

Schalterveen in het Friese Veenweidegebied: gaten boren om schalter te doorbreken

Eindrapportage

Nyncke Hoekstra, Luuk Spierings



© 2025 Louis Bolk Instituut, Bunnik

Schalterveen in het Friese Veenweidegebied: gaten boren om
schalter te doorbreken

Eindrapportage

Nyncke Hoekstra, Luuk Spierings

23 pagina's

Publicatienummer: 2025-6477-LbD

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

Voorwoord

Zes melkveehouders in het Friese veenweidegebied, boerend op schalterveen, verenigden zich in 2019 rondom hun 'bodemproblemen'. Wat speelt er bij hen in de bodem?

In het project "Integrale bodemverbetering Feangreiden" in opdracht van Veenweide Fryslân, en met medefinanciering vanuit Strategisch Bodembeleid van de provincie Fryslân, zijn we samen met de zes deelnemers aan de slag gegaan om oplossingen te vinden voor verschillende thema's in relatie tot bodem.

Eén van deze thema's is de problematiek rondom schalterveen. In de bodems van circa 8000 hectares Friese veenweiden verhindert een verdichte laag diepere beworteling en de toe- en afvoer van water: zogenaamd schalterveen.

In deze rapportage beschrijven we de resultaten van een demo-proef waarin er gaten door het schalterveen zijn geboord om deze te doorbreken.

Dit project is uitgevoerd met dank aan:

- Wageningen Plant Research voor het beschikbaar stellen van de machines en de aanleg van de proef
- Coen ter Berg voor hulp en advies bij aanleg en beoordeling doorworteling en bodemleven
- Acacia Water voor installatie van peilbuizen en bodemvochtsensoren
- Klankbordgroep bodem (veenweide Fryslân) voor discussie en meedenken

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Hypotheses	9
2 Materiaal en methoden	10
2.1 Opzet	10
2.2 Metingen	11
2.3 Weersomstandigheden	12
3 Resultaten en discussie	12
3.1 Aanleg en bodem	12
3.2 Doorworteling en bodemleven	13
3.3 Grondwaterstand en bodemvocht gehalte	15
3.4 Grasproductie en mineralenopname	18
3.5 Veen afbraak en CO ₂ uitstoot	19
3.6 Praktische toepasbaarheid	20
4 Conclusies en aanbevelingen	21
5 Literatuurlijst	23

Samenvatting

In de bodems van circa 8000 hectare Friese veenweiden verhindert een verdichte veenlaag diepere beworteling en de toe- en afvoer van water: zogenaamd schalterveen. Hier rapporteren we de resultaten van een demo waarin we gaten door deze schalterlaag hebben geboord met daarbij de volgende hypothesen:

- In de (opge vulde) gaten vindt diepere doorworteling en sterke bodemactiviteit plaats.
- De geboorde gaten resulteren in een betere (snellere) afvoer van regenwater onder natte omstandigheden en een betere connectie met grondwater bij droogte.
 - Het bodemvochtgehalte vlak boven de schalterlaag (op 25 cm diepte) is stabiel.
 - Snellere stijging grondwaterstand na (zware) regenval (snellere infiltratie van oppervlakte water naar grondwater).
- Grasproductie: hogere productie door betere doorworteling en verbeterde (stabielere) vochthuishouding. Met name zichtbaar tijdens droogte of juist zeer natte periodes in het groeiseizoen.
- De doorworteling van de boorgaten zorgt voor een stabiele en langdurige doorbreking van de schalterlaag.

In december 2020 is een demoproef aangelegd op een melkveebedrijf in Koufurderrige. Op dit klei-op-veen perceel zit een schalterlaag op ongeveer 30-60 cm diepte. Met behulp van een machine ontwikkeld door Wageningen Plant Research zijn gaten van 10 cm doorsnede en 60 cm diepte met een onderlinge afstand van 75 cm geboord in vier proefvlakken van 6 x 6 m (A-D) met de volgende varianten.

- A: opvulling gaten met (gemengde) boorgrond
- B: opvulling gaten met een mengsel van boorgrond en poldergrond (zand)
- C: opvulling gaten met poldergrond
- D: opvulling met mengsel (als B) en een dubbel aantal boorgaten
- Daarnaast werden er twee referentievlakken gemaakt (E en F) zonder boorgaten.

De boorgaten waren binnen een jaar na aanleg niet meer te zien in de zode. In oktober 2024 (4 jaar na aanleg) waren de boorgaten nog steeds duidelijk zichtbaar in de schalterlaag.

Onafhankelijk van het opvulmateriaal, was er sprake van verbeterde beworteling tot meer dan 50 cm diepte en hogere activiteit van bodemleven (met name pendelende regenwormen) in de geboorde gaten. Mogelijk kunnen kruiden met diepe penwortels en pendelende regenwormen de werking van de gaten langer in stand houden.

De aanvoersnelheid van regenwater naar grondwater (indicator van infiltratie van water door de gaten) was sneller bij de dubbele gaten dan de referentie, maar dit effect was niet zichtbaar bij de enkele gaten (B). Dit zou erop duiden dat voor een goede werking, een hoge dichtheid van gaten belangrijk is.

Tegen de verwachting in was de variatie in bodemvochtgehalte vlak boven de schalterlaag niet lager bij objecten met gaten. Wel toonden de objecten met gaten (met name D met dubbele

gaten) een hoger bodemvochtgehalte vlak boven de schalterlaag. Dit lijkt erop te duiden dat de aanvoer van bodemvocht uit diepere lagen door capillaire stijging door de gaten verbeterd is. In het relatief droge groeiseizoen van 2023 toonden de gaten behandelingen een hogere gras drogestofopbrengst. Daarnaast was ook de opname van fosfaat en kali opvallend hoger t.o.v. de referentiebehandelingen, mogelijk als resultaat van grotere wortelbiomassa die tot dieper de bodem bereikt, met name in de behandeling met dubbele gaten. Echter, in het relatief natte 2024 waren er geen duidelijke verschillen in de behandelingen met en zonder gaten. Dit laatste in tegenstelling tot traditioneel gebruikte methoden zoals spitten (Luten, 1984) waar onder natte omstandigheden juist een negatief effect op grasopbrengst werd gevonden. De in juni tot september 2023 uitgevoerde CO₂-metingen lieten geen duidelijke toe- of afname zien van CO₂-emissie door oxidatie van veen als resultaat van toepassing van deze maatregel.

Praktische implicaties en aanbevelingen

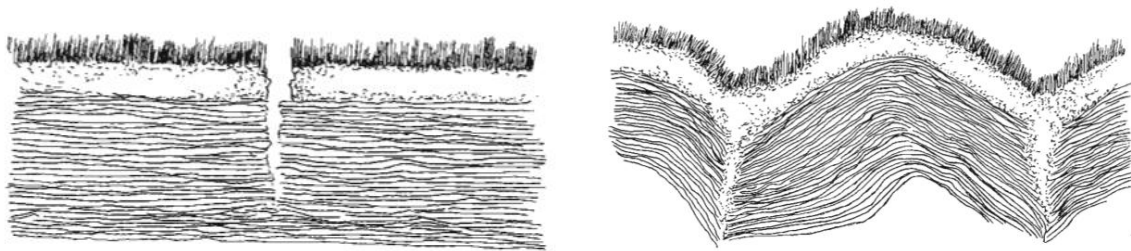
- Deze methode biedt duidelijk perspectief voor het verminderen van de negatieve effecten van schalterveen.
- Er was geen duidelijk voordeel van het gebruik van aangevoerd zand / poldergrond bij het vullen van de gaten, en daarmee lijkt het hergebruik van het gemengde boorsel de meest praktische methode.
- De dubbele werkgang (dus twee keer zoveel gaten) lijkt het beste te werken.
- De grootste belemmering voor praktische toepassing is dat de aanleg van de gaten langzaam gaat en arbeidsintensief is. Dit zou deels kunnen worden verholpen door de gatenboor achter een robottrekker te plaatsen. Daarnaast is er op grasland nog enige doorontwikkeling nodig zodat de gaten automatisch worden opgevuld. Dit laatste is ook eenvoudiger als er geen grond hoeft te worden aangevoerd, maar de geboorde grond alleen terug de gaten in hoeft te worden gebracht.
- Bij een vervolg is het belangrijk om de methode op een groter areaal te testen en naast grasopbrengst ook de draagkracht te meten.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de bodems van circa 8000 hectare Friese veenweiden verhindert een verdichte laag diepere beworteling en de toe- en afvoer van water. Deze laag wordt schalterveen genoemd en kenmerkt zich door onafgebroken plantaardig materiaal dat in zichtbare, horizontale, compacte lagen opeengestapeld is: Veenmosveen met een compacte plaatjesstructuur. Deze laag zit meestal tussen de 20 en 40 cm diepte, en zelden dieper dan 60 cm. Schalterveen kan bovengronds leiden tot bultvorming (Figuur 1).

Als de schalterlaag uitdroogt wordt de doorlaatbaarheid voor water nog kleiner (de laag wordt dan sterk waterafstotend) en in droge zomers kan dit de uitdroging van de bodem vergroten doordat vocht uit diepere bodemlagen niet benut kan worden door relatief oppervlakkige beworteling en het gebrek aan capillaire stijging. De problemen die de schalterlaag met zich meebrengt zijn dan ook groter geworden met de diepe ontwatering van veenweidepercelen in Friesland.



Figuur 1 Schalterveen kan lijden tot bovengrondse bultvorming (Luten., 1984)

Er zijn verschillende manieren waarop de schalterproblematiek kan worden aangepakt. Veel bodems met schalterveen zijn in de vorige eeuw verbeterd met behulp van overheidssubsidies. Door Luten (1984) zijn op een proefveld te Spannenburg verschillende bewerkingsmethoden toegepast om de venige klei bovengrond en het onderliggende schalterveen te verbreken of te mengen. Voornamelijk spitfrezen tot 60 cm diepte, leidde tot een verandering in vochttoestand van de bodem, en was bij dit object ook de drogestofopbrengst van het grasland hoger in droge jaren. Echter in natte jaren, leidde deze bewerkingsmethode tot lagere draagkracht en drogestof- en stikstofopbrengsten.

De traditionele bewerkingsmethoden, door te ploegen of door de schalterlaag te doorbreken met een woelpoot heeft grote consequenties voor de veenafbraak en daarmee samenhangende CO₂-uitstoot. Daarnaast kan het resulteren in verlies van “goede” bovengrond. Woelen moet regelmatig worden herhaald om effectiviteit te behouden omdat de lagen al snel weer aansluiten.

Als onderdeel van project Integrale bodemverbetering Feangreiden zijn er verschillende oplossingsrichtingen geïnventariseerd waarmee de negatieve gevolgen van de schalterlaag kunnen worden tegengegaan.

Ten eerste bleken bij een inventarisatie in het Friese schalterveengebied (in tegenstelling tot andere veengronden) relatief veel pendelende regenwormen voor te komen. Deze pendelaars bleken ook in staat om gangen aan te leggen door de schalterveenlaag heen. Mogelijk kunnen deze pendelende regenwormen met hun diepe verticale gangen een bijdrage leveren aan het verbeteren van de waterhuishouding en doorworteling van schalterveen (Hoekstra et al., 2021). In een bemestingsproef in Koufurderrige wordt gekeken in hoeverre we deze pendelaars kunnen stimuleren door het aanwenden van verschillende organische mestsoorten.

Daarnaast bestond het idee dat diepwortelende kruiden mogelijk een bijdrage kunnen leveren om watertransport door de schalterlaag mogelijk te maken. Het in- en doorzaaien van kruiden op klei-op-veen kan goed werken, maar is niet zonder uitdagingen (zie ook factsheet Kruidenrijk grasland in het veenweidegebied in Fryslân, Hoekstra, 2023 en Janssen et al., 2024). Echter, de wortels van cichorei en smalle weegbree bleken de zure schalterlaag te vermijden en bogen al boven de schalterlaag horizontaal af (Figuur 2b).



Figuur 2a) Een pendelende regenworm in de schalterveenlaag en b) De wortels van cichorei buigen al boven de zure schalterlaag horizontaal af.

Een derde optie was om gaten door de schalterlaag te boren om deze te doorbreken, en dit is het onderwerp van de huidige rapportage. Met deze gatenboormachine die is ontwikkeld door Wageningen Plant Research, kunnen gaten met een diameter van 10 cm in de grond worden geboord tot 60 cm diepte (Selin-Norén et al., 2023). Deze methode is eerder toegepast om ondergrondse verdichting in de akkerbouw tegen te gaan.

1.2 Hypotheses

We hebben de volgende hypotheses opgesteld met betrekking tot het boren van gaten door schalterveen:

- In de (opgevulde) gaten vindt diepere doorworteling en sterke bodemactiviteit plaats.
- De geboorde gaten resulteren in een betere (snellere) afvoer van regenwater onder natte omstandigheden en een betere connectie met grondwater bij droogte.
 - Het bodemvochtgehalte vlak boven de schalterlaag (op 25 cm diepte) is stabiel.
 - Snellere stijging grondwaterstand na (zware) regenval (snellere infiltratie van oppervlakte water naar grondwater).
- Grasproductie: hogere productie door betere doorworteling en verbeterde (stabielere) vochthuishouding. Met name zichtbaar tijdens droogte of juist zeer natte periodes in het groeiseizoen.
- De doorworteling van de boorgaten zorgt voor een stabiele en langdurige doorbreking van de schalterlaag.

2 Materiaal en methoden

2.1 Opzet

In december 2020 is een demoproef aangelegd op een melkveebedrijf in Koufurderrige. Met behulp van een machine ontwikkeld door Wageningen Plant Research zijn gaten van 10 cm doorsnede en 60 cm diepte gemaakt in vier proefvlakken van 6 x 6 m (Figuur 3). De onderlinge afstand tussen de gaten was 75 cm.

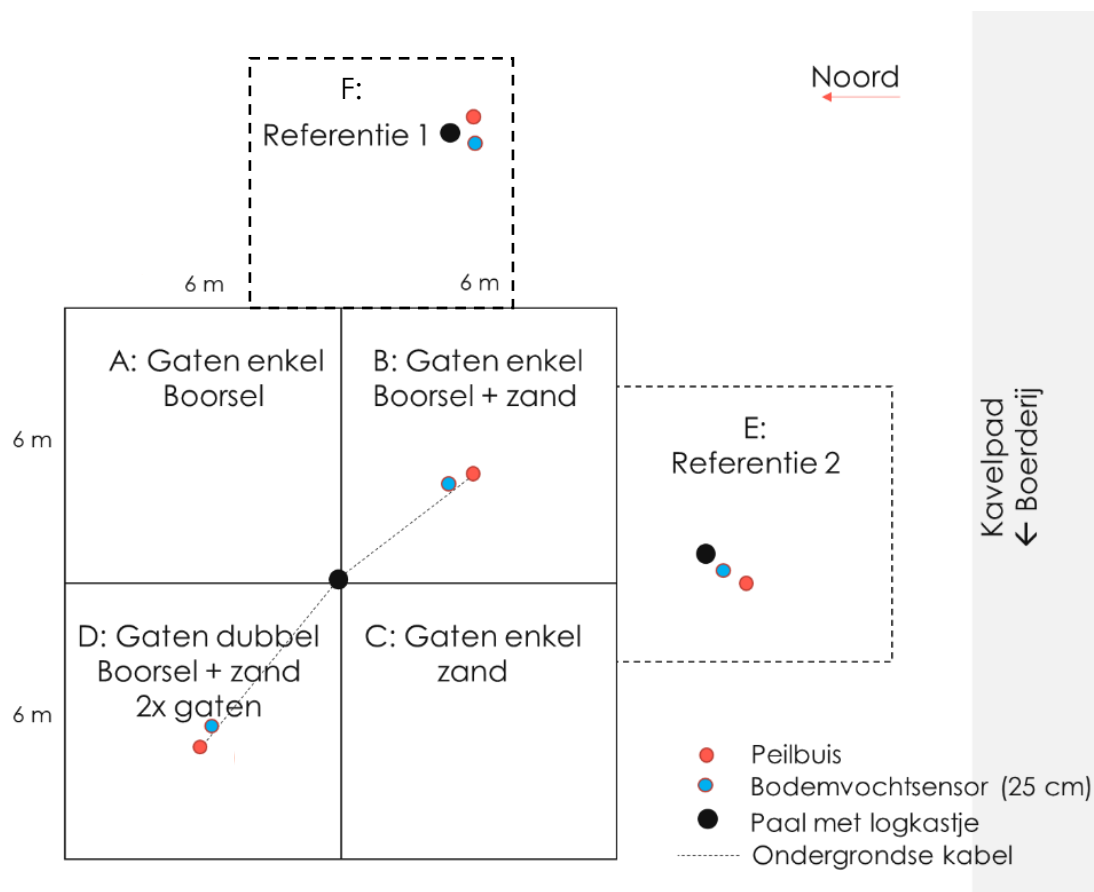


Figuur 3 a) Het boren van de gaten met de machine van Wageningen Plant Research, b) gaten in object D (dubbel aantal) vlak na het boren.

De gaten werden opgevuld met het (gemengde boorsel) dat omhoog kwam tijdens het boren (object A, zie Tabel 1 en Figuur 4), met zand (Object C, poldergrond voor een goede capillaire werking en afvoer van water) of met een mengsel van zand en boorsel (object B en D). Bij object D werden tweemaal zoveel gaten geboord, om inzicht te krijgen in het effect van dichtheid van boorgaten. Daarnaast waren er twee referentie-objecten (E, F) ten zuiden en westen van de proefveldjes, waarin geen gaten werden geboord.

Tabel 1 Overzicht van de verschillende behandelingen

	Aantal gaten / object	Boorsel	Zand	Beschrijving
A	64	100%	0%	Boorsel terug in gaten
B	64	50%	50%	Gaten gevuld met mengsel boorsel / zand
C	64	0%	100%	Gaten gevuld met zand (poldergrond)
D	128	50%	50%	Dubbele werkgang, Mengsel boorsel / zand
E	0	nvt	nvt	Referentie ten zuiden van de proefveldjes
F	0	nvt	nvt	Referentie ten westen van de proefveldjes



Figuur 4 Proefplattegrond met daarin de locaties van peilbuizen en bodemvochtsensoren aangegeven (niet op schaal).

2.2 Metingen

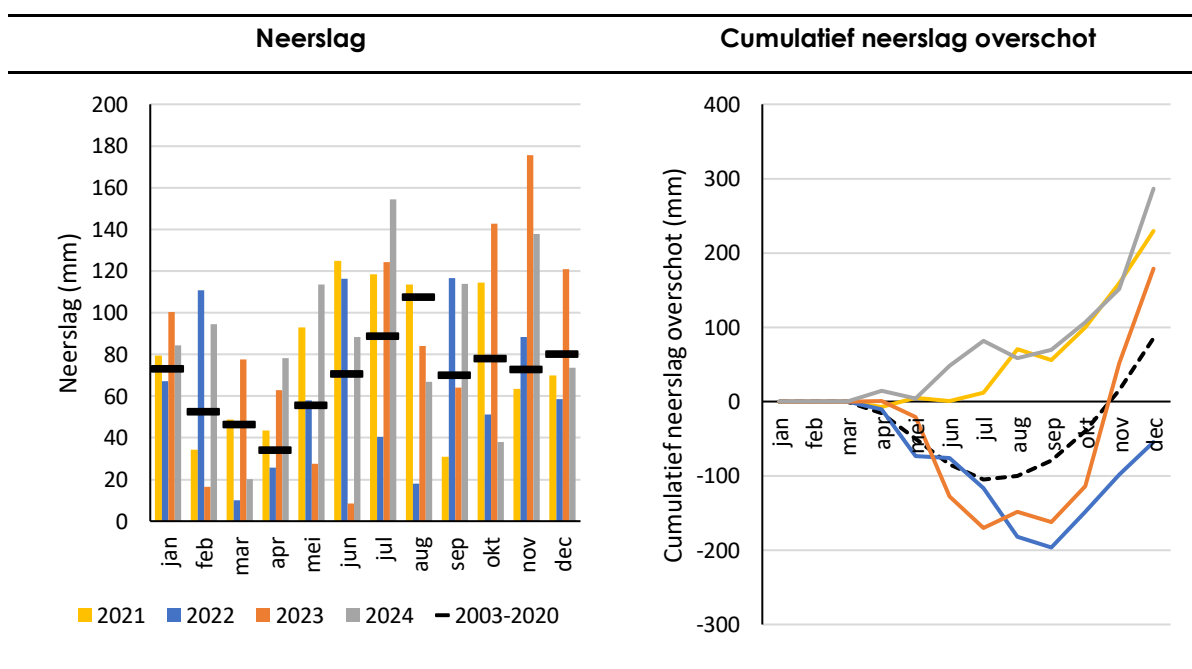
Het bodemvochtgehalte op 25 cm diepte werd gemeten vanaf voorjaar 2021 tot najaar 2024 met een Decagon bodemvochtsensor (Teros 12) gekoppeld aan een logger (ZL6) op plot B en D (gaten) en plot E en F (referentie) (Figuur 3). Daarnaast is van de zomer 2023 tot 2024 ook bodemvocht gemeten in plot A en C. Door problemen met loggers en sensoren zijn er missende waarden in de dataset. Om de objecten toch goed te kunnen vergelijken zijn de analyses gedaan met de meetwaarden van de dagen waarin voor alle objecten geldige meetwaarden zijn. De grondwaterstand werd gemeten vanaf voorjaar 2021 tot najaar 2024 in daarvoor aangelegde peilbuizen met behulp van Diver dataloggers (Van Essen Instruments) in plot B, D, E en F (Figuur 3). De grondwaterstand werd elk kwartier gemeten en gecorrigeerd voor luchtdruk. Op basis van de waterstanden werd de snelheid waarmee het waterpeil steeg (mm/uur) berekend op basis van de richtingscoëfficiënt per interval van 6 uur. Daarnaast werd de doorworteling en bodemleven in boorgaten visueel beoordeeld in het najaar van 2022 en 2024.

Grasopbrengsten en voederwaarde zijn in 2023 en 2024 bepaald door Dairy Campus met een Haldrup oogstmachine. In elk proefvak werd een strook van ~1,5 x 5 m uitgemaaid. Een submonster is genomen voor voederwaarde-analyse en mineralenbepaling door Eurofins. In 2024 is van slechts drie van de vijf snedes een opbrengstbepaling gedaan, waardoor de totale opbrengst niet representatief is voor een jaarlijkse grasopbrengst.

In de periode juni tot september 2023 zijn CO₂-metingen uitgevoerd door Kytalyc Carbon Cycle Research, in opdracht van provincie Fryslân (Veenweide Fryslân), om het effect van de maatregel op veenoxidatieprocessen te kwantificeren (Van Huissteden, 2023). Metingen zijn uitgevoerd doormiddel van automatische fluxkamers.

2.3 Weersomstandigheden

Het groeiseizoen van 2022 en 2023 was relatief droog, terwijl het groeiseizoen van 2021 en 2024 juist nat was ten opzichte van het langjarig gemiddelde (Figuur 5).



Figuur 5 Jaarlijkse neerslag (mm) en cumulatief neerslag overschot in 2021-2024 ten opzichte van lange termijn weerdata (2003-2020), KNMI Leeuwarden.

3 Resultaten en discussie

3.1 Aanleg en bodem

Tijdens de aanleg van de proef werden de verschillende bodems en bodemlagen bemonsterd (Tabel 2). De pH varieerde van 7 in de aangevoerde poldergrond tot slechts 3,3 voor de schalterlaag (30-40 cm), met de bovenlaag en boorgrond daartussen in (pH 4,9 en 4,7).

Ook het organischestofgehalte varieerde enorm: 1,8 % voor poldergrond tot 92,3 % voor de schalterlaag.

Tabel 2 Samenstelling van de aangevoerde poldergrond (Zand), de bovenlaag (0-10 cm), gemengde boorgrond (0-60 cm) en de schalterlaag (30-40 cm) bemonsterd ten tijde van aanleg

	Poldergrond	Bovenlaag (0-10 cm)	Boorgrond (0-60 cm)	Schalterlaag (30-40 cm)
pH	7	4,9	4,7	3,3
OS	1,8	19,7	32,2	92,3
N-Tot	820	8030	8380	9760
P-PAE	2,2	1,1	1,3	5,3
S-PAE	6,3	19	183	385
Na	16	84	190	337
Mg	82	525	567	742
K	109	173	125	202
Lutum	2	36	23	2
Silt	25	33	19	4
Zand	68	10	25	0

In maart 2021, 3 maanden na aanleg van de proef waren de boorgaten nog duidelijk zichtbaar (Figuur 6), maar in oktober waren deze al niet meer te zien.



Figuur 6 a) Maart 2021, gaten zichtbaar in de zode, b) oktober 2021 jonge wortels in mengsel van boorsel en poldergrond en c) pendelaars in de geboorde gaten).

3.2 Doorworteling en bodemleven

In lijn met de verwachtingen werden de opgevulde boorgaten goed doorworteld, vaak tot dieper dan 50 cm, zeker 20 cm de schalterlaag in. Er was in 2022 nog enige variatie in de doorworteling (minder goed in gaten die alleen met zand waren gevuld), maar in 2024 waren

deze verschillen niet meer duidelijk te zien. Daarnaast was het bodemleven zeer actief in de boorgaten, met vele pendelaars en gangen zichtbaar.

3.2.1 Observaties 2022

In oktober 2022, twee jaar na het boren van de gaten, was in de gaten met poldergrond (object C) nauwelijks wortelgroei zichtbaar in de boorgaten (Figuur 7a), alleen iets langs de rand. Wel was er sprake van een actief bodemleven en een mooie poriënstructuur.

In de gaten met een mengsel van poldergrond en boorsel (object B en D) was er sprake van matig tot intensieve wortelgroei tot op 50 cm diepte (Figuur 7b). Wortels groeiden voornamelijk langs de randen van de gaten. Ook het bodemleven was met name goed zichtbaar langs de randen. Daarnaast waren veel kleine poriën van potwormen zichtbaar.

In de gaten met alleen boorsel (object A) was een mooie menging zichtbaar van de bovenste kleilaag met de onderste (schalter)veenlaag. De gaten waren intensief doorworteld tot op 50 cm diepte. Het bodemleven was zeer actief in de boorgaten en er waren veel poriën zichtbaar (Figuur 7c).





Figuur 7 Gat en gevuld met a) poldergrond (boven), b) mengsel van poldergrond en boorsel (midden), en c) boorsel in oktober 2022 (onder).

3.2.2 Observaties 2024

In oktober 2024, was bij gaten met toegevoegde poldergrond (object C) sprake van inmenging organische stof en compactie/nazakking, waardoor gaten lastiger te vinden waren (Figuur8a, 8b). In de schalterlaag waren de boorgaten nog goed zichtbaar. Boorgaten van dit object toonden enkele diepe penwortels van kruiden groeiend in de boorgaten tot onder de schalterlaag. Ook was er duidelijk activiteit van bodemleven in de geboorde gaten, in de vorm van wormen (Figuur8b, pendelaars) en wormengangen (Figuur8a).

Gaten gevuld met mengsel van boorsel en zand (objecten B en D; Figuur8c en 8d) waren goed zichtbaar en intact tot een diepte van 60 cm. Ook was de grond opvallend vochtiger in de geboorde gaten dan hier omheen. Er was sprake van intensieve beworteling binnen de gaten in de laag 0 cm – 40 cm (Figuur8c), en zwakke beworteling tot 60 cm diepte. Wederom pendelaar gevonden in een geboord gat.

Object A, gaten gevuld met enkel boorsel, toonde intensieve en diepe beworteling tot zeker 60 cm diepte, met wortels groeiend door de schalterlaag (Figuur8e).

3.3 Grondwaterstand en bodemvocht gehalte

De verwachting was dat de gaten zouden resulteren in een snellere infiltratie van water door de bodem en schalterlaag naar het grondwater, en daarmee in een meer stabiel bodemvochtgehalte in de bodem (vlak) boven de schalterlaag.

3.3.1 Grondwaterstand

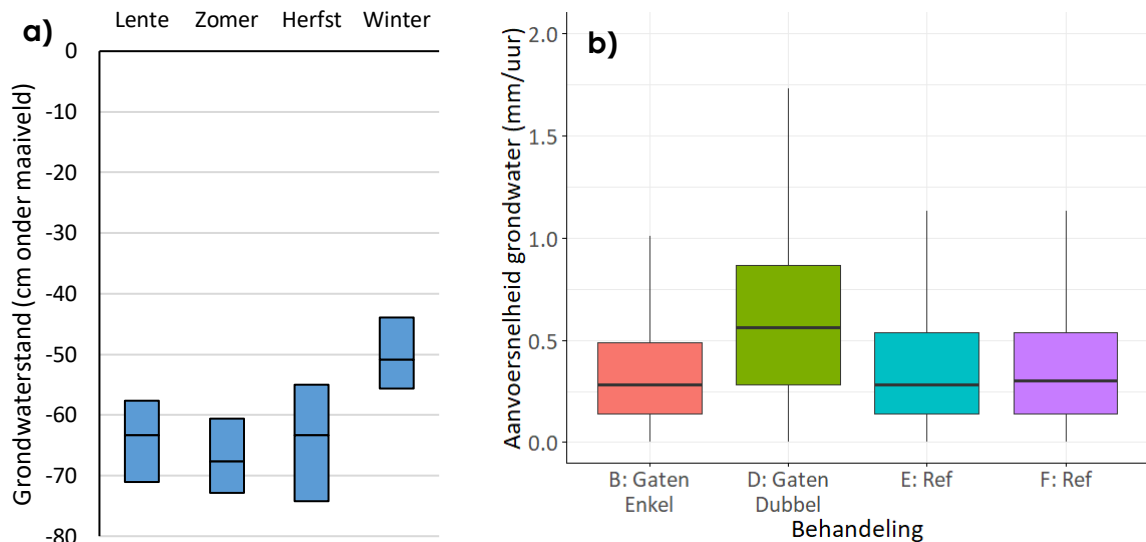
De gemiddelde grondwaterstand varieerde van -68 cm in de zomer tot -50 cm in de winter (Figuur 9a). De aanvoersnelheid van het oppervlaktewater (neerslag) naar het grondwater was gemiddeld hoger bij de behandeling met het dubbele aantal gaten (D) (Figuur 9), en dit was



Figuur 8 Gaten gevuld met a) poldergrond met zichtbare wormengang, b) poldergrond met pendelaar, c) mengsel van poldergrond en boorsel, d) de gemengde grond in de gaten (onder) was vochtiger dan de grond buiten de gaten, e & f) enkel boorsel met beworteling door de schalterveenlaag in oktober 2024.

consistent over de vier jaren. Dit zou betekenen dat de infiltratie snelheid naar het grondwater sneller is, en dat de schalterbarrière dus effectief doorbroken wordt door het boren van gaten. Dit effect was alleen zichtbaar bij de dubbele gatendichtheid, en niet bij enkele gaten, wat mogelijk betekent dat de minimale afstand tussen de gaten lager dan 70 cm (object B) moet zijn om effect te kunnen zien. Het is overigens niet te verwachten dat dit verschil in infiltratiesnelheid een

effect op de grondwaterstand zal hebben, maar deze werd in de huidige context alleen gebruikt als indicator om te laten zien dat er inderdaad een betere connectie was (=snellere afvoer) tussen de bovengrond en ondergrond door de gaten.

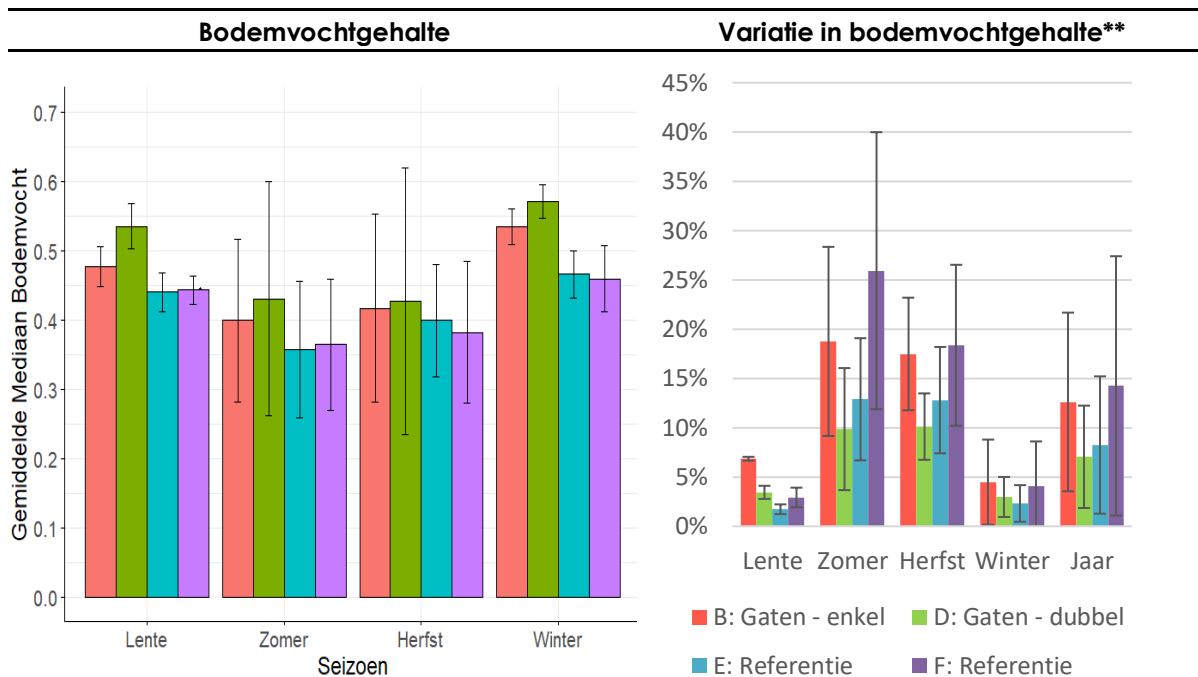


Figuur 9 a) Boxplot van de grondwaterstand gedurende lente, zomer, herfst en winter gemiddeld over 2021 – 2024 en b) de aanvoersnelheid van oppervlaktewater (neerslag) naar het grondwater in mm / uur gemiddeld over 2021-2024

3.3.2 Bodemvocht

De mediaan van het bodemvochtgehalte op 25 cm diepte (net boven de schalterlaag) was gemiddeld over de vier meetjaren (2021-2024) hoger voor de behandelingen met gaten (met name D: dubbele gaten) dan de referentie (Figuur 10a). Deze verschillen waren duidelijker in de lente en de winter dan de zomer en de herfst, waar de variatie tussen jaren groot was.

In tegenstelling tot de verwachtingen waren er geen duidelijke verschillen in de variatie in bodemvochtgehalte tussen de behandelingen met en zonder gaten (Figuur 10b). De variatie was eerder groter dan kleiner. De snellere afvoer van water resulteerde dus niet in een stabiel bodemvochtgehalte. Wel lijkt het hogere bodemvochtgehalte er op te duiden dat er een betere “verbinding” was met de nattere onderlagen. Mogelijk vond er door de gaten (meer) capillaire stijging van water plaats, die de snellere afvoer van het water compenseerde. Aangezien de bodemvochtsensoren niet in de boorgaten, maar juist midden tussen de gaten waren geplaatst, is het aannemelijk dat de effecten op bodemvocht hier kleiner waren dan in en rondom de gaten.



Figuur 10. a) De mediaan van het bodemvocht (v/v) gehalte per seizoen, gemiddeld over 2021-2024* en b) de variatie** in bodemvochtgehalte per seizoen en over het hele jaar, gemiddeld over 2021-2024 (foutbalken = standaard deviatie) gemeten op 25 cm onder maaiveld
* alleen meetmomenten waarin alle sensoren werkten meegenomen
**Variatie = (90^{ste} percentiel – 10^{de} percentiel) / mediaan

3.4 Grasproductie en mineralenopname

3.4.1 Gras opbrengst

In 2023 toonden de "gaten"-behandelingen gemiddeld een hogere drogestofopbrengst dan de referentiebehandelingen (Tabel 3). Ook was de fosfor- en kali-opname hoger voor de plots met gaten dan de referentie, voornamelijk bij het object gaten dubbel (behandeling D).

In 2024 kon er geen opbrengstbepaling aan de tweede en vierde snede worden gedaan, en de gegevens zijn gebaseerd op drie snedes. In dit jaar waren geen duidelijke verschillen in DS-opbrengst tussen de behandelingen met en zonder gaten en ook de verschillen in de opname van mineralen waren minder duidelijk. De N-opname was gemiddeld iets hoger voor de referentieplots (met name F) en K-opname was gemiddeld iets hoger voor de plots met gaten.



Figuur 11 Grasopbrengstbepaling met de Haldrup maaimachine van Dairy Campus.

Tabel 3. Gemiddelde graslandopbrengsten (ton DS / ha), en N-, P- en K-opname (kg / ha) in 2023 en 2024 van plots met of zonder gaten*

2023	Gaten					Referentie			(Gaten-Ref)/Ref x 100%
	A	B	C	D	Gem	E	F	Gem	
DS-opbrengst	14.5	13.8	15.1	14.8	14.5	12.7	10.9	11.8	23%
N-opname	342	403	414	377	384	374	320	347	11%
P-opname	44	43	46	52	46	37	37	37	24%
K-opname	444	435	474	506	465	374	367	371	25%
2024**	A	B	C	D	Gem	E	F	Gem	
DS-opbrengst	8.8	8.2	7.9	7.9	8.2	8.2	8.6	8.4	-2%
N-opname	208	232	210	198	212	230	253	241	-12%
P-opname	33	30	30	31	31	28	32	30	3%
K-opname	268	222	254	240	246	188	231	210	17%

*A: enkele gaten, met boorsel, B: enkele gaten, met mengsel, C, enkele gaten, met poldergrond, D: dubbele gaten met mengsel (zie ook Tabel 1)

**op basis van 3 geoogste snedes

Deze resultaten zouden er op kunnen duiden dat de gaten met name een positief effect op de grasopbrengst hadden onder de relatief droge omstandigheden in 2023 (zeer droog tot eind juni, Figuur 5) ten opzichte van het natte en relatief koude groeiseizoen van 2024. In droge periodes biedt de diepere beworteling in de gaten in combinatie met een hoger bodemvochtgehalte (zoals gemeten op 25 cm) meer voordeel. Het hoger wortelvolumen en diepere doorworteling van de gaten behandelingen heeft ook mogelijk geleid tot hogere P- & K-opname t.o.v. de referentie, ook bij een gelijke drogestofproductie zoals in 2024.

3.4.2 Mineralen

Er waren wel verschillen in de mineralengehalten (micro-elementen) tussen de verschillende objecten (Tabel 4), maar deze konden niet duidelijk worden gerelateerd aan de verschillende behandelingen.

3.5 Veenaafbraak en CO₂-uitstoot

Er was geen duidelijke toe- of afname van CO₂-emissie door oxidatie van veen als resultaat van toepassing van deze maatregel (voor meer informatie, zie Huissteden, 2023). De gemeten verschillen in CO₂-emissie hingen in hoofdzaak samen met oxidatie van recent door fotosynthese geproduceerde organische stof, in de vorm van wortellexudaten en boven- en ondergrondse plantbiomassa. Deze koolstofuitwisseling speelt zich vooral in de wortelzone in de kleilaag boven de veenlaag af.

Door bevoeiing van het proefveld tijdens een droge periode in 2023 werd er een tijdelijke verhoging van CO₂-emissie veroorzaakt. De waarschijnlijke oorzaken hiervan zijn: een "inhaaleffect", waarbij organische stof waarvan de afbraak door droogte geremd was versneld wordt afgebroken; aanvoer van labiele organische stof van recente oorsprong uit de sloten; toename van labiel organisch materiaal tijdens droogte door afsterven van bladeren en wortels, en door omzetting van door de bevoeiing gedode bodemfauna. De uitgevoerde metingen

Tabel 4 Grasland mineralen gehaltes in 2023 en 2024 voor behandelingen met en zonder gaten, berekend als gewogen gemiddelde over alle snedes.

	Gaten					Referentie		(Gaten-Ref)/Ref x 100%	
2023	A	B	C	D	Gem	E	F	Gem	
N-totaal	24	29	27	25	26	29	29	29	-10%
P	3.0	3.1	3.1	3.5	3.2	2.9	3.4	3.2	0%
K	31	31	31	34	32	29	34	32	0%
S	3.1	3.9	3.5	3.3	3.5	4.1	4.1	4.1	-15%
Na	2.1	3.3	3.6	2.7	2.9	4.4	3.8	4.1	-29%
Mn	122	138	115	89	116	154	141	148	-22%
Zn	38	36	36	36	37	44	43	44	-16%
Cu	8.0	7.2	6.5	7.4	7.3	8.0	8.6	8.3	-12%
2024	A	B	C	D	Gem	E	F	Gem	
N-totaal	25	28	27	26	27	27	28	28	-4%
P	3.8	3.7	3.8	3.9	3.8	3.4	3.7	3.6	6%
K	35	33	36	36	35	28	33	31	13%
S	3.3	4.3	4.0	3.4	3.8	4.1	4.1	4.1	-7%
Na	1.6	2.2	2.3	1.6	1.9	2.9	2.6	2.8	-32%
Mn	107	146	143	99	124	141	123	132	-6%
VEM	914	935	937	912	925	960	958	959	-4%
DVE	70	81	78	72	75	83	85	84	-11%

*A: enkele gaten, met boorsel, B: enkele gaten, met mengsel, C, enkele gaten, met poldergrond, D: dubbele gaten met mengsel (zie ook Tabel 1)

**op basis van 3 geoogste snedes

tussen juni en september 2023 geven vooral het lang termijn effect aan van het gatenboren op CO₂-emissie. Tijdens de aanleg van de gaten zal er mogelijk tijdelijk een verhoging van organische stof afbraak plaatsvinden.

3.6 Praktische toepasbaarheid

Bovenstaande resultaten geven aan dat deze methode zeker perspectief biedt voor het doorbreken van de negatieve effecten van schalterveen. De grasmat herstelde zich vrij snel na aanleg, en er was binnen drie jaar sprake van verbeterde grasopbrengsten (tijdens een relatief droog jaar). In tegenstelling tot eerder onderzoek met spitten om de schalter te doorbreken (Luten, 1984), werd de grasopbrengst tijdens een nat jaar niet negatief beïnvloed, maar was gelijk aan de referentie. De werking op lange termijn lijkt zich na 4-jaar, onafhankelijk van het opvulmateriaal, door te zetten. Mogelijk kunnen kruiden, met diepe penwortels en pendelende regenwormen de werking van de gaten langer in stand houden. Zo kan bijvoorbeeld het zaaien cichorei en smalle weegbree de werkingsduur mogelijk verhogen. Ook maken diepwortelende kruiden gebruik van de boorgaten, wat mogelijk de persistentie van kruiden op deze grondsoort kan verhogen, vergeleken met een situatie waar de wortels afbuigen voor de schalterlaag (Figuur 2a) Een pendelende regenworm in de schalterveenlaag en b) De wortels van cichorei buigen al boven de zure schalterlaag horizontaal af. (Figuur 2b).

Mindere mate van uitdroging van de schalterlaag, door de verbeterde capillaire werking in droge periodes zou kunnen leiden tot een lagere mate van uitdroging en hydrofobie in de schalterlaag. Hiermee kan de doorlaatbaarheid van deze laag verhoogd worden, al zit hier mogelijk ook een balans met draagkracht, zeker als de schalterlaag ondiep zit.

De grootste barrière voor praktische toepassing is dat het boren van gaten langzaam gaat. Dit zou (deels) opgelost kunnen worden door de gatenboor achter een robottrekker te hangen, zodat de manuren beperkt zijn. De resultaten laten geen duidelijk voordeel zien van het bijmengen van poldergrond/zand in de gaten. Dit heeft als groot voordeel dat er geen grond hoeft te worden aangevoerd en dat de geboorde grond meteen weer terug de gaten in kan. Dit behoeft nog wel enige technische doorontwikkeling, omdat het wel belangrijk is dat deze grond ook daadwerkelijk goed in de gaten terechtkomt.

4 Conclusies en aanbevelingen

Bodemleven en beworteling: Er was een sterk positief effect op de activiteit van bodemleven en beworteling in de boorgaten. Voornamelijk pendelende regenwormen maken actief gebruik van de boorgaten en er was sprake van intensieve en diepere beworteling in boorgaten tot zeker 50 cm diepte. De benutting van de boorgaten (door bodemleven en wortels), draagt mogelijk bij aan de instandhouding van de geboorde gaten op de lange termijn, waardoor de ingreep lang blijft werken. Ook diepwortelende kruiden kunnen hier een rol in spelen.

Waterpeil: De aanvoersnelheid van regenwater naar grondwater (indicator van infiltratie van water door de gaten) was sneller bij de dubbele gaten dan de referentie, maar dit effect was niet zichtbaar bij de enkele gaten (B). Dit zou er op duiden dat voor een goede werking, een hoge dichtheid van gaten belangrijk is.

Bodemvocht: In tegenstelling tot de verwachting was er geen sprake van lagere fluctuaties in bodemvocht gehalten bij de gaten behandelingen. Gemiddeld was het bodemvochtgehalte net boven de schalterlaag wel hoger bij de gaten (met name de dubbele gaten behandeling) dan de referentie, indicatief voor een verbeterde capillaire werking van de bodem, vooral in droge periodes. Een hoger bodemvocht gehalte rondom de schalterlaag leidt mogelijk tot een lagere mate van uitdroging, waardoor de doorlaatbaarheid van deze laag wordt verhoogt.

Grasopbrengst: In het relatief droge groeiseizoen in 2023, was er een hogere grasopbrengst in plots met gaten, en was de P- en K-opname opvallend hoger voor de behandeling met dubbele gatenhoeveelheid (behandeling D). In het relatief natte en koude groeiseizoen van 2024 was er geen duidelijk effect op grasopbrengsten te zien. Dit in tegenstelling tot onderzoek met spitten, waarin in natte jaren juist een negatief effect op de opbrengst werd gevonden (Luten, 1984)

Aanbevelingen

- De resultaten laten zien dat deze methode duidelijk perspectief biedt voor het verminderen van de negatieve effecten van schalterveen.

- Er was geen duidelijk voordeel van het gebruik van aangevoerd zand/poldergrond bij het vullen van de gaten, en daarmee lijkt het gebruik van het gemengde boorsel de meest praktische methode.
- De dubbele werkgang lijkt het beste te werken.
- Grootste belemmering is dat de aanleg van de gaten langzaam gaat. Dit zou deels kunnen worden verholpen door de gatenboor achter een robottrekker te plaatsen. Daarnaast is er op grasland nog enige doorontwikkeling nodig zodat de gaten automatisch worden opgevuld.
- In tegenstelling tot traditionele methoden (spitten, Luten, 1984) vonden we geen negatief effect op de opbrengst onder natte omstandigheden (2024).
- Bij een vervolg is het belangrijk om de methode op groter areaal te testen en naast grasopbrengst ook de draagkracht te meten

5 Literatuurlijst

- Hoekstra, N., Sleiderink, Logt, van de R., Eekeren, van N., (2021). *Doorbreken pendelende regenwormen schalterveen?* Vfocus. november. p. 28-30.
<https://www.louisbolk.nl/publicaties/doorbreken-pendelende-regenwormen-schalterveen>
- Hoekstra, N., (2023). *Factsheet Kruidenrijk grasland in het veenweidegebied in Fryslân*. Louis Bolk Instituut, Bunnik. <https://www.louisbolk.nl/publicaties/factsheet-kruidenrijk-grasland-het-veenweidegebied-fryslan>
- Huissteden, van J., (2023). *Metingen van CO₂ emissie ten gevolge van hydrologische verbeteringmaatregelen op schalterveen in Friesland*. Katylyk Carbon Cycle Research.
- Janssen, P., Bruinenberg, M., Eekeren, van N., Hoekstra, N., Pijlman, J., Schie, van T., Wagenaar, J.P. en Wit. De J., (2024). *Handleiding Productief Kruidenrijk Grasland*. 2023-026 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik. <https://www.louisbolk.nl/publicaties/handleiding-productief-kruidenrijk-grasland>
- Luten, W. (1984). *Diepe grondbewerking op veengrasland met schalterlaag: verslag van een proefveld te Spannenburg van 1977 t/m 1980* (No. 95). Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij.
- Selin-Norén, I.L.M, van Balen, D., van Gestel, S., Velt, V., (2023). *Potential of boreholes combined with deeprooted cover crops to ameliorate subsoil compaction: year 2022; Results from the final year of the experiments; 2022*. Wageningen Research, Report WPR-OT 1027