbuis. De oeverkantbuis van Warten en Vegelinsoord is aangesloten op telemetrie met een meetfrequentie van 15 minuten. De oeverkantbuis in perceel Kou-B wordt gemeten met een logger en meetfrequentie van 1 uur. Voor het slootpeil van het schaduwperceel van Vegelinsoord kan het peil van het betreffende gemaal worden genomen.

2.3.2 Draagkracht

De draagkracht is in 2017 gemeten van begin februari tot begin mei en vanaf midden september tot midden november met de penetrologger en penetrometer van Eijkelpark. In het voorjaar werd meestal de penetrologger gebruikt, in het najaar alleen de penetrologger. De meetfrequentie van een aantal percelen was in het voorjaar 2 weken, maar dit werd voor een aantal percelen niet gehaald. De meetfrequentie in het najaar was ongeveer 2 weken. Voor de draagkrachtmetingen is een conus met een hoek van 60° en een basisoppervlakte van 5 cm² gebruikt. Dit is de standaardconus voor draagkrachtmetingen in Nederland voor berijding en beweiding (vertrapping). Gesteld wordt dat de schade door berijding beperkt is als de draagkracht groter is dan 0,5 MPa. Voor vertrapping is de grenswaarde minimaal 0,6 MPa. Daarnaast is een aantal malen in het voorjaar gemeten met een conus met een hoek van 60° en een basisoppervlakte van 1 cm² om de geschiktheid voor weidevogels te meten. De grenswaarde is dan 2,5 MPa, waarbij in dit geval de meetwaarde onder de grenswaarde van 2,5 MPa moet zijn, zodat de weidevogel met zijn snavel in de grond kan. Voor goede omstandigheden voor weidevogels, waarbij ook het aantal wormen in de bovengrond hoog zal zijn, moet een gemiddelde van 1,25 MPa worden aangehouden. De conus van 1 cm² is alleen in het begin een aantal malen gebruikt. De meetfrequentie voor een aantal percelen was eens per 2 weken, maar voor een aantal percelen werd deze frequentie niet gehaald. In het deelproefperceel met WIS en telemetrie en het bijbehorende schaduwperceel werden drie raaien van elk tien punten gemeten. Daarnaast werd er ook in de bodem en wand van een greppel gemeten. Om de hoeveelheid werk te beperken, is verder alleen gemeten met de 5 cm²-conus, waarna uit die waarden de waarde voor een 1 cm²-conus is berekend met een in de praktijk verkregen relatie.

In de percelen Warten, Vegelinsoord en Kou-B is in het voorjaar van 2017 van elk deelproefperceel de draagkracht gemeten, evenals van Kou-G en Gersloot. Bij Aldeboarn zijn het HZP (Hoog Zomer Peil) en WIS met een drooglegging van 40 cm minder frequent gemeten. Bij Kou-S zijn in het deelproefperceel met kettinggraver (vak D), diepe drains en hoog peil (vak A) geen metingen verricht.

In het deelproefperceel met diepe drains en laag peil is in het najaar 2017 eenmaal gemeten.

2.3.3 Bodemvocht

2.3.3.1 Field Scout

In de percelen Warten, Vegelinsoord en Kou-B werd door het Wetterskip vanaf midden februari elke twee weken het volumetrisch vochtgehalte gemeten met de Field Scout 300 (TDR-meting). In elk deelproefferceel werden drie raaien van elk tien punten gemeten, deze metingen werden gecombineerd met draagkrachtmetingen. De pinlengte was standaard 12 cm, maar enkele malen is er extra gemeten met pinnen van 20 cm. De Field Scout kan worden ingesteld op de grondsoort waarin wordt gemeten. In de metingen door het Wetterskip is de instelling 'high clay' (hoog kleigehalte) gebruikt, omdat de meeste proeflocaties een kleidek hebben. Voor puur veen is de Field Scout eigenlijk niet geschikt.

De metingen aan de locaties Kou-S, Kou-G, Aldeboarn en Gersloot zijn verricht door de Radboud Universiteit (RU).

2.3.3.2 Vochtbepalingen en droge stofdichtheid aan bodemmonsters

In de percelen Warten, Vegelinsoord en Kou-B zijn in 2017 met guts viermaal bodemmonsters genomen, in 2018 is het proefperceel Spanga erbij gekomen en is de bemonstering driemaal uitgevoerd met grondboor en guts. De te bemonsteren locaties waren bij de peilbuislocaties in het deelproefferceel met telemetrie en het bijbehorende schaduwperceel. In het WIS-deelperceel werd dicht bij de peilbuizen op 0.5 m en tussen de drains bemonsterd. De bemonstering werd in duplo uitgevoerd. De bemonstering werd in 2017 uitgevoerd met een guts met een diameter en lengte van 4 en 100 cm. De bovenste 20 cm werd – indien mogelijk – opgedeeld in een deel van 12.5 en 7.5 cm, zodat de zode apart kon worden beschouwd. De kolom daaronder werd verdeeld in diepte intervallen 20-40, 40-60, 60-80 en 80-100 cm. Het opdelen in kolommen van 12.5 en 7.5 cm lukte eigenlijk alleen goed in de eerste bemonsteringsronde in maart/april. In 2017 werd de guts de grond in geslagen en daarna verwijderd. In 2018 werd de bemonsteringsmethode aangepast en werd de kleilaag en indien er geen kleilaag aanwezig was de bovenste 20 cm met grondboor bemonsterd. Hieronder werd een guts tot een diepte van 100 cm -mv de grond ingeslagen en de grondkolom opgedeeld in diepte intervallen 20-40, 40-60, 60-80 en 80-100 cm -mv.

In 2018 zijn in het voorjaar ook ringmonsters van 100 cc genomen, doel van deze bemonstering was het bepalen van het veldvochtgehalte, de droge bulkdichtheid en de variatie daarvan en het verzadigd vochtgehalte. Hiervoor wordt een kuil gegraven tot ca. 80 cm diepte, de locatie van de kuil was dicht bij de peilbuislocatie op 1/3 drainafstand, bij de referentie ook op 1/3 drainafstand indien er drains aanwezig waren. Er werden op de dieptes 10, 30, 50 en 70 cm 3 ringen van 100cc in de zijwand van de kuil geslagen. Per proefperceel werden vier locaties bemonsterd, twee in het perceel met WIS/of AWIS en twee in het referentieperceel. Per diepte werden er per perceel twaalf ringen gestoken.

De schoongemaakte geprepareerde ringen werden lucht- en waterdicht afgesloten en in het lab gewogen, vervolgens werden de ringen in etappes verzadigd. Na verzadiging werden de ringen weer gewogen, waarna ze op een aluminium bakje werden geplaatst en in de oven bij een temperatuur van 105°C werden gedroogd. Het bakje met gedroogd monster werd gewogen om de droge bulkdichtheid te kunnen bepalen.

2.3.4 Bodemdaling over het jaar

2.3.4.1 Bodemdaling over het jaar

In de percelen Warten, Kou-B en Vegelinsoord is in april 2017 gestart met het inmeten van de hoogte van het maaiveld, in de nazomer van 2017 is Spanga daar bijgekomen. De hoogte van het maaiveld werd t/m 2019 twee per jaar ingemeten: eind maart/april en augustus/september. De verwachting is dat in maart/april het maaiveld wegens hoge grondwaterstanden relatief hoog is en in augustus/september bij lage grondwaterstanden relatief laag. Door op een nat en droog moment te meten, wordt de beweging van het maaiveld in droge en natte perioden bepaald. Deze metingen werden uitgevoerd in de deelproeffercelen met telemetrie en het bijbehorende schaduwperceel. In het deelproefferceel met infiltratiedrains werd op 1/3 afstand vanaf de drain tussen de twee peilbuislocaties een raai ingemeten. Bij Warten werd deze raai iets schuin gelegd, zodat deze niet evenwijdig aan een rijspoor zou lopen. Aan de uiteinden van deze raai werden dwarsraaien gelegd. De x-/y-coördinaten van de eindpunten van de raaien werden tot enkele centimeters nauwkeurig bepaald, zodat deze eindpunten voor de volgende meting weer gebruikt kunnen worden. Langs

de raaien werd de maaiveldhoogte langs een meetlint gemeten, de afstand tussen de punten was afhankelijk van de lengte van de raai. De dwarsraaien in het perceel van Kou-B werden ook dwars gelegd om niet evenwijdig aan de rijsporen te meten.

De raaien in het schaduwperceel werden op dezelfde manier vastgelegd als in het onderwater-drainageperceel.

De metingen aan de bodemdaling bij de percelen Kou-S, Kou-G, Aldeboarn en Gersloot zijn verricht door de RU.

2.3.5 Gewasopbrengsten

2.3.5.1 Drogestofopbrengsten

In alle percelen behalve Warten en Spanga zijn in 2017 plots uitgemaaid voor het bepalen van de drogestofopbrengsten.

Bij Kou-B en Vegelinsoord was de lengte van de plots gelijk aan de afstand tussen de oude drains (15 en 11 m) en werden de plots haaks op de oude drains gelegd. De breedte van de plots was 120 cm. Er werden drie plots uitgemaaid in het deelperceel met infiltratiedrains en telemetrie en het bijbehorende schaduwperceel (totaal zes plots). Geprobeerd werd deze gelijkmatig te verdelen over het deelproefperceel. De locaties van de plots varieerde per snede. Het uitmaaien werd verricht met een tweewielige agria traktor met maaibalk.

Na het uitmaaien werd het gras bijeen geveegd en gewogen. Per uitgemaaid deelproefperceel werd een submonster genomen en waterdicht verpakt. Aan deze submonsters is het drogestofpercentage bepaald.

In de percelen Kou-S, Kou-G, Aldeboarn en Gersloot zijn de drogestofbepalingen verricht door de Radboud Universiteit. In 2018 is bij Kou-B de droge stof door de RU en Dairy Campus bepaald, in 2019 is alleen in de percelen Kou-S, Aldeboarn en Gersloot de drogestofopbrengst gemeten.

2.3.5.2 Grashoogten

In elk deelproefperceel van Warten, Vegelinsoord en Kou-B is in 2017 een paar dagen tot een week voordat er werd gemaaid de grashoogte gemeten met een grashoogtemeter van Eijkelkamp. Per deelproefperceel werden drie plots gemeten van elk tien punten. De plots van de grashoogte, penetrologger 5 cm² en Field Scout komen overeen.

2.3.6 Gasfluxen broeikasgassen

Voor het bepalen van de fluxen wordt door de Radboud Universiteit gebruikgemaakt van de 'closed chambers'-methode. In deze closed chambers worden gasfluxen gemeten op lokale schaal (1 m²) met gaslaserapparatuur. Per proefperceel wordt gemeten op één representatieve meetlocatie op 1/3 van de breedte van het perceel en met een veendikte van minimaal 1 m. Deze meetlocatie wordt onderverdeeld in drie sublocaties loodrecht op de drainagerichting, namelijk op 0,5 m, 1,5 m en 2,5 m vanaf de drain. Daarnaast worden ook in het schaduwperceel de gasfluxen gemeten. In het groeiseizoen wordt er tweemaal per maand gemeten, buiten het groeiseizoen eenmaal per maand.

2.3.7 Chemische samenstelling oppervlaktewater, bodemvocht en bodem

Deze metingen werden alleen bij de Radboudlocaties gemeten.

De kwaliteit van het oppervlaktewater in de sloten werd om de twee maanden gemeten.

Bodemvocht: viermaal per jaar werd met keramische cups op dieptes van 30, 60 en 90 cm bodemvocht onttrokken.

Bodemmonsters: Aan het begin en eind van het groeiseizoen werden bodemmonsters genomen (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm). Deze bodemmonsters werden gepoold genomen op 0,5 m, 1,5 m en 2,5 m van de drainagebuis op locaties waar gasfluxmetingen werden gedaan.

De monsters werden door Radboud onderzocht en geanalyseerd op chemische samenstelling.

2.3.8 Bedrijfsvoering

De melkveehouders hielden in een tabel bij welke handelingen er werden verricht, zoals mest uitrijden, maaien, beweiden, kunstmest, kalkgift, bijzonderheden.

2.3.9 Neerslag

Voor neerslaggegevens wordt gebruikgemaakt van de met radar gemeten neerslaggegevens van het KNMI, die door het Wetterskip over een peilvak worden gemiddeld.

3 Resultaten en discussie

In het hoofdstuk resultaten en discussie worden de meetresultaten voor 2017 tot en met 2019 beschouwd en wordt een analyse uitgevoerd. Het jaar 2017 was een relatief nat jaar waarin alleen het voorjaar vrij droog was, maar verder geen lange periode met grote droogte is opgetreden. Juist in een droog jaar worden verschillen verwacht tussen percelen met en zonder infiltratiedrains wat betreft infiltratie van slootwater, beperking van droogteschade en beperking van bodemdaling en de uitstoot van broeikasgassen, met name CO₂. Bovendien zijn veel percelen opnieuw ingezaaid na een muizenplaag en heeft de bodemkwaliteit daardoor nogal geleden. Het jaar 2018 was een droog jaar met vooral een droge zomerperiode. Het jaar 2019 kenmerkte zich door een droog voorjaar en droog einde van de zomer en begin van de herfst.

Een belangrijk aspect is ook dat is besloten om bij twee locaties een perceel met een Water Infiltratie Systeem (WIS) (oftewel onderwaterdrainage) en de bijbehorende referentie (oftewel schaduwperceel) te modelleren. Dit biedt de mogelijkheid tot een veel betere analyse van de resultaten en evaluatie van de proef en de toepassing van WIS in Friesland nu en in de toekomst bij de verwachte klimaatveranderingen. De twee locaties die worden gemodelleerd, zijn Gersloot met een profiel zonder kleidek en Aldeboarn met een profiel met een ca. 40 cm dik kleidek. Deze locaties zullen daarom in dit hoofdstuk wat meer aandacht krijgen.

3.1 Grondwater

Alle peilbuizen hebben een code, waarbij de eerste twee letters staan voor de locatie. Per subparagraaf staat in de titel deze tweeletterige code aangegeven. De letters OD in de code geven aan dat het een perceel of vak met WIS betreft, waarbij OD staat voor OnderwaterDrain. Het cijfer daarachter geeft de onderlinge afstand tussen de infiltratiedrains. De referentievakken of -percelen zijn gecodeerd met SP, waarbij SP staat voor SchaduwPerceel. Als laatste deel bestaat de code uit een hoofdletter als vak-aanduiding met daarachter het raainummer en als laatste een letter A voor een freatische buis op 0,5 m vanaf de drain, een letter B voor een freatische buis midden tussen twee drains en een letter C voor een potentiaalbuis tot in het zand onder de veenlaag. Peilbuizen eindigend met een D zijn korte buizen die eindigen boven de schalterlaag.

3.1.1 Kou-S, Koufurderigge (SY)

Kou-S is een van de locaties waarbij de RU de CO₂-emissie heeft gemeten. In deze paragraaf wordt een samenvatting van de analyse van Kou-S gegeven en wordt dieper ingegaan op de belangrijkste resultaten van het proefperceel met de sleufloze drainage (drainafstand 5 m) en het schaduwperceel, waar ook de CO₂-emissies zijn gemeten.

Bij Kou-S zijn de vakken (percelen of perceeldelen) A, B, C, D, E en F onderscheiden. Vak A heeft al bestaande drains met een lengte van ca. 150 m om de 10 m, die uitkomen op een sloot waar het slootpeil met stuwen wordt geregeld om het slootpeil tijdens natte perioden laag (ca. 80 cm -mv) en tijdens droge perioden hoger (tot ca. 30 cm -mv) te zetten. Bij Vak B, met bestaande drains om de 10 m, die op een sloot met een diep peil uitkomen, wordt de bestaande situatie gehandhaafd. Bij de Vakken C, D en E zijn infiltratiedrains met een lengte van ca. 300 m om de 5 m aangebracht, die uitkomen op een verzamelbuis die aangesloten is op een sloot met een zomerpeil van ca. 50 cm -mv en een winterpeil van ca. 60 cm -mv. Bij Vak C zijn de drains sleufloos aangelegd (extra code SL), bij Vak D met een kettinggraver (extra code KF) en bij Vak E met een kettinggraver, waarbij de sleuf werd opgevuld met zand (extra code KZ). Vak C is het belangrijkste onderzoeksobject en daar is ook een onderzoeklocatie van de Radboud Universiteit gesitueerd. Vak F is het referentieperceel zonder drains (schaduwperceel) met een drooglegging van ca. 100-110 cm.

Tabel 3.1 Profielbeschrijvingen bij de peilbuizen tussen de drains en in het schaduwperceel Kou-S, Koufurtherigge. De code SY staat voor Kou-S. Het raainummer komt terug in de naamgeving van de peilbuis.

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_ODSL5_C1A		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_ODSL5_C1B	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.30	Klei, matig vast, licht humeus, bruingrijs	0.00 - 0.30	Klei, matig vast, licht humeus, bruingrijs
0.30 - 0.60	Veen (schalter), donkerbruin	0.30 - 0.60	Veen (schalter), donkerbruin
0.60 - 1.40	Veen (zegge/riet), lichtbruin	0.60 - 1.40	Veen (zegge/riet), lichtbruin
1.40 - 1.60	Zand, zeer fijn - matig fijn, lichtbruin	1.40 - 1.60	Zand, zeer fijn - matig fijn, lichtbruin

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_ODSL5_C2A		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_ODSL5_C2B	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.30	Klei, matig humeus	0.00 - 0.30	Klei, matig vast, licht humeus, bruingrijs
0.30 - 0.40	Veen, half veraard	0.30 - 0.50	Veen (schalter), donkerbruin
0.40 - 0.70	Klei, matig slap, venig, bruingrijs	0.50 - 0.70	Veen, lichtbruin
0.70 - 1.40	Veen, lichtbruin	0.70 - 1.50	Klei, matig slap, grijs
1.40 - 1.50	Gliede, zwart	1.50 - 1.65	Gliede, zwart
1.50 - 1.70	Zand, matig fijn, lichtbruin	1.65 - 1.80	Zand, matig fijn, lichtbruin

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_ODSL5_C2C		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_ODSL5_C2D	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.25	Klei, vast, licht humeus, bruingrijs	0.00 - 0.30	Klei, matig vast, licht humeus, bruingrijs
0.25 - 0.60	Veen, donker bruin	0.30 - 0.50	Veen (schalter), donkerbruin
0.60 - 0.70	Veen, licht klei, bruingrijs	0.50 - 0.70	Veen, lichtbruin
0.70 - 1.20	Veen, lichtbruin	0.70 - 1.50	Klei, matig slap, grijs
1.20 - 1.50	Veen, veel houtresten, zwart	1.50 - 1.65	Gliede, zwart
1.50 - 2.30	Zand, matig fijn, lichtbruin	1.65 - 1.80	Zand, matig fijn, lichtbruin

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_ODKZ5_E1B		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_ODKZ5_E2B	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.25	Klei, matig vast, met veen (geroerd)	0.00 - 0.25	Klei, vast, licht humeus, bruingrijs
0.25 - 0.45	Veen (schalter), donkerbruin	0.25 - 0.40	Veen (schalter), donkerbruin
0.45 - 0.70	Veen, donkerbruin	0.40 - 0.50	Veen, donkerbruin
0.70 - 1.10	Veen (langvezelig), lichtbruin	0.50 - 0.70	Veen, met klei, bruingrijs
1.10 - 1.20	Gliede, zwart	0.70 - 0.95	Veen, lichtbruin
1.20 - 1.40	Zand, matig fijn, lichtbruin	0.95 - 1.00	Gliede, zwart
		1.00 - 1.20	Zand, matig fijn, lichtbruin

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_SP_F1B		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_SP_F2B	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.25	Klei, licht humeus, grijsbruin	0.00 - 0.50	Klei, licht humeus, grijsbruin
0.25 - 0.50	Veen (schalter), donkerbruin	0.50 - 1.20	Veen, donkerbruin
0.50 - 1.20	Veen (langvezelig), lichtbruin	1.20 - 1.35	Gliede, zwart
1.20 - 1.35	Gliede, zwart	1.35 - 1.50	Zand, matig fijn, lichtbruin
1.35 - 1.50	Zand, matig fijn, lichtbruin		

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_DDHP_A1B		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SY_DDHP_A2B	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.25	Klei, vast, licht humeus, bruingrijs	0.00 - 0.30	Klei, vast, licht humeus, grijsbruin
0.25 - 0.50	Veen (schalter), donkerbruin	0.30 - 0.40	Klei, matig vast, stukjes veen, bruingrijs
0.50 - 1.40	Veen, donkerbruin	0.40 - 0.70	Veen, donkerbruin
1.40 - 1.50	Gliede, zwart	0.70 - 1.40	Veen, lichtbruin
1.50 - 1.70	Zand, matig fijn, donkerbruin	1.40 - 1.50	Gliede, zwart
		1.50 - 1.70	Zand, matig fijn, lichtbruin

3.1.1.1 Profielbeschrijvingen bij de buizen op het OWD-perceel en het schaduwperceel

In tabel 3.1 zijn de profielbeschrijvingen gegeven bij de peilbuizen in Vak C met infiltratiebuizen op 5 m (C1A, C1B, C2A, C2B, C2C, C2D), in Vak E met infiltratiebuizen op 5 m, waarbij de buizen in een sleuf zijn gelegd en aangevuld met zand (E1B, E2B), in Vak F, de referentie (F1B, F2B) en in Vak A met oude drains op 10 m die zijn gehandhaafd, waarbij het slootpeil is verhoogd, zodat ze ook als infiltratiedrain functioneren (A1B, A2B).

De peilbuizen eindigend op een A staan 50 cm van de drainbuis, eindigend op een B op 2,5 m, dus midden tussen de drains. Peilbuizen eindigend op een C meten de stijghoogte in het zand onder het veen en midden tussen de drains met alleen een filter in het zand. Peilbuizen eindigend met een D zijn korte buizen die eindigen boven de schalterlaag. De buizen met een 1 staan aan het beginstuk van de drains en met een 2 aan het eindstuk van de drains. Voor de verticale doorlatendheid is de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen, zoals schalterveen of een gliede op de overgang veen – zandondergrond van belang. Beide blijken bij Kou-S aanwezig te zijn. De schalterlaag is echter niet gevonden bij peilbuis SY_SP_F2B en de gliedelaag niet bij SY_ODSL5_C1B. De heterogeniteit van het perceel blijkt groot te zijn (zie figuur 3.1). Wel moet worden bedacht dat een gliedelaag lang niet altijd goed te zien is. De veenlaag blijkt 0,40-1,10 m dik te zijn. De kleilaag op het veen is 0,20-0,40 m dik. Opvallend is een kleilaag bij buis Sy_ODSL5_C2b op een diepte van 0,70-1,50 m. Ook bij twee van de drie naastliggende buizen op plek C2 is een kleilaag gevonden op een diepte van 0,70-1,50 m en bij de andere buis op een diepte van 0,40-0,70 cm. Bij één buis bij plek C2 is geen kleilaag gevonden. De kleilaag kan invloed hebben op het functioneren van de drains en op de metingen.



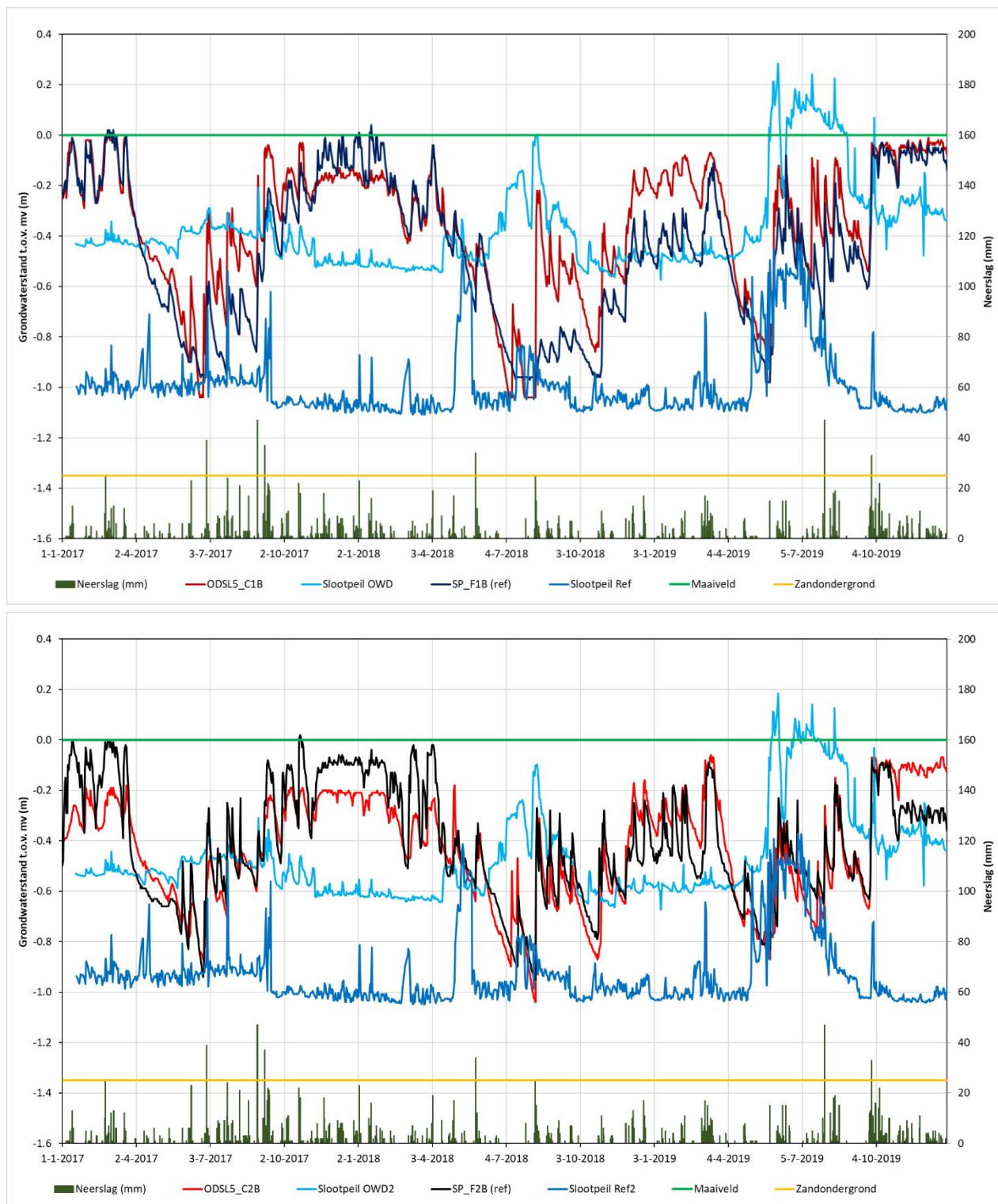
Figuur 3.1 De heterogeniteit van de ondergrond in beeld gebracht. Links, schalterveen bij Kou-S in Koufurderrige, rechts, grof, goed beworteld veen, 2 m ernaast.

3.1.1.2 Grondwaterstanden OWD-perceel en het schaduwperceel

In figuur 3.2 zijn grondwaterstanden en slootpeilen in het OWD-perceel (Vak C) en het referentieperceel (Vak F) met elkaar vergeleken. Het slootpeil ligt bij de referentie duidelijk lager dan bij het OWD-perceel. Het slootpeil OWD is in de bovenste figuur gepresenteerd ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuis ODSL5_C1B (-1,07 m NAP) midden tussen de infiltratiedrains op 50 m van de verzamelbuis. Het slootpeil bij de referentie is ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuis SP_F1B (-0,99 m NAP). Het maaiveld midden tussen de infiltratiedrains ligt dus 8 cm lager dan bij de referentie.

We beschouwen eerst de bovenste figuur 3.2, met de peilbuis ODSL5_C1B op 50 m vanaf de verzamelbuis. In het begin lijkt het effect van de infiltratie via de drains beperkt te zijn. Eind juni 2017 vallen zowel de peilbuis bij de referentie als de peilbuis midden tussen de drains op 5 m droog, omdat onderkant filter op ca. 1 m -mv zit. Daarna stijgt de grondwaterstand bij de drains wel veel sterker dan bij het referentieperceel, daarbij geholpen door een regenperiode. In september is het gedraineerde perceel ter plekke duidelijk natter dan het schaduwperceel. Eind 2017 en begin 2018 blijft het perceel met infiltratiedrains droger dan het referentieperceel. Het verlagen van het slootpeil bij de infiltratiedrains met 10 cm begin november 2017 blijkt goed te helpen om de grondwaterstand bij plek C1B te verlagen, waardoor deze droger wordt dan de referentie. In 2018 zakt vanaf begin april tot eind mei de grondwaterstand midden tussen de drains richting het slootpeil. NB Het slootpeil zakt vanaf begin april tot eind mei van ca. 40 cm -mv naar ca. 50 cm -mv.

Ondanks een peilverhoging in de referentiesloot tot ca. 60 cm -mv van 3 tot 23 mei, is eind mei 2018 de grondwaterstand bij de referentie tot 70 cm -mv gezakt.



Figuur 3.2 Grondwaterstanden en slootpeilen ten opzichte van het maaiveld aan het begin (plek C1, bovenste figuur) en het einde van de drains (plek C2, onderste figuur) en de bijbehorende plekken F1 en F2 op het referentieperceel (schaduwperceel). Slootpeilen zijn t.o.v. het maaiveld bij de betreffende peilbuizen.

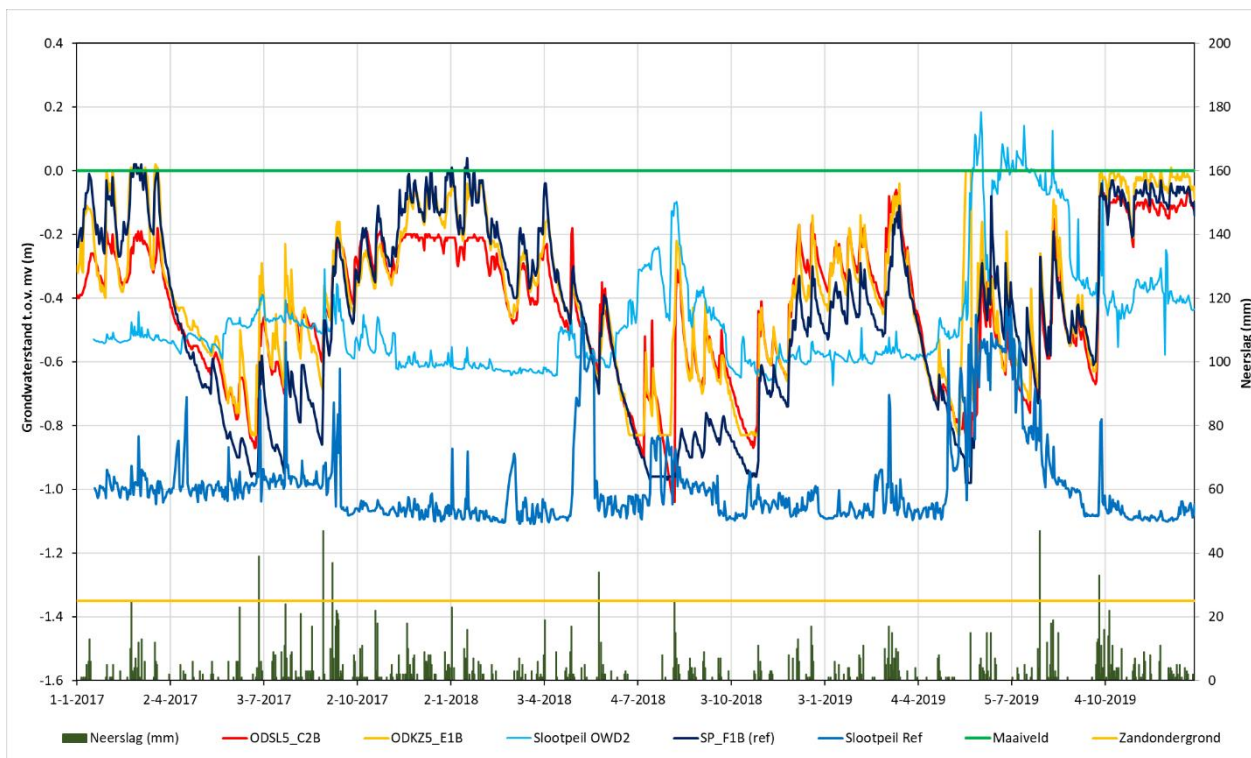
Een korte, maar hevige neerslagerperiode eind mei/begin juni zorgt ervoor dat begin juni 2018, net vóór een zeer droge periode, de grondwaterstand bij zowel de infiltratiedrains als bij de referentie op ca. 40-45 cm -mv staat. In de volgende droge periode zakken bij zowel de referentie als midden tussen de drains de grondwaterstanden

tot onder het filter van de peilbuizen (ca. 100 cm -mv). Het slootpeil bij de infiltratiedrains wordt in die periode gestaag verhoogd tot ca. 20 cm -mv, waardoor kortstondig de grondwaterstand bij C1B weer begint te stijgen. Pas bij het begin van een regenperiode die op 8 augustus stevig inzet, stijgen de grondwaterstanden, waarbij de sloot bij de infiltratiedrains kortstondig tot aan maaiveld stijgt. De grondwaterstand bij de C1B stijgt hierbij tot ca. 20 cm -mv. Bij de referentie is de grondwaterstijging beperkt en stijgt naar ca. 80 cm -mv. Blijkbaar is bij het perceel met de infiltratiedrains het vochtgehalte van het veen veel hoger dan bij de referentie, zodat neerslag het bodemprofiel snel kan vullen. De bergingscapaciteit van het uitgedroogde profiel bij de referentie is daarentegen groot en kan de neerslag gemakkelijk bergen. Dit blijkt tot in de winterperiode 2018/2019 te resulteren in lage grondwaterstanden bij de referentie. In het droge voorjaar van 2019 dalen bij zowel het perceel met infiltratiedrains als bij de referentie de grondwaterstanden tot bijna 100 cm -mv. Daarna begint een periode waarbij blijkbaar de percelen worden bevoeid en er bovendien af en toe neerslag valt. Hierdoor stijgt vooral bij het perceel met infiltratiedrains de grondwaterstand sterk. Het jaar eindigt met een natte periode, waarbij de grondwaterstand zowel bij de referentie als de infiltratiedrains net onder maaiveld blijft. De algemene indruk is dat de infiltratiedrains maar in beperkte mate het diep uitzakken van de grondwaterstanden voorkomen.

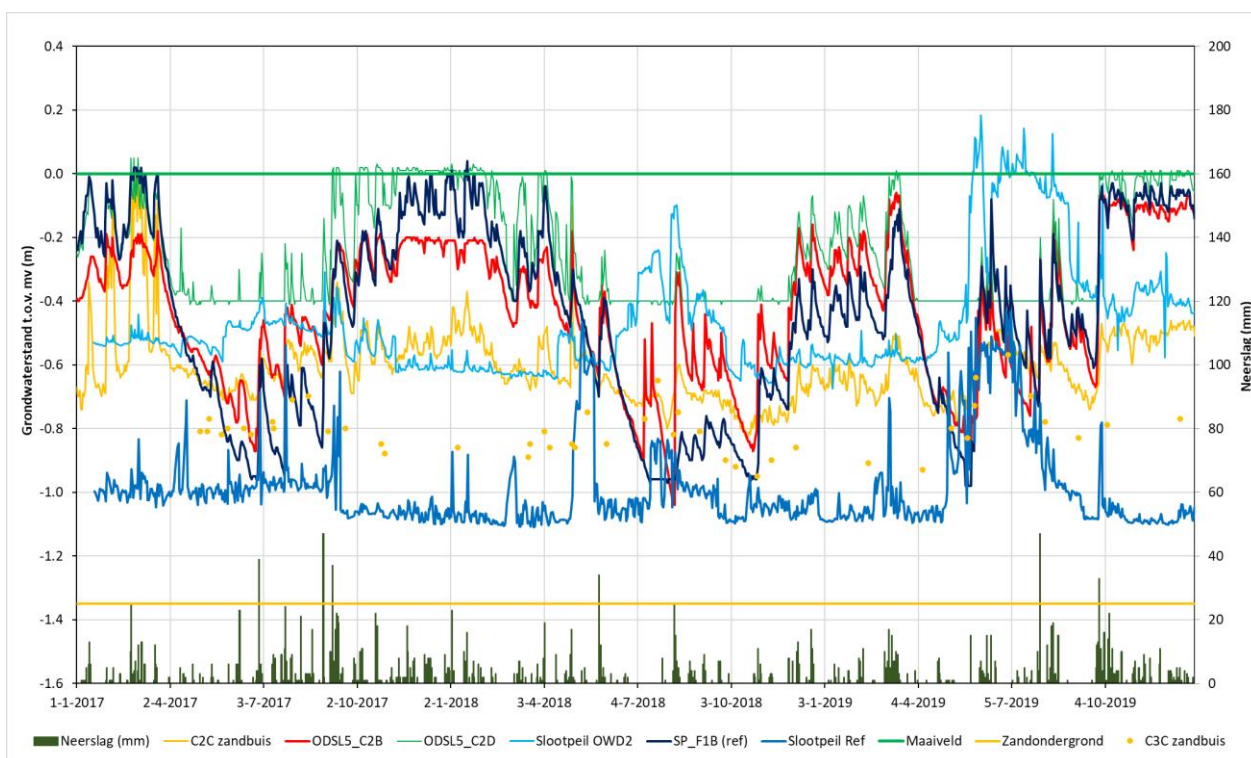
Bij de onderste figuur in figuur 3.2 is het slootpeil OWD2 beschouwd ten opzichte van het maaiveld bij peilbuis ODSL5_C2B (-0,97 m NAP). Voor het slootpeil bij de referentie is het maaiveld bij peilbuis SP_F2B (-1,05 m NAP) de basis. Het maaiveld midden tussen de infiltratiedrains ligt dus 8 cm hoger dan bij de referentie. Bij de bovenste figuur is dit andersom en ligt het maaiveld midden tussen de infiltratiedrains juist 8 cm lager dan bij de referentie. Dit blijkt een groot verschil uit te maken: de drooglegging neemt bij de infiltratiedrains met 10 cm toe en de grondwaterstanden zijn in natte perioden duidelijk lager dan in de referentie (met uitzondering van de laatste maanden van 2019). Echter het blijkt dat in droge perioden de grondwaterstanden dieper uitzakken dan de referentie. Anderzijds zakken de grondwaterstanden bij peilbuis SP_F2B ca. 10-15 cm minder diep uit dan bij peilbuis SP_F1B. Ook lijkt het profiel bij peilbuis SP_F2B natter te blijven, want de regenperiode beginnende op 8 augustus 2018 leidt bij deze peilbuis tot een veel sterkere verhoging van de grondwaterstand dan bij peilbuis SP_F1B. Mogelijk heeft de nabijgelegen hoogwatersloot die langs de weg en voor de boerderijen loopt meer invloed op de peilbuis dan gedacht.

Dit is reden geweest om in figuur 3.3 het effect van de infiltratiedrains op peilbuis ODSL5_C2B (-0,97 m NAP) te vergelijken met peilbuis SP_F1B (-0,99 m NAP), waarbij beide maaiveldhoogten bij de peilbuis bijna gelijk zijn. De vergelijking tussen infiltratiedrains om de 5 m versus een referentie met dezelfde maaiveldhoogte levert een aanmerkelijk gunstiger beeld van het effect van infiltratiedrains dan volgt uit beide figuren in figuur 3.2. Dit geldt ook voor de bovenste figuur in figuur 3.2, waar peilbuis ODSL5_C1B is vergeleken met peilbuis SP_F1B. Dit is opmerkelijk, omdat door het 10 cm hogere maaiveld bij ODSL5_C2B de drooglegging bij de infiltratiedrains daar dieper (ca. 50-60 cm) is geworden. Het algemene beeld wat betreft het effect van infiltratiedrains op de grondwaterstand blijft gelijk aan het beeld in de bovenste figuur in figuur 3.2. De algemene indruk is wat gunstiger, maar die indruk blijft dat de infiltratiedrains op 5 m in combinatie met dit slootpeilmanagement onvoldoende het te diep uitzakken van de grondwaterstanden kan voorkomen.

In figuur 3.3 zijn ook de grondwaterstanden van peilbuis ODKZ5_E1B weergegeven. Hier zijn de drains aangelegd met een kettinggraver, waarna aangevuld is met zand. Het maaiveld van deze peilbuis ligt op -0,98 m NAP, bijna gelijk aan het maaiveld bij de peilbuis ODSL_C2B (-0,97 m NAP). De verwachting was dat de zandaanvulling de infiltratie en de drainage zou verbeteren. De resultaten laten echter zien dat in natte perioden de grondwaterstanden hoger zijn en in droge perioden ongeveer gelijk zijn aan die bij de sleufloos aangebrachte infiltratiedrains (ODSL5_C2B). Het lijkt erop dat het gebruik van een kettinggraver en aanvulling met zand geen verbetering is en dat de drainerende werking eerder slechter is en dat de infiltratie ongeveer gelijk is aan die bij de sleufloos aangebrachte infiltratiedrains. Eenzelfde beschouwing van de resultaten van drains aangelegd met een kettinggraver, echter waarbij de sleuf werd gevuld met de uitgegraven grond, liet hetzelfde beeld zien en leidde tot dezelfde conclusies. Een verklaring voor het tegenvallende resultaat is waarschijnlijk de versmering van de sleufwanden door de kettinggraver (persoonlijke mededeling Klaas Kooistra).



Figuur 3.3 Grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuizen ODSL5_C2B (midden tussen de infiltratiedrains), ODKZ5_E1B versus de grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij peilbuis SP_F1B van de referentie. Deze maaiveldhoogten zijn bijna gelijk (respectievelijk -0,97, -0,98 en -0,99 m NAP).



Figuur 3.4 Grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuizen ODSL5_C2B (midden tussen de infiltratiedrains), C2C (zandbuis), C3C (zandbuis) en ODSL5_C2D (ondiepe buis) versus de grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij peilbuis SP_F1B van de referentie. Deze maaiveldhoogten zijn bijna gelijk (respectievelijk -0,97, -1,00, -0,96, -0,99 en -0,99 m NAP). Peilbuis C3C is de zandbuis bij de CO₂-emissiemeting op 1,5 m van de infiltratiedrain.

In figuur 3.4 zijn naast de grondwaterstanden van de peilbuizen ODSL5_C2B en SP_F1B ook de peilbuis met het filter in de zandondergrond (ODSL5_C2C) en een ondiepe buis met een filter tot 40 cm -mv (ODSL5_C2D) weergegeven. Bovendien is de peilbuis ODSL_C3C weergegeven die bij de CO₂-meetopstelling staat. De peilbuis ODSL5_C2C in de zandondergrond laat zien dat de grondwaterstandfluctuaties in het veen boven de zandondergrond sterk gedempt tot uitdrukking komen in de zandondergrond en fluctueren rond ca. 60 cm -mv. Dit duidt erop dat de gliede tussen het veen en de zandondergrond tot op zekere hoogte ondoorlatend is en een grote kwel of wegzijging niet lijkt op te treden. De peilbuis ODSL_C3C in de zandondergrond bij de CO₂-meetopstelling laat eenzelfde beeld zien, maar fluctueert daar op ca. 85 cm -mv, dus ca. 25 cm lager dan bij peilbuis ODSL5_C2C. Een belangrijk verschil tussen beide peilbuizen is dat peilbuis ODSL5_C2C op ca. 100 m van een hoogwatersloot ligt en peilbuis ODSL_C3C op ca. 100 m van een diepe laagwatersloot ligt. Dit duidt erop dat de zandondergrond wordt beïnvloed door slootpeilen van diepe sloten die tot in de zandondergrond zijn gegraven. De ondiepe buis ODSL5_C2D laat zien in hoeverre het aanwezige schalterveen de infiltratie in het profiel beperkt, waardoor een schijnwaterspiegel kan ontstaan. Het blijkt dat de infiltratie inderdaad wordt vertraagd, want regelmatig stijgt de grondwaterstand boven de schalterlaag bij neerslag sterk en regelmatig tot in het maaiveld, terwijl de stijghoogte onder de schalterlaag in het veen, waarin de drains liggen, soms decimeters lager blijft. Opmerkelijk is dat in de winterperiode 2018/2019, na de droge zomer van 2018, het verschil tussen de grondwaterstand boven de schalterlaag en de stijghoogte in het veen onder de schalterlaag beperkt blijft. Misschien is in de droge zomer van 2018 de schalterlaag gescheurd en duurt het lang voor de scheuren weer zijn dichtgezwollen.

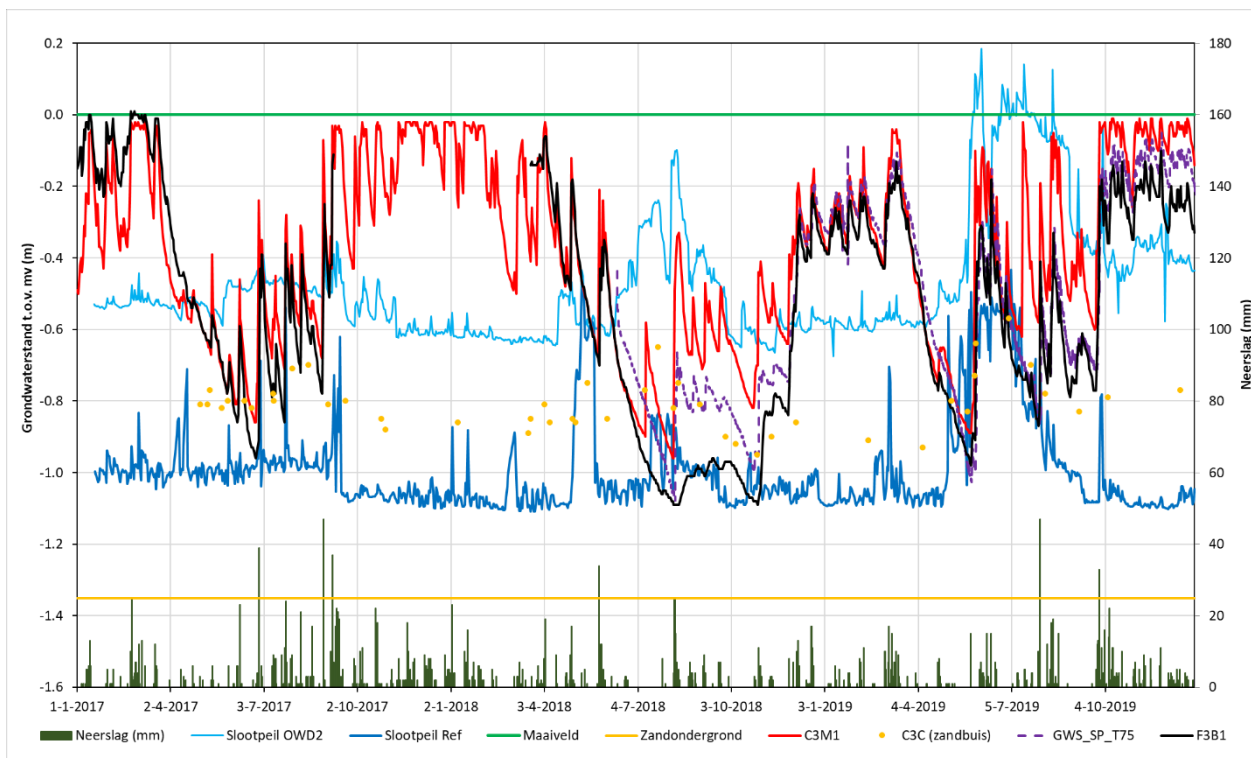
Niet getoond is het effect van het verhogen van het slootpeil bij Vak A om van 'gewone' drains om de 10 m infiltratiedrains te maken. Dit resultaat is namelijk gering: zowel de drainerende werking als de infiltrerende werking bleek duidelijk minder dan bij de nieuw aangelegde infiltratiedrains om de 5 m.

In de BCS (Bodem Conditie Score) werd de doorlatendheid gekenschetst als matig. Met de boorgaten-methode zijn horizontale doorlatendheden van ca. 7 cm/dag gemeten (zowel als gemiddelde als mediaan), wat duidt op een matige tot zeer matige doorlatendheid. Bij een dergelijke doorlatendheid en infiltratiedrains op 5 m en een benodigde infiltratiecapaciteit van 3 mm/dag, zou het slootpeil 30 tot 40 cm -mv moeten zijn om in de zomer te voorkomen dat de grondwaterstand onder de 60 cm -mv zakt. Het is daarbij nodig dat op 1 april het slootpeil op die 30 tot 40 cm -mv staat. Bij een droge winter zou je zelfs al eerder het slootpeil op dat slootstreefpeil moeten zetten.

Geconcludeerd kan worden dat bij een dergelijke matige tot zeer matige doorlatendheid de infiltratiedrains op 4 m onderlinge afstand moeten worden gelegd. Om de veenoxidatie en daarmee bodemdaling en CO₂-emissie significant te verlagen, moet ook een zo hoog mogelijk slootpeil worden gehandhaafd vanaf 1 april tot 1 oktober. Alleen bij een natte zomer zou men af en toe het slootpeil tijdelijk lager kunnen zetten. Het graven van sleuven om de infiltratiedrains te installeren en deze eventueel op te vullen met zand blijkt geen meerwaarde te hebben ten opzichte van het gebruikelijke en goedkopere sleufloos aanbrengen van de infiltratiedrains. Het blijkt zelfs dat de sleuf bij infiltratie met hoge slootpeilen al snel te nat wordt en stroken met slechte draagkracht oplevert.

3.1.1.3 Grondwaterstanden en vochtspanningen bij de CO₂-meetopstellingen bij het OWD-perceel en het referentieperceel

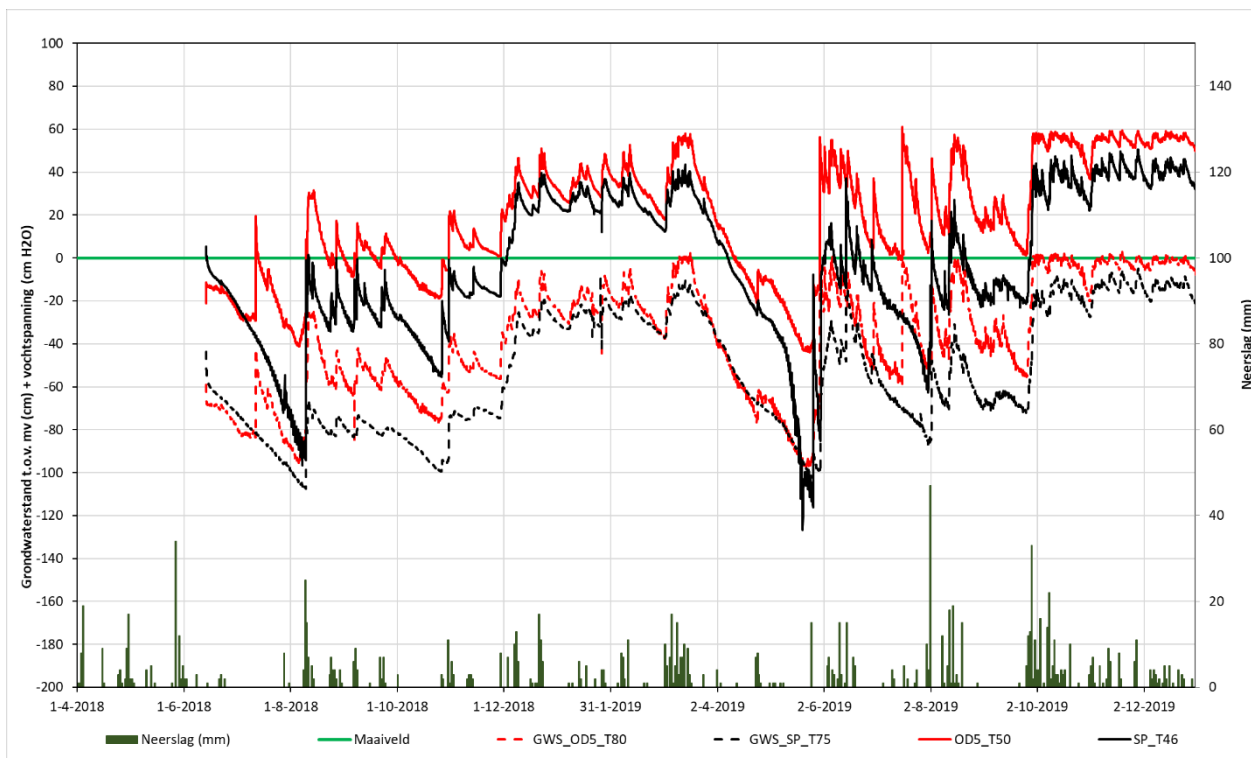
In figuur 3.5 zijn de grondwaterstanden bij de CO₂-metingen gepresenteerd bij het deel met infiltratiedrains en de referentie. Daarnaast is bij de referentie ook de grondwaterstand berekend uit de vochtspanningen gemeten op 75 cm diepte gegeven. Het blijkt dat vanaf begin augustus 2018 tot eind oktober 2018 de rechtstreeks gemeten grondwaterstand (F3B1) duidelijk afwijkt en lager is dan de grondwaterstand berekend uit de vochtspanningen (GWS_SP_T75). Waarschijnlijk geeft in die periode de met een tensiometer bepaalde GWS_SPT75 een betere presentatie van het werkelijk grondwaterstandverloop, want deze komt beter overeen met de grondwaterstand op andere plekken in het referentieperceel zoals aangegeven in figuur 3.4. Uit een vergelijking tussen de rechtstreeks gemeten grondwaterstand op 1,5 m vanaf de infiltratiedrains (C3M1) en de grondwaterstand berekend uit de vochtspanning gemeten op 80 cm diepte (GWS_OD5_T80, niet getoond) blijkt dat deze nagenoeg overeenkomen. Zoals eerder ook aangegeven in figuur 3.4 fluctueert de stijghoogte in de zandondergrond rond de 85 cm -mv en wordt waarschijnlijk sterk bepaald door het diepere slootpeil.



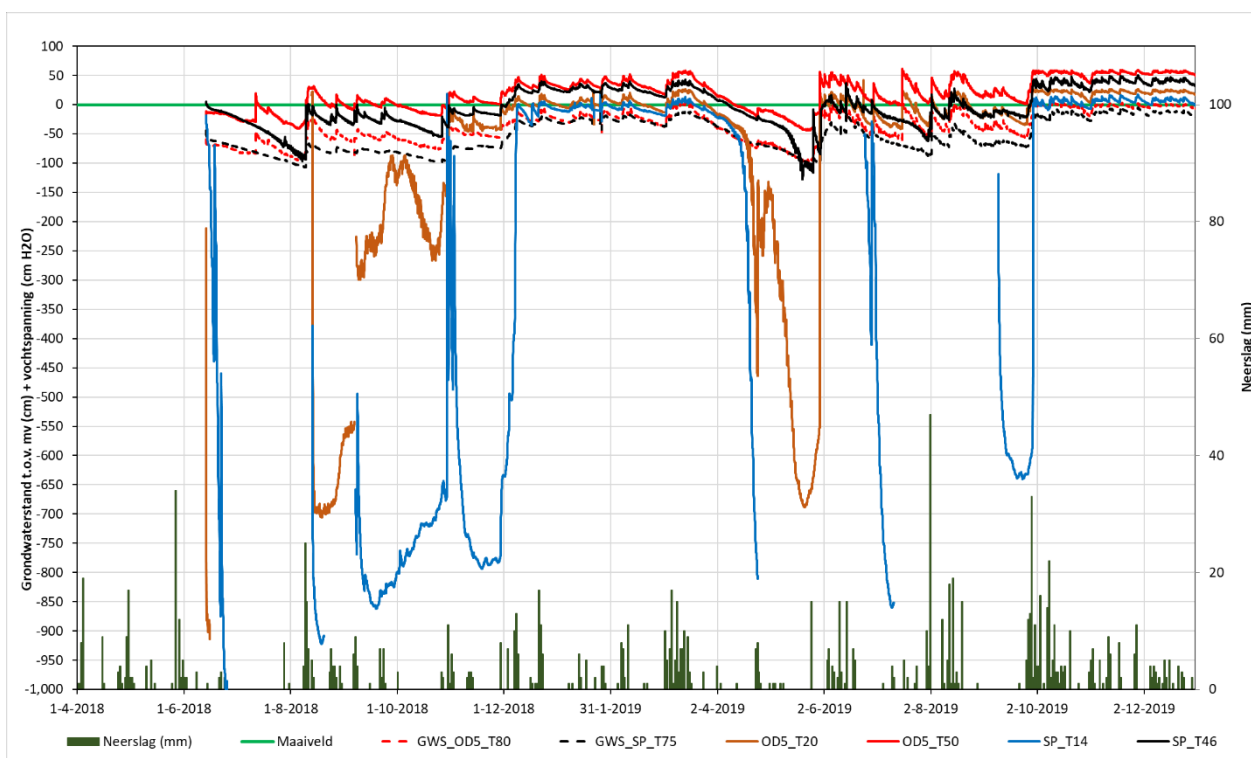
Figuur 3.5 Grondwaterstanden gemeten bij de CO₂-emissiemetingen. Grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuizen C3M1 (op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain) en C3C (zandbuis) versus de grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij peilbuis F3B1 van de referentie. Deze maaiveldhoogten zijn bijna gelijk (respectievelijk -0,99, -0,96 en -0,96 m NAP). GWS_SP_T75 is de grondwaterstand bij de referentie berekend uit de vochtspanningsmeting op 75 cm diepte.

Zoals eerder al geconcludeerd, blijkt ook uit de metingen in figuur 3.5 dat er bij Kou-S bij toepassing van infiltratiedrains pas duidelijke grondwaterstandverhoging plaatsvindt als het slootpeil wordt verhoogd tot ca. 30 tot 40 cm -mv.

In figuur 3.6 zijn de vochtspanningen op een diepte van 50 cm (OD5_T50) op 1,5 m afstand van de infiltratiedrains en op een diepte van 46 cm (SP_T46) van de referentie aangegeven. Daarnaast zijn de grondwaterstanden gepresenteerd, berekend met de vochtspanningen op respectievelijk 80 cm diepte (GWS_OD5_T80) en 75 cm diepte (GWS_SP_T75). De tensiometers zijn op 13 juni 2018 geïnstalleerd, aan het begin van een lange droge periode. In verband met de droogteperiode is toen het slootpeil bij de infiltratiedrains in eerste instantie van 60 cm -mv verhoogd naar 50 cm -mv en daarna geleidelijk naar 40 cm -mv. Dit hield het zakken van de grondwaterstand echter niet voldoende tegen tot in één sprong het slootpeil tot ca. 30 cm -mv werd verhoogd en geleidelijk later tot ca. 25 cm -mv. Opvallend is dat de sprong tot 30 cm -mv leidde tot een piek bij OD5_T50, wat duidt op een snelle vernatting op 50 cm diepte, die echter weer snel zakte ondanks het feit dat het slootpeil wel geleidelijk steeg naar 25 cm -mv. Wellicht is niet alleen het slootpeil verhoogd, maar is er ook bevoeid. Na de piek zakt de vochtspanning bij OD5_T50 weer en bereikt op 4 augustus 2018 een laagste waarde van ca. -40 cm H₂O. De vochtspanning op 46 cm diepte bij de referentie (SP_T46) zakt gedurende de droge periode tot 7 augustus 2018 geleidelijk zonder sprongen naar -97 cm H₂O. Daarna maakt een hevige regenperiode een eind aan de droogte en stijgen zowel OD5_T50 als SP_T46 in zeer korte tijd naar ca. +30 respectievelijk ca. 0 cm H₂O. Daarna blijft het veen bij OD5_T50 met uitzondering van een droge periode van 1 oktober tot 26 oktober 2018 (bijna) verzadigd tot 14 april 2019. Bij de referentie blijft het veen bij SP_T46 op 46 cm diepte tot 29 november onverzadigd en daarna tot 8 april 2019 volledig verzadigd. Al met al is in de meetperiode in 2018 het veen bij de referentie op een diepte van ca. 50 cm ongeveer twee keer langer aan zuurstof blootgesteld dan bij de infiltratiedrains.



Figuur 3.6 Gemeten vochtspanningen en berekende grondwaterstanden bij de CO₂-emissiemetingen. De vochtspanning OD5_50 is op 50 cm diepte en op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain gemeten. De vochtspanning SP_T46 van de referentie is op 46 cm diepte gemeten. GWS_OD5_T80 is de grondwaterstand op 1,5 m van de infiltratiedrain, berekend uit de vochtspanning gemeten op 80 cm diepte. GWS_SP_T75 is de grondwaterstand bij de referentie, berekend uit de vochtspanningsmeting op 75 cm diepte.



Figuur 3.7 Kopie van figuur 3.6 waaraan de gemeten vochtspanningen in de kleideklaag zijn toegevoegd. De verticale schaal loopt nu tot -1000 cm H₂O. De vochtspanning OD5_T20 is op 20 cm diepte en op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain gemeten. De vochtspanning SP_T14 van de referentie is op 14 cm diepte gemeten.

In 2019 is in de 3^e week van juni begonnen met bevoeien van zowel het perceel met infiltratiedrains als het referentieperceel, waarbij het slootpeil bij de infiltratiedrains boven het maaiveld uitkomt en daarna tot 30 augustus langzaam zakt tot ca. 10 cm -mv om dan snel te zakken tot ca. 40 cm -mv (zie figuur 3.5). Het slootpeil bij de referentie stijgt in de 3^e week van juni naar ca. 57 cm -mv en zakt vanaf 30 juni tot half september naar 108 cm -mv. Het grondwater stijgt door het bevoeien bij de infiltratiedrains tot rond de 20 cm -mv en bij de referentie rond de 40 cm -mv. Beide grondwaterstanden beginnen na 15 juni weer uit te zakken, waarbij de grondwaterstand bij de infiltratiedrains niet dieper komt dan 60 cm -mv, maar bij de referentie nog tot 87 cm -mv uitzakt. Regenbuien laten de grondwaterstand bij de infiltratiedrains snel stijgen, maar bij de referentie in veel mindere mate. Vanaf 22 september laat een heftige regenperiode beide grondwaterstanden stijgen tot 0-20 cm -mv.

De vochtspanningen van OD5_T50 laten zien dat bij de infiltratiedrains het veen op 50 cm diepte in de periode van 8 april tot 1 juni onverzadigd is, waarna dit veen door het bevoeien de rest van het jaar verzadigd blijft. Bij de referentie zijn de vochtspanningen van SP_T46 ook vanaf 8 april tot 1 juni negatief en het veen op 46 cm diepte dus onverzadigd. Het bevoeien zorgt er bij de referentie voor dat van 1 juni tot 1 juli het veen op 46 cm diepte meestal (bijna) verzadigd blijft. Daarna is het veen tot 29 september onverzadigd met een onderbreking van 9 tot 21 augustus, waarin regenbuien zorgen voor verzadiging. Net als in 2018 blijkt ook in 2019 het veen bij de referentie op een diepte van ca. 50 cm ongeveer twee keer langer aan zuurstof te worden blootgesteld dan bij de infiltratiedrains.

In figuur 3.7 zijn opnieuw de metingen in figuur 3.6 weergegeven, maar nu met een verticale as die loopt van +100 tot -1000 cm H₂O. Daarnaast zijn de vochtspanningen in de kleideklaag toegevoegd. Bij de infiltratiedrains is de vochtspanning OD5_T20 op 20 cm diepte en op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain gemeten. De vochtspanning SP_T14 van de referentie is op 14 cm diepte gemeten. Beide tensiometers bevinden zich in de wortelzone van het gras waar bijna alle wortels zitten. Graswortels kunnen grond tot -10000 cm H₂O uitdrogen, echter tensiometers slaan bij ca. -800 cm H₂O al door, wat inhoudt dat dan lucht intreedt in de keramische wand van de tensiometercup en lucht in de cup komt. Om de tensiometer na uitdrogen weer te laten functioneren, moet de cup worden doorgespoeld en de lucht verdreven. In het algemeen doet men dit pas als de grond weer vochtig genoeg is, zodat de tensiometer niet direct weer doorslaat.

We zien dat de tensiometers in de kleideklaag kort na installeren op 13 juni 2018 al doorslaan. Vanaf 3 juni werd het slootpeil bij de infiltratiedrains geleidelijk steeds hoger gezet van ca. -60 cm H₂O tot ca. -20 cm H₂O begin augustus. Na de droge periode tot 7 augustus 2018 begon een periode met regen en zijn de tensiometers op 13 augustus 2018 doorgespoeld. Ondanks de regenval was het kleidek bij de referentie op 14 cm diepte op 13 augustus 2018 nog zo droog dat de tensiometer SP_T14 snel doorsloeg. Bij de tensiometer OD5_T20 werd op 20 cm diepte op 13 augustus 2018 een vochtspanning van -700 cm H₂O gemeten, die daarna steeg naar ca. -550 cm H₂O op 5 september, waarna deze door regenbuien in combinatie met doorspoelen verder steeg naar ca. -250 cm H₂O. In een natte periode daarna steeg de vochtspanning OD5_T20 naar ca. -100 cm H₂O, waarna deze in een droge periode van 1 oktober tot 22 oktober weer daalde naar ca. -250 cm H₂O. Daarna begon een periode van vernatting van het kleidek waarin de vochtspanning steeg en van 29 oktober tot 29 november tussen verzadiging en -50 cm H₂O bewoog. Daarna schommelde de vochtspanning OD5_T20 tot eind maart 2019 rond de 0 cm H₂O. De tensiometer SP_T14 is begin september doorgespoeld en zakte daarna tot ca. -860 cm H₂O op 19 september, waarna deze geleidelijk steeg naar ca. -650 cm H₂O eind oktober, waarna deze door vermoedelijk enkele regenbuien steeg naar bijna verzadigd en vervolgens in een droge periode weer zakte naar bijna -800 cm. Vanaf 28 november steeg de vochtspanning door stevige regenbuien snel naar waarden tussen 0 en -50 cm H₂O. Vanaf 20 december schommelde de vochtspanning SP_T14 tot eind maart 2019 rond de 0 cm H₂O.

In 2019 begon het uitdrogen van het kleidek vanaf 25 maart en na 15 april ging dat zeer snel, waarbij de tensiometer SP_T14 in het kleidek van de referentie op 24 april lager kwam dan -800 cm H₂O en doorsloeg. Tot 24 juni is de tensiometer SP_T14 niet (met succes) gevuld, hoewel na 1 juni in ieder geval bij de meetlocatie met de infiltratiedrains het kleidek nat genoeg was. Op 24 juni is de tensiometer SP_T14 doorgespoeld en gevuld, waarna de vochtspanning tot 28 juni zakte tot -410 cm H₂O en daarna steeg tot -36 cm H₂O op 29 juni. Daarna droogde de toplaag weer uit en sloeg de tensiometer SP_T14 weer door op 10 juli bij een vochtspanning van -860 cm H₂O. Op 9 september 2019 is tensiometer SP_T14 opnieuw gevuld, waarna deze zakte naar -640 cm H₂O, waarna deze weer steeg en door een aantal stevige

regenbuien op 29 september in één dag steeg naar 0 cm H₂O. Daarna is voor de rest van het jaar het kleidek op 14 cm diepte volledig verzadigd gebleven met de grondwaterstand af en toe tot in maaiveld.

De vochtspanning bij tensiometer OD5_T20 op 20 cm diepte in het kleidek bij de infiltratiedrains nam net als bij de referentie vanaf 25 maart 2019 af van ca. 0 cm H₂O naar -471 cm H₂O op 21 april, waarna deze steeg naar -148 cm H₂O op 2 mei en daarna weer zakte naar -687 cm H₂O op 22 mei. Daarna steeg naar -588 cm H₂O op 30 mei. Door bevoeiing, stijging van het slootpeil en regenbuien steeg op 11 juni de vochtspanning tot verzadiging, wat zo bleef tot 24 juni, waarna een periode begon waarin de vochtspanning tot op zijn laagst -40 cm H₂O was, afwisselend met positieve vochtspanningen. Daarbij stond het slootpeil bij de infiltratiedrains tot 30 augustus bijna tot aan maaiveld, waarna het daalde tot ca. 40 cm -mv. Vanaf 29 september laat tensiometer OD5_T20 zien dat de kleilaag tot het einde van het jaar was verzadigd tot aan maaiveld.

Geconcludeerd kan worden dat het kleidek bij de referentie veel sterker uitdroogt dan bij de infiltratiedrains. Door de krimpscheuren en waarschijnlijk ook hydrofobie blijkt het kleidek bij de referentie moeilijk opnieuw te bevochtigen. In 2018 was dit pas begin december het geval en in 2019 pas eind september na een serie regenbuien. De waarnemingen bij de infiltratiedrains zijn sterk beïnvloed door het verhogen van het slootpeil gedurende de droge zomer van 2018 tot 15-40 cm -mv en het verhogen van het slootpeil tot in het maaiveld en bevoeien gedurende de zomer van 2019. Een tweede kanttekening is dat bij de referentie de tensiometer in het kleidek 6 cm ondieper was geïnstalleerd (op 14 cm -mv) dan bij de infiltratiedrains (op 20 cm -mv). Ondanks het kleine diepteverschil kan dat zo dicht aan het oppervlak en in de wortelzone zeker wel uitmaken.

3.1.2 Warten (BM)

Bij Warten zijn infiltratiedrains op 4, 6 en 8 m afstand gelegd in drie naast elkaar gelegen perceeldelen van elk 41 m breedte. De ontwerpdiepte van het slootpeil is 60 cm -mv en de bovenkant drain op 75 cm -mv. De lengte van de drains is gemiddeld ca. 340 m. Bij elk perceeldeel met drains op 4, 6 en 8 m zijn bij een middelste drain freatische peilbuizen geïnstalleerd op 50 cm van de drain en midden tussen twee drains. Deze zijn geplaatst op een dwarsraai 1 op 50 m en een dwarsraai 2 op 270 m vanaf het punt waar de drain in de sloot uitkomt. Het schaduwperceel (referentieperceel) ligt naast het perceeldeel met infiltratiedrains op 4 m, met daartussen een sloot waarvan het peil met een logger wordt gemonitord. De drains op 8 m zijn in juni 2018 dichtgemaakt om een nieuw schaduwperceel te creëren, omdat het oorspronkelijke schaduwperceel te veel afweek van de proefvakken met infiltratiedrains. De drains bleken gevoelig voor verstopping. In september 2018 werd geconstateerd dat de helft van de drains verstopt was. De reden hiervoor was dat de sloot te ondiep was en de eindbuizen (bijna) in de bagger uitkwamen. Daarna is de sloot uitgebaggerd en zijn de drains regelmatig gecontroleerd op verstoppingen en weer vrijgemaakt. Het oude schaduwperceel heeft een breedte van ca. 150 m. In het verlengde van dwarsraai 1 en 2 met de peilbuizen, zijn op 50 m van de tussensloot freatische buizen in het schaduwperceel geplaatst. Uiteindelijk hebben we toch het oorspronkelijke (oude) schaduwperceel als referentie genomen, omdat de dichtgemaakte drains om de 8 m op het nieuw gecreëerde schaduwperceel achter in het perceel in of vlak boven de onderliggende zandlaag zijn gelegd. Hierdoor beïnvloeden deze drains nog steeds de freatische grondwaterstand in het veen.

3.1.2.1 Profielbeschrijvingen bij de buizen op het OWD-perceel en het schaduwperceel

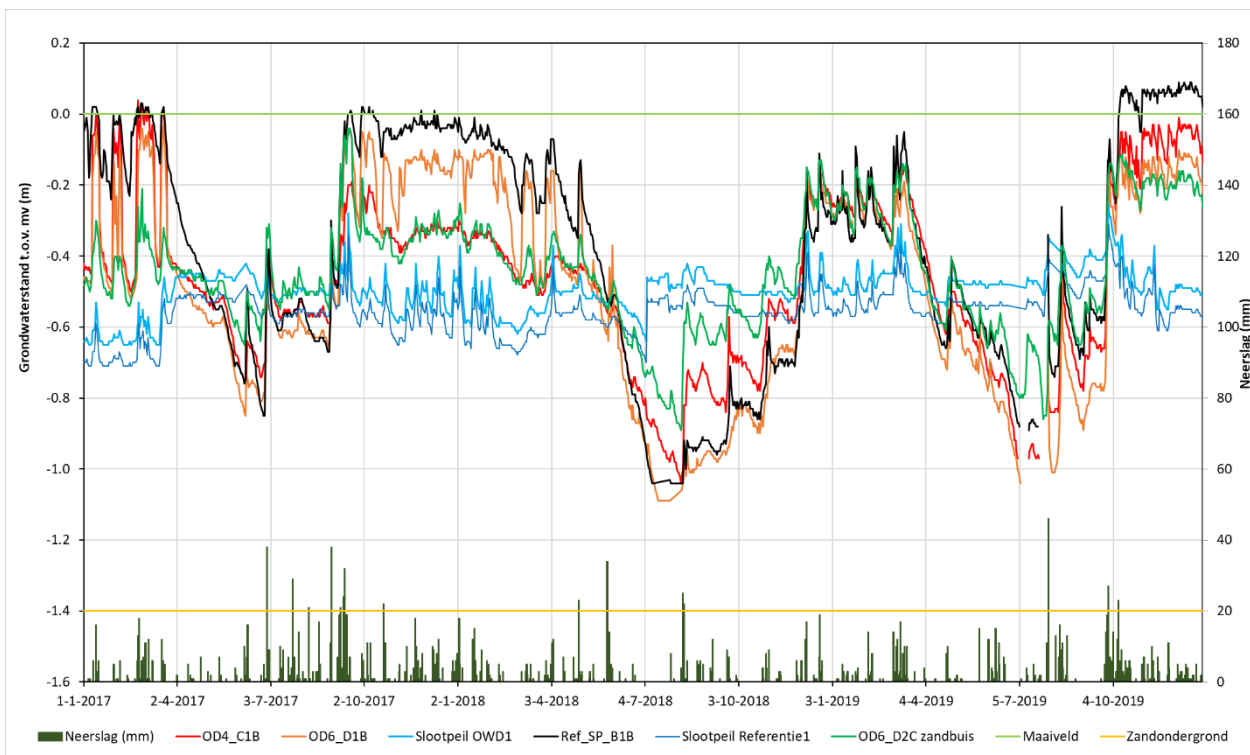
In tabel 3.2 zijn de profielbeschrijvingen gegeven bij de peilbuizen. Het veenprofiel heeft een dun kleidek van ca. 20 cm en is vrij ondiep. De zandondergrond begint op ca. 140 cm diepte bij raai 1 en op 100 cm diepte bij raai 2. Tussen de zandlaag en het veen bevindt zich vaak een gliede, maar niet overal. Op een diepte van 65 tot 90 cm bevindt zich bij de boringen in raai 2 een dunne kleilaag met een dikte van 3 tot 5 cm.

Tabel 3.2 Profielbeschrijvingen bij de peilbuizen tussen de drains en in het schaduwperceel Warten. Het raainummer komt terug in de naamgeving van de peilbuis.

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BM_OD4_C1B		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BM_OD4_C2B	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.25	Klei, zeer vast, licht humeus, grijsbruin	0.00 - 0.20	Klei, zeer vast, licht humeus, bruingrijs
0.25 - 1.30	Veen (vnl. rietveen), bruin	0.20 - 0.85	Veen, bruin
1.30 - 1.40	Gliede, zwart	0.85 - 0.90	Klei, matig slap, grijs
1.40 - 1.50	Zand, matig fijn, donkerbruin	0.90 - 1.10	Veen, bruin
		1.10 - 1.20	Gliede, zwart
		1.20 - 1.50	Zand, matig fijn, donkerbruin

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BM_OD6_D1B		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BM_OD6_D2B	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.25	Klei, zeer vast, licht humeus, bruingrijs	0.00 - 0.25	Klei, zeer vast, licht humeus, bruingrijs
0.25 - 1.45	Veen, bruin	0.25 - 0.75	Veen (riet-/broekveen), donkerbruin
1.45 - 1.55	Gliede, zwart	0.75 - 0.80	Klei, matig slap, grijs
1.55 - 1.70	Zand, matig fijn, donkerbruin	0.80 - 1.15	Veen, bruin
		1.15 - 1.18	Gliede, zwart
		1.18 - 1.50	Zand, matig fijn, lichtbruin
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BM_OD6_D2A		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BM_OD6_D2C	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.20	Klei, zeer vast, licht humeus, grijsbruin	0.00 - 0.20	Klei, zeer vast, licht humeus, grijsbruin
0.20 - 0.65	Veen (rietveen), hout resten, donkerbruin	0.20 - 0.65	Veen (rietveen), houtresten, donkerbruin
0.65 - 0.68	Klei, matig slap, grijs	0.65 - 0.68	Klei, matig slap, grijs
0.68 - 1.00	Veen, donker bruin	0.68 - 1.00	Veen, donker bruin
1.00 - 1.10	Zand, matig fijn, matig weinig, donkerbruin	1.00 - 1.10	Zand, matig fijn, matig weinig, donkerbruin
1.10 - 1.30	Zand, matig fijn, donkerbruin	1.10 - 1.30	Zand, matig fijn, donkerbruin
1.30 - 1.50	Zand, matig fijn, lichtgrijs	1.30 - 1.50	Zand, matig fijn, lichtgrijs
		1.50 - 2.00	Zand, matig fijn, beige

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BM_SP_B1B		PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BM_SP_B2B	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.25	Klei, vast, licht humeus, bruingrijs	0.00 - 0.25	Klei, vast, licht humeus, bruingrijs
0.25 - 1.25	Veen, donkerbruin	0.25 - 0.77	Veen (rietveen), donkerbruin
1.25 - 1.30	Gliede, zwart	0.77 - 0.80	Klei, matig slap, grijs
1.30 - 1.35	Veen, donkerbruin	0.80 - 1.25	Veen, bruin
1.35 - 1.43	Gliede, zwart	1.25 - 1.30	Gliede, zwart
1.43 - 1.70	Zand, matig fijn, donkerbruin	1.30 - 1.50	Zand, matig fijn, donkerbruin



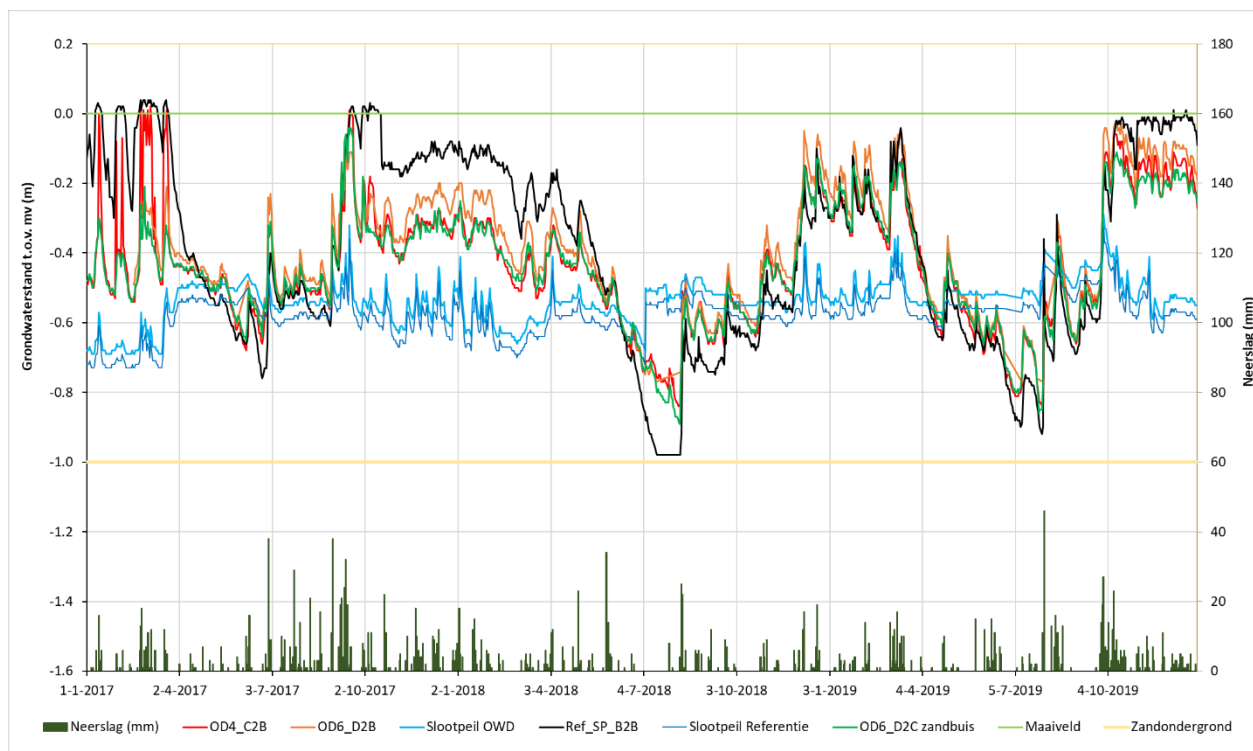
Figuur 3.8 Grondwaterstanden in de dwarsraai 1 op 50 m van het in- en uitstroompunt van de drains in het midden tussen de drains op 4 m en 6 m (OD4 en OD6) en in het referentieperceel op 50 m van de sloot (Ref_SP) en slootpeilen ten opzichte van het maaiveld. Het slootpeil is van de tussensloot, die verbonden is met de dwarsloot waarop de drains uitkomen, maar het referentieperceel ligt 6 cm hoger dan het drainperceel bij OD6 en heeft daardoor een grotere drooglegging. De zandondergrond ligt op een diepte van 140 cm, overeenkomende met de diepte bij OD4 in raai 1. In raai 2 staat bij OD6 een peilbuis met een filter in de zandlaag op een diepte van 150-190 cm -mv.

3.1.2.2 Grondwaterstanden OWD-perceel en het schaduwperceel

Uit figuur 3.8 blijkt dat in de zomer van 2017 de freatische grondwaterstand in raai 1 op 50 m van de in- en uitstroompunt van de drains in het midden tussen de drains op 4 m maximaal ca. 16 cm onder het streefslootpeil van 60 cm -mv uitzakt. Bij de drains op 6 m en bij de referentie is dit 25 cm lager dan het streefslootpeil van 60 cm -mv. In de winters van 2018 en 2019 blijken de drains de freatische grondwaterstanden 10 tot 30 cm lager te trekken dan bij de referentie. De drains op 4 m afstand doen het daarbij sterker dan de drains op 6 m. In de droge zomer van 2018 zakt bij het referentieperceel en bij de drains op 6 m de freatische grondwaterstand tot onder het filter uit. De drains op 4 m voorkomen deze grote uitzakking, maar ondanks een slootpeilverhoging tot bijna 50 cm -mv wordt een diepste grondwaterstand bereikt van 104 cm -mv bij de drains op 4 m afstand. In 2019 missen er in de zomer veel data en kunnen verschillen niet worden geconstateerd. Het droogvallen van buizen lijkt ook de drukopnemers en daardoor de metingen te beïnvloeden, want in de winter van 2019/2020 liggen bij de referentie de gemeten grondwaterstanden ca. 7 cm boven het maaiveld. In figuur 3.8 is ook de zandbuis OD6_D2C opgenomen die niet in raai 1, maar 220 m verderop in raai 2 is geplaatst. In de natte perioden met hoge grondwaterstanden komt het peil in de zandbuis nagenoeg overeen met de freatische grondwaterstand midden tussen de drains op 4 m (OD4_C1B). In droge perioden, zoals in de zomer van 2018, zakt de freatische grondwaterstand ca. 15 cm onder het peil in de zandbuis. Dit zou betekenen dat er een zekere kweldruk vanuit de zandlaag naar de veenlaag wordt uitgeoefend. Omdat in raai 2 de zandondergrond hoger ligt dan bij raai 1 en her en der de gliedelaag in de boringen bij raai 2 ontbreekt, zal de kweldruk in raai 2 waarschijnlijk tot meer kwelflux leiden dan in raai 1. Hier wordt bij de beschouwing van de grondwaterstanden in raai 2 op teruggekomen (figuur 3.9).

De drains op 4 m blijken in raai 1 wat betreft drainage goed te werken en zullen de draagkracht waarschijnlijk substantieel verhogen en bij een nat voorjaar zal men eerder op het land kunnen. Wat dit betreft, functioneren de drains op 6 m duidelijk minder goed. In 2017 werd de infiltratiecapaciteit van de drains niet echt getest, want ook bij de referentie zakte de grondwaterstand niet echt diep. De drains op 4 m

deden het wel duidelijk beter dan de drains op 6 m. In het droge jaar 2018 bleek de infiltratie via de drains op 4 m de uitzakking van de grondwaterstand sterk te reduceren, maar toch nog veel te weinig, want de grondwaterstand zakte meer dan 40 cm onder het streefslootpeil van 60 cm -mv. De drains op 6 m deden het duidelijk slechter dan de drains op 4 m. 2019 lijkt hetzelfde beeld te laten zien, maar vooral de meting bij de referentie lijkt onbetrouwbaar (te hoog).



Figuur 3.9 Grondwaterstanden in de dwarsraai 2 op 270 m van het in- en uitstroompunt van de drains in het midden tussen de drains op 4 m en 6 m (OD4 en OD6) en het referentieperceel op 50 m van de sloot (Ref_SP) en slootpeilen ten opzichte van het maaiveld. Het slootpeil is van de tussensloot, maar het referentieperceel ligt 4 cm hoger dan het drainperceel bij OD4. De zandondergrond ligt op een diepte van 100 cm, overeenkomend met de diepte bij OD6. Bij OD6 staat ook een peilbuis met een filter in de zandlaag op een diepte van 150-190 cm -mv.

Uit figuur 3.9 blijkt dat in de zomer van 2017 de freatische grondwaterstand bij de perceeldelen met drains op 4 m en op 6 m maximaal ca. 5 cm onder het streefslootpeil van 60 cm -mv uitzakt. Bij de referentie is de uitzakking van de freatische grondwaterstand maximaal 16 cm lager dan het streefslootpeil van 60 cm. De grondwaterstanden blijven in raai 2 daarmee ca. 20 cm hoger dan in raai 1. In de winters van 2018 en 2019 blijken de drains de freatische grondwaterstanden 10 tot 20 cm lager te trekken dan bij de referentie. De drains op 4 m afstand doen dit sterker dan de drains op 6 m. In de droge zomer van 2018 zakt bij het referentieperceel de freatische grondwaterstand tot onder het filter uit en zakt tot in de zandlaag. De drains op 4 en 6 m voorkomen een grote uitzakking, maar ondanks een slootpeilverhoging tot bijna 50 cm -mv wordt een diepste grondwaterstand bereikt van 84 cm -mv bij de drains op 4 m afstand. Of dit bij de drains op 6 m afstand nog iets dieper wegzakt, is niet goed duidelijk vanwege hiaten die in de data zitten, omdat de grondwaterstand onder de filterdiepte van de buis OD6_D2B kwam. Bij de drains op 4 m zakt de grondwaterstand in 2019 ongeveer net zo diep uit als in 2018. Ook in 2019 zakt de grondwaterstand bij de drains op 6 m onder het filter. De uitzakking is bij de referentie in 2019 duidelijk minder dan in 2018 en ligt op maximaal 92 cm -mv. De peilbuis OD6_D2C met het filter in het zand in raai 2 loopt vrijwel synchroon met de freatische buis OD6_D2B midden tussen de drains op 6 m. In natte perioden is het peil in de zandbuis ongeveer 8 cm lager dan in de freatische buis OD6_D2B. Dit duidt erop dat er dan wegzijging plaatsvindt. De snelle reactie van de zandbuis op de freatische grondwaterstand in het veen erboven duidt erop dat de overgang van veen naar zand weinig weerstand biedt. Dit zal ook komen omdat de gliedelaag, die in verschillende boringen wordt gevonden, juist niet in de boringen bij OD6_D2B en OD6_D2c wordt

waargenomen. De freatische grondwaterstand OD4_C2B midden tussen de drains op 4 m is nagenoeg hetzelfde als het peil in de zandbuis OD6_D2C. Alleen in de droge zomer van 2018 zakt het grondwaterpeil in de zandbuis ca. 5 cm dieper uit. De zandbuis reageert ook sterk op veranderingen in het slootpeil en op neerslag. De reactie op het slootpeil kan via de slootbodem, die plaatselijk tot in de zandondergrond reikt en via de drains die in ieder geval bij OD6 in raai 2 slechts ca. 15 cm boven de zandlaag ligt. Het lijkt erop dat het veenpakket verder van het in- en uitstroompunt van de drains steeds dunner wordt, zodat de drain die na raai 2 nog ca. 70 m doorloopt tot in het zand komt.

Bij een vergelijking van de grondwaterstanden in raai 1 en raai 2 valt op dat de drains bij raai 2 de grondwaterstanden veel meer naar het slootpeil trekken dan bij raai 1. Redenen hiervoor kunnen zijn dat de infiltratie vanuit de sloot wordt bemoeilijkt door verstopping van de drains doordat de bagger in de sloot tot aan de eindbuis staat. Zoals aangegeven in de vorige paragraaf, worden bij het perceel met drains de freatische grondwaterstanden in raai 2 in sterke mate bepaald door de grondwaterpotentiaal in de zandlaag en het feit dat de drains op het einde van het perceel waarschijnlijk in of bijna in die zandlaag liggen. Bovendien zal de sloot op het einde van het perceel tot in de zandlaag steken en daar infiltreren of draineren.

Bij het vooronderzoek van de percelen werd met de boorgatenmethode een mediane doorlatendheid van 3,2 cm/dag gemeten. Deze doorlatendheid kan worden geclassificeerd als 'gering'. De gemeten lage doorlatendheid staat in tegenstelling tot de inschatting in het vooronderzoek van Aquator (van Berkum, 2016), waar een goede doorlatendheid werd ingeschat. De aanwezigheid van rietveen duidt ook op een hogere doorlatendheid dan gemeten. Mogelijk is er een groot verschil tussen de verticale en de horizontale doorlatendheid. De boorgatenmethode meet vooral de horizontale doorlatendheid. Deze is vooral maatgevend voor het functioneren van de infiltratiedrains. Berekend werd dat bij een holle grondwaterspiegel van 30 cm onder het slootpeil bij een drainafstand van 6 m de infiltratie ca. 1,5 mm per etmaal en bij een drainafstand van 4 m de infiltratie ca. 2,5 mm bedraagt. De infiltratie die nodig is om de gewasverdamping te compenseren, kan worden gesteld op 3-5 mm per etmaal. Dat de grondwaterstanden in het droge jaar 2018 meer dan 30 cm onder het slootpeil uitkwamen, is dan ook te verwachten. De diepste grondwaterstanden in de zomers van 2018 en 2019 kwamen daardoor ook bij de percelen met OWD onder de 80 cm -mv uit. Hoewel in de droge zomerperiodes de grondwaterstand door de OWD substantieel wordt verhoogd ten opzichte van het referentieperceel, blijft dit onvoldoende om de veenoxidatie voldoende te beperken en dus om van een effectieve maatregel te spreken.

Geconcludeerd kan worden dat bij deze geringe (horizontale) doorlatendheid de drainafstand moet worden beperkt tot 4 m of zelfs nog minder en dat het slootpeil zal moeten worden verhoogd tot ca. 30 cm -mv en in droge zomers zelfs nog hoger om effectief te kunnen zijn. Ook zal de sloot waarop de drains uitkomen moeten worden verdiept en verbreed en regelmatig uitgebaggerd en zullen regelmatig de drains en grondwaterstanden moeten worden gecontroleerd. Het dichtslibben van de drains kan deels worden voorkomen door het aan de eindbuis aanbrengen van een T-stuk met ca. 50 cm links en rechts (pers. med. Klaas Kooistra).

3.1.3 Kou-B, Koufurderrige (BR)

Bij Kou-B zijn drukinfiltratiedrains aangelegd. Het perceel was al voorzien van drains op 15 m afstand, die op de goede diepte van ca. 75 cm -mv lagen. De lengte van de drains is ca. 100 m. Het slootpeil zou verhoogd worden tot 60 cm -mv, maar omdat het een grenssloot was, is dit niet doorgegaan en is het slootpeil niet aangepast, maar werd overgestapt op drukinfiltratiedrains. In een aantal blokken (F, E en D) zijn tussen de oude drains nieuwe drains aangebracht, waardoor de drainafstanden lagen op respectievelijk 3,75 m (blok F), 5 meter (blok E) en 7,5 m (blok D) en een blok zonder tussendrains en dus drainafstand 15 m (blok C). De oude en nieuwe drains van de blokken F, E, D en C zijn met een verzamelbuis verbonden met een verzamelton, waar water kan worden uitgelaten of ingepompt. De oude drains zijn afgekoppeld van de sloot door de eindbuis te verwijderen en de drain te blokkeren, deze oude drains zijn daarna aangesloten op de collectorbuis van de drukdrainage. In blok B zijn de oude drains op 15 m gehandhaafd. Dit blok B wordt beschouwd als het referentieblok (schaduwperceel). Tot slot is een blok A gecreëerd waar de aanwezige dunne schalterlaag bovenin onder de kleilaag is gescheurd met een graszodewoeler en waar infiltratiedrains op 6 m afstand zijn aangelegd. De aandacht voor de metingen is vooral uitgegaan naar de drukinfiltratiedrains op 5 m in blok E. Deze zijn vergeleken met het referentieblok B.

Het inpompen gebeurde met een pomp op zonnestroom. De hoeveelheid door de zonnecellen geleverde stroom en de capaciteit van de accu's was geregeld te weinig, zodat de infiltratie niet optimaal was. Bij de oude drains bleek de grond verticale scheuren te hebben, waardoor bij een hoge waterstand in de verzamelton gemakkelijk natte plekken boven de strook met de oude drains ontstonden. Ook trad bij de oude drains een zekere lekkage naar de sloot op, waarschijnlijk via het scheurennetwerk in de grond nabij de drains. Dit scheurennetwerk bij de oude drains ontstaat in jaren met langdurige droogte en is deels permanent.

3.1.3.1 Profielbeschrijvingen bij de buizen op het OWD-perceel en het schaduwperceel

In tabel 3.3 zijn de profielbeschrijvingen gegeven bij de peilbuizen in het blok met de infiltratiedrains op 5 m en in de referentie, waar de oude drains om de 15 m liggen. Bij de referentie is het veenpakket wat dieper dan bij het blok met drains om de 5 m. Uit de BCS (Bodem Conditie Score) beoordeling van J. van Berkum (Aequator Groen & Ruimte) volgt: In het proefperceel is de 30 cm dikke bovengrond van humeuze klei en veen vrij rul, daaronder zitten weinig wortels. Het voorkomen van een schalterlaag tot 55/60 cm is horizontaal gezien wisselend met daartussen los, veraard veen op korte afstand en daarmee variëren de bewortelbaarheid en de porositeit, dus ook de doorlatendheid. Vanaf 55 cm tot ca 100 cm platerig bruin veenmosveen met daaronder een 10 cm dikke gliede met daaronder lemig fijn zand. De doorlatendheid is matig tot redelijk. Het betreft een wegziggebied.

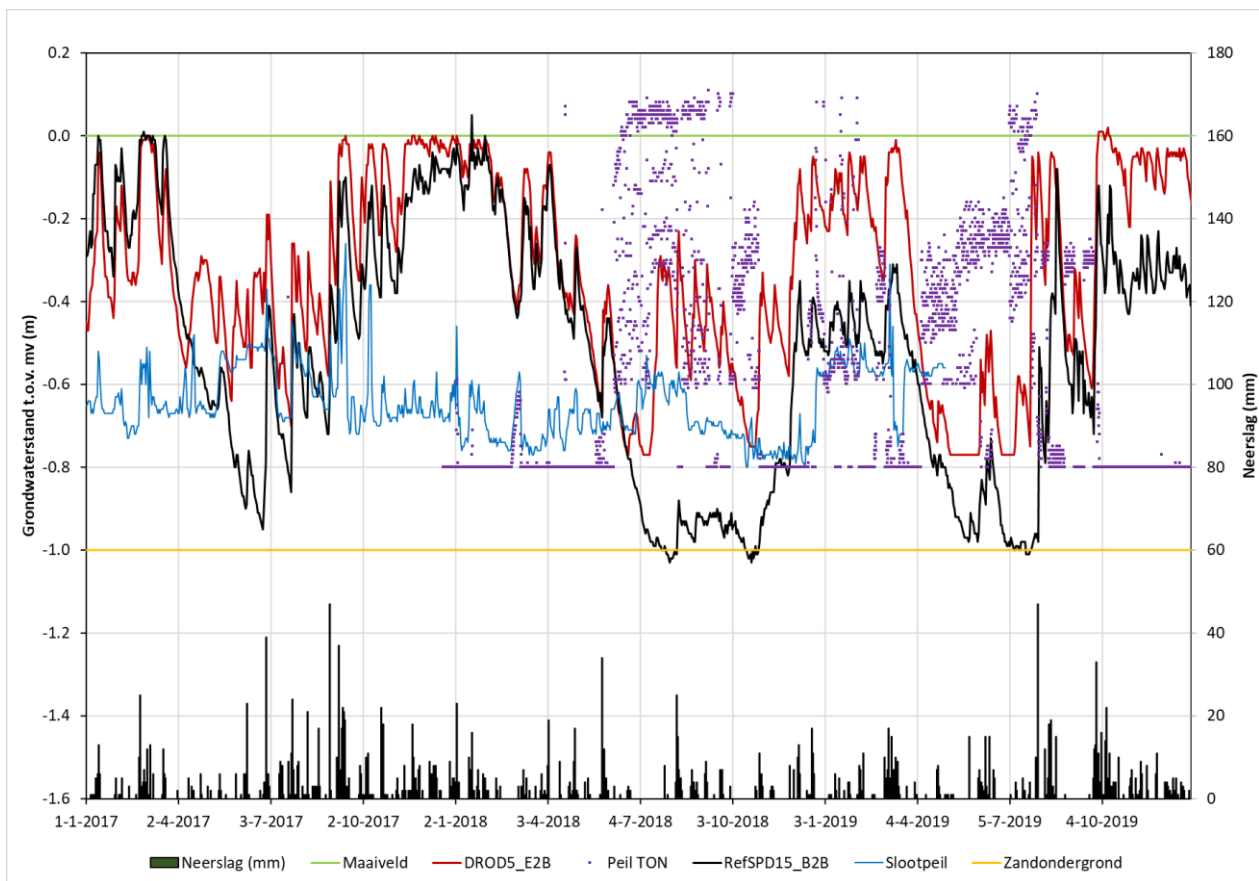
Tabel 3.3 Profielbeschrijvingen bij de peilbuizen tussen de drains op 5 m en in het schaduwperceel Kou-B, Koufurderrige. Het raainummer komt terug in de naamgeving van de peilbuis.

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BR_DROD5_E1B				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BR_DROD5_E2B			
Diepte		Omschrijving		Diepte		Omschrijving	
(in m-mv)				(in m-mv)			
0.00	- 0.25	Klei, matig humeus, lichtbruin		0.00	- 0.20	Klei, matig humeus, bruingrijs	
0.25	- 0.50	Veen, kleilig, donkerbruin		0.20	- 0.50	Veen (schalter), donkerbruin	
0.50	- 1.00	Veen (veenmosveen), donkerbruin		0.50	- 1.00	Veen (veenmosveen), donkerbruin	
1.00	- 1.20	Zand, matig fijn, lichtbruin		1.00	- 1.20	Zand, matig fijn, lichtbruin	

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BR_SPD15_B1B				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis BR_SPD15_B2B			
Diepte			Omschrijving	Diepte			Omschrijving
(in m-mv)				(in m-mv)			
0.00	-	0.30	Klei, matig humeus, bruin	0.00	-	0.20	Klei, licht humeus, grijsbruin
0.30	-	0.60	Veen (riet-/veenmosveen)(schalter), half veraard, bruin	0.20	-	0.40	Veen (schalter), donkerbruin
0.60	-	1.40	Veen (riet-/veenmosveen), donkerbruin	0.40	-	1.15	Veen (veenmosveen), donkerbruin
1.40	-	1.60	Zand, matig fijn, lichtbruin	1.15	-	1.25	Zand, matig fijn, lichtbruin

3.1.3.2 Grondwaterstanden bij drukinfiltratiedrains, infiltratiedrains en de referentie

Uit figuur 3.10 blijkt dat de zomer van 2017 redelijk nat is, maar toch zakt in de referentie de grondwaterstand tot onder de 90 cm diepte uit in raai 2 op ca. 85 m van de sloot.



Figuur 3.10 Grondwaterstanden t.o.v. mv op ca. 85 vanaf de sloot en ca. 75 m vanaf het in- en uitstroompunt van de verzameldrain in het midden de tussen drukinfiltratiedrains op 5 m (DROD5_E2B) en drains op 15 m bij de referentie (RefSPD15_B2B). Slooppeil en drukhoogte TON ten opzichte van het maaiveld. De zandondergrond ligt op een diepte van 100 cm, overeenkomende met de diepte bij DROD5.

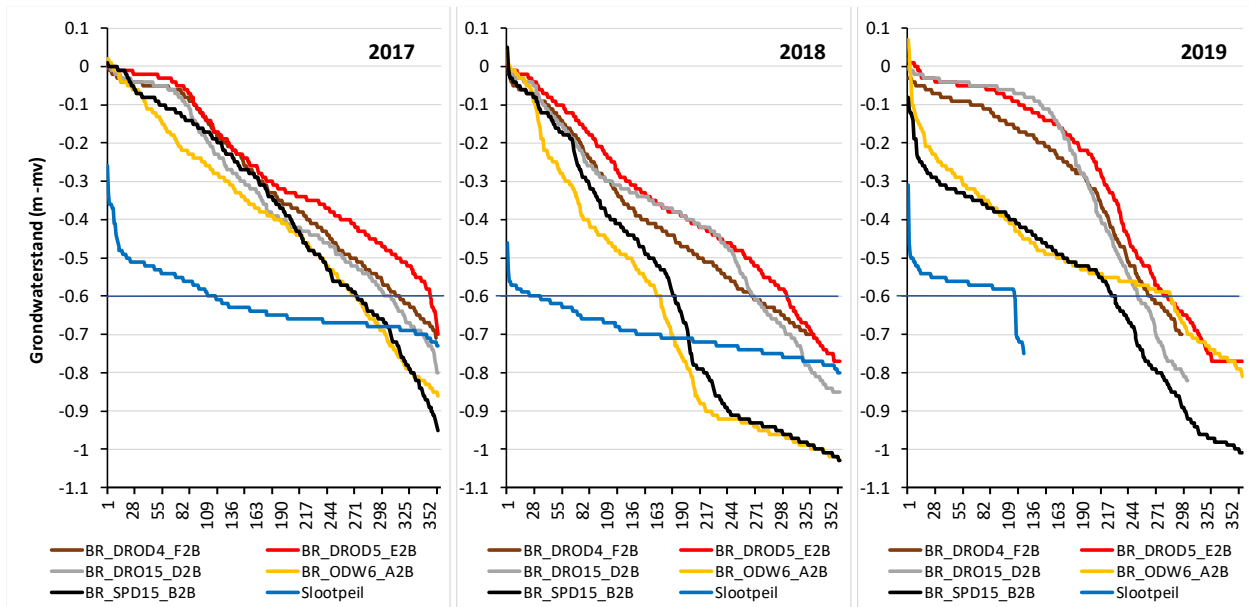
De grondwaterstand in het blok met de drukinfiltratiedrains op 5 meter (DROD5) komt slechts een enkele keer onder het streefpeil van 60 cm -mv, waaruit blijkt dat in een redelijk nat jaar de grondwaterstand met infiltratie via drukinfiltratiedrains goed werkt.

In het droge jaar 2018 zakt de grondwaterstand in de referentie meer dan vier maanden onder de 90 cm -mv en een enkele keer zelfs onder de 100 cm -mv. Het blijkt dat in dit droge jaar de infiltratie via drukinfiltratiedrains op 5 m (DROD5) niet voldoende is om de grondwaterstand in de zomer boven de streefgrondwaterstand van 60 cm -mv te houden en deze zakt in de zomerperiode halverwege tussen de drains tweemaal tot bijna 80 cm -mv. In 2018 is ook het peil in het voorraadvat geregistreerd (peil TON). Het TON-peil wordt elke 4 uur gemeten. Begin juni 2018 begon een lange droge periode, waardoor de grondwaterstand in de referentie en de blokken met infiltratiedrains snel zakten. Door het waterpeil in de TON steeds hoger in te stellen, wist men deze trend in juni te beperken tot ca 75 cm -mv en half juli te keren en de grondwaterstand weer te laten stijgen boven de 60 cm -mv. Het bleek dat het peil in de TON daarvoor tot 10 cm boven maaiveld moest worden opgezet om de grondwaterstand tussen de drukinfiltratiedrains boven de 60 cm -mv te krijgen. In de nacht raakte steeds de accu leeg, waardoor er geen water uit de sloot in de TON kon worden gepompt, waarna het peil in de TON uitzakte tot ongeveer de eerder bereikte grondwaterstand (ergens tussen de 40 en 60 cm -mv). Ook ontstonden er vooral boven de oude drains plassen op het maaiveld en via oude scheuren lekverlies en dus ook drukverlies in het infiltratiedrainstelsel. Het water lekte ook over het maaiveld en door scheuren naar de sloot. Ondanks deze drukverliezen in de nacht en door lekkage kon toch de grondwaterstand tot oktober 2018 boven de 60 cm -mv worden gehandhaafd. In perioden dat de grondwaterstand in de blokken met drukinfiltratiedrains boven de 60 cm -mv is gelegen, kan het systeem draineren naar de sloot. Daarbij kan het TON-peil zo laag worden dat de druksensor droogvalt bij ca. 80 cm -mv. Begin oktober 2018 is in een droge periode het waterpeil in de TON tot 20-40 cm -mv ingesteld. Dit bleek voor de infiltratie niet voldoende en de grondwaterstand zakte tussen de drains tot ca. 75 cm -mv. Naast de droogte was ook het slootpeil dieper dan de oorspronkelijk bedoelde

60 cm -mv een probleem. Tot juli 2018 stond het slootpeil op ca. 70 cm -mv. Begin juli werd dat omhoog gebracht naar ca. 60 cm -mv, waarna het gedurende de droogteperiode tot in november langzaam zakte tot bijna 80 cm -mv. Uit ervaringen met infiltratiedrains in Zegveld weten we dat bij een slootpeil lager dan het streefpeil van de grondwaterstand veel water 'weglekt' naar de sloot. Het slootpeil moet daarom altijd gelijk of liefst hoger staan dan het streefpeil voor de grondwaterstand.

In 2019 is tot begin februari de TON af en toe gevuld waarna het TON-peil daarna dagen uitzakte tot ca. 60 cm -mv. In februari is er twee weken en in maart tot begin april voornamelijk gedraineerd met het systeem. De grondwaterstanden in het drukinfiltratieblok bleef lang hoog, ca. 10-20 cm -mv. De grondwaterstanden in de referentie bleven in die periode tussen de ca. 40-50 cm -mv. Daarbij moet worden bedacht dat de referentie drains heeft met drainafstanden van 15 m. Het slootpeil was daarbij ca. 55 cm -mv. Gedurende de regenperiode die tot half maart duurde werd het slootpeil verlaagd tot ca. 70 cm -mv. Het draineren duurde tot begin april, daarbij geholpen door een hoge gewasverdamping in een droge periode. Op 1 april werd het TON-peil op ca. 30-40 cm -mv gezet, echter door de droogte en grote gewasverdamping in het voorjaar zakte ondanks de infiltratie de grondwaterstand bij BROD5 uit tot dieper dan 77 cm -mv (de peilbuis viel droog). Bij de referentie zakte de grondwaterstand 100 cm -mv. Op 2 mei viel de registratie van het slootpeil uit. Dat zou kunnen, omdat het slootpeil werd verhoogd tot ca. 30-40 cm -mv (pers. med. Niek Bosma). Pas tijdens een regenperiode tweede helft juni steeg de grondwaterstand van DROD5 boven de 60 cm -mv. Daarna volgde een tweede droge periode waarin de grondwaterstand in DROD5 weer uitzakte tot onder de 77 cm -mv. Door begin juni het TON-peil op te zetten tot ca. 10 cm boven maaiveld kon de grondwaterstand weer boven de 60 cm -mv worden gebracht. Begin augustus eindigde een regenperiode met onder andere een bui van 47 mm de droge periode en de lage grondwaterstanden, ook in de referentie. Een vijf weken durende droge periode beginnende op 21 augustus zorgde ervoor dat de grondwaterstanden weer tot ca. 60 cm -mv uitzakten. Daarna volgde – na veel regen – een periode tot het einde van het jaar met hoge grondwaterstanden. Opvallend is dat net als in de winter van 2018/2019 de grondwaterstanden bij DROD5 veel hoger waren dan bij de referentie. Het peil in de TON stond ook geregeld boven maaiveld. Mogelijk zijn de grondwaterstanden in DROD5 in beide gevallen zo hoog gehouden om muizenplagen te onderdrukken.

In figuur 3.11 zijn grondwaterstandverdeling en slootpeil t.o.v. mv in 2017, 2018 en 2019 op ca. 85 m vanaf de sloot bij de referentie (SPD15_B2B) en midden tussen de drainafstanden van 4, 5 en 7,5 m van de drukinfiltratiedrains (DROD4_F2B, DROD5_E2B, DRO15_D2B) en de infiltratiedrains op 6 m (ODW6_A2B) gepresenteerd. De streefwaarde van het slootpeil en de grondwaterstand is 0,6 m -mv. In 2019 was de registratie van het slootpeil niet volledig, omdat de logger tijdelijk niet was aangezet (zie ook figuur 3.10). In 2017 blijken de drukinfiltratiedrains op 5 m (DROD5) goed te werken: slechts 10 dagen komt de grondwaterstand onder de streefgrondwaterstand van 60 cm -mv en in die 10 dagen komt de grondwaterstand niet onder de 70 cm -mv. De infiltratiedrains op 6 m (ODW6) doen het niet veel beter dan de referentie (SPD15) met oude drains op 15 m: ongeveer 90 dagen zakt de grondwaterstand onder de 60 cm -mv en komt daarbij tot 86 cm -mv (ODW6) respectievelijk 95 cm -mv (SPD15). Opvallend is dat de drukinfiltratiedrains op 4 m (DROD4) het slechter doen dan de drains op 5 m (DROD5), gelijk aan de drains op 7,5 m (DRO15). Wel blijft bij DROD4 de grondwaterstand nog boven de 70 cm -mv. In het droge jaar 2018 laten de passieve infiltratiedrains en de actieve drukinfiltratiedrains ongeveer hetzelfde beeld zien, alleen zijn er veel meer dagen dat de grondwaterstand onder de 60 cm -mv komt (ca. 60 dagen bij DROD4) en zakken de grondwaterstanden ca. 10 cm dieper uit dan in 2017. Nadelig voor de WIS is dat het slootpeil voor het grootste deel van 2018 onder 60 cm -mv staat en zelfs uitzakt tot bijna 80 cm -mv. In het droge jaar 2019 functioneren ineens de passieve infiltratiedrains op 6 m (ODW6) veel beter dan in eerdere jaren en komen bijna overeen met het effect van de drukinfiltratiedrains op 5 m (DROD5). Dit is waarschijnlijk het gevolg van het opzetten van het slootpeil tot 30-40 cm -mv, dat noodzakelijk was in verband met bevloeien in de buurt. Het hogere slootpeil heeft waarschijnlijk ook tot gevolg dat in die periode de grondwaterstanden in alle gevallen hoger zijn. De drukinfiltratiedrains laten wat betreft het aantal dagen dat de grondwaterstand onder de 60 cm -mv zakt een iets gunstiger beeld zien dan in 2018. Echter, doordat het TON-peil in de droge periode te laag en te laat is opgezet (zie figuur 3.10), zijn de grondwaterstanden veel dieper uitgezakt dan in 2018.



Figuur 3.11 Grondwaterstandverdeling en slootpeil t.o.v. mv in 2017, 2018 en 2019 op ca. 85 m vanaf de sloot bij de referentie (SPD15_B2B) en midden tussen de drainafstanden van 4, 5 en 7,5 m van de drukinfiltratiedrains (DROD4_F2B, DROD5_E2B, DRO15_D2B) en de infiltratiedrains op 6 m (ODW6_A2B). De streefwaarde van het slootpeil en de grondwaterstand is 0,6 m -mv.

In de BCS (Bodem Conditie Score) werd de doorlatendheid gekenschetst als matig tot redelijk. Met de boorgatenmethode zijn horizontale doorlatendheden van ca. 10 cm/dag gemeten (zowel als gemiddelde als mediaan), wat duidt op een matige doorlatendheid. Bij een dergelijke doorlatendheid en infiltratiedrains op 6 m en een benodigde infiltratiecapaciteit van 3 mm/dag, zou het slootpeil 40 cm -mv moeten zijn om in de zomer te voorkomen dat de grondwaterstand onder de 60 cm -mv zakt.

Geconcludeerd kan worden dat de drukinfiltratiedrains en infiltratiedrains op 6 m wel duidelijk de grondwaterstanden kunnen verhogen, maar niet voldoende hebben gefunctioneerd. Opvallend was daarbij dat de drukinfiltratiedrains op 5 m (DROD5) daarbij beter functioneerden dan de drukinfiltratiedrains op 4 m (DROD4). Problemen die optraden, waren dat vaak het peil in de TON te laag en niet hoog genoeg werd ingesteld en bovendien de energievoorziening niet voldoende was om het peil in de TON net onder het maaiveld te handhaven. Deze energievoorziening bestaat uit zonnecellen op een accu, die vooral in de nacht niet voldoende capaciteit had. Daarnaast had de combinatie van oude en nieuwe drains tot gevolg dat boven de oude drains via bestaande krimpseuren water tot op het maaiveld en naar de sloot stroomde. Het is ook plausibel dat het maaiveld boven de oude drains, die vroeger alleen draineerden, lager ligt dan het maaiveld tussen de oude drains. Een probleem is ook geweest dat het slootpeil vaak lager is geweest dan het streefpeil van 60 cm -mv. Anderzijds is in 2019 in juni het slootpeil tot 30-40 cm -mv opgezet, wat gunstig uitwerkte op het functioneren van het systeem. Met name de infiltratiedrains op 6 m (ODW6) bleken pas goed te werken als het slootpeil hoog werd opgezet.

De problemen met de energievoorziening en de (te) lage slootpeilen en TON-peil zijn goed oplosbaar. Daarom kan in tweede instantie worden geconcludeerd dat zeer waarschijnlijk in ieder geval de drukinfiltratiedrains op 5 m (DROD5) het streefgrondwaterpeil van 60 cm -mv goed zouden hebben kunnen handhaven indien het systeem goed zou hebben gefunctioneerd.

3.1.4 Vegelinsoord (LN)

Bij Vegelinsoord zijn passieve Water Infiltratie Systemen (WIS, onderwaterdrains) aangelegd. Als referentiedeel (schaduwperceel) is een deel van een perceel met drains om de 11 tot 12 m genomen (vak A) waarbij de bovenkant van deze oude drains op -1,90/-2,00 m NAP ligt, wat ongeveer overeenkomt met 0,7 m -mv. De drooglegging van vak A is ca. 1,10 m. Op het naastliggende vak B liggen ook oude drains op ca. 12 m onderliggende afstand, waartussen twee nieuwe drains zijn aangelegd, zodat de onderliggende afstand ca. 4 m is geworden. Met een stuw is het slootpeil opgezet tot -1,70 m NAP, wat overeenkomt met de streefdrooglegging van 0,6 m -mv. De hoogte van de nieuwe drains bovenkant buis is -1,85 m NAP, zodat de drains ca. 15 cm onder het slootpeil liggen. In een derde vak C naast vak B zijn tussen oude drains op 15 m onderlinge afstand twee nieuwe drains gelegd, zodat daar de drains om de 5 m liggen. Diepte van het slootpeil en de drains zijn hetzelfde als bij vak B.

3.1.4.1 Profielbeschrijvingen bij de buizen op WIS-vakken en het referentievak

In tabel 3.4 zijn de profielbeschrijvingen gegeven bij de peilbuizen in het blok met de infiltratiedrains op 4 en 5 m en in de referentie, waar de oude drains om de 11 tot 12 m liggen. Bij de referentie is het veenpakket dieper dan bij de vakken B en C met drains om de 4 en 5 m.

Uit de BCS (Bodem Conditie Score) beoordeling volgt: De bovengrond van 25 cm dik bestaat uit sterk gemengde moerige brokjes en kleibrokken tot een humusrijke/venige bovengrond. Daaronder veraard rietzeggeveen (rc), tot 40 cm redelijk beworteld (en grote wormgangen), daaronder iets beworteld tot 70 cm. In het rietzeggeveen zijn verticale rietstengels zichtbaar: goed doorlatend veen. Vanaf 75 cm bruin rc van gevarieerd samenstelling, wel goed doorlatend. Maar veen heeft ook weinig ruimte voor meer water. Het betreft een wegzijggebied.

Met de boorgatenmethode zijn horizontale doorlatendheden van mediaan 2 cm/dag gemiddeld en 3 cm/dag gemeten, wat duidt op een veel slechtere doorlatendheid dan ingeschat bij de BCS. Daarbij moet worden bedacht dat de boorgatenmethode vooral de horizontale doorlatendheid meet en bij de BCS meer de infiltratiemogelijkheid, dus de verticale doorlatendheid, een rol speelt. Bij een dergelijke lage horizontale doorlatendheid en infiltratiedrains op 4 m wordt de benodigde infiltratie van 3 mm/dag zelfs niet bij een drukverschil van 30 cm tussen slootpeil en grondwaterstand gehaald.

Tabel 3.4 Profielbeschrijvingen bij de peilbuizen tussen de drains op 4 en 5 m en in het referentieperceel Vegelinsoord. Het raainummer komt terug in de naamgeving van de peilbuis.

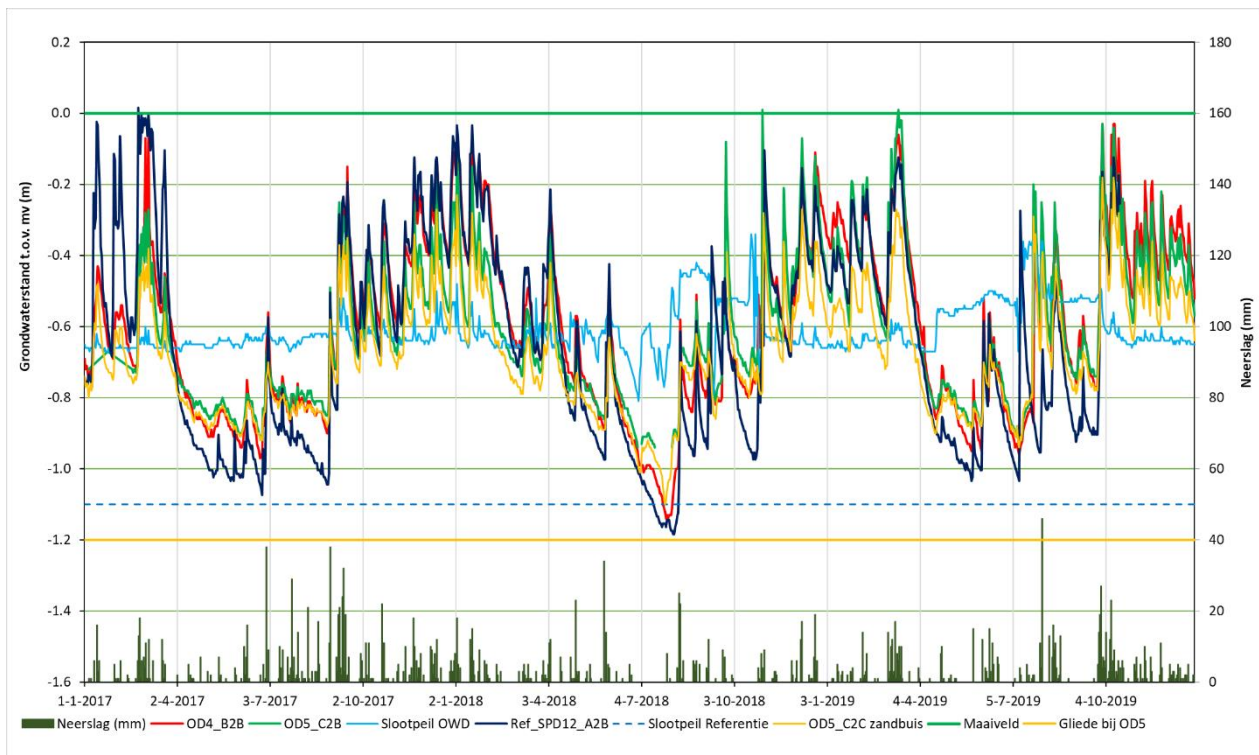
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD4_B1A				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD4_B1B			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.40	Klei, vast, matig humeus, grijsbruin	0.00	-	0.30	Klei, vast, matig humeus, grijsbruin
0.40	-	0.70	Veen, licht veraard, zwart	0.30	-	0.70	Veen, licht veraard, zwart
0.70	-	1.20	Veen (rietveen), donkerbruin	0.70	-	1.20	Veen (rietveen), donkerbruin
1.20	-	2.00	Veen (rietveen), lichtbruin	1.20	-	2.00	Veen (rietveen), lichtbruin
2.00	-	2.20	Zand, matig fijn, grijs	2.00	-	2.20	Zand, matig fijn, grijs
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD4_B2A				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD4_B2B			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.35	Klei, vast, matig humeus, grijsbruin	0.00	-	0.35	Klei, vast, matig humeus, grijsbruin
0.35	-	0.70	Veen, half veraard, zwart	0.35	-	0.70	Veen, half veraard, zwart
0.70	-	1.80	Veen (riet-/broekveen), lichtbruin	0.70	-	1.80	Veen (riet-/broekveen), lichtbruin
1.80	-	2.00	Zand, matig fijn, beigegrijs	1.80	-	2.00	Zand, matig fijn, beigegrijs
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD5_C1A				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD5_C1B			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.30	Klei, vast, matig humeus, grijsbruin	0.00	-	0.30	Klei, matig vast, matig humeus, grijsbruin
0.30	-	0.60	Veen, licht veraard, zwart	0.30	-	0.60	Veen, licht veraard, veel hout, donkerbr.
0.60	-	1.40	Veen (rietveen) veel houtresten, donkerbr.	0.60	-	1.10	Veen (rietveen) veel houtresten, donkerbr.
1.40	-	1.60	Zand, matig fijn, beige	1.10	-	1.20	Zand, matig fijn, veel rietwortels, donkergr.
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD5_C2A				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD5_C2B			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.30	Klei, matig vast, matig humeus, bruingrijs	0.00	-	0.30	Klei, matig vast, matig humeus, bruingrijs
0.30	-	0.50	Veen, licht veraard, zwart	0.30	-	0.50	Veen, licht veraard, zwart
0.50	-	0.70	Veen (schalter), zwart	0.50	-	0.70	Veen (schalter), zwart
0.70	-	1.20	Veen (rietveen), bruin	0.70	-	1.20	Veen (rietveen), bruin
1.20	-	1.30	Gliede (organisch), veel wortels	1.20	-	1.40	Gliede (organisch), wortels, zandig, zwart
1.30	-	1.40	Zand, matig fijn, beige	1.40	-	1.50	Zand, matig fijn, bruin
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD5_C2C				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_OD5_C2D			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.30	Klei, matig vast, matig humeus, bruingrijs	0.00	-	0.30	Klei, matig vast, matig humeus, bruingrijs
0.30	-	0.50	Veen, licht veraard, zwart	0.30	-	0.50	Veen, licht veraard, zwart
0.50	-	0.70	Veen (schalter), zwart	0.50	-	0.70	Veen (schalter), zwart
0.70	-	1.20	Veen (rietveen), bruin	0.70	-	1.20	Veen (rietveen), bruin
1.20	-	1.40	Gliede (organisch), wortels, zandig, zwart	1.20	-	1.30	Gliede (organisch), veel wortels
1.40	-	1.50	Zand, matig fijn, bruin	1.30	-	1.40	Zand, matig fijn, beige
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_SPD12_A1A				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_SPD12_A1B			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.30	Klei, matig humeus, grijsbruin	0.00	-	0.30	Klei, matig humeus, grijsbruin
0.30	-	0.40	Klei, grijsbruin	0.30	-	0.40	Klei, grijsbruin
0.40	-	0.80	Veen, donkerbruin	0.40	-	0.80	Veen, donkerbruin
0.80	-	1.40	Veen (rietveen), zwart	0.80	-	1.40	Veen (rietveen), zwart
1.40	-	1.80	Veen (rietveen), bruin	1.40	-	1.80	Veen (rietveen), bruin
1.80	-	2.00	Zand, zeer fijn tot matig fijn, beige	1.80	-	2.00	Zand, zeer fijn tot matig fijn, beige
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_SPD12_A2A				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis LN_SPD12_A2B			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.35	Klei, matig humeus, grijsbruin	0.00	-	0.35	Klei, matig humeus, grijsbruin
0.35	-	0.80	Veen, zwart	0.35	-	0.80	Veen, zwart
0.80	-	0.85	Klei, matig slap, licht weinig, grijs	0.80	-	0.85	Klei, matig slap, licht weinig, grijs
0.85	-	1.90	Veen (rietveen), lichtbruin	0.85	-	1.90	Veen (rietveen), lichtbruin
1.90	-	2.20	Klei, matig slap, licht weinig, grijs	1.90	-	2.00	Klei, matig slap, grijs
2.20	-	2.30	Zand, zeer fijn, beige	2.00	-	2.10	Zand, zeer fijn, beige

3.1.4.2 Grondwaterstanden bij de infiltratiedrains en de referentie

Uit figuur 3.12 blijkt dat de zomer van 2017 redelijk nat is, maar toch zakt in de referentie de grondwaterstand tot 107 cm diepte uit in raai 2 op ca. 160 m van de sloot. De infiltratie vanuit de WIS met infiltratiedrains op 4 en 5 m blijkt onvoldoende en daar zijn de diepste grondwaterstanden slechts 10 tot 20 cm hoger dan bij de referentie. Nadelig daarbij is dat het slootpeil in de zomer van 2017 ca. 5 cm dieper ligt dan het streefpeil van 60 cm -mv.

In het droge jaar 2018 zakten de grondwaterstanden in de relatief droge winter al naar het slootpeil van 60 cm -mv en zakten in het droge voorjaar en de droge zomer met enkele onderbrekingen door regenbuien verder uit tot bijna 120 cm -mv. Doordat ook het slootpeil in de zomer zakte tot zelfs onder de bovenkant van de drains, was het effect van de infiltratie via de drains beperkt op het moment dat infiltratie het nodigst was. Een verhoging van het slootpeil tot 40-50 cm -mv na de droge periode, waarbij ook meer regen viel, resulteerde in een sterke verhoging van de grondwaterstand, waarbij de grondwaterstand in de percelen met infiltratiedrains 10 tot 20 cm meer steeg dan bij het referentieperceel. Op 13 september 2018 is een bevoeiingsproef tegen muizen uitgevoerd, waarbij water werd onttrokken uit de sloot en het slootpeil tot onder de inlaten van de nieuwe drains zakte, maar nog wel boven de oude drains bleef. Ook de laatste week van september stijgt en daalt het slootpeil sterk, waarschijnlijk door een bevoeiingsproef. Bij de eerste bevoeiingsproef lijkt de grondwaterstand tijdelijk te stijgen, maar zakt al snel terug naar de oorspronkelijke grondwaterstand. Bij de tweede bevoeiingsproef lijkt de stijging van de grondwaterstand meer permanent, daarbij geholpen door neerslag. NB De metingen kunnen tijdelijk minder betrouwbaar zijn door volgelopen buizen; welke dat zijn, is moeilijk vast te stellen.

Het wat betreft neerslag normale tot matig droge jaar 2019 begon na een zeer natte periode half maart met een droog voorjaar tot eind mei. Doordat in de derde week van april het slootpeil met ca. 10 cm wordt verhoogd van 65 naar 55 cm -mv kon het uitzakken bij de perceeldelen met infiltratiedrains met ca. 15 cm worden geremd, waarbij de infiltratiedrains bij het perceeldeel met drains op 5 m onderlinge afstand het beter deed dan het perceeldeel met drains om de 4 m. In feite was deze verhoging van het slootpeil te laat, want de grondwaterstanden waren al dieper dan 80 cm -mv uitgezakt. In natte perioden draineren de drains wel, maar ook maar in beperkte mate en de grondwaterstanden kunnen tot in het maaiveld komen.

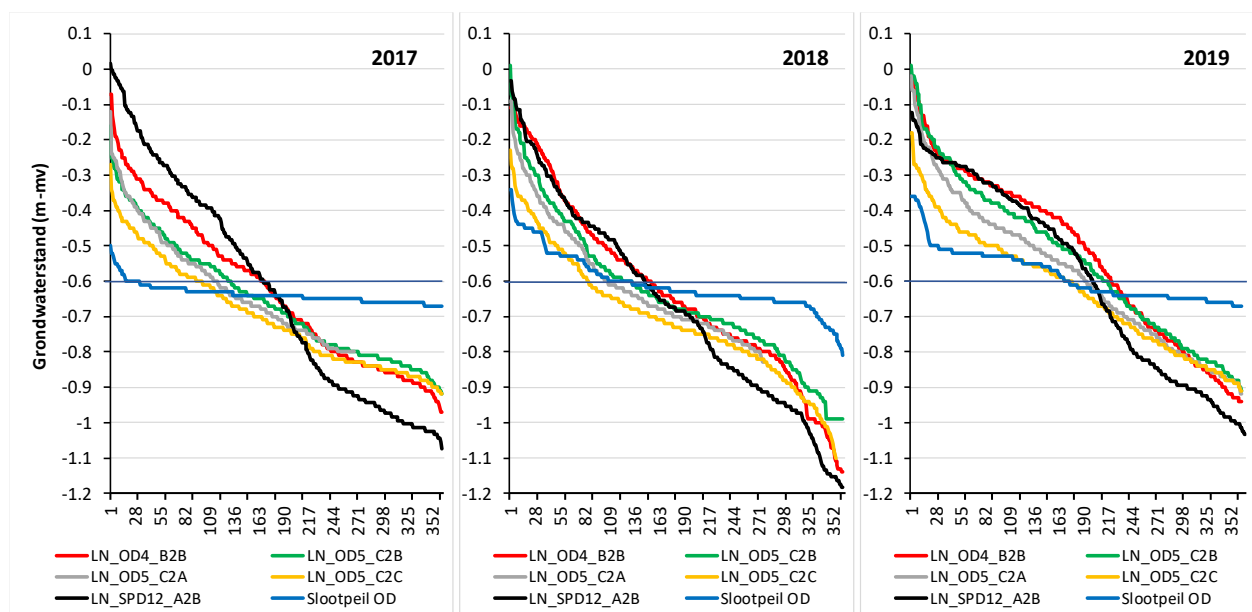


Figuur 3.12 Grondwaterstanden t.o.v. mv op ca. 160 m vanaf de sloot in het midden de tussen de infiltratiedrains op 4 (OD4_B2B) en 5 m (OD5_C2B) en drains op 11-12 m bij de referentie (RefSPD12_A2B). Slooppeil bij de infiltratiedrains ten opzichte van het maaiveld bij OD4 (bij OD5 ligt deze 3 cm dieper). De zandondergrond ligt op een diepte van 120 cm, overeenkomende met de diepte bij OD5. De (niet aangegeven) zandondergrond bij de referentie ligt op ca. 200 cm -mv.

Ook bij de referentie, met een diepere ontwatering met een drooglegging van 110 cm met drains om de 11-12 m, komt de grondwaterstand soms tot (bijna) in het maaiveld. Dit kan komen door de slechte horizontale doorlatendheid, zoals deze met de boorgatenmethode is gemeten.

De potentiaal in de zandbuis OD5_C2C is in de zomerperiode slechts enkele centimeters lager dan de freatische grondwaterstand in de naastliggende peilbuis OD5_C2B met het filter net boven de zandlaag. In natte perioden gaat het potentiaalverschil tussen de zandbuis en peilbuis OD5_C2B richting de 15 cm. Ondanks de gliede zal er een zekere wegzijging richting ondergrond zijn.

In figuur 3.13 zijn grondwaterstandverdeling en slootpeil t.o.v. mv in 2017, 2018 en 2019 op ca. 160 m vanaf de sloot gepresenteerd. De streefwaarde van het slootpeil en de grondwaterstand bij de infiltratiedrains is 0,6 m -mv en aangegeven in figuur 3.13. De referentie heeft een slootpeil van ca. 110 cm -mv, echter de drains om de 11/12 m liggen op een diepte van ca. 70/80 cm -mv (bovenkant drain). Omdat de peilbuis op ca. 160 m van de sloot staat, heeft deze maar weinig invloed op de grondwaterstand en wordt de feitelijke drooglegging bepaald door de draindiepte van ca. 75 cm -mv.



Figuur 3.13 Grondwaterstandverdeling en slootpeil t.o.v. mv in 2017, 2018 en 2019 op ca. 160 m vanaf de sloot bij de referentie (SPD12_A2B) midden tussen de drains op 11/12 m en bij de perceel delen met infiltratiedrains midden tussen de drainafstanden van 4 en 5 m (OD4_B2B en OD5_C2B). De streefwaarde van het slootpeil en de grondwaterstand is bij de perceel delen met infiltratiedrains 0,6 m -mv. Bij de referentie is het slootpeil ca. 110 cm -mv, maar de drainage ligt op ca. 75 cm -mv.

In 2017 is het slootpeil meestal te laag. De keer dat het slootpeil hoger is dan het streefpeil wordt veroorzaakt door een periode met veel neerslag (zie figuur 3.12). In 2018 en 2019 zijn de slootpeilen in het voorjaar ook te laag en pas nadat de grondwaterstanden al ver onder de 60 cm -mv waren weggezakt, werden de slootpeilen opgezet tot boven het streefpeil om de droogte te bestrijden (zie figuur 3.12). Vooral in 2018 is dit veel te laat geweest en is daarvoor het slootpeil in de droge periode tot onder de 80 cm -mv uitgezakt doordat de sloot leeg werd getrokken voor bevoeien elders.

In figuur 3.13 is ook de peilbuis OD5_C2A aangegeven (grijs), die op 50 cm van de drain op 5 m ligt en kan worden vergeleken met de peilbuis OD5_C2B (groen) die midden tussen de drains staat. De verwachting is dat op 50 cm vanaf de drain de grondwaterstand sterker naar het slootpeil neigt dan de peilbuis midden tussen de drains op 250 cm afstand van de drain. Voor de perioden dat de grondwaterstand hoger staat dan het slootpeil en de drains draineren, klopt deze verwachting goed: de grondwaterstand nabij de drainbuis (grijs) staat lager dan midden tussen de drains (groen). Echter, als de grondwaterstand lager staat dan het slootpeil, dan wordt het verschil tussen de grondwaterstand op 50 cm vanaf de drain en midden tussen de

drains in eerste instantie nagenoeg gelijk en dit blijft zo tot een grondwaterstand van 80cm -mv. Helaas is de peilbuis op 50 cm vanaf de drain niet dieper dan 80 cm -mv, zodat niet kan worden vastgesteld of in echt droge perioden de grondwaterstand nabij de drain daadwerkelijk minder diep wegzakt dan midden tussen de drains.

Niet opgenomen in de figuren is een ondiepe peilbuis (OD5_C2D), eindigend boven een schalterlaag op 50-70 cm diepte (zie tabel 3.4). Deze ondiepe peilbuis gaf in de natte perioden geen andere waarden dan de peilbuis OD5_C2B met het filter onder de schalterlaag. Blijkbaar ontstaat er geen duidelijke schijnwaterspiegel boven de 20 cm dikke schalterlaag.

In alle drie jaren zakten de grondwaterstanden bij de perceeldelen met infiltratiedrains dieper uit dan 30 cm onder het slootpeil, wat overeenkomt met de infiltratieberekeningen met de doorlatendheden gemeten met boorgatenmethode. Uit een draininspectie in september 2018 bleek bovendien dat ca. een op de drie infiltratiedrains verstopt was of geen eindbuis meer had. In combinatie met de tegenvallende doorlatendheid van het veen en te lage slootpeilen valt de infiltratie tegen en zakt ondanks de infiltratiedrains de grondwaterstand te diep weg om effectief de veenoxidatie en zo de bodemdaling en CO₂-emissie te beperken. Geconcludeerd kan worden dat de infiltratiedrains wel duidelijk de grondwaterstanden kunnen verhogen, maar dat in verband met de lage horizontale doorlatendheid van het veen en de wegzijging een veel hoger slootstreefpeil moet worden aangehouden dan 60 cm -mv. Rekening houdend met de metingen en de berekeningen dat het grondwater tussen de drains zeker 30 cm uitzakt ten opzichte van het slootpeil, dan zou men een slootpeil in de zomer van 30 cm -mv moeten handhaven. Ervan uitgaande dat het winterpeil lager is, moet dit zomerpeil tijdig worden ingesteld, bijvoorbeeld op 1 april of eerder indien de grondwaterstand vóór 1 april al dieper uitzakt dan ca. 40 cm -mv. Het blijkt dat het laten uitzakken van het slootpeil in droge perioden tot zelfs onder de bovenkant van de infiltratiedrains de werking van die infiltratiedrains volledig tenietdoet. Voorkomen van verstopping of beschadiging en wegraken van de eindbuizen is essentieel.

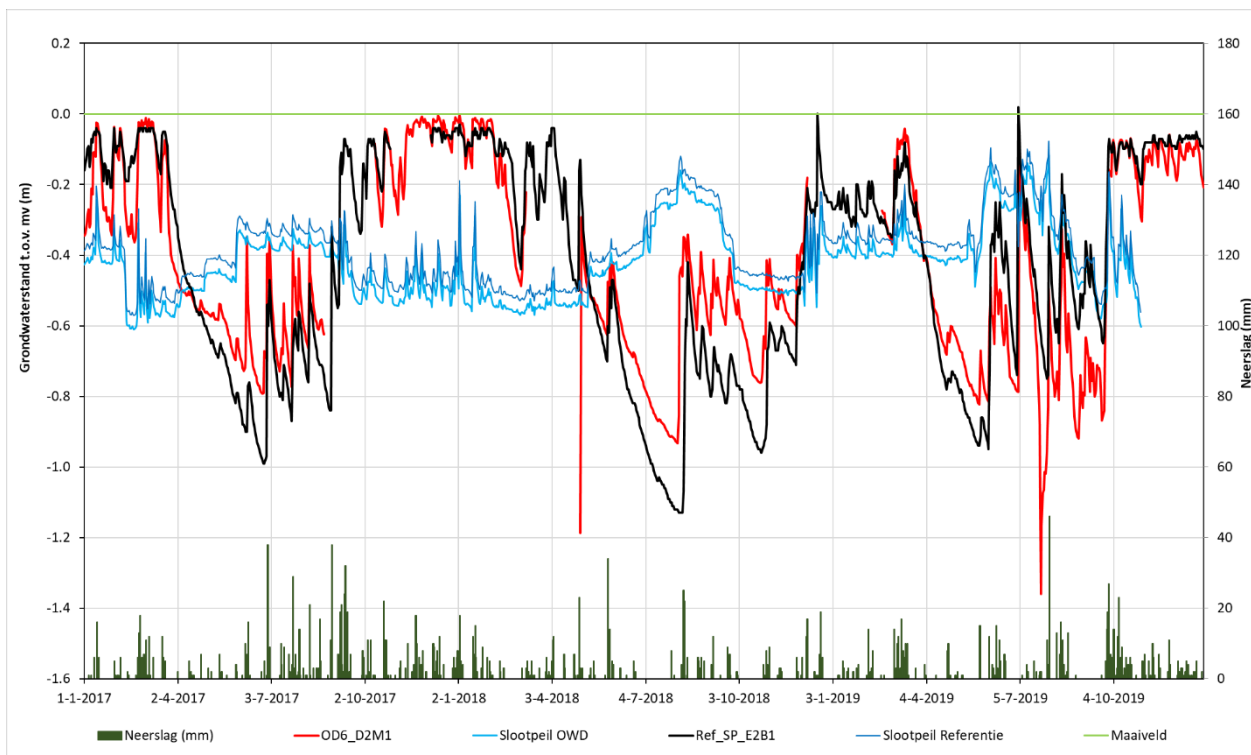
3.1.5 Kou-G, Koufurderrige (GR)

Bij Kou-G is een passief Water Infiltratie Systemen (WIS, onderwaterdrains) aangelegd. Het perceel heeft greppels om de 20 m en is in de lengte verdeeld in een proefvak A langs de zuidelijke sloot met een lengte van 300 m en een breedte van 50 m met infiltratiedrains met drainafstanden van 6 m. De drains komen uit op de westelijke sloot. Als referentiedeel (schaduwperceel) B is het noordelijke deel van het perceel genomen langs de noordelijke sloot. Alle sloten zijn met elkaar verbonden en hebben van huis uit een voor Friesland relatief hoog slootpeil van ca. 50 cm -mv. De bovenkant van de drainbuis ligt op -1,65 m NAP. De maaiveldhoogte bij de peilbuis GR_OD6_D2M1 op 1,5 m vanaf de drainbuis is -0,92 m NAP. Ten opzichte van dit maaiveld ligt de bovenkant van de drainbuis dus op 73 cm -mv. In juli 2018 bleek een aantal drains verstopt; deze zijn weer vrij gemaakt. Bij een controle op 16 oktober 2018 bleken van de acht drains twee draininlaten weg te zijn, één half verstopt, drie verstopt en maar twee vrij te zijn. Een mogelijke oorzaak voor de vele verstoppingen van de draininlaten is dat deze nauwelijks uit de slootkant staken. Deze locatie was onderdeel van het project 'Monitoring veenoxidatiesnelheden en broeikasgasemissies PF-2016/165140' van de Radboud Universiteit Nijmegen (Fritz et al., 2021).

3.1.5.1 Profielbeschrijvingen bij de buizen op WIS-vak en het referentievak

De beschrijving bij de Bodem Conditie Score (BCS) (Van Berkum, 2016; 2018) geeft aan dat de bovengrond bestaat uit een tot 30 cm redelijk bewortelde blauwzwarte humusrijk kleidek. Dieper zit weinig beworteling in het veraarde veenmosveen onder dit dek tot 60 cm. Beworteling wordt beperkt door weinig lucht in het veraarde veen. Vanaf 60 cm komt goed doorlatend grof gereduceerd veenmosveen met wollegras voor tot 165 cm diepte. De doorlatendheid van de veraarde laag direct onder het kleidek wordt op matig geschat. Bij het zetten van de peilbuizen werden kleidekdikten van 30 tot 40 cm gevonden en een zandondergrond op 150 tot 170 cm diepte.

Met de boorgatenmethode zijn horizontale doorlatendheden van mediaan 110 cm/dag gemiddeld en 103 cm/dag gemeten, wat duidt op een matige doorlatendheid. Bij een dergelijke doorlatendheid en infiltratiedrains op 6 m en een benodigde infiltratiecapaciteit van 3 mm/dag zal de grondwaterstand ca. 20 cm lager liggen dan het slootpeil, terwijl een ca. 10 cm lagere grondwaterstand feitelijk de limiet is. De drainafstand is dus te groot gekozen en zou eigenlijk zelfs kleiner dan 4 m moeten zijn.



Figuur 3.14 Grondwaterstanden gemeten bij de CO₂-emissiemetingen. Grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuis GR_OD6_D2M1 (op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain) versus de grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij peilbuis GR_SP_E2B1 van de referentie. Het maaiveld bij de referentie (-0,96 m NAP) ligt 4 cm lager dan bij de infiltratiedrains (-0,92 m NAP). Vanaf 6 juni 2019 lijkt de registratie van de grondwaterstand bij peilbuis GR_OD6_D2M1 niet juist te zijn.

3.1.5.2 Grondwaterstanden bij de infiltratiedrains en de referentie

Bedacht moet worden dat de beschouwde peilbuis GR_OD6_D2M1 op 1,5 m vanaf de drainbuis staat, dus op 1/4^e van de drainafstand, terwijl in bijna alle eerdere figuren de peilbuis bij de infiltratiedrains halverwege tussen de drains staat. De grondwaterstand op 1,5 m van de drain zal duidelijk sterker worden beïnvloed door het slootpeil en de infiltratie dan de grondwaterstand midden tussen de drains op 3 m afstand. De peilbuis GR_SP_E2B1 in het referentieperceel staat ca. 30 m vanaf de noordsloot (midden tussen greppels om de 20 m). Uit figuur 3.14 blijkt dat de zomer van 2017 redelijk nat is, maar toch zakt in de referentie de grondwaterstand tot bijna 1 m diepte uit. De infiltratie vanuit de WIS met infiltratiedrains op 6 m blijkt onvoldoende, want ondanks het feit dat het slootpeil vanaf het begin van de lente tot aan het begin van de zomer geleidelijk is verhoogd van 60 cm -mv tot net boven 40 cm -mv, zakt de grondwaterstand op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain tot 80 cm -mv en daar is de diepste grondwaterstand slechts 20 cm hoger dan bij de referentie. Van 23 augustus tot half oktober missen de grondwaterstanden bij de infiltratiedrains. In de winter begin 2017 blijken ondanks een slootpeil van ca. 40 cm -mv de drains in droge perioden goed te ontwateren. In natte perioden stijgt echter de grondwaterstand snel tot dezelfde grondwaterstanden als bij de referentie, namelijk tot in de zode en tot aan maaiveld. In de winterperiode 2017/2018 komen bij zowel de infiltratiedrains als de referentie de grondwaterstanden tot in het maaiveld. Vanaf begin maart tot begin mei missen er meetdata bij de infiltratiedrains. Daarna begint de zeer droge zomer van 2018, waarbij tot begin augustus 2018, ondanks een geleidelijke slootpeilverhoging tot 20 cm -mv, de grondwaterstand bij de referentie tot 113 cm -mv en bij de infiltratiedrains tot 93 cm -mv uitzakt. Door regenbuien en geholpen door het hoge slootpeil stijgt daarna de grondwaterstand bij zowel referentie als infiltratiedrains tot 40-60 cm -mv, waarna deze bij de infiltratiedrains tot begin oktober tussen de 40-60 cm -mv blijft schommelen, waarna door een droge oktobermaand de grondwaterstand op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain wegzakt tot 76 cm -mv. Daarna wordt het profiel weer natter totdat de grondwaterstand op 9 december een waarde van 18 cm -mv bereikt. Van 9 december 2018 tot 19 februari 2019 missen de grondwaterstanden bij de infiltratiedrains. De grondwaterstand in de referentie zakt na een stijging tot 42 cm -mv op 14 augustus 2018 terug naar 96 cm -mv op 25 oktober. Daarna begint een stijging met enkele onderbrekingen totdat de grondwaterstand eind december even tot in het maaiveld stijgt, waarna deze gedurende januari en februari 2019 tussen de 20 en

30 cm -mv blijft bewegen. Het slootpeil is gedurende deze winter, en later ook in het voorjaar, ca. 40 cm -mv. Een regenperiode gedurende de eerste helft van maart 2019 zorgt ervoor dat het grondwater tot in de zode stijgt voor zowel de referentie als bij de infiltratiedrains. Onverwacht is dat daarbij het grondwater bij de infiltratiedrains hoger stijgt dan bij de referentie. Vanaf deze natte periode zakken de grondwaterstanden gedurende een droge periode van half maart tot eind mei/begin juni tot 82 cm -mv bij de infiltratiedrains en tot 95 cm -mv bij de referentie. Daarna stijgen de grondwaterstanden weer, daarbij geholpen door een slootpeil dat van ca. 40 cm -mv na een dip naar 50 cm -mv naar ca. 20 cm -mv is verhoogd met een piek op 6 juni waarop het slootpeil tot 10 cm -mv steeg. Tegelijkertijd stegen van 4 tot 6 juni ook de grondwaterstanden van zowel de referentie als de infiltratiedrains zeer snel tot 25-40 cm -mv. Waarschijnlijk zijn door de sterke verhoging van het slootpeil de greppels volgestroomd en is het land deels bevoeid. Door het uitdrogen van het kleidek zit deze ook vol scheuren, zodat de doorlatendheid zeer groot is en het water vanuit de greppel het hele perceel bereikt. Na 6 juni lijkt de grondwaterstandregistratie bij de infiltratiedrains ontregeld te zijn, want deze geeft grondwaterstanden die 10 tot 20 cm lager zijn dan bij de referentie. Waarschijnlijk is de logger overstroomd en ontregeld geraakt. Tot 2 augustus treden nog twee pieken in het slootpeil op die hoog genoeg zijn om de greppels vol te laten stromen. Op 3 juli stijgt de grondwaterstand bij de referentie tot net boven maaiveld en op 4 juli bij de infiltratiedrains tot ca. 10 cm -mv. Na deze piek lijkt de registratie van de grondwaterstanden bij de infiltratiedrains nog verder ontregeld, omdat deze veel dieper is dan mogelijk lijkt. Deze grondwaterstand wordt daarom verder buiten beschouwing gelaten. Na 3 augustus zakt het slootpeil eerst snel en later langzamer tot ca. 55 cm -mv op 22 september. Vanaf 20 augustus tot 27 september is het droog en zakt de grondwaterstand bij de referentie naar 65 cm -mv. Vanaf 24 september begin een forse regenperiode, waardoor de grondwaterstanden (maar ook het slootpeil) stijgen en het slootpeil vervolgens lager wordt gezet naar ca. 60 cm -mv, waarna op 30 oktober 2019 de registratie stopt. Vanaf begin oktober tot het einde van het jaar blijft de grondwaterstand in de referentie ca. 10 cm -mv.

Geconcludeerd kan worden dat door de lage doorlatendheid van het veen en de te grote drainafstand de infiltratie de grasverdamping niet kon bijhouden, waardoor de grondwaterstanden bij de infiltratiedrains te diep uitzakten. Uit inspectie van de uiteinden van de drains bleken veel drains ook verstopt te zijn of zelfs verdwenen. Dit zal het functioneren van de infiltratiedrains nog slechter hebben gemaakt. Hoewel de slootpeilen wel zijn verhoogd, was dit veelal te laat en waren de grondwaterstanden al veel dieper dan 60 cm -mv gezakt. Het verhogen van het slootpeil tot boven de greppelbodem, zodat deze vollopen en het perceel met greppelinfiltratie kon worden vernet, blijkt een effectieve methode te zijn. Echter ook de greppelinfiltratie werd pas ingezet nadat de grondwaterstanden al zeer laag stonden, dus te laat. Dit heeft wel als 'voordeel' dat het kleidek en het veen krimpscheuren vertonen, waardoor zowel de verticale als horizontale doorlatendheid van de bovenlaag zeer hoog wordt en de greppelinfiltratie daarmee veel effectiever wordt.

3.1.6 Gersloot (NR)

Bij Gersloot is een passief Water Infiltratie Systemen (WIS, onderwaterdrains) aangelegd. Een perceel met een lengte van 465 m en een breedte van 118 is in de lengte verdeeld in een zuidwestelijke helft D met infiltratiedrains om de 6 m en een noordoostelijke helft E zonder drains dat dient als referentie. Halverwege de lengte van het perceeldeel D met infiltratiedrains is een verzameldrain gesitueerd, die uitkomt op de zuidwestelijke sloot, waardoor de lengte van de infiltratiedrains ca. 230 m wordt. Alle sloten zijn met elkaar verbonden en hebben van huis uit een voor Friesland relatief hoog slootpeil van ca. 60 cm -mv. De bovenkant van de drainbuis ligt op -1,95 m NAP en het slootpeil op -1,80 m NAP. De maaiveldhoogte bij de peilbuis NR_OD6_D2M1 op 1,5 m vanaf de drainbuis is -1,19 m NAP. Ten opzichte van dit maaiveld ligt de bovenkant van de drainbuis dus op 76 cm -mv. Deze locatie was onderdeel van het project 'Monitoring veenoxidatiesnelheden en broeikasgasemissies PF-2016/165140' van de Radboud Universiteit Nijmegen (Fritz et al., 2021).

3.1.6.1 Profielbeschrijvingen BCS en bij de bodemfysische bemonstering

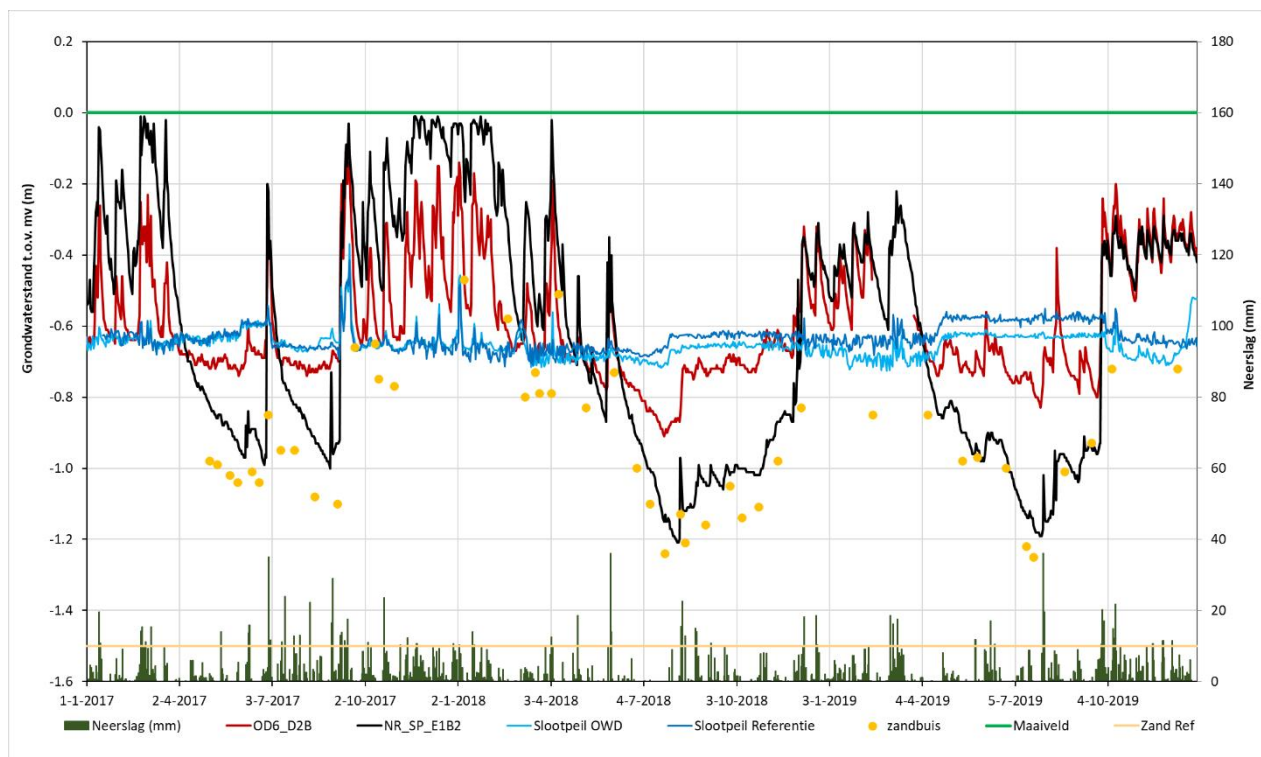
De beschrijving bij de Bodem Conditie Score (BCS) (Van Berkum, 2016; 2018) geeft aan dat de bovengrond bestaat uit een tot 30 cm humusrijke grond met klei gemengd, ook los en korrelig, nog wel vochtig. Beworteling zit voornamelijk in de bovenste 25 cm en gaat dunnetjes door tot 40-60 cm diepte. In de 25 cm zitten voornamelijk oude wortels, een klein deel is nieuw. Opvallend veel wormen in de bovengrond.

Tabel 3.5 Profielbeschrijvingen bij de Bodemconditiescore (BCS) en bij de bodemfysische bemonstering bij de referentie. Bij de infiltratiedrains begint de zandlaag op 165 cm.

PROFIELBESCHRIJVING BCS			PROFIELBESCHRIJVING Bofy referentie		
Diepte (in m-mv)	Omschrijving		Diepte (in m-mv)	Omschrijving	
0.00 - 0.30	Venige klei, korrelig		0.00 - 0.28	Veen, zandig/kleig, org. stofgehalte 50%	
0.30 - 0.45	Veen (schalter), platerig		0.28 - 0.6	Veen, zandig/kleig, org. stofgehalte 65%	
0.45 - 0.65	zeer poreus veraard s en rc		0.60 - 1.5	Veen, org. stofgehalte 90%	
0.65 - 1.20	bruin poreus rc		1.50 - 1.65	Lemig fijn zand, org. stofgehalte 1%	
1.20 -	lemig fijn zand				

De overgang van veraard naar gereduceerd veen zit op 60 à 70 cm -mv. Bij de bodemfysische bemonstering werd de GLG geschat op 60 cm -mv. Bij de bodemfysische bemonstering werd bij de referentie de zandlaag op een diepte van 150 cm en bij de drains op een diepte van 165 cm gevonden.

Met de boorgatenmethode zijn horizontale doorlatendheden van mediaan 79 cm/dag en gemiddeld 102 cm/dag gemeten, wat duidt op een matige doorlatendheid. Bij een dergelijke doorlatendheid en infiltratiedrains op 6 m en een benodigde infiltratiecapaciteit van 3 mm/dag zal de grondwaterstand ca. 20 cm lager liggen dan het slootpeil, terwijl een ca. 10 cm lagere grondwaterstand feitelijk de limiet is. De drainafstand is dus te groot gekozen en zou eigenlijk zelfs kleiner dan 4 m moeten zijn. Bij de BCS werd de doorlatendheid als 'goed' gekenmerkt. Dan zou een drainafstand van 4 m wel voldoen en een drainafstand van 6 m waarschijnlijk voldoen.



Figuur 3.15 Grondwaterstanden gemeten bij de referentie (peilbuis NR_SP_E1B2) en midden tussen de drains (OD6_D2B). Grondwaterstanden en slootpeil referentie ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuis NR_SP_E1B2 versus de grondwaterstanden en slootpeil OWD ten opzichte van het maaiveld bij peilbuis NR_OD6_D2B. Het maaiveld bij de referentie (-1,24 m NAP) ligt 2 cm lager dan bij de infiltratiedrains (-1,22 m NAP). De zandbuis (NR_SP_E1) staat in de referentie. Neerslag meteostation Sneek.

3.1.6.2 Grondwaterstanden bij de infiltratiedrains en de referentie

In figuur 3.15 zijn de grondwaterstanden gemeten met peilbuis NR_OD6_D2M1 op 1,5 m vanaf de drainbuis niet getoond omdat deze slechts enkele centimeters verschillen van de grondwaterstanden midden tussen de drains op 3 m van de infiltratiedrain gemeten met de peilbuis NR_OD6_D2B. Deze buis staat ca. 85 m vanaf de verzameldrain, die alle infiltratiedrains voedt. De peilbuis NR_SP_E2B1 in het referentie-perceel staat ca. 30 m vanaf de noordoostsloot. Uit figuur 3.15 blijkt dat het slootpeil bij zowel de referentie als de infiltratiedrains in de drie meetjaren niet is opgezet. Wel zakt het slootpeil in droge perioden soms wel ca. 10 cm onder het streefpeil van 60 cm -mv. De zomer van 2017 is redelijk nat en de infiltratie via drains blijkt voldoende, want de grondwaterstand zakt maar ca. 10 cm onder het slootpeil. Een probleem is wel dat het slootpeil tot 67 cm -mv uitzakt, waardoor de grondwaterstand midden tussen de drains dieper uitzakt dan noodzakelijk. Bij de referentie zakt de grondwaterstand tot 100 cm -mv uit. Dat is op dat moment 30 cm dieper dan de grondwaterstand bij de infiltratiedrains. De stijghoogte in de zandlaag gemeten met de zandbuis NR_SP_E1 staat op zijn diepst op 110 cm -mv. Bij deze locatie treedt dus wegzijging op. Dat blijkt nog duidelijker in de natte perioden. Wel is er een verband tussen de grondwaterstand in de referentie en de stijghoogte in het zand. Wat betreft de drainerende werking van de drains voldoen die in de winter begin 2017 en in de winter van 2017/2018 goed: terwijl de grondwaterstanden bij de referentie af en toe tot in het maaiveld stijgt, blijft de grondwaterstand bij de infiltratiedrains ca. 20-30 cm lager.

In het droge jaar 2018 zakt de grondwaterstand midden tussen de infiltratiedrains uit tot 91 cm -mv, daarbij geholpen door een dalend slootpeil tot 72 cm -mv. Het verschil tussen slootpeil en grondwaterstand is daarmee ca. 20 cm, wat het dubbele is van wat de bedoeling is. Het niet goed op peil houden van het slootpeil heeft dus verregaande negatieve consequenties voor het effect van de grondwaterstand. Daarnaast blijft het slootpeil nog maar nauwelijks boven de drain, zodat het gevaar van lucht in de drains groot wordt. De grondwaterstand bij de referentie zakt zelfs uit tot 121 cm -mv. De diepst gemeten stijghoogte in de zandlaag is 124 cm -mv, wat duidt op wegzijging naar de ondergrond, hoewel deze in deze periode beperkt zal zijn door het kleine stijghoogteverschil met de grondwaterstand in de referentie. De winter van 2018/2019 is relatief droog en waarschijnlijk blijven scheuren in de bovengrond tot in het voorjaar open. Zowel bij de referentie als bij de infiltratiedrains blijft de grondwaterstand in de winter relatief laag op gemiddeld ca. 50 cm -mv.

In 2019 mist bij peilbuis NR_OD6_D2B tussen 19 februari tot 28 maart 2019 de metingen. Hoewel niet zo droog als 2018, is ook 2019 een droog jaar en zakt de grondwaterstand bij de referentie uit tot 119 cm -mv. Echter, in dit jaar is het slootpeil begin april op ca. 60 cm -mv gezet en dit is gedurende de zomerperiode tot begin oktober goed op peil gehouden. Midden tussen de infiltratiedrains is de diepste grondwaterstand 81 cm -mv, ca. 20 cm onder het slootpeil. Deze 20 cm diepere grondwaterstand midden tussen de infiltratiedrains komt overeen met de grondwaterstand berekend met de doorlatendheden uit de boorgatenmethode. Het verschil tussen de diepste grondwaterstand bij de referentie met de grondwaterstand midden tussen de infiltratiedrains is 36 cm. Dit geeft aan dat de infiltratiedrains effectief zijn. De grondwaterstanden in de herfst en winter eind 2019 blijven ondanks een natte periode onder de 20 cm -mv bij zowel de infiltratiedrains als de referentie.

Geconcludeerd kan worden dat ondanks de matige doorlatendheid van het veen en de te grote drainafstand, de infiltratie de grasverdamping en de wegzijging nog enigszins kon bijgehouden en de grondwaterstanden midden tussen de infiltratiedrains ca. 20 cm onder het slootpeil uitzakten. Dit kwam overeen met de eerder berekende uitholling van de grondwaterstand. De drainerende werking van de drains in de winters van 2016/2017 en 2017/2018 is goed. In droge perioden was het een probleem dat het slootpeil ca. 10 cm uitzakte, waardoor de grondwaterstand midden tussen de infiltratiedrains tot ca. 90 cm -mv kon uitzakken. Hoewel dit 30 cm minder diep is dan de 120 cm -mv die bij de referentie is gemeten, blijft 90 cm -mv te diep om de maaiveldval en de CO₂-emissies substantieel te verminderen. Een verhoging van het slootpeil in de zomerperiode tot bijvoorbeeld 30 cm -mv zou de effectiviteit van de infiltratiedrains sterk verhogen.

3.1.7 Spanga (SG)

In Spanga is een passief Water Infiltratie Systemen (WIS, onderwaterdrains) aangelegd met drainafstanden van 6 m. Er zijn in feite twee proefvelden met respectievelijk een drooglegging van 40 en 60 cm. Elk proefveld met een eigen drooglegging bestaat uit een deel met infiltratiedrains en een deel zonder infiltratiedrains, dat dient als referentie. De drains zijn aangelegd in de zomer van 2017. Op 18-9-2018 zijn de draininlaten in perceel Spanga gecontroleerd. Geen van de drains was verstopt. Van de totaal 24 buizen hadden 10 buizen een beetje bagger in de eindbuis. Voor de inlaten bevinden zich vaak wat zwevende stukjes veen. Bij een aantal buizen is de afstand onderkant eindbuis en slootbodembodem slechts een paar centimeter. Dit maakt deze buizen gevoelig voor verstopping.

3.1.7.1 Profielbeschrijvingen BCS en bij de peilbuizen

De beschrijving bij de Bodem Conditie Score (BCS) (Van Berkum, 2018) geeft aan dat in het voorjaar van 2017 het 'verwaarloosde' BBL-perceel (Bureau Beheer Landbouwgronden) is geploegd en geëgaliseerd, gedeeltelijk gedraineerd om de 6 m en op drie akkers iets rond gelegd. Na 13 juni 2017 is het ingezaaid. Er is twee keer een lichte snede gras afgehaald. In november is de bovengrond van kleiig veen nog heel los. Het veenmosveen eronder is tot 75 cm diepte veraard en goed doorlatend. De zandige ondergrond zit op een diepte van 1.55-1.80 m. Het bodemprofiel is opvallend droog op 6 november, ook al staat het slootpeil eromheen op 15-30 cm -mv en is de bovenste 5 cm van de zode nogal nat. Na 2,5 uur staat het grondwater op 70 cm -mv. In de BCS wordt de doorlatendheid ingeschat als goed. Er zijn geen doorlatendheden bepaald met de boorgatenmethode.

Tabel 3.6a Profielbeschrijvingen perceel met een drooglegging van 40 cm bij de peilbuizen midden tussen de drains op 6 m en in het referentieperceel Spanga.

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_OD40_A1B				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_OD40_A2B			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.10	Veen, half veraard, zwart	0.00	-	0.25	Veen, half veraard, matig kleiig, bruin
0.10	-	0.50	Veen, iets veraard, zwart	0.25	-	0.70	Veen, zwart
0.50	-	0.90	Veen met lange vezels, zwart	0.70	-	1.05	Veen, bruin
0.90	-	1.40	Veen (fijn van structuur), bruin	1.05	-	1.20	Zand, matig fijn, matig slibhoudend
1.40	-	1.50	Zand, matig fijn, licht kleiig, bruin, glyde				
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_SP40_B1B				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_SP40_B2B			
Diepte (in m-mv)		Omschrijving		Diepte (in m-mv)		Omschrijving	
0.00	-	0.15	Veen, matig kleiig, bruin	0.00	-	0.15	Veen, matig kleiig, bruin
0.15	-	0.95	Veen, zwart	0.15	-	0.80	Veen, zwart
0.95	-	1.55	Veen, bruin	0.80	-	1.10	Veen, donkerbruin
1.55	-	1.70	Klei, matig zandig, bruin, glyde	1.10	-	1.90	Veen, lichtbruin
1.70	-	1.72	Zand, matig fijn, geel	1.90	-	1.95	Klei, matig zandig, bruin, glyde
				1.95	-	2.00	Zand, matig fijn, geel

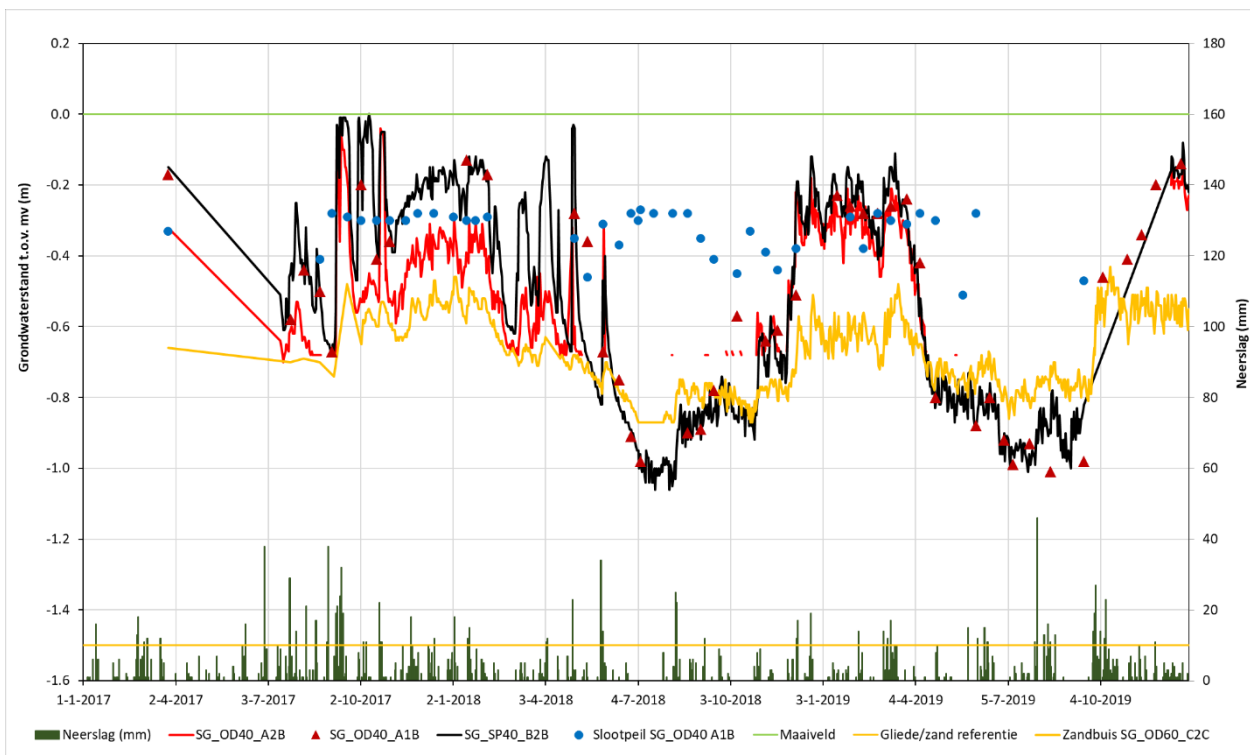
Tabel 3.6b Profielbeschrijvingen perceel met een drooglegging van 60 cm bij de peilbuizen midden tussen de drains en in het referentieperceel en zoals bepaald in de Bodem Conditie Score, Spanga.

PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_OD60_C1B				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_OD60_C2B			
Diepte		Omschrijving		Diepte		Omschrijving	
(in m-mv)				(in m-mv)			
0.00	-	0.30	Veen, half veraard, zwart	0.00	-	0.15	Veen en klei, geroerd, zwart
0.30	-	0.80	Veen, zwart	0.15	-	1.00	Veen, zwart
0.80	-	1.45	Veen, lichtbruin	1.00	-	2.00	Veen, lichtbruin
1.45	-	1.55	Klei, sterk weinig, bruin	2.00	-	2.10	Zand, matig fijn, licht kleiïg, bruin, glyde
1.55	-	1.65	Klei, licht zandig, bruin, glyde	2.10	-	2.20	Zand, matig fijn, geel
1.65	-	1.70	Zand, matig fijn tot matig grof, geel				
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_OD60_C2C				PROFIELBESCHRIJVING BCS			
Diepte		Omschrijving		Diepte		Omschrijving	
(in m-mv)				(in m-mv)			
0.00	-	0.15	Veen en klei, geroerd, zwart	0.00	-	0.30	gemengd kleiïg veen, los, oude zode stinkt
0.15	-	1.00	Veen, zwart	0.30	-	0.75	veraard, poreus en los veenmosveen s
1.00	-	2.00	Veen, lichtbruin	0.75	-	1.75	bruin s
2.00	-	2.10	Zand, matig fijn, licht kleiïg, bruin, glyde	1.75	-	1.85	gliede of gytja
2.10	-	2.20	Zand, matig fijn, geel	1.85	-	1.90	lemig fijn zand
2.20	-	2.70	Zand, matig fijn, lichtbruin				
PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_SP60_D1B				PROFIELBESCHRIJVING peilbuis SG_SP60_D2B			
Diepte		Omschrijving		Diepte		Omschrijving	
(in m-mv)				(in m-mv)			
0.00	-	0.40	Veen en klei, geroerd, zwart	0.00	-	0.40	Veen en klei, geroerd, zwart
0.40	-	1.00	Veen, zwart	0.40	-	0.95	Veen, zwart
1.00	-	1.65	Veen, lichtbruin	0.95	-	1.50	Veen, lichtbruin
1.65	-	1.75	Klei, matig weinig, bruin, glyde	1.50	-	1.60	Zand, matig fijn, matig kleiïg, donkerbruin
1.75	-	1.90	Zand, matig fijn tot matig grof, aeel	1.60	-	1.70	Zand, matig fijn tot matig grof, lichtbruin

3.1.7.2 Grondwaterstanden bij de infiltratiedrains en de referentie

In figuur 3.16 zijn de slootpeilen en grondwaterstanden bij het perceel met een drooglegging van 40 cm gepresenteerd. De slootpeilen zijn niet continu gemeten. Bij locatie SG_OD40_A2B, midden tussen de drains zijn de grondwaterstanden wel continu gemeten, maar bleek dat het filter niet diep genoeg was, zodat de peilbuis in droge perioden droogviel. De peilbuis SG_OD40_A1B was wel diep genoeg, maar deze is niet continu gemeten. De continumetingen zijn halverwege juli 2017 gestart. De meetopstelling bij de referentie ligt ca. 10 cm lager dan bij meetopstellingen bij de drains en de referentie heeft daardoor een geringere drooglegging dan het perceeldeel met infiltratiedrains. Bij het perceel met een drooglegging van 40 cm wordt de stijghoogte in de zandlaag onder het veen niet gemeten. Daarom wordt in figuur 3.16 deze stijghoogte bij de drooglegging van 60 cm gepresenteerd. Deze stijghoogte bij de drooglegging van 60 cm zal door het lagere slootpeil wat lager zijn dan bij de drooglegging van 40 cm.

Het slootpeil blijkt in het algemeen ca. 10 cm hoger te zijn dan het streefslootpeil van 40 cm -mv. Echter in droge perioden zakt het slootpeil naar 40-50 cm -mv. De grondwaterstand midden tussen de infiltratiedrains blijkt in de winterperiode 2017/2018 bijna 20 cm lager te zijn dan bij de referentie. De grondwaterstand bij de infiltratiedrains is dan zelfs lager dan het slootpeil. Er wordt dan geïnfilterd vanuit de sloot. In de winterperiode duidt een lagere grondwaterstand dan het slootpeil op wegzijging en ook het feit dat de stijghoogte in de zandlaag onder het veen dat op ca. 55 cm -mv staat en daarmee ca. 25 cm onder het slootpeil staat. De referentie is in de winterperiode 2017/2018 veel natter en regeert ook sterk op neerslagpieken. De drainage van dit brede perceel gaat zonder drains en met een hoge slootwaterstand maar moeizaam. De wegzijging is wel zo groot dat de grondwaterstanden niet tot boven maaiveld komen. Al in het voorjaar van 2018 zakten de grondwaterstanden en de stijghoogte in het zand onder het veen. In eerste instantie zakt ook het slootpeil uit naar ca. 50 cm -mv, maar stijgt daarna weer tot ca. 30 cm -mv in de droogteperiode tot half augustus. Daarna zakt het slootpeil tot tweemaal toe opnieuw tot ca. 50 cm -mv. Omdat het filter bij de continumeting midden tussen de drains te ondiep is, kan niet dieper worden gemeten dan 70 cm -mv. Deze diepte wordt begin juni al bereikt. De handmetingen bij peilbuis SG_OD40_A1B laten zien dat ondanks de infiltratiedrains, de grondwaterstand midden tussen de drains uitzakt tot ca. 100 cm -mv.

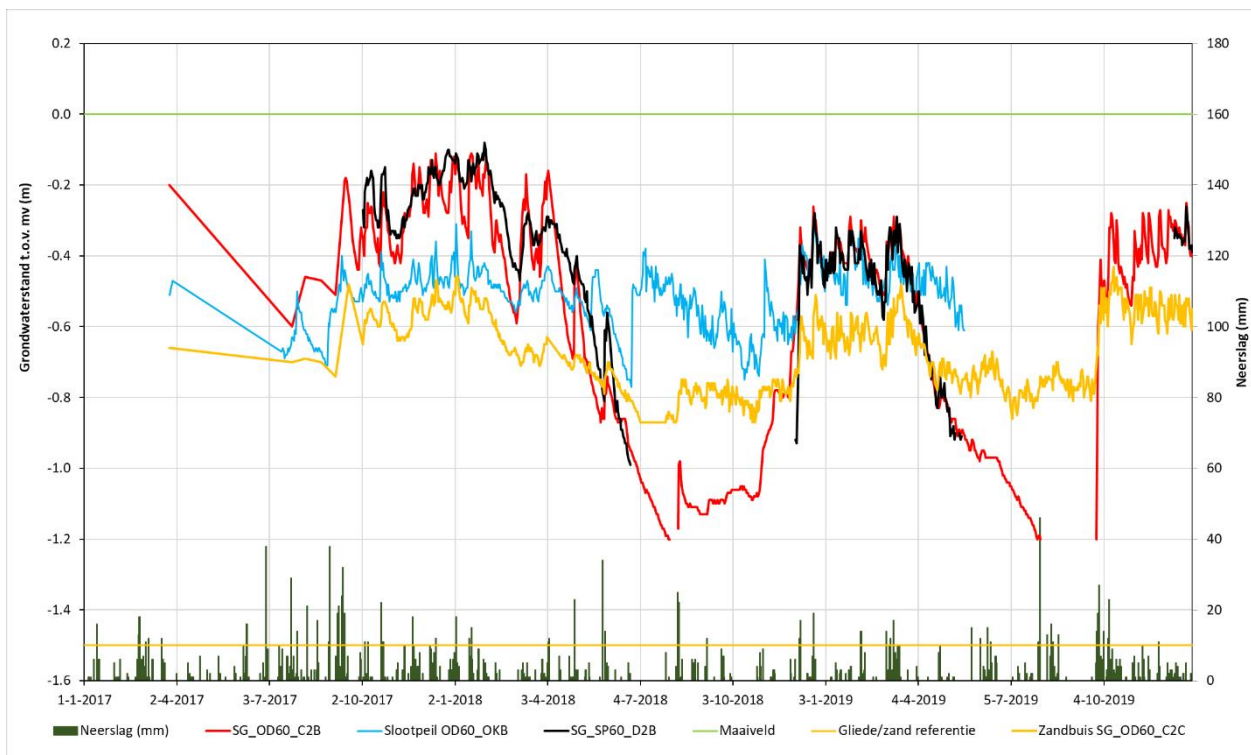


Figuur 3.16 Grondwaterstanden gemeten bij de referentie (peilbuis SG_SP40_B2B) en midden tussen de drains (SG_OD40_A2B en A1B) bij een streefslootpeil van 40 cm -mv. Grondwaterstand referentie t.o.v. het maaiveld bij de peilbuis SG_SP40_B2B (-1,41 m NAP); de grondwaterstanden t.o.v. het maaiveld bij respectievelijk peilbuis SG_OD40_A2B (-1,30 m NAP) en peilbuis SG_OD40_A1B (-1,33 m NAP). Het slootpeil is t.o.v. het maaiveld bij peilbuis SG_OD40_A1B (-1,33 m NAP). De zandbuis (SG_OD60_C2C, -1,33 m NAP) staat in het perceel met streefslootpeil 60 cm. Neerslag bij Koufudrigge.

Dit is ongeveer even diep als bij de referentie, die echter wel een 10 cm lager maaiveld heeft. De stijghoogte in de zandlaag zakte van begin februari tot begin juli van ca. 55 naar ca 80 cm -mv.

Van half juni tot half augustus 2018 zitten de grondwaterstanden van de referentie en midden tussen de infiltratiedrains onder de stijghoogte in de zandlaag, zodat er een zekere kwel optreedt. Ook oktober is vrij droog en pas eind oktober stijgen de grondwaterstanden sterk en ook de stijghoogte in het zand stijgt, maar minder hoog. In de winterperiode 2018/2019 wordt bij zowel de infiltratiedrains als bij de referentie ongeveer 30 cm -mv en daarmee gelijk aan het slootpeil. De stijghoogte is in deze winterperiode ca. 65 cm -mv. Het voorjaar en de zomer van 2019 laten eenzelfde beeld zien als in 2018. Daarbij is het verloop van de grondwaterstanden in de referentie en midden tussen de infiltratiedrains ongeveer gelijk. Het slootpeil zakt in mei 2019 tot ca. 50 cm -mv, maar is begin juni weer ca. 30 cm -mv. De metingen aan het slootpeil zijn daarna beperkt tot een enkele meting op 18 september, waarop het slootpeil op ca. 50 cm -mv staat. In de herfst zorgt een regenperiode begin oktober voor een stijging van de grondwaterstanden naar een grondwaterstand van ca. 10 cm -mv in de winter. De stijghoogte in het zand stijgt dan naar een plateau van ca. 55 cm -mv.

Figuur 3.17 laat bij het perceel met een drooglegging van 60 cm eenzelfde beeld zien als bij het perceel met een drooglegging van 40 cm, alleen zijn de grondwaterstanden met name in de zomer lager. Ook hier zijn de grondwaterstanden bij de referentie ongeveer gelijk aan die midden tussen de drains. Helaas zijn in de zomerperiode de grondwatermetingen bij de referentie uitgevallen en zakt midden tussen de drains het grondwater onder de filterdiepte van 120 cm -mv. In de zomer van 2018 zal deze 120 cm -mv inderdaad ongeveer de diepste grondwaterstand zijn, maar in 2019 is het onduidelijk en kan het nog iets dieper zijn geweest. De stijghoogte in de zandbuis SG_OD60_C2C is in de winterperiode 20-40 cm lager dan de grondwaterstand in het veen en in de zomerperiode 20-30 cm hoger dan de grondwaterstand in het veen. In de winterperiode is er dus wegzijging en in de zomerperiode kwel. Hoe groot de wegzijg- en kwelstromen zijn is moeilijk te bepalen, omdat dit sterk afhangt van de doorlatendheid van vooral de overgangslaag tussen veen en zand.



Figuur 3.17 Grondwaterstanden gemeten bij de referentie (peilbuis SG_SP60_D2B) en midden tussen de drains (SG_OD60_C2B) bij een streefslootpeil van 60 cm -mv. Grondwaterstand referentie t.o.v. het maaiveld bij de peilbuis SG_SP60_D2B (-1,28 m NAP); de grondwaterstanden midden tussen de drains t.o.v. het maaiveld bij peilbuis SG_OD60_C2B (-1,33 m NAP). Het slootpeil is t.o.v. het maaiveld bij peilbuis SG_OD60_C2B (-1,33 m NAP). De zandbuis (SG_OD60_C2C, -1,33 m NAP) staat in het perceel met streefslootpeil 60 cm. Neerslag bij Koufudrigge.

Het slootpeil is gemiddeld 10 cm hoger dan het streefslootpeil van 60 cm -mv, maar kent grote schommelingen die samenhangen met perioden van neerslag en droogte. In 2018 zakt het slootpeil van ca. 50 cm -mv eind mei naar 77 cm -mv op 25 juni 2018. Dat is onder de bovenkant van de infiltratiedrains, zodat lucht kan intreden en luchtinsluiting kan optreden. Dit kan het functioneren van de drains wat betreft drainage en infiltratie sterk verslechteren. Daarna wordt het slootpeil verhoogd tot ca. 40 cm -mv, waarna het gedurende de zomer weer uitzakt, totdat het op 15 en op 30 oktober op 75 cm -mv staat. Daarna stijgt het slootpeil eerst naar ca. 60 cm -mv en in de winterperiode naar ca. 45 cm -mv. In het voorjaar zakt het slootpeil naar 61 cm -mv op 20 mei 2019. Het is niet duidelijk of deze dalende trend daarna verdergaat, omdat de metingen van het slootpeil na 20 mei stoppen.

Geconcludeerd kan worden dat het waterinfiltratiesysteem door dalende en te lage slootpeilen in het voorjaar en de zomerperiode te weinig druk had om voldoende te infiltreren om de grasverdamping bij te houden. Daardoor zakten de grondwaterstanden diep uit, ondanks de kwelsituatie die ontstond doordat het freatische grondwaterstand in de veenlaag decimeters onder de stijghoogte lag. Ook de kwel blijkt niet voldoende om diepe grondwaterstanden te voorkomen. Waarschijnlijk is de grootte van de kwel beperkt geweest door een glijdelaaig in de overgang veen-zand. Hoewel in de BCS de doorlatendheid van het veen als 'goed' werd aangegeven, lijkt dit tegen te vallen. Een drainafstand van 6 m is dan te groot en ook zou het streefslootpeil op 30-40 cm -mv of liefst nog hoger moeten liggen en goed moeten worden gehandhaafd, met name als de gewasverdamping hoog is en het uiterste wordt gevraagd van de WIS. Dat een hoger streefslootpeil werkt, blijkt uit het feit dat de diepste grondwaterstanden bij de drooglegging van 40 cm ca. 20 cm hoger lagen dan bij de drooglegging van 60 cm -mv. Bij controle van de drains werd in 2018 geconstateerd dat de drains niet door modder werd verstopt. Echter, mogelijk is lucht in de drains getreden in het voor- en najaar van 2018 toen de slootpeilen bij het perceel met een drooglegging van 60 cm -mv ca. 7 cm onder de draindiepte van 70 cm -mv uitzakten. Door de lucht die dan in de drain dringt, kunnen luchtinsluitingen ontstaan, die de doorstroming van water hinderen en zelfs kunnen stoppen. Dit zou een extra reden kunnen zijn voor het slechte functioneren van de WIS.

3.1.8 Aldeboarn (DK)

Bij Aldeboarn is een passief Water Infiltratie Systemen (WIS, onderwaterdrains) aangelegd. Op een perceelhelft met een breedte van ca. 50 m zijn over een lengte van ca. 180 m infiltratiedrains om de 6 m aangelegd (vak F). Het einde van de perceelhelft zonder drains is als schaduwperceel (referentie) genomen (vak G). De infiltratiedrains in vak F komen aan de noordzijde uit op een sloot 1, die met een pendam is verdeeld in een oostelijk deel en een westelijk deel. Het oostelijke deel van sloot 1, waarop de infiltratiedrains van vak F uitkomen, heeft een gereguleerd streefslootpeil van 60 cm -mv. Sloot 3 aan de oostzijde van vak F is een tochtsloot met een polderpeil dat gereguleerd wordt door het Wetterskip. Aan de westzijde van vak F ligt de andere helft van het perceel (vak E) met daar tussen een diepe greppel. Aan de westelijke zijde van vak E ligt sloot 2 met een gereguleerd streefslootpeil van 40 cm -mv, die aan de noordzijde aansluit op het westelijke deel van sloot 1. Ook in vak E zijn in de lengte infiltratiedrains om de 6 m aangebracht. Deze komen noordelijk uit in het westelijke deel van sloot 1 met een streefslootpeil van 40 cm -mv. De geplande diepte van de bovenkant van de infiltratiedrains is 75 cm -mv. Deze locatie was onderdeel van het project 'Monitoring veenoxidatiesnelheden en broeikasgasemissies PF-2016/165140' van de Radboud Universiteit Nijmegen (Fritz et al., 2021).

3.1.8.1 Profielbeschrijvingen BCS en bij bodemfysische bemonstering

De beschrijving bij de Bodem Conditie Score (BCS) (Van Berkum, 2016, 2018) geeft aan dat het kleidek in het proefperceel (van oorsprong) in dikte afnam van zuid naar noord, maar de laag kleigrond is ondertussen vooral gebruikt om twee akkers (een oostelijke en een westelijke helft) rond te leggen. In het midden zit wel een 50 cm dikke laag kleigrond. Daarbij zijn veel greppels in het perceel dichtgemaakt, die nu zichtbaar zijn als natte plekken door inklinking. Het dikke kleidek is goed poreus en redelijk beworteld, ook het veen eronder is tot bijna 1 m diepte beworteld op de westelijke helft (vak E) en tot 70 cm diepte boven op de oostelijke helft (vak F). Dit veen is veraard en poreus tot bijna 1 m diepte. Bij de bodemfysische bemonstering werd de GLG geschat op 80 cm -mv.

Tabel 3.7 Profielbeschrijvingen bij de Bodemconditiescore (BCS) en bij de bodemfysische bemonstering bij de referentie en bij de infiltratiedrains (Bofy).

PROFIELBESCHRIJVING BCS			
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Doorlatendheid (schatting)	Opmerkingen
0.00 - 0.30	Humeuze klei	redelijk	blijft lang nat op mv
0.30 - 0.50	Zware klei of kleig veen gemengd	matig , zwelt dicht	lage P
0.50 - 1.00	Zeer poreus veraard, los veenmosveen (s)	goed	
1.00 -	Bruin veenmos- (s) of rietzeggeveen (rc)	redelijk	

PROFIELBESCHRIJVING Bofy Referentie		PROFIELBESCHRIJVING Bofy infiltratiedrains	
Diepte (in m-mv)	Omschrijving	Diepte (in m-mv)	Omschrijving
0.00 - 0.25	Humeuze klei	0.00 - 0.25	Humeuze klei
0.25 - 0.50	Humeuze klei, verwerkt	0.25 - 0.40	Humeuze klei, verwerkt
0.50 - 0.60	Sterk veraard veen, org.stofgehalte 70%	0.40 - 0.80	Sterk veraard veen, org.stofgehalte 70%
0.60 - 0.80	Veraard veenmosveen, o.s. 80%	0.80 - 1.60	Veenmosveen, o.s. 90 %
0.80 - 1.90	Veenmosveen, o.s. 90 %	1.60 - 1.95	Zeggeveen, o.s. 85%
1.90 - 2.20	Zeggeveen, o.s. 80%	1.95 - 2.05	Kleig veen, o.s. 50%
2.20 - 2.30	Kleig veen, o.s. 50%	2.05 - 2.20	Zwak lemig fijn zand, org. stofgehalte 2%
2.30 - 2.60	Zwak lemig fijn zand, org. stofgehalte 2%		

In Tabel 3.7 zijn de bodemprofielbeschrijvingen gepresenteerd van de BCS en behorende bij de bodemfysische bemonstering (Bofy). De zandlaag blijkt op een diepte van ca. 205 cm en bij de drains op een diepte van 230 cm bij de referentie te liggen. De kleilaag is bij de referentie 50 cm dik en daarmee 10 cm dikker dan bij het drainperceel. Officieel is de referentie een kleigrond en het bodemprofiel een klei-op-veen (Drechtvaaggrond). Het drainperceel is een veengrond met een dun kleidek (Waardveengrond). Boven het zand ligt een dunne laag amorf kleig veen met waarschijnlijk een slechte waterdoorlatendheid. In de BCS wordt de doorlatendheid van de kleilagen als redelijk tot slecht ingeschat. De dikke laag tot 1 m diepte

daaronder wordt als goed doorlatend gekenschetst. Met de boorgatenmethode zijn horizontale doorlatendheden van mediaan 2,3 cm/dag en gemiddeld 9,1 cm/dag gemeten, wat duidt op een geringe tot matige doorlatendheid. Bij een doorlatendheid van 2,3 cm/dag blijkt de noodzakelijke infiltratiecapaciteit van 3 mm/dag zelfs niet haalbaar bij infiltratiedrains om de 4 m en een grondwaterstand van ca. 30 cm lager dan het slootpeil. Bij een doorlatendheid van 9,1 cm zou echter wel een infiltratie van 3 mm/dag kunnen worden bereikt. De infiltratiedrains liggen echter om de 6 m, waardoor de grondwaterstand duidelijk dieper moet zakken dan 10 cm onder het slootpeil om voldoende infiltratie te kunnen bereiken.

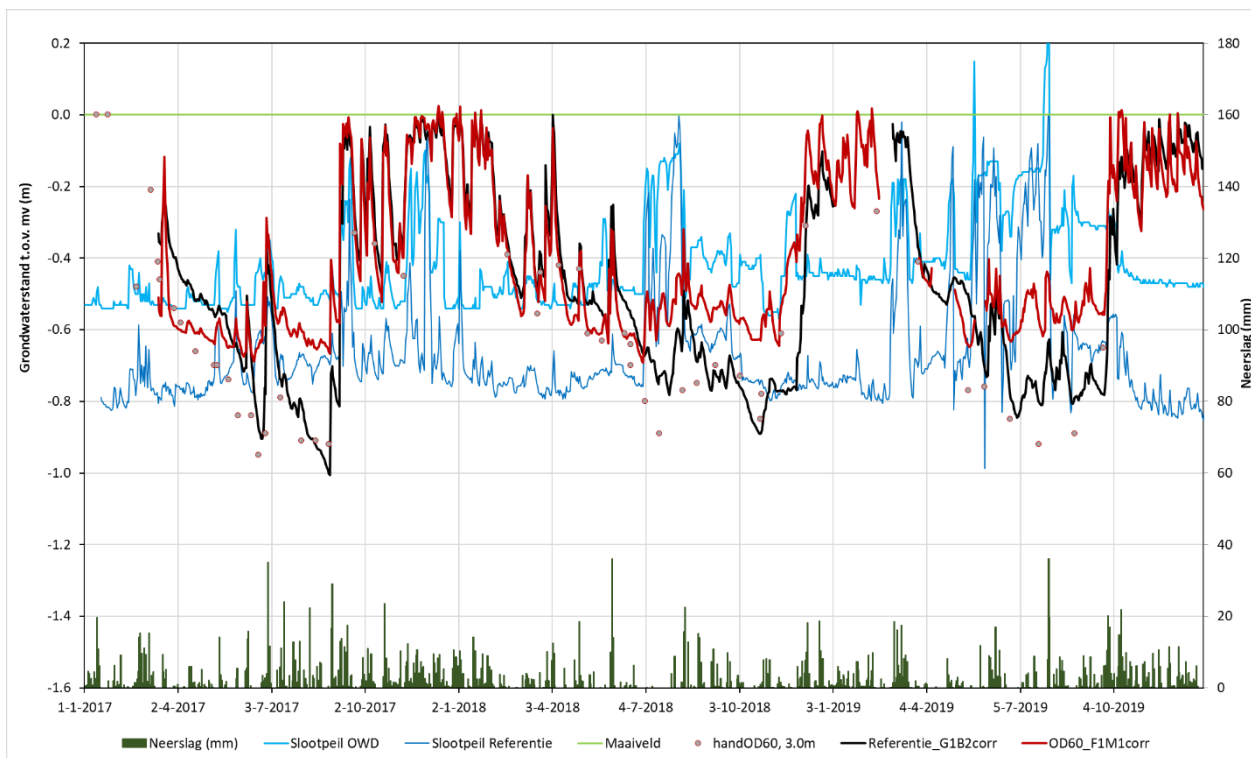
3.1.8.2 Grondwaterstanden bij de infiltratiedrains en de referentie

In figuur 3.18 zijn de slootpeilen en grondwaterstanden bij het perceeldeel met een drooglegging van 60 cm gepresenteerd. Het slootpeil van sloot 1 is 60 cm -mv en sluit aan op de beschouwde infiltratiedrains. Uit figuur 3.18 blijkt dat het slootpeil in veel gevallen hoger ligt dan 60 cm -mv en soms zelfs stijgt tot boven het maaiveld ter plekke van peilbuis DK_OD60_F1M1. In juli 2018, juni en juli 2019 zijn de slootpeilen met opzet hoog gezet om te diep uitzakken van de grondwaterstand tijdens droogte te voorkomen. In 2019 is het perceel daarvoor feitelijk deels onder water gezet. Ook in natte perioden in de winter stijgt het slootpeil soms fors boven het streefslootpeil. Het slootpeil van sloot 3 (de oostelijke sloot) heeft de meeste invloed op het referentiedeel van het perceel. Deze sloot wordt beheerd door het Wetterskip en heeft een duidelijk lager slootpeil van ca. 80 cm -mv, dat echter geregeld hoger ligt en ook sterk wordt beïnvloed door natte perioden en waarbij in droge tijden het slootpeil ook hoger wordt gezet.

In 2017 zakt het grondwater in het referentiedeel diep uit, tot 100 cm -mv. Dit is ca. 30 cm dieper dan bij het deel met de infiltratiedrains op 1,5 m vanaf de drain. In het midden tussen de infiltratiedrains volgt uit de handmetingen een laagste grondwaterstand van 95 cm -mv. Dit is ca. 40 cm onder het slootpeil. De doorlatendheid van het veen en de infiltratiecapaciteit van de drains blijken onvoldoende te zijn, waardoor de freatische grondwaterstand tussen de infiltratiedrains een sterk holle ligging krijgt. Hoewel de zomer van 2018 droger is dan 2017, zakt de grondwaterstand in de referentie minder diep uit dan in 2017, omdat in 2018 begin juli en later in begin augustus het referentieslootpeil tot 25 cm -mv respectievelijk tot aan maaiveld wordt verhoogd. Waarschijnlijk is daarbij het perceel ook bevoeid. In de droge oktobermaand zakt de grondwaterstand alsnog flink uit naar ca. 90 cm -mv. Het slootpeil is op dat moment ca. 75 cm -mv. Begin juli 2018 wordt ook het slootpeil bij de infiltratiedrains gedurende een maand verhoogd tot ca. 10 tot 20 cm -mv. Dit blijkt goed te werken en de freatische grondwaterstand op 1,5 m vanaf de drain stijgt in korte tijd van ca. 70 cm -mv naar ca. 50 cm -mv. In het midden tussen de infiltratiedrains laat een handmeting op 17 juli echter zien dat daar de grondwaterstand uit is gezakt tot 89 cm -mv. Dat is ca. 30 cm dieper dan de grondwaterstand op 1,5 m vanaf de drain. In de droge oktobermaand zakken de grondwaterstanden midden tussen de drains (op 3 m van de infiltratiedrains) op 24 oktober tot 85 cm -mv uit, ongeveer even diep als in de referentie. Op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain is de grondwaterstand dan 63 cm -mv en het slootpeil ca. 40 cm -mv. In 2019 is er een droge periode vanaf half maart tot begin juni, waarin in eerste instantie de grondwaterstand op 1,5 m van de infiltratiedrains ondanks een slootpeil van ca. 40 cm -mv even snel zakt als bij de referentie. Pas eind juni, als het slootpeil bij de drains wordt verhoogd tot ca. 20 cm -mv, zakt de grondwaterstand op 1,5 m van de drains niet verder en zakt dan niet onder de 60 cm -mv. Bij zowel de referentie als midden tussen de drains zakt de grondwaterstand verder naar beneden tot 80-90 cm -mv, ondanks twee perioden van ongeveer twee weken waarin het slootpeil bij de referentie hoog tot zeer hoog wordt gezet.

De drainerende werking blijkt in alle winters in de meetperiode 2017-2019 niet voldoende te zijn om de zode droger te houden dan bij de referentie het geval is. Het slootpeil is daarbij bij de infiltratiedrains ca. 50 cm -mv en bij de referentie ca. 80 cm -mv.

Geconcludeerd kan worden dat de referentie feitelijk geen echte veengrond is, omdat de kleideklaag dikker is dan 40 cm. Het drainperceel is met zijn kleidekdikte van 40 cm nog net een waardveengrond. Het verschil in kleidekdikte bemoeilijkt de vergelijking tussen drainperceel en referentie. Niet alleen wat betreft de CO₂-emissie, maar ook wat betreft de hydrologische situatie. Uit het feit dat het veen onder de kleidekken sterk veraard is, blijkt dat de klei bij droogte scheurt waardoor lucht (dus zuurstof) en water preferent de diepte in kunnen. Een dikkere kleilaag zal later volledig gescheurd zijn en daarmee invloed hebben op infiltratie door regen, hoge slootpeilen, greppelinfiltratie en bevoeiing.



Figuur 3.18 Grondwaterstanden gemeten bij de referentie (peilbuis DK_SP_G1B2) en op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain (DK_OD60_F1M1). Grondwaterstanden en slootpeil referentie ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuis DK_SP_G1B2 (-1,02 m NAP) versus de grondwaterstanden en slootpeil OWD ten opzichte van het maaiveld bij peilbuis DK_OD60_F1M1 (-1,14 NAP). De grondwaterstanden G1B2 en F1M1 zijn gecorrigeerd met de handmetingen. Het maaiveld bij de referentie ligt 12 cm hoger dan bij de infiltratiedrains. Van de grondwaterstand midden tussen de drains (peilbuis DK_OD60_3.0m) zijn alleen handmetingen beschikbaar. Neerslag meteostation Sneek.

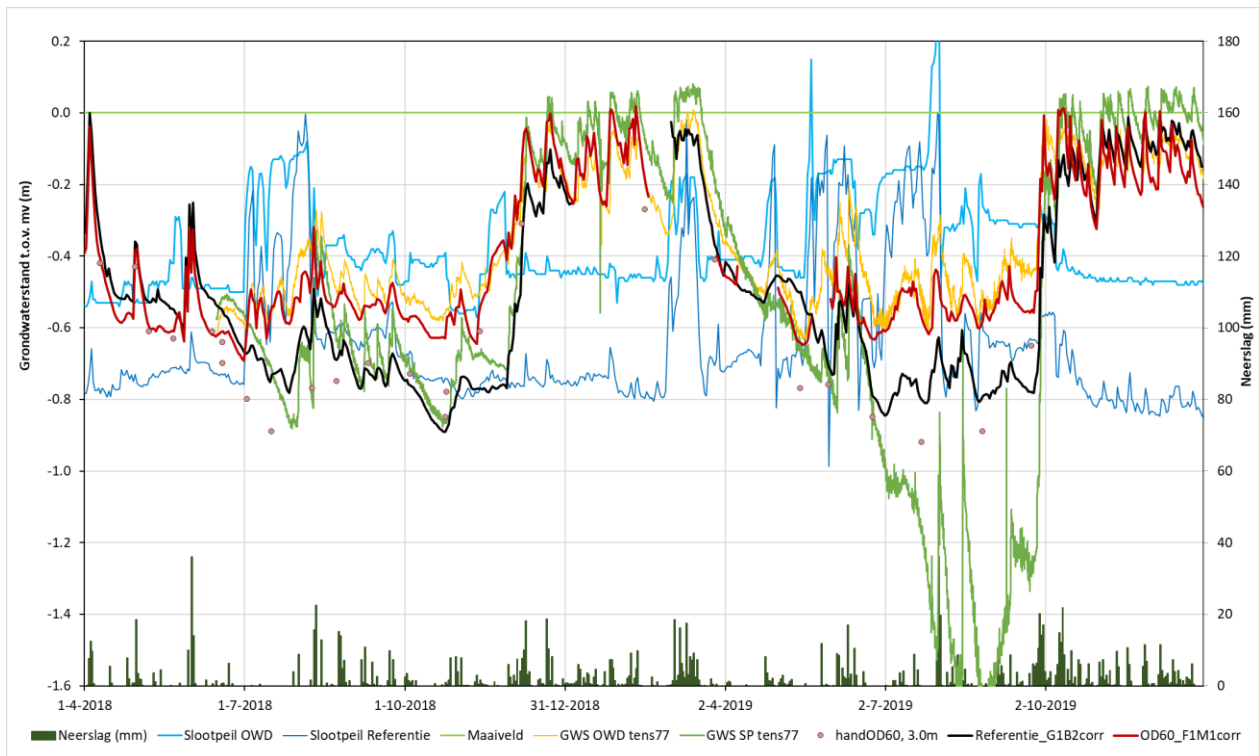
De infiltratiedrains blijken goed te werken, zeker als het slootpeil wordt verhoogd. Uit de metingen blijkt dat dit ook bij Aldeboarn in het algemeen te laat gebeurt. De infiltratiecapaciteit is door de slootpeilverhoging dan wel voldoende om op 1,5 m van de drain de grondwaterstand te verhogen, maar midden tussen de drains, op 3 m afstand van de drains, zakt de grondwaterstand toch nog verder uit. Blijkbaar kan de infiltratie bij een droge periode de verdamping niet voldoende bijhouden om ook de grondwaterstand midden tussen de drains hoog te houden. Bij tijdig het slootpeil verhogen en een drainafstand van 4 m zou dit waarschijnlijk wel lukken.

3.1.8.3 Grondwaterstanden en vochtspanningen bij de CO₂-meetopstellingen bij het OWD-perceel en het referentieperceel

In figuur 3.19 zijn, net als in figuur 3.18, de grondwaterstanden bij de CO₂-metingen gepresenteerd bij het deel met infiltratiedrains en de referentie, maar dan vanaf 1 april 2018. Daarnaast is bij het deel met infiltratiedrains en bij de referentie de grondwaterstand gepresenteerd zoals berekend uit de vochtspanningen gemeten op 77 cm diepte.

Het blijkt dat bij het perceel met infiltratiedrains de grondwaterstanden gemeten met de tensiometer op 77 cm diepte in de in de winterperioden ongeveer gelijk, maar in de zomerperioden gemiddeld ca. 5 cm hoger zijn dan gemeten met de peilbuis F1M1. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de tensiometer iets dichterbij de drain ligt dan de peilbuis of door de heterogeniteit van de grond. Uit de grondwaterstandmetingen midden tussen de infiltratiedrains blijkt dat deze gemakkelijk 30 cm lager kunnen zijn dan gemeten met de peilbuis op 1,5 m afstand van de drain. De helling in de freatische grondwaterstand is dus groot en een kleine horizontale opschuiving van het punt waar de grondwaterstand of vochtspanning wordt gemeten, kan al centimeters verschil in meetwaarde voor de grondwaterstand opleveren. Daarnaast zal de diepte van de tensiometer ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuis niet precies 77 cm zijn. Uit de wintermetingen volgt echter wel dat deze diepte niet veel zal verschillen van 77 cm. In de periode van 17 februari 2019 tot 1 juni 2019 ontbreken

metingen van de grondwaterstand met de peilbuis. Deze ontbrekende metingen kunnen goed worden aangevuld met de berekende grondwaterstanden uit de tensiometerwaarden.

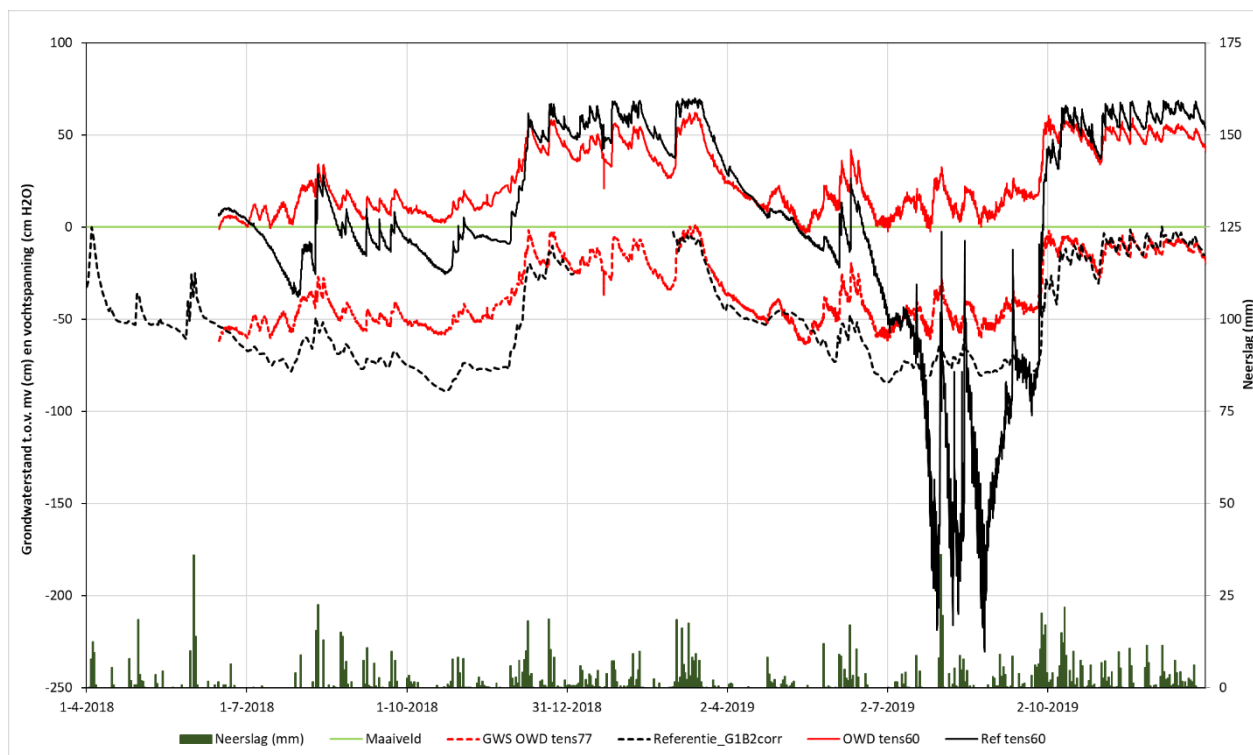


Figuur 3.19 Grondwaterstanden gemeten bij de CO₂-emissiemetingen. Grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij de peilbuizen OD60_F1M1 (-1,14 m NAP, op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain) versus de grondwaterstanden en slootpeil ten opzichte van het maaiveld bij peilbuis SP_G1B2 van de referentie (-1,02 m NAP). GWS OWD tens77 is de grondwaterstand op 1,5 m van de infiltratiedrain berekend uit de vochtspanningsmeting op 77 cm diepte. GWS_SP_tens77 is de grondwaterstand bij de referentie berekend uit de vochtspanningsmeting op 77 cm diepte.

Bij de referentie komen de grondwaterstanden gemeten met de peilbuis en zoals berekend uit de tensiometerwaarden op 77 cm diepte redelijk overeen, behalve in de zomer van 2019. Van half juli 2019 tot eind september 2019 zijn de berekende grondwaterstanden veel te laag, wat betekent dat in die periode het veen op 77 cm diepte uitdroogt tot een vochtspanning van ca. -95 cm H₂O. De grondwaterstand zoals gemeten met de peilbuis ligt op dat moment op ca. 80 cm -mv, dus slecht 5 cm dieper dan de installatiediepte van de tensiometer. Dat de vochtspanning op 5 cm boven de grondwaterstand -95 cm H₂O is, duidt op vochtonttrekking door wortels. Een vochtspanning van -95 cm H₂O is bijna optimaal voor veenafbraak, dus indien de lucht en zuurstof goed tot een diepte van 77 cm kunnen doordringen, kan er veel veen afbreken en CO₂ worden gevormd.

In figuur 3.20 zijn de vochtspanningen op een diepte van 60 cm (OWD tens60) op 1,5 m afstand van de infiltratiedrains en op een diepte van 60 cm (Ref tens60) van de referentie aangegeven. Daarnaast zijn de grondwaterstanden gegeven van de referentie (Referentie_G1B2corr) en het perceel met de infiltratiedrains, waarvan de grondwaterstand berekend uit de tensiometer op 77 cm is gegeven (GWS OWD tens77). De tensiometers zijn in juni 2018 geïnstalleerd, aan het begin van een lange droge periode. In verband met de droogteperiode is op 1 juli 2018 tot de eerste week van augustus het slootpeil bij zowel de infiltratiedrains als de referentie verhoogd naar ca. 20 cm -mv. Bij de referentie zakt het slootpeil vervolgens al snel omlaag tot ca. 40 cm -mv, maar eind juli/begin augustus werd het slootpeil van de referentie een korte periode verhoogd tot 10 cm -mv (zie figuur 3.19). Het slootpeil bij de infiltratiedrains bleef beter op peil en werd langzaam verhoogd naar ca. 10 cm -mv. Bij de infiltratiedrains resulteerde de slootpeilverhoging onmiddellijk in een grondwaterstandverhoging en het uitzakken van de grondwaterstand werd daardoor gekeerd. De tensiometer op 60 cm diepte laat zien dat het veen op die diepte de verdere zomer en herfst verzadigd blijft,

ondanks een droge periode in oktober. De grondwaterstand zakt wel onder het kleidek in het veen. Direct onder de kleilaag vindt dus wel afbraak plaats. Bij de referentie leek er weinig effect te zijn van de slootpeilverhoging op de grondwaterstand en deze zakte uit tot ca. 80 cm -mv eind juli en ca. 90 cm -mv in oktober. De tensiometer op 60 cm diepte laat dan ook zien dat tot 28 november het veen op 60 cm diepte langere perioden onverzadigd is.



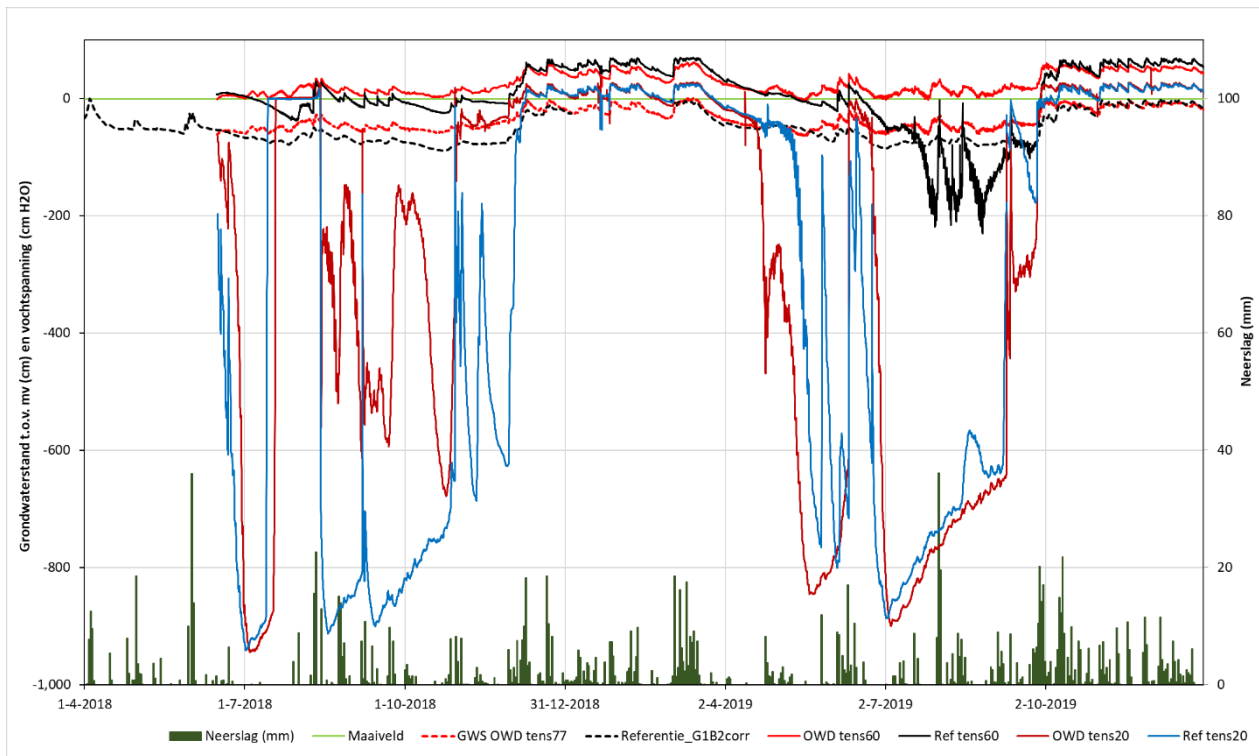
Figuur 3.20 Gemeten vochtspanningen en grondwaterstanden bij de CO₂-emissiemetingen. De vochtspanning OWD tens60 is op 60 cm diepte en op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain gemeten. De vochtspanning Ref tens60 van de referentie is ook op 60 cm diepte gemeten. GWS OWD tens77 is de grondwaterstand op 1,5 m van de infiltratiedrain berekend uit de vochtspanning gemeten op 77 cm diepte. Referentie_G1B1corr is de gecorrigeerde grondwaterstand bij de referentie.

Ook in 2019 slaagt men erin om de grondwaterstand bij de infiltratiedrains min of meer boven de 60 cm -mv te houden en blijkt uit de tensiometerwaarden op 60 cm diepte dat de grond daar verzadigd blijft (figuur 3.20). Wel zal het veen direct onder de kleideklaag niet verzadigd en aan afbraak onderhevig zijn. Bij de referentie is de situatie veel ongunstiger en zakt de grondwaterstand van begin juli tot eind september uit tot ca. 85 cm -mv, waarbij de vochtspanning op 60 cm -mv daalt tot ca. -220 cm H₂O. De omstandigheden voor veenafbraak zijn bij deze vochttoestand nog steeds goed, zodat de veenafbraak bij de referentie waarschijnlijk een veelvoud is van die bij het perceel met de infiltratiedrains.

Figuur 3.21 is een kopie van figuur 3.20, maar dan met de vochtspanningen gemeten met de tensiometers op 20 cm diepte. Daarbij moet worden bedacht dat tensiometers tot ca. -900 cm H₂O kunnen meten, omdat dan vaak lucht in het keramische materiaal wordt getrokken. Daarna zijn de meetwaarden minder betrouwbaar en moeten de keramische cups met ontluicht water worden gespoeld. In figuur 3.21 blijkt dat ondanks de slootpeilverhoging vanaf 1 juli het kleidek de eerste helft van juli 2018 bij zowel de referentie als bij de infiltratiedrains uitgedroogd blijft. Daarna blijkt de kleilaag bij de infiltratiedrains natter te worden en bij de tweede droge periode in oktober is de kleilaag bij de infiltratiedrains vochtiger dan bij de referentie. Rond 30 oktober is de kleilaag bij de infiltratiedrains door een paar regenbuien weer nat. Bij de referentie blijft de kleilaag heel november nog vrij droog en pas 29 november is deze weer nat. Door de droogte zal de kleilaag bij de referentie waarschijnlijk tot eind november door en door zijn gescheurd, waardoor lucht en water gemakkelijk doordringen tot in het onderliggende veen. Bij de infiltratiedrains zal de onderzijde van de

kleideklaag door de hogere grondwaterstand waarschijnlijk veel natter zijn dan bij de referentie. Het is echter onduidelijk of dit voldoende is om volledig doorscheuren van de kleideklaag te voorkomen.

In 2019 lijkt er wat betreft uitdroging weinig verschil te zijn tussen de referentie en het perceel met onderwaterdrains. Het lijkt er zelfs op dat bij de onderwaterdrains de deklaag eerder uitdroogt dan bij de referentie. Een mogelijke oorzaak is waarschijnlijk het droge voorjaar van 2019. Omdat de infiltratiedrains ook draineren en het slootpeil pas kortstondig eind april en langduriger eind mei werd verhoogd, kon de kleideklaag al vroeg in het jaar verdrogen. Het lijkt erop dat ondanks de slootpeilverhoging en de gerealiseerde hogere grondwaterstand, het kleidek bij de infiltratiedrains niet goed meer van onderen kon worden bevochtigd. Daarbij moet worden bedacht dat op de klei het gras veel water onttrekt aan de kleilaag en droge klei een zeer lage doorlatendheid en capillaire werking heeft.



Figuur 3.21 Kopie van figuur 3.20 waaraan de gemeten vochtspanningen in de klei-deklaag zijn toegevoegd. De verticale schaal loopt nu tot -1000 cm H₂O. De vochtspanning OWD tens20 is op 20 cm diepte en op 1,5 m vanaf de infiltratiedrain gemeten. De vochtspanning Ref tens20 van de referentie is ook op 20 cm diepte gemeten.

Daarnaast kan neerslag snel via de scheuren in het kleidek naar de ondergrond worden afgevoerd. Al met al blijft bij zowel de referentie als bij de infiltratiedrains de kleideklaag tot begin augustus droog. Zoals blijkt uit de vochtspanningen op 60 cm diepte, droogt bij de referentie ook de veenlaag in zekere mate uit. De natte herfst maakt een einde aan de droogte en vanaf 2 oktober zijn zowel veen als kleidek nat.

Geconcludeerd kan worden dat het kleidek bij de referentie veel sterker uitdroogt dan bij de infiltratiedrains, maar dan is het wel van groot belang dat het slootpeil tijdig wordt verhoogd om het kleidek vochtig te houden en om te verhinderen dat er kripscheuren ontstaan die tot in het veen reiken. Een eenmaal uitgedroogd en sterk gescheurd kleidek kan alleen met grondwaterstanden die langere tijd tot in het kleidek staan, worden vernat. Door de kripscheuren en waarschijnlijk ook hydrofobie blijkt het kleidek bij de referentie moeilijk te herbevochtigen. In 2018 was dit pas begin december het geval en in 2019 pas eind september door een serie regenbuien in combinatie met de daaruit volgende hoge grondwaterstanden. De waarnemingen bij de infiltratiedrains zijn sterk beïnvloed door het langdurig verhogen van het slootpeil gedurende de droge zomer van 2018. Bij de referentie zijn de slootpeilverhogingen weinig effectief. Wellicht zou veel eerder het slootpeil verhogen wel wat effectiever zijn. Door het droge voorjaar van 2019 droogde al

in een vroeg stadium de grond en met name het kleidek uit. De slootpeilverhogingen waren te laat om te ver uit te drogen en te diepe scheurvorming te voorkomen. De slootpeilverhoging bij de infiltratiedrains resulteerde wel in een grondwaterstandverhoging tot bijna in het kleidek, maar kon niet leiden tot een goede herbevochtiging en dicht zwellen van de krimpscheuren in het kleidek. Met een tijdige slootpeilverhoging zou dit misschien wel zijn gelukt, omdat sterk uitdrogen zou zijn verhinderd. Idealiter zou men de grondwaterstand al vanaf het vroege voorjaar tot net in het kleidek willen houden. Met infiltratiedrains om de 6 m en een goed slootpeilmanagement lijkt dit misschien net te kunnen lukken. Wat echter zorgen baart, is dat uit de grondwaterstandmetingen midden tussen de drains blijkt dat in droge perioden daar de grondwaterstand 30 cm dieper kan zijn dan op 1,5 m vanaf de drain. De infiltratie kan de verdamping blijkbaar niet voldoende compenseren. Met infiltratiedrains om de 4 m kan dit waarschijnlijk wel.

3.1.9 Samenvatting bevindingen grondwaterstandmetingen

Nadere beschouwing van de meetresultaten leert dat een aantal peilbuizen in het veen droog of bijna droog valt. Desondanks kan in het algemeen aan de hand van de weergave van de grondwaterstanden in de tijd in grafieken goed worden vastgesteld of met de infiltratiedrains een voldoende verhoging van de grondwaterstand kan worden gerealiseerd.

Bij veel locaties was de veenlaag dunner dan 1,50 m met daaronder een zandondergrond. Dit kan de waterhuishouding in zo'n perceel zeer sterk beïnvloeden, waardoor interpretatie van de meetgegevens moeilijk wordt. Een afsluitende gliedelaag was daarbij vaak niet overal aanwezig en waar deze aanwezig was, was dit niet bij elk perceel integraal aanwezig. Ook waren er percelen met zandkoppen en -ruggen, waardoor de infiltratiedrains mogelijk deels in de veenlaag en deels in de zandondergrond liggen. Omdat sloten in veel gevallen tot in de zandondergrond zijn gegraven, wordt in de zandondergrond de grondwaterstijghoogte op regionale schaal tot op perceelschaal door sloten, drains en infiltratie uit de veenlaag beïnvloed. Dit kan het effect van WIS of AWIS op de grondwaterstand in het veen in hoge, maar slecht te kwantificeren mate versterken of verzwakken.

De met de boorgatenmethode gemeten horizontale doorlatendheden bleken bij alle locaties behalve Gersloot laag tot zeer laag. De met de methode Hooghoudt berekende verlaging van de grondwaterstand midden tussen de infiltratiedrains op 4 m onderlinge afstand, bleek daardoor meestal 30 cm of meer onder het slootpeil te zijn. Daarbij werd rekening gehouden met een te realiseren infiltratie van 3 mm/d. Bij een slootpeil van 60 cm -mv komt men dan op diepste grondwaterstanden van 90 cm -mv en dieper. Dit blijkt in de praktijk ook te gebeuren en in het droge jaar 2018 zakten ook bij de percelen met infiltratiedrains de grondwaterstanden tot onder de 90 cm -mv. Wel zakten de grondwaterstanden in de referentiepercelen vaak nog 10 tot 20 cm dieper uit. De infiltratiedrains functioneren dus wel, maar de infiltratie is niet voldoende om de gewasverdamping bij te houden. Houdt men er rekening mee dat bij verschillende locaties de drainafstanden groter zijn dan 4 m, dan functioneren de infiltratiedrains eigenlijk beter dan berekend. Een berekening met de methode Hooghoudt lijkt dus feitelijk aan de wenselijke veilige kant te zitten.

Een mogelijkheid om bij de onderzochte locaties met infiltratiedrains toch hogere grondwaterstanden te realiseren, is het verhogen van het slootpeil. Dat is bij verschillende locaties na het inzetten van een droge periode ook daadwerkelijk gebeurd. Rekening houdend met de met Hooghoudt berekende uitzakking tussen de drains, zou het slootpeil met 30 cm of meer moeten worden verhoogd. De slootpeilverhogingen die met name in 2018 zijn uitgevoerd, waren echter in alle gevallen te laat en meestal te weinig. Mede geholpen door vaak lagere slootpeilen dan het streefslootpeil van 60 cm -mv, was bij alle percelen met infiltratiedrains de grondwaterstand al onder de 60 cm -mv uitgezakt voordat het slootpeil (meestal te weinig) werd verhoogd. Soms zakte in de droge periode zelfs het slootpeil nog eerst vele centimeters lager voordat het slootpeil werd verhoogd. Dit houdt in dat in het begin van een droge periode: (1) het bodemvocht in de veenlaag boven het slootpeil voor een belangrijk deel is afgevoerd door drainage, (2) de infiltratie via de drains nog bijzonder klein is doordat de grondwaterstand maar enkele centimeters lager ligt dan het slootpeil en (3) de gewasverdamping bijna maximaal is. De enige mogelijkheid om verder zakken van de grondwaterstand te voorkomen, is op dat moment een slootpeilverhoging van 30 cm of meer om een evenwicht aan te brengen tussen gewasverdamping en infiltratie. Om enige noodzakelijk reserve te hebben, zal in de praktijk het slootpeil ruim voor een te verwachten droge periode moeten worden verhoogd. Het onbedoeld laten uitzakken van slootwaterstanden in het voorjaar en in de zomer is desastreus voor een WIS en een goede

handhaving van het streefslootpeil is essentieel. Het tijdig verhogen van het slootpeil als de gewasverdamping hoog is, kan de effectiviteit van de WIS om de grondwaterstand hoog te houden sterk verbeteren.

Een Actief Water Infiltratie Systeem (AWIS), waarbij de infiltratiedrains direct of via een verzamelbuis op een te regelen waterreservoir is aangesloten, is een systeem waarbij door het waterpeil in het reservoir tot (bijna) aan maaiveld te zetten, de infiltratie de gewasverdamping kan overtreffen. Worden door neerslag de grondwaterstanden te hoog, dan kan door het waterpeil in het reservoir op 20 cm boven de bovenkant drain te zetten het perceel sterk worden gedraineerd. Op deze wijze kan de grondwaterstand goed worden gestuurd op een streefgrondwaterstand (Hoving et al., 2018; 2021). AWIS blijkt bij de locatie Kou-BR in principe goed te kunnen werken, maar dit viel door aanwijsbare problemen in de praktijk tegen. Problemen die optraden, waren dat het peil in het reservoir te laag en niet hoog genoeg werd ingesteld en bovendien de energievoorziening bestaande uit zonnecellen en accu's niet voldoende capaciteit had, waardoor 's nachts het reservoir 'leegliep' in de AWIS en de infiltratie stopte. Daarnaast is het slootpeil vaak lager geweest dan het streefpeil van 60 cm -mv, waardoor de sloot het perceel draineert waar men de grondwaterstand hoog wil houden. In de praktijk blijkt dat door die slootdrainage veel water verloren gaat, die met de AWIS weer extra moet worden geïnfiltereerd (Hoving et al., 2018; 2021).

Een inspectie aan de draininlaten in 2018 liet zien dat bij een enkele locatie 1/3^e tot meer dan de helft van de draininlaten verstopt, weg of beschadigd waren. Vaak kwam dit door te ondiepe sloten of te korte eindbuizen. Bij deze locaties zullen de grondwaterstanden in droge perioden lager zijn geweest dan had gekund. In Spanga kan lucht in de drain zijn gekomen en ingesloten, doordat het slootpeil onder de draindiepte zakte. Luchtinsluiting beperkt de infiltratie en drainage sterk. Ook in projecten met infiltratiedrains in het westelijke veenweidegebied zijn voorbeelden van verstopte en beschadigde drains. Op zich zijn de problemen met beschadigde en verstopte infiltratiedrains in het westelijke veenweidegebied reden geweest om meer te gaan werken met verzamelbuizen en centrale verzamelpunten die met één buis met een diepe sloot zijn verbonden. Deze constructie maakt het ook eenvoudig om de PWIS op te schalen naar een AWIS.

Achteraf gezien kan worden geconcludeerd dat voor een goed functionerende PWIS of AWIS waarmee met voldoende zekerheid de CO₂-emissies kunnen worden gehalveerd, hogere eisen moeten worden gesteld aan het ontwerp, de aanleg, onderhoud en sturing van de waterpeilen dan in dit project was voorzien. Daarbij moet worden bedacht dat de huidige doelstelling van een halvering van de CO₂-emissie een veel zwaardere doelstelling is dan bij het initiatief van het project was voorgesteld. Met de bescheiden emissiereductie van toen en de kennis van toen is gekozen voor slootpeilen van 60 cm -mv en in de meeste gevallen een drainafstand van 6 m. De drooglegging van 60 cm was ook noodzakelijk om toepassing van infiltratiedrains aanvaardbaar te maken voor melkveehouders. Deze moesten een grote stap nemen van een bedrijfsvoering gebaseerd op diepe slootpeilen, waardoor ook voor brede percelen voldoende draagkracht kon worden gerealiseerd, naar een bedrijfsvoering met een hoge investering om hoge slootpeilen en grondwaterstanden te realiseren. Ondanks een fijnmazige drainage leefde bij de melkveehouderij het idee dat een slootpeil hoger dan 60 cm -mv meer risico zou opleveren op een te lage draagkracht en natschade.

Een van de belangrijkste resultaten van dit project in Friesland en verschillende projecten in het westelijke veenweidegebied is dat de ervaringen met deze projecten hebben geleid tot het certificeren van het ontwerp en uitvoering van infiltratiedrains (WIS), om op die wijze een betere waarborg te krijgen dat een WIS ook daadwerkelijk goed functioneert. Deze Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor Buisdrainage en Veenweide-infiltratie BLR1411 kan worden gevonden op de website <https://www.kiwa.com/nl/nl/services/testen/brl-1411/>. Daarin wordt aangegeven dat de drainafstand 3 tot 4 m moet bedragen, echter indien de doorlatendheid bekend is, mag de drainafstand worden berekend, maar de maximale drainafstand is 6 m. Bij Gersloot zou deze dan de maximale afstand van 6 m worden. De bovenkant van de infiltratiebuis moet minimaal 60 cm beneden het maaiveld liggen om beschadiging te voorkomen en om kortsluiting (ontstaan van een wel) bij AWIS te voorkomen. Bij een rechtstreekse verbinding met de sloot, zoals bij een PWIS, moet de bovenkant van de infiltratiebuis minimaal 20 cm lager liggen dan het slootpeil. Als men in natte perioden bijvoorbeeld tijdelijk wil draineren met een slootpeil van 60 cm -mv, dan moet de infiltratiedrain met de bovenkant op 80 cm -mv zijn aangelegd. De lengte van de infiltratiedrains is maximaal 200-250 meter.

Bij de Friese locaties is de drainafstand in het algemeen 6 m. De drainafstand terugbrengen tot 3 tot 4 m zou de effectiviteit om de grondwaterstand midden tussen de drains te verhogen sterk vergroten omdat de drainafstand kwadratisch in de berekening zit. Zou de uitzakking ten opzichte van slootpeil midden tussen drains bij 6 m drainafstand 30 cm zijn, dan is deze bij een drainafstand van 3 meter $3^2/6^2 \times 30 = 7,5$ cm en bij een drainafstand van 4 meter $4^2/6^2 \times 30 = 13,5$ cm. Bij een streefgrondwaterstand niet dieper dan 40 cm -mv, zoals aangegeven in de richtlijn Bodem en Water Sturend van minister Harbers van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, zouden de slootpeilen in de zomer bij een drainafstand van 3 meter 32,5 cm -mv en bij een drainafstand van 4 meter 27,5 cm -mv zijn. Bij een veengrond met een redelijk dik kleidek zoals bij Aldeboarn, waar het kleidek 40 tot 50 cm dik is, zou de veenondergrond dan altijd onder het freatisch grondwaterpeil staan en niet verder oxideren (afbreken). Ervan uitgaande dat het organischestofgehalte in het kleidek op den duur naar de verzadigingsgraad voor organische stof van de betreffende kleigrond tendeert, zou na verloop van tijd de CO₂-emissie van deze grond nihil worden. Bedacht moet worden dat de verzadigingsgraad voor organische stof vrij dynamisch is, omdat het afhankelijk is van het weer in een jaar en op de lange duur van het klimaat. De verzadigingsgraad is de langjarige trend in de voorraad organische stof. Door de klimaatverandering en vooral het warmer worden, zal net als bij minerale gronden de verzadigingsgraad voor organische stof van het kleidek langzaam afnemen.

Veengronden met een kleidek hebben een kleidekdikte van 10 tot 40 cm, met over Nederland gezien een gemiddelde van ca. 25 cm. Bij een streefgrondwaterstand van niet dieper dan 40 cm -mv zal dan gemiddeld 15 cm veen droogvallen in de zomer en oxideren. Dit is aanmerkelijk minder dan nu het geval is, waarbij de grondwaterstand in droge perioden kan uitzakken tot ca. 100 cm -mv. Of dit inhoudt dat de CO₂-emissie wordt gehalveerd, hangt van meer factoren af, maar het perspectief daarop lijkt goed. Beschouwd men klei-op-veen gronden, dan zijn de mogelijkheden om CO₂-emissie bij deze kleigronden te beperken groot. Een klei-op-veen grond is feitelijk geen veengrond, maar een kleigrond en heeft een kleidek dikker dan 40 cm. Daarvoor geldt de redenering zoals bij Aldeboarn en zou men door een grondwaterstand te handhaven die altijd boven het veen blijft, het veen conserveren. Bij veengronden zonder een kleidek of een kleidek dunner dan 10 cm zal de mogelijke reductie van de CO₂-emissie beperkter zijn, omdat zelfs als de grondwaterstand niet dieper komt dan 40 cm -mv, er 30 tot 40 cm veen aan oxidatie onderhevig is. Of daarmee een halvering van de CO₂-emissie mogelijk is, moet blijken uit het lopende NOBV-onderzoek.

3.2 Draagkracht

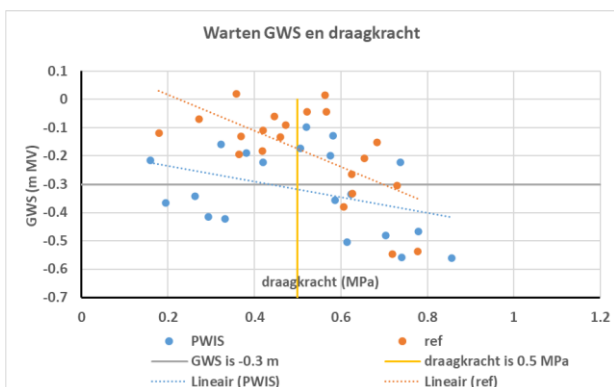
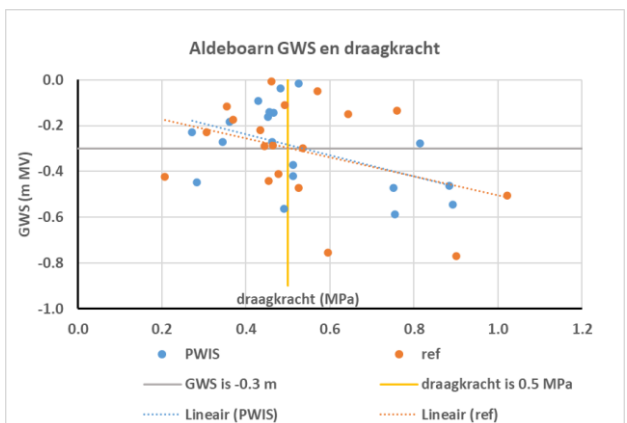
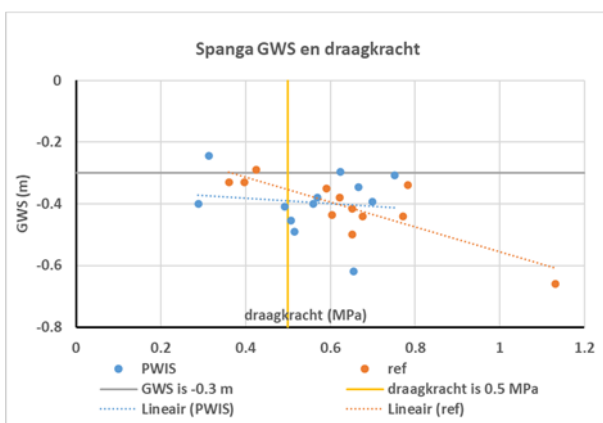
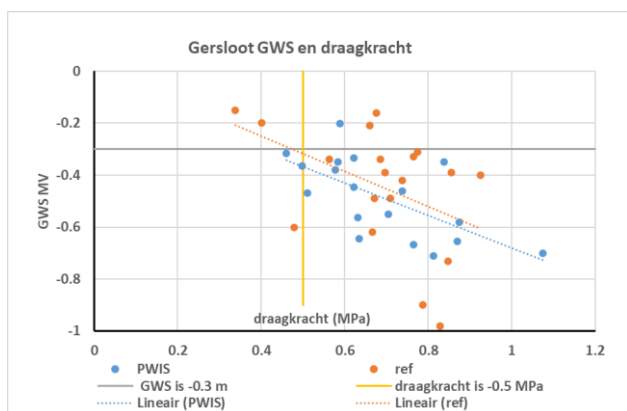
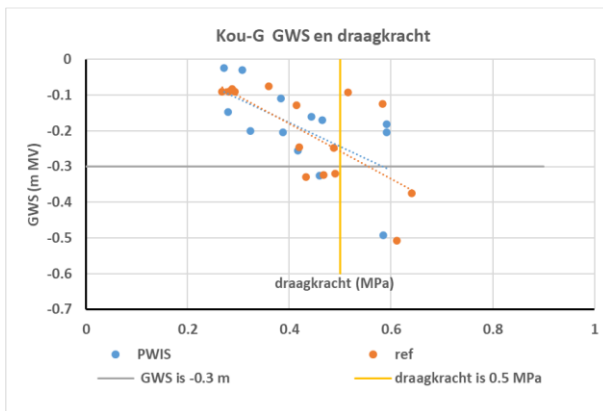
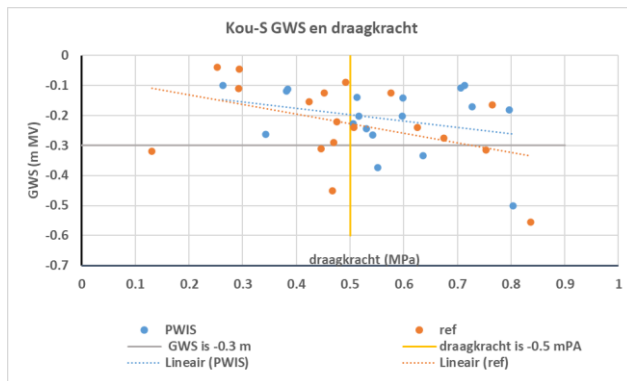
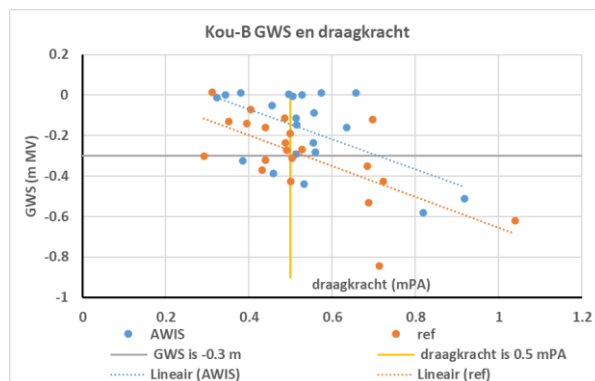
3.2.1 Draagkracht: conus versus het 30 cm grondwaterstand criterium

In dit hoofdstuk gaan we vooral in op de draagkracht bepaald met een 5 cm²-conus met een tophoek van 60°. Deze conus wordt gebruikt voor de bepaling van de draagkracht voor berijding en voor beweiding. Gesteld wordt dat de schade door berijding beperkt is als de draagkracht kleiner is dan 0,5 MPa. Voor vertrapping is de grenswaarde 0,6 MPa. Dit wil niet zeggen dat er bij draagkrachtwwaarden hoger dan 0,5 MPa respectievelijk 0,6 MPa géén schade optreedt. De schade is alleen beperkt en aanvaardbaar voor de meeste melkveehouders. Ook hoeft niet op het hele perceel de draagkracht voldoende te zijn; langs een greppel bijvoorbeeld wordt een lagere draagkracht vaak voor lief genomen.

Voor weidevogels wordt een grenswaarde van 2,5 MPa aangehouden bepaald met een conus van 1 cm² en een tophoek van 60° (Kleijn et al., 2011). In dit geval moet de waarde onder de grenswaarde van 2,5 MPa zijn, zodat de weidevogel met zijn snavel in de grond kan. Bij een waarde van gemiddeld 1,25 MPa blijken de omstandigheden voor foerageren gunstig te zijn en geldt 1,25 MPa als streefwaarde. Er is een relatie tussen de meetwaarde met een conus van 1 cm² en die van 5 cm². NB Deze relatie is duidelijk kleiner dan 5 en moet per grondsoort worden bepaald. Voor Kou-B, Vegelinsoord en Warten zijn de 1 cm² en 5 cm² conus naast elkaar gebruikt en kwam men op een gemiddelde factor 1.71 om van de indringwaarde van de 5 cm² conus om te rekenen naar de indringwaarde van de 1 cm²-conus. Bedacht moet worden dat dit locaties zijn met een dun kleidek. Om veel arbeid en ongemak te besparen, wordt in de proef na enig proberen alleen de conus van 5 cm² gebruikt. Delen we de voor weidevogels geldende grenswaarde van 2,5 MPa en de streefwaarde van 1,25 MPa met de 1 cm² door 1,71, dan komen we op een grenswaarde van 1,46 MPa en een streefwaarde van 0,73 MPa met de 5 cm²-conus.

Naast de gemeten draagkracht wordt als draagkrachtcriterium een grondwaterstanddiepte van minimaal 30 cm aangehouden. Dit criterium houdt geen rekening met de kwaliteit van de zode en het feit dat de bovenlaag bij eenzelfde grondwaterstand de ene keer veel droger kan zijn dan de andere keer. De werkelijke draagkracht en de draagkracht zoals deze wordt gemeten met een conus is juist sterk afhankelijk van de kwaliteit van de zode en de droogte van de zodelaag. De grondwaterstand geeft wel een goede indicatie, omdat hoe dieper de grondwaterstand, des te droger een bovengrond. Weersinvloeden en grasgroei en daarmee verdamping hebben echter een veel grotere invloed.

Van de peilbuizen met loggers is de gemiddelde grondwaterstand op de dag van de draagkrachtmeting uitgerekend, deze zijn in figuur 3.22 uitgezet tegen het percentage van het oppervlak dat een voldoende draagkracht (> 0.5 MPa) heeft. Ook zijn de lijnen van grondwaterstand = -0.3 m en draagkracht = 0.5 MPa weergegeven. De laatste twee lijnen delen de figuur op in vier kwartielen. Als de draagkracht voldoende zou zijn bij een grondwaterstand lager dan -0.3 m en onvoldoende bij een hogere grondwaterstand, dan zouden de meeste punten in het 1^e (hoge grondwaterstand en lage draagkracht) en 3^e kwartiel (lage grondwaterstand en hoge draagkracht) liggen. Dit klopt inderdaad, wel is er een grote spreiding en vallen er ook punten in de andere kwartielen. In de percelen zonder kleidek (Gersloot en Spanga) snijden de trendlijnen de lijn draagkracht = 0.5 MPa bij een grondwaterstand lager dan -0.3 m. Dit is een aanwijzing dat in percelen zonder kleidek de grondwaterstanden lager moet zijn dan in percelen met kleidek om dezelfde draagkracht te hebben.



Figuur 3.22 Draagkracht uitgezet tegen grondwaterstand 2018-2019.

Het is opvallend dat in Gersloot de meeste punten in het 3^e kwartiel (lage grondwaterstand, hoge draagkracht) vallen, blijkbaar is door de relatief hoge doorlatendheid van het veen de grondwaterstand niet vaak hoger dan -0.3 m.

Er is een verband tussen de draagkracht en de grondwaterstand, maar het criterium van de grondwaterstand op -0.3 m is te simpel. Mogelijk dat het vochtgehalte in de zode en de draagkracht een duidelijkere relatie hebben. Permanent het vochtgehalte in de zode meten zou dit duidelijk kunnen maken, maar de gemeten vochtgehalten zijn nog afhankelijk van meetapparaat en methode. Meten van het vochtgehalte kan wel helpen als de boer leert bij welk vochtgehalte de draagkracht wel of niet voldoende is. Dit kritieke vochtgehalte kan voor elk perceel weer anders zijn.

Bij eenzelfde grondwaterstand zal het vochtgehalte in het voorjaar in de zode meestal hoger zijn dan in het najaar, zoals hieronder uitgelegd.

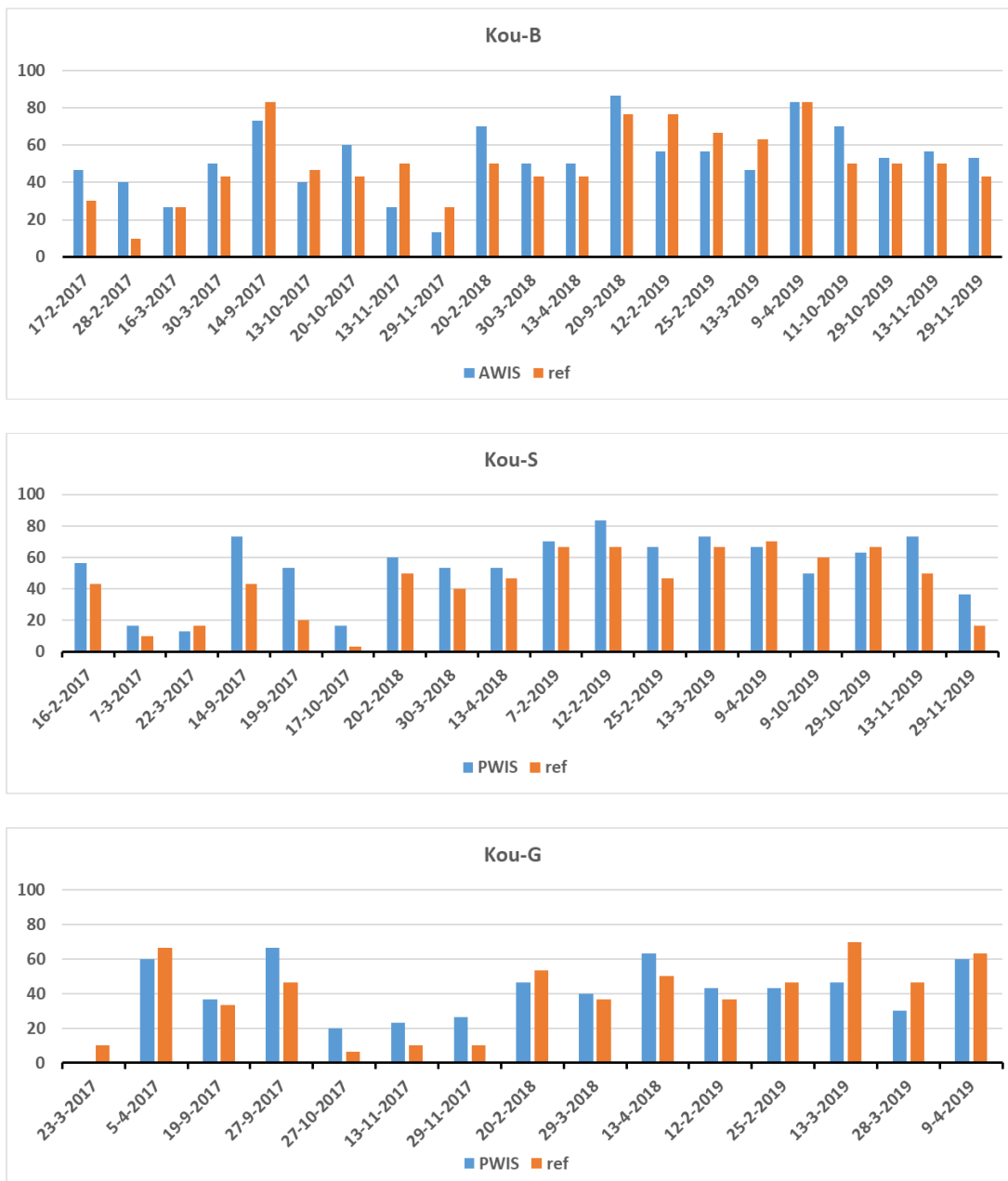
3.2.2 Draagkracht van alle percelen

In de figuren 3.23 en 3.24 zijn van de locaties en percelen de draagkrachtmetingen gepresenteerd als het percentage van het perceeloppervlakte dat voldoet aan het draagkrachtcriterium van 0,5 MPa. Per perceel werd de referentie- en de standaardvariant van het WIS- of AWIS-systeem gekozen. In een aantal percelen is in meer dan twee deelploegpercelen de draagkracht gemeten, maar voor het overzicht worden er per perceel twee gepresenteerd. De verwachting is dat de draagkracht in het vroege voorjaar door toepassing van infiltratiedrains wordt bevorderd. In het najaar zouden de referentiepercelen hun draagkracht als het ware langer vasthouden. Dit kan zijn doordat de bovenlaag in de zomerperiode sterker is uitgedroogd en ook hydrofobe eigenschappen heeft gekregen. Deze trends zijn echter niet duidelijk, regelmatig is het tegenovergestelde het geval. PWIS heeft geen duidelijk positief effect op de draagkracht in het voorjaar, maar ook geen duidelijk negatief effect in het najaar. De draagkracht in het jaar 2017 was lager dan in 2018 en 2019, waarschijnlijk omdat 2017 een relatief nat jaar was, en de muizenplaag kan ook invloed hebben gehad.

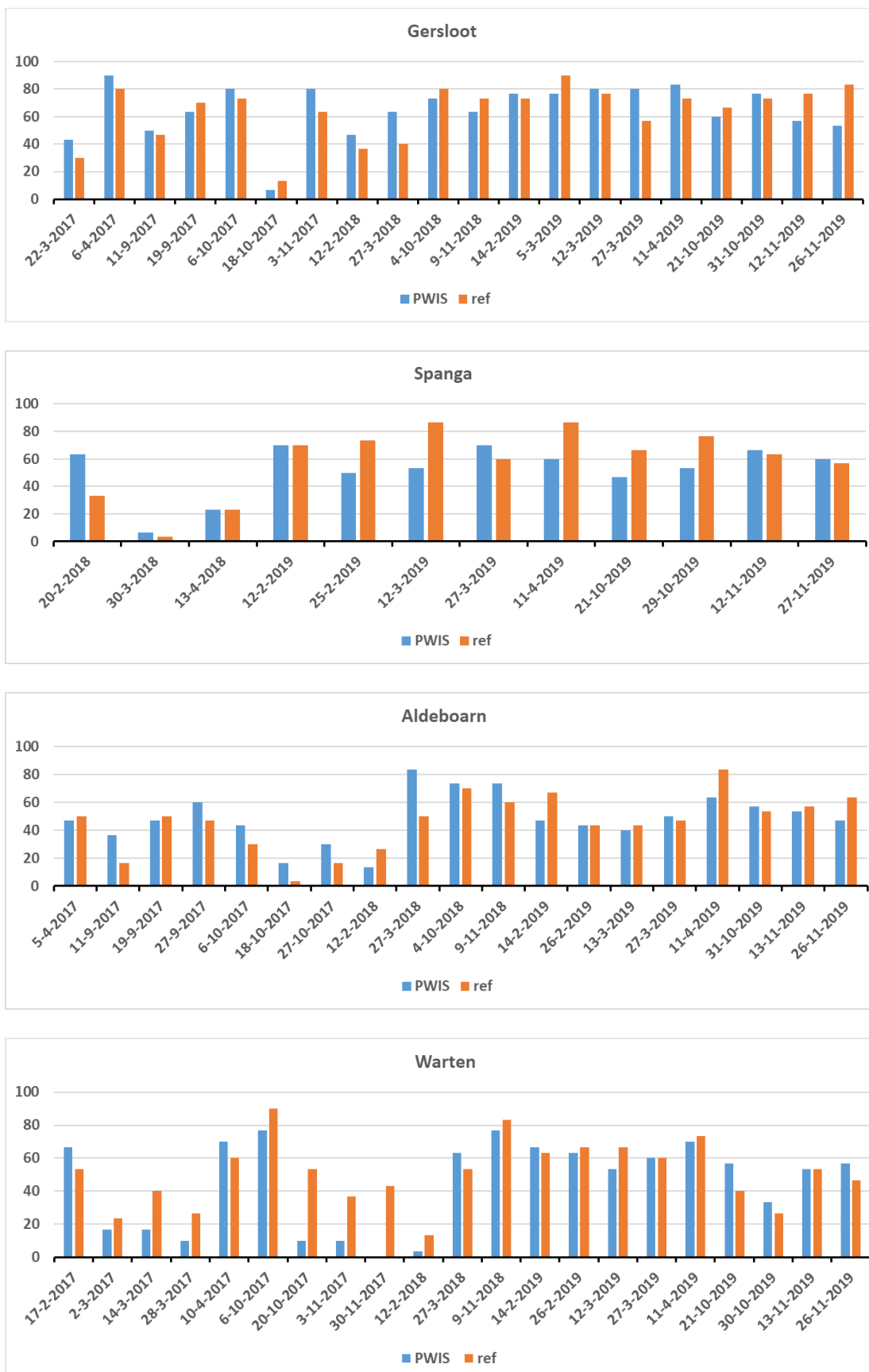
In geen van de grafieken wordt in een oppervlak van 100% een draagkracht hoger dan 0,5 MPa gemeten, maar dat is ook niet nodig. Immers, het criterium voor een voldoende draagkracht van een perceel is dat de gemiddelde draagkracht hoger is dan 0,5 MPa. Indien 50% van de prikken een hogere waarde en dus 50% een lagere waarde heeft dan 0,5 MPa, zal het gemiddelde waarschijnlijk ongeveer 0,5 MPa zijn. Daarbij moet worden bedacht dat bij een gemiddelde draagkracht van 0,5 MPa het niet zo is dat er geen berijdingsschade optreedt, maar dat de schade voor de melkveehouder aanvaardbaar wordt gevonden. De voorkeur wordt in dit rapport aan het percentage prikken met een waarde hoger dan 0,5 MPa gegeven, omdat dat een indicatie geeft van het percentage oppervlak van het perceel met een draagkracht > 0,5 MPa. Voor een vergelijking tussen percelen met en zonder PWIS of AWIS geeft dat meer nuancering in de onderlinge vergelijking, ook als de gemiddelde draagkracht van beide percelen duidelijk boven of onder de 0,5 MPa ligt.

3.2.3 Conclusie draagkracht

Heel duidelijke conclusies vallen er niet te trekken, want de resultaten zijn erg wisselend, zie figuur 3.23 en 3.24. Dit is ook een gevolg van het feit dat de WIS in veel gevallen niet optimaal functioneerde, omdat de drainafstanden te groot waren of de slootpeilen hoger of lager dan het streefslootpeil. Bij Kou-B bleek de aansturing van de AWIS niet altijd voldoende om het streefgrondwaterpeil in zomer en winter te handhaven, waardoor de drainerende functie niet goed werd benut. Daardoor was met name in 2018 de draagkracht lager dan had gekund.



Figuur 3.23 Percentage van het perceeloppervlak van Kou-B, Kou-S en Kou-G dat voldoet aan het draagkrachtcriterium van 0,5 MPa.



Figuur 3.24 Percentage van het perceeloppervlak van Gersloot, Spanga, Aldeboarn en Warten dat voldoet aan het draagkrachtcriterium van 0,5 MPa.

3.3 Vochtgehalte en bulkdichtheid

Het bodemvocht is voor zowel de bovengrond als de ondergrond van belang. Het vochtgehalte van de bovengrond bepaalt in grote mate de sterkte en daarmee de draagkracht voor beweiden en berijden en voor weidevogels of deze met hun snavel de grond kunnen indringen. Een te laag vochtgehalte in de bovengrond resulteert in droogteschade en het ontstaan van krimpscheuren in de klei en het veen. Deze scheuren kunnen preferente stroombanen zijn voor zuurstof, zodat de zuurstof gemakkelijker en dieper in het profiel kan doordringen en waardoor dieper gelegen veen kan oxideren. Aan de andere kant kan zuurstof ook zonder krimpscheuren door met lucht gevulde poriën door het bodemprofiel diffunderen. Door het ontstaan van krimpscheuren blijft de bodemmatrix zelf natter dan op grond van het vochtgehalte het geval lijkt, de lucht is geconcentreerd in de krimpscheur en er zal minder lucht in de bodemmatrix zelf zijn. Door sterk uitdrogen, wordt de grond ook hydrofoob (waterafstotend) waardoor deze langdurig droog blijft, ook omdat neerslag en beregeningswater snel via de krimpscheuren naar de ondergrond worden afgevoerd.

Voor een veenondergrond is het vochtgehalte direct boven de grondwaterstand van groot belang, omdat bij een hoog vochtgehalte (bijna volledig verzadigd) de zuurstoftoetreding nog steeds sterk beperkt is. Daarnaast bepaalt het vochtgehalte in het veen boven de bijna verzadigde zone hoe diep de krimpscheuren in de bovengrond zich in de ondergrond voortzetten. Ook is een vochtige ondergrond nodig om een goed capillair vochttransport naar de bovengrond in stand te houden. Het doel van infiltratiedrains is daarom niet alleen om de grondwaterstand te verhogen, maar ook om de veenlaag boven de grondwaterstand te voeden en zo verzadigd mogelijk te houden.

Het vochtgehalte in het hele bodemprofiel boven de grondwaterstand is dus van belang. Daarom werd in 2017 viermaal en in 2018 driemaal bemonsterd tot een diepte van 1 m. De bemonsterde percelen in 2017 waren Warten, Vegelinsoord en Kou-B, in 2018 is Spanga daar bij gekomen. De bemonsteringen in de andere percelen zijn door de Radboud Universiteit uitgevoerd. In de percelen met infiltratiedrains is bij de peilbuislocaties op 0,5 m afstand en tussen de drains bemonsterd, indien in het referentieperceel drains aanwezig zijn, werd tussen de drains op de locaties met peilbuizen bemonsterd.

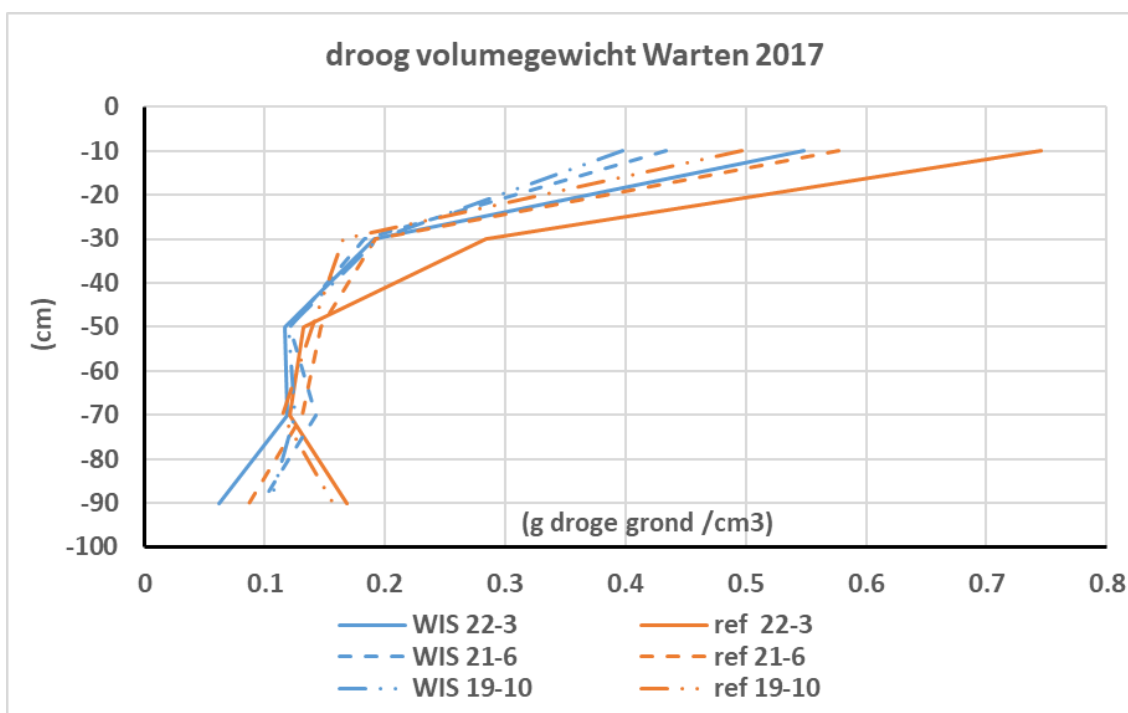
De bemonstering van het bodemprofiel is in 2017 uitgevoerd met een guts met bekende diameter, met het doel om niet alleen het vochtgehalte, maar ook redelijk nauwkeurig het droogvolumegehalte te kunnen bepalen. Daarmee zou niet alleen het gewichtsvochtgehalte, maar ook het volumevochtgehalte kunnen worden bepaald. In de praktijk bleek dit nogal tegen te vallen, vooral in drogere perioden, omdat bij het indrukken van de guts het monster omlaag werd gedrukt in de grond eronder. Daarbij zal waarschijnlijk het monster in de guts ook worden verdicht. Hoewel het te zien was dat de bovenkant van de grond in de guts lager kwam te liggen dan het maaiveld, is toch niet 'doorgedrukt' tot de guts aan de bovenkant was gevuld. Bij het doordrukken zou de inhoud van de guts echter ook verdicht zijn of een deel van het bodemprofiel tot 100 cm niet zijn bemonsterd, omdat dit tot onder de guts was geduwd. De aanname was dat zakking van de grond in de guts volledig werd veroorzaakt door verdichting van het monster. Het ingedrukte (te korte) monster werd vervolgens als volledig monster aangemerkt en verwerkt. Waarschijnlijk is dit vooral voor het monster van 0-20 cm diepte niet het geval, zodat er in feite te weinig grond is bemonsterd. In zo'n geval is het berekende droogvolumegegewicht te laag. Het gewichtsvochtgehalte zal nog wel kloppen, maar door het te laag berekende droogvolumegegewicht wordt het volumevochtgehalte twijfelachtig.

In 2018 is de bemonstering aangepast door de bovenste laag met een edelmanboor te bemonsteren, daaronder met een guts. Hierdoor zal de bepaalde diepte van de bemonsterde grond beter overeenkomen met de werkelijke diepte. Enige nadeel van deze methode is dat het volume van de bemonsterde grond van de bovenste laag niet bekend is en er van deze laag geen volumetrisch vochtgehalte kan worden berekend.

Daarnaast werd het volumevochtgehalte van de bovengrond regelmatig gemeten met behulp van een FieldScout. Dit betreft ongeveer de zodelaag. De resultaten van de FieldScout komen niet overeen met de resultaten met de guts. De trend van het vochtgehalte zoals gemeten met de FieldScout komt wel overeen met de verwachting, maar de absolute waarden van de vochtgehalten niet. De FieldScout-resultaten moeten daarom in dit licht worden beschouwd en worden in dit rapport niet behandeld.

3.3.1 Bemonstering gravimetrisch vochtgehalte met de guts

In figuur 3.25 zijn de dichtheden zoals bepaald uit de bemonstering met de guts van de locatie Warten weergegeven. De getrokken lijnen geven het droogvolumegegewicht op 22 maart 2017, toen de grond nog vrij vochtig was. Aangenomen wordt dat de grond toen nog niet te hard was voor de bemonstering en dat de dichtheden redelijk goed zijn. In de figuur zijn de volumegegewichten op drie tijdstippen weergegeven. Op 21 juni was de grond zeer droog en we verwachten dan dat geen goede bemonstering mogelijk is. Dit blijkt al uit de dichtheid van de bemonstering op 10 cm diepte: de dichtheid is op 21 juni en 19 oktober 2017 veel lager dan op 22 maart 2017. Dit zou eigenlijk andersom moeten zijn, omdat door het uitdrogen en krimp de dichtheid juist toeneemt. Waarschijnlijk zijn wat betreft de bovengrond de gemeten dichtheden op 22 maart 2017 het meest realistisch (namelijk de hoogste dichtheid), terwijl bij de andere bemonsteringen van de kleiige bovengrond het monster in de grond is gedrukt. De bulkdichtheid op diepte 10 cm was op 22 maart in de referentie hoger dan in het perceel met infiltratiedrains. Behalve bij de referentie lijken onder de bovenlaag de verschillende dichtheidsprofielen redelijk overeen te komen. Al met al is de conclusie dat voor de bepaling van de droge dichtheden de bemonstering met de guts niet voldoende nauwkeurig is. Dit houdt in dat met de gutsbemonstering voor de bovenste droge laag geen volumevochtgehalten kunnen worden berekend en alleen gewichtsvochtgehalten kunnen worden bepaald.



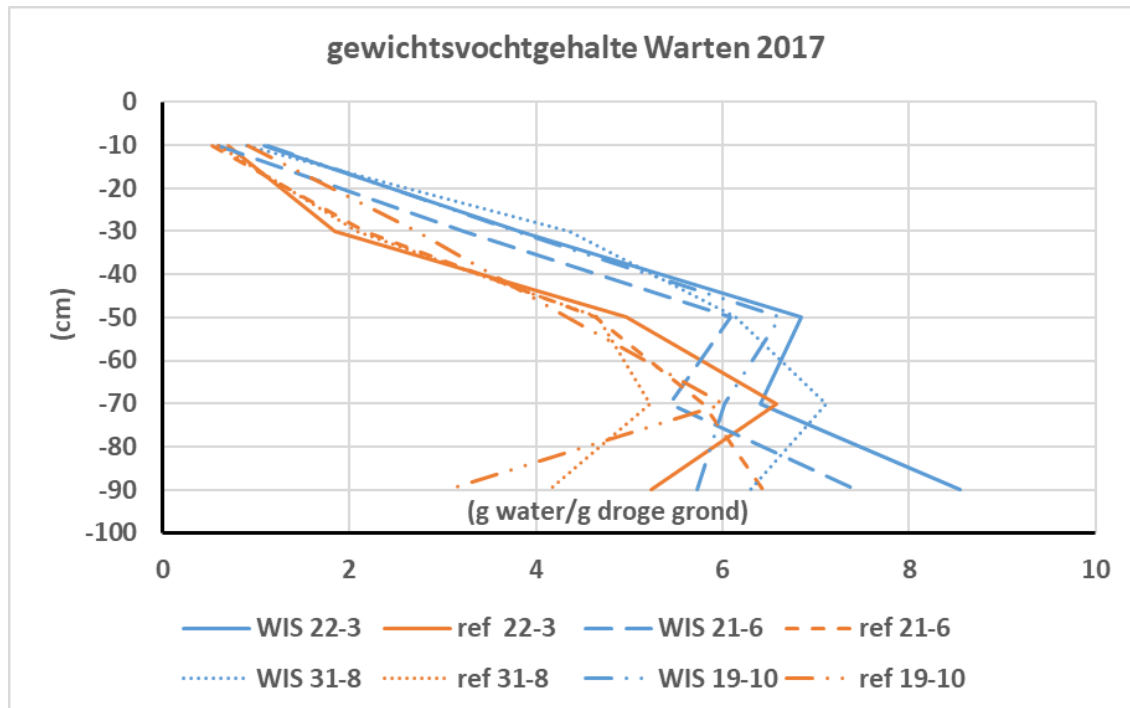
Figuur 3.25 Profiel droogvolumegegewicht bij Warten WIS en referentie uit bemonstering met een guts op 22 maart, 21 juni en 19 oktober 2017.

Met de meetgegevens kan ook het gewichtsvochtgehalte worden berekend (gram water per gram droge grond). Dit kan een goede analysemethode zijn als de bodems die worden vergeleken, overeenkomen.

3.3.1.1 Vochtprofielen Warten 2017

In figuur 3.26 zijn de profielen met gewichtsvochtgehalten zoals bepaald uit de bemonstering met de guts weergegeven voor de tijdstippen 22 maart, 21 juni, 31 augustus en 19 oktober. Op nagenoeg elk bemonsteringsmoment en diepte is het gewichtsvochtgehalte van de bodem met WIS hoger dan voor de referentie. Op de bemonsteringsdiepte van 70 cm bij WIS en 90 cm bij de referentie loopt het gewichtsvochtgehalte terug, uit het bodemprofiel volgt dat op deze diepten mineraalrijke lagen kunnen zitten en varieert de bodem tussen momenten van bemonstering en is er ook variatie tussen de bodem van het perceel met WIS en de referentie. Het referentieperceel lijkt op 22 maart iets droger aan het groeiseizoen te beginnen dan het perceel met de infiltratiedrains OD6. Het kan echter ook zo zijn dat de dichtheid en het kleigehalte bij het referentieperceel wat hoger zijn. Het blijkt wel dat het referentieperceel

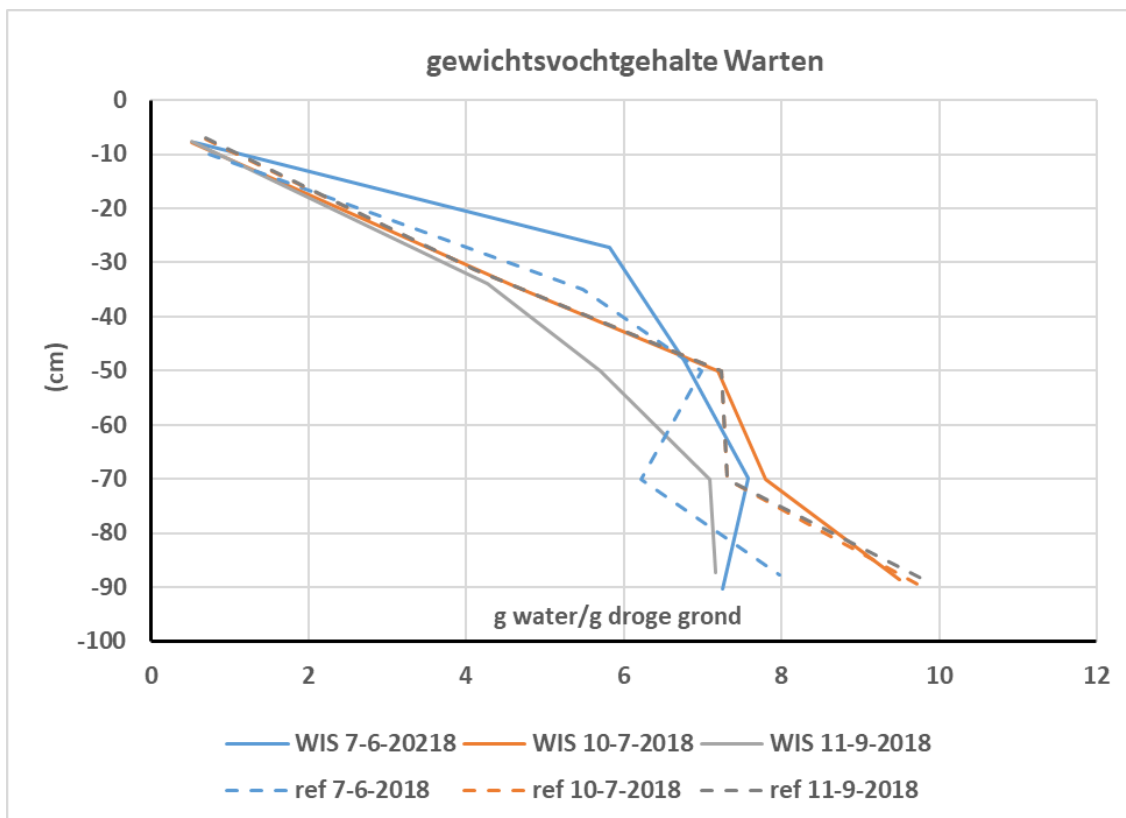
meer en dieper uitdroogt dan het OWD-perceel. Het is moeilijk te zeggen of het veen bij het perceel met de infiltratiedrains op bijvoorbeeld een diepte van 60 cm voldoende nat blijft om toetreding van zuurstof sterk te beperken.



Figuur 3.26 Profiel gewichtsvochtgehalte bij WIS en de referentie uit bemonstering met een guts op 22 maart, 21 juni, 31 augustus en 19 oktober 2017.

3.3.1.2 Vochtprofielen Warten 2018

Voordat in 2018 is bemonsterd, is een nieuw referentieperceel gecreëerd door in het deel met drains op 8 m afstand de inlaten dicht te maken. De bemonstering is in dit nieuwe referentieperceel uitgevoerd en is dus een ander referentieperceel dan waar in 2017 is bemonsterd.



Figuur 3.27 Gemiddelde gewichtsvochtgehalten Warten in 2018.

Tabel 3.8 Grondwaterstand (m MV) tijdens bemonstering Warten 2018.

Locatie	7-6-2018	10-7-2018	11-9-2018
BM_OD6_D1A	-0.6	-0.97	-0.95
BM_OD6_D1B	-0.61	-0.98	-0.97
BM_OD6_D2A	-0.56		-0.68
BM_OD6_D2B	-0.52	-0.73	-0.64
BM_SP8_E1B	-0.55	-0.92	-0.91
BM_SP8_E2B	-0.49	-0.78	-0.69

Omdat er wordt verwacht dat er een relatie is tussen de grondwaterstand en de vochtgehalten, worden de grondwaterstanden op moment van bemonsteren in tabel 3.8 weergegeven.

In figuur 3.27 worden de gemiddelde gewichtsvochtgehalten weergegeven, in het WIS-perceel de gemiddelden van vier gutsen op 0,5 m afstand van de drain en van de referentie het gemiddelde van de vier gutsen daar genomen. Op 7-6 is het vochtgehalte in het WIS-perceel hoger dan in de referentie, de grondwaterstand was iets lager. Zowel in het WIS- als referentieperceel zou de bodem op 7-6 beneden een diepte van 60 cm verzadigd moeten zijn, maar de vochtgehalten zijn niet gelijk. Uit de profielopbouw (tabel 3.2) blijkt dat de diepte van de veenlaag nogal varieert en er kleilagen aanwezig zijn. Waarschijnlijk zijn er bij de referentie op een diepte van 70 cm meer minerale delen aanwezig en bij WIS op een diepte van 90 cm. Op 10-7 zijn de vochtgehalten van WIS en de referentie nagenoeg gelijk, op 11-9-2018 is het vochtgehalte in de referentie hoger dan in het WIS-perceel.

Variaties in organische stof, lutum, bulkdichtheid, hoogteligging hebben waarschijnlijk veel invloed, waardoor de verschillen tussen de diverse meetmomenten worden vertroebeld.

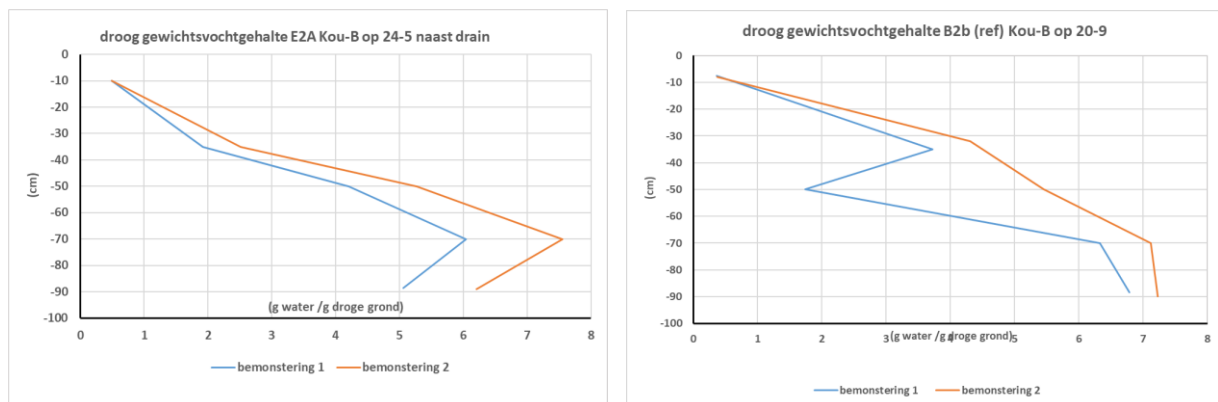
3.3.1.3 Vochtprofielen Kou-B 2018

In het perceel Kou-B wordt AWIS toe gepast. Het referentieblok B heeft oude drains om de 15 m, die uitkomen op de sloot. Het AWIS-blok E met infiltratiedrains om de 5 m heeft een streefgrondwaterstand van 60 cm -mv. Van de drie momenten dat de bodemonsters zijn genomen, was op 30-5-2018 de grondwaterstand het hoogst en op de meeste peilbuislocaties op 17-7-2018 het laagst. Op 20-9-2018 was de grondwaterstand in het referentieperceel laag en de locatie dicht bij de sloot (E1a en b) had een lagere grondwaterstand dan de locatie (E2a en b) op ca. 90 m afstand van de sloot en nabij de aansluiting op de collectorbuis van de AWIS.

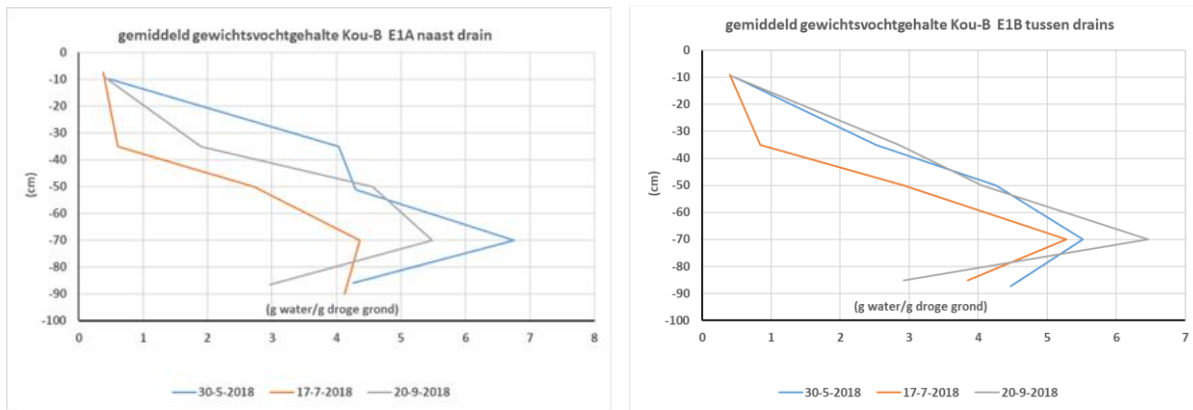
Tabel 3.9 Grondwaterstanden (m MV) tijdens bemonstering Kou-B.

Datum	locatie	30-5-2018	17-7-2018	20-9-2018
Br_drod5_E1A	naast drain	-0.39	droog (<-0.7)	-0.63
Br_drod5_E1B	tussen drains	-0.36	droog (<-0.7)	-0.64
Br_drod5_E2A	naast drain	-0.34	-0.43	-0.49
Br_drod5_E2B	tussen drains	-0.41	-0.64	-0.56
Br_spd15_B1B	referentie	-0.42	droog (<-0.7)	droog (<-0.7)
Br_spd15_B2B	referentie	-0.49	-0.98	-0.92

In figuur 3.28a en b zijn de vochtgehalten te zien van twee bemonsteringen op dezelfde peilbuislocatie, deze bemonsteringen zijn duplometingen. De vochtgehalten in het kleidek verschillen weinig, maar de verschillen in het veen kunnen groot zijn. In figuur 3.28b (referentie) is het vochtgehalte in een guts (blauwe lijn) op een diepte van 50 cm lager dan op een diepte van 30 cm, terwijl in de periode daarvoor weinig regen is gevallen. Mogelijk dat op een diepte van 50 cm een kleilaagje aanwezig was of dat er met het naar beneden duwen van de guts materiaal van de bovengrond naar beneden is geduwd.

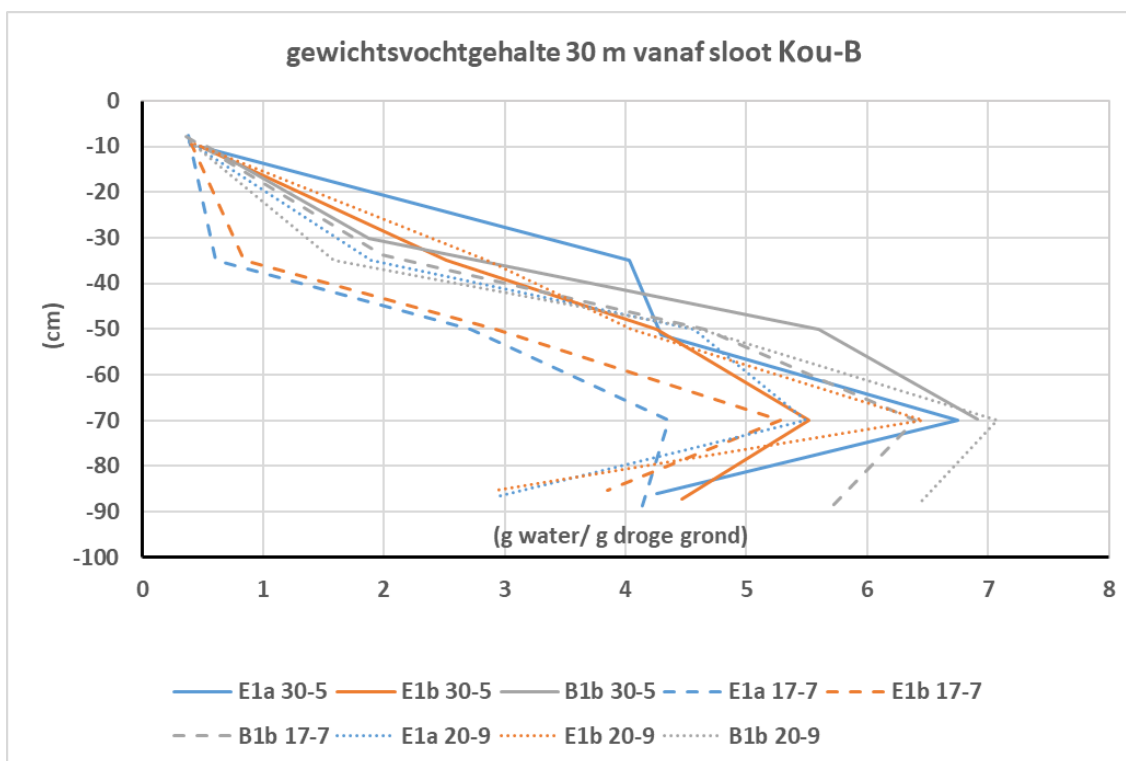


Figuur 3.28a en b Kou-B profiel duplometingen gewichtsvochtgehalten 2018.



Figuur 3.29a en b Kou-B profiel gewichtsvochtgehalten op verschillende bemonsteringsmomenten in 2018.

In figuur 3.29a en b is te zien dat de vochtgehalten op 30-5-2018 in figuur a het hoogst zijn; dit laatste is in figuur b niet duidelijk zichtbaar, terwijl de grondwaterstand in de referentie op 30-5 hoger was dan op 20-9.



Figuur 3.30 Gewichtsvochtgehalten Kou-B 30 m vanaf de sloot op 30 mei, 17 juli en 20 september 2018. Het referentieblok B heeft oude drains om de 15 m, die uitkomen op de sloot. Het AWIS-blok met infiltratiedrains om de 5 m heeft een streefgrondwaterstand van 60 cm -mv.

In figuur 3.30 zijn de vochtgehalten weergegeven van de drie bemonsteringsrondes bij de peilbuislocaties die dicht bij de sloot liggen. Blauwe lijnen zijn de resultaten op 0.5 m afstand van de drain, de oranje lijnen tussen de drains en de grijze lijnen zijn van de referentie. Alleen op 30-5 op een diepte van ca. 30 cm is het vochtgehalte naast de drain het hoogst, op de andere momenten is het vochtgehalte naast de drain lager dan tussen de drains en ook lager dan of nagenoeg gelijk aan de referentie. Dit duidt op draineren door de drain, wat in ieder geval op 20-9-2018 moeilijk te verklaren is, omdat uit de grondwaterstanden midden tussen de drains in figuur 3.10 blijkt dat de grondwaterstand tussen de drains door infiltratie veel hoger is dan bij de referentie. Wel is het zo dat het waterpeil in het reservoir van de AWIS sterk fluctueert. Verder is

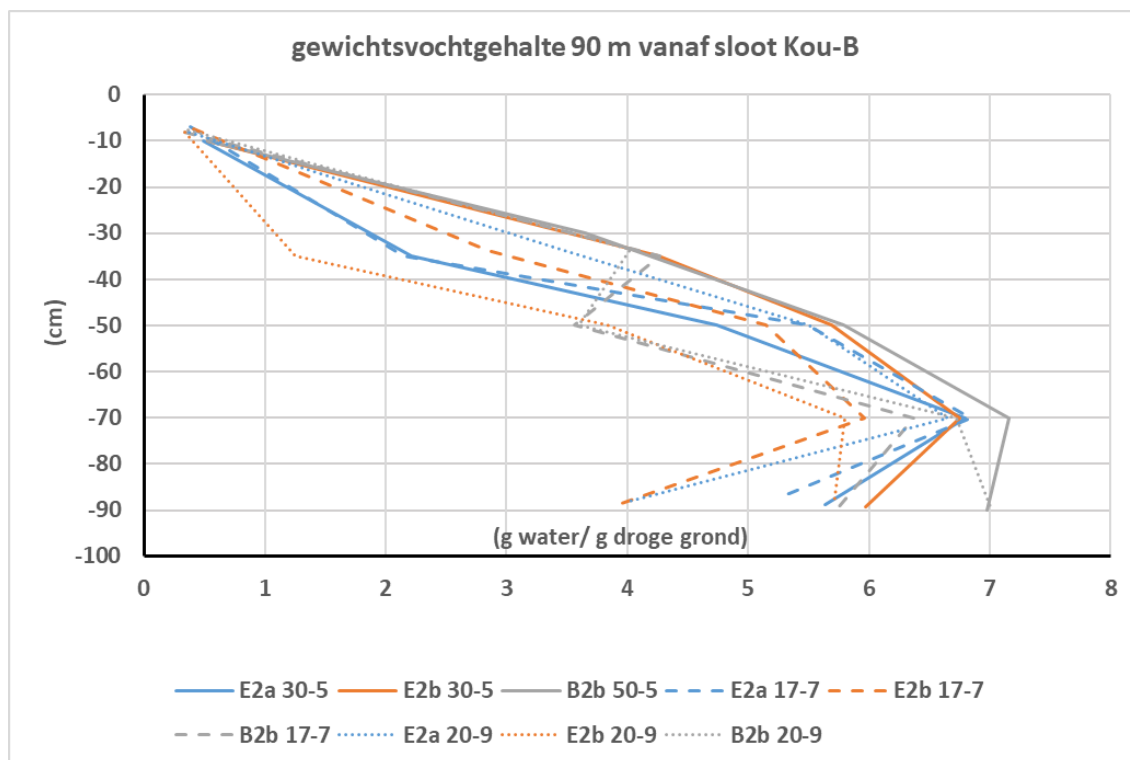
er de mogelijkheid, maar nogal speculatief, dat de infiltratiedrain een van de oude drains is die via scheuren in de grond nog steeds ongewild afvoert naar de sloot.

In figuur 3.31 staan de vochtgehalten op 90 m afstand van de sloot. Op 17-7 is het vochtgehalte op 0.5 m afstand van de drain en op 50 en 70 cm diepte hoger dan in het referentieperceel, maar op 50 cm zit er weer een knik in de lijn van de referentie en komt het lagere vochtgehalte van de referentie op deze diepte waarschijnlijk door een hoger percentage minerale delen. Het vochtgehalte naast de drain is op 17-7 op dieptes 50 en 70 cm hoger dan tussen de drains in, maar niet overtuigend.

Op 20-9 is het vochtgehalte naast de drain wel hoger dan tussen de drains in, maar op deze dag wordt alleen op diepte 50 cm wegens een knik in de lijn van de referentie een verschil met de referentie gevonden.

Naast de drain is de grondwaterstand op 30-5 het hoogst, maar zijn de vochtgehalten het laagst. Tussen de drains wordt op 17-7 en 20-9 wel een lager vochtgehalte gevonden dan op 30-5. Bij de referentie is dit alleen het geval voor de diepte 50 cm, hier is op 17-7 en 20-9 een knik in lijnen te zien.

Er is geen duidelijk patroon te vinden in het effect van positie t.o.v. drain of bij vergelijken van AWIS en de referentie. Ook was er geen verband tussen vochtgehalten en de grondwaterstand. Dit roept wel twijfel op wat betreft de betrouwbaarheid van de vochtmetingen.



Figuur 3.31 Gewichtsvochtgehalten Kou-B 90 m afstand van de sloot.

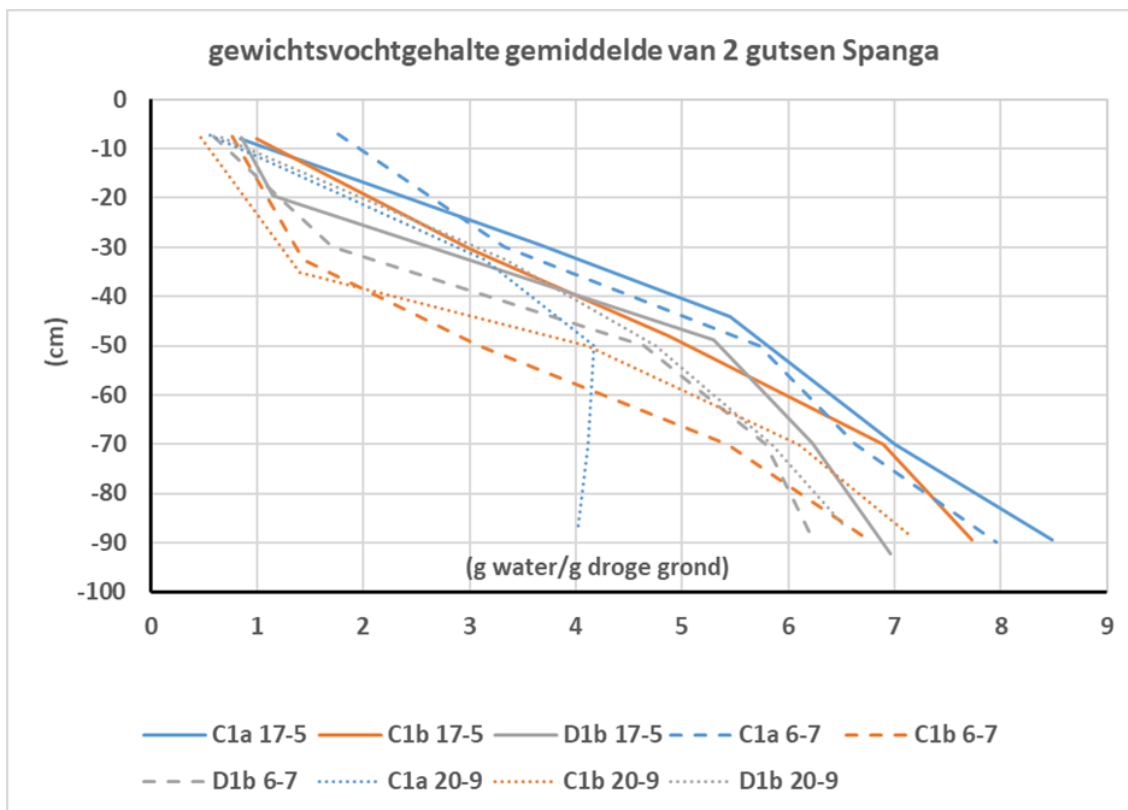
3.3.1.4 Vochtprofielen Spanga 2018

De grondwaterstanden zijn op 17-5 het hoogst en in de referentie hoger dan naast de drain en tussen de drains het laagst. Op 6-7 en 20-9 zijn de grondwaterstanden in de referentie het laagst en naast de drain het hoogst.

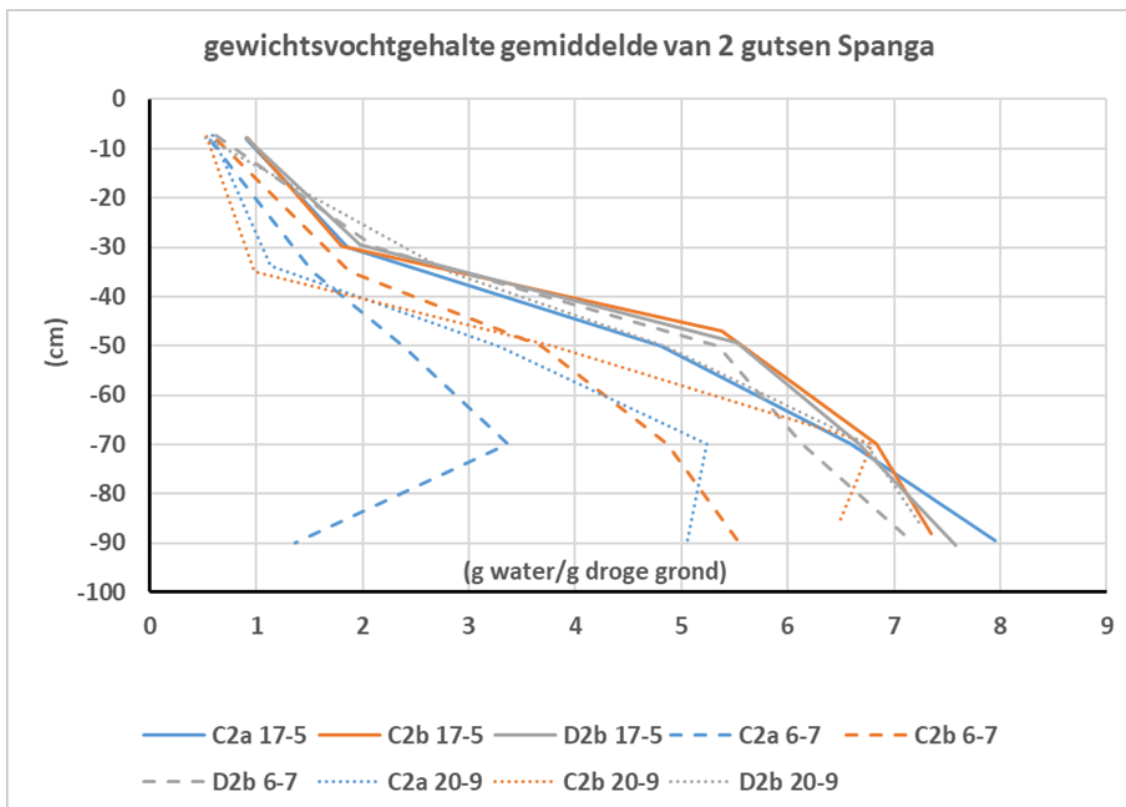
Tabel 3.10 Grondwaterstanden (m MV) tijdens bemonstering Spanga.

code	locatie	17-5-2018	6-7-2018	20-9-2018
Sg_od60_C1a	naast drain	-0.61	-0.78	-0.78
Sg_od60_C1b	tussen drains	-0.68	-1	-0.93
Sg_od60_C2a	naast drain	-0.71	-0.91	-0.79
Sg_od60_C2b	tussen drains	-0.76	-1.04	-1.1
Sg_sp60_D1b	referentie	-0.56	-1.1	< -1.1
Sg_sp60_D2b	referentie	-0.59	< -1	< -1

Uit figuur 3.32 volgt dat de vochtgehalten naast de drains op 17-5 en 6-7 hoger zijn dan tussen de drains en de referentie. Op 20-9 zijn de vochtgehalten naast de drain op een aantal dieptes lager. De vochtgehalten tussen de drains zijn op 6-7 en 20-9 duidelijk lager dan die van de referentie, de grondwaterstanden tussen de drains zijn wel hoger dan in de referentie. Uit figuur 3.33 volgt dat de vochtgehalten naast de drains op circa 95 m vanaf de sloot lager zijn dan tussen de drains en in de referentie, dit in tegenstelling tot de situatie op 35 m afstand tot de sloot. De lagere vochtgehalten naast de drain op 95 m afstand van de sloot worden waarschijnlijk niet veroorzaakt door een grotere afstand tot de sloot.



Figuur 3.32 Gewichtsvochtgehalten Spanga 2018 op 35 m vanaf de sloot.



Figuur 3.33 Gewichtsvochtgehalten Spanga 2018 op 95 m afstand van de sloot.

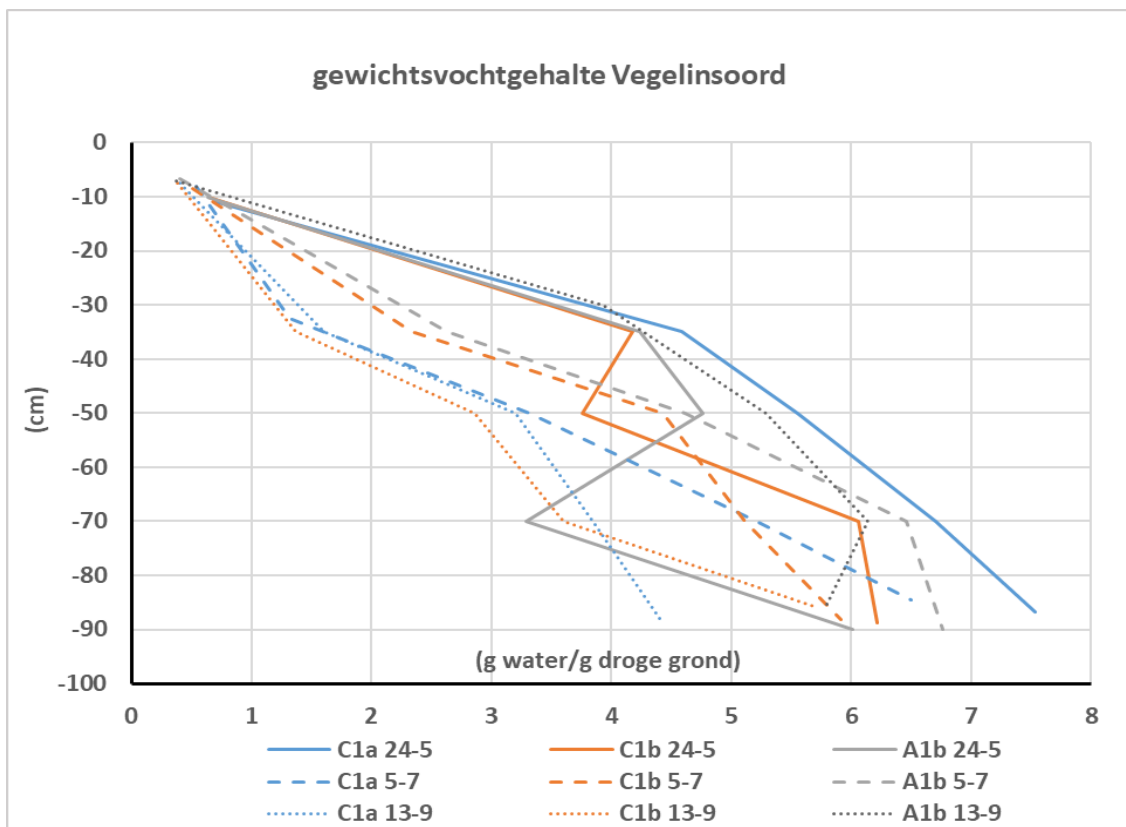
De bulkdichtheid is ook berekend en hoewel deze manier van bemonsteren niet nauwkeurig genoeg is om een goede bepaling van de bulkdichtheid te krijgen, is wel duidelijk te zien dat de droge bulkdichtheid op diepte 70 en 90 cm naast de drains hoger is dan tussen de drains of in de referentie. Dit zou de reden kunnen zijn dat naast de drain een lager gewichtsvochtgehalte wordt berekend. Op 20-9 was de droge bulkdichtheid naast de drains hoger op 30 en 50 cm diepte maar niet op 70 cm diepte, terwijl op 70 cm diepte het vochtgehalte naast de drain lager was dan tussen de drains en in de referentie. Een verschil in droge bulkdichtheid is niet de verklaring waarom naast de drains op 95 m afstand van de sloot lagere vochtgehalten worden gevonden. Mogelijk werken de drains hier minder goed of is de bodem minder doorlatend. WIS zorgt wel voor een wat hogere grondwaterstand, maar dit heeft niet altijd een hoger vochtgehalte tot gevolg.

3.3.1.5 Vochtprofielen Vegelinsoord 2018

Gemeten grondwaterstanden in Vegelinsoord zijn weergegeven in tabel 3.11. Alleen op 13 september 2018 is er een duidelijk verschil in grondwaterstand, dan is de grondwaterstand in de referentie een stuk hoger dan in het deel van WIS.

Tabel 3.11 Grondwaterstanden (m MV) tijdens bemonstering Vegelinsoord.

Code	locatie	24-5-2018	5-7-2018	13-9-2018
Ln_od5_C1a	naast drain	-0.8	-0.87	-0.74
Ln_od5_C1b	tussen drains	-0.67	< -0.83	-0.64
Ln_od5_C2a	naast drain	< -0.79	< -0.79	-0.8
Ln_od5_C2b	tussen drains	-0.84	-0.92	-0.82
Ln_spd12_A1b	referentie	-0.8	-0.92	-0.34
Ln_spd12_A2b	referentie	-0.95	-1.05	-0.47

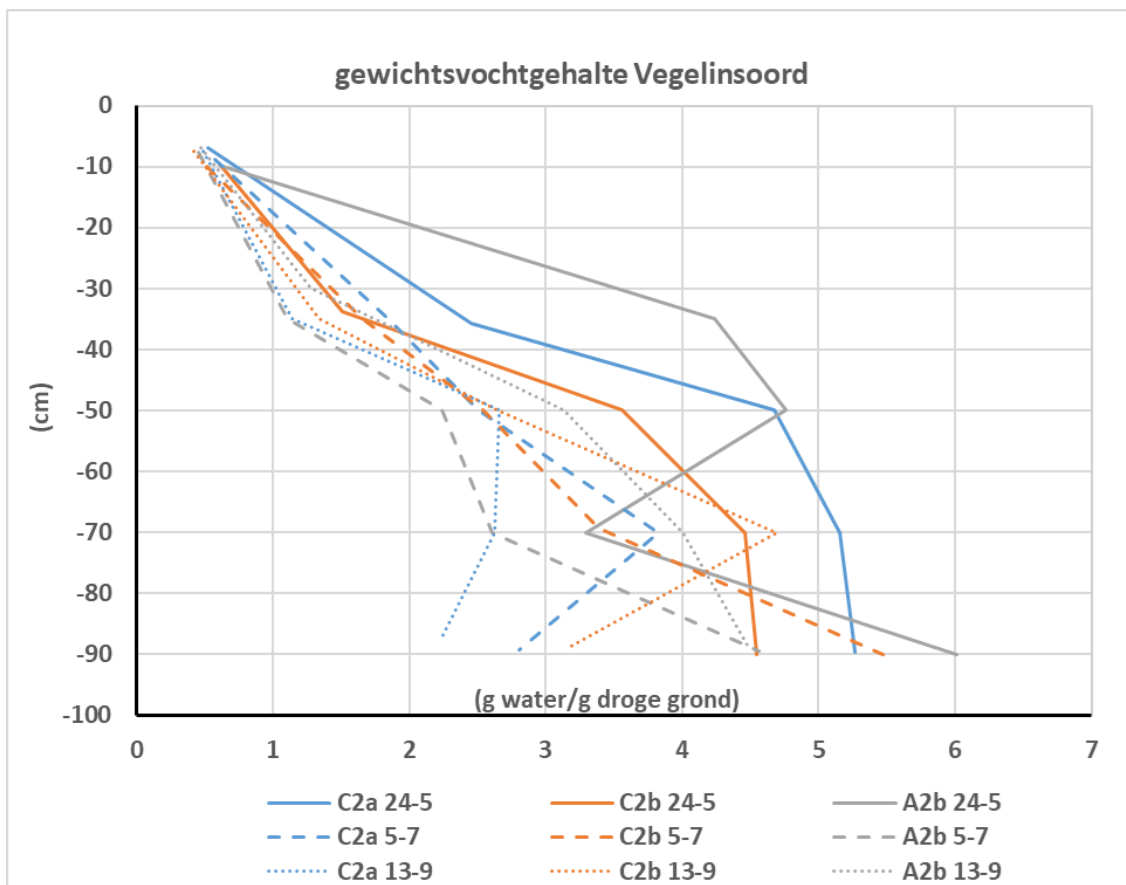


Figuur 3.34 Gewichtsvochtgehalten Vegelinsoord 2018 op 50 m afstand van de sloot.

Uit figuur 3.34 blijkt dat er 24-5-2018 op dieptes 10 en 30 cm weinig verschil is in vochtgehalten. Op de andere dieptes is het vochtgehalte naast de drain hoger dan tussen de drains en de referentie. Op 5-7 is het vochtgehalte in de referentie het hoogst en naast de drain het laagst.

Op 13-9 zijn de vochtgehalten in het perceel met WIS lager dan de referentie, de vochtgehalten tussen en naast de drains zitten dicht bij elkaar. Op 13-9 is de grondwaterstand in de referentie een stuk hoger dan in het perceel met WIS, wat de hogere vochtgehalten in de referentie verklaart.

De vochtgehalten op 200 m afstand van de sloot (figuur 3.35) zijn in de referentie op 24-5-2018 en 13-9 hoger dan in WIS en op 5-7 lager. Het vochtgehalte kan naast de drain zowel hoger als lager zijn dan tussen de drains.



Figuur 3.35 Gewichtsvochtgehalten Vegelinsoord 2018 op 200 m afstand van de sloot.

3.3.2 Ringmonsters ter bepaling van dichtheden, vocht- en luchtgehalten

In de eerste helft van april 2018 zijn in de proefpercelen Warten, Kou-B, Vegelinsoord en Spanga op de diepten 10, 30, 50 en 70 cm ringmonsters van 100 cc genomen. Het doel was de drogestofdichtheid te bepalen en een indruk te krijgen van de variatie van de drogestofdichtheid en aan de hand daarvan te bepalen of de drogestofdichtheid kan worden gebruikt om een gewichtsvochtgehalte om te rekenen naar een volume vochtgehalte.

In de deelproefpercelen met WIS of AWIS werd tussen de peilbuizen op 0.5 m en tussen de drains een kuil gegraven. Voor het berekenen van de grondwaterstand wordt de gemiddelde grondwaterstand van de beide peilbuizen genomen, de resultaten staan in tabel 3.12.

Tabel 3.12 Gemiddelde grondwaterstanden tijdens bemonstering ringmonsters.

locatie	Warten D1, WIS	Warten D2, WIS	Warten B1, ref	Warten B2, ref		Kou-B E1, AWIS	Kou-B E2, AWIS	Kou-B B1, ref	Kou-B B2, ref
datum	5-4-2018	5-4-2018	5-4-2018	5-4-2018		12-4-2018	12-4-2018	12-4-2018	12-4-2018
gemiddelde GWS m MV	-0.45	-0.4	-0.31	-0.51		-0.26	-0.24	-0.36	-0.33
locatie	Vegelinsoord C1,	Vegelinsoord C2,	Vegelinsoord A1, ref	Vegelinsoord A2, ref		Spanga C1, WIS	Spanga C2, WIS	Spanga D1, ref	Spanga D1, ref
datum	3-4-2018	3-4-2018	3-4-2018	3-4-2018		12-4-2018	12-4-2018	12-4-2018	12-4-2018
gemiddelde GWS m MV	-0.37	-0.68	-0.51	-0.58		-0.62	-0.51	niet gemet	-0.31

Van de in drievoud genomen ringmonsters zijn de gemiddelden berekend voor veld-, verzadigd vochtgehalte, de droge bulkdichtheid en luchtgehalte tijdens bemonstering en in Bijlage 1 weergegeven.

3.3.2.1 Droogvolumegegewicht

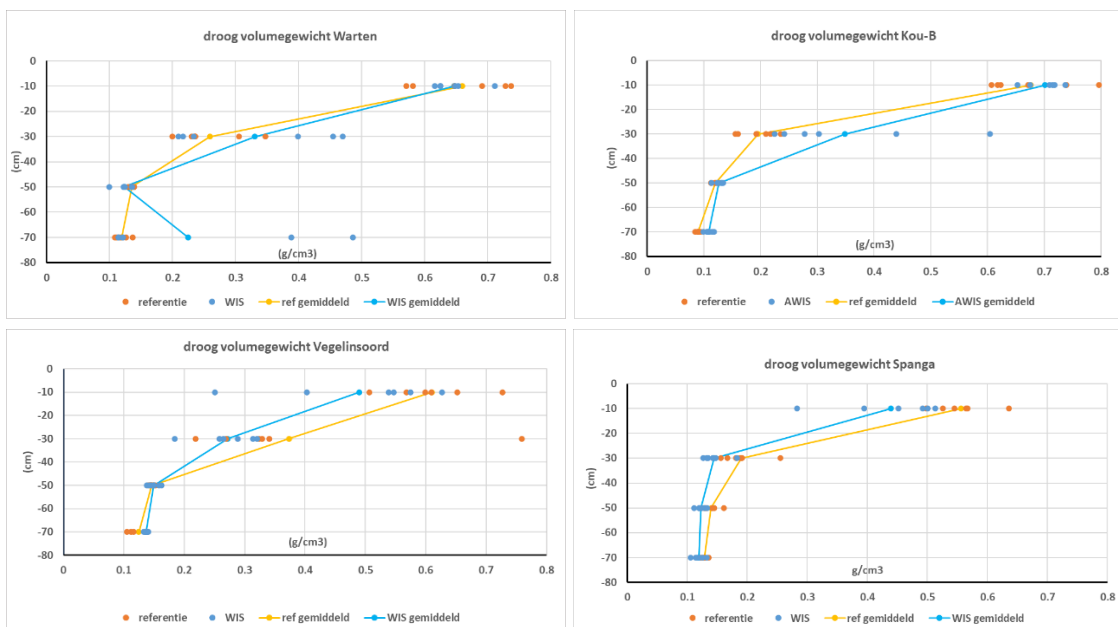
Het droogvolumegegewicht wordt bepaald door het percentage minerale delen, het percentage organische stof en het poriënvolume. Door vertering van het veen neemt het percentage organische stof af en verandert de luchtige vezelstructuur van het veen naar aarde (veraarding, humificatie) met een dichtere structuur. Een hoger droogvolumegegewicht kan het gevolg zijn van een lager organischestofgehalte, compactie, een hogere verteringsgraad van het veen of een combinatie van deze drie. In figuur 3.36 staan de droge bulkdichtheden gemeten met de ringmonsters. In alle vier de proefpercelen is uit de droge bulkdichtheid te herleiden dat in de bovenste 10 cm ook in een eventueel aanwezig kleidek veel organische stof zit, de bulkdichtheid is steeds lager dan 0.8 g/cm^3 . De droge bulkdichtheid in het WIS-perceel van Vegelinsoord en Spanga is lager dan de referentie, waarschijnlijk is het organischestofgehalte in de bovenste 10 cm van de referentie lager. Ook op de andere dieptes is het droogvolumegegewicht in de referentie hoger dan in perceel met WIS, het is niet waarschijnlijk dat deze grote verschillen een gevolg zijn van wel of geen maatregel.

In Warten en Kou-B komt het droogvolumegegewicht van de percelen met WIS/AWIS overeen met de referentie op diepte 30 cm na. Waarschijnlijk is het kleidek in het WIS/AWIS-perceel wat dikker of is er wat klei naar beneden geploegd.

In Vegelinsoord is de spreiding van de droge bulkdichtheid in het WIS-perceel groot, mogelijk dat een deel van het onder het kleidek liggende veen door de kleilaag is gemengd. Hierdoor zal de gemiddelde bulkdichtheid in de bovenste 10 cm van het WIS-perceel van Vegelinsoord lager zijn dan van de referentie.

Op 30 cm diepte is de spreiding hoog in de percelen Warten, Kou-B en Vegelinsoord, de bodemlagen klei en veen zijn hier waarschijnlijk deels gemengd geraakt. Op diepte 50 cm 70 cm is de spreiding gering op het WIS-perceel in Warten op diepte 70 cm na, hier is een kleilaag aanwezig waarvan materiaal in een deel van de ringen is bemonsterd. Tussen de vier percelen is op dieptes 50 en 70 cm weinig onderling verschil.

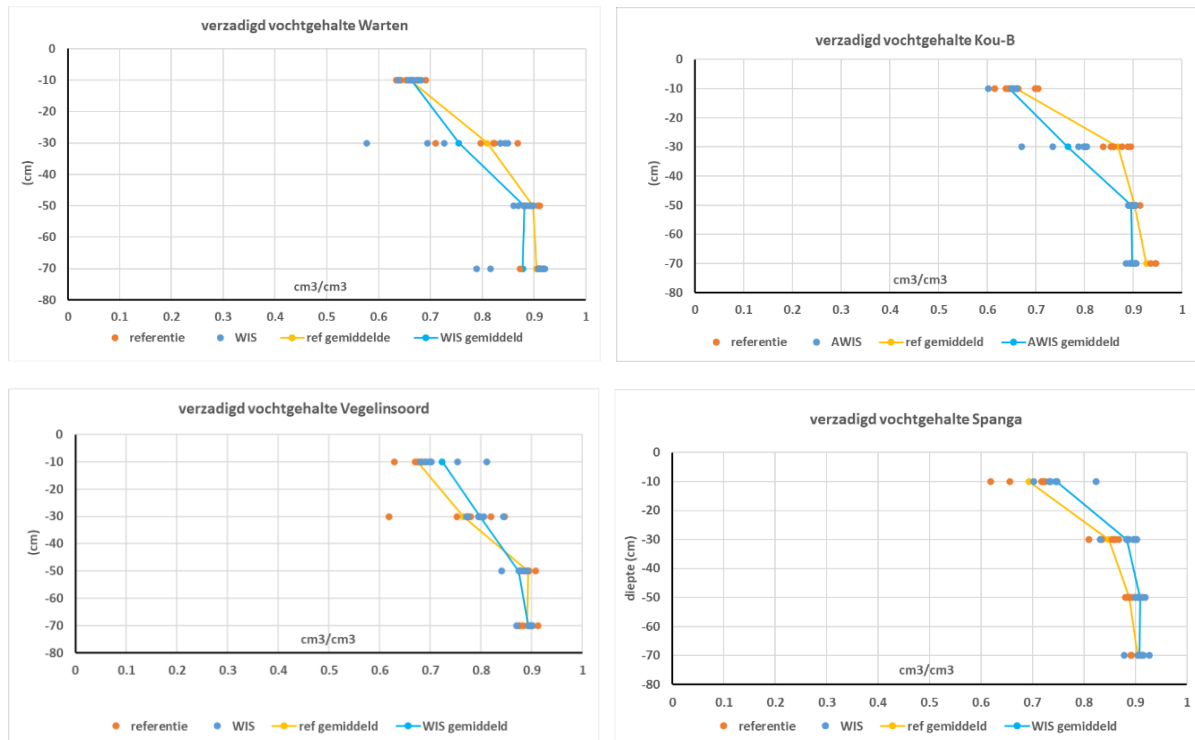
Volgens verwachting is het verzadigd vochtgehalte en droogvolumegegewicht in lijn met elkaar: in Warten en Kou-B zijn evenals het droog volumegegewicht en verzadigd vochtgehalte op een diepte van 10 cm gelijk. In Vegelinsoord en Spanga hebben monsters met een hoog volumegegewicht een lager verzadigd vochtgehalte.



Figuur 3.36 Droogvolumegegewicht ringmonsters eerste helft april 2018: Warten (5 april), Kou-B (12 april), Vegelinsoord (3 april) en Spanga (12 april).

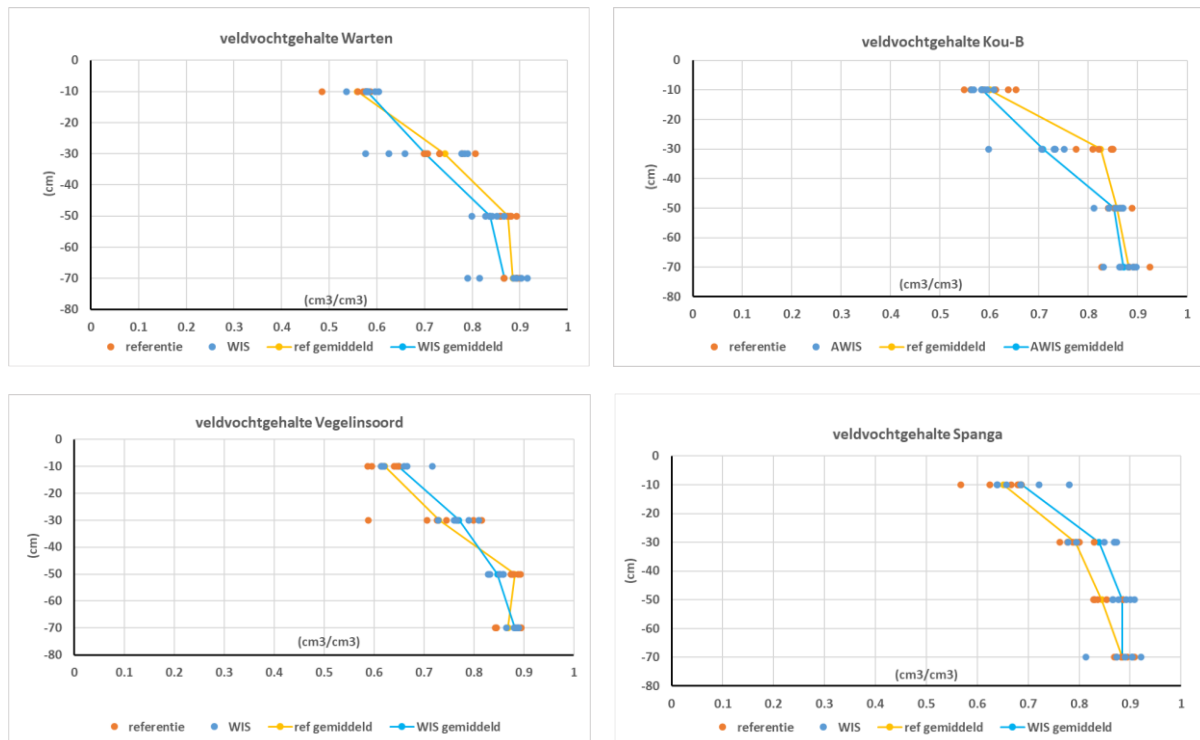
3.3.2.2 Verzadigd vochtgehalte

De verzadigde vochtgehalten (figuur 3.37) nemen toe met diepte maar ook op een diepte van 10 cm is het verzadigde vochtgehalte door een hoog organischestofgehalte in het kleidek al boven 0.6. Op een diepte van 10 cm is het verzadigde vochtgehalte van referentie en maatregelperceel in Warten en Kou-B gelijk, in Vegelinsoord en Spanga is het verzadigd vochtgehalte in het maatregelperceel hoger. Op 30 cm diepte zijn tussen de referentie en maatregelperceel de grootste verschillen in verzadigd vochtgehalte, waarschijnlijk door een verschil in organische stofgehalte, doordat klei en veen onregelmatig vermengd zijn geraakt. Op diepte 70 cm is het verzadigde vochtgehalte rond 0.9, een indicatie dat het veen weinig verteerd is.



Figuur 3.37 Verzadigd vochtgehalte.

3.3.2.3 Veldvochtgehalte



Figuur 3.38 Veldvochtgehalte ringmonsters 2018: Warten (5 april), Kou-B (12 april), Vegelinsoord (3 april) en Spanga (12 april).

3.3.2.4 Water filled pore space

Water filled pore space (WFPS) is de fractie van de poriën die gevuld zijn met water. Voor de berekening van de WFPS wordt het veldvochtgehalte gedeeld door het verzadigd vochtgehalte. WFPS geeft een beter beeld dan het veldvochtgehalte van hoe de vochttoestand is, omdat met WFPS zichtbaar is welk deel van de poriën met water is gevuld.

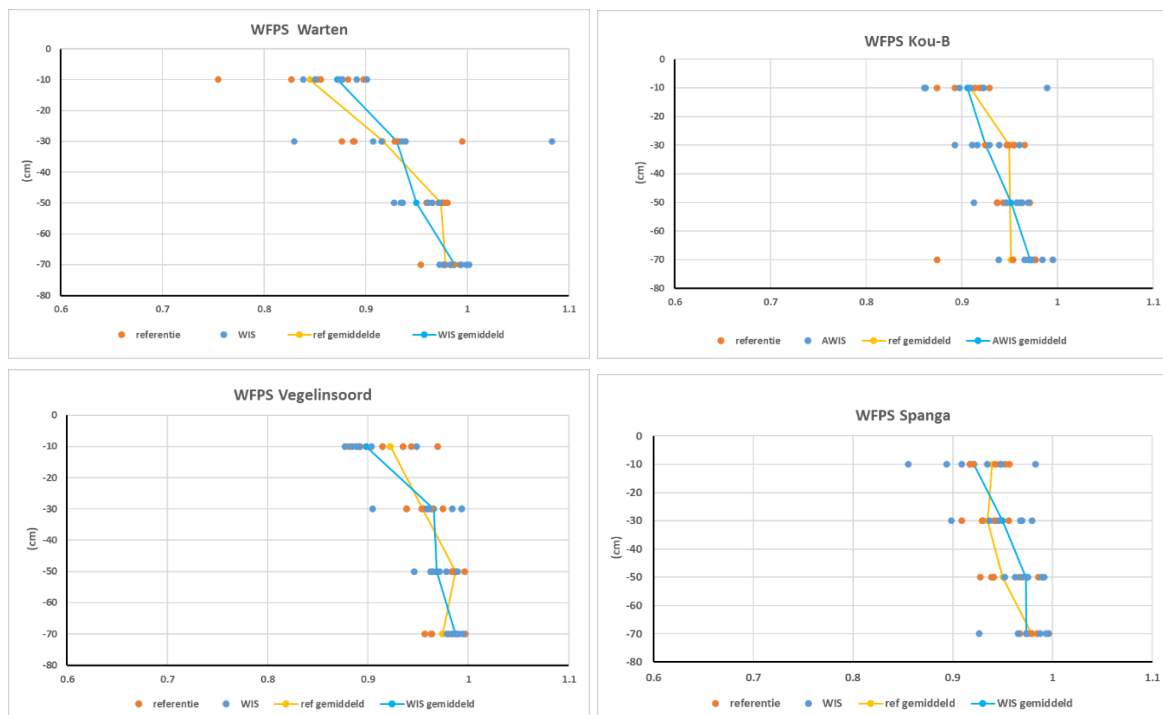
Er wordt onderzoek gedaan naar de relatie tussen WFPS en de afbraaksnelheid van organische stof. Boonman (2022) vond met het fitten van modeluitkomsten een relatie tussen WFPS en de relatieve afbraaksnelheid (een relatieve afbraaksnelheid van 1 is maximale afbraak) met een maximale afbraaksnelheid bij een WFPS van 0.65 die de beste fit gaf. In deze fit was bij een WFPS van 0.9 de relatieve afbraaksnelheid hoger dan 0.55.

De verwachting is dat van monsters genomen onder de grondwaterstand het veldvochtgehalte en verzadigd vochtgehalte dicht bij elkaar liggen en dat WFPS daarom dicht bij 1 zal liggen. Op alle dieptes die waterverzadigd zouden moeten zijn, is het veldvochtgehalte van nagenoeg alle monsters lager dan het verzadigd vochtgehalte (zie figuur 3.39). Mogelijk is er water uit de monsters gelopen voordat ze waterdicht zijn verpakt, maar het is ook mogelijk dat het veen na het wegvallen van de druk tijdens het verzadigen is terug geveerd en boven de monsterring is uitgekomen, de ringmonsters zijn na het verzadigen niet glad afgestroken. Als het monstervolume na verzadiging en opzwellen groter kan zijn geworden dan 100 cc, is dit een verklaring voor een lager WFPS dan 1 en moet dit als een meetfout worden beschouwd. De meetfout is dan minimaal 0.025, ofwel 2.5% van de WFPS.

Op grond van de grondwaterstanden zou in Vegelinsoord de laagste WFPS worden verwacht, maar dit is niet het geval. Ook in het maatregelperceel van Spanga is WFPS nog 0.9, terwijl de grondwaterstand 50 cm beneden maaiveld is. De bodemprofielen zijn nog bijna in evenwicht met de grondwaterstand, er is nog weinig uitdroging geweest.

Op de bodemonsters van 10 cm diepte in Warten na is de WFPS hoger dan 0.9 en is de relatieve afbraaksnelheid op basis van WFPS bepaald door Boonman (2022) lager dan 0.55, maar deze relatieve

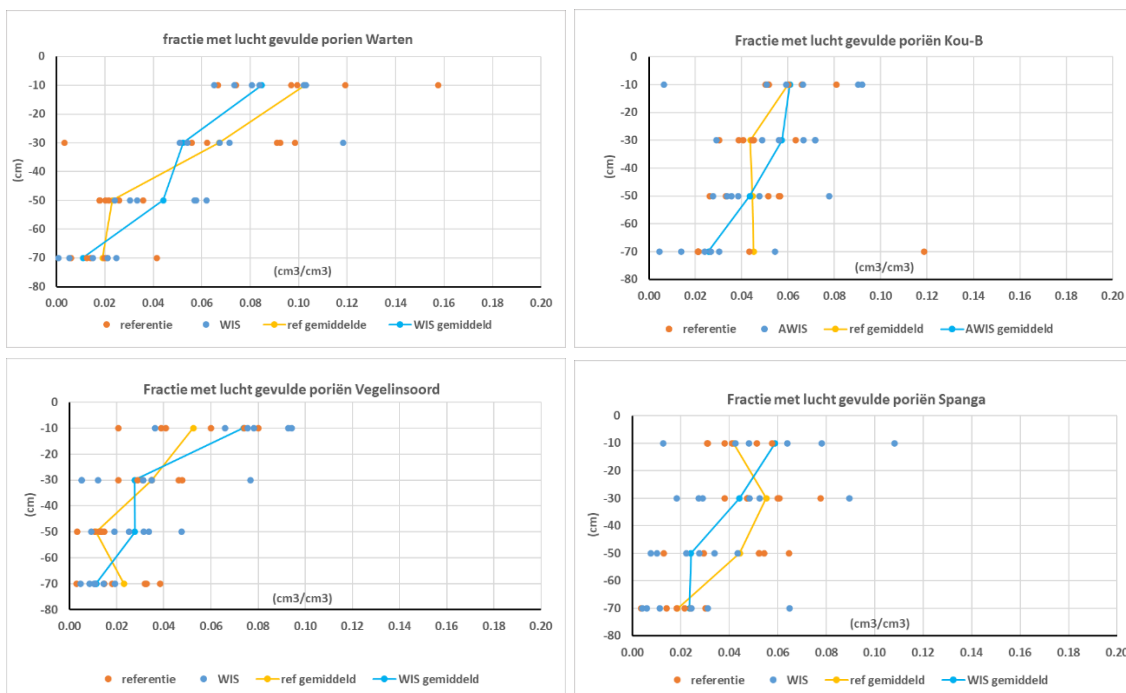
afbraaksnelheid is hoog en bovendien neemt in het bijna verzadigde traject de relatieve afbraaksnelheid snel toe met afnemend WFPS.



Figuur 3.39 Fractie met water gevulde poriën (WFPS = Water Filled Pore Space).

3.3.2.5 Fractie met lucht gevulde poriën

Tussen de fractie met lucht gevulde poriën en de veenafbraak zal ook een relatie zijn, daarom worden hier ook de berekende met lucht gevulde poriën weergegeven (figuur 3.40). Tevens heeft de fractie met lucht gevulde poriën effect op de groeiomstandigheden van het gewas. De luchtporiefractie is het verschil tussen het verzadigd- en veldvochtgehalte. Tijdens bemonstering kan er water uit de monsters zijn gelopen en tijdens het verzadigen kan het monster zijn opgezwollen, beide leiden tot een overschatting van de luchtporiefractie. Deze overschatting zal tussen 0.02 en 0.05 in liggen. De luchtporiefracties zijn in alle bodemprofielen nog laag, de aanvoer van zuurstof voor veenafbraak en activiteit van de wortels is nog niet optimaal.



Figuur 3.40 Fractie met lucht gevulde poriën.

3.3.3 Discussie en conclusie

Er was niet een duidelijke lijn te ontdekken in de resultaten van de bodemmonsters genomen met guts en boor, de bodemmonsters zijn vaak in een relatief droge periode genomen maar de vochtgehalten naast de drain waren soms wel, maar even vaak niet hoger dan de vochtgehalten tussen de drains en de referentie. Variatie in tijd, organischestofgehalte en maaiveldhoogte en dichtheid hadden waarschijnlijk ook veel invloed op de meetresultaten. In het bodemprofiel kunnen dunne kleibandjes en zand aanwezig zijn en deze hebben veel effect op het vochtgehalte in gram water/gram droge grond, daardoor kan geen uitspraak worden gedaan of een vochtgehalte hoog of laag is.

Deze meetmethode lijkt niet geschikt om een verschil in vochtgehalte te kunnen vast stellen; de variatie in minerale bestanddelen, het dunne veenpakket waardoor soms de invloed van de minerale bodem in de diepste monsters aanwezig is, hebben invloed op de vochtgehalten. Het opdelen van de grondkolom in schijnbaar homogene horizonten en de kolomlengtes op te meten om het bemonsteringsvolume te berekenen is niet nauwkeurig genoeg. Daarnaast kan de gebruikte methode zelf ook de resultaten beïnvloeden, zo zou er samendrukking van slappe veenlagen plaats kunnen vinden tijdens het gutsen, vooral wanneer er al vanaf het oppervlak wordt gegutst.

Het advies is om niet met een boor en/of guts te bemonsteren, maar ringmonsters met bekend volume te nemen. Wanneer er om praktische redenen toch gegutst moet worden, is het aan te raden pas te gutsen in het min of meer ongestoorde veen en wanneer dit voldoende vochtig is. Vaak zal dit vanaf ongeveer 50 cm diepte zijn. Op deze manier hoeft er tijdens het gutsen veel minder druk uitgeoefend te worden, waardoor de veenlagen minder samen zullen drukken. Indien toch met boor en guts wordt bemonsterd, is het advies tevens om ook het organischestofpercentage te bepalen, omdat dit de interpretatie sterk zal verbeteren. Ook bij het nemen van ringmonsters is het advies om tevens het organischestofgehalte te bepalen.

Ook het plaatsen van bodemvochtsensoren is waarschijnlijk een betere methode, omdat daarmee de variatie in bodem tussen de verschillende bemonsteringsmomenten wordt voorkomen en de vochtgehalten continu in de tijd worden gemeten.

Het bemonsteren met ringmonsters gaf betrouwbare gegevens van het droogvolumegegewicht, veld- en verzadigd vochtgehalte en de berekende WFPS en luchtporiefraction. Bemonstering met ringmonsters is echter arbeidsintensief en de variatie in organischestofgehalte, hoogteligging etc. kunnen een grote rol

spelen. Dit maakt het vergelijken van vochtgehalten die op verschillende momenten zijn bemonsterd lastig. In het voorjaar van 2018 zaten de bodemprofielen dicht tegen verzadiging, maar is er meer onderzoek nodig of er dicht bij verzadiging ook werkelijk een lage relatieve afbraaksnelheid is. Mogelijk dat rond een WFPS van 0.9 de relatieve afbraaksnelheid al rond 0.5 ligt.

Als de vocht karakteristiek is bepaald kan de WFPS van een bodemlaag bij verschillende drukhoogten worden berekend. De WFPS kan dan ruwweg worden geschat aan de hand van de grondwaterstand. Bij een uitdrogend bodemprofiel zal de drukhoogte lager (meer negatief) zijn dan de afstand tot de grondwaterstand.

Voor het begrip van de processen die in de bodem plaatsvinden en om te monitoren hoe goed zuurstof kan toetreden en hoe diep, zou een continue meting van het volumevochtgehalte in een aantal bodemprofielen uitkomst kunnen bieden. Dit zou dan op verschillende percelen met en zonder infiltratiedrains moeten plaatsvinden. In de praktijk blijken elektronische volumevochtmetingen nogal tegen te vallen. Trends zijn goed waar te nemen, maar de gemeten waarden voor het volumevochtgehalte komen slecht overeen met de werkelijke volumevochtgehalten. Dit is waarschijnlijk in organische gronden een groter probleem dan in minerale gronden. Het is misschien wel mogelijk een verbetering te krijgen door de elektronische meetwaarden te kalibreren aan metingen aan bodemonsters waarvan het vochtgehalte in het lab worden bepaald. Een andere mogelijkheid is om bij een aantal meetplekken tensiometers te installeren op verschillende diepten om de vochtspanningen te monitoren. Dit zou dan bij de locaties moeten gebeuren die ook worden gemodelleerd en waarbij een bodembemonstering plaatsvindt voor het bepalen van de bodemfysische eigenschappen, zoals de waterretentiecurve (het verband tussen vochtspanning en volumevocht-gehalte). Door deze koppeling kunnen de gemeten vochtspanningen worden gerelateerd aan vochtgehalten.

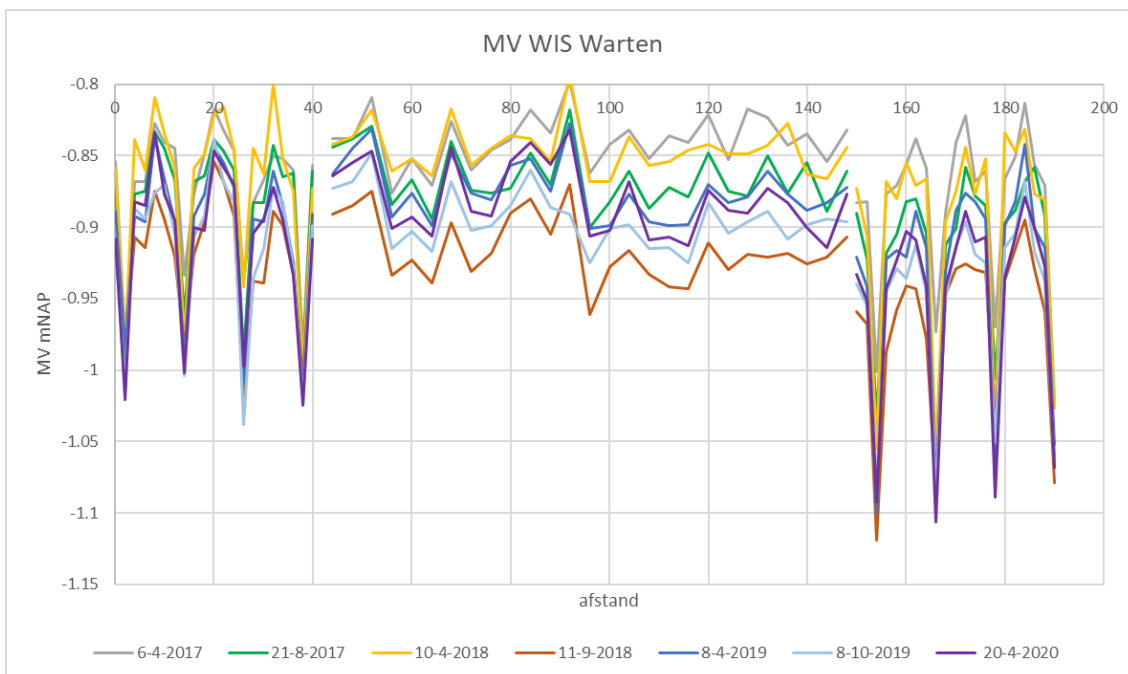
3.4 Bodemdaling

3.4.1 Warten

Een overzicht van de gemeten raaien wordt in figuur 3.41 weergegeven. Er is gemeten in het deel met WIS met buizen op 6 m afstand en in het oude referentieperceel. De eerste metingen in april 2017 worden als de nulsituatie genomen, de beweging t.o.v. deze metingen kan vervolgens voor elk punt worden berekend. In figuur 3.42 zijn de hoogtemetingen van WIS te zien, het linkerdeel zijn de punten van de bovenste dwarsraai, het middelste deel de lengteraai en het rechterdeel de onderste dwarsraai.



Figuur 3.41 Ligging raaien Warten.



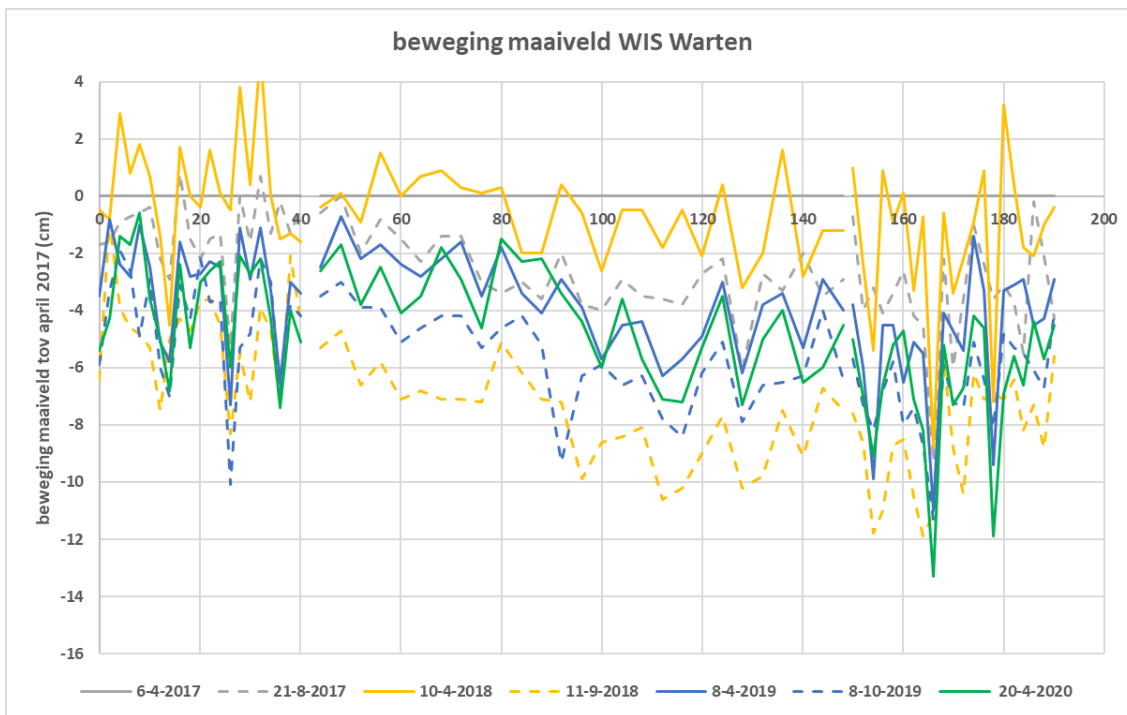
Figuur 3.42 Hoogtemetingen WIS Warten in de 190 m lange raaien.

De beweging van het maaiveld t.o.v. april 2017 wordt in figuur 3.43 weergegeven. De diepe punten komen overeen met locaties dicht bij een greppel, mogelijk is op latere momenten dichterbij of in de greppel gemeten, waardoor er hier een grote daling van het maaiveld lijkt te zijn.

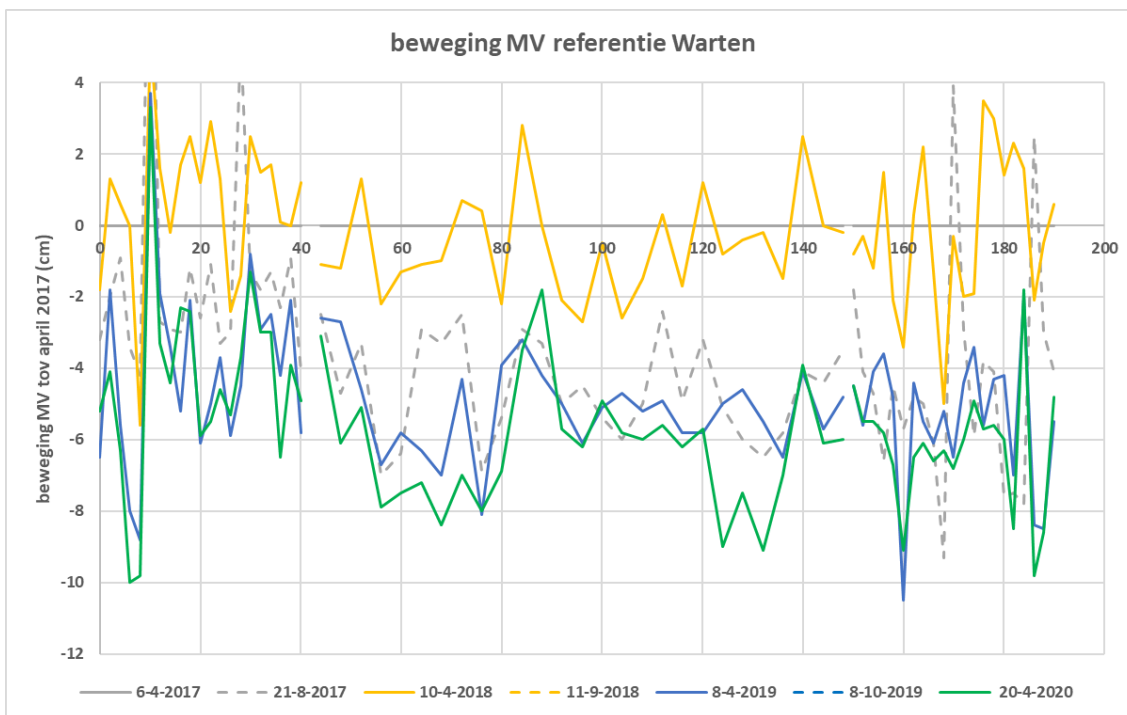
In april 2018 is een deel van het maaiveld gedaald, maar een deel ook niet of zelfs omhooggekomen (waardes boven 0). Dit verandert sterk in september 2018 na een droge warme zomer: het maaiveld is nu op z'n laagst. In april 2019 is het maaiveld weer wat omhooggekomen, maar zeker niet tot het niveau van april 2017 en 2018 en het is de vraag welk deel door veenoxidatie komt en welk deel door irreversibele krimp en niet-elastische zetting. Tevens valt niet uit te sluiten dat hier ook nog reversibele daling bij zit; na de droge zomer van 2018 zijn er waarschijnlijk meerdere jaren nodig voordat de bodem weer volledig gezwollen is. In de loop van de drie jaar is er een trend te zien dat het maaiveld daalt, maar feitelijk zijn langere meetreeksen nodig om de trend in maaiveldaling goed te bepalen. De beweging van het maaiveld

t.o.v. april 2017 in het referentieperceel staat in figuur 3.44 en laat hetzelfde beeld zien als het perceel met WIS.

Door een stier in het veld kon er in het referentieperceel niet in september 2018 en 2019 worden gemeten.



Figuur 3.43 Beweging maaiveld t.o.v. 6-4-2017 WIS Warten in de 190 m lange raaien.

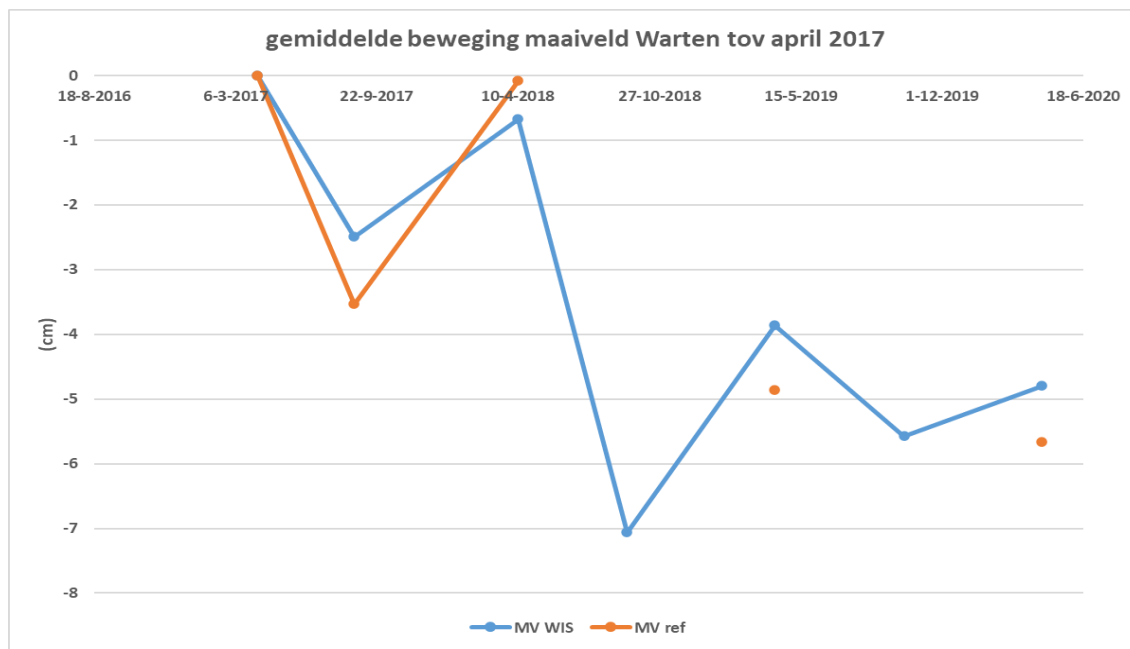


Figuur 3.44 Beweging maaiveld t.o.v. 6-4-2017 referentie Warten in de 190 m lange raaien.

Van elk punt op de verschillende meetmomenten is de het verschil t.o.v. het maaiveld gemeten in april 2017 berekend, van alle punten is het gemiddelde berekend, deze staan in figuur 3.45.

De grondwaterstand heeft ook invloed op het maaiveld, daarom is ook de gemiddelde grondwaterstand van de peilbuizen die staan in het WIS en referentie perceel op de verschillende meetmomenten berekend. In tabel 3.13 staan de verschillen van het maaiveld en de grondwaterstanden t.o.v. april 2017, ook staat in deze tabel een verandering van maaiveld in cm per jaar (totale verandering gedeeld door drie jaar).

De bodemdaling per jaar is hoog, hoger dan 1 cm per jaar en de bodemdaling in de referentie is hoger dan in het WIS-perceel. Waarschijnlijk heeft de droge zomer van 2018 een rol gespeeld en mogelijk wordt deze daling later voor een deel weer opgeheven. Het verschil tussen WIS en referentie kan ook door een groter verschil in grondwaterstand t.o.v april 2017 komen en dan hoeft de bodemdaling in de referentie niet groter te zijn dan in het WIS-perceel.



Figuur 3.45 Gemiddelde beweging maaiveld Warten.

Tabel 3.13 Beweging maaiveld, grondwaterstand GWS en bodemdaling Warten.

Tabel 3.13a Beweging maaiveld t.o.v. 6-4-2017.

	6-4-2017	21-8-2017	10-4-2018	11-9-2018	8-4-2019	8-10-2019	20-4-2020
WIS Warten	0.0	-2.5	-0.7	-7.1	-3.9	-5.6	-4.8
ref Warten	0.0	-3.5	-0.1		-4.9		-5.7

Tabel 3.13b Verschil GWS (cm) t.o.v. 6-4-2017 Warten.

	6-4-2017	21-8-2017	10-4-2018	11-9-2018	8-4-2019	8-10-2019	20-4-2020
GWS WIS	0.0	-6.5	10.3	-35.8	-6.5	25.3	-13.0
GWS ref	0.0	-27.0	13.5	-52.0	-16.5	10.5	-21.0

Tabel 3.13c Bodemdaling (cm/jaar).

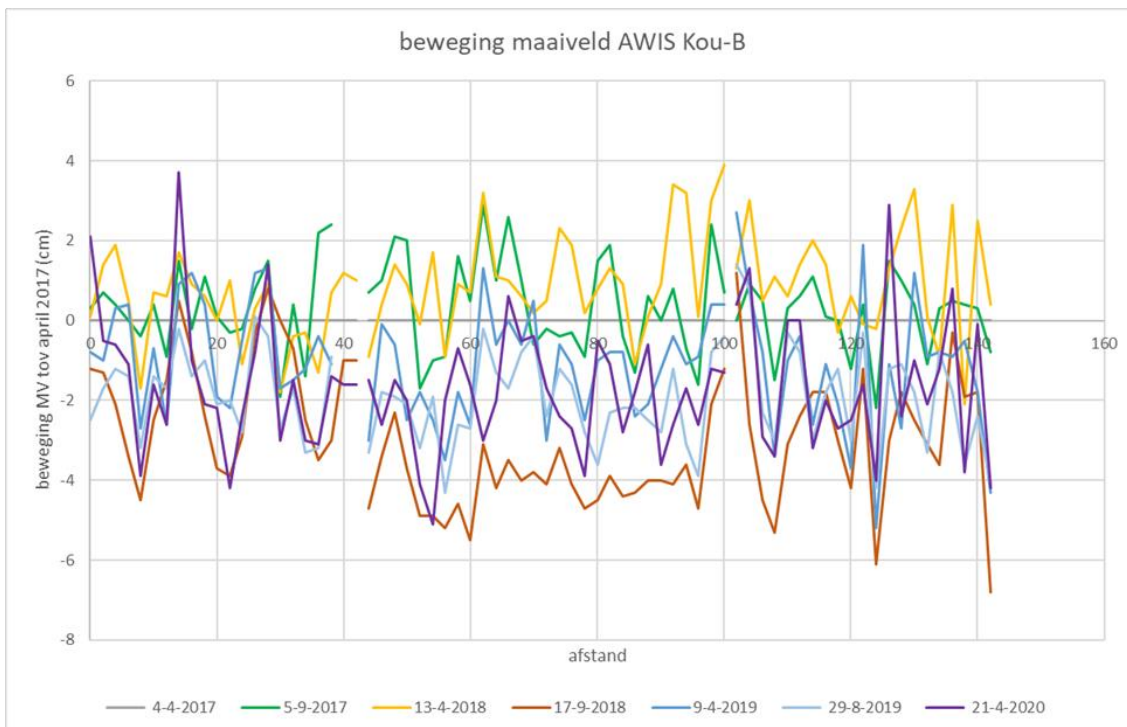
	6-4-2017	10-4-2018	8-4-2019	20-4-2020
WIS Warten	0.0	0.7	1.9	1.6
ref Warten	0.0	0.1	2.4	1.9

3.4.2 Kou-B

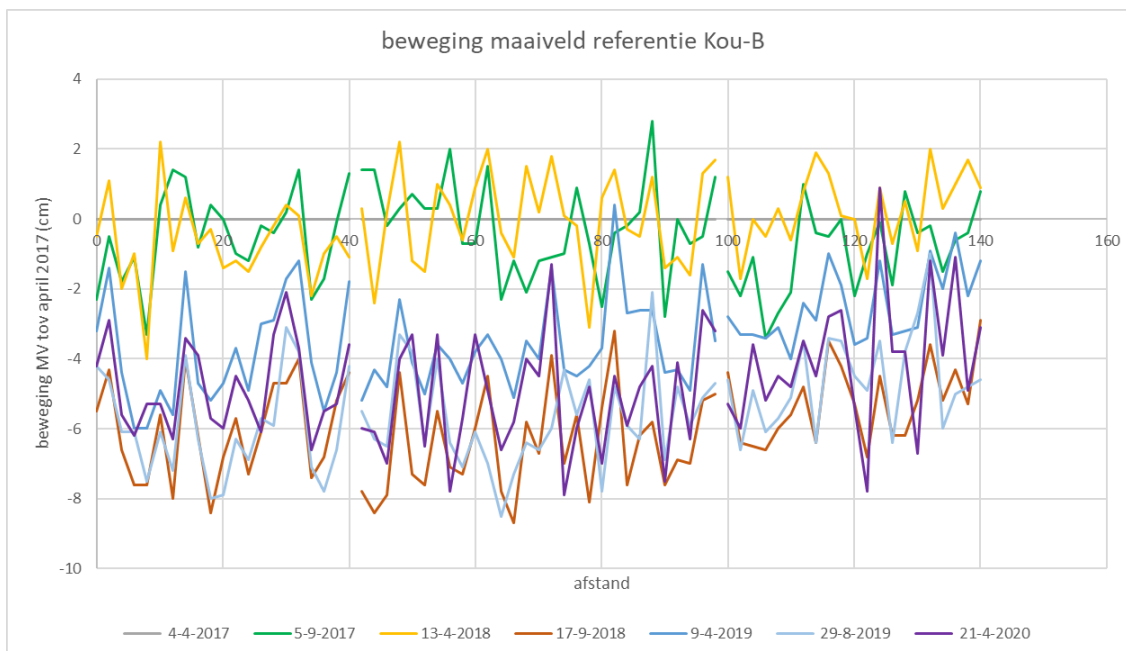
In het perceel Kou-B is de lengterraai licht schuin gelegd t.o.v. de aanwezige drains en de dwarsraaien zijn schuin omhoog gelegd t.o.v. de lengterraai en de rijsporen, in figuur 3.46 worden de raaien weergegeven met links de referentie en rechts het AWIS.



Figuur 3.46 Ligging raaien Kou-B.



Figuur 3.47 Beweging maaiveld AWIS -Kou-B t.o.v. april 2017.



Figuur 3.48 Beweging maaiveld referentie Kou-B t.o.v. april 2017.

In de figuren 3.47 en 3.48 is te zien dat het maaiveld gemeten op 17-9-2018 het laagst was, na de droge warme zomer van 2018. Het maaiveld is in het daaropvolgende voorjaar van 2019 weer omhooggekomen en ook in het najaar van 2019 is het maaiveld hoger dan gemeten in het najaar van 2018.

Tabel 3.14 Beweging maaiveld, grondwaterstand en bodemdaling Kou-B.

Tabel 3.14a Beweging maaiveld t.o.v. 4-4-2017 (cm).

	4-4-2017	5-9-2017	13-4-2018	17-9-2018	9-4-2019	29-8-2019	21-4-2020
beweging MV AWIS	0.0	0.3	0.8	-3.0	-1.1	-1.9	-1.7
beweging MV referentie	0.0	-0.5	-0.1	-6.0	-3.4	-5.5	-4.7

Tabel 3.14b Verschil grondwaterstand t.o.v. 4-4-2017 Kou-B (cm).

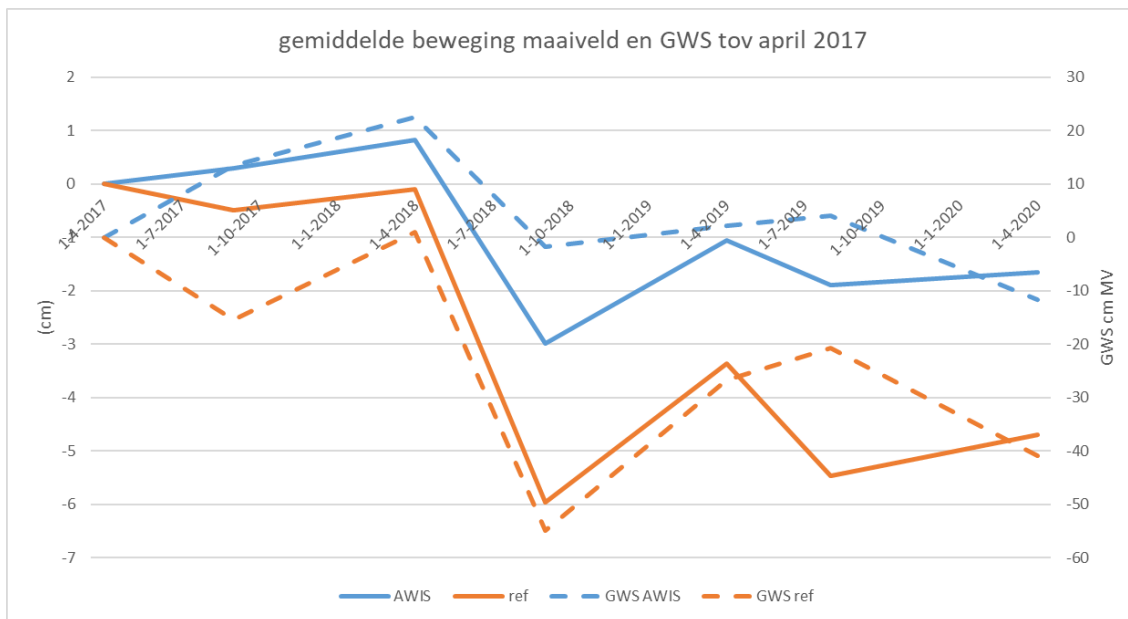
	4-4-2017	5-9-2017	13-4-2018	17-9-2018	8-4-2019	29-8-2019	21-4-2020
AWIS	0	13.5	22.5	-1.75	2.25	4	-11.75
ref	0	-15.5	1	-55	-26.75	-20.75	-41

Tabel 3.14c Gemiddelde bodemdaling in cm/ jaar (positief betekent dat de bodem is gedaald).

	4-4-2017	13-4-2018	8-4-2019	21-4-2020
AWIS	0	-0.8	0.5	0.6
ref	0	0.1	1.7	1.6

In tabel 3.14 staan de verschillen van de hoogte van het gemiddelde maaiveld t.o.v. van het gemiddelde maaiveld gemeten op 4-4-2017, ook is de gemiddelde bodemdaling per jaar berekend. De gemiddelde bodemdaling per jaar is verschillend voor het perceel met AWIS en de referentie: 0.6 resp. 1.6 cm/jaar. De hoge berekende bodemdaling per jaar voor de referentie komt voor een groot deel ook doordat de grondwaterstand tijdens de laatste meting op 21-4-2020 in de referentie meer dan 40 cm lager was dan op 4-4-2017. Ook de grondwaterstand in het perceel met AWIS was op 21-4-2020 lager dan op 4-4-2017 en daarom wordt de conclusie getrokken dat de bodemdaling in het perceel met AWIS 0.6 cm per jaar of lager zal zijn. Voor een schatting van de bodemdaling in het referentieperceel zou een nieuwe meting moeten worden gedaan bij een vergelijkbare grondwaterstand als op 4-4-2017, de bodemdaling zal dan waarschijnlijk minder zijn dan de 1.6 cm per jaar die nu is berekend.

In figuur 3.49 worden de beweging van het gemiddelde maaiveld t.o.v. 4-4-2017 weergegeven en ook de grondwaterstand t.o.v. deze datum. Te zien is dat het maaiveld na de droge zomer van 2018 het laagst was en na de zomer van 2019 wat hoger lag dan na de zomer van 2018. Een deel van de daling van het maaiveld in de referentie zal zijn veroorzaakt door een lagere grondwaterstand en het verschil in grondwaterstand t.o.v. 4-4-2017 was in de referentie steeds een stuk groter dan in het deel met AWIS.



Figuur 3.49 Beweging maaiveld t.o.v. 4-4-2017 en verschil grondwaterstand t.o.v. peil 4-4-2017 Kou-B.

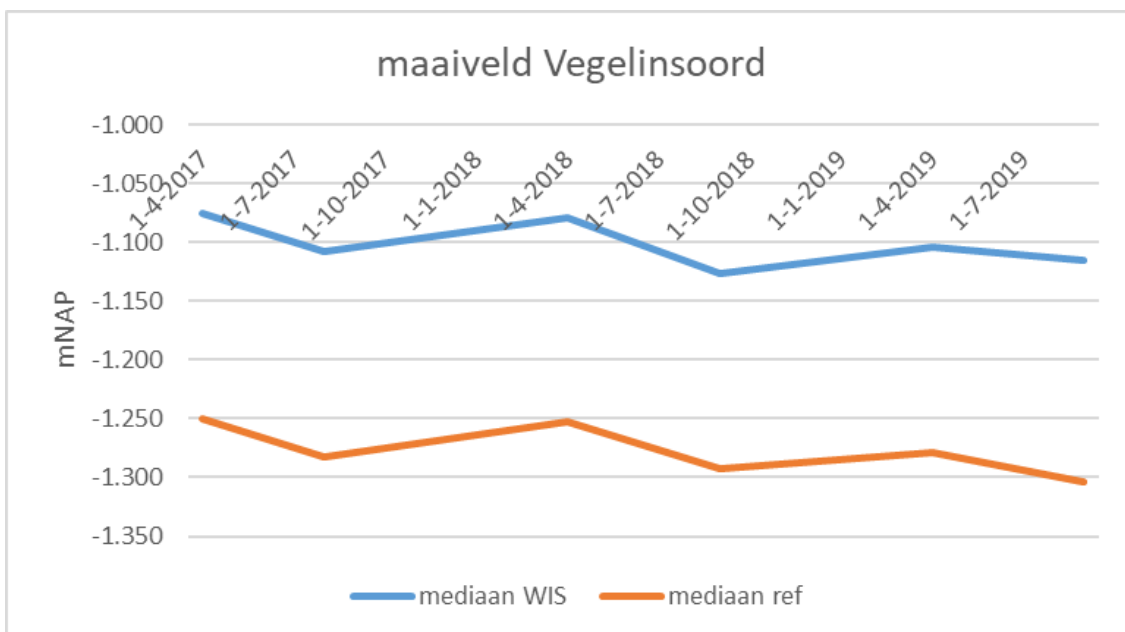
3.4.3 Vegelinsoord

In Vegelinsoord zijn de lengteraaian licht schuin gelegd t.o.v. de richting van de drains, de dwarsraaian zijn loodrecht op de lengteraaian gelegd, zie figuur 3.50. Linksonder liggen de raaian van de referentie, rechtsboven die in het WIS-perceel.

Er is vanaf april t/m september 2019 tweemaal gemeten per jaar. De laatste afsluitende meting in april 2020 kon wegens het weiden van vee niet worden uitgevoerd.



Figuur 3.50 Ligging raaien Vegelinsoord.



Figuur 3.51 Maaiveld Vegelinsoord t.o.v. NAP.

In figuur 3.51 is te zien dat de mediaan van het maaiveld verschilt, het perceel met WIS ligt bijna 20 cm hoger dan de referentie.

Tabel 3.15 *Beweging maaiveld, grondwaterstand en bodemdaling Vegelinsoord.*

Tabel 3.15a *Beweging maaiveld t.o.v. 6-4-2017.*

	6-4-2017	15-8-2017	9-4-2018	13-9-2018	8-4-2019	9-9-2019
WIS	0.0	-3.2	-0.4	-5.1	-2.8	-4.0
ref	0.0	-2.8	-0.1	-4.3	-2.7	-5.0

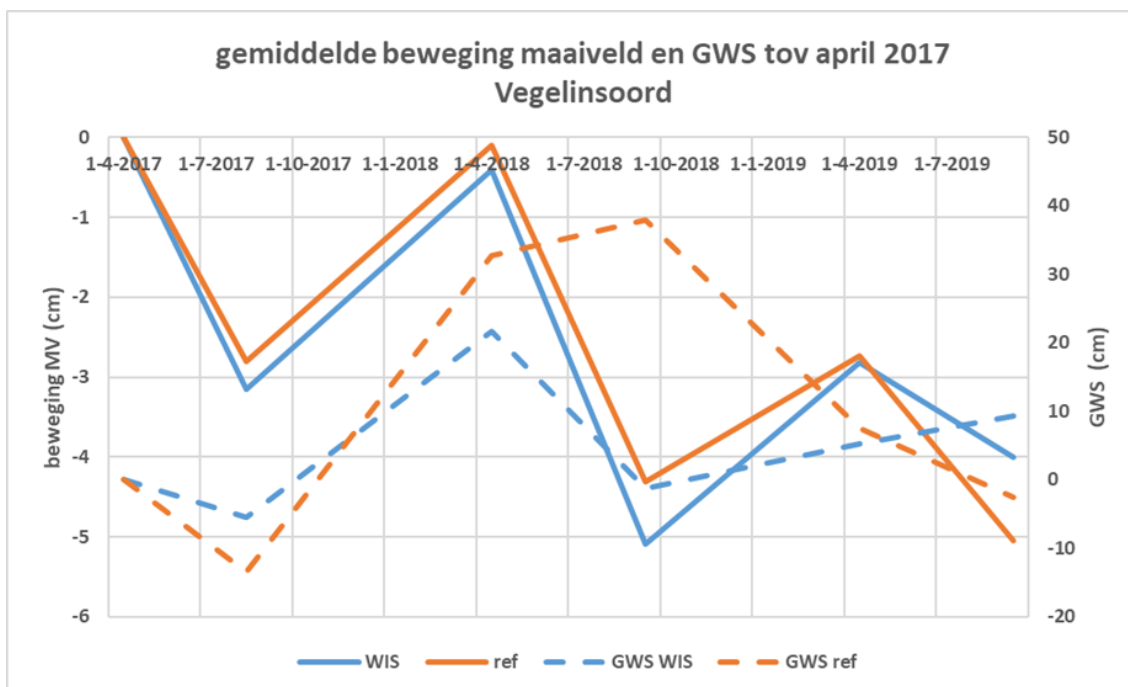
Tabel 3.15b *Gemiddelde GWS t.o.v. april 2017 Vegelinsoord (cm).*

	6-4-2017	15-8-2017	9-4-2018	13-9-2018	8-4-2019	9-9-2019
GWS WIS	0.0	-5.5	21.8	-1.3	5.3	9.3
GWS ref	0.0	-13.5	32.8	38.0	7.5	-2.5

Tabel 3.15c *Gemiddelde bodemdaling in cm/ jaar Vegelinsoord.*

	6-4-2017	9-4-2018	8-4-2019
WIS	0.0	0.4	1.4
ref	0.0	0.1	1.4

De bodemdaling per jaar in Vegelinsoord is hoog, voor het perceel met WIS en de referentie is het 1.4 cm per jaar. De grondwaterstanden op 8-4-2019 verschillen 5 en 8 centimeter met de grondwaterstanden op 6-4-2017, de dag dat de eerste hoogtemetingen zijn uitgevoerd. De daling van de bodem door een lagere grondwaterstand wordt geschat op 10% van de daling de grondwaterstand en zou dan 0.5 en 0.8 cm zijn. De daling van de bodem zonder effect van een andere grondwaterstand zou dan 2.3 resp. 1.9 cm voor WIS en referentie zijn. Per jaar wordt de bodemdaling dan voor WIS geschat op 1.2 cm en 1 cm voor de referentie. WIS heeft dan een hogere bodemdaling, maar gezien de korte meetperiode en de geschatte invloed van de grondwaterstand kan nog niet worden gezegd dat de bodemdaling in WIS hoger is dan de referentie. De gemeten bodemdaling is voor deze periode hoog, mogelijk een gevolg van diep uitzakkende grondwaterstanden, ook in het perceel met WIS. Het maaiveld van het referentieperceel ligt bijna 20 cm lager, hierdoor zal er weinig verschil in drooglegging tussen referentie en het perceel met WIS zijn.



Figuur 3.52 *Beweging maaiveld en grondwaterstand Vegelinsoord.*

3.4.4 Spanga

In Spanga is in de noordelijke sloot waar ook de draininlaten op uitkomen halverwege een dam geplaatst waardoor de drooglegging links en rechts 40 en 60 cm is. Het water in de sloot wordt aangevoerd via een hoogwatercircuit en om dit circuit niet droog te trekken, is de schuif van de wateraanvoer niet helemaal open gezet, hierdoor kan het dat de wateraanvoer soms te gering is en de droogleggingen groter worden dan 40 en 60 cm.

Het proefperceel bestaat uit vier deelproefpercelen: de linker twee deelproefpercelen hebben een drooglegging van 40 cm, de rechter twee een drooglegging van 60 cm. In figuur 3.53 van links naar rechts: onderwaterdrains drooglegging 40 cm (OD40), referentie 40 cm (SP40), onderwaterdrains drooglegging 60 cm (OD60), referentie 60 cm (SP60). Indien drains aanwezig zijn, is een lengterraai gelegd op 1/3 van de drainafstand. Voor het bepalen van de positie van deze raai zijn de peilbuizen gebruikt die op 0.5 m afstand van de drain staan.

In elk deelproefperceel zijn hoogtemetingen uitgevoerd, de eerste hoogtemeting was in augustus 2017. Het proefperceel was toen geëgaliseerd en net opnieuw ingezaaid.



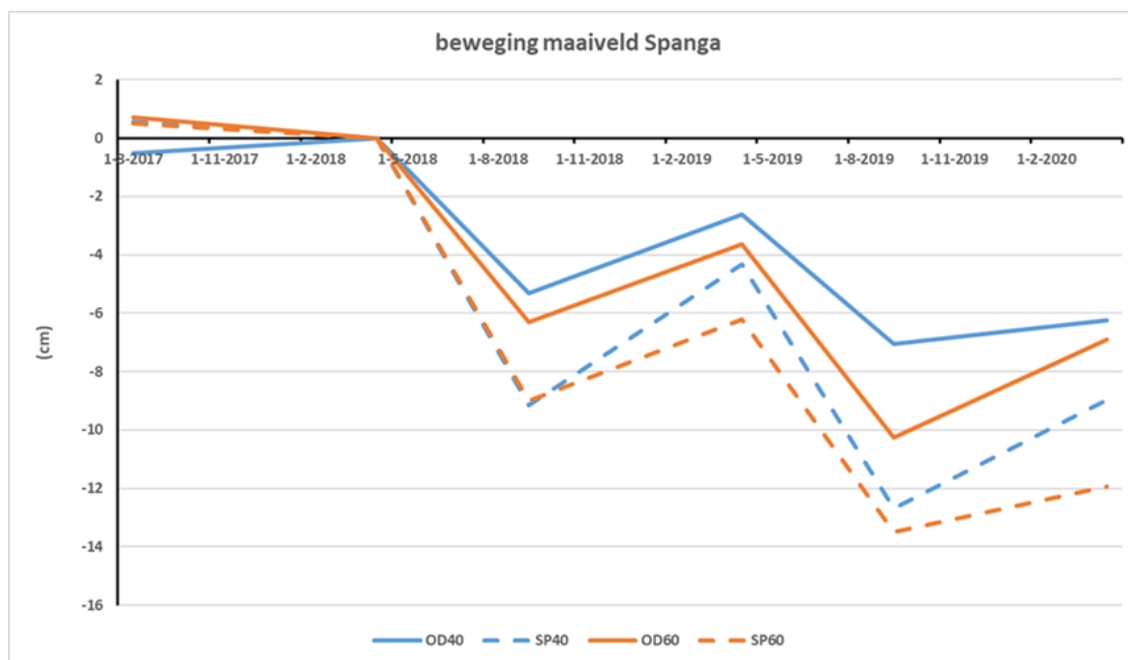
Figuur 3.53 Ligging raaien hoogtemeting Spanga.

Na de droge zomers van 2018 en 2019 is het maaiveld op de meetdagen sterk gedaald, tot bijna 12 cm in het referentieperceel met een drooglegging van 60 cm. De laatste meting was op 20-4-2020, dit voorjaar was erg droog waardoor de grondwaterstanden een stuk lager waren dan tijdens de meting op 16-4-2018 en een aanzienlijk deel van de daling is een gevolg van de lagere grondwaterstanden en het maaiveld zal een stuk terugveren als de grondwaterstanden vergelijkbaar zijn met de grondwaterstanden op 16-4-2018. Op 20-4-2020 was de grondwaterstand in een aantal peilbuizen al onder het filter, waardoor de grondwaterstand geschat moest worden. De werkelijke bodemdaling zal daarom een stuk lager zijn dan de gemeten bodemdaling tot 6 cm per jaar.

De gemeten bodemdaling in cm per jaar was het laagst voor het perceel met WIS en een drooglegging van 40 cm. Bij vergelijking was de bodemdaling in de percelen met WIS lager dan het bijbehorende referentieperceel. Ook bij vergelijking van percelen met een andere drooglegging was de bodemdaling in het perceel met een drooglegging van 40 cm lager dan het perceel met een drooglegging van 60 cm.

Het maaiveld van deelproefpercelen met onderwaterdrains daalt minder snel dan de bijbehorende schaduwpercelen. Het maaiveld bij een drooglegging van 40 cm daalt minder snel dan bij een drooglegging van 60 cm. Het maaiveld van de schaduwpercelen veert na de zomers van 2018 en 2019 terug, maar in de

schaduwpercelen is het terugveren niet genoeg om de extra daling t.o.v. de gedraineerde percelen weer te compenseren. Er is minder verschil in daling tussen de percelen met WIS dan tussen de referentiepercelen. De bodemdaling is hoog, zie tabel 3.16.



Figuur 3.54 Beweging maaiveld Spanga.

Het verschil in grondwaterstand in de referentie met drooglegging 60 cm (SP60) tussen april 2018 en april 2020 is groter dan bij het WIS-perceel bij dezelfde drooglegging, hierdoor zal met de interpretatie van de gemeten dalingen voorzichtig moeten worden omgegaan.

Tabel 3.16 Beweging maaiveld, grondwaterstand en bodemdaling Spanga.

Tabel 3.16a Beweging maaiveld (cm) t.o.v. 16-4-2018 Spanga.

	29-8-2017	16-4-2018	18-9-2018	8-4-2019	3-9-2019	22-4-2020
OD40	-0.5	0.0	-5.3	-2.6	-7.0	-6.2
SP40	0.6	0.0	-9.1	-4.3	-12.7	-9.0
OD60	0.7	0.0	-6.3	-3.6	-10.3	-6.9
SP60	0.5	0.0	-9.0	-6.2	-13.5	-11.9

Tabel 3.16b Gws t.o.v. 16-4-2018 (cm) Spanga.

	29-8-2017	16-4-2018	18-9-2018	8-4-2019	3-9-2019	22-4-2020
GWS OD40	-23.0	0.0	-56.8	-12.0	-52.3	-41.0
GWS SP40	-31.5	0.0	-72.0	-23.5	-74.0	-59.0
GWS OD60	-23.8	0.0	-33.3	-14.3	-79.6	-34.6
GWS SP60	-14.5	0.0	-67.0	-11.5	-77.0	-31.0

Tabel 3.16c Bodemdaling in cm/jaar.

	16-4-2018	8-4-2019	22-4-2020
OD40	0.0	2.6	3.1
SP40	0.0	4.3	4.5
OD60	0.0	3.6	3.5
SP60	0.0	6.2	6.0

3.4.5 Conclusie bodembeweging en jaarlijkse maaiveldddaling

Het aantal meetjaren is nog niet groot genoeg om goede conclusies te trekken, temeer omdat 2017 relatief nat, 2018 zeer droog en 2019 een droog jaar waren. Dit zal vooral van 2017, waarin de grond veel is opgezwollen, naar 2018, waarin juist veel krimp optreedt, een groot verschil opleveren. De bodembeweging binnen een jaar door zwellen en krimpen heeft bij de verschillende lokaties een range van enkele centimeters tot een decimeter. De range van de jaarlijkse bodemdaling is van enkele millimeters (Kou-B) tot enkele centimeters (Spanga). WIS heeft op zowel de bodembeweging gedurende het jaar als de jaarlijkse maaiveldddaling in het algemeen een reductie van minstens 30%. Om de gemiddelde jaarlijkse maaiveldddaling betrouwbaar vast te stellen, zal nog minstens vijf tot tien jaar moeten worden gemeten.

3.5 Gewasopbrengsten

3.5.1 Kou-B

In 2017 en 2018 zijn de gewasopbrengsten voor elke snede bepaald (tabel 3.17).

Tabel 3.17 Gewasopbrengsten 2017 en 2018 Kou-B.

snede	datum	bepaling	AWIS	ref	AWIS
Kou-B			kg dr stof ha ⁻¹	kg dr stof ha ⁻¹	% van opbrengst referentie
1	2-5-2017	uitmaaïen	3723	3288	113.2
2	12-6-2017	uitmaaïen	2936	3260	90.1
3	8-8-2017	uitmaaïen	3600	3207	112.3
4	25-9-2017	uitmaaïen	2366	2461	96.2
5	26-10-2017	uitmaaïen	457	544	84.1
totaal 2017			13083	12760	102.5
Kou-B					
snede	datum	bepaling	AWIS	ref	AWIS
			kg dr stof ha ⁻¹	kg dr stof ha ⁻¹	% van opbrengst referentie
1	7-5-2018	uitmaaïen	2848	2715	105
2	7-6-2018	uitmaaïen	2178	2848	76
3	9-7-2018	uitmaaïen	1362	1172	116
4	6-9-2018	uitmaaïen	1730	2245	77
5	13-11-2018	uitmaaïen	564	538	105
totaal 2018			8118	8980	90

In 2017 was de totale opbrengst van het perceel met AWIS iets groter dan de opbrengst van het referentieperceel, in 2018 is dit omgekeerd, maar is het verschil tussen de twee percelen groter. In 2017 was de opbrengst een stuk hoger dan in 2018, waarschijnlijk was 2018 te droog en te warm en had dit een negatief effect op de opbrengst. Het jaar 2018 was droog en warm, maar het extra vocht dat met WIS is aangevoerd, heeft niet tot een hogere opbrengst dan van het referentieperceel geleid, of het water dat via de oude drainbuizen is aangevoerd en als plassen op het land kwam te liggen heeft een negatief effect op de opbrengst gehad.

3.5.2 Vegelinsoord

In Vegelinsoord is de opbrengst alleen in 2017 gemeten (tabel 3.18).

Voor de 2^e snede kon maar één strook i.p.v. drie stroken worden uitgemaaid en de 5^e snede is niet bepaald door uitmaaien, maar is de grashoogte door de boer gemeten en omgerekend naar kilo droge stof per hectare. Ook hier is de opbrengst van het perceel met WIS iets hoger dan die van het referentieperceel.

Tabel 3.18 Gewasopbrengst 2017 Vegelinsoord.

snede	datum	bepaling	WIS	ref	WIS
			kg dr stof ha ⁻¹	kg dr stof ha ⁻¹	% van opbrengst referentie
1	2-5-2017	uitmaaien	3752	3357	111.8
2	7-6-2017	uitmaaien 1 strook	3106	3008	103.3
3	3-7-2017	uitmaaien	2606	2534	102.8
4	1-8-2017	uitmaaien	2659	2972	89.4
5	2-9-2017	grashoogte	2090	2016	103.7
6	13-10-2017	uitmaaien	1253	983	127.5
totaal 2017			15466	14870	104

3.5.3 Spanga

In 2017 is het perceel opnieuw ingezaaid, in 2018 is de gewasopbrengst bepaald (tabel 3.19).

Tabel 3.19 Gewasopbrengst 2018 Spanga.

snede	datum	bepaling	WIS 60	ref 60	WIS 60
			kg dr stof ha ⁻¹	kg dr stof ha ⁻¹	% van opbrengst ref
1	8-5-2018	uitmaaien	3419	3458	99
2	11-6-2018	uitmaaien	3323	3279	101
3	9-7-2018	uitmaaien	1486	1337	111
4	21-8-2018	uitmaaien	2114	1596	132
5	25-9-2018	uitmaaien	1348	1297	104
totaal			11690	10968	107

Ondanks de droge warme zomer van 2018 is de gewasopbrengst nog redelijk goed met een opbrengst van 11.6 en 11 ton per hectare. In het perceel met WIS is een hogere opbrengst gemeten dan in het referentieperceel.

3.5.4 Grasopbrengsten 2017 en 2018

In tabel 3.20 zijn de gewasopbrengsten van de jaren 2017 en 2018 gepresenteerd.

Tabel 3.20 Gewasopbrengsten jaren 2017 en 2018.

Locatie	2017			2018		
	Referentie	WIS	%	Referentie	WIS	%
Vegelinsoord	14870	15466	104			
Kou-B	12760	13083	103	8980	8118	90
Kou-S	10749	11995	112			
Kou-G	14468	12679	88			
Aldeboarn	13750	11291	82			
Gersloot	10780	10472	97			
Spanga				10968	11690	107

De grasopbrengsten tussen de referentiepercelen en de WIS-percelen laten enkele grote verschillen zien (tabel 3.20), waarbij de grasopbrengst bij het perceel met onderwaterdrains hoger of lager kan uitvallen dan bij het schaduwperceel. Gemiddeld is de grasopbrengst bij de WIS-percelen iets lager dan bij de referentiepercelen, maar dit valt binnen de nauwkeurigheidsmarge van de metingen en een duidelijk lijn zit er niet in. Dit komt overeen met de resultaten van pilots in het westelijke deel van Nederland. Bij de toepassing van onderwaterdrains is de verwachting dat er minder droogteschade optreedt. In 2017 was echter geen sprake van een echte droogteperiode, zodat dit voordeel van onderwaterdrains toen niet tot uitdrukking kwam. Het droge jaar 2018 laat geeft echter ook geen duidelijkheid, omdat er slechts bij twee locaties grasopbrengsten werden gemeten en bij de ene locatie (Kou-B) werd bij WIS een 10% lagere opbrengst gemeten, terwijl bij de andere locatie juist 7% meer werd gemeten. Om conclusies te trekken, zijn daarom meer jaren met grasopbrengsten nodig.

4 Conclusies

In het Friese onderzoek naar de effectiviteit van WIS om de maaiveldddaling en CO₂-emissies significant te beperken, is in eerste instantie uitgegaan van een combinatie van WIS en een drooglegging van 60 cm. Uitgangspunt was dat de grondwaterstanden in de zomerperiode door de infiltratie via de WIS niet dieper dan 10 tot 20 cm onder het slootpeil zouden zakken. In de praktijk bleek dit tegen te vallen en slechts bij de locaties Warten en Gersloot lijkt het mogelijk om die doelstelling te realiseren. Echter doordat de slootpeilen in de zomer dieper uitzakten dan de beoogde drooglegging van 60 cm, zakten midden tussen de infiltratiedrains de grondwaterstanden dieper uit dan 80 cm. Bij de resterende locaties lijkt het probleem naast te lage slootpeilen vooral een te lage infiltratiecapaciteit te zijn. Door de afstand tussen de infiltratiedrains van 6 m terug te brengen naar 4 m, kan de infiltratiecapaciteit worden verdubbeld en kan bij de meeste locaties waarschijnlijk wel de doelstelling worden bereikt. Uit de metingen blijkt dat de maaiveldddaling met de nu bestaande WIS gemiddeld met ca. 30% kan worden gereduceerd. Bij een goed functionerende WIS zal dit nog meer zijn. De AWIS bij Kou-B blijkt in zijn huidige vorm niet te voldoen, maar kan door verbetering van de energievoorziening en een betere aansturing van het waterpeil in het reservoir wel de grondwaterstand op het gewenste niveau van ca. 60 cm -mv houden. Bij Kou-B waren tussen oude, bestaande drains nieuwe drains aangelegd, waarbij de eindbuizen bij de oude drains waren verwijderd. Via scheuren in de grond bleek echter veel water weg te lekken naar de sloot. Bij een combinatie van oude en nieuwe drains is het dus zaak om hoge slootpeilen te handhaven.

Een van de belangrijkste resultaten van dit project in Friesland en verschillende projecten in het westelijke veenweidegebied is dat de ervaringen met deze projecten hebben geleid tot het certificeren van het ontwerp en uitvoering van infiltratiedrains (WIS), om op die wijze een betere waarborg te krijgen dat een WIS ook daadwerkelijk goed functioneert. Deze Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor Buisdrainage en Veenweide-infiltratie BLR1411 kan worden gevonden op de website <https://www.kiwa.com/nl/nl/services/testen/brl-1411/>. Daarin wordt aangegeven dat de drainafstand 3 tot 4 m moet bedragen, echter indien de doorlatendheid bekend is, mag de drainafstand worden berekend, maar de maximale drainafstand is 6 m.

Naar aanleiding van de resultaten van NOBV is door de toenmalige minister Harbers in een Kamerbrief aangegeven dat voor een forse reductie van de CO₂-emissie de grondwaterstand in het veenweidegebied in de zomer niet onder de 40 cm -mv mag zakken. Dit houdt in dat bij een WIS het slootpeil in de zomer in droge perioden niet dieper mag zijn dan 30 cm -mv. Ook zal de infiltratiecapaciteit voldoende moeten zijn om de grasverdamping en eventuele wegzijging ruim te compenseren. Met AWIS lijkt deze doelstelling om de grondwaterstand niet onder de 40 cm -mv te laten zakken goed realiseerbaar.

Om de CO₂-emissie fors te beperken, wordt aanbevolen om bij WIS in ieder geval in droge perioden een slootpeil van 30 cm -mv of hoger aan te houden. Mogelijk is dit in de praktijk met HAKLAM (Hoog Als het Kan, Laag Als het Moet) te realiseren. Dit slootpeil is dus veel hoger dan de drooglegging van 60 cm die in het Friese WIS-project is toegepast. Daarnaast moet de infiltratiecapaciteit voldoende zijn om in droge perioden de grasverdamping ruim te compenseren. Daarom wordt aanbevolen om bij subsidieaanvragen voor de aanleg van WIS te eisen dat voldaan wordt aan de KOMO-richtlijn BLR1411.

De metingen van de bodembeweging en maaiveld laten zien dat WIS bij een slootpeil van 60 cm -mv al meer dan 30% reductie oplevert. Bij hogere slootpeilen en infiltratiedrains op 4 m onderlinge afstand zal dit veel meer reductie opleveren. De draagkrachtmetingen lieten geen duidelijk beeld zien. Wat betreft de grasopbrengst laat WIS geen duidelijk hogere of lagere opbrengsten zien. Aanbevolen wordt om de draagkrachtmetingen en de grasopbrengsten te herhalen bij optimaal functionerende PWIS en AWIS waarbij de mogelijkheden van WIS worden gebruikt om de grondwaterstand niet alleen te beheren om lage broeikasgasemissies te realiseren, maar ook om tijdig een goede draagkracht te realiseren en goede omstandigheden voor grasgroei.

Literatuur

- Boonman, J., Hefting, M. M., van Huissteden, C. J. A., van den Berg, M., van Huissteden, J., Erkens, G., Melman, R., and van der Velde, Y.: Cutting peatland CO₂ emissions with water management practices, *Biogeosciences*, 19, 5707–5727, <https://doi.org/10.5194/bg-19-5707-2022>, 2022.
- Fritz, C., S.T.J. Weideveld, M. Velthuis & M. van den Berg, 2021. Broeikasgasuitstoot van Friese veenbodems. Kunnen onderwaterdrainage en infiltratie aan een duurzame emissiereductie bijdragen? Technische rapportage: Project 'Monitoring veenoxidatiesnelheden en broeikasgasemissies PF-2016/165140. Radboud Universiteit Nijmegen, 108 p.
- Kleijn, D., D. Lammertsma & G. Müskens, 2011. Het belang van waterpeil en bemesting voor de voedselbeschikbaarheid van weidevogels pp. 41-60. *In*: Teunissen, W.A. & Wymenga, E. (Eds.) 2011. Factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van weidevogelpopulaties. Belangrijke factoren tijdens de trek, de invloed van waterpeil op voedselbeschikbaarheid en graslandstructuur op kuikenoverleving. SOVON onderzoeksrapport 2011/10. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. A&W-rapport 1532. Bureau Altenburg & Wymenga, Veenwouden. Alterra rapport 2187, Alterra, Wageningen.
- KOMO, 2021. Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor Buisdrainage en Veenweideinfiltratie, BLR1411, <https://www.kiwa.com/nl/nl/services/testen/brl-1411/>.
- NOBV, Nationaal Onderzoek Broeikasgassen Veenweiden, www.NOBVeenweiden.nl
- Van den Meer, M. en B. Kruyt, 2020. Validatie effectiviteit van onderwaterdrainage op CO₂ fluxen in Friesland met eddy covariance. Radboud Universiteit Nijmegen en Wageningen Universiteit.
- Weideveld, S.T.J., Weier Liu, M. van den Berg¹, L.P.M. Lamers and C. Fritz, 2021. Conventional subsoil irrigation techniques do not lower carbon emissions from drained peat meadows. *Biogeosciences*, 18, 3881–3902

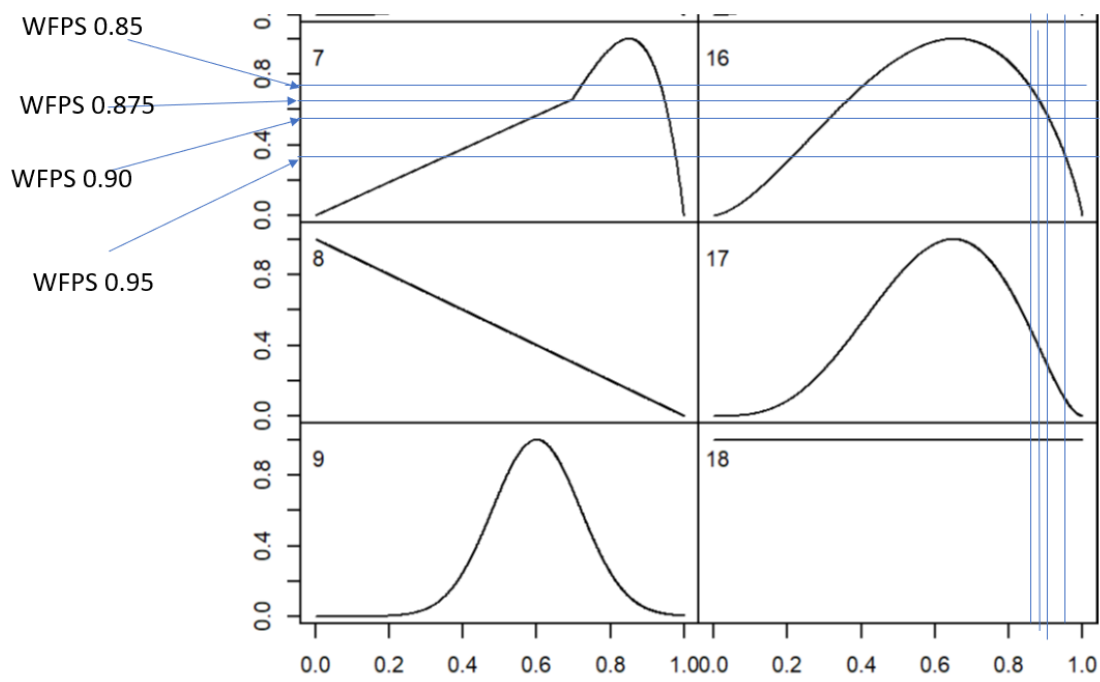
Bijlage 1 Gemiddelden van ringmonsters 100cc genomen in drievoud

Tabel B1.1 Gemiddelden van ringmonsters 100cc genomen in drievoud.

Locatie	verzadigd vochtgehalte cm ³ /cm ³	veldvochtgehalte cm ³ /cm ³	droog volume gewicht g/cm ³	luchtgehalte bij monstername cm ³ /cm ³	gravimetrisch vochtgehalte g/g
Warten D1, WIS					
-10	0.67	0.59	0.63	0.07	0.94
-30	0.67	0.62	0.44	0.05	1.41
-50	0.88	0.84	0.13	0.05	6.36
-70	0.91	0.89	0.12	0.02	7.65
Warten, D2 WIS					
-10	0.66	0.57	0.66	0.10	0.85
-30	0.84	0.78	0.22	0.06	3.57
-50	0.88	0.84	0.12	0.04	7.25
-70	0.84	0.84	0.33	0.00	2.53
Warten, B1 ref					
-10	0.65	0.54	0.72	0.11	0.75
-30	0.79	0.74	0.29	0.05	2.50
-50	0.90	0.87	0.14	0.03	6.33
-70	0.91	0.88	0.11	0.03	7.94
Warten, B2 ref					
-70	0.90	0.89	0.13	0.01	6.99
-50	0.90	0.88	0.13	0.02	6.57
-30	0.83	0.75	0.22	0.08	3.34
-10	0.67	0.58	0.60	0.10	0.96
Kou-B E1 AWIS					
-10	0.65	0.58	0.69	0.07	0.84
-30	0.74	0.68	0.43	0.06	1.59
-50	0.90	0.86	0.13	0.04	6.62
-70	0.90	0.87	0.11	0.03	8.13
Kou-B E2 AWIS					
-10	0.64	0.59	0.71	0.05	0.83
-30	0.79	0.74	0.27	0.06	2.75
-50	0.89	0.84	0.12	0.05	6.85
-70	0.90	0.87	0.11	0.02	7.91
Kou-B B1 ref					
-10	0.63	0.57	0.74	0.07	0.77
-30	0.86	0.81	0.21	0.05	3.92
-50	0.91	0.88	0.12	0.03	7.55
-70	0.92	0.90	0.09	0.02	10.29
Kou-B B2 ref					
-10	0.69	0.64	0.62	0.05	1.03
-30	0.88	0.84	0.18	0.04	4.57
-50	0.90	0.85	0.12	0.05	6.84
-70	0.93	0.87	0.09	0.06	9.48
Vegelin C1 WIS					
-10	0.69	0.63	0.55	0.06	1.14
-30	0.78	0.77	0.29	0.01	2.65
-50	0.87	0.85	0.16	0.02	5.46
-70	0.89	0.88	0.14	0.01	6.43

Locatie	verzadigd vochtgehalte cm ³ /cm ³	veldvochtgehalte cm ³ /cm ³	droog volume gewicht g/cm ³	luchtgehalte bij monstername cm ³ /cm ³	gravimetrisch vochtgehalte g/g
Vegelin C2 WIS					
-10	0.75	0.67	0.43	0.09	1.56
-30	0.82	0.77	0.25	0.05	3.04
-50	0.88	0.85	0.14	0.04	5.91
-70	0.90	0.88	0.14	0.01	6.45
Vegelin A1 ref					
-10	0.68	0.65	0.58	0.04	1.12
-30	0.72	0.67	0.47	0.04	1.43
-50	0.89	0.88	0.15	0.01	6.05
-70	0.90	0.89	0.11	0.01	8.03
Vegelin A2 ref					
-10	0.66	0.60	0.65	0.07	0.93
-30	0.82	0.79	0.28	0.03	2.85
-50	0.90	0.88	0.15	0.01	6.05
-70	0.88	0.84	0.14	0.03	6.13
Spanga C1 WIS					
-10	0.73	0.65	0.49	0.08	1.33
-30	0.89	0.84	0.14	0.06	6.14
-50	0.91	0.87	0.13	0.04	6.84
-70	0.90	0.86	0.12	0.04	7.34
Spanga C2 WIS					
-10	0.76	0.73	0.39	0.03	1.86
-30	0.87	0.84	0.15	0.03	5.51
-50	0.91	0.90	0.12	0.01	7.60
-70	0.92	0.91	0.12	0.01	7.52
Spanga D1 ref					
-10	0.70	0.66	0.58	0.03	1.14
-30	0.86	0.80	0.18	0.06	4.56
-50	0.89	0.85	0.14	0.04	6.08
-70	0.91	0.89	0.13	0.02	7.00
Spanga D2 ref					
-10	0.69	0.64	0.53	0.05	1.20
-30	0.84	0.78	0.20	0.05	3.85
-50	0.89	0.84	0.14	0.05	6.02
-70	0.90	0.88	0.13	0.02	6.80

Bijlage 2 Relatie WFPS en relatieve afbreeksnelheid



Bewerkte figuur uit artikel Jim Boonman (2022), ook bij hoge WFPS (Water Filled Pore Space = watergevulde poriën gehalte) al een grote relatieve afbraaksnelheid.

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3417
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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

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



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3417
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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.
