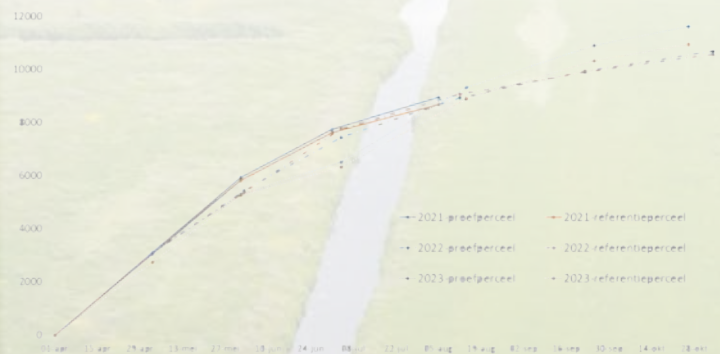
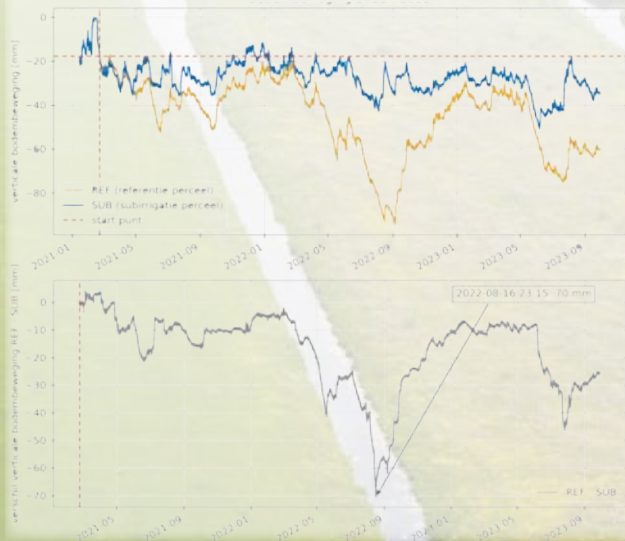


PILOT DRUKDRAINAGE

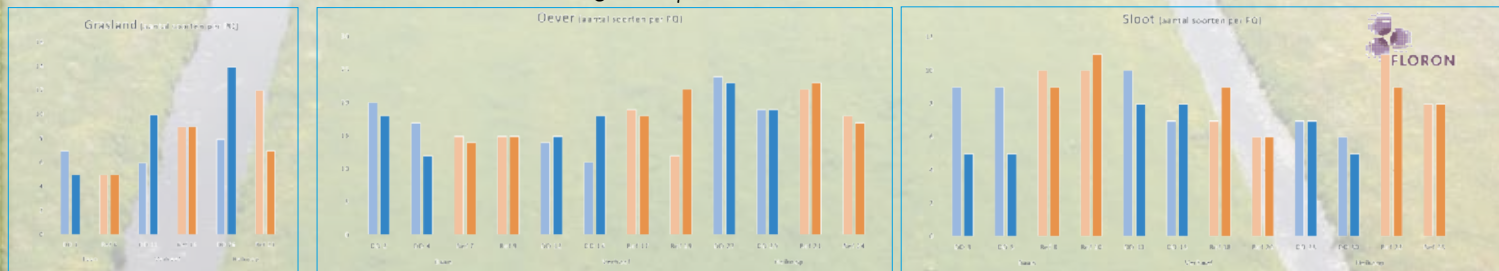
gewasopbrengst cumulatief Kees Baan (2021-2023)



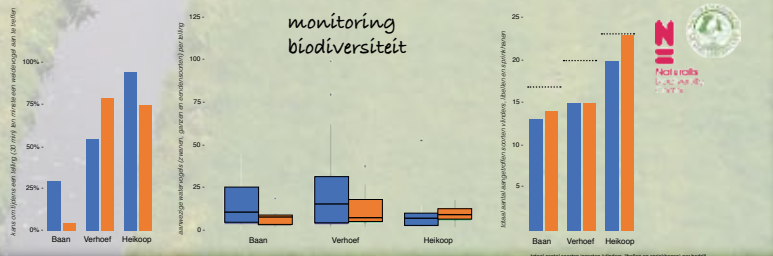
bodembeweging 2021-2023



vegetatieopnames 2020 t.o.v. 2023



* 2020 (lichtblauw dd-licht oranje ref) t.o.v. 2023 (donkerblauw dd-oranje ref)



Pilot verminderen bodemdaling in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden
Opdrachtgever: Regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden

Uitvoerder aanleg druk drainagesysteem: Barth Drainage BV

wellantcollege | BARTH DRAINAGE | PIPELIFE



Sturen met grondwater

Verminderen van de bodemdaling in de
Alblasserwaard en Vijfheerenlanden

Regelbare drainage met subirrigatie en hogere
slootpeilen in de Alblasserwaard-Vijfheerenlanden



Eindrapportage 2020-2023
Stichting Blauwzaam, Hoornaar, juni 2024

*In de teksten worden begrippen Drukdrainage (DD) ActieveWaterInfiltratieSysteem (AWIS) en Sub-irrigatie door elkaar gebruikt. Drukdrainage is het meest ingeburgerde woord bij de boeren en in de streek.

Colofon

Opdrachtgevers

Provincie Utrecht,
Provincie Zuid-Holland
Regio Alblasserwaard Vijfheerenlanden

Financiers:

Melkveehouders, Regio Alblasserwaard Vijfheerenlanden, Provincie Utrecht, Provincie Zuid-Holland,
In kind: De melkveehouders, KnowH2O, Heikopperhof, Barth, Waterschap Rivierenland, Veenweide Natuur en Landschap en Stichting Blauwzaam

Projectteam:

De melkveehouders/grondeigenaren

Peter Heikoop en Jan den Besten (Mts. Den Besten - Heikoop)

Kees Baan (Mts C.H.Baan en B.M.A Baan-Korevaar)

Matthias Verhoef (VOF M. en G.C. Verhoef)

Onderzoekers

Gé van den Eertwegh en Dion van Deijl (KnowH2o)

Karel van Houwelingen (Kennis Transfer Centrum) en Jan den Besten (Dienstverlening)

Richard Slagboom (Veenweide Natuur en Landschap)

Ronald Gylstra (WSRL)

Projectleiding: Rolia Wiggelinkhuijsen (Stichting Blauwzaam)

Auteurs:

Nico Jaarsma, Gé van den Eertwegh, Ronald Gylstra, Richard Slagboom, Karel van Houwelingen en Jan den Besten

Grafische vormgeving:

Verdieping Vier, Nijmegen
Compar , Hoornaar

Voorblad:

Richard Slagboom

Kennisinstituten

Kennis Transfer Centrum Zegveld(KTC)

Veenweiden Innovatiecentrum (VIC)

Kader

Dit rapport maakt deel uit van het project "Pilot verminderen bodemdaling in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden"

Eindredactie en projectleiding

Rolia Wiggelinkhuijsen (Stichting Blauwzaam)

Contact

Heeft u vragen over de pilot dan kunt u contact opnemen met: Rolia Wiggelinkhuijsen Projectleider
e-mail: rolia@heikopperhof.nl

Dit rapport is gratis te downloaden op: <https://www.blauwzaam.nl/projecten/blauwgroen/pilot-drukdrainage/overzicht-rapportages-en-bijlagen/>

Woord vooraf

Langjarige bodemdaling in veenweidegebieden is een groeiend probleem dat niet alleen leidt tot aanzienlijke CO₂-uitstoot, maar ook tot een teruggang in natuur- en waterkwaliteit. Bovendien ligt de melkveehouderij onder een vergrootglas, met kritische vragen over onder andere stikstofuitstoot en de impact op de biodiversiteit. Deze problematiek vraagt om een gezamenlijke en doortastende aanpak.

De Start van Een Belangrijk Initiatief

In 2018 werd bij de Stichting BlauwZaam de werkgroep Water opgericht, een samenwerking tussen diverse partijen zoals WSRL, Oasen, lokale overheden en de landbouwsector. Dit brede samenwerkingsverband onderstreepte het gemeenschappelijke doel: het aanpakken van de problemen veroorzaakt door bodemdaling in veenweidegebieden.

Doelgerichte Veldproeven voor Duurzame Ontwikkelingen

Met de uitvoering van deze veldproeven hebben we gericht onderzoek gedaan naar de effecten van pompgestuurde onderwaterdrains in combinatie met veenbehoud. Hierbij stonden doelen centraal als het verminderen van bodemdaling, het beperken van broeikasgasuitstoot, het verbeteren van waterkwaliteit en het bevorderen van biodiversiteit. Ons doel als initiatiefnemers is om het nut en de werking van deze technologie aan te tonen in grasland op veengrond met een kleidek, in combinatie met een verhoogd slootwaterpeil. Een belangrijke vraag die we hierbij willen beantwoorden is hoe de continuïteit van boerenbedrijven kan worden gewaarborgd wanneer zij willen voldoen aan de maatschappelijke wens om meer te verduurzamen.

Financiële en Bestuurlijke Ondersteuning

In juli 2020 ontving dit plan officiële goedkeuring van de provincie Zuid-Holland, waardoor het project deels kon worden gefinancierd door subsidies. Door een bestuurlijke herindeling trad later ook de provincie Utrecht toe tot het initiatief. De regio en Stichting Blauwzaam waren vanaf het begin betrokken en zorgden mede voor de financiële en bestuurlijke ondersteuning en voor draagvlak bij ondernemers. Dit benadrukt het regionale belang en de brede steun voor de aanpak van bodemdaling in veenweidegebieden.

Deelnemende Partijen en hun Rollen

Diverse stakeholders zijn betrokken bij dit project, waaronder vier agrariërs, de provincies Zuid-Holland en Utrecht, het Veenweiden Innovatiecentrum (VIC), Kennis Transfer Centrum (KTC) Zegveld, KnowH₂O, Veenweiden en Waterschap Rivierenland (WSRL). Gemeente Molenlanden is penvoerder voor dit project in samenwerking met de Stichting Blauwzaam. Dit illustreert de gezamenlijke inzet en betrokkenheid van zowel de publieke als private sector.

Conclusie

De gezamenlijke inspanningen van diverse partijen om de langjarige bodemdaling in veenweidegebieden te adresseren zijn van cruciaal belang voor het behoud van onze natuurlijke omgeving en de duurzaamheid van de landbouwsector. Dit initiatief biedt een perspectief op de mogelijkheden voor een duurzamere toekomst, waarbij de balans tussen economische ontwikkeling en milieubehoud centraal staat.

Leeswijzer

Voor u ligt de samenvatting van een driejarig onderzoekspilot, gericht op het evalueren van het effect van vernatting binnen de melkveehouderij in de Alblasserwaard-Vijfheerenlanden. Bij drie melkveehouders is een Actief Water Infiltratie Systeem (AWIS) aangelegd en bij 1 melkveehouder is een opstelling gemaakt waarmee de bodembeweging is gemeten. Dit initiatief heeft als doel inzicht te verkrijgen in diverse onderzoeksgebieden.

Onderzoeksgebieden

- Landbouw
- Hydrologie
- Waterkwaliteit
- Natuurwaarden
- Bodembeweging en bodemdaling
- Verdienvermogen

Dankzij de inzet van diverse onderzoekers is een omvangrijk beeld ontstaan over de impact van vernatting op bovengenoemde thema's, hoewel wordt erkend dat een periode van drie jaar relatief kort is voor het vormen van een volledig beeld.

Opbouw Rapport

Elke onderzoeker heeft een individueel verslag opgesteld, inclusief een samenvatting, methodologie, resultaten en waar mogelijk een discussie of beschouwing. Deze rapporten zijn samengevoegd en geïntegreerd in dit eindrapport, met als doel een totaalbeeld te schetsen van de onderzoeksresultaten.

Toegankelijkheid Deelrapporten

De individuele deelrapporten zijn beschikbaar gesteld op de website van Stichting BlauwZaam, waar ze vrij te downloaden zijn voor verdere studie en inzicht. Hierin vindt u ook een literatuuroverzicht en de bijlagen.

Slotwoord

Met dit rapport hopen we u een duidelijk en compleet beeld te hebben gegeven van de effecten van vernatting in de melkveehouderij. We wensen u veel leesplezier en nieuwe inzichten toe.

Samenvatting van de projectleider

De dynamiek van verandering

Als lid van de werkgroep die in 2018 werd gevormd en nu als projectleider was ik intensief betrokken bij dit driejarige onderzoeksproject naar vernatting in de melkveehouderij van de Alblasserwaard-Vijfheerenlanden. Mijn aanvankelijk enthousiasme en vastberadenheid werden al snel geconfronteerd met de complexiteit en de uitdagende dilemma's van dit vraagstuk. De belangrijkste inzichten op een rijtje:

Aanleg van een ActiefWaterInfiltratieSysteem (AWIS) plus hogere slootpeilen

In 2020 hebben we bij drie melkveehouders een AWIS aangelegd. Het grondwaterniveau is verhoogd tot 20 centimeter onder maaiveld. tegelijkertijd is ook het slootpeil rond het vernatte pilot perceel verhoogd.

Twijfelende Melkveehouders: De wiebelplank van innovatie

Het onderzoek heeft een spanningsveld blootgelegd tussen de successen van nieuwe AWIS-projecten en de terughoudendheid van melkveehouders ten opzichte van vernatting. De kernvraag blijft: hoe kunnen we een balans vinden tussen ecologische voordelen en economische haalbaarheid. Hoe kunnen we de baten en lasten eerlijk verdelen?

Het was inspirerend om samen te werken met innovatieve melkveehouders die vastbesloten waren om de biodiversiteit te verhogen, ondanks de uitdagingen rondom waterkwaliteit, bufferzones en de verbetering van voerkwaliteit. Ondanks deze uitdagingen bleven zij trouw aan het project, organiseerden workshops en bleven nieuwsgierig naar integratie van nieuwe ontwikkelingen binnen hun bedrijfsvoering. Hun vastberadenheid en toewijding aan duurzame landbouwpraktijken vormden een inspirerend voorbeeld.

Grasgroei en grasopbrengst

Gedurende drie jaar hebben we de grasgroei en grasopbrengst vergeleken met een referentieperceel. Op het proefperceel hebben we elk jaar een lichte toename in opbrengst (5%) waargenomen.

Reductie CO₂ en bodemdaling

Het aanleggen van AWIS in veenweidegebieden vertraagt effectief de maaiveldddaling door veenoxidatie, wat bijdraagt aan de vermindering van bodemdaling en CO₂-uitstoot. Hoewel modellen zoals Somers 2.0 en Valuta voor Veen nuttig zijn, bieden ze slechts een benadering van de werkelijkheid vanwege variaties tussen locaties en bodemcondities. Niettemin toont drie jaar onderzoek via meting van de bodembeweging aan dat vernatting de bodemdaling met 50% kan verminderen, hetgeen aanzienlijke voordelen oplevert, ook financieel. Het identificeren van geschikte locaties voor opschaling vereist echter een zorgvuldige afweging van onzekerheden zoals toekomstige CO₂-prijzen en kosten voor het aanleggen en onderhouden van AWIS.

Water en bodem sturend

Het AWIS heeft succesvol geholpen bij het verhogen van de grondwaterstand, wat gunstig is voor het verminderen van bodemdaling en broeikasgasemissies. Melkveehouders vinden een grondwaterstand van 20 tot 30 cm onder het maaiveld acceptabel op vlakke percelen, mits de boeren in natte periodes de grondwaterstand kunnen beheren om schade te voorkomen. Echter, wanneer percelen door jarenlange fluctuaties in het waterpeil hol komen te liggen, wordt het handhaven van een grondwaterstand van 20 cm onder het maaiveld aanzienlijk moeilijker. Dit kan resulteren in situaties waarin water via greppels wordt rondgepompt in plaats van effectieve drainage of infiltratie.

Wat betreft bodemgezondheid, laat beperkt onderzoek zien dat sommige bacteriën en schimmels gedijen in een anaerobe bodem, terwijl andere achteruitgaan. Meer gegevens zijn nodig voor een volledig beeld, maar het benadrukt het belang van voortdurende aandacht voor bodemgezondheid binnen het vernattingssysteem.

Korte Termijn versus Lange Termijn: Een voortdurende strijd

Onderzoekers geven aan dat de beschikbare dataset mogelijk onvolledig is en dat de onderzoeksperiode te kort is voor definitieve conclusies. Het belang van voortzetting, uitbreiding en harmonisatie van gegevens wordt erkend. Echter, er lijkt terughoudendheid te zijn bij het identificeren van verantwoordelijken voor deze taken. Een verbeterd samenwerkingsmodel tussen belanghebbenden kan leiden tot een gezamenlijke kennisbasis, hetgeen cruciaal is voor gefundeerde besluitvorming over de ontwikkeling van het gebied. De maatschappij draagt in al deze projecten financieel bij. Transparantie is dus essentieel.

Waterkwaliteit: hoofdpijndossier?

Het vraagstuk van waterkwaliteit vormt een cruciaal aandachtspunt, zowel op de achtergrond als steeds meer prominent in de discussie. Een belangrijke overweging is hoe vernatting de waterkwaliteit in de sloten en boezems beïnvloedt. Het is duidelijk dat de watervraag in de zomermaanden toeneemt, wat impliceert dat water van elders moet worden aangevoerd, in ons geval vanuit de rivieren. Echter, dit rivierwater heeft een andere samenstelling dan het oorspronkelijke veenwater. Terwijl veenwater vaak zuur is, geldt dit niet voor rivierwater. Het gevolg is dat er gebiedsvreemd water de polders instroomt. Hoewel het al jaren gebruikelijk is om gebiedsvreemd water in te voeren, wordt deze behoefte alleen maar groter door de aanleg van AWIS. Dit leidt tot een verhoogde stofbelasting in het water, wat op zijn beurt kan leiden tot eutrofiëring en een toename van algen. Er is echter nog onduidelijkheid over de uiteindelijke impact van dit ingevoerde water op de veenbodem wanneer het geïnfiltreerd wordt via de buizen in de bodem. Versterkt dit water de veenafbraak of remt het juist af? Bovendien moeten we ook rekening houden met de watervraag op de lange termijn. Er zijn duidelijke signalen (o.a. KNMI 2023) die wijzen op uitdagingen op de lange termijn, zoals verzilting van rivierwater, een verminderde watertoevoer vanuit de bergen naar de Nederlandse rivieren en toenemende watervraag uit de veenweidepolders.

Biodiversiteit: tweede hoofdpijndossier?

Drukdrainage draagt bij aan de overlevingskansen van weidevogels zoals grutto's, kieviten en scholeksters, terwijl het verhoogde waterpeil ook meer watervogels aantrekt. Hoewel vernatting enkele voordelen voor de biodiversiteit biedt, zoals een toename van kruiden op vernatte percelen, is de diversiteit aan soorten afgenomen, zowel op het grasland als in de gemeten sloten. Hoewel waterminnende planten gedijen langs greppels, blijft een bredere versterking van de biodiversiteit achter. Dit benadrukt de complexiteit van het streven naar biodiversiteitsversterking via vernatting, waarbij zorgvuldige afwegingen nodig zijn. Aanvullende maatregelen of aanpassingen zijn wellicht nodig om een meer evenwichtige en diverse biodiversiteit te bevorderen binnen dit vernattingsproject. Een ander onderzoek van de Stichting Blauwzaam laat zien dat beheermaatregelen een grotere impact kunnen hebben op de biodiversiteit dan vernatting.

De Bestuurders zijn aan Zet: Prioriteiten Stellen voor de Toekomst

Precies. Beleidsmakers moeten nu de complexe belangen, risico's en kansen afwegen en beslissen welke koers we gaan varen. Dit vraagt om een zorgvuldige afweging van alle factoren, waarbij het vinden van een balans tussen ecologische, economische en sociale aspecten essentieel is. Het is een uitdaging om voldoende recht te doen aan alle betrokken partijen én tegelijkertijd een duurzame en toekomstbestendige koers uit te stippelen.

Conclusie: Samen Vooruit

De reis door de wereld van vernatting en de uitdagingen van landbouwinnovatie toont de noodzaak van samenwerking, dialoog en een open blik op de toekomst. Alleen door keuzes te maken is er een weg vinden die zowel ecologisch duurzaam als economisch levensvatbaar is.

INHOUDSOPGAVE

Colofon	3
Woord vooraf	4
Leeswijzer	5
Samenvatting van de projectleider	6
Doelen van de pilot	10
Het Team	12
De participerende melkveehouders	12
Het team van onderzoekers	13
Overige Partijen	13
Thema: Fysieke omgeving, waar, wat en hoe?	14
Agrariërs - locaties - bodem karakteristiek	14
Aanleg van het Actieve Water Infiltratie Systeem	19
Aanpassingen aan het oorspronkelijke plan	29
Het systeem verlangt zorg, onderhoud en reparatie	30
Aanbevelingen	31
Thema: Hydrologie	32
Samenvatting	32
Werkwijze, aanpak en aanpassingen 2021 - 2023	35
Resultaten	44
Effect op grondwaterstand, kwel/wegzijing en bodemvochtgehalte	44
Effecten van vernatting op watervraag, waterbalans	60
Effect van vernatting op gewastranspiratie en droge-stof opbrengst gras	72
Conclusies	76
Aanbevelingen	79
Thema: Waterkwaliteit	80
Samenvatting	81
Werkwijze, aanpak en aanpassingen 2021 - 2023	82
Resultaten	91
Effect van drukdrainage op waterstromen	91
Effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit	93
Synthese	115
Conclusies	120
Aanbevelingen	121
Thema: Bodembeweging	122
Inleiding	122
Werkwijze, aanpak en aanpassingen	125
Resultaten	126
Effect regelbare drainage met subirrigatie op verticale bodembeweging	126
Conclusies	130
Aanbevelingen	130
Thema: Landbouw	132
Samenvatting	133
Werkwijze, aanpak en aanpassingen	136
Resultaten	136
Effecten regelbare drainage met subirrigatie	136
Effecten van regelbare drainage met subirrigatie op botanische grassen:	158
Opvallende uitkomsten bij Peter Heikoop	162
Logboek en ervaringen veehouders	163
Conclusies	164
Thema: Natuurwaarden	166
Samenvatting	167
Werkwijze, aanpak en aanpassingen	168
Effecten van regelbare drainage op weidevogels, insecten, vlinders en libelle.....	170

Werkwijze - onderzoeksopzet en aanpassingen	170
Resultaten	172
Weide- en watervogels	172
Insecten	174
Effect op de vegetatie in de veensloten volgens de KRW systematiek	180
Werkwijze - onderzoeksopzet en aanpassingen	181
Resultaten	184
KRW scores	185
Effecten van regelbare drainage op de vegetatie van grasland, oevers en sloot	194
Werkwijze - onderzoeksopzet en aanpassingen	195
Resultaten	203
Effecten op de Vegetatie van het Grasland	203
Effect op de Vegetatie van de Oevers	207
Effect op de Vegetatie van de Sloten	210
Conclusies over afname of toename van de natuurwaarden	214
Aanbevelingen	217
Thema: Communicatie en Kennis delen	218
Welke middelen hebben we ingezet?	218
Aanbevelingen	229
Thema: Verdienvermogen	230
Koolstofvastlegging (via valuta voor veen)	231
Koolstofvastlegging (Somers 2.0)	233
Blauw groene diensten	234
Conclusies:	237
Thema Financiën	238
Kostenoverzicht	238
Toelichting Kostenposten	238
Aanleg- en onderhoudskosten AWIS incl. verhoogd slootpeil	238
Aanleg van een bodembewegingsplot	244
Niet verrekende kosten bij AWIS	245
Baten	247
Terugblik: hebben we de doelen gehaald?	248
Slim opschalen in de AV?	250
Voortzetting Druk Drainage project 2024-2028	250
Nieuwe projecten slim combineren	250
Levering en plaatsing van een nieuwe, tweede VSM sensor	250
Opschalen naar 500 hectare AWIS?	251
Aanbevelingen vanuit ons onderzoek:	252
Literatuuroverzicht, overige bronnen en bijlagen	256
Dankwoord: Blijk van Waardering	257

Doelen van de pilot



Bodemdaling remmen

Duurzame veehouderij bevorderen

Natuurwaarden verhogen

Leren en ervaren

Verdienmodellen/opschalen

.....Verminderen CO₂ uitstoot

Doel: Aansluiten bij initiatieven van onderaf

Drie melkveehouders in de Alblasserwaard Vijfheerenlanden willen een sub-irrigatiepilot uitvoeren, gecombineerd met hogere slootwaterpeilen. De drie onderzoekslocaties bevinden zich in Nieuwland, Brandwijk en Molenaarsgraaf (twee biologische en één gangbare landbouw). Met deze veldproeven willen zij de nut en werking van waterinfiltratie in grasland op veengrond met een kleidek ervaren. Vooral de aanwezigheid of afwezigheid van kleidek maakt deze pilot uniek.

Doel: Sub-irrigatie pilot en hun werking onderzoeken

Actieve Water Infiltratie (AWIS) kan een deel van de oplossing zijn voor bodem- en waterproblemen. Deze pilot wil ervaring opdoen met AWIS in combinatie met verhoging van het slootwaterpeil. De bodemopbouw met het kleidek in de gebieden wijkt af van toepassingen elders van AWIS tot nu toe. Met drains kan de boer de grondwaterstand in zijn percelen onafhankelijk van het slootwaterpeil actief beheren.

Doel: Effecten van sub-irrigatie op natuurwaarden onderzoeken

De boeren pleiten voor een landbouwbeleid dat rekening houdt met biodiversiteit. Met deze vernattingspilot verwachten zij en de initiatiefgroep een toename van de biodiversiteit. Door het verhoogde slootwaterpeil ontstaan langs de sloten natuurvriendelijke oevers, en de stabilisatie van het grondwaterpeil kan misschien leiden tot een toename van het bodemleven. Een hoger waterpeil in de sloten kan bijdragen aan een verbetering van de waterkwaliteit en daarmee een verbetering van de biodiversiteit in en rond de sloten.

Doel: Bodemdaling (en CO₂) reduceren

In veenweidegebieden oxideert organische stof wanneer zuurstof de bodem indringt, resulterend in bodemdaling en CO₂-uitstoot. Dit fenomeen speelt vooral in de zomer, wanneer de grondwaterstand daalt door verdampingsoverschotten bij geringe waterinfiltratie uit de kavelsloten. Het doel van waterinfiltratiesystemen is om deze bodemdaling te verminderen door infiltratie van slootwater via drainagebuizen, die permanent onder water staan. Hierdoor blijft de grondwaterstand hoger, waardoor minder organische stof oxideert en bodemdaling en CO₂-uitstoot worden beperkt. In het veenweidegebied oxideert (verbrandt) organische stof wanneer zuurstof de bodem indringt, met als gevolg bodemdaling en CO₂ uitstoot. Dit speelt vooral in de zomer, wanneer de grondwaterstand daalt door een verdampingsoverschot (neerslagtekort) bij een geringe infiltratie van water uit de kavelsloten. De grondwaterstand wordt dan lager. Waterinfiltratiesystemen hebben als doel deze daling van de grondwaterstand te verminderen door infiltratie van slootwater via drainagebuizen, die permanent onder water staan. De grondwaterstand wordt dan hoger vergeleken met een situatie zonder buizen en de veenbodem is dan natter. Hierdoor vindt minder oxidatie van organische stof plaats en kan de bodemdaling en de CO₂-uitstoot worden beperkt.

Doel: Kennis delen, verzamelen en bundelen

De bevindingen worden gedeeld met belanghebbenden en de streek, op een open en transparante wijze. De effecten van de inzet van AWIS worden gemeten op het gebied van hydrologie, waterkwaliteit, watervraag, grasopbrengst en biodiversiteit. Relevante informatie wordt op de website geplaatst. Studenten worden betrokken bij veldbezoeken, onderzoeken en workshops om kennis te delen en anderen te betrekken bij de problemen en oplossingen in de regio. Naast deze proeven in de Alblasserwaard Vijfheerenlanden vinden elders in Nederland vergelijkbare proeven plaats, wat bundeling van informatie bevordert.

Doel: Evaluatie of mogelijke uitrol?

Bij succes wordt de uitrol in de regio voorbereid en afgestemd met andere initiatieven. Het streven is om CO₂-reductie en uitbreiding van blauwgroene diensten om te zetten in financiële waarde, wat nieuwe verdienmodellen kan creëren. De pilot streeft naar vertraging of stopzetting van bodemdaling, waarbij sub-irrigatie of waterinfiltratie wordt gezien als instrumenten om deze daling te remmen.

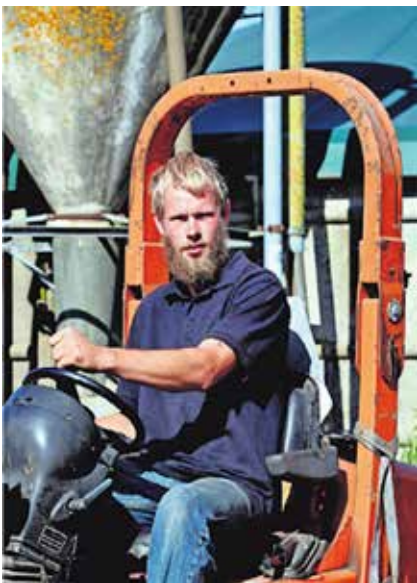
Het Team

De participerende melkveehouders

2020



foto: Peter Paul Klapwijk [instagram.com/ppkhhm](https://www.instagram.com/ppkhhm)



Het team is uitgebreid in 2021 met Jan den Besten. Hij is de beoogde opvolger van Peter Heikoop en werkt nu in de Maatschap Den Besten - Heikoop

Het team van onderzoekers

Jan den Besten en Karel van Houwelingen (KTC)

- Grashoogte
- Grasopbrengst
- Draagkracht van de bodem

Dion van Deijl en Gé van den Eertwegh (KnowH2O)

- Waterhuishouding percelen en sloten
- Bodembeweging

Ronald Gylstra (WSRL)

- Aquatische ecologie *uitbesteed aan AON
- Chemische kwaliteit van de sloot

Richard Slagboom (Veerweide Natuur en Landschap)

- Flora en fauna

Overige Partijen

Pilot loopt van 2021 TM 2023



Pilot verminderen bodemdaling in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden
Opdrachtgever: Regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden

Uitvoerder aanleg druk drainagesysteem: Barth Drainage BV



Alblasserwaard-Vijfheerenlanden
Kennis Transfer Centrum Dijkveld
Waterschap Rivierenland
PROVINCIE UTRECHT
PIPELIFE
wellantcollege
YC
BLAUWZAAM
KnowH2O
PROVINCIE HOLLAND ZUID

Thema: Fysieke omgeving, waar, wat en hoe?

Agrariërs - locaties - bodem karakteristiek

Kees Baan, Peter Heikoop, Jan den Besten en Mattias Verhoef zijn de deelnemers van dit initiatief!

1. **Kees Baan te Molenaarsgraaf (PZH):** Als vertegenwoordiger van een gangbare melkveehouderij brengt Kees Baan zijn expertise en ervaring in de praktijk. Zijn betrokkenheid bij het project zal helpen bij het begrijpen van de impact van subirrigatie op verschillende agrarische bedrijfsmodellen en bij het verkennen van mogelijke toepassingen in de gangbare landbouw.
2. **Peter Heikoop en Jan den Besten te Nieuwland (PU):** Als eigenaren van biologische melkveehouderij De Groene Geer brengen Peter Heikoop en Jan den Besten een waardevol perspectief in. Hun ervaring met biologische landbouwpraktijken zal helpen bij het beoordelen van de effecten van subirrigatie op natuurlijke ecosystemen en bij het identificeren van duurzame oplossingen die in lijn zijn met biologische principes.
3. **Mattias Verhoef te Brandwijk (PZH):** Als een andere biologische melkveehouder draagt Mattias Verhoef bij aan de diversiteit van het project. Hij is nu een aantal jaren biologische melkveehouder. Die transitie merken we ook in de uitkomsten van het onderzoek. Deze ervaring en inzicht in die transitie helpen bij het evalueren van de effectiviteit van subirrigatie.

Met hun betrokkenheid en expertise zullen Kees Baan, Peter Heikoop, Jan den Besten en Mattias Verhoef ongetwijfeld waardevolle bijdragen leveren aan het succes van de sub-irrigatiepilot en aan het bredere doel van het bevorderen van duurzame landbouwpraktijken in de regio.

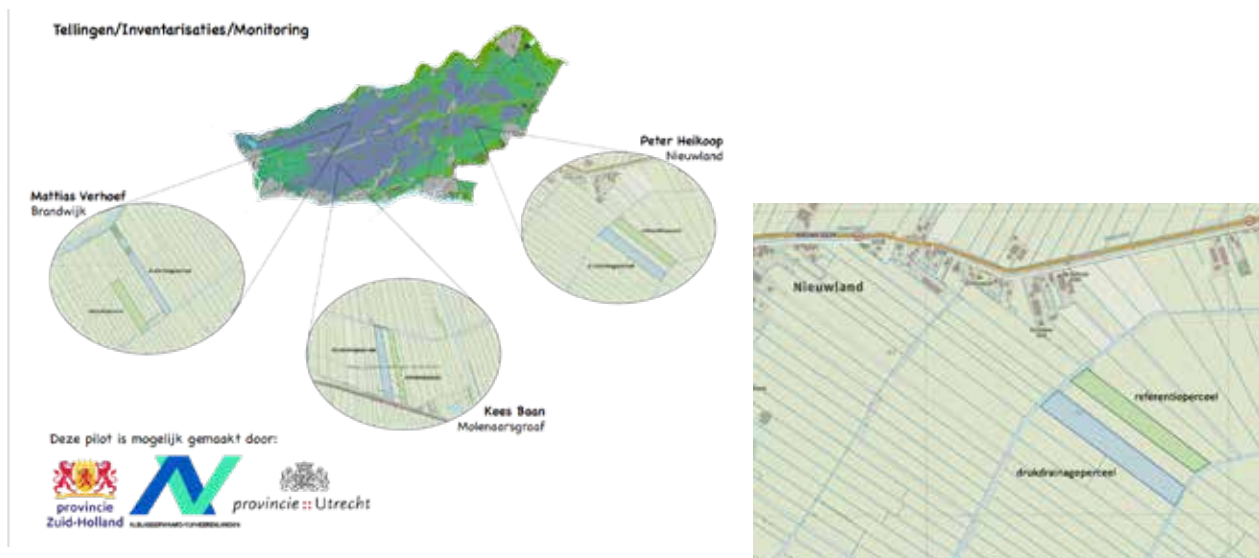
Waar liggen de locaties?

De locaties van de melkveehouderijen zijn verspreid over de regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden in Nederland:

1. **Molenaarsgraaf:** Molenaarsgraaf is een dorp in de provincie Zuid-Holland (PZH). Hier is de gangbare melkveehouderij van Kees Baan gevestigd.
2. **Nieuwland:** Nieuwland is een plaats in de provincie Utrecht (PU). Hier bevindt zich de biologische melkveehouderij van Peter Heikoop en Jan den Besten.
3. **Brandwijk:** Brandwijk is een dorp in de provincie Zuid-Holland (PZH). Hier is de biologische melkveehouderij van Mattias Verhoef gevestigd.

Deze locaties vormen de basis voor de uitvoering van de sub-irrigatiepilot en de daarbij behorende onderzoeken en experimenten.

Regelbare drainage - subirrigatie (AWIS)



De locaties van de veldproeven in de gemeenten Molenlanden en Vijfheerenlanden.

Referentiepercelen

Bij elk van de drie proefpercelen is een nabijgelegen referentieperceel geselecteerd waarbij onder heersende praktijk condities metingen worden gedaan zonder toepassing van systemen en bij heersende polderpeilen.

Dit stelt onderzoekers in staat om de effecten van de te vergelijken met de omstandigheden zoals die normaal gesproken zouden zijn, inclusief de gebruikelijke polderpeilen. Door metingen uit te voeren op zowel de proefpercelen als de referentiepercelen, kunnen ze de impact van de sub-irrigatie pilot nauwkeuriger evalueren.

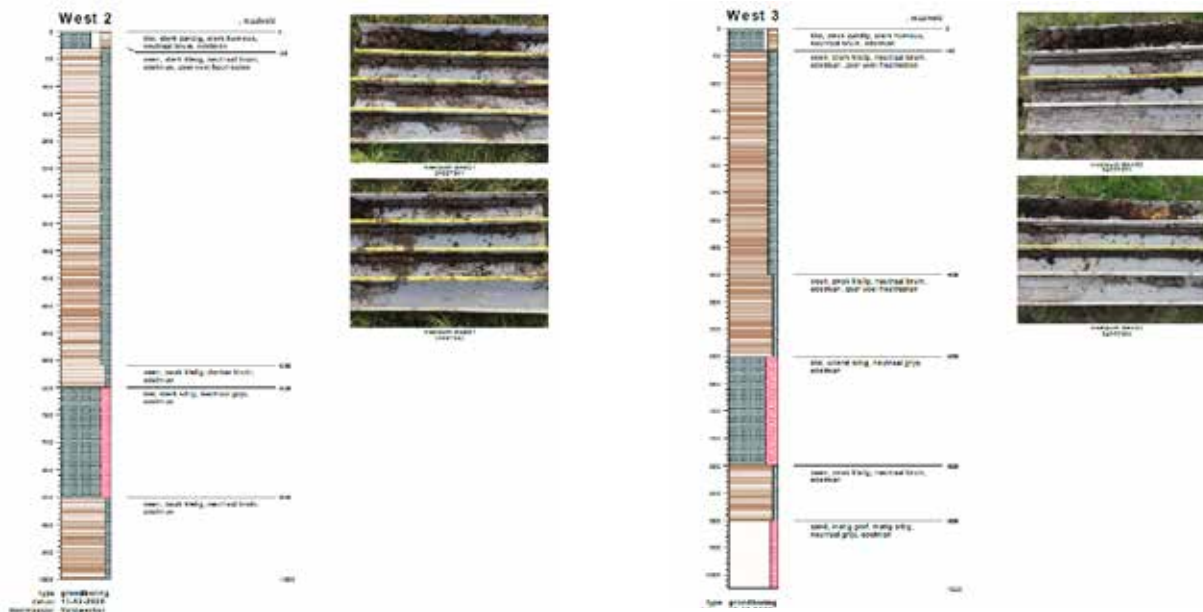
Deze vergelijkende aanpak biedt een basislijn voor het beoordelen van veranderingen in factoren zoals bodemdaling, waterpeil, biodiversiteit en gewasopbrengst. Het stelt ook onderzoekers in staat om te bepalen of de subirrigatietechnieken daadwerkelijk leiden tot de beoogde resultaten in vergelijking met de normale praktijkomstandigheden.

Bodemopbouw

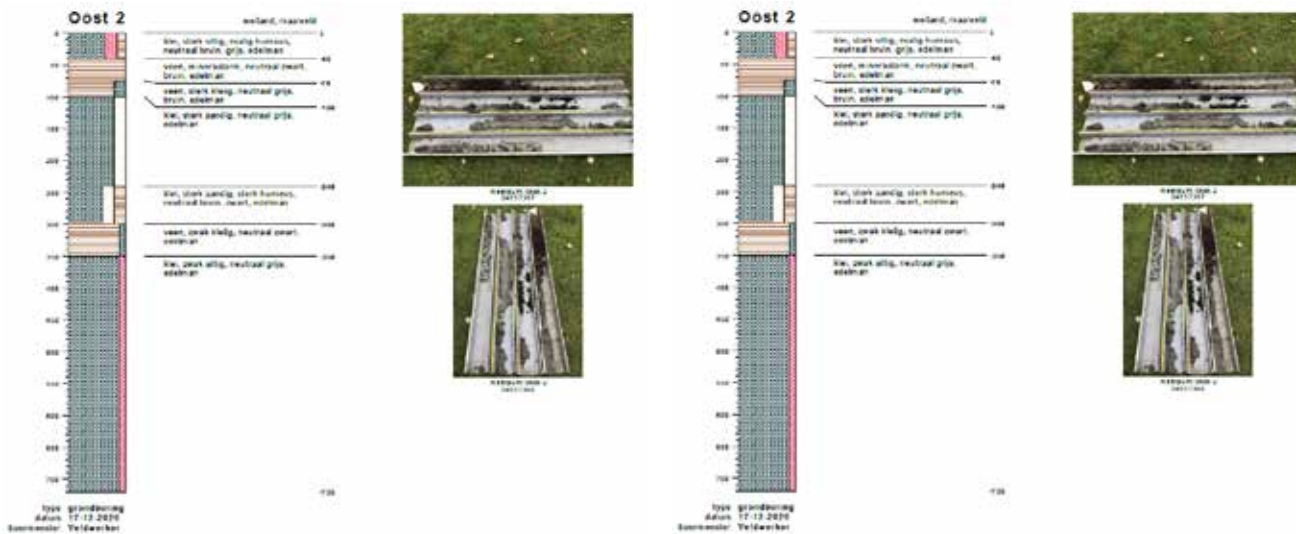
De beschrijving van de bodemopbouw (figuur: 1, 2 en 3) biedt belangrijke inzichten in de variaties tussen de verschillende proeflocaties:

- **Kees Baan en Peter Heikoop:** Op de percelen van Kees Baan en Peter Heikoop bestaat de bodem uit een teeltlaag, gevolgd door een venige kleilaag op veengrond. Deze kleilaag heeft een variabele dikte van 15 tot 35 cm. De aanwezigheid van deze kleilaag is een belangrijk kenmerk van de bodemopbouw op deze locaties en kan van invloed zijn op de waterinfiltratie en drainage-eigenschappen van de bodem.
- **Mattias Verhoef:** Bij Mattias Verhoef is er geen kleidek aanwezig boven op de veenbodem. Dit impliceert dat de bodemopbouw op zijn perceel anders is dan die van Kees Baan en Peter Heikoop. Deze variatie in bodemopbouw kan leiden tot verschillen in de reactie op de toegepaste sub-irrigatietechnieken en benadrukt het belang van het begrijpen van lokale bodemkenmerken bij het implementeren van waterbeheersystemen.

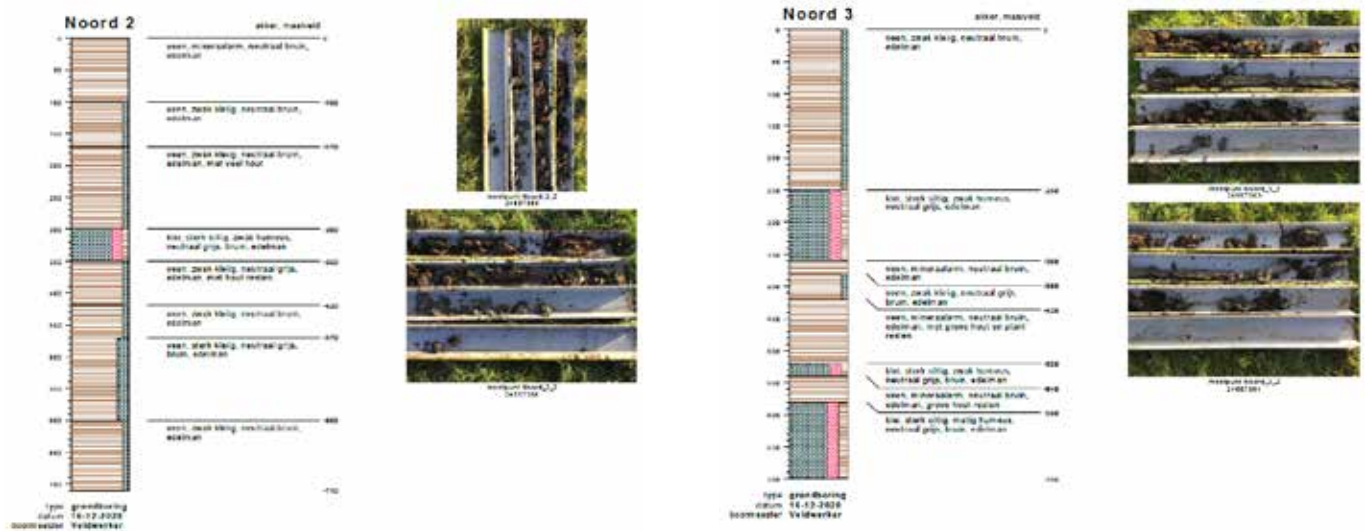
Deze verschillen in bodemopbouw tussen de proeflocaties kunnen invloed hebben op de effectiviteit van de subirrigatietechnieken en moeten daarom in overweging worden genomen bij het analyseren van de onderzoeksresultaten en het formuleren van aanbevelingen voor bredere toepassing.



Figuur 1: Bodemopbouw percelen Kees Baan. Links proefperceel, rechts referentieperceel. Boorbeschrijvingen december 2020 Bron: Avallo Advies.



Figuur 2: Bodemopbouw percelen Peter Heikoop. Links proefperceel, rechts referentieperceel. Boorbeschrijvingen december 2020 Bron: Avallo Advies.



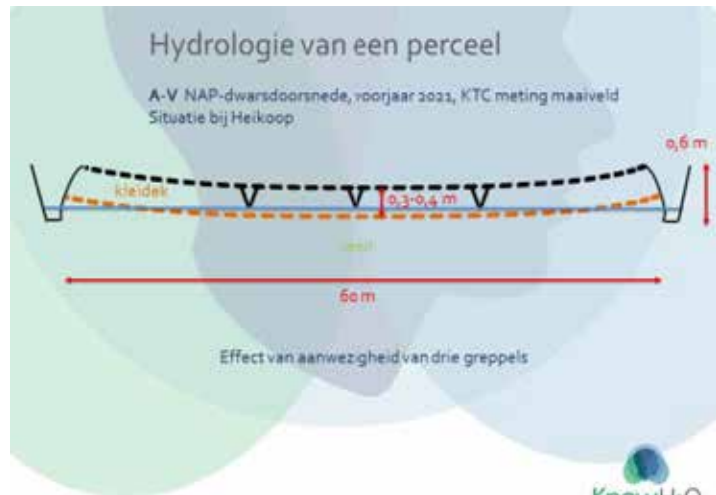
Figuur 3: Bodemopbouw percelen Mattias Verhoef. Links proefperceel, rechts referentieperceel. Boorbeschrijvingen december 2020 Bron: Avallo Advies.

Greppels en holliging

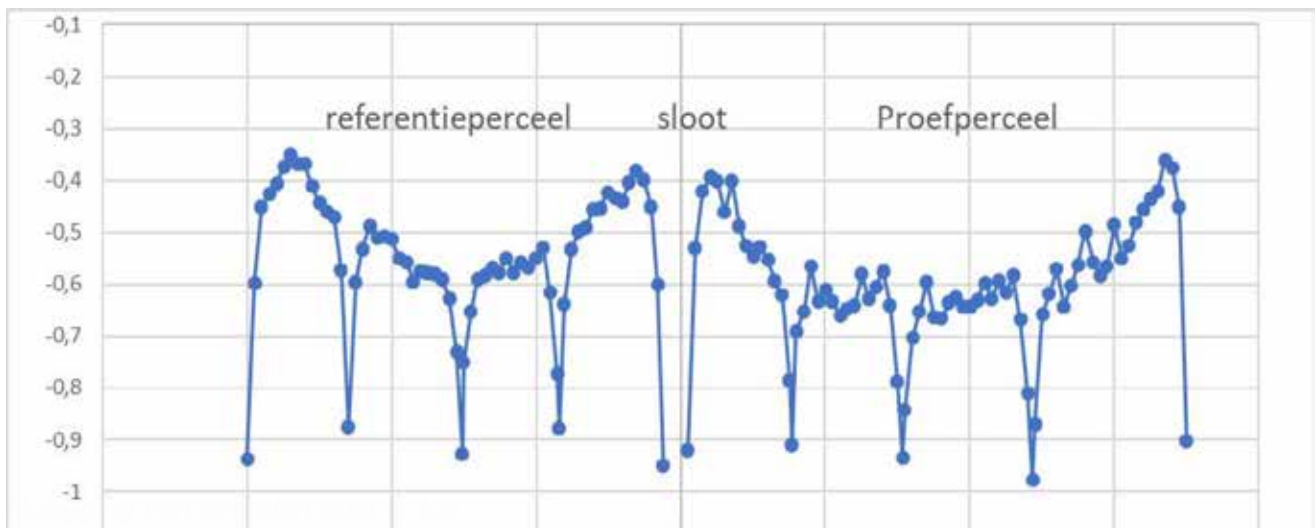
De beschrijving van de percelen op de proeflocaties, waar ze hol liggen en één tot drie greppels hebben is belangrijk voor het begrijpen van de hydrologische omstandigheden en de mogelijkheden voor het verhogen van de freatische grondwaterstand. Hier zijn enkele punten om te overwegen:

1. **Hol liggen van de percelen:** Het feit dat de percelen hol liggen, impliceert dat ze lager zijn gelegen dan het omringende terrein. Dit kan leiden tot natuurlijke afwatering naar deze percelen, wat van invloed kan zijn op de grondwaterstand en de waterinfiltratie.
2. **Aanwezigheid van greppels:** De aanwezigheid van één tot drie greppels op de percelen kan een rol spelen bij de waterafvoer en de regulering van de grondwaterstand. Greppels kunnen water opvangen en afvoeren, wat van invloed kan zijn op de beschikbaarheid van water voor infiltratie in de bodem. Het beheren van deze greppels is een belangrijke factor bij het reguleren van de grondwaterstand en het optimaliseren van de effectiviteit van de subirrigatietechnieken.

Door rekening te houden met de vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels kunnen onderzoekers en landbouwers gerichte maatregelen nemen om de grondwaterstand te verhogen en de bodemdaling te verminderen.



Standaard-schematische situatie van dwarsdoorsnede veenweide perceel bij Heikoop van 60 m breed met drie greppels (zonder regelbare drainage). De blauwe lijn duidt het slootpeil aan bij winterpeil. De oranje lijn dient ter aanduiding van de onderkant van het kleidek.



Drooglegging

De beschrijving van de drooglegging en de gehanteerde waterpeilen is essentieel voor het begrijpen van de hydrologische omstandigheden en de beheersmaatregelen die worden toegepast op de proefpercelen.

1. **Drooglegging bij winterpeil (WP):** De drooglegging, oftewel het hoogteverschil tussen het maaiveld en het grondwaterpeil, varieert tussen 50 à 60 cm onder maaiveld bij het winterpeil. Dit geeft een indicatie van de diepte waarop het grondwater zich bevindt tijdens het laagste punt van het jaar, wat belangrijk is voor het beoordelen van de beschikbaarheid van water voor de gewassen en de bodemgesteldheid.
2. **Zomerpeilen (ZP):** De zomerpeilen die worden gehanteerd door Waterschap Rivierenland (WSRL) zijn ongeveer 10 à 15 centimeter hoger dan het winterpeil. Deze hogere zomerpeilen worden toegepast op de referentiepercelen
3. **Regulatie van waterpeilen in kavelsloten:** De waterpeilen in de kavelsloten rondom de

proefpercelen worden geregeld door de boeren zelf via aan- en afslagpeilen. Dit wordt gedaan met behulp van een vlotter bij de waterpomp nabij de dammen. Deze lokale controle over de waterpeilen stelt de boeren in staat om de grondwaterstand te beheren op een manier die het beste aansluit bij hun landbouwpraktijken en de vereisten van de proefopstelling.

Door de drooglegging en de gehanteerde waterpeilen in overweging te nemen, kunnen onderzoekers en boeren strategieën ontwikkelen om de grondwaterstand te optimaliseren voor de gewassen, de bodemgesteldheid te verbeteren en de effectiviteit van de sub-irrigatietechnieken te maximaliseren.

Aanleg van het Actieve Water Infiltratie Systeem

Dit hoofdstuk beschrijft de fysieke componenten van het infiltratiesysteem dat is aangelegd bij drie melkveehouders, evenals de financiële aspecten die hiermee gepaard gaan. Hier zijn de belangrijkste punten:

Fysieke componenten:

1. **Infiltratiesysteem:** Het infiltratiesysteem is ontworpen en geïnstalleerd om de grondwaterstand te verhogen en uitdroging van het veen te voorkomen. Dit systeem omvat verschillende componenten zoals drainagebuizen, infiltratieputten of -goten, en bijbehorende regel- en meetapparatuur.
2. **Hogere slootwaterpeilen:** Naast het infiltratiesysteem zijn ook hogere slootwaterpeilen geïmplementeerd om de effecten op de waterkwaliteit en de biodiversiteit te onderzoeken.
3. **Sensoren:** Verschillende sensoren zijn geïnstalleerd in de veldopstelling om de effectiviteit van het infiltratiesysteem te monitoren en ervoor te zorgen dat de vernatting daadwerkelijk plaatsvindt. Deze sensoren kunnen parameters meten zoals grondwaterstand, bodemvochtigheid en waterinfiltratie.

Financiële aspecten:

1. **Aanlegkosten:** De kosten voor het ontwerp en de installatie van het infiltratiesysteem worden meegenomen in de financiële analyse. Dit omvat materiaalkosten, arbeidskosten en eventuele andere kosten die gepaard gaan met de aanleg van het systeem.
2. **Onderhouds- en reparatiekosten:** Naast de aanlegkosten worden ook de kosten voor onderhoud en reparatie van het infiltratiesysteem meegenomen in het onderzoek. Dit omvat periodiek onderhoud, reparaties en eventuele vervanging van onderdelen.
3. **Kosten per hectare:** Het totale aantal hectare waarop het infiltratiesysteem is geïnstalleerd is 9,27 hectare (respectievelijk 3,71 ha, 2,62 ha en 2,95 ha). Deze informatie is belangrijk voor het berekenen van de totale kosten per hectare voor het aanleggen en onderhouden van het systeem.

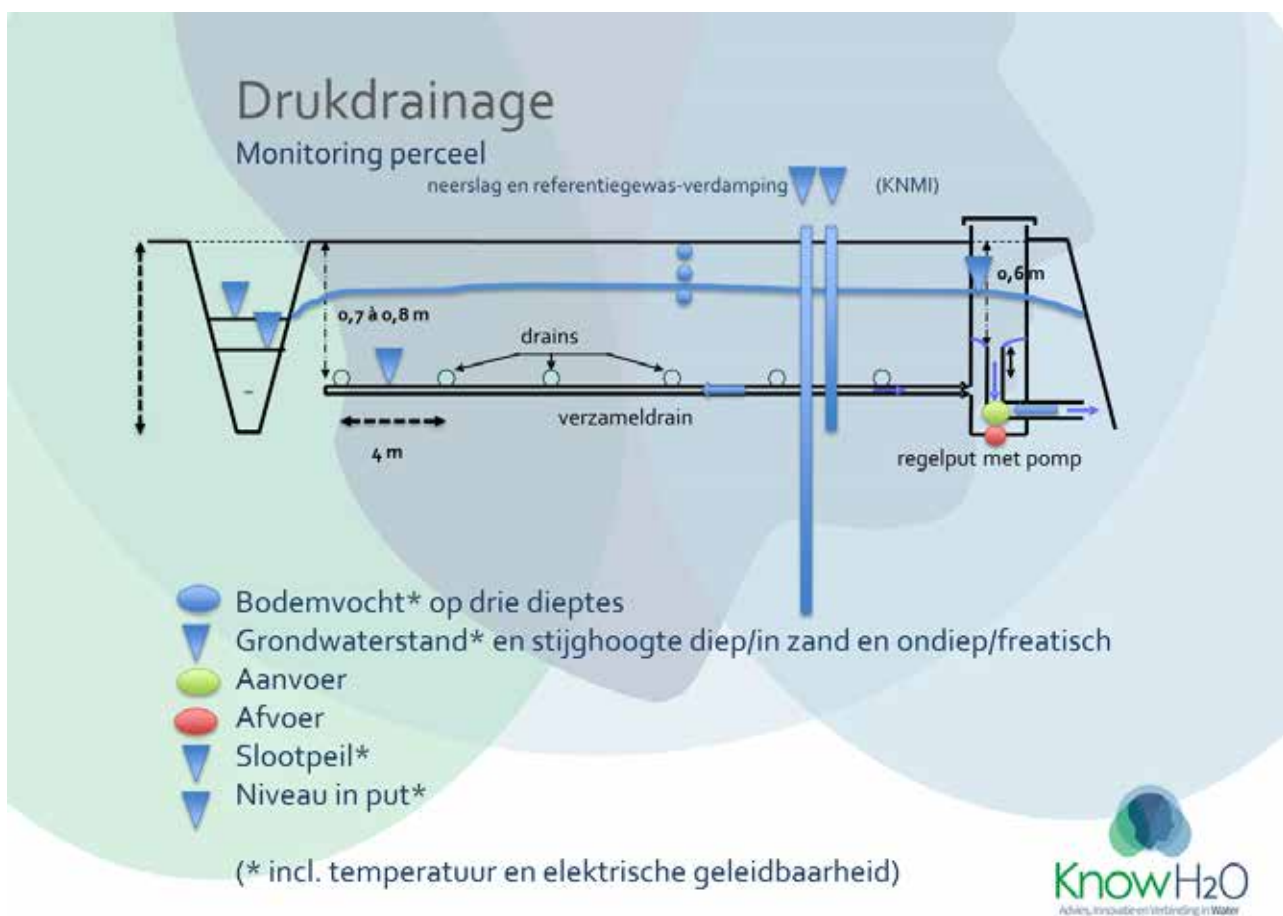
Door deze fysieke en financiële aspecten in kaart te brengen, kunnen onderzoekers en belanghebbenden een beter inzicht krijgen in de haalbaarheid en effectiviteit van het infiltratiesysteem en kunnen ze gerichte aanbevelingen doen voor toekomstige implementaties.

Werkwijze

De werkwijze voor de pilot omvat het volgende:

- 1. Aanleg van de veldproeven:** In september 2020 zijn drie veldproeven aangelegd door de firma Barth Drainage BV uit 's Gravendeel. De locaties van de proeven zijn Molenaarsgraaf (provincie Zuid-Holland), Brandwijk (PZH) en Nieuwland (provincie Utrecht). Deze locaties zijn strategisch gekozen om verschillende bodem- en hydrologische omstandigheden te vertegenwoordigen.
- 2. Actieve waterinfiltratie (AWIS):** Bij actieve waterinfiltratie worden horizontaal geperforeerde buizen (drainagebuizen) in de bodem geplaatst. Deze buizen zijn verbonden met een dichte verzamelleiding die is aangesloten op een waterreservoir, de pompput. Via deze pomp-put kan water worden aangevoerd en/of afgevoerd met behulp van een pomp, waardoor de grondwaterstand kan worden gereguleerd.
- 3. Onafhankelijke sturing van grondwaterstand:** Het water in het reservoir kan met het pompsysteem van en naar de sloot worden gepompt. Hierdoor kan de grondwaterstand onafhankelijk van het slootwaterpeil actief worden gestuurd.

Door deze werkwijze toe te passen, kunnen de effecten van actieve waterinfiltratie op worden geëvalueerd, wat cruciaal is voor het beoordelen van de haalbaarheid en effectiviteit van deze techniek als instrument voor bodem- en waterbeheer.



De fysieke componenten van het actieve waterinfiltratiesysteem in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden

Specificatie van alle fysieke componenten

- Drainbuizen met drain diameter van 60mm en 80mm
- Verbindingsstukken
- Verzameldrain
- Pompput met aanvoer- en afvoer pomp
- Eind Buisbescherming
- Doorspuit punten
- Grainduct Ø125 mm buis
- Zonnepanelen en accu voor de elektriciteitsvoorziening
- Afsluitstenen voor het doorspuiten van de drains
- Verschillende typen sensoren
- Dataloggers



Filmpje

Bij de aanleg van de drains bij Heikoop hebben we een filmpje gemaakt. Het filmpje biedt waardevolle visuele informatie over de droogte van het veen bij de aanleg van AWIS.

<https://www.youtube.com/watch?v=5jn0a29ZhFU>

Kiwarichtlijnen

Kiwa-richtlijnen eisen dat het systeem kan worden doorgespoeld. Het is een belangrijk aandachtspunt bij de aanleg. Het zorgt ervoor dat het systeem kan worden gereinigd en onderhouden, wat essentieel is voor de goede werking op lange termijn. Hier zijn de stappen die genomen worden om aan deze eisen te voldoen:

1. **Doorspuitplekken in het systeem:** Bij het ontwerp en de installatie van het infiltratiesysteem worden specifieke locaties aangewezen waar doorspuitplekken worden geplaatst. Deze plekken zijn strategisch geplaatst langs het systeem om ervoor te zorgen dat alle delen van het systeem effectief kunnen worden doorgespoeld.
2. **Afdichting met een steen:** De doorspuitplekken worden afgedekt met een steen om ze te beschermen en om ze gemakkelijk te kunnen lokaliseren en openen wanneer dat nodig is. Deze stenen afdekking zorgt voor een veilige en duurzame oplossing om de doorspuitplekken te markeren en toegang te bieden tot het systeem.

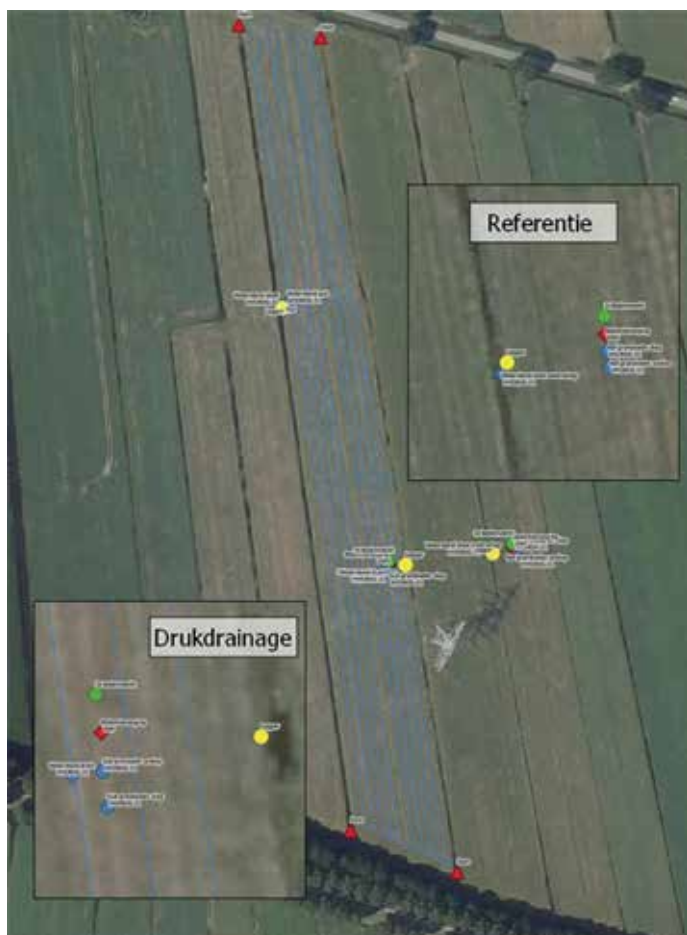
Door deze maatregelen te nemen, voldoet het infiltratiesysteem aan de eisen van de Kiwa-richtlijnen en wordt de mogelijkheid geboden om het systeem regelmatig door te spoelen en te onderhouden. Dit draagt bij aan de optimale werking van het systeem en verlengt de levensduur ervan, wat essentieel is voor het behoud van de effectiviteit van het systeem op lange termijn.

Pomp

Het gebruik van een pomp op zonne-energie om water vanuit de hoogwatersloot naar de pompput te pompen, biedt een duurzame en efficiënte oplossing voor het reguleren van de grondwaterstand op de proefpercelen. Hier zijn de belangrijkste aspecten van dit systeem:

1. **Pompput en vlotter instelling:** Het water uit de hoogwatersloot wordt via een pomp op zonne-energie naar de pompput gepompt. De instelling van de vlotter in de pompput bepaalt de waterstand in de put. Door de vlotter correct in te stellen, kan de gewenste waterstand worden gehandhaafd, wat cruciaal is voor het beheren van de grondwaterstand op de proefpercelen.
2. **Infiltratie via het drainagesysteem:** Nadat het water in de pompput is gepompt, kan het via het drainagesysteem in de (klei-op-)veen bodem infiltreren. Dit proces van actieve waterinfiltratie draagt bij aan het verhogen van de grondwaterstand en het voorkomen van uitdroging van het veen, wat essentieel is voor het remmen van bodemdaling en CO₂-uitstoot.
3. **Controle van de werking van het drainagesysteem:** De werking van het drainagesysteem kan worden gecontroleerd door het waterpeil in de pomp-put te vergelijken met het waterpeil in een ondergrondse drainagebuis verderop in het veld. Als de waterstand in de drain nagenoeg gelijk is aan die van de pompput, geeft dit aan dat de gewenste waterstand in het ondergrondse buizensysteem correct is ingesteld.

Door middel van dit systeem kunnen onderzoekers en boeren de grondwaterstand effectief beheren en de effectiviteit van de actieve waterinfiltratie monitoren, wat bijdraagt aan het succes van de sub-irrigatie pilot en het bereiken van de gestelde doelen met betrekking tot bodem- en waterbeheer.



Ten behoeve van het onderzoek zijn bij meerdere sensoren geplaatst, zowel in het drainage als in het referentieperceel

Extra UITpomp

Het toevoegen van extra pompen voor het uitpompen van grondwater is een belangrijke aanvulling op de pilot, vooral gezien de recente ervaringen met ernstige regenval. Hier zijn enkele belangrijke aspecten van deze toevoeging:

1. **Flexibiliteit en aanpassingsvermogen:** Door de toevoeging van pompen voor het uitpompen van grondwater kunnen boeren anticiperen op natte weersomstandigheden en het grondwaterpeil verlagen indien nodig. Dit verhoogt de flexibiliteit en het aanpassingsvermogen van het systeem, waardoor boeren beter kunnen omgaan met extremen in het weer en hun landbouwpraktijken kunnen optimaliseren.
2. **Dubbeldoel-systeem** Dit systeem met een IN - en UIT pomp kan zowel draineren als infiltreren, wat betekent dat het zowel kan bijdragen aan het verminderen van wateroverlast als aan het verhogen van de grondwaterstand wanneer nodig. Dit systeem biedt een veelzijdige oplossing voor het beheer van de grondwaterstand, waardoor boeren hun grasmat gezond en productief kunnen houden, zelfs onder veranderende omstandigheden.
3. **Veranderende rol van de agrariër:** De toevoeging van deze pompen betekent een verandering in de rol van de agrariër, die nu meer betrokken raakt bij het beheren van de grondwaterstand en het omgaan met waterbeheer. Dit vereist een leerproces en bewustwording, maar biedt ook nieuwe kansen voor boeren om hun landbouwpraktijken aan te passen en te innoveren.

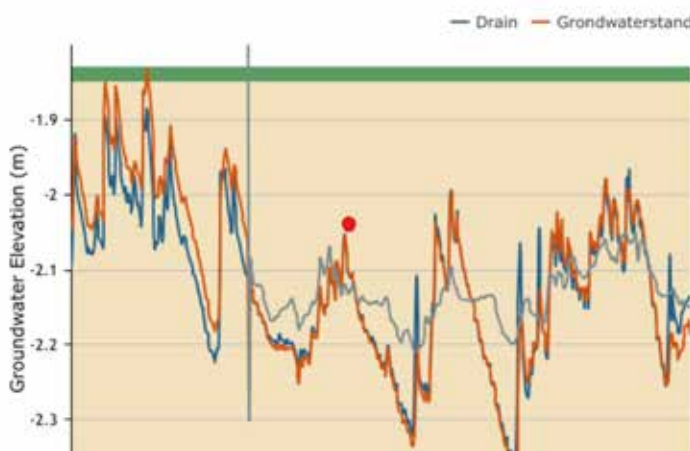
Al met al vormt deze toevoeging een belangrijke stap in de ontwikkeling van het project, waarbij het systeem wordt versterkt om beter te kunnen omgaan met zowel droge als natte weersomstandigheden, en waarbij boeren worden uitgedaagd om nieuwe vaardigheden aan te leren en zich aan te passen aan veranderende omstandigheden.

Zentra Cloud

Het gebruik van sensoren en telemetrische dataloggers voor continue metingen van de grondwaterstand, bodemvocht en bodemtemperatuur biedt belangrijke inzichten in de hydrologische omstandigheden op de proefpercelen. Hier zijn enkele belangrijke aspecten van dit monitoringsysteem:

1. **Real-time metingen:** Door de sensoren en dataloggers kunnen deelnemers en onderzoekers de toestand buiten continu volgen. Real-time metingen bieden een nauwkeurig beeld van veranderingen in de grondwaterstand, bodemvochtigheid en bodemtemperatuur, waardoor effectieve besluitvorming en sturing mogelijk zijn.
2. **Online portal (Zentra Cloud):** De meetgegevens worden opgeslagen in een online portal, zoals de Zentra Cloud, waardoor ze gemakkelijk toegankelijk zijn voor betrokkenen. Door de beschikbaarheid van figuren en grafieken kunnen deelnemers de metingen online volgen via hun smartphone, laptop of pc, wat helpt bij het begrijpen van de werking van de systemen en het nemen van beslissingen.
3. **Kosten en abonnement:** Het gebruik van de Zentra Cloud en het abonnement daarop brengt kosten met zich mee. Deze kosten zijn gerechtvaardigd gezien de waarde van real-time meetgegevens voor het monitoren en beheren van de hydrologische toestand op de percelen.

Al met al biedt het gebruik van sensoren, telemetrische dataloggers en de Zentra Cloud een krachtige tool voor het monitoren en beheren van de hydrologische omstandigheden op de proefpercelen. Het stelt deelnemers en onderzoekers in staat om real-time inzicht te krijgen in de situatie buiten en om adequaat te reageren op veranderingen, wat bijdraagt aan het succes van het project.



DRAINPLANNEN

Het opstellen van drain plannen voor het Actieve Water Infiltratie Systeem (AWIS) vereist een grondige analyse van de specifieke eisen en vereisten van het systeem.

1. **Analyse van het eisenpakket:** Het eerste wat moet gebeuren, is een gedetailleerde analyse van het eisenpakket voor het AWIS. Dit omvat onder andere de gewenste grondwaterstand, de bodemgesteldheid, de locatie van de proefpercelen, en eventuele beperkingen of vereisten die gesteld worden door lokale regelgeving of richtlijnen.
2. **Grondwaterstand en bodemkarakteristieken:** Op basis van de gewenste grondwaterstand en de bodemkarakteristieken van de proefpercelen worden de optimale locaties voor de drains bepaald. Dit omvat het identificeren van gebieden met een lage grondwaterstand en het plannen van de positionering en diepte van de drainagebuizen.

3. **Drainageontwerp:** Het drainageontwerp omvat het bepalen van de lay-out van de drainagebuizen, inclusief de afstand tussen de buizen, de diepte van de buizen, en het patroon waarin ze worden geplaatst. Dit wordt vaak gedaan met behulp van gespecialiseerde software die rekening houdt met de specifieke hydrologische en bodemparameters van het gebied.
4. **Optimalisatie van het drainagesysteem:** Het drainagesysteem wordt geoptimaliseerd om een evenwicht te vinden tussen het maximaliseren van de waterinfiltratie en het voorkomen van wateroverlast.
5. **Implementatie en monitoring:** Nadat de drainplannen zijn opgesteld, worden de drainagebuizen geïnstalleerd volgens het ontwerp. Vervolgens worden de grondwaterstand en andere relevante parameters continu gemonitord om de effectiviteit van het AWIS te evalueren en indien nodig aanpassingen aan te brengen in het drainagesysteem.

Door deze stappen te volgen, kunnen doelgerichte drainplannen worden opgesteld voor het AWIS, die bijdragen aan het behalen van de beoogde doelen met betrekking tot bodem- en waterbeheer op de proefpercelen.

KTC Zegveld heeft de drainplannen opgesteld

Met hun gespecialiseerde kennis en ervaring zijn ze in staat nauwkeurige analyses uit te voeren en doelgerichte drainplannen te ontwikkelen die voldoen aan de eisen. Hun betrokkenheid vergroot de geloofwaardigheid en betrouwbaarheid van het project en draagt bij aan een succesvolle implementatie van het AWIS.

Barth Drainage BV deed de aanleg

Het vergelijken van drie verschillende offertes is een belangrijke stap om de meest geschikte aannemer te selecteren voor het uitvoeren van de drainplannen. Met Barth Drainage BV als gekozen aannemer, kunnen de melkveehouders rekenen op een professionele uitvoering van de plannen. Het feit dat er gemiddeld 6 à 7 uur per melkveehouder nodig is om de drainplannen uit te voeren, geeft een indicatie van de omvang en complexiteit van het werk.

KnowH2O

Het betrekken van verschillende experts en bedrijven bij het project toont aan dat er een multidisciplinaire aanpak is gekozen om het project succesvol uit te voeren. Het team van Gé van den Eertwegh heeft een belangrijke rol gespeeld bij het opstellen van het projectplan, terwijl KnowH2O ook verantwoordelijk is voor de monitoring en begeleiding van het project. Barth Drainage BV heeft op zijn beurt de aanleg van het monitoringssysteem met grondwaterbuizen, pompen, sensoren, vlotters en dataloggers uitbesteed aan dit bedrijf. uitbesteed aan KnowH2O, waardoor er een effectieve samenwerking ontstaat tussen de verschillende partijen.

Uitwerking voorbeeld perceel en drain plan

Het AWIS perceel van Peter Heikoop uit Nieuwland (PU) dient als voorbeeld.

Perceelsgegevens: Geer 30 in Nieuwland
drainperceel van 68-72 m breedte en ca 530 meter lang
referentieperceel 58-60 m breed en 565 m lang
perceel bevat 3 greppels en greppelbuis overdwers
halverwege gedempte sloot (schoon materiaal)
slootpeil 50-60 cm -mv
perceel ligt iets hol, bij/tussen greppel lager dan aan zijkant perceel
Bodemopbouw:
20-30/40 venige klei
30/40-100 veen

Hoogteligging (* link kopiëren in de browser)

<https://ahn.arcgisonline.nl/>

ahnviewer/?extent=114410.2524%2C432791.1613%2C115934.2554%2C433449.9751%2C28992

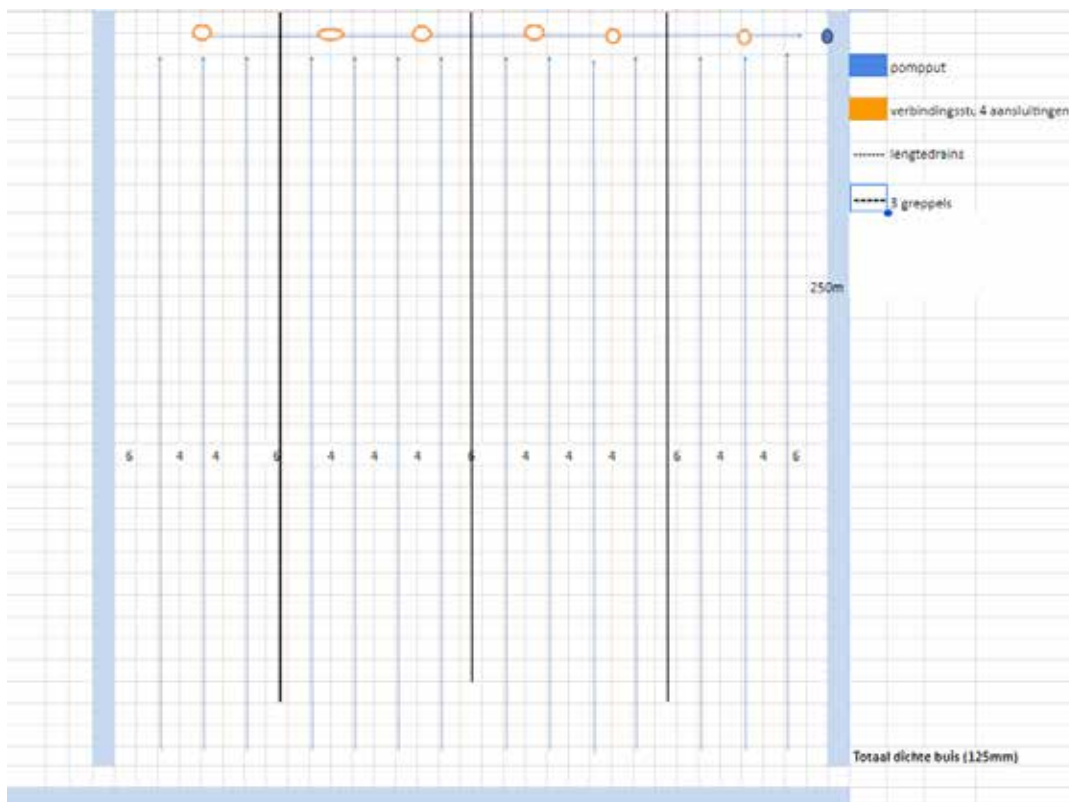
Locatie AWIS perceel: (* link kopiëren in de browser)

<https://boerenbunder.nl/report/51.89649,5.03161>

Locatie: 51.89678.03118

Oppervlakte 3,71 hectare

Drainplan



Drainplan gemaakt door Karel van Houwelingen van KTC Zegveld.

Tabel 1: Kosten drainage perceel Peter Heikoop

Perceel Heikoop				
Hoeveelheid	artikel		prijs/eenheid	totaal
7700 m	Ø60		€ 1,15	€ 8.855,00
60 m	Ø125		€ 12,50	€ 750,00
4 st	put Ø315		€ 139,50	€ 558,00
2 st	put Ø315		€ 159,50	€ 319,00
1 t	pompsysteem		€ 4.950,00	€ 4.950,00
7 uur	kraan		€ 60,00	€ 420,00
65 m	greppelafvoer		€ 6,95	€ 451,75
1 st	pomp t.b.v. sloot		€ 3.500,00	€ 3.500,00
			incl btw	€ 19.803,75

GPS uitvoering



Draineur Barth levert een kaartje aan waarin met GPS de ligging van de drains wordt aangegeven.



Personeelskosten vormen ook een belangrijk aandeel in de aanleg

Veeneiken

Het ontdekken van veeneiken tijdens de aanleg van het AWIS in de percelen van Kees Baan en Mattias Verhoef is interessant. Veeneiken zijn archeologische vondsten die vaak veel informatie kunnen verschaffen over het verleden van een gebied. De aanwezigheid van een veeneik wijst op vroegere vegetatie, klimatologische omstandigheden en menselijke activiteiten in het verleden.



Gevonden veeneik bij de aanleg van AWIS in het perceel van Mattias Verhoef

Aanpassingen aan het oorspronkelijke plan

Extra UIT-pomp:

Het oorspronkelijke plan voor het AWIS omvatte een pomp die alleen water kon aanvoeren, met als doel het grondwaterpeil tot 20 cm onder het maaiveld te houden. Echter, in de praktijk bleek dit niet haalbaar vanwege de drassige omstandigheden op het perceel, wat resulteerde in vertrapping van de zode door het vee en belemmerde toegang voor machines. Als oplossing zijn er in 2021 extra UIT-pompen geplaatst bij Kees Baan en Peter Heikoop. Deze UITpompen kunnen overtollig water afvoeren tijdens zeer natte periodes. Hierdoor hebben de melkveehouders de mogelijkheid om het grondwaterniveau te reguleren, wat gunstig is om wateroverlast te voorkomen. Deze aanpassing biedt een flexibel middel om in te spelen op veranderende weersomstandigheden en zorgt voor een effectiever beheer van het grondwaterpeil op het perceel.

Bio Drains:

Bij Verhoef in Brandwijk hebben we een experiment uitgevoerd waarbij we 1350 meter aan Ø60 mm drains hebben vervangen door biodrains met een doorsnede van Ø80 mm. De meerkosten voor de biodrains bedroegen €2 per meter. Vanwege de vochtige omstandigheden in het vierde kwartaal van 2023 konden we de biodrains niet uitgraven om hun kwaliteit te inspecteren. Echter, aan de hand van gegevens van KnowH2O hebben we geconstateerd dat de vernatting ook optreedt op de locaties waar de biodrains zijn geïnstalleerd. Als het weer het toelaat willen we toch nog een deel uitgraven, zodat we iets kunnen zeggen over de kwaliteit.

Ø80 mm drains ipv Ø60 mm drains

Bij Baan in Molenaarsgraaf was oorspronkelijk gepland om 5300 meter aan Ø60 mm drains te installeren. Vanwege de lange lengte van het perceel is besloten om 3700 meter hiervan te vervangen door drains van Ø80 mm. De meerkosten voor het gebruik van Ø80 mm drains bedragen dus 3700 meter * €0,40.

Kiwa Richtlijnen toegepast op afstand tussen de drains

De afstand tussen de drains (hart op hart) is aangepast in overeenstemming met het nieuwe eisenpakket. Oorspronkelijk was de maximale afstand tussen de drains 6 meter, maar deze is nu teruggebracht tot 4-4,5 meter. Dit zorgt voor een efficiënter waterbeheer en een betere infiltratie van het water in de bodem. Om ervoor te zorgen dat de drains kunnen worden doorgespoten, zijn speciale openingen aangelegd. Dit biedt de mogelijkheid om het systeem te onderhouden en eventuele verstoppingen te verhelpen, wat essentieel is voor een optimale werking van het drainagesysteem.



Debietmeters aangeschaft: Tijdens de proef is besloten om debietmeters te installeren vanwege toenemende externe interesse in de waterbehoeften bij het gebruik van AWIS. Dit besluit is genomen om nauwkeurige metingen te kunnen verrichten van het waterverbruik en -aanbod, waardoor een beter inzicht ontstaat in de effecten van het AWIS op het waterbeheer.

Door debietmeters te installeren, kunnen deelnemers en onderzoekers gedetailleerde gegevens verzamelen over de hoeveelheid water die wordt gebruikt en geïnfiltreerd in het systeem.

Dit biedt waardevolle informatie voor het evalueren van de efficiëntie en effectiviteit van het AWIS, en kan helpen bij het optimaliseren van het waterbeheer op de lange termijn.

Kortom, het installeren van debietmeters is een belangrijke stap om tegemoet te komen aan de groeiende vraag naar transparantie en nauwkeurigheid in het watergebruik bij het toepassen van AWIS.

Tensiometer:

Om te bepalen of het gras binnen de gemeten variatie van het bodemvochtgehalte in droge perioden in 2022 mogelijk last zou kunnen hebben van te weinig vocht in de wortelzone, is het belangrijk om de relatie tussen bodemvochtgehalte en grasgroei grondig te onderzoeken. Dit kan worden gedaan door middel van het plaatsen van een tensiometer om de relatie tussen bodemvochtgehalte en grasgroei te analyseren. Dit kan helpen bij het voorspellen van mogelijke effecten van variaties in bodemvochtgehalte op de grasgroei en gezondheid.

Monitoren van het systeem

Het monitoren van de resultaten is essentieel om te bevestigen dat het systeem naar behoren functioneert en de gewenste effecten heeft op het gebied van waterbeheer en bodemgezondheid. Voor meer gedetailleerde informatie over de uitkomsten van dit monitoringsproces verwijst ik je naar het hoofdstuk over hydrologie. Daar vind je overzichten en inzichten over het bodemvochtgehalte, grondwaterstanden, en andere relevante parameters die zijn verzameld tijdens het monitoren van het AWIS.

Het systeem verlangt zorg, onderhoud en reparatie

Het beheer en onderhoud van het systeem voor regelbare drainage met subirrigatie (AWIS) vereist constante aandacht vanwege de gevoeligheid en complexiteit ervan. Door de uitgebreide monitoring met behulp van sensoren is het mogelijk om de bediening en effecten van het systeem goed in de gaten te houden.

Het is belangrijk om te benadrukken dat het systeem met sensoren, PV-panelen, vlotters, meters en pompen niet als vanzelf goed functioneert. Het vergt continue zorg en beheer. Voor agrariërs die het vernatte perceel beweiden en in de nabijheid van de boerderij wonen, is dagelijks onderhoud haalbaar. Echter, voor agrariërs wiens perceel verder weg ligt en niet wordt beweid, zoals het perceel van Kees Baan, is dit lastiger.

Het onderhoud omvat het schoonhouden van waterfilters, het bijstellen van vlotters, en het monitoren van de sensoren. Ook het maaien van slootkanten vereist zorgvuldigheid vanwege de aanwezigheid van kabels voor de energievoorziening van de pomp.

Het bedienen van de systemen en het inzetten van greppels, vooral tijdens periodes van hoogwater, blijven aandachtspunten.



Na activiteiten zoals beweiding en oogsten, evenals na extreme weersomstandigheden zoals neerslag of droogte, moet de waterstand zorgvuldig worden gecontroleerd. Bij de aanleg van de drainagesystemen zijn hobbels ontstaan in het veld van Peter Heikoop als gevolg van sleufloze drainage onder specifieke vochtigheidsomstandigheden van de bodem. Deze hobbels vormen een algemeen aandachtspunt bij de aanleg van drainagebuizen en verzamelleidingen, dat verdere aandacht en zorg vereist om mogelijke problemen te voorkomen of aan te pakken.

Aanbevelingen

1. **Schaalvergroting en kostenoptimalisatie:** Overweeg om het systeem op te schalen naar een groter gebied, bijvoorbeeld 8 hectare, om de kosten te verlagen. Houd er rekening mee dat bij een kleinere oppervlakte per pompput de kosten kunnen toenemen. Dit kan leiden tot een efficiënter gebruik van middelen en een betere kosteneffectiviteit.
2. **Automatisering en optimalisatie:** Verken mogelijkheden voor verdere automatisering en optimalisatie van het systeem, zoals het gebruik van weermodellen om te anticiperen op verwachte neerslag. Dit kan helpen bij het verbeteren van de efficiëntie en het verminderen van de behoefte aan handmatige controle en ingrepen.
3. **Robuustheid en duurzaamheid:** Zoek naar robuustere systemen met minder gevoelige onderdelen om de duurzaamheid en betrouwbaarheid van het systeem te verbeteren. Investeer in onderzoek en ontwikkeling om technologieën te vinden die minder onderhoud vereisen en een langere levensduur hebben.
4. **Regelmatig onderhoud en controle:** Blijf het systeem regelmatig controleren, bij voorkeur wekelijks tijdens het groeiseizoen, om optimale prestaties te garanderen. Neem de jaarlijkse arbeidskosten en personeelskosten op in de begroting, afhankelijk van het aantal systemen dat wordt beheerd.
5. **Onderzoek naar alternatieven:** Blijf op de hoogte van nieuwe ontwikkelingen en technologieën op het gebied van regelbare drainage en subirrigatie. Onderzoek alternatieve systemen en methoden die mogelijk kosteneffectiever en minder arbeidsintensief zijn.

Door deze aanbevelingen te overwegen en te implementeren, kunnen we de efficiëntie, betrouwbaarheid en kosteneffectiviteit van het systeem voor regelbare drainage met subirrigatie verbeteren.

Thema: Hydrologie

Realisatie van hogere grondwaterstanden ter reductie van maaiveldddaling in veenweidegebieden en hydrologie



Regelbare drainage met subirrigatie en hogere slootpeilen in regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden

Realisatie van hogere grondwaterstanden ter reductie van maaiveldddaling in veenweidegebieden en hydrologie

Gé van den Eertwegh en Dion van Deijl

Eindrapportage

Datum: 11-4-2024

Opdrachtgevers: Provincie Zuid-Holland, Provincie Utrecht, Regionale Maatschappelijke Agenda (RMA) regio Alblasserwaard Vijfheerenlanden

Projectleiding: Rolia Wiggelinkhuijsen/Stichting Blauwzaam

Samenvatting

Deze samenvatting is integraal overgenomen uit het rapport van Gé van den Eertwegh. Het hele rapport vindt u op de site van Stichting BlauwZaam.

De meeste bodems in het landelijk gebied in de regio Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden zijn in gebruik als grasland binnen melkveehouderijbedrijven. De bodems kennen in meer of mindere mate langjarig gezien bodemdaling, emissie van broeikasgassen naar de lucht en verliezen van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. Het landschap en de verkaveling verdient aandacht via duurzaam gebruik en beheer voor en door landbouw, recreatie en natuur.

Regelbare drainage met subirrigatie (ofwel drukdrainage ofwel actief waterinfiltratie systeem) kan een deel van de oplossing zijn voor lucht-, bodem- en wateropgaven en -doelstellingen. We willen daarom met deze systemen ervaring opdoen in de praktijk in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. De bodemopbouw van het veen met een kleidek in de gebieden wijkt af van toepassingen elders in het veenweidegebied van Nederland van deze systemen tot nu toe. Dat maakt dit project en de proeven bij de drie betrokken agrariërs uniek, omdat we de werking en effecten gaan onderzoeken door te meten en te duiden, in combinatie met hogere slootwaterpeilen dan het omringende polderpeil.

Onze doelen:

- *Wij passen regelbare drainage met subirrigatie en verhoogde slootpeilen toe bij (klei-op) veengronden;*
- *We willen technisch-inhoudelijk grip op de werking van het systeem krijgen door drie veldproeven uit te voeren;*
- *We willen het beheer van het systeem stapsgewijs opbouwen en uiteindelijk sturen op: reductie van de bodembeweging (op de middellange termijn bodemdaling), biodiversiteit, weidevogels en waterkwaliteit. We voeren veldproeven daarom uit in combinatie met hogere slootwaterpeilen, zodat er doelen te behalen in het watersysteem op het vlak van biodiversiteit, weidevogels en de KRW.*

We leveren met of zonder succes van de veldproeven feitelijke informatie en kennis aan voor het al dan niet uitrollen van regelbare drainage met subirrigatie en aangepaste slootpeilen in de regio
We hebben de systemen eind 2020 aangelegd en zijn er actief mee bezig sinds 2021. We rapporteren onze bevindingen tot en met december 2023. Deze zijn als volgt.

De drie aangelegde systemen van regelbare drainage en pompsystemen werken naar behoren, inclusief de aangepaste vlotter. Deze zorgen voor een meer constant en hoger (hoog)waterpeil in de pomp/regelputten (hierna: pompput). De monitoring werkt veelal prima, al hadden we uitval van een aantal sensoren vanwege fabrieksfouten. De vele waarnemingen via inzet van de meetapparatuur zijn waardevol en onderling consistent. De bediening systemen en inzet van greppels, i.c. dicht laten of open zetten, tijdens met name bij hoogwater blijft punt van aandacht. Regelbare drainage met subirrigatie vraagt aandacht, zorg, beheer en onderhoud. De effecten ervan vallen of staan met de bediening van de systemen. Monitoring van bediening én van de effecten daarvan zijn daarom beide nodig.

Slootpeilen in de proeven zijn duidelijk verhoogd ten opzichte van de polderpeilen. De bediening van de systemen heeft een duidelijke invloed op de freatische grondwaterstanden: deze zijn hoger bij subirrigatie en lager wanneer er water wordt afgevoerd via de pomp in de put. In drogere tijden (2022, 2023) zijn de positieve effecten van de inzet van de systemen duidelijk groter. Daarmee leidt de subirrigatie tot doelbereik t.a.v. vernatting van de (klei-op) veenbodems. Dit is een positief resultaat van de proef. Als we stabiele toestanden willen hebben op de percelen, dan is het advies niet te snel en niet teveel IN en/of UIT pompen. Beter niet UIT pompen, maar uit laten zakken. De sturing van de waterstand in de pompput is van groot belang en heeft extra aandacht nodig, met name in geval van een opbolling bij en na neerslag. De waterstand in de put moet bij deze systemen en drainafstanden duidelijk hoger zijn, om een vergelijkbare opbolling en freatische grondwaterstand te verkrijgen als bij een afvoersituatie zonder drainagebuizen (referentiepercelen). Er is een duidelijk hogere watervraag van de proefpercelen bij droog weer, met als positief en beoogd effect hogere bodemvochtgehalten en hogere grondwaterstanden. Aan deze watervraag moet dan wel voldaan kunnen worden vanuit de polder qua inlaatwater. Een systeem van regelbare drainage met subirrigatie is beter in staat om grondwaterstanden op percelen te sturen dan kavelsloten.

De continu gemeten bodembeweging op de twee percelen bij Baan laat duidelijk effecten van het weer en van de bediening van de systemen zien. Het aanvoeren van water heeft een positief effect op de bodembeweging: minder beweging en minder daling tijdens droog weer. Afvoer van water onder natte condities geeft direct een duidelijk dalend effect te zien.

De gehele meetperiode is 22-2-2021 tot en met 31-12-2023. We hebben in 2023 twee aanvullende waterpassingen-controlemetingen uitgevoerd op de sensor bodembeweging (VSM), op basis waarvan we de metingen bodembeweging in de gehele projectperiode hebben geduïd en plausibel hebben bevonden. Het maaiveld op het proefperceel daalt 7 mm, op het referentieperceel 16 mm. Omgerekend is dat een jaarlijkse bodemdaling van 2,5 mm/j voor het proefperceel en 5,6 mm/jaar

voor het referentieperceel. Het referentieperceel daalt met een factor van 2,3 meer. De variatie van de maaiveldhoogte in de tijd is kleiner bij het proefperceel; de dynamiek in de beweging is groter op het referentieperceel. Het verschil in maaiveldhoogte tussen het proefperceel en het referentieperceel laat zien dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel meer/sterker afneemt in de tijd dan die van het proefperceel. De proef blijkt dus verschil te maken in het vochtprofiel van de klei-op-veenbodem en in de bodembeweging. Een positief resultaat.

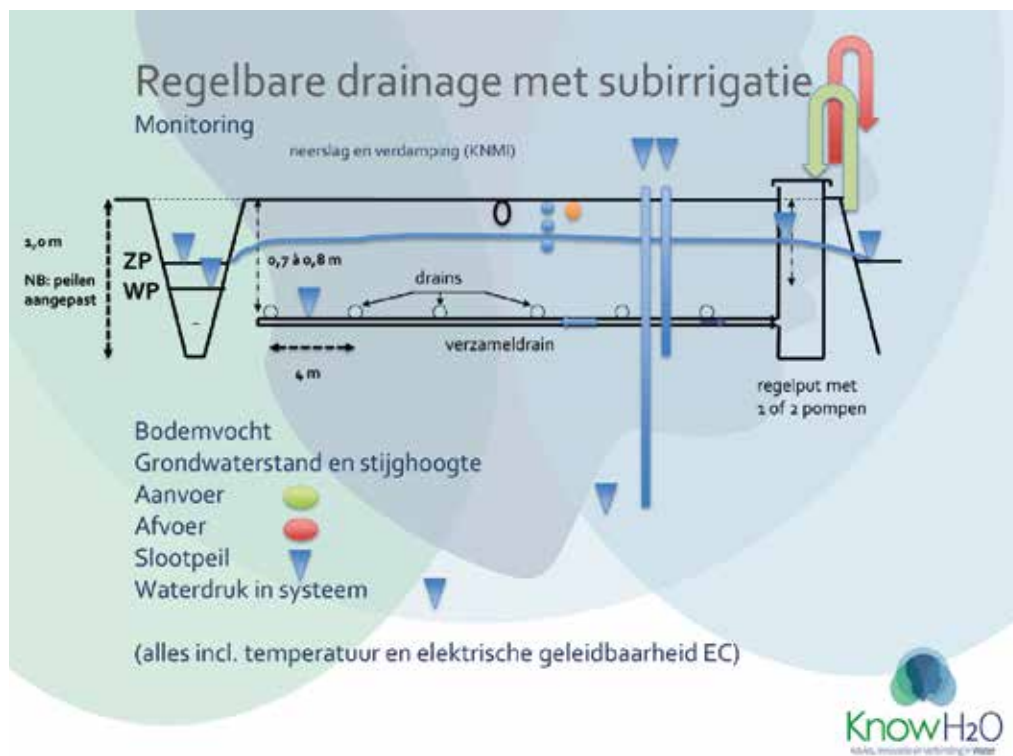
Het effect van de proef op de productie van grasland is beperkt. Er zijn op jaarbasis kleine positieve verschillen gemeten tussen proef- en referentieperceel van Baan in 2021, 2022 en 2023. De productie op het proefperceel neemt relatief toe in snedes in augustus en september, die kleiner van absolute omvang zijn.

De vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels maakt de sturing meer complex. Het maaiveld kan bol, vlak of hol zijn. Greppels zien we met name terug in het veld bij holle percelen. Daarmee komen de bodems van de greppels (in m+NAP) in de buurt van het polderpeil. Grondwater dat we via subirrigatie verhogen, kan aldus tot afvoer komen via de greppels, als deze kunnen afwateren naar de sloten. Een hogere peilsturing vanuit de pompput zal dan leiden tot meer afvoer van water, waardoor de stijging van de freatische grondwaterstand gelimiteerd wordt. Holle percelen en de aanwezigheid van greppels zijn beide apart en samen beperkend in het mogelijk verhogen van de grondwaterstand.

Vernatting betekent de berging van water in de veenbodem op peil houden of verhogen. Berging van water vindt plaats via vocht in de bodem, die verzadigd is vanaf de freatische grondwaterstand neerwaarts. Uitputting van de waterberging in het bodemprofiel kan plaatsvinden via verdamping (beter: neerslagtekort) en wegzijging, daardoor zakken de grondwaterstanden in het groeiseizoen uit. Het op peil houden van de waterberging betekent dus het compenseren van het neerslagtekort en van de (toegenomen) wegzijging bij vernatting. Dat blijkt ook uit waarnemingen in dit project. Daarmee is het potentieel neerslagtekort in het groeiseizoen een redelijk tot goede maat voor de werkelijke watervraag van de systemen.

KNMI en Deltares, RWS geven aan dat grosso modo in klimaatscenario's het potentieel neerslagtekort in de zomermaanden en groeiseizoen groter wordt en de rivierafvoeren in de zomer gaan dalen. De watervraag voor vernatting gaat dan toenemen en de waterbeschikbaarheid gaat afnemen. Dat maakt dat de succeskans voor vernatting en bijbehorende doelen kleiner wordt met de tijd.

Werkwijze, aanpak en aanpassingen 2021 - 2023

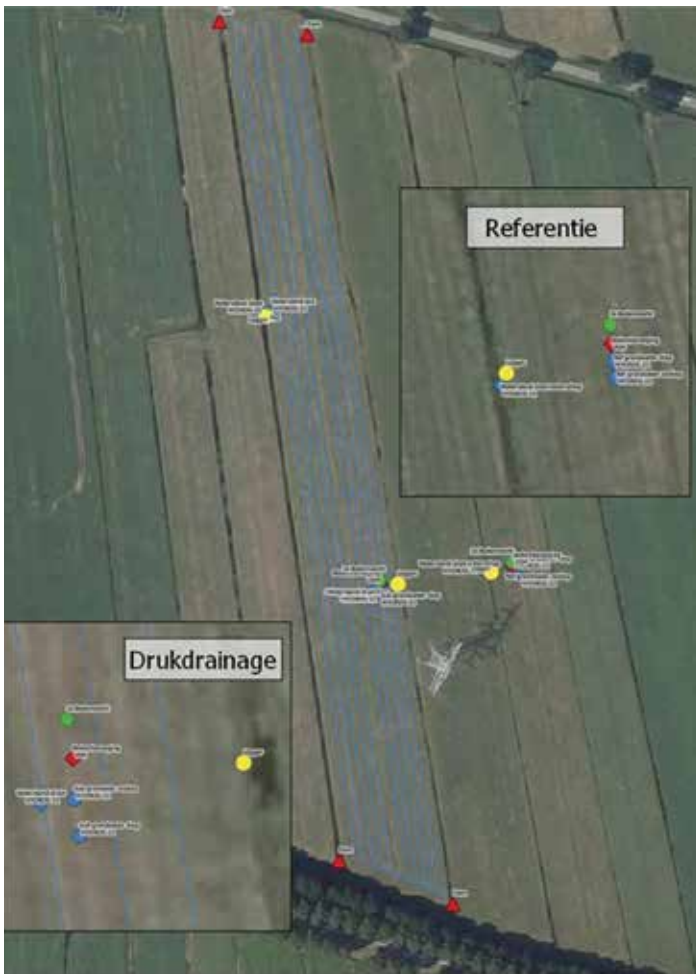


Drukdrainage – schematische weergave systeem en monitoring proefperceel.

Monitoring

De volgende variabelen zijn onderdeel van de monitoring (zie plaatje en bijlage)

- Slootpeilen en elektrische geleidbaarheid (EC) en temperatuur van slootwater; NAP-peilschalen via WSRL;
- Freatische grondwaterstanden en stijghoogte in veen-zandpakket in/nabij zand-ondergrond met EC en temperatuur;
- Bodemvochtgehalten, EC en temperatuur op 20-40-60 cm-m.v.; NB niet gekalibreerd voor organische bodems;
- Waterstand, EC en temperatuur in een drainbuis midden op het perceel;
- Waterstand, EC en temperatuur in de pompput;
- Debieten IN en UIT regelbaar drainagesysteem en debiet IN kavelsloot (proefpercelen);
- Stroomverbruik van de pompsystemen;
- Verticale beweging van het maaiveld met VSM-sensor (Vertical Soil Movement).



Monitoring – weergave van proefperceel en referentieperceel Kees Baan.

We hebben intensief ingezet op meten en op continumetingen via sensoren en telemetrische dataloggers, zodat deelnemers en onderzoekers de toestand buiten steeds goed kunnen volgen. Meetdata zijn in een online portaal beschikbaar gemaakt. De metingen voerden we uit op de proefpercelen (3x) en referentiepercelen (3x). We deden onderzoek en verzamelden veld- en datamateriaal om verschillen/overeenkomsten/effecten te zien en te duiden.

Neerslag (NB gevalideerde radardata) en Makkink referentiegewas-verdamping betrekken we van het KNMI. Een lokale regenmeter hebben we niet geïnstalleerd, vanwege de behoefte aan zeer frequent beheer en onderhoud van zo'n regenmeter. Bodemvocht en bodemtemperatuur, grondwaterstanden, aanvoer, afvoer, wegzijging/kwel (NB meting van verticale verschillen in stijghoogte freatisch grondwater en grondwater in onderliggend watervoerend pakket) alsmede slootpeilen hebben we ter plekke gemeten met sensoren (incl. elektrische geleidbaarheid) en debietmeters

Online EC- en temperatuursensoren voor de waterkwaliteit hebben we ingezet om continu informatie te hebben over de actuele situatie, dag en nacht, in de veenweidesloot (waterpeil, temperatuur, EC). Aangezien niet elke meetlocatie in de praktijk rondom de sensor goed doorstroomd en met vers water voorzien werd, zijn deze metingen en dan met name de EC-metingen minder goed bruikbaar gebleken dan van tevoren gedacht.

De actuele ligging van het maaiveld en de bodemhoogte bepalen we via AHN-3 (Actueel Hoogtebestand Nederland; <https://www.ahn.nl/>) en lokale controlemetingen. KTC Zegveld meet incidenteel de hoogte van een aantal plekken op de percelen, al dan niet met speciale

meetapparatuur (waterpassing; RTK GPS; zie Bijlage 9). We verwachten niet dat we binnen een drietal jaren een volledig kwantitatieve analyse kunnen doen van het effect van de proeven op de bodembeweging, maar willen wel goede basisinformatie hieromtrent verzamelen. Daarom hebben we eerder in 2020 de samenwerking gezocht met de TU Delft (Floris Heuff; nu RWS) en momenteel met Deltares (Gilles Erkens en Sanneke van Asselen; Van Deijl et al., 2022).

Aanpassingen en waarnemingen in 2023

- * Op 02-03-2023 is de defecte modemlogger bij de pompput op het proefperceel van Kees Baan vervangen voor een nieuw exemplaar.
- * Op 09-06-2023 is de vlotter van Kees Baan gereset. Het lijkt erop dat het tijdrelais van de vlotter na lange tijd niet in- en uitgeschakeld te zijn kunnen blijven hangen. Dit kan worden verholpen door de stroom van het tijdrelais kort uit te schakelen.
- * Er is een reparatie uitgevoerd aan de uitstroomleiding bij Kees Baan op 21-11-2023. Hierdoor is waarschijnlijk een deel van het uitvoerdebiet in de periode ervoor niet gemeten.
- * Op 21-11-2023 is de uitstroomdebietmeter bij Kees Baan ontstopt. Naast slootvuil zat er ook een levende rode rivierkreeft in.

Analyse van gegevens oktober t/m december 2023

Gegevens van vanaf januari 2021 tot en met oktober 2022 zijn verwerkt en geanalyseerd in de voorgaande tussenrapportage (versie december 2022). We hebben voor deze eindrapportage de data verwerkt tot en met december 2023.

We hebben de nieuw-verzamelde informatie en gegevens qua verwerking als volgt gestructureerd:

Werken de systemen naar behoren?

- Wat is het effect op gerealiseerde slootpeilen naast proefpercelen?
- Idem op hydrologie proefpercelen? Verschil met referentiepercelen?
- Hoeveel water was er nodig voor de proeven?
- Hoe reageerde de verticale positie van het maaiveld?
- Hoe ging het met de sturing van de systemen en beoogde doelen?
- Wat zijn de bevindingen na drie jaar?

In deze sectie van resultaten worden na de meteorologie de volgende elementen behandeld:

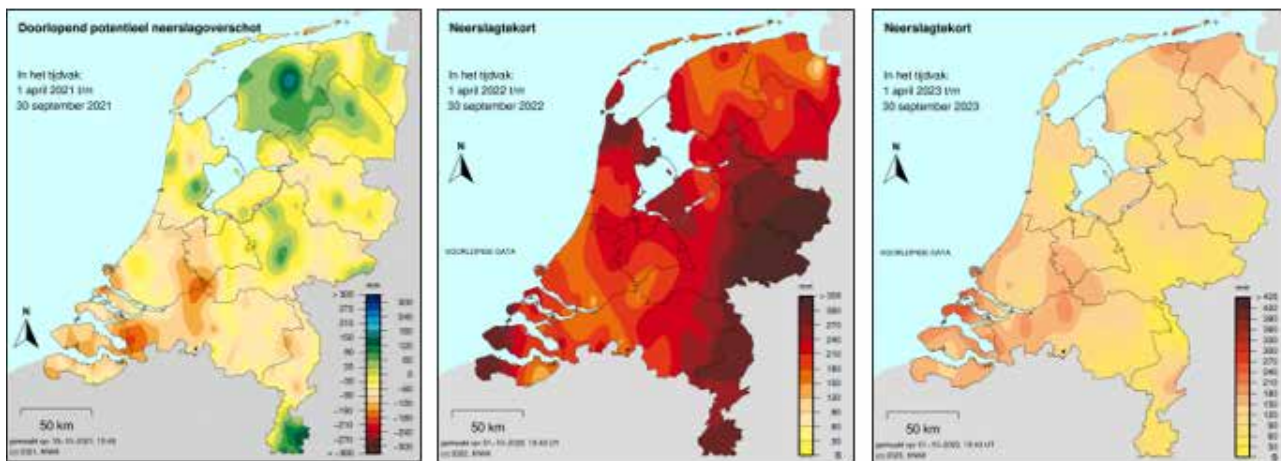
1. Polderwatergang waterschap - waterpeilen
2. Hoogwatersloten rondom proefpercelen - idem
3. Regelbare drainage met subirrigatie - functioneren
4. Bodemvochtgehalten
5. Grondwaterstanden
6. Verticale bodembeweging aan maaiveld

Neerslag en Makking referentiegewas-verdamping KNMI

Voor de neerslag en verdamping (referentiegewas-verdamping volgens Makkink; ET ref MAK) vallen we terug op metingen van en door het KNMI. Voor de neerslagmetingen hebben we gebruik gemaakt van dubbel-gevalideerde radargegevens (vlakken van 1x1 km²), specifiek voor de percelen in de regio. Voor de genoemde verdamping nemen we de gegevens over van KNMI-station Herwijnen.

We presenteren en gebruiken de KNMI-cijfers, zonder rekening te houden met reductie van de gewasverdamping door droogte en/of hitte. In figuur 4 is het zogenaamde potentieel neerslagtekort als som (cumulatief, doorlopend) te zien voor Nederland in de periode 1 april t/m 30 september van de jaren 2021, 2022 en 2023. Hierbij wordt de cumulatieve neerslag

verminderd met de cumulatieve referentiegewas-verdamping volgens Makkink (ETref). Deze ETref MAK kan omgerekend worden naar potentiële verdamping van gewassen, zoals gras. De werkelijke verdamping van gewassen hangt o.a. af van de vochttoestand in de bodem en van de luchttemperatuur en globale (zonne-)straling. Als het potentieel neerslagtekort groter wordt, dan is de kans groter dat de werkelijke verdamping van gewassen lager is dan de potentiële verdamping. Er treedt dan verdampingsreductie op, met als gevolg een lagere droge-stof productie. Dit laatste zou soms wel het geval kunnen zijn in de praktijk, met name in 2022. Uit de seizoensom voor 2022 (april t/m september) blijkt dat in de projectregio het potentieel neerslagtekort varieerde van 120-180 mm.



Figuur 4: Potentieel neerslagtekort in periode 1-4-2021 t/m 30-9-2021 (links), 1-4-2022 t/m 30-9-2022 (midden) en 1-4-2023 t/m 30-9-2023 (rechts). Data en kaarten: KNMI.

We hebben de KNMI-cijfers van neerslag en verdamping toegepast in de berekening van de waterbalans (zie verderop in dit hoofdstuk) en bij de beschouwing over de droge-stof productie van grasland. In Tabel 2 is te zien dat de ETref MAK gegevens weinig verschillen tussen de drie locaties. Deze verdamping varieert eerst op grotere ruimtelijke schaal binnen Nederland. De neerslag kan wel verschillen te zien geven, wegens lokale buien die al dan niet de locaties treffen.

Tabel 2: Jaar- en maandsommen neerslag (P) en referentiegewas-verdamping [mm] volgens Makkink (ETref) en neerslagoverschot-tekort (P-ETref) voor de drie proeflocaties. Periode januari 2021 t/m december 2023. Brongegevens van KNMI (dagsommen; gevalideerde regenradar en ETref MAK-kaarten; ruimtelijke resolutie 1x1 km²).

2021	825	-603	222	2021	844	-601	243	2021	853	-604	249
2022	817	-695	122	2022	797	-692	105	2022	833	-695	138
2023	1115	-660	456	2023	1134	-656	477	2023	1119	-660	458
Verhoef				Heikoop				Baan			
maand	P	ET ref	P-ET ref	maand	P	ET ref	P-ET ref	maand	P	ET ref	P-ET ref
1	98	-9	89	1	98	-9	88	1	105	-9	96
2	45	-22	24	2	48	-22	26	2	45	-22	23
3	34	-40	-6	3	39	-40	-1	3	31	-41	-10
4	46	-63	-17	4	39	-62	-24	4	43	-63	-20
5	97	-80	17	5	106	-79	27	5	102	-80	22
6	70	-110	-40	6	66	-110	-45	6	74	-109	-36
7	71	-91	-20	7	85	-91	-6	7	86	-91	-6
8	58	-78	-21	8	82	-78	5	8	61	-78	-17
9	25	-62	-38	9	26	-62	-36	9	31	-63	-32
10	146	-29	117	10	130	-29	100	10	140	-29	111
11	81	-12	69	11	72	-12	60	11	82	-12	69
12	54	-6	48	12	54	-6	48	12	55	-6	49
1	50	-8	43	1	56	-8	49	1	52	-8	44
2	135	-20	115	2	143	-19	124	2	141	-20	122
3	7	-55	-48	3	8	-55	-47	3	5	-55	-50
4	26	-68	-42	4	28	-68	-39	4	25	-68	-43
5	75	-86	-12	5	75	-86	-10	5	74	-87	-12
6	118	-114	4	6	120	-114	6	6	117	-114	2
7	4	-118	-114	7	3	-118	-115	7	3	-118	-115
8	16	-107	-91	8	12	-107	-95	8	25	-107	-82
9	163	-60	103	9	134	-60	73	9	167	-60	107
10	37	-35	2	10	34	-35	-0	10	33	-35	-2
11	90	-16	74	11	88	-16	72	11	92	-16	76
12	96	-7	88	12	94	-7	87	12	98	-7	91
1	143	-10	133	1	146	-10	136	1	153	-10	144
2	11	-18	-7	2	22	-18	4	2	11	-18	-7
3	115	-35	81	3	112	-35	77	3	113	-35	78
4	62	-61	1	4	62	-61	2	4	59	-61	-2
5	45	-100	-55	5	37	-100	-63	5	43	-100	-58
6	24	-133	-109	6	21	-133	-112	6	26	-133	-107
7	98	-100	-2	7	108	-99	9	7	103	-101	2
8	89	-86	3	8	102	-85	18	8	92	-86	6
9	47	-67	-20	9	43	-67	-24	9	48	-67	-19
10	205	-30	175	10	200	-30	170	10	193	-31	163
11	150	-12	137	11	153	-12	140	11	146	-12	133
12	126	-7	119	12	127	-7	120	12	131	-7	124

Gewassen en zo ook gras kan minder water gaan verdampen dan optimaal of maximaal als het gras last heeft van stress. Deze stress kan o.a. veroorzaakt worden door:

- Te hoge luchttemperatuur (te heet, hitte);
- Te weinig vocht in de wortelzone (te droge bodem, droogte);
- Te veel vocht in de wortelzone (te natte bodem).

We gaan ervan uit dat er voor het gras geen gebrek is aan nutriënten.

In de periode maart t/m september is de ETref MAK veelal aan de hogere kant. Deze

maanden bepalen grofweg het groeiseizoen van het gras (soms t/m oktober). In Tabel 3 zijn de periodesommen van deze verdamping, die ongeveer gelijk is aan de potentiële verdamping van gras (zonder stressfactoren zoals te weinig vocht, te weinig zuurstof, teveel hitte), en het neerslagtekort te zien. De verdampingsom en som van het neerslagtekort zijn samen maten voor de werkelijke verdamping van het grasland, en daarmee voor de droge-stof productie (zie ook Paragraaf 4.8; data KTC Zegveld 2021, 2022, 2023). In de tabel is goed te zien dat op seizoenbasis het neerslagtekort in 2022 duidelijk groter was dan in 2021 en 2023. In 2023 was het in april t/m juni duidelijk droger dan in 2021 en in juli t/m september duidelijk natter dan in 2021.

Tabel 3: Sommen neerslag (P) en referentiegewas-verdamping [mm] volgens Makkink (ETref) en neerslagtekort (P-ETref) voor de drie proeflocaties voor de maanden maart t/m september voor 2021 t/m 2023. Brongegevens van KNMI (dagsommen; gevalideerde regenradar en ETref MAK-kaarten; ruimtelijke resolutie 1x1 km²).

Verhoef				Heikoop				Baan			
mrt-sep	P	ET ref	P-ET ref	mrt-sep	P	ET ref	P-ET ref	mrt-sep	P	ET ref	P-ET ref
2021	401	-525	-124	2021	442	-523	-80	2021	427	-526	-99
2022	410	-610	-200	2022	381	-607	-226	2022	417	-610	-193
2023	480	-582	-102	2023	486	-580	-94	2023	484	-583	-98

Een

neerslagtekort in de genoemde periode kan opgevangen worden door de nalevering van bodemvocht en capillaire opstijging uit de (klei-op) veenbodem. Dan gaat de grondwaterstand op de percelen zakken en/of de werkelijke verdamping gaat dalen ten opzichte van ETref MAK (reductie van verdamping). De wateraanvoer via de drukdrainage kan de daling van de grondwaterstand en daarmee de reductie van de ETref MAK verdamping beperken.

Werking van de systemen

In de aangelegde systemen wordt water vanuit de afgedamde waterschaps-waterlopen in de hoogwatersloten gepompt bij Heikoop en Baan. Bij Verhoef vindt dit plaats onder vrij verval vanuit de noordelijk gelegen eendenkooi. Vervolgens wordt water vanuit de hoogwatersloten in de sub-irrigatiesystemen gepompt, als de vlottersystemen dit aangeven (aanslagpeil). We streven op de proefpercelen een grondwaterstand na van net onder het kleidek, dan wel van 20 cm-m.v. à la de Hoogwaterboerderij te Zegveld (<https://www.ktczegveld.nl/hoogwaterboerderij/>). In de loop van het project is na afstemming veelal erop gestuurd dat de grondwaterstand tot net bij de onderkant van aanwezige greppel(s) reikte; iets lager dus dan aanvankelijk het streven was.

Hoogwatersloten

In het voorjaar van 2022 zijn er nieuwe vlotters geplaatst om de slootpeilen beter (i.c. strakker) te kunnen sturen. De nieuwe vlotters zorgden bij Baan en Verhoef voor een strakker slootpeil met een schommeling van minder dan 1 cm. Korte pieken in de hoogwatersloot worden veroorzaakt door intensieve neerslag/regenbuien. Het slootpeil is gemiddeld ongeveer 20 cm hoger dan het polderpeil t.o.v. gemiddeld maaiveld. Bij Heikoop bleken de schommelingen met de nieuwe vlotter iets groter dan bij Baan en Verhoef, maar kleiner dan met de oude vlotter. Wellicht is het tijdelais (pomp aan, pomp uit) hiervan de oorzaak.

In figuur 5 zijn de waterpeilen van de kavelsloten te zien voor 2021, 2022 en 2023 en vergeleken met de waterpeilen in de polderwatergangen ter plaatse (oranje lijnen voor referentieperceel, blauw voor proefperceel 'sub irr'). WSRL hanteert hogere slootpeilen in de zomer (+10 cm) dan in de winter, maar neigt steeds meer naar gelijke, jaarrond identieke slootpeilen ('streefpeilen').

De waterpeilen bij Baan laten een duidelijk hoger slootpeil zien dan in de poldersloot (+10 à +20 cm). In het voorjaar van 2022 komt de poldersloot twee keer kort boven het streefpeil door hevige neerslag; vervolgens wordt het slootpeil 's zomers constant hoger gehouden. Bij Baan is in 2022 het verhoogde slootpeil ongeveer 25 tot 30 cm-m.v. In augustus 2022 is het tijdelijk lager geweest. In 2023 is in juni het slootpeil minder verhoogd geweest (+10 à +15 cm) dan het polderpeil.

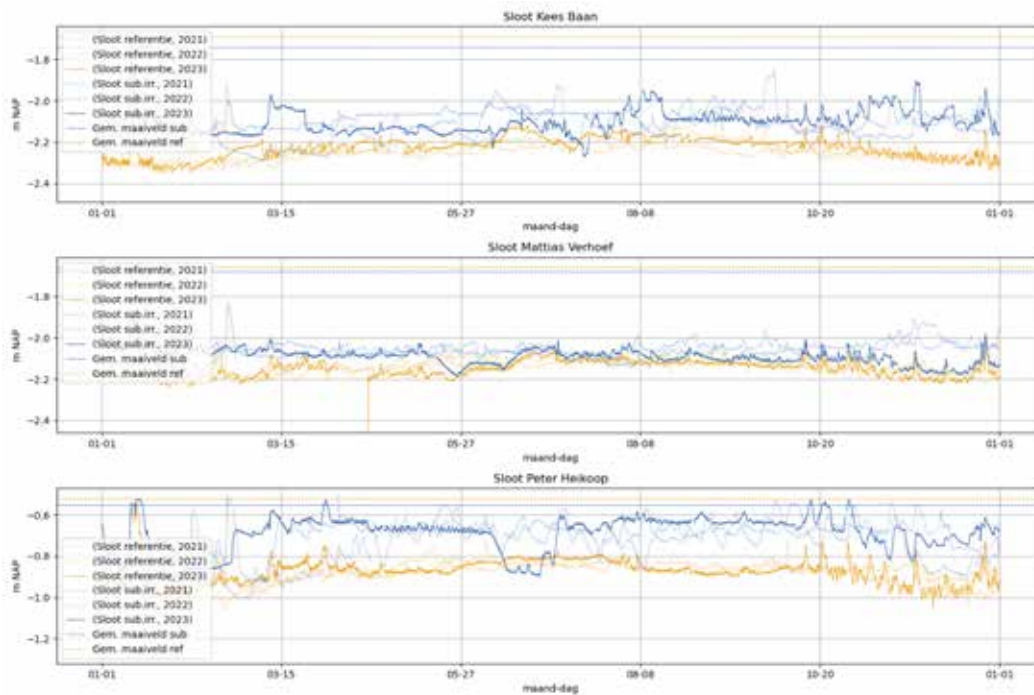
Gedurende een paar dagen in juni was het lager dan het polderpeil. De pomp die de kavelsloot moet vullen heeft tijdelijk minder gewerkt door vervuiling/verstopping.

De slootpeilen bij Verhoef laten een duidelijk hoger peil zien in het najaar van 2021 en het voorjaar 2022, daarna stijgt het polderpeil (eind mei 2022) en blijft het hoogwaterpeil in de sloten rondom het proefperceel schommelen rondom het polderpeil. Het verschil tussen polderpeil en dat in de hoogwatersloot neemt af, tot half augustus 2022, dan is het peil weer hoger dan in de polder (+10 cm). Ook hier zijn de twee neerslag-gebeurtenissen te zien in het voorjaar van 2022; het polderpeil komt dan twee keer boven het streefpeil. Het slootpeil is gemiddeld 5 cm hoger dan het polderpeil t.o.v. gemiddeld maaiveld. Bij Verhoef is in 2022 het verhoogde slootpeil ongeveer 35 cm-m.v. In 2023 zijn de verhoogde slootpeilen tot mei vergelijkbaar met de eerdere jaren. In mei 2023 is verhoging geringer (+10 à +15 cm), om na mei verder te dalen tot +5 à +10 cm. Er was in die tijd minder wateraanvoer vanuit de eendenkooi beschikbaar om de kavelsloot aan te vullen en hogere slootpeilen te realiseren.

De slootpeilen bij Heikoop rondom het proefperceel zijn in het najaar van 2021 hoger (+20 tot +30 cm) dan het polderpeil. In het voorjaar van 2022 zakt het waterpeil van de hoogwatersloot tot bijna polderpeil. In maart 2022 is het peil van de hoogwatersloot weer gestegen en blijft dit meestal hoger, op een aantal momenten na (begin juni en begin augustus 2022). De nieuwe vlotter zorgt voor minder variatie (<5 cm) in het peil vanaf voorjaar 2022. Bij Heikoop is in 2022 het verhoogde slootpeil ongeveer 20 cm-m.v., maar ook soms aan maaiveld (september 2022). De slootpeilen zijn onderling gezien hier het meest verhoogd geweest, ook in 2023. Uitzondering is een periode in juni 2023, toen de pomp die de kavelsloot had moeten vullen tijdelijk minder gewerkt heeft door vervuiling/verstopping. De slootpeilverhoging is daarna weer gerealiseerd.

Samengevat:

- De wateraanvoer naar de afgedamde kavelsloten zorgde binnen de groeiseizoenen voor hogere slootpeilen bij alle agrariërs; uitzonderingen daargelaten, door tijdelijke verstoppingen van pompen;
- De wateraanvoer vanuit de eendenkooi bij Verhoef liet in de droge maanden van 2023 te wensen over: voldoende waterbeschikbaarheid van de polder naar de proefpercelen en systemen is van groot belang;
- Slootpeilen in de polder pieken bij veel neerslag/zware buien, daardoor pieken ook de slootpeilen rondom de proefsloten, omdat deze dan niet kunnen afwateren. De daling van de piek in de slootpeilen van de proefpercelen is even snel als de daling van het polderpeil;
- Nieuwe vlotters zorgden voor een meer constant (voldoende) en hoger (hoog)waterpeil vanaf voorjaar 2022.



Figuur 5: Waterpeilen [m t.o.v. NAP] sloot proefpercelen (sloot sub.irri.; in blauw) en sloot referentieperceel (in oranje) in 2021, 2022 en 2023 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Gemiddelde maaiveldhoogte staat bovenin de drie grafieken als doorgetrokken lijn (sub=proefperceel).

Drainage en subirrigatie

De werking van het drainagesysteem kan worden gecontroleerd door het waterpeil in de pompput te vergelijken met de waterstand (waterdruk) in een ondergrondse drainagebuis verderop in het veld. Als de waterstand in de drain nagenoeg gelijk is aan die van de pompput, dan correspondeert de waterstand in pompput (in voldoende mate) met die in de drainagebuis. Dit is dan een teken dat de opgelegde en gewenste waterstand in het ondergrondse buizensysteem correct is.

Bij waterafvoer van het systeem (drainage-situatie) zal de grondwaterstand hoger zijn dan de waterstand in de put. Verhoef heeft geen pomp UIT en zal kunnen draineren via de bocht die aangesloten is op de put. Afvoer kan dan plaatsvinden als het slootpeil lager is dan de grondwaterstand op het perceel en daarmee de waterstand in de put hoger is dan het slootpeil.

Vanuit de hoogwatersloot van de proefpercelen kan via een pomp op zonne-energie water in de pompput worden gepompt (wateraanvoer-situatie). De instelling van de vlotter bepaalt dit welke waterstand in de put dit leidt. Vervolgens kan het water via het drainagesysteem in de (klei-op) veenbodem infiltreren. Op alle locaties laten sensoren in de pompput en in de drain hetzelfde verloop zien van de waterstand, met veelal een constante afwijking van een paar cm's. Dit betekent dat de drain in goede verbinding staat met de put. Bij Baan, Verhoef en Heikoop zit er maximaal enkele centimeters verschil in de gemeten waterstanden in de pompput en de drain. De systemen werken dus naar behoren en de waterstand in de pompputten is een goede maat voor de waterstand in de drainagesystemen. Vanuit de drainagebuizen kunnen de grondwaterstanden op het gewenste niveau gebracht en gehouden worden, zo bleek reeds in 2021 en 2022.

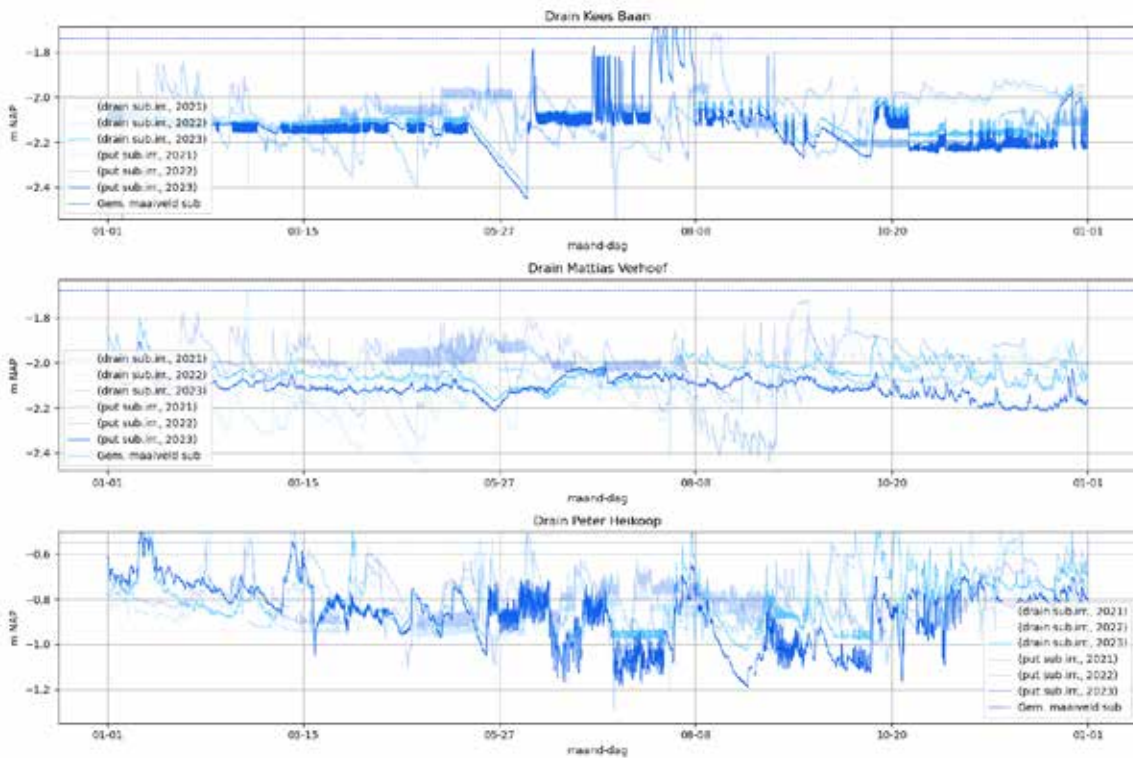
Bij Baan in 2023 is te zien dat tot en met het voorjaar de waterstand in de put constant een paar cm's lager is dan in de drain (pomp IN stond uit), waarbij de gemeten waarden elkaar goed volgen in de tijd. Een kleine en constante afwijking duidt op een referentie-verschil in de verticale positie van de druksensoren. Nadat de grondwaterstand is gezakt is het systeem in juni aangezet

en kon via de vlotter de pomp IN worden aangestuurd. Het systeem is gevuld (waterstand put boven waterstand drain), waarna de beide waterstanden elkaar weer goed volgen. In de loop van juli 2023 valt er veel neerslag. Grondwaterstanden reiken dan tot aan/boven maaiveld en zijn hoger dan de waterstand in de put (afvoer/drainage). Na een tijd met wat minder neerslag volgt een vergelijkbaar patroon zoals in het voorjaar, met af en toe respons van grondwaterstanden op neerslag. In augustus 2023 wordt nog water aangevoerd via pomp IN, vanaf september veel minder tot nul. Pomp UIT wordt gebruikt in delen van augustus en in november/december. Vanaf eind oktober 2023 is de vlotter in de put verlaagd, waarna een natte periode volgt met waterstanden in de drain hoger dan in de put.

Bij Verhoef in 2023 zijn beide patronen van de waterstand in de put en in de drain in de tijd goed vergelijkbaar en gelijkmatiger dan bij Baan en Heikoop. De tijdsverlopen vertonen minder dynamiek dan bij Baan en Heikoop. De berging van water in het proefperceel blijft in 2023 vrij constant, als combinatie van bodemvochtgehalten en freatische grondwaterstand. In de maanden t/m mei 2023 is de drainwaterstand consequent ongeveer 5 cm hoger dan de waterstand in de put. Er is t/m april 2023 sprake van een neerslagoverschot en er is weinig wateraanvoer naar de drainagesystemen. Eind mei wordt het droger en in juni 2023 staat de waterstand in de put een paar cm's boven die in de drain. Er vindt wateraanvoer naar de drainage plaats, in geringe mate meer dan in april 2023, omdat de aanvoer via de eendenkooi gering is. In juli komt de regenval op gang en staat de waterstand in de drain weer hoger dan in de put, ongeveer 10 cm. Dit blijft het geval tot einde jaar.

Wanneer we de tijdlijn van de waterstand in de put bij Verhoef volgen en vergelijken met het slootpeil naast het proefperceel, dan zien we veel overeenkomsten in niveau en dynamiek. Het lijkt erop dat er interactie is tussen de sloot en de put. Het kan zijn dat er eind 2022/begin 2023 in de loop van de tijd een lekkage bij Verhoef bij de aansluiting van de afvoerbocht (90°) uit de put kan zijn ontstaan, onderin in het water. De uitstroomopening van de bocht stak boven het slootpeil uit. Een lekkage bij de afvoerbocht kan de verschillen van de waterstanden in de put en de drain tussen Verhoef aan de ene kant en Baan en Heikoop aan de andere kant verklaren. De omstandigheden qua weer (neerslag en verdamping) waren overal vergelijkbaar. Het proces van wateraanvoer naar de drainagebuizen bij Verhoef is dan mogelijk een mengvorm geworden van actief (drukdrainage, AWIS) en passief (PWIS), want er is ook een debiet gemeten van pomp IN bij Verhoef. De werking van het systeem blijft overigens goed, de drainagebuizen staan in correcte verbinding met de pompput.

Bij het proefperceel bij Heikoop in 2023 zien we veel dynamiek in de tijd in de waterstand van de pompput en de drain. Het verschil in de waterstand in de pompput en in de drain is veelal ongeveer 10 cm (in begin van 2023 iets minder), de tijdverlopen volgen elkaar goed en verschillen zijn te verklaren via het weer (met name de regenbuien) en pomp IN (aanvoer) en pomp UIT (drainage). Bij regenval kan de waterstand in de drain tijdelijk hoger zijn dan in de pompput. In maart en april daalt de waterstand in de pompput herhaaldelijk, de pomp UIT gaat in deze twee maanden aan. Bij wateraanvoer naar de drains volgen de beide waterstanden elkaar goed, het systeem reageert en werkt. De regenval in juli 2023 wordt (groten)deels vastgehouden op het perceel. De grondwaterstanden stijgen. Pomp UIT staat niet aan in mei-juni-juli. In augustus gaat deze pomp wel aan, en de pomp IN staat uit. Daardoor zakt de waterstand in de pompput (-1,2 m+NAP) en in de drain (-1,0 m+NAP). Het verschil in waterstand neemt toe in de tijd in deze maand tot bijna 20 cm (drainage via pomp UIT). In september is het verschil in waterstand tussen pompput en drain weer ongeveer 10 cm, er is water aangevoerd via pomp IN. In de resterende maanden volgen de gemeten waterstanden elkaar goed. Het verschil blijft ongeveer 10 cm. We kunnen stellen dat het systeem naar verwachting werkt en reageert. Het lijkt erop dat de referentiehoogte van de druksensoren in de put en in de drain (m+NAP) ongeveer 10 cm kan verschillen. Als een correctie hiervoor zou worden doorgevoerd, dan liggen de metingen ongeveer op elkaar (m+NAP) in een stabiele situatie en dan is er sprake van een plausibel verhang tussen pompput en drain bij drainage en subirrigatie.



Figuur 6: Waterstanden [m t.o.v. NAP] in pompputten (donkerblauw) en in drainagesysteem (lichtblauw) verderop in het veld van proefpercelen in 2021, 2022 en 2023 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Gemiddelde maaiveldhoogte staat bovenin de drie grafieken als doorgetrokken lijn (sub=proefperceel).

Resultaten

Effect op grondwaterstand, kwel/wegzijing en bodemvochtgehalte

De hoogwatersloten en wateraanvoer door subirrigatie naar de bodem zorgen voor nattere condities op alle locaties. Hieronder is eerst het effect op de freatische grondwaterstand beschreven. Daarna bespreken we het effect op het verschil tussen freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de Holocene deklaag. Dit verschil is de verticale gradiënt in de grondwaterstand die de wegzijing naar dan wel kwel vanuit de deklaag bepaalt. Wegzijing treedt op als de freatische grondwaterstand (in m+NAP) op een perceel hoger is dan de stijghoogte (in m+NAP) in/onder de deklaag. Kwel treedt op als deze stijghoogte (in m+NAP) hoger is dan de freatische grondwaterstand (in m+NAP). Tenslotte bespreken we het effect van de wateraanvoer op het bodemvochtgehalte.

Freatische grondwaterstand

De gemeten freatische grondwaterstanden op de proef- en referentiepercelen staan weergegeven in figuur 7 en 8. voor Baan (boven), Verhoef (midden) en Heikoop (beneden). De donker gekleurde lijnen tonen de metingen van 2023, de lichtere die van 2022 en 2021; in blauw staan de metingen van de proefpercelen, in oranje die van de referentiepercelen.

Bij Verhoef hebben we te maken gehad met een defecte sensor vanaf medio augustus 2021 en in de eerste helft van 2022 in het proefperceel. Bij Heikoop was dit ook het geval van medio oktober 2021 tot februari 2022 en vanaf april 2022. Dit betrof in alle gevallen fabrieksfouten, die in het begin niet opvielen, omdat de sensoren goed leken te meten: de waarnemingen daalden in de tijd. Daardoor kwamen we er pas later achter dat de sensoren niet goed werkten, op een moment dat ze echt uitvielen (data niet getoond). De defecte sensoren zijn alle vervangen.

Het sub-irrigatie perceel van Baan laat in het najaar van 2021 (oktober) tot voorjaar van 2022 ongeveer een gelijke grondwaterstand t.o.v. maaiveld zien als het referentieperceel. Vanaf maart 2022 loopt de grondwaterstand op bij het sub-irrigatie perceel; deze stijging is eerder in het voorjaar vergeleken met die in 2021. Destijds liep de grondwaterstand in het referentieperceel door regenval pas op na april 2021. Vervolgens komt op het referentieperceel de grondwaterstand in april 2022 weer gelijk met de grondwaterstand van het sub-irrigatie perceel door gevallen neerslag. Vervolgens zakt de grondwaterstand weg in het referentieperceel in de maanden april en mei 2022. In deze maanden blijft de grondwaterstand hoog bij het sub-irrigatie perceel. De grondwaterstand bij subirrigatie is was tot 40 cm hoger in juli 2022, vergeleken met de grondwaterstand op het referentieperceel. In de zomer van 2022 is de grondwaterstand op het proefperceel 20 cm-m.v., op het referentieperceel 40 tot >60 cm-m.v. Door de regenval in september 2022 komen ook de grondwaterstanden op het referentieperceel weer omhoog.

De metingen bij Baan laten zien dat de grondwaterstanden op het proefperceel in natte perioden vrijwel gelijk kunnen zijn aan die op het referentieperceel, dat op dat moment van boven door de neerslag is gevoed. De waargenomen gang in de grondwaterstand is dan identiek. Als het qua weer droger wordt, dan zijn de grondwaterstanden op het proefperceel duidelijk hoger en meer stabiel hoog, als gevolg van de subirrigatie en hogere slootpeilen. Tijdens en direct na buien wordt ook de grondwaterstand op het referentieperceel weer hoog, maar deze zakt daarna sneller en verder dieper weg. De proef creëert dus verschil in gemeten freatische grondwaterstanden. In 2021 waren de verschillen kleiner omdat dat een doorgaans natter jaar was en er minder water voor subirrigatie hoefde te worden toegepast. In 2022 waren vooral de neerslaghoeveelheden in de maanden juni en september reden ervoor dat de grondwaterstand op het referentieperceel steeg, terwijl die op het proefperceel al hoog/hoger was door de subirrigatie.

Bij Baan in 2023 zien we dat de freatische grondwaterstanden tot en met mei 2023 op het referentieperceel gelijk of 5 à 10 cm hoger zijn dan op het proefperceel. Op het referentieperceel komen ze in die periode ook boven het (gemiddelde) maaiveld uit, op het proefperceel niet. Met name tijdens natte perioden in januari en maart 2023 is het referentieperceel natter. Hetzelfde geldt in oktober t/m december 2023. Pomp UIT op het proefperceel stond aan in de maanden januari t/m mei 2023. De drainerende werking van de systemen op het proefperceel, die gepaard gaan met een kleinere opbolling tussen twee drains (vlakke grondwaterspiegel), leidt tot deze waarnemingen.

Als eind mei de grondwaterstanden gedaald zijn door het neerslagtekort, dan gaat de pomp IN aan op het proefperceel. Het startmoment van de pomp had eerder gekund rond eind april 2023. Dan was de daling te voorkomen geweest. Waarschijnlijk zijn er redenen van gras- en perceel-management geweest (maaien en bemesten) voor het startmoment. Daarna stijgen de grondwaterstanden, op het referentieperceel daalt de grondwaterstand verder. Het verschil wordt 30 tot 50 cm, met hogere grondwaterstanden als gevolg van subirrigatie. Medio-eind juli is er regenval en stijgen de grondwaterstanden, tot boven maaiveld op het proefperceel (geringe berging in bodemprofiel voor regenwater). Het verschil in grondwaterstand is dan 20-30 cm en blijft stabiel tot half oktober. Veel neerslag in de resterende 10 weken van 2023 doet de grondwaterstanden op beide percelen stijgen, tot vlakbij/aan/boven maaiveld. Pomp UIT gaat aan in november en december 2023, hetgeen de grondwaterstand doet verlagen met 10 cm vergeleken met het referentieperceel. Over het gehele jaar bekeken is de grondwaterstand op het proefperceel in 2023 tussen -1,8 en -2,0 m m+NAP, net zoals in 2022 en 2021. In de zomer heeft de toepassing van subirrigatie geleid tot 30 tot 50 cm hogere grondwaterstanden

Bij Verhoef was in 2021 de grondwaterstand bij subirrigatie 20 cm hoger vergeleken met de grondwaterstand op het referentieperceel. In de zomer van 2021 was de grondwaterstand op het proefperceel 20 tot 30 cm-m.v., op het referentieperceel 50 tot 60 cm-m.v. De freatische grondwaterstand is niet geregistreerd op het sub-irrigatie perceel van Verhoef in het najaar 2021 en voorjaar 2022. Dit komt door uitval van verschillende druksensoren door fabrieksfouten in de opeenvolgend vervangende sensoren. Er is een nieuw type sensor geplaatst op de locatie, die minder storingsgevoelig is.

Om toch het verloop van de grondwaterstand te bespreken op het sub-irrigatie perceel kan er worden gekeken naar het waterpeil in de drain (zie ook vorige sectie). In figuur 6 is te zien dat het waterpeil in de drain bijna hetzelfde verloop laat zien als de ondiepe grondwaterstand in 2021, absoluut gezien 10-15 cm lager dan de grondwaterstand. De waterstand in de drain in 2022 laat een vlakke stand zien van ongeveer -2,0 m+NAP, met enige pieken door regenval. Dit betekent dat de freatische grondwaterstand in 2022 veelal hoger zal zijn geweest dan -2 m+NAP, tussen 25 en 35 cm-m.v. Dit is het geval tot augustus 2022, toen daalde de waterstand in de drain, om in september weer te stijgen door de neerslag. De grondwaterstand bij het referentieperceel van Verhoef zakt weg in het voorjaar van 2022 na een piek door neerslag begin april 2022 tot bijna 80 cm-m.v. in medio mei 2022. De neerslag in juni 2022 zorgt voor een verhoging, maar daarna zakt de grondwaterstand weg tot >80 cm-m.v. Medio oktober 2022 is deze ongeveer 60 cm-m.v.

In 2023 bij Verhoef zijn in januari de grondwaterstanden vergelijkbaar (-1,8 à -1,9 m+NAP) op referentie- en proefperceel. In februari is het droog en zakken deze beide uit tot het slootpeil. Met regenval en pomp IN aan in maart stijgen de grondwaterstanden. In april tot medio mei stijgen ze tijdens en na buien en zakken deze op het proefperceel 10 à 20 cm minder diep uit. Van medio mei tot en met juni is het droog en zijn de grondwaterstanden op het proefperceel 40 cm hoger. In de loop van juli is er meer neerslag en stijgen de grondwaterstanden op beide percelen, het proefperceel laat dan 30 cm hogere grondwaterstanden zien. De slootpeilen rond -2,1 m+NAP zijn/markeren de ondergrens van de grondwaterstanden tijdens de natte maanden. Op het proefperceel is dit het geval vanwege de mogelijke lekkage van de afvoerbocht (zie boven). Regenval zorgt voor pieken in de grondwaterstand tot en met medio oktober. Ondertussen

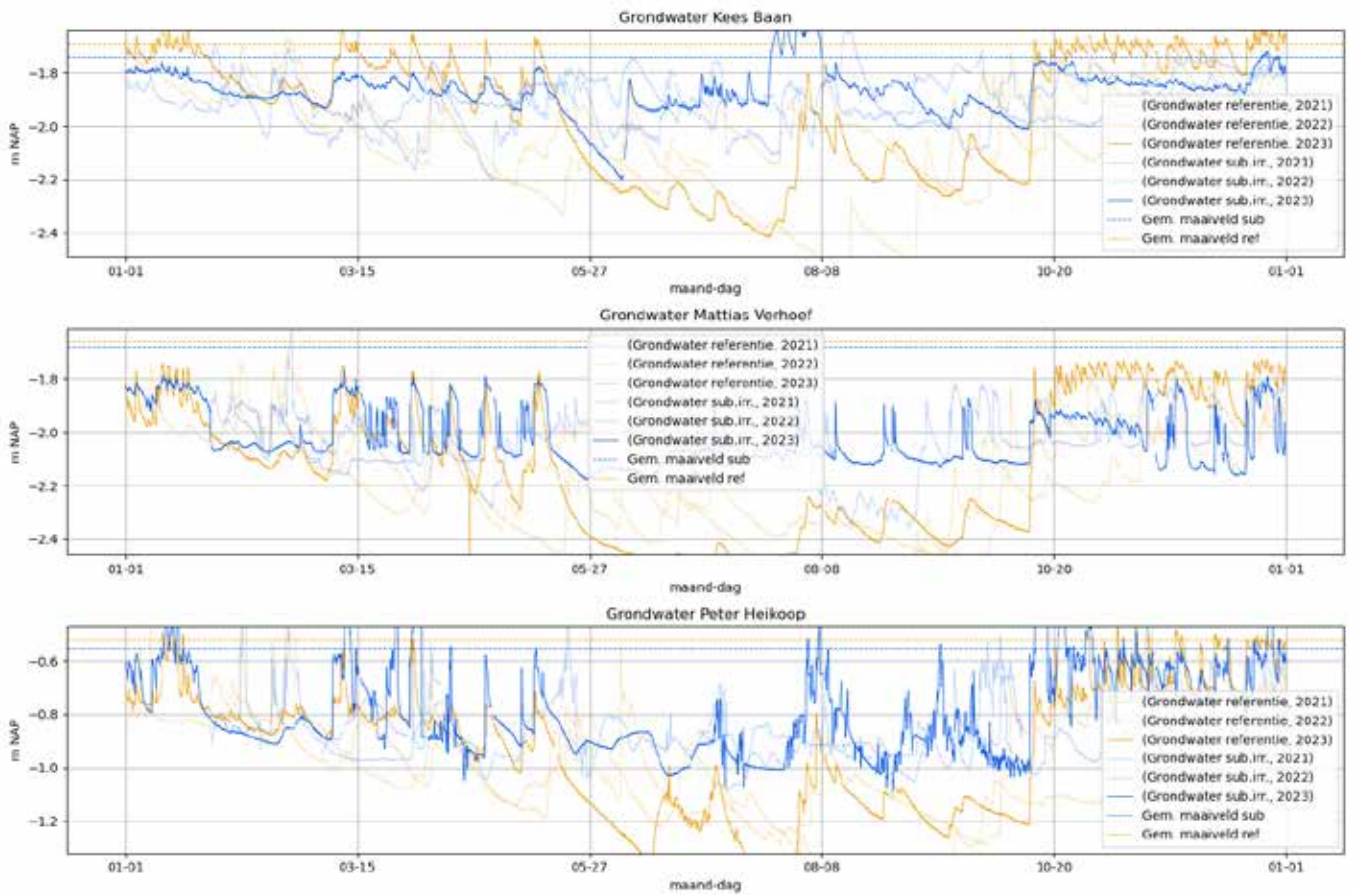
is de berging van water in beide percelen vrijwel volledig gevuld. Het drainagesysteem in het proefperceel zorgt met de lekkende afvoerbocht ervoor dat er meer drainage/afvoer kan plaatsvinden dan voor het referentieperceel. Hierdoor zijn de grondwaterstanden op het proefperceel vanaf medio oktober lager dan op het referentieperceel.

Bij Heikoop zakte in 2021 op het referentieperceel de freatische grondwaterstand weg naar 60-70 cm-m.v. in maart-mei 2021 tot 70-80 cm-m.v. in augustus-september 2021. Op het proefperceel was deze daling 20-30 cm geringer tot juni 2021. Rond augustus-september 2021 was de freatische grondwaterstand 10-30 cm hoger dan op het referentieperceel. Bij Heikoop is de druksensor meerdere keren uitgevallen in het najaar van 2021 en het voorjaar van 2022. Ook hier biedt de wel gemeten waterstand in de drain enige houvast om uitspraken te doen over de grondwaterstand.

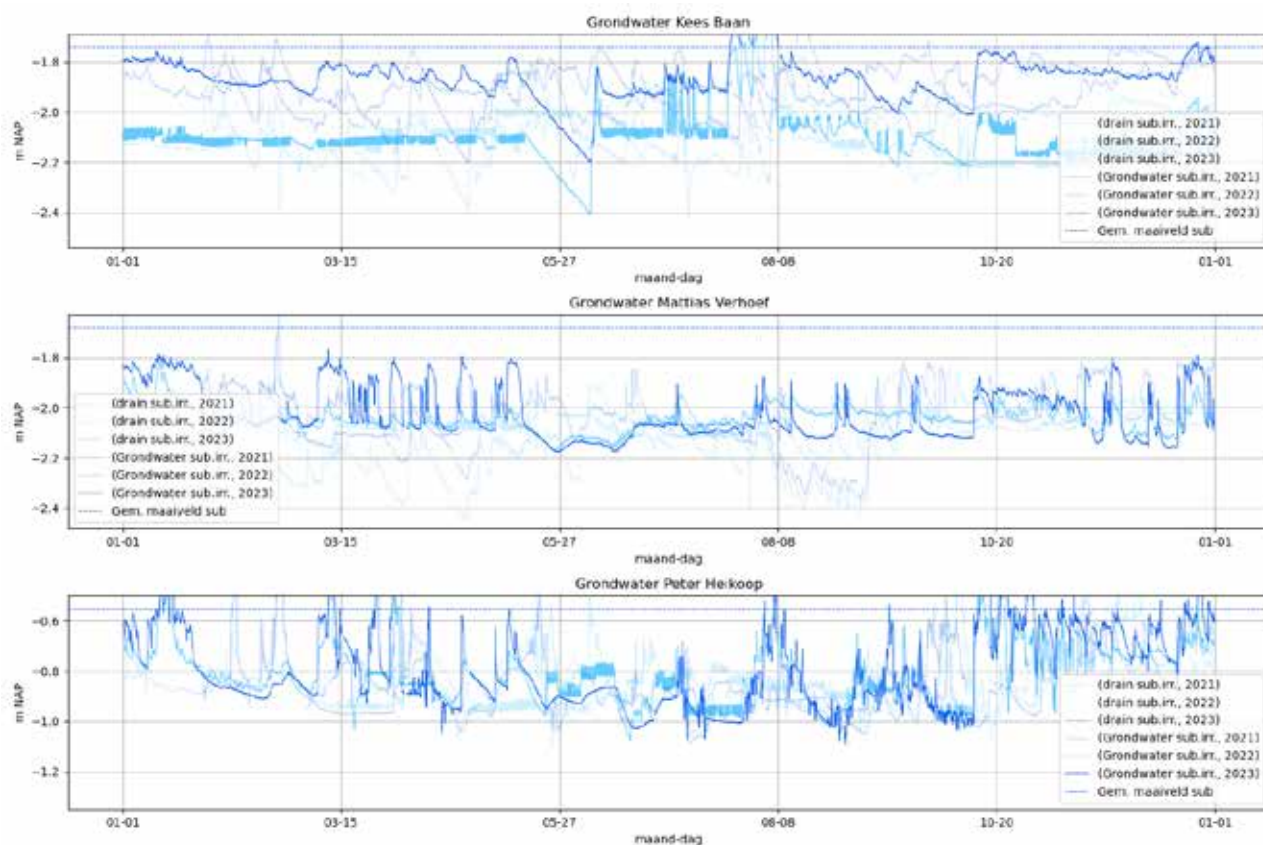
De waterstand in de drain laat zien dat deze in 2021 en in voorjaar 2022 goed overeenkomt met de gemeten grondwaterstand (verschil van 5 cm). Het waterpeil is hoog gehouden vanaf maart 2022 op een niveau van 40 cm-m.v., ongeveer gelijk aan de onderkant van het kleidek op de veraarde veen-tussenlaag. In mei, juni en juli van 2022 is de waterstand herhaaldelijk hoger, met pieken tot aan maaiveld. Dit laatste is nog duidelijker in september/oktober 2022 te zien. De grondwaterstand op het referentieperceel is weggezakt in het voorjaar vanaf april 2022. In deze reeks zijn ook pieken te zien vanwege neerslag in juni 2022, maar de daling bereikt waarden van de grondwaterstand tot >80 cm-m.v. Door de neerslag in september 2022 komt de grondwaterstand omhoog, medio oktober 2022 is deze ongeveer 60 cm-m.v., bij een polderpeil van 30 cm-m.v.

In 2023 bij Heikoop zijn in januari en februari de grondwaterstanden op beide percelen vergelijkbaar. Ze zakken in februari uit door het droge weer. In maart en april zijn de grondwaterstanden op het proefperceel gelijk aan of hoger dan op het referentieperceel en vertonen hogere pieken tot en met medio mei. In maart en april staat de pomp UIT aan. In mei beginnen de grondwaterstanden te dalen. Op het proefperceel zorgt wateraanvoer via pomp IN voor een minder grote daling (verschil van +40 cm) en stabilisatie op -0,9 m+NAP tot -1,0 m+NAP in juli. Het begint dan te regenen, pomp IN gaat uit en in augustus stijgen de grondwaterstanden. Pomp UIT gaat aan. Grondwaterstanden blijven 10 à 20 cm hoger dan op het referentieperceel. In september is het droger weer, pomp IN gaat aan en pomp UIT staat uit. Grondwaterstanden zijn dan op het proefperceel 20 tot 40 cm hoger. Medio oktober stijgen de grondwaterstanden snel en hoog. Op het proefperceel tot boven maaiveld, mede omdat de berging van water in de bodem reeds gevuld was. Ook op het referentieperceel was er stijging te zien, maar minder hoog (eerst berging aanvullen). Later stonden grondwaterstanden bij herhaling tot aan maaiveld. In oktober en november stond pomp UIT aan. Vanaf november zijn de grondwaterstanden op beide percelen vergelijkbaar.

Het weer en de sturing van pomp IN en UIT in 2023 was dynamisch en grillig. In 2021 en 2022 waren de grondwaterstanden op het proefperceel bij Heikoop in het groeiseizoen -0,9 m+NAP en 30 tot >40 cm hoger dan op het referentieperceel. In 2023 waren de getallen vergelijkbaar, in juni en juli tot >40 cm hoger, maar tegen eind juli en augustus en vanaf medio oktober hoger en grilliger door neerslag.



Figuur 7: Freatische grondwaterstanden [m t.o.v. NAP] op proefpercelen (in blauw) en referentiepercelen (oranje) in 2021, 2022 en 2023 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Gemiddelde maaiveldhoogte staat bovenin de drie grafieken als doorgetrokken lijn (sub.irr.=proefperceel).



Figuur 8: Freatische grondwaterstanden [m t.o.v. NAP] (donkerblauw) op proefpercelen (sub. irr.) en waterstanden in de drainbuis (lichtblauw) in 2021, 2022 en 2023 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Gemiddelde maaiveldhoogte staat bovenin de drie grafieken als doorgetrokken lijn.

In figuur 8 staan de freatische grondwaterstanden en de waterstanden in de drain op de drie proefpercelen. Bij Baan in 2023 (ook in 2022 en 2021) is het niveauverschil in (grond)waterstand in een stabiele situatie 20 cm (waterdruk in drain consequent lager). Het verschil wordt groter als het regent (neerslagoverschot). Grondwaterstanden gaan dan omhoog, de waterstand in de drain niet of minder. Het verschil van (minimaal) 20 cm wordt veroorzaakt door de referentiehoogte van de druksensoren in het veld. Die had gelijk moeten zijn (nul cm verschil) maar is dus 20 cm. Dalingen in de tijd zijn in beide gevallen gelijkvormig. Als er wateraanvoer via pomp IN van pompput naar drains plaatsvindt, dan stijgt de waterstand in de drain en stijgt de grondwaterstand, of deze laatste blijft op peil (geen uitzakking). Als het daarbij regent, dan stijgt de grondwaterstand snel en hoog, omdat de berging in de bodem dan reeds gevuld is. Bij afvoer naar de sloot via pomp UIT uit de pompput daalt de waterstand in de put (afhankelijk van instelling vlotter), daalt de waterstand in de drain en daalt de grondwaterstand. Het tempo van deze daling wordt mede bepaald door de drainageweerstand van de klei-op-veen bodem. Deze werkt vertragend op de waterstroming. Als er meer neerslag valt dan de pomp kan afvoeren, dan wordt de grondwaterstand hoger en het verschil met de waterstand in de drain groter.

In september en oktober 2023 stonden beide pompen IN en UIT aan. De afvoerleiding van de pomp UIT was lek en is op 21-11-2023 gerepareerd. Het aangevoerde debiet IN is gemeten, de gemeten afvoer UIT was nul (incorrect). Dit verklaart de daling van de lijnen in de drogere maand september, omdat het debiet van pomp IN (deels) werd uitgedompt door pomp UIT. Daarna begint het te regenen en stijgen de waterstanden. De vlotter stand in de pompput is vrij constant in de tijd. Deze werd eind oktober verlaagd met ongeveer 10 centimeter, met een verlaging van de waterstand in de drain tot gevolg.

Bij Verhoef in 2023 is de grondwaterstand vergelijkbaar met de waterstand in de drain, in stabiele situaties. Net zoals bij Baan is de grondwaterstand hoger tijdens en na regenbuien. In januari is het nat en in februari vrij droog. Er is een overgang vanaf eind juli/begin augustus: nadien is de waterstand in de drain ongeveer 10 cm hoger dan de grondwaterstand, behalve tijdens en na natte dagen met neerslag. Verhoef heeft geen pomp UIT, maar wel mogelijk last van lekkage van de afvoerbocht (zie boven). Het moment waarop deze lekkage kan zijn ontstaan is eind juli/begin augustus 2023. In figuur 8 is te zien dat omstreeks die periode de grondwaterstand lager wordt dan de waterstand in de drain, terwijl dat eerder niet het geval was. Het 'basisniveau' van de grondwaterstand lijkt ook op het slootpeil. De pomp IN staat aan in die tijd, water wordt aangevoerd, maar lekt deels weg. Daarnaast is het slootpeil 5 à 10 centimeter lager dan in 2022 gerealiseerd is. Er komt netto te weinig water in het drainagesysteem om de grondwaterstand voldoende te verhogen. Die wordt pas hoger als het voldoende veel regent. Vanaf medio oktober is dat goed te zien, waarbij de grondwaterstand wel weer zakt als het een droge periode betreft.

Bij Heikoop in 2023 zitten de beide waterstanden 5 à 10 cm van elkaar verwijderd in januari (nat) en februari (droger) en wisselend is de een hoger (januari), dan weer de ander (februari). Vanaf maart is de grondwaterstand gelijk aan of hoger dan de waterstand in de drain. De pomp UIT staat aan in maart en april. Daarna staat die uit. In mei t/m juni staat de pomp IN aan. In augustus staat de pomp UIT weer aan, in september de pomp IN. De pomp UIT staat daarna weer aan in oktober en november. Na een daling van de waterstanden in mei staat de waterstand in de drain lager dan de grondwaterstand. De vlotter in de pompput wordt in die tijd een paar keer versteld. De waterstand in de drain in juni daalt. Dit is een maand met weinig neerslag en een hoge referentiegewas-verdamping. In die periode lijkt de vlottersturing niet goed te functioneren en/of is de aanvoercapaciteit naar de pompput te gering om de watervraag bij te benen. Begin juli lijkt het systeem weer goed te werken. Als het begint te regenen stijgt de grondwaterstand. Daarna wordt de vlotterstand verlaagd, de grondwaterstand volgt. Bij neerslag eind juli/begin augustus schieten de grondwaterstand en de waterstand in de drain gelijkelijk omhoog. Het patroon van beide meetreeksen blijft vrijwel identiek tot begin oktober. De regenval die dan volgt, zorgt voor hogere grondwaterstanden dan de waterstand in de drain tot eind 2023.

De metingen en vergelijking van beide reeksen is nuttig om de reactie en sturing van het DD-systeem op het grondwater op het perceel te analyseren. De waterstand in de drain is zeer behulpzaam inzake analyse van sturing, werking en weerstand van het bodemsysteem in geval van subirrigatie, dan wel drainage. Het systeem werkt meestal naar behoren en zoals verwacht.

Kwel en wegzijging

In het projectgebied treedt er qua stroming van het grondwater naast een stroming van en naar de drainagebuizen en de kavelsloten ook een diepere grondwaterstroming op, van en naar de zandlaag onder het klei-op-veen-pakket (deklaag). Als de grondwaterdruk in het zand hoger is dan die van het freatisch grondwater in de percelen, dan treedt er kwel op, een opwaartse stroming. Als de grondwaterdruk in de zandlaag lager is dan die van het freatisch grondwater in de percelen, dan treedt er wegzijging op, een neerwaartse stroming. Dan verliezen we water naar de ondergrond. Om deze stromingsrichting te kunnen bepalen, hebben we op elke meetlocatie sensoren in ondiepe, freatische peilbuizen staan én in diepe peilbuizen bij het zand. Door subirrigatie en hogere slootpeilen verhogen we freatische grondwaterstand. Als de druk van het grondwater in het zand gelijk blijft, dan kunnen we de kwel/wegzijging op de proefpercelen gaan beïnvloeden met de proef.

De drukverschillen op de proef- en referentiepercelen staan weergegeven voor Baan (boven), Verhoef (midden) en Heikoop (beneden) in figuur 9. De donkergekleurde lijnen tonen de metingen van 2023, de lichtere die van 2022 en 2021; in blauw staan de metingen van de proefpercelen, in oranje die van de referentiepercelen. In 2022 is er deels uitval geweest van sensoren in peilbuizen op de proefpercelen (zie tekst hierboven). Deze zijn vervangen.

Bij Baan is er in de reguliere situatie op het referentieperceel sprake van wegzijging tot een soms (zeer)lichte kwel, beter gezegd een neutrale situatie, i.c. geen stroming door de deklaag van en naar de zandlaag. De wegzijging treedt met name op in de winter, maar ook in grote delen van de zomer als het niet erg droog is. In droge tijden kan er (zeer) lichte kwel optreden. De proef zorgt voor een situatie met meer en ook met een permanente wegzijging naar de ondergrond. In januari-februari 2022 en ook in de natte maanden van 2023 is de wegzijging op het referentieperceel groter dan op het proefperceel, omdat in die periode de freatische grondwaterstanden hoger zijn dan op het proefperceel. Dit heeft te maken met de drainerende en nivellerende (vlakke) grondwaterspiegel op perceel als geheel) werking van het drainagesysteem. Vanaf medio maart 2022 en vanaf medio februari 2023 is de grondwaterstand op het proefperceel weer hoger en vindt daar meer wegzijging plaats (zie figuur 9 in vorige sectie freatisch grondwater).

Bij Verhoef en Heikoop is er beide sprake van kwel op alle percelen, behalve op de proefpercelen als het zeer nat is (hoge freatische grondwaterstanden). Dan verandert de kwel tijdelijk via neutraal naar een situatie met wegzijging.

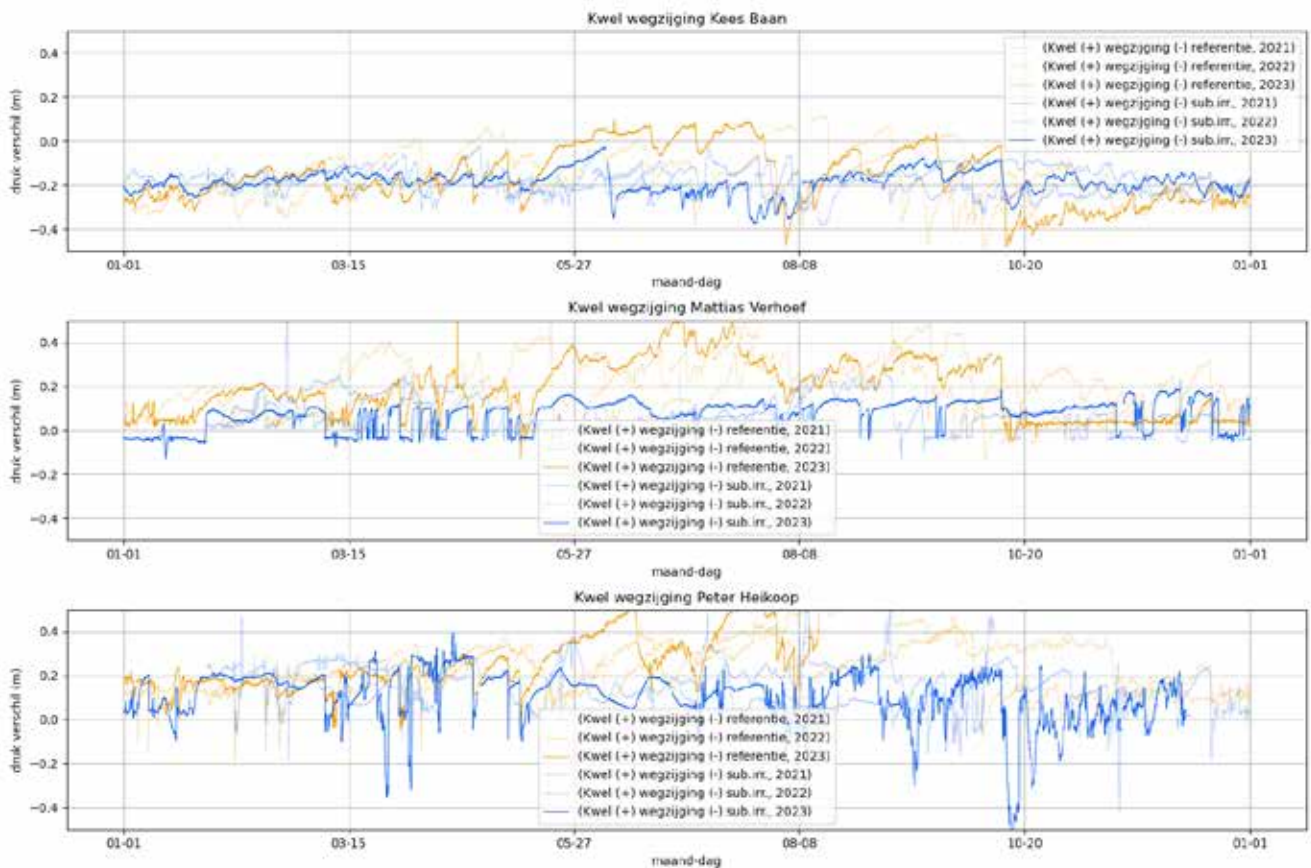
Bij Verhoef verandert op het proefperceel de kwelsituatie naar een meer neutrale situatie door de hogere grondwaterstanden. Deze remmen de kwel af, hogere grondwaterstanden drukken de kwelstroom 'weg'. Op het referentieperceel is het omgekeerde aan de hand. Als de freatische grondwaterstanden aldaar zakken, dan neemt de kweldruk op dat perceel toe (o.a. juli 2022 en mei/juni 2023).

Bij Heikoop is dat laatste ook het geval, maar in mindere mate en met een meer grillig verloop in de tijd. De beschikbare metingen laten zien dat van medio juni tot medio oktober 2022 de kweldruk op het proefperceel minder is dan op het referentieperceel, met name in augustus 2022, tot de regenval in september 2022. In 2023 is af en toe in het voorjaar sprake van wegzijging uit het proefperceel, in sterkere mate eind augustus en in oktober 2023. NB: op het referentieperceel is een druksensor uitgevallen in augustus 2023 en na overleg niet vervangen.

De metingen en berekende drukverschillen laten zien dat we met de proeven de kwel/wegzijging en daarmee de verticale stroming van het grondwater op de percelen beïnvloeden. Om hoeveel m³ water dit gaat, kunnen we niet (direct) zeggen. Die hoeveelheid wordt mede bepaald door de hydraulische weerstand van het klei-op-veen-pakket, waar de omvang in bijvoorbeeld mm/dag, maar niet de richting van grondwaterstroming door geremd wordt.

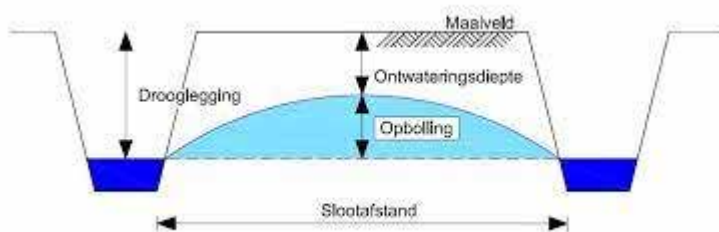
Samengevat zijn de resultaten inzake de effecten op de freatische grondwaterstand en op kwel/wegzijging als volgt:

- De freatische grondwaterstand is verhoogd door de aanvoer van water via subirrigatie.
- Door uitval van druksensoren zijn er gaten ontstaan in de meetreeksen. Deze kunnen grotendeels worden opgevangen met de gemeten waterstand in de drain, die in correct-bemeten tijdperiodes goed overeenkomt met de freatische grondwaterstand. Op één na zijn alle defecte druksensoren vervangen. De analyse heeft een beeld opgeleverd dat vrijwel compleet is.
- Bij Baan is er sprake van een gemiddelde wegzijging-situatie (grondwater van perceel stroomt naar beneden/deklaag) en bij Verhoef en Heikoop van een gemiddelde kwelsituatie (water stroomt van beneden/deklaag naar perceel).
- De reeds aanwezige wegzijging neemt toe en de reeds aanwezige kweldruk neemt af bij sub-irrigatie; de hogere grondwaterstanden geven extra voeding aan wegzijging en geven meer tegendruk op de stroming door kwel. Een groot neerslagoverschot levert dezelfde effecten op als subirrigatie, omdat de freatische grondwaterstand in beide gevallen wordt verhoogd en in mindere mate tot niet is dit het geval bij de stijghoogte in de zandlaag onder het (klei-op) veenpakket.



Figuur 9: Drukverschillen tussen freatische grondwaterstanden en stijghoogte onderin de deklaag [m] op proefpercelen (sub.irr.; in blauw) en referentiepercelen (referentie; in oranje) in 2021, 2022 en 2023 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Positieve getallen duiden op kwel naar perceel, negatieve op wegzijging uit perceel.

De veldwaarnemingen brengen ons op het volgende inzake de effecten van het toepassen van regelbare drainage met subirrigatie, met drainafstanden van 6 m, op het patroon van de grondwaterstanden in een dwarsdoorsnede op de proefpercelen (begrippen in figuur 10). We schetsen een schematische situatie met een perceelbreedte van 40 m en een standaard-situatie van afvoer van water en van aanvoer van water via subirrigatie (figuur 11). De slootpeilen bepalen samen met de weerstand van slootwand en de (klei-op) veenlaag de vorm en hoogte van de opbolling en de uitholling. De uitholling is in de praktijk vaak groter (naar beneden) dan de opbolling (naar boven), omdat de intreeweerstand van water vaak hoger is dan de drainageweerstand. Deze uitholling in droge tijden zorgt ervoor dat op termijn veenweidepercelen hol komen te liggen en een of meerdere greppels nodig zijn voor de ontwatering.



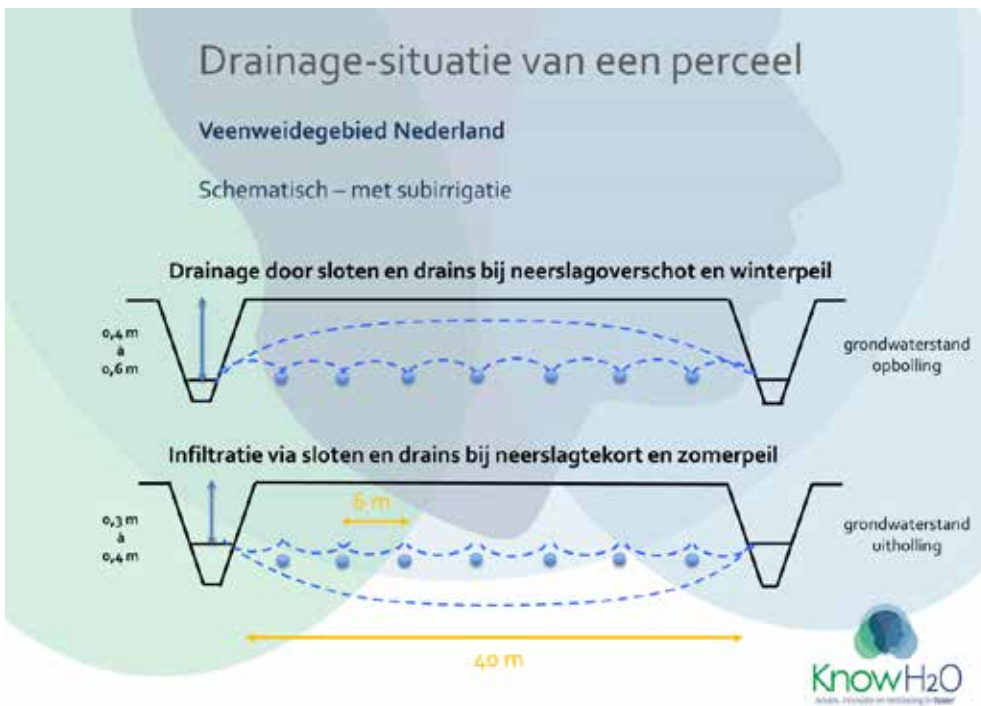
Figuur 10: Schematische toelichting op de begrippen drooglegging, ontwateringsdiepte en opbolling (BBWM, 2007; begrippen: NHV, 2002).



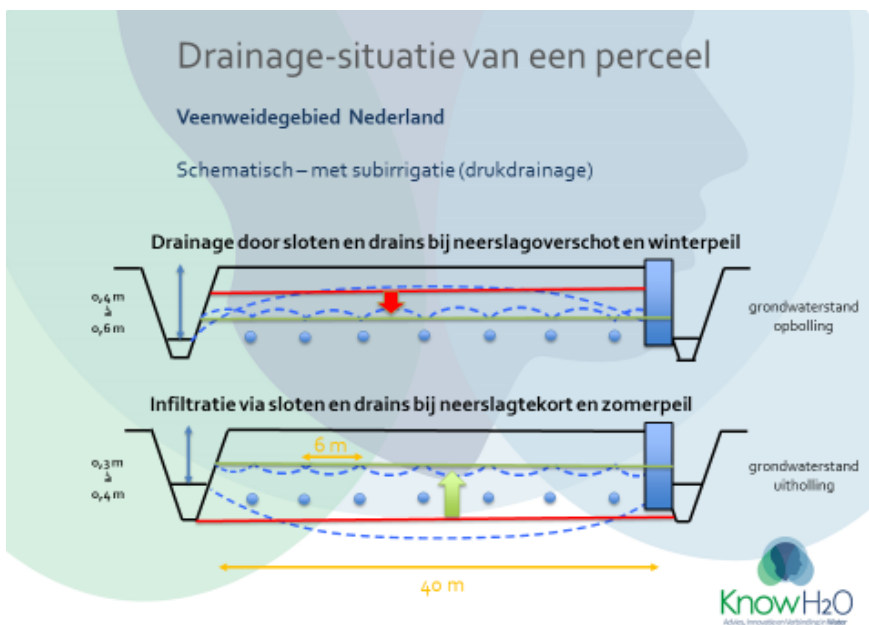
Figuur 11: Standaard-schematische situatie van een dwarsdoorsnede van een veenweideperceel van 40 m breed met bolle (afvoersituatie) en holle grondwaterstand (aanvoersituatie).

Wanneer een systeem van regelbare drainage met subirrigatie wordt aangelegd, dan verandert de drainage-situatie en de wateraanvoer-situatie. Er treedt een andere opbolling en uitholling op. figuur 12 en 13 tonen dit, wederom op een schematische manier voor een standaard-situatie. We zien een ingestelde waterstand in de pompput rechts (groene lijn) en de bijbehorende vorm van de 2D-grondwaterstand in de dwarsdoorsnede. Het bovenste deel van de figuur schetst de afvoersituatie (drainage), het onderste deel de aanvoersituatie (subirrigatie). De gemiddelde opbolling (de verhoogde grondwaterstand tussen twee drains) bij afvoer is lager geworden dan in een situatie zonder regelbare drainage. De eerste reden hiervoor is de kleinere afstand tussen twee drains. De tweede reden is de sturing van de waterstand in de pompput. Deze laatste moet duidelijk hoger zijn dan in de getoonde figuur, om een vergelijkbare gemiddelde opbolling te verkrijgen bij een afvoersituatie zonder regelbare drainage.

Door subirrigatie via de drainagebuizen vindt er een duidelijke vermindering en afvlakking van de uitholling plaats. Er kunnen gemiddeld hogere grondwaterstanden gerealiseerd worden, zoals uit onze veldwaarnemingen blijkt (figuur 12). Met deze figuren willen we duidelijk maken dat de drainage-situatie mogelijk kan leiden tot gemiddeld *lagere* grondwaterstanden op proefpercelen (zie metingen boven) dan op de referentiepercelen, als de waterstand in de pompput niet hoog genoeg wordt ingesteld. *De drainerende werking neemt anders toe, met als gevolg een drogere situatie op het gedraineerde perceel. Dan werkt het systeem op de proefpercelen averechts als het gaat over vernatting en reductie van de bodembeweging.*



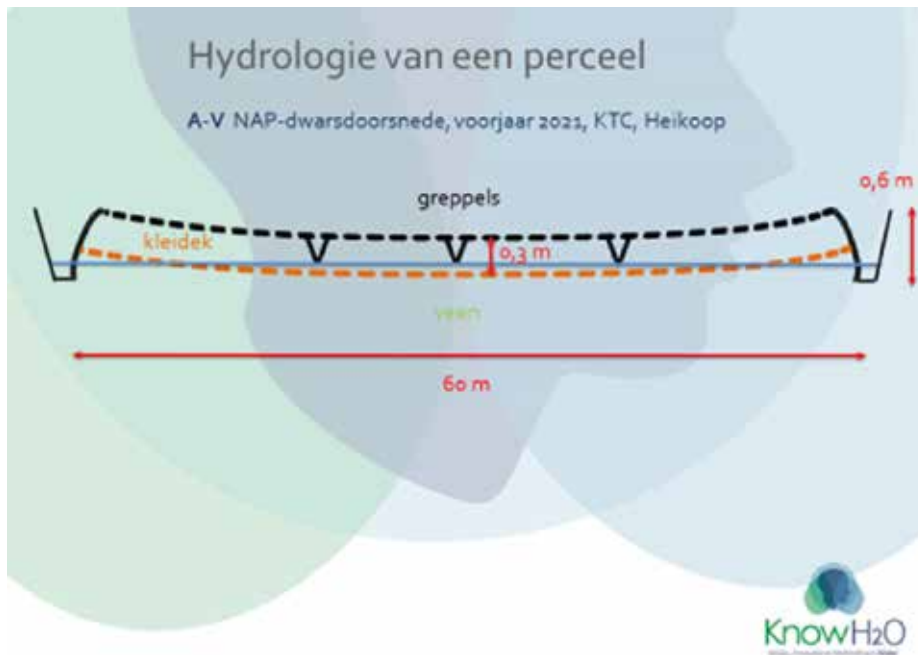
Figuur 12: Standaard-schematische situatie van een dwarsdoorsnede van een veenweideperceel van 40 m breed met drainagebuizen op 6 m afstand en bijbehorende bolle (afvoersituatie) en holle grondwaterstand (aanvoersituatie). Situatie met regelbaar drainagesysteem met subirrigatie. De groene lijn duidt de ingestelde waterstand in de pompput aan, in dit geval hoger dan de draandiepte.



Figuur 13: Standaard-schematische situatie van een dwarsdoorsnede van een veenweideperceel van 40 m breed met drainagebuizen op 6 m afstand en bijbehorende bolle (afvoersituatie) en holle grondwaterstand (aanvoersituatie). Situatie met regelbaar drainagesysteem met subirrigatie. De groene lijn duidt de ingestelde waterstand in de pompput aan, in dit geval hoger dan de draandiepte (bij afvoer én aanvoer). De rode lijn dient ter aanduiding van de gemiddelde opbolling en uitholling van een standaard (referentie)perceel.

De vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels maakt de sturing meer complex. In de afvoer situatie en bij het hooghouden van de grondwaterstanden gaat de greppel ligging en – diepte de drainage van water bepalen. Indien de waterstand in de pompput boven de diepte van de bodem van de greppels uitkomt, dan gaan de greppels (indien mogelijk – slootpeil) grondwater afvoeren naar de sloot. De grondwaterstand kan dan niet veel verder stijgen. Figuur 21 toont schematisch de situatie bij Heikoop voor een hol perceel met drie greppels. Uit figuur 21 blijkt dat zowel in de afvoer- als in de aanvoersituatie de holle ligging in combinatie met de greppels de maximale hoogte van de grondwaterstand wordt bepaald door de diepte van en afwatering

vanuit de greppels naar de sloot. Als deze greppels niet dicht worden gezet, dan zal er bij hoge grondwaterstand afvoer zijn en zal de grondwaterstand worden 'afgetopt'. In de aanvoersituatie zullen er bij de greppels plassen worden gevormd als de beoogde grondwaterstand, zoals ingesteld in de pompput, hoger is dan de greppeldiepte.



Figuur 14: Standaardschematische situatie van dwarsdoorsnede veenweideperceel bij Heikoop van 60 m breed met drie greppels (zonder regelbare drainage). De blauwe lijn duidt het slootpeil aan bij winterpeil. De oranje lijn dient ter aanduiding van de onderkant van het kleidek.

We hebben in het project inmiddels ervaring opgedaan met de hier geschetste uitdagingen in het geval van holle percelen met greppels. Bij alle proefpercelen heeft dit tot aanpassingen van beheer en sturing en van doelen ten aanzien van beoogde grondwaterstanden geleid. De vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels zijn twee kenmerken/factoren die een rol spelen bij het succesvol toepassen en eventueel uitrollen van regelbare drainage met subirrigatie in de regio. Holle percelen en de aanwezigheid van greppels zijn beide apart en tezamen beperkend in het mogelijk verhogen van de grondwaterstand.

Bodemvochtgehalte

Bodemvochtgehalten worden gemeten op 0,2, op 0,4 en op 0,6 m-m.v. diepte in het bodemprofiel, midden tussen twee drainbuizen. De sensoren zijn niet gekalibreerd voor de specifieke situatie, hetgeen betekent dat ze niet per se absoluut gezien de correcte waarde geven. Wat ze wel te zien geven is het niveau van het vochtgehalte en de variatie in de tijd. Dit niveau past bij (klei-op) veenbodems, die in de zone waarin we meten (tot 60 cm-m.v.) deels veraard/moerig zijn (50-60 vol% vocht maximaal). Verschillen in het bodemvochtgehalte tussen alle percelen onderling kunnen beperkt optreden (<5%) omdat de bodemlaag waarin de sensor zit niet overal exact identiek is (zie ook figuur 9, pF-curve). Dan kan het voorkomen dat een referentieperceel iets hogere getalswaarden te zien geeft dan een proefperceel.

Voor alle locaties en alle meetdieptes is in figuur 17 te zien dat de bodemvochtgehalten op het proefperceel hoog en op peil blijven in de tijd. Voor alle referentiepercelen geldt dit niet, met name in 2022. De metingen in 2021 zijn veelal stabiel, behalve bij Heikoop op 0,2 m-m.v. (dalend). De metingen op 0,2 m-m.v. dalen in 2022 het eerst en het sterkst. De metingen op 0,4 en 0,6 m-m.v. dalen later en minder sterk. Het effect van regenval is duidelijk te zien op de referentiepercelen. Behalve bij Heikoop op 0,2 m-m.v. komen alle vochtgehalten weer omhoog. Dit kan komen door de aanwezigheid van krimp-scheuren in (het bovenste deel van) de klei-op-veen-laag, waardoor de bodem aldaar tijdens en na regenval pas later in het seizoen vochtiger wordt.

Voor alle drie de locaties geldt dat de metingen op 0,2 m diepte duidelijk drogere situaties aangeven op het referentieperceel in 2022. Het sterkste droogtesignaal in het (dalende) bodemvochtgehalte komt voor bij Verhoef en Heikoop in mei/juni en augustus 2022, een zwakker droogtesignaal is gemeten bij Baan. De sensoren op de proefpercelen geven dit signaal niet, daar blijft het bodemvochtgehalte op 0,2 m-m.v. aan de vochtige kant, ook in 2022. Bij Heikoop was het vochtgehalte in 2021 tijdelijk wat lager, in 2022 is dit constant hoog. De proefpercelen blijven dus duidelijk stabiel natter in ondiepe bodem op 0,2 m-m.v. dan de referentiepercelen.

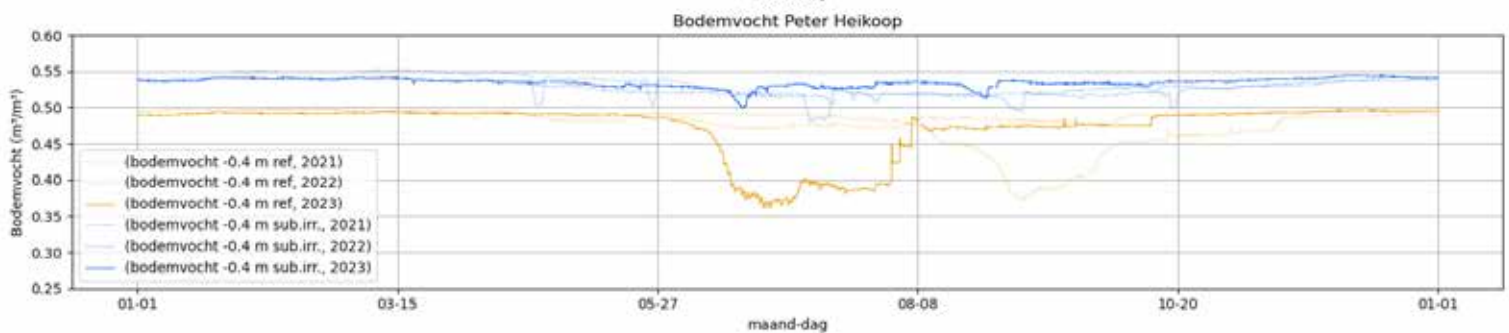
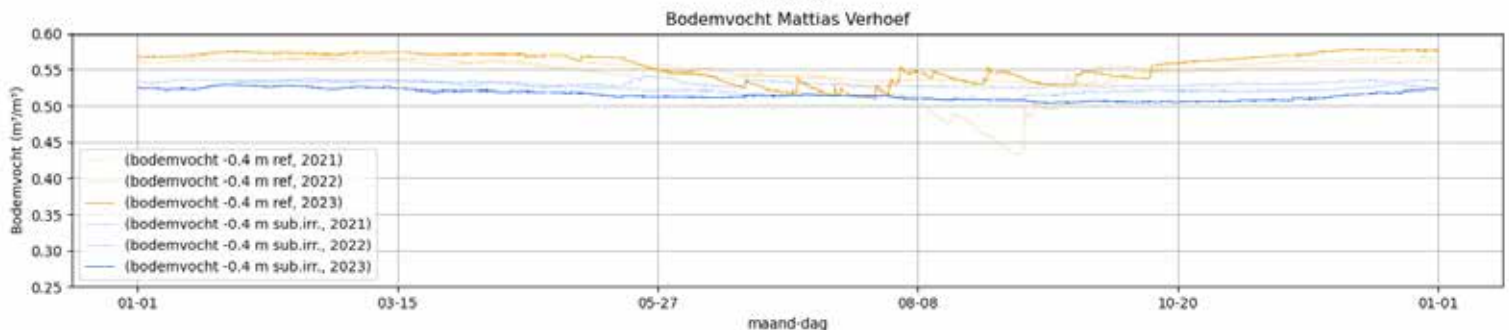
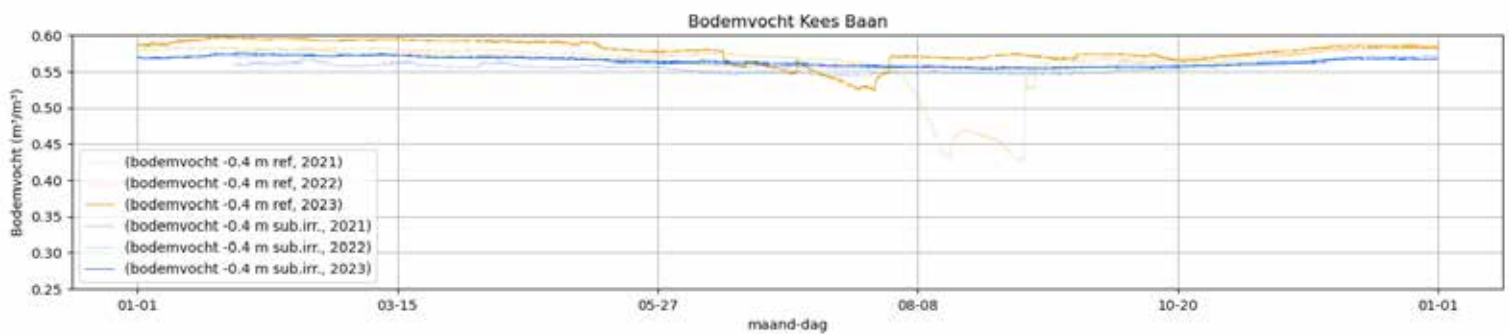
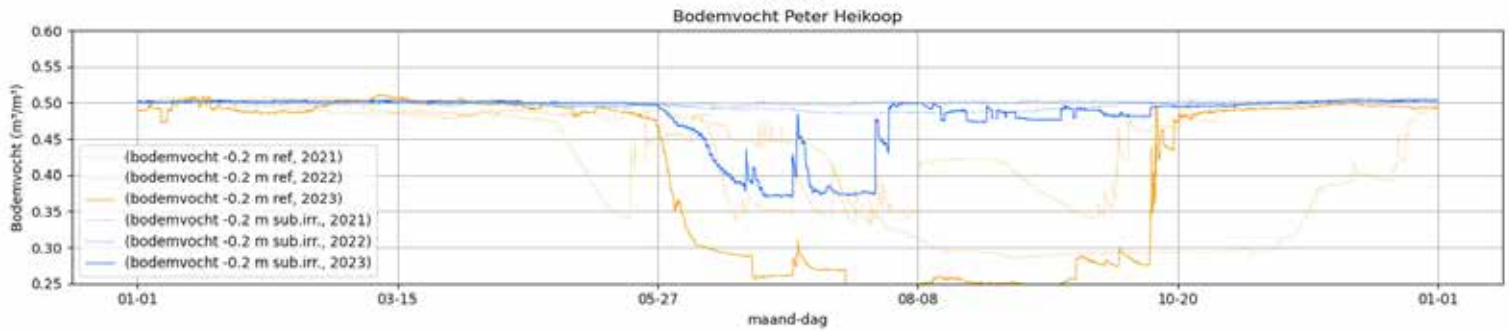
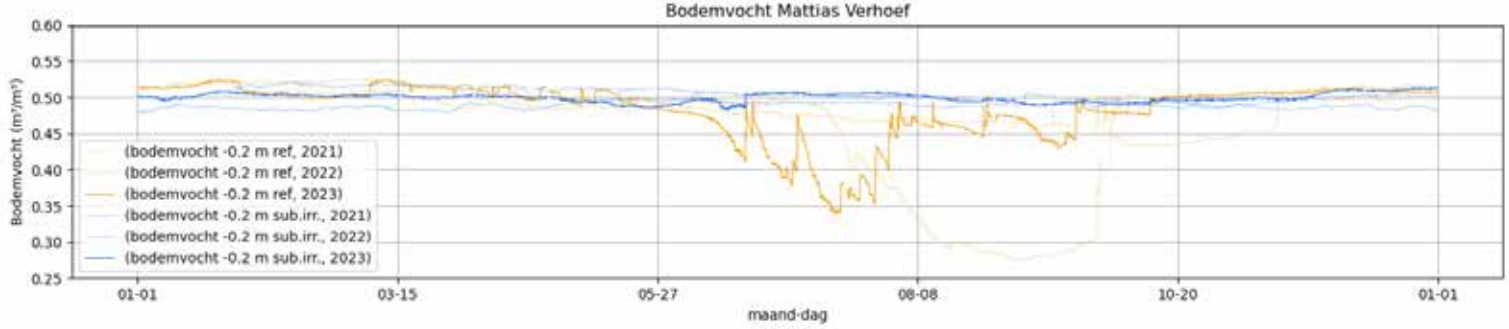
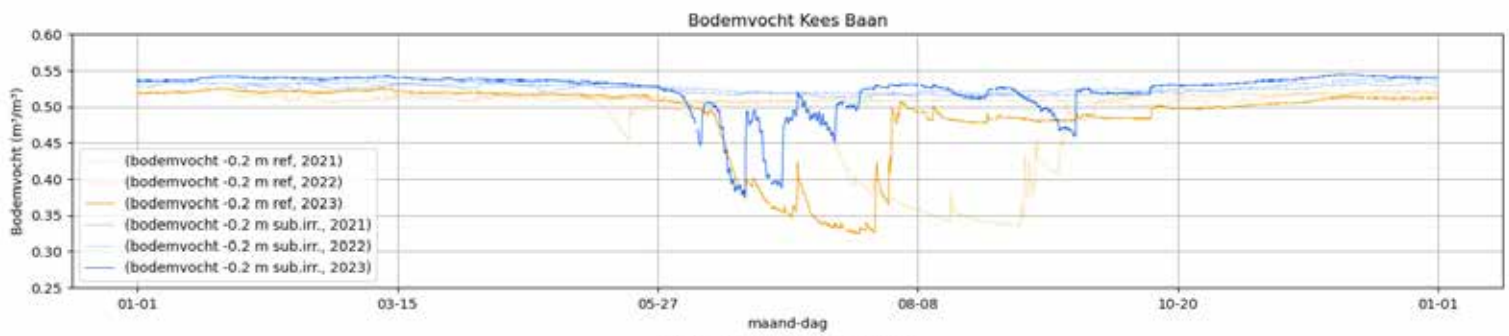
In 2023 laten de meeste sensoren op alle locaties een dalend bodemvochtgehalte op 0,2 m-m.v. zien vanaf eind mei. Bij Baan zien we dat het referentieperceel 'droog' blijft op deze diepte tot eind juli. Het proefperceel is natter en laat zien wanneer de pomp IN aan stond en het vochtgehalte is eerder op peil dan het referentieperceel. Ook laat het proefperceel een sterkere respons zien op neerslag, omdat de grond vochtiger is beter water opneemt en omdat er al meer water in de bodem dit door de aanvoer van water. Bij Verhoef zien we in 2023 dat het bodemvochtgehalte op peil blijft, terwijl het referentieperceel droger wordt. Bij Heikoop zakt het vochtgehalte diep weg op het referentieperceel. Dat komt pas weer omhoog in september/oktober. Het proefperceel zakt minder uit qua bodemvochtgehalte, maar wordt wel lager in de tijd (niet op peil). Het gaat eerder omhoog, vanaf eind juli. Bij Heikoop is er sprake van krimp-scheuren in het kleidek bij droog weer, dat kan de metingen op 0,2 m-m.v. parten spelen.

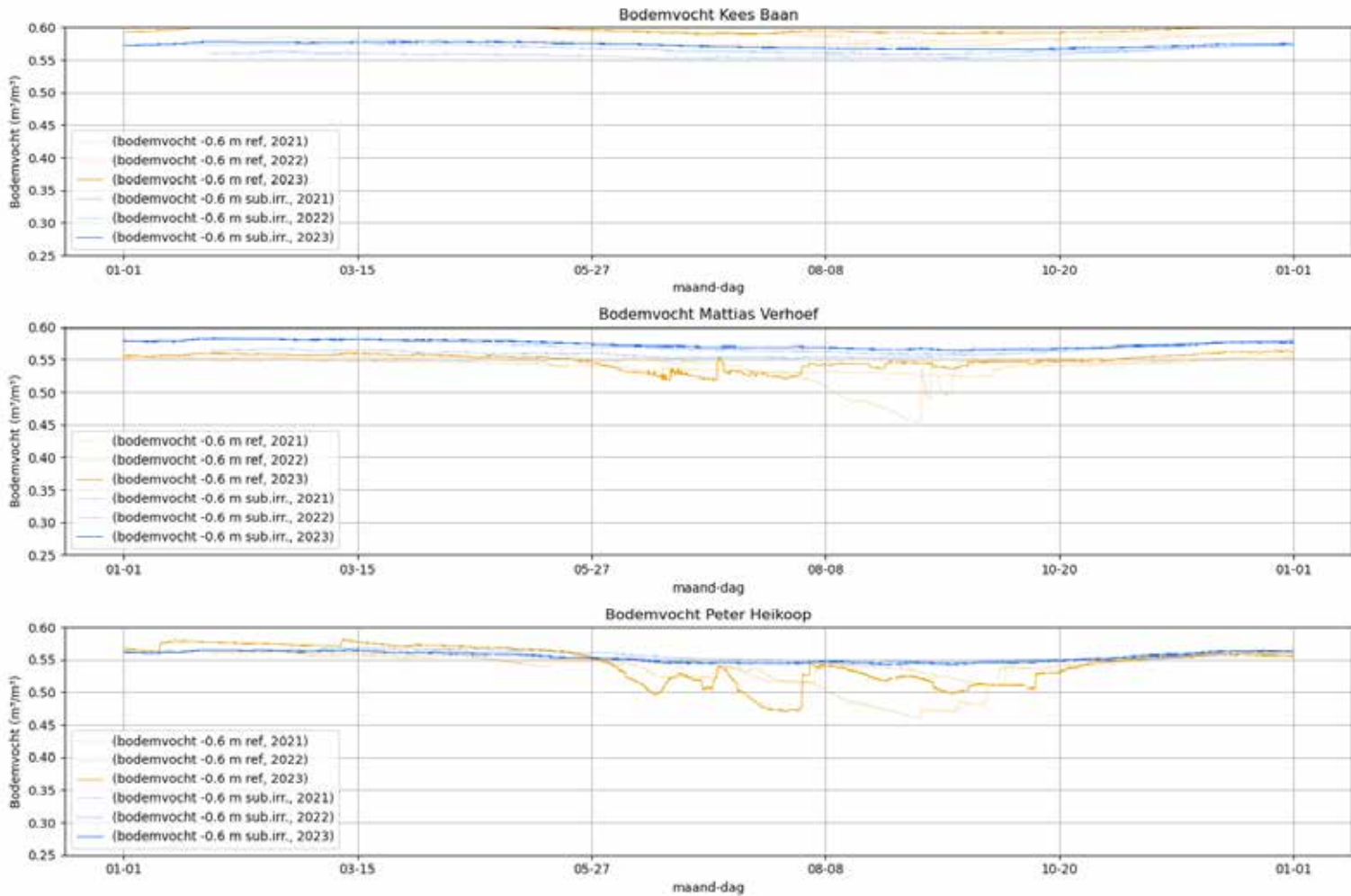
Op een diepte van 0,4 en 0,6 m-m.v. zijn alle sensorwaarden op alle plekken vrij constant in de tijd in 2021 en 2022. In die delen van het bodemprofiel is de grond vochtig gebleven op alle proefpercelen.

Bij Heikoop zien we op 0,6 m-m.v. dat de vochtgehalten tijdelijk lager (minus 5%) zijn in 2021 op het referentieperceel. Op 0,4 m-m.v. zien we op het proefperceel bij Heikoop in 2021 ook tijdelijk lagere waarden (minus 5%), een patroon dat we ook terugzien in de grondwaterstanden aldaar. Sturing en regeling van de waterstand in de pompput zijn hier de oorzaak van (zie figuur 10, waterstand in drain, juli 2021). In 2023 laten de metingen op 0,4 m-m.v. op het referentieperceel dalingen zien, terwijl die op het proefperceel op peil blijven. Op 0,6 m-m.v. is de daling op het referentieperceel licht. Bij Verhoef blijven alle metingen met de sensoren op het proefperceel op peil, het referentieperceel laat lichte dalingen zien. Bij Baan is dat ook zo en blijft ook op het referentieperceel op 0,6 m-m.v. het bodemvochtgehalte op peil.

De percelen bij Baan en Heikoop hebben alle een kleidek. De percelen bij Verhoef niet. Bij Heikoop is het kleidek het dikst, 30-40 cm, met krimp-scheuren in droge tijden. De overgang van kleidek naar veen is niet scherp bij Heikoop. Er bevindt zich veraard/verteerd veen direct onder het kleidek, waarna een overgang omlaag is naar het veenpakket.

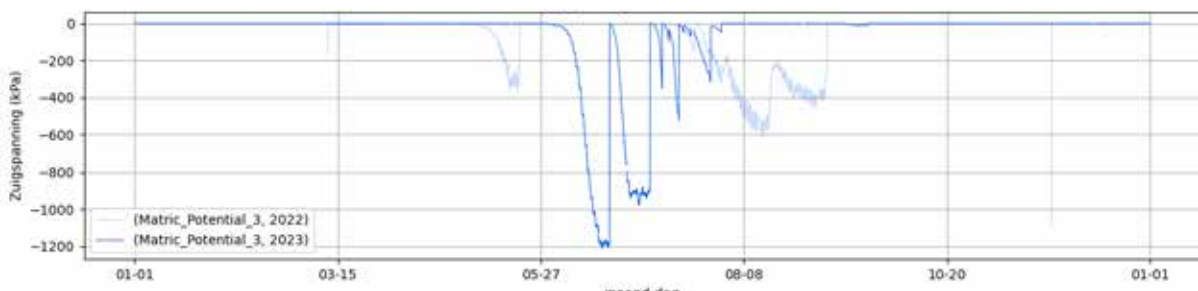
In de proefpercelen blijven de vochtgehalten voor veel sensoren op peil. Dit komt door de vernatting. Als het bodemprofiel opdroogt vanaf maaiveld boven naar beneden, zoals bij het referentieperceel, door drogend weer en door de opname van water door het gras voor verdamping, dan kan het zijn dat de bodemvochtgehalten op 0,2 m-m.v. dalen, als de bodemcapillairen vocht van beneden niet goed/snel/volledig omhoog kunnen brengen naar de wortelzone van het gras. Dit kan het geval zijn in de overgangszone in het bodemprofiel. Bij Heikoop zien we voor de sensor op met name 0,2 m-m.v. op het proefperceel wat dalingen tijdens droog weer. Dit kan met de aard van het kleidek te maken hebben.





Figuur 15-1, 15-2 en 15-3: Gemeten bodemvochtgehalte [vol.%] in de tijd op drie dieptes (0,2, 0,4 en 0,6m) in het bodemprofiel op proefpercelen (sub.irr.; in blauw) en referentiepercelen (ref.; in oranje) in 2021 en 2022 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Volledig natte moerige veenbodems (boven GLG) hebben een verzadigd bodemvochtgehalte van 50 à 60 vo

Zoals eerder reeds gemeld reageren plantenwortels qua wateropname op de onderdruk of zuigspanning van water in de bodem, waarbij naarmate de onderdruk hoger wordt (meer negatief), de plant meer moeite tot zelfs stress ervaart om water op te nemen om te kunnen verdampen. De tensiometer die we als test rond medio februari 2022 bij Verhoef geïnstalleerd hebben op een diepte van 0,15 m-m.v., laat het volgende zien.



Figuur 16: Gemeten drukhoogte (onderdruk/zuigspanning: min-teken Y-as) van bodemvocht op een diepte van 0,15 m-m.v. op het proefperceel van Verhoef. Installatie van Teros-21 sensor medio februari 2022. Gras begint last te krijgen van droogte bij een drukhoogte van -650 cm en lager.

De drukhoogte van het bodemvocht op 0,15 m-m.v. daalde in april 2022 naar -400 cm (bodemvochtgehalte daalde <5 vol.%) en in de loop van juni 2022 naar -600 cm tegen medio juli 2022. Deze laatste periode kan een stress-periode zijn geweest voor het gras vanwege droogte. Wellicht speelt hittestress (zonnestraling en luchttemperatuur) ook een rol (niet nader uitgewerkt hier). Deze metingen laten zien dat de drukhoogte een betere/sterkere indicatie geeft van eventuele droogtestress van het gras dan meting van het bodemvochtgehalte. Dit komt door de bodemfysische eigenschappen van (moerig) veen i.c. de pF-curve. In 2023 trad eerder een daling op en een veel grotere daling in totaal. Effecten van neerslag waren er ook duidelijk, met herstel van de lage zuigspanning. We verwachten dat in 2023 het grasland in de maand juni duidelijk stress heeft gehad (invloed op tweede snede gras).

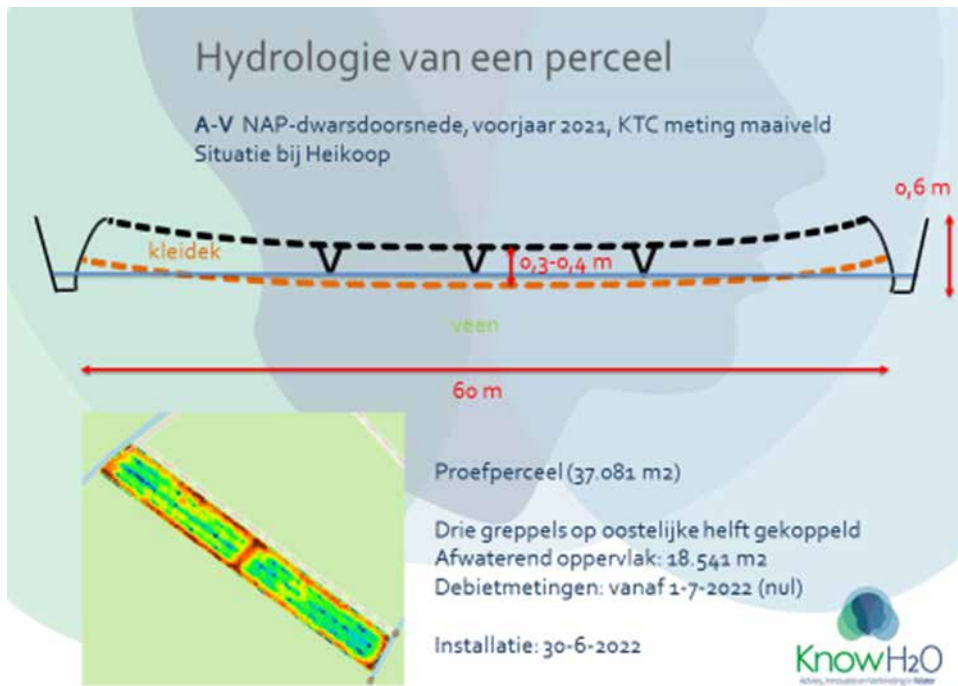
Samengevat zijn de resultaten inzake effecten op bodemvochtgehalte als volgt:

- De meeste metingen laten constant vochtige/natte omstandigheden zien op alle meetdiepten op alle proefpercelen in 2021 en 2022. In juni en juli 2023 zakten ondiepe bodemvochtgehalten op 0,2 en deels ook op 0,4 m-m.v., waarbij het positieve en verhogende effect van wateraanvoer op de proefpercelen duidelijk gemeten is.
- In 2022 (een duidelijk droger jaar dan 2021) is dit niet het geval in een aantal perioden voor de referentiepercelen op alle meetdiepten, waar in meer (Verhoef, Heikoop) of mindere mate (Baan) duidelijk drogere condities gemeten zijn. De reden hiervoor is een hogere verdamping in 2022 van de bodem en het gras, die beide water onttrekken uit de bodem, in samenhang met de afwezigheid van subirrigatie op de referentiepercelen. Of de hogere verdamping ook leidt tot een hogere grasproductie bij Baan, gaan we zien aan de hand van de metingen door KTC Zegveld. In 2023 is met name de periode droger, waarin de tweede snede gegroeid is (en een deel van de derde). Een lagere verdamping zou het gevolg kunnen zijn, met dientengevolge een lagere droge-stof productie.
- Meting van de drukhoogte in de wortelzone geeft een beter tot goed beeld van eventuele droogtestress van het gras, naast de meting van het bodemvochtgehalte.

Effecten van vernatting op watervraag, waterbalans

Gemeten waterafvoer via greppels

De greppels op holle percelen zorgen bij slootpeilen die lager zijn dan de bodem van de greppels voor de afvoer van neerslagoverschot bij hoge grondwaterstanden en afwatering bij maaiveldafvoer. Op alle holle proefpercelen zijn deze greppels aanwezig. Over de afvoer via greppels is deels kwantitatief bekend dat ze een belangrijk deel van de totale perceelafvoer op veen- en kleigronden kunnen verzorgen (o.a. Nijboer, 1986; Thunnissen, 1987; Van den Eertwegh en Van Beek, 2004; Van der Salm et al., 2006). Dat kan ook het geval zijn voor de afvoer van meststoffen via greppelwater naar de sloten.



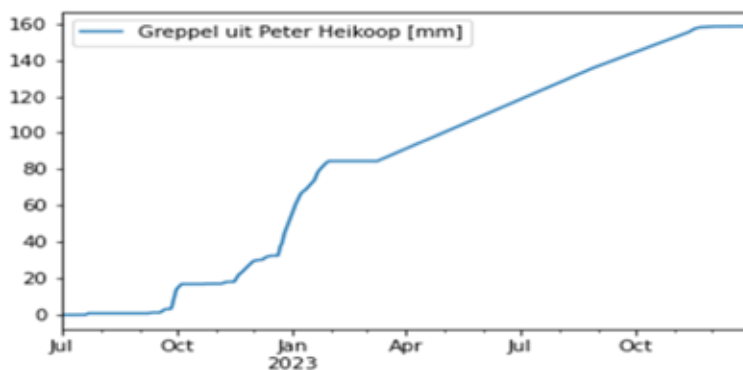
Figuur 17: Proefperceel Heikoop met vorm dwarsdoorsnede maaiveld en greppels. Drie greppels op de oostelijke helft onderling verbonden met buizen en via debietmeter naar polderwater geleid aan kop oostzijde.

Omdat we tijdens de uitvoering van de proeven gemerkt hebben dat de rol van greppels inzake de ontwatering en afwatering van veenweidepercelen belemmerd wordt door hoge(re) slootpeilen, hebben we op 30-6-2022 een debietmeter verbonden met drie gekoppelde greppels op het proefperceel bij Heikoop (oostelijke helft figuur 17; afwaterend oppervlak 1,85 ha). De debietmeter watert af op het polderwater aan de oostzijde. Zo maken we afvoer via greppels mogelijk én meten we het debiet van de greppels continu. De meetreeks is te zien in figuur 18. In de meetperiode tot en met medio oktober 2022 is ruim 17 mm water tot afvoer gekomen via de gekoppelde greppels (debiet in m³ omgerekend met oppervlakte in m²). Met name de neerslag in de laatste week van september 2022 (maandsom neerslag 131 mm) heeft tot greppelafvoer geleid (zie ook figuur 7 en 8; grondwater Heikoop september 2022).

Debietmeters plaatsen



In 2023 komt er in totaal ongeveer 120 mm via de greppel tot afvoer, waarvan bijna 80 mm in de periode half maart t/m oktober 2023. *De greppel speelt hiermee dus een belangrijke rol in het afvoerproces van het perceel. Dit wisten we al, maar deze metingen geven een kwantificering daarvan.* Als we naar de neerslagcijfers kijken bij Heikoop, dan zal er vooral in de maanden juli, augustus en oktober 2023 greppelafvoer zijn geweest, tijdens en vlak na regenbuien. De freatische grondwaterstanden waren bij of aan maaiveld in de perioden begin augustus, eind september/ begin oktober en eind oktober.

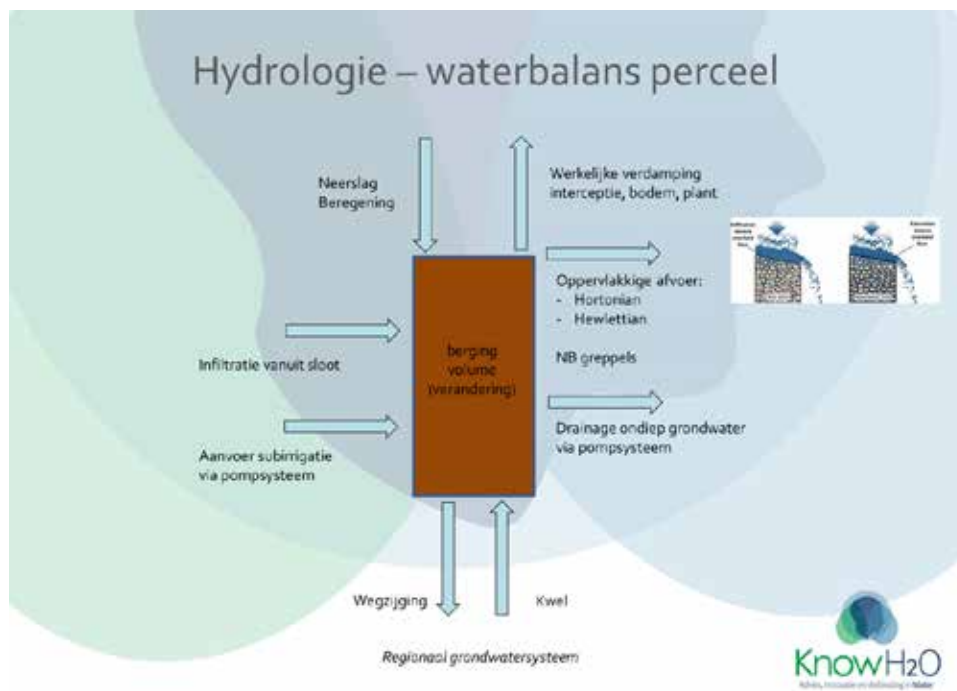


Figuur 18: Greppelafvoer [mm] bij oostelijke helft proefperceel Heikoop (1-7-2022 t/m 31-12-2023). Drie greppels op de oostelijke helft zijn onderling verbonden met buizen en via debietmeter naar polderwater geleid aan kop oostzijde. Meetperiode startte op 1-7-2022. Er zijn geen dagwaarden van 1-3-2023 t/m 1-11-2023. Daarom is die periode lineair geïnterpoleerd (77 mm afvoer).

Waterbalansen proefpercelen en sloten

Waterbalans proefperceel

De waterbalans op perceelschaal laat zien hoeveel water het er perceel in- en uitgaat en wat de herkomst van het water is (figuur 19). De waterbalans kan opgesteld worden voor verschillende tijdperioden, typisch per dag, maand, seizoen of (hydrologisch) jaar.



Figuur 19: Schematische weergave van waterbalans perceel (massabalans - m3). In- en uitgaande waterstromen aan alle zijden van het perceel (3D bodemkolom).

Binnen dit project bemeten en weten we een deel van de waterstromen als balanst termen van de (proef)percelen (Tabel 4). Te noemen zijn neerslag (dubbel-gevalideerde radardata; KNMI), een schatting van de werkelijke verdamping van gras (ETref MAK; KNMI), pompdebiet IN (subirrigatie), pompdebiet UIT (drainage), greppelafvoer Heikoop (sinds 1-7-2022), verandering waterberging in bodem (via gemeten grondwaterstanden en bodemvochtgehalten) en de berekende sluitpost. We kennen nl. de kwel-wegzijing niet, evenmin de directe afvoer van water naar de sloot (geringe post, door hoog slootpeil), de directe infiltratie van sloot naar het perceel (vergroot door hoog slootpeil, maar verkleind door hoge grondwaterstanden op proefperceel), de werkelijke verdamping van bodem en gras en de verdamping van water dat eventueel na een bui op de grassprietten aanwezig is (interceptiewater). Er heeft geen berekening plaatsgevonden, noch greppelinfiltratie

Tabel 4: Oppervlakte [m2] van proefpercelen Baan, Verhoef en Heikoop. Data: Boer en Bunder.

Agrariër	Oppervlakte Proefperceel [m ²]
Baan	29.524
Verhoef	26.184
Heikoop	37.081

In Tabel 5 (a,b,c) staan de bemeten balanstermen voor de proefpercelen gesommeerd voor verschillende perioden binnen het tijdvak januari 2021 tot en met december 2023.

NB: de gemeten debieten IN en (met name) UIT zijn deels indicatief, omdat de bediening van de systemen niet altijd tot volledige metingen heeft geleid. Zo is onder natte omstandigheden water mogelijk uit de systemen gelopen via de uitlooppijp, zonder gebruik te maken van de pomp. Daardoor is met name het gemeten debiet UIT minder volledig.

De neerslag (jaarsom 870-890 mm) varieert in ruimte en tijd. In maart, april, mei, juli en augustus 2022 was het relatief erg droog, in combinatie met een hoge verdampingsvraag vanuit de atmosfeer. Dat zagen we terug in grondwaterstanden en bodemvochtgehalten op de referentiepercelen, die in 2022 duidelijk lager waren dan in 2021. We zien ook dat het in 2023 erg nat was, met name in het vierde kwartaal.

De verdamping (ETref MAK; jaarsom 650 mm) is vrijwel identiek bij alle proefpercelen. Deze varieert niet sterk in de ruimte binnen de regio, wel in de tijd. In de periode april-september 2021 is deze met 485 mm duidelijk lager dan in dezelfde periode in 2022 en 2023 (550 mm).

We zien het effect van droge maanden in 2022 en 2023 (minder neerslag en meer verdamping) terug in pompdebieten IN. Er is een duidelijk hoger pompdebiet IN (i.c. de watervraag) van de proefpercelen bij droog weer, met als positief en beoogd effect hogere bodemvochtgehalten en hogere grondwaterstanden.

De afvoer van water kan bij Baan en Heikoop worden gestuurd via de pompdebieten UIT. Verhoef heeft geen pomp UIT. Verder kan het zijn dat bij alle proefpercelen de afvoerbocht uit de pompput gefungeerd heeft als afvoer naar de sloot (niet afgesproken; normaal staat deze omhoog/dicht). De eventuele lekkage bij de afvoerbocht bij Verhoef is al genoemd (zie boven). Fouten in de balans die hierdoor veroorzaakt worden zitten in de sluitpost.

Tabel 5a: Termen waterbalans [mm] van proefperceel Baan voor verschillende perioden in de tijd van 1-1-2021 t/m 31-12-2023.

Baan		Neerslag [mm]	Pomp IN debiet [mm]	Evapotranspiratie [mm]	Pomp UIT debiet [mm]	Verandering berging [mm]	Kwel/Drainage [mm]
<i>Sommen [mm]</i>							
gemiddeld jaar	2021/2023	884	162	-650	-86	-5	-304
jaar	2021	853	21	-604	-31	-4	-235
jaar	2022	833	223	-695	-113	-3	-245
jaar	2023	965	241	-650	-115	-8	-432
KW1	2021	180	0	-72	0	28	-137
KW2	2021	219	0	-253	-0	-23	57
KW3	2021	177	5	-232	-13	5	58
KW4	2021	277	16	-47	-18	-14	-213
KW1	2022	199	65	-82	-7	8	-182
KW2	2022	216	54	-269	0	7	-8
KW3	2022	196	104	-286	-11	-8	5
KW4	2022	223	0	-58	-94	-10	-61
KW1	2023	277	0	-63	-34	5	-185
KW2	2023	128	45	-294	-14	9	126
KW3	2023	243	173	-254	-26	2	-138
KW4	2023	470	23	-50	-48	-15	-381
lente zomer	2021	396	5	-485	-13	-18	115
lente zomer	2022	412	158	-555	-11	-1	-3
lente zomer	2023	371	218	-548	-40	11	-12
herfst winter	2021/2022	475	81	-130	-25	-6	-395
herfst winter	2022/2023	500	0	-121	-128	-5	-246

Tabel 5b: Termen waterbalans [mm] van proefperceel Verhoef voor verschillende perioden in de tijd van 1-1-2021 t/m 31-12-2023.

Verhoef		Neerslag [mm]	Pomp IN debiet [mm]	Evapotranspiratie [mm]	Verandering berging [mm]	Kwel/Drainage [mm]
<i>Sommen [mm]</i>						
gemiddeld jaar	2021/2023	871	150	-649	-10	-362
jaar	2021	825	113	-603	-13	-322
jaar	2022	817	219	-695	-22	-319
jaar	2023	972	119	-650	4	-445
KW1	2021	178	0	-71	13	-119
KW2	2021	213	30	-253	-18	28
KW3	2021	154	78	-232	-13	15
KW4	2021	281	5	-47	6	-245
KW1	2022	192	66	-82	3	-179
KW2	2022	219	70	-269	1	-21
KW3	2022	183	82	-285	-2	22
KW4	2022	223	0	-58	-24	-141
KW1	2023	269	14	-63	22	-243
KW2	2023	131	31	-294	-1	132
KW3	2023	234	44	-253	-1	-25
KW4	2023	481	29	-49	1	-461
lente zomer	2021	367	108	-485	-32	42
lente zomer	2022	402	153	-555	-1	1
lente zomer	2023	365	76	-547	-1	108
herfst winter	2021/2022	473	72	-130	9	-424
herfst winter	2022/2023	492	14	-120	-2	-384

Tabel 5c: Termen waterbalans [mm] van proefperceel Heikoop voor verschillende perioden in de tijd van 1-1-2021 t/m 31-12-2023.

Heikoop		Neerslag [mm]	Pomp IN debiet [mm]	Evapotranspiratie [mm]	Pomp UIT debiet [mm]	Verandering berging [mm]	Kwel/Drainage [mm]
<i>Sommen [mm]</i>							
gemiddeld jaar	2021/2023	876	131	-646	-117	-12	-232
jaar	2021	844	90	-601	-145	-6	-181
jaar	2022	797	179	-692	-80	-15	-188
jaar	2023	988	125	-647	-125	-14	-327
KW1	2021	185	0	-71	0	0	-114
KW2	2021	210	31	-252	-0	-4	15
KW3	2021	193	59	-231	-47	7	19
KW4	2021	256	0	-47	-98	-9	-101
KW1	2022	208	6	-82	-39	14	-107
KW2	2022	224	48	-267	0	-12	7
KW3	2022	148	125	-285	-0	-5	16
KW4	2022	216	0	-58	-41	-13	-105
KW1	2023	280	0	-62	-14	20	-224
KW2	2023	121	71	-294	-23	-0	125
KW3	2023	253	51	-251	-12	12	-54
KW4	2023	480	3	-49	-76	-28	-329
lente zomer	2021	403	90	-482	-47	3	34
lente zomer	2022	373	173	-552	-0	-17	24
lente zomer	2023	374	122	-545	-34	12	71
herfst winter	2021/2022	464	6	-129	-138	5	-208
herfst winter	2022/2023	496	0	-120	-55	8	-329

Waterbalans proefperceel Baan

De balans bij Baan voor de gehele periode laat een overschot zien van in totaal 304 mm/jaar, dit betekent dat er netto een niet-bemeten afvoer van water moet zijn in het veld. De opties zijn:

- Fouten in bestaande balanstermen;
- Afvoer direct naar de kavelslote
- Verdamping van interceptiewater;
- Wegzijging naar grondwater (treedt op, zie boven).

De getoonde balanstermen bij Baan in Tabel 5a kunnen fouten bevatten, met name pompdebiet UIT. In 2023 is geconstateerd dat de afvoerbuis lek was en de debietmeter water (UIT) heeft gemist. De directe afvoer van perceelwater naar de omringende kavelsloten kan plaatsvinden via de greppels en via stroming van grondwater. Aangezien de omringende slootpeilen verhoogd zijn als onderdeel van de proef, lijkt het minder waarschijnlijk dat er water afgevoerd is. In de praktijk echter zijn er met name in 2021 periodes geweest, dat het slootpeil rondom het proefperceel lager was dan gepland. Er is in die tijden waarschijnlijk ook greppelafvoer geweest, met name in mei en juli 2021. Er zal dus in 2021 niet-bemeten afvoer zijn geweest naar de sloten, al dan niet via greppels. In 2022 is dit niet waarschijnlijk door de hogere slootpeilen. De verdamping van interceptiewater na neerslag kan een deel van de verklaring zijn. Als er 10% van de neerslagsom direct verdampt vanaf de grassprietten na neerslag, dan staat dat gelijk aan een extra verdamping van bijna 90 mm/jaar (uit). Een volgende verklarende term voor het overschot op de balans is de wegzijging naar het grondwater, die bij proefperceel Baan optreedt en gevoed/versterkt wordt door de proef. Een geschatte wegzijging van 0,5 mm/dag levert een niet-bemeten grondwater-afvoer op van ruim 180 mm/jaar. Met de geschatte interceptieverdamping en de wegzijging kan op het grootste deel van de niet-bemeten afvoer al ingevuld worden.

Waterbalans proefperceel Verhoef

De balans voor de gehele periode laat een overschot zien van in totaal 362 mm/jaar, dit betekent dat er netto een niet-bemeten afvoer van water moet zijn in het veld. De opties zijn:

- Fouten in bestaande balanstermen;
- Afvoer direct naar de kavelsloten;
- Verdamping van interceptiewater;
- Wegzijging naar grondwater (NB: er treedt kwel op, zie boven).

Bij Verhoef is er geen pompdebiet UIT. Er is lokaal sprake van kwel. Deze kwelstroom levert een extra toevoer van water op naar het perceel. Deze extra toevoer moet worden opgeteld bij het balansoverschot, dat daardoor groter wordt. De proef met subirrigatie heeft wel een verkleining van de kwelintensiteit tot gevolg. Op basis van metingen in 2021 en 2023 lijkt het waarschijnlijk dat de kwelstroom niet zo groot en anders nagenoeg nul is. Als we hiervan uitgaan, dan hebben we de volgende opties om het balansoverschot te verkleinen:

- Fouten in bestaande balanstermen;
- Afvoer direct naar de kavelsloten;
- Verdamping van interceptiewater.

Fouten in de getoonde balanstermen zijn naar verwachting niet zo groot, dat deze de balans kunnen maken. De afvoer direct naar de kavelsloten kan met name plaatsgevonden hebben in natte perioden. In perioden met hogere grondwaterstanden op het proefperceel, zijn de slootpeilen niet veel hoger geweest dan de polderpeilen, ook wel eens lager. De verdamping

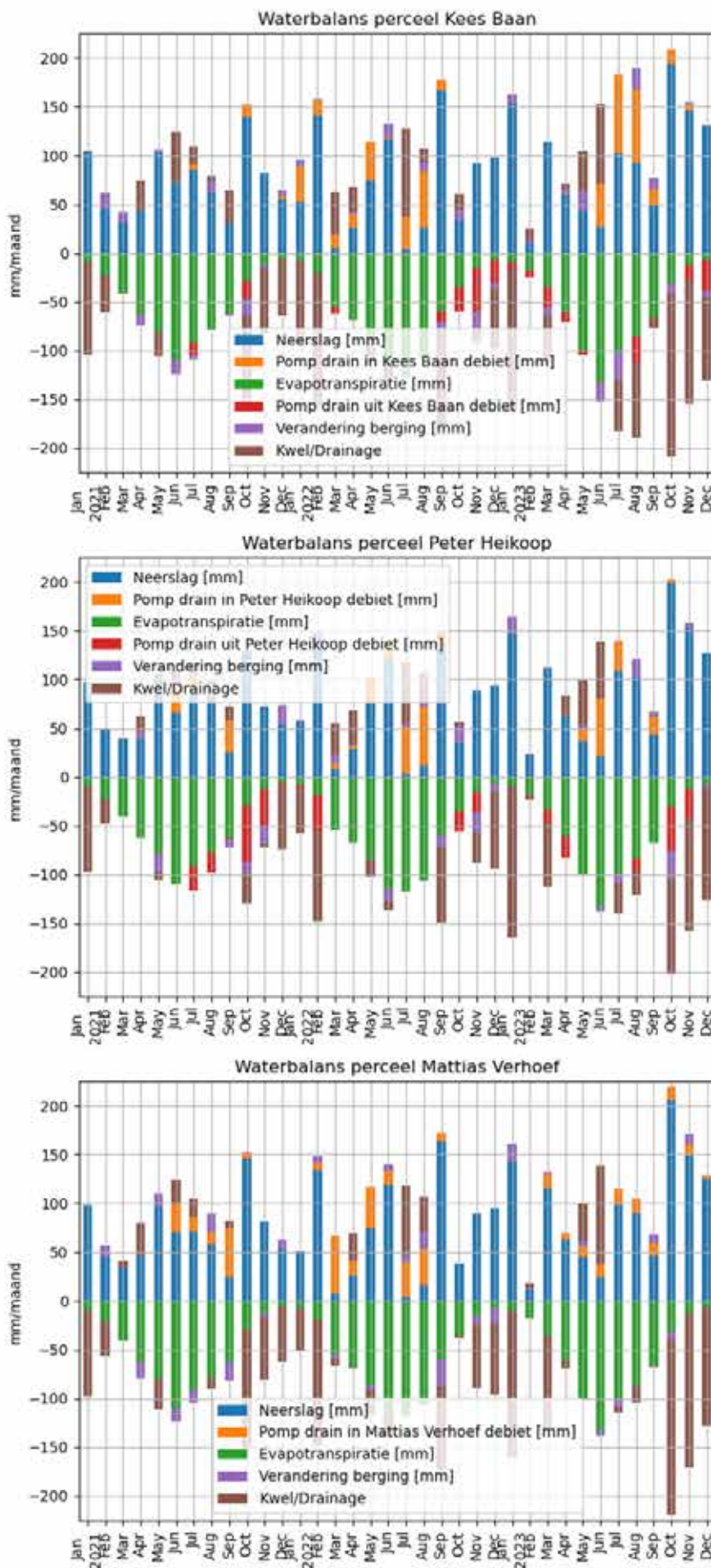
van interceptiewater na neerslag kan een deel van de verklaring zijn. Als er 10% van de neerslagsom direct verdampt vanaf de grassprietten na neerslag, dan staat dat gelijk aan een extra verdamping van bijna 90 mm/jaar. Daarmee blijft het overschot gemiddeld nog niet verklaard. Waarschijnlijk is er sprake van een behoorlijke afvoer van water direct naar de kavelsloten.

Waterbalans proefperceel Heikoop

De balans voor de gehele periode laat een overschot zien van in totaal 232 mm/jaar, dit betekent dat er netto een niet-bemeten afvoer van water moet zijn in het veld. De opties zijn:

- Fouten in bestaande balanstermen;
- Afvoer direct naar de kavelsloten;
- Verdamping van interceptiewater;
- Wegzijing naar grondwater (NB: er treedt kwel op, zie boven).

Er is bij Heikoop lokaal sprake van kwel. Deze kwelstroom levert een extra toevoer van water op naar het perceel, net als bij Verhoef en waarschijnlijk groter. Deze extra toevoer moet worden opgeteld bij het balansoverschot, dat daardoor groter wordt. De proef met subirrigatie heeft wel een verkleining van de kwelintensiteit tot gevolg (figuur 9). Op basis van metingen in 2021 lijkt het waarschijnlijk dat de kwelstroom niet nul is. Met een geschatte kwelintensiteit van 0,25 mm/dag komen we uit op ruim 90 mm/jaar extra aanvoer. Daarmee wordt het balansoverschot 320 mm/jaar. Interceptieverdamping (10% van neerslag) levert een afvoerterm van bijna 90 mm/jaar op. Dan resteert bijna 230 mm/jaar aan niet-bemeten afvoer. Een mogelijke verdubbeling van het volume aan pompdebiet UIT, via in het veld opgetreden greppelafvoer (met name) en directe afvoer naar de kavelsloten (in mindere mate) in perioden van lagere slootpeilen in de maanden januari tot en met maart 2021 en 2022 is denkbaar. Daarmee wordt het balansoverschot ruim 100 mm. Een kleinere kwelterm (hierboven geschat) van 0,1 mm/dag zou dan de balans ongeveer kunnen sluiten.

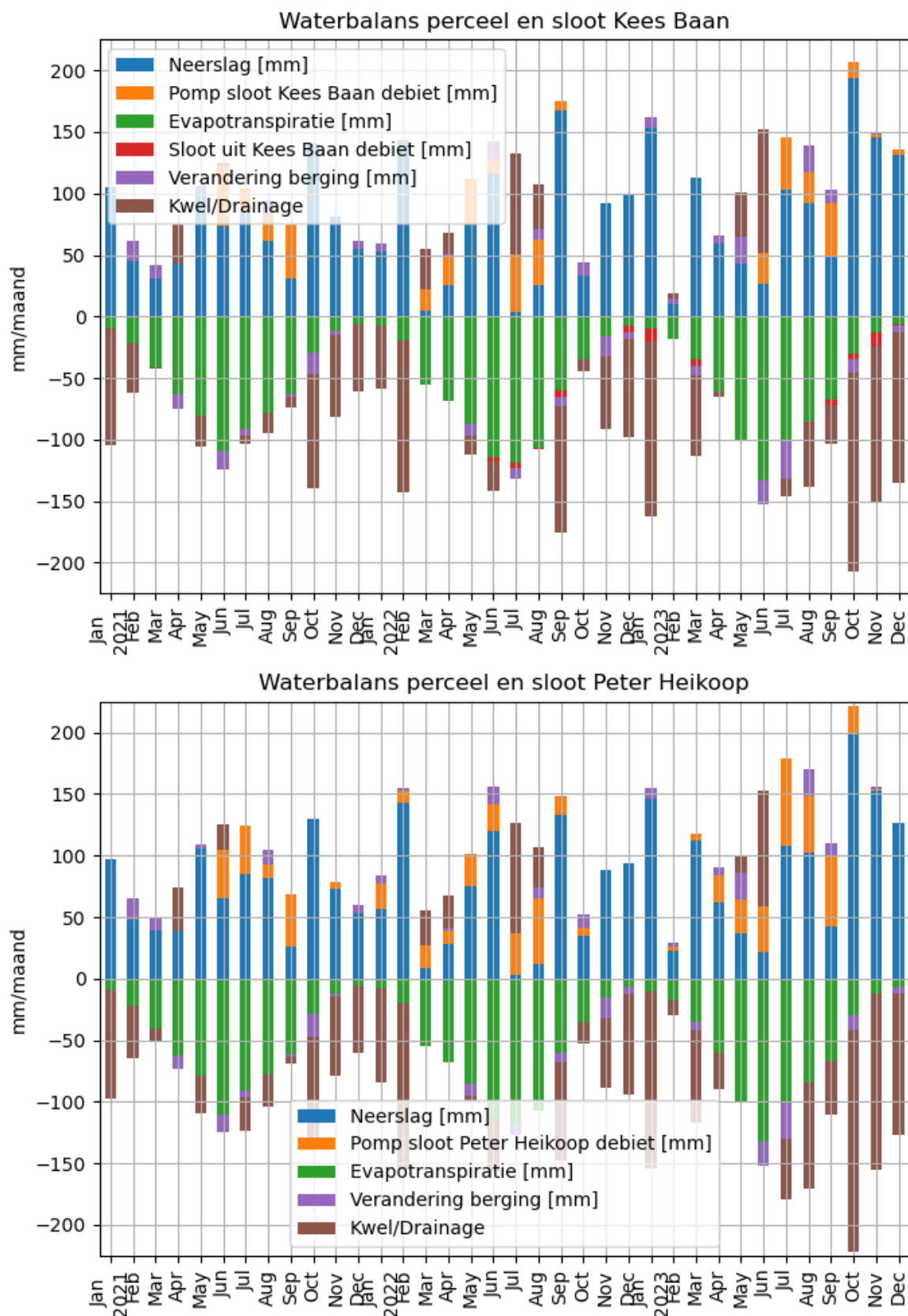


Figuur 20: Termen waterbalans per maand [mm/maand] van proefpercelen Baan, Heikoop en Verhoef in de tijd van januari 2021 t/m december 2023.

Figuur 20 toont de bemeaten termen van de waterbalans per maand van proefpercelen bij Baan, Heikoop en Verhoef in het tijdvak januari 2021 t/m december 2023. Duidelijk te zien zijn de variaties van maand tot maand.

Waterbalans sloot

De instromende debieten bij de sloten bij Baan en Heikoop worden bemeaten, bij Verhoef niet. Daarom kunnen we voor Baan en Heikoop voor het water-bodem-systeem van het proefperceel een indicatieve waterbalans opstellen voor het gecombineerde 'systeem' kavelsloot met proefperceel.



Figuur 21: Termen waterbalans per maand [mm/maand] van sloot Baan en Heikoop in de periode 1-1-2021 t/m 31-12-2023.

Figuur 21 laat de maandgegevens zien. De balansen zijn indicatief omdat de gegevens van debiet sloot UIT alleen voor Baan beschikbaar zijn vanaf juni 2022, omdat de afvoer naar het polderwater ook wel eens gebeurde tijdens hoogwater terwijl dat voor de metingen en analyse niet de bedoeling was en omdat we kwel/wegzijing naar en van de sloten niet kwantitatief kennen. De term pomp sloot IN is voor beide balansen de bron van water voor pomp drain IN (figuur 20). Aanvoerwater uit de polder gaat via de sloot de systemen in, indien daar de pomp IN aan staat. De pomp sloot IN zorgt ook voor instandhouding van het hogere slootpeil, mocht dat dreigen onderuit te zakken.

Globaal gezien zijn de neerslag en verdamping de grootste balansposten, waarbij wateraanvoer het eventuele tekort aan neerslag aanvult. Een andere aanvulling van een mogelijk neerslagtekort is het niet uitpompen van water op het moment dat het regent of net heeft geregend, waardoor dit water leidt tot hogere grondwaterstanden en hogere slootpeilen. Nu was het in de praktijk zo dat er toch bij tijd en wijlen water, met name in natte tijden in 2021, via de sloot is afgevoerd naar de polder, een hoeveelheid die niet gemeten is. Dat maakt een harde (...) en meer uitgebreide analyse van deze balansen op dit moment speculatief qua uitkomst. We gaan in een volgende en waarschijnlijk laatste ronde van meten, analyse en duiding nog een goede poging wagen.

Watervraag voor subirrigatie proefpercelen

In de twee voorgaande paragrafen is de waterbalans geschetst van percelen en sloten. Specifiek onderdeel daarvan is de hoeveelheid water die via de pomp IN de systemen voedt. De watervraag van/voor vernatting is belangrijk omdat daarmee het doel van vernatting al dan niet bereikt kan worden: als de watervraag groter is dan aangevoerd kan worden in droge tijden via de polder en de omliggende rivieren (hoofdwatersysteem HWS), dan wordt de feitelijke realisatie van vernatting mogelijk minder.

‘De watervraag van een perceel is gedefinieerd als de hoeveelheid water die vanuit de sloot of een WIS infiltreert in het perceel.’ (Van Hardeveld, 2023)

Als we de definitie van Van Hardeveld (Waternet/AGV) volgen, dan komt de watervraag in deze context overeen met het debiet van pomp IN bij/naar de systemen op de drie proefpercelen. Hydrus_2D modelberekeningen (Voortman en Van den Eertwegh, 2023) zijn in opdracht van Waternet in 2023 uitgevoerd en gerapporteerd aan Waternet en op het Nationaal Congres Slappe Bodem op 16 november 2023 (Van den Eertwegh, Voortman, Olsman). De vraag die voorlag aan deze modeexercities was: wat is de watervraag bij referentiecondities en vernatting met PWIS en AWIS?

De uitkomst is te zien in figuur 23. Vergeleken met de referentiesituatie neemt de watervraag met PWIS gemiddeld per jaar (2015 t/m 2018) met een factor 2,5 tot ruim 3 toe, met AWIS met een factor ruim 3 tot bijna 4. AWS is effectiever in vernatting, daarvoor is dus ook meer water nodig. Het mechanisme hierachter is via de waterbalans van een perceel te verklaren.

Vernatting betekent in feite de berging van water in de veenbodem op peil houden of verhogen. Berging van water vindt plaats via vocht in de bodem, die verzadigd is vanaf de freatische grondwaterstand neerwaarts. Uitputting van de waterberging in het bodemprofiel kan plaatsvinden via verdamping (beter: neerslagtekort) en wegzijging, daardoor zakken de grondwaterstanden in het groeiseizoen uit. De infiltratie vanuit de poldersloten is in de referentiesituatie te gering (1 à 2 mm/d) om deze uitputting bij te benen. PWIS en AWIS kunnen dit beide wel. Het op peil houden van de waterberging betekent dus het compenseren van het neerslagtekort en van de (toegenomen) wegzijging bij vernatting.

Uit de Hydrus_2D berekeningen blijkt dat de wegzijging niet veel toeneemt door de hogere freatische grondwaterstanden op percelen met PWIS of AWIS. De verticale weerstand in het gehele veenpakket is hoog. Dus daarmee moet op hoofdlijnen het neerslagtekort in het groeiseizoen (grofweg april t/m september; lente en zomer) worden gecompenseerd om de waterberging op peil te houden met een PWIS of AWIS.

Resultaten op hoofdlijnen (2) watervraag

Voor de vernatting is erg veel water nodig. De watervraag neemt toe:

PWIS factor 2.5, AWIS factor 3.1.

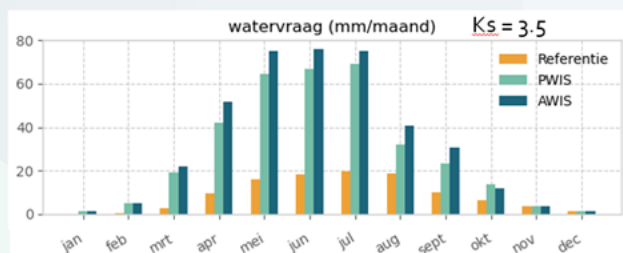
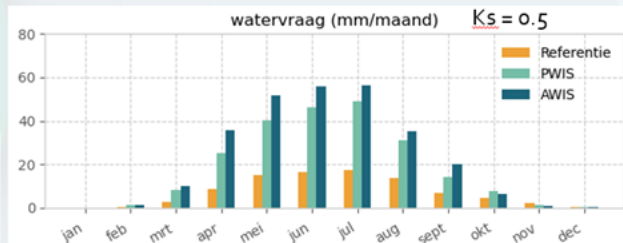
De watervraag neemt vooral toe in mei, juni en

Berekende watervraag (mm/jaar), $k_s = 0.5$ cm/d					
	2015	2016	2017	2018	gemiddeld
Referentie	86	66	81	120	88
PWIS	237	180	193	285	224
AWIS	282	228	224	360	273

Mocht de ondergrond een hogere doorlatendheid hebben en de PWIS en AWIS systemen effectiever kunnen vernatten dan gaat de watervraag nog verder omhoog:

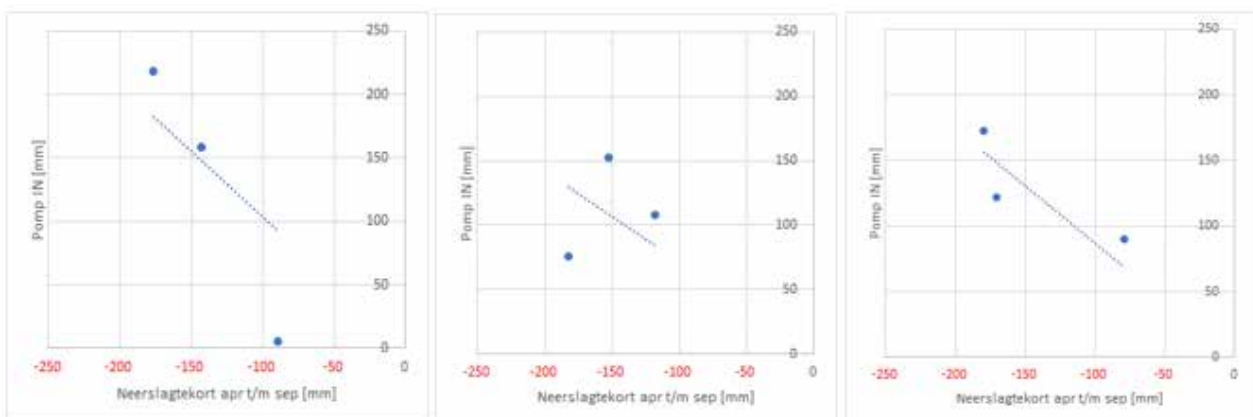
PWIS factor 3.2, AWIS factor 3.7

Berekende watervraag (mm/jaar), $k_s = 3.5$ cm/d					
	2015	2016	2017	2018	gemiddeld
Referentie	103	75	97	151	107
PWIS	346	290	264	468	342
AWIS	395	342	317	522	394



Figuur 22: Berekende watervraag met Hydrus_2D model voor de jaren 2015 t/m 2018 [mm/jaar] met twee varianten van de verzadigde doorlatendheid K_s van veenbodem voor referentieperceel, PWIS en AWIS (Voortman en Van den Eertwegh, 2023)

Voor de periode april t/m september hebben we voor de drie groeiseizoenen de cijfers voor de proefpercelen van Baan, Verhoef en Heikoop bij elkaar gezet voor de sommen [mm] van het potentieel neerslagtekort (neerslag minus ET ref MAK KNMI) en de gemeten debieten via pomp IN. Figuur 23 laat zien dat er een (linear) verband is, uitzonderingen daargelaten. Dit verband spoort met de modelberekeningen voor Waternet van Voortman en Van den Eertwegh (2023). Daarmee is het potentieel neerslagtekort in het groeiseizoen een redelijk tot goede maat voor de werkelijke watervraag van de systemen.



Figuur 23: Watervraag proefpercelen: som april tot en met september [mm] van het potentieel neerslagtekort (neerslag minus ET ref MAK KNMI) vs. de gemeten debieten via pomp IN. Drie groeiseizoenen 2021, 2022 en 2023. Baan (links), Verhoef (midden) en Heikoop (rechts). Stippellijn is 1:1 door de oorsprong (0,0)

KNMI, Deltares, RWS geven aan dat grosso modo in klimaatscenario's het potentieel neerslagtekort in de zomermaanden en groeiseizoen groter wordt en de rivierafvoeren in zomer gaan dalen. De watervraag voor vernatting gaat dan toenemen en de waterbeschikbaarheid gaat afnemen.

Effect van vernatting op gewastranspiratie en droge-stof opbrengst gras

(zie voor analyse, werkwijze en resultaten het hoofdstuk over landbouw, geschreven door Karel van Houwelingen (KTC) in samenwerking met Jan den Besten (Jan den Besten Dienstverlening) en Gé van Eertwegh (KnowH2O)

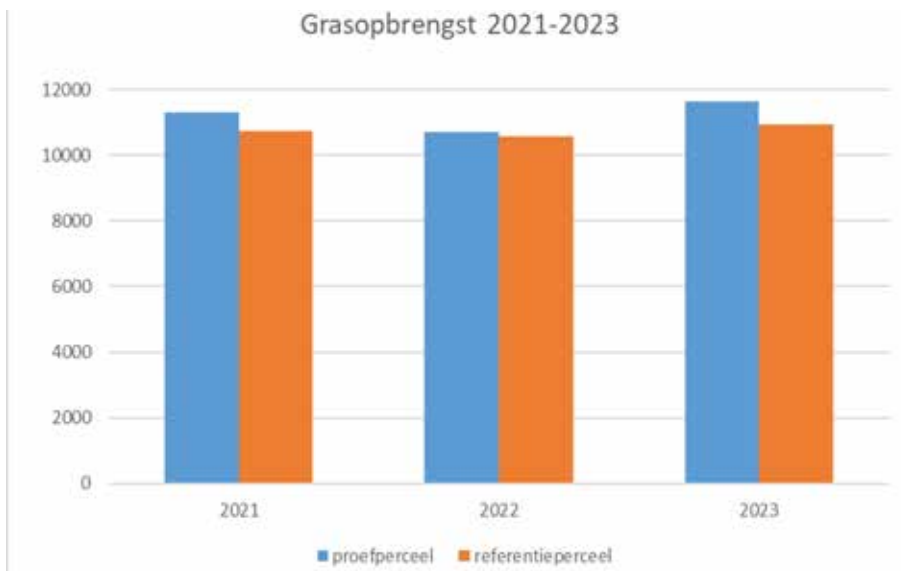
De werkelijke transpiratie van grasland [mm] samenhangt met de opbrengst aan droge-stof [kg/ha] (d.s.). In de maanden maart t/m september 2021 was de ETref MAK lager dan in dezelfde periode van 2022. Deze verdamping is getalsmatig niet gelijk aan de werkelijke transpiratie van grasland, deze laatste is lager (zie o.a. Van den Eertwegh en De Bruin, 2017; Voortman et al., 2022), na aftrek van bodemverdamping en eventuele stress van het gewas (te nat - zuurstofstress, te droog - vochtstress, te heet - hittestress). In 2023 was ETref MAK op jaarbasis (650 mm) 10% hoger dan in 2021 en 5% lager dan in 2022. In de maanden april tot en met september was de ETref MAK in 2022 en 2023 ongeveer gelijk (550 mm) en 10-15 % hoger dan in 2021. Het

De ETref MAK verdamping was in 2021 lager dan in 2022 door de weersomstandigheden. In 2022 kan stress opgetreden zijn (te droog, te heet). De proefpercelen, zo ook dat van Baan, zijn in 2022 natter gehouden en geweest vergeleken met de referentiepercelen. De overall-hypothese is dan ook dat a) naar verwachting de werkelijke verdamping van gras in 2021 lager is dan in 2022 (referentieperceel en proefperceel) en b) de werkelijke verdamping in 2022 op het proefperceel hoger is geweest op het proefperceel dan op het referentieperceel, omdat het proefperceel vochtiger was in de wortelzone. Tabel 6 en figuur 19 geven de d.s.-opbrengst weer. Gemiddeld over de jaren levert het proefperceel 3,8% meer d.s. op.

Tabel 6: Droge-stof opbrengst gras [kg/ha] bij Baan in 2021, 2022 en 2023. Data: KTC Zegveld (Van Houwelingen en Den Besten, 2024). Data ETref MAK [mm]: KNMI. Drie van de vier snedes gemaaid en bemeten in 2021 (NB snede vier is gemist) met correctie nadien, zes snedes gemaaid en bemeten in 2022 en ook zes snedes gemaaid en bemeten in 2023. Methode volgens uitgemaaide stroken gras.

Seizoen	Droge-stof opbrengst [kg/ha]			Opmerking
	referentie	proef	Proef t.o.v. Referentie %	
2021*	10.734	11.294	+ 5,2	Snede vier van in totaal vier snedes is niet gemaaid en bemeten
2022	10.581	10.701	+ 1,1	Zes snedes gemaaid en bemeten
2023	10.953	11.632	+ 6,2	Zes snedes gemaaid en bemeten

* gecorrigeerde opbrengst



Figuur 24: Droge-stof opbrengst gras [kg/ha] bij Baan in 2021, 2022 en 2023. Data: KTC Zegveld (Van Houweligen en Den Besten, 2024).

In 2021 is de vierde snede gemist tijdens de werkzaamheden. De opbrengst van deze snede is bij de getoonde opbrengst opgeteld voor een volledige seizoenopbrengst. In 2022 is de opbrengst op beide percelen hoger dan in 2021, zoals we verwachtten. Niet zoveel hoger echter als dat de ETref MAK cijfers hoger zijn in 2022. In 2022 zijn de opbrengsten van beide percelen vergelijkbaar. Het nattere proefperceel heeft in de drogere en hetere zomer van 2022 (vergeleken met 2021) niet geleid tot gunstigere groei-condities voor het gras bij Baan. De verklaringen hiervoor staan ter discussie:

- het gras op het referentieperceel heeft geen last gehad van droogtestress, ondanks de lagere bodemvochtgehalten;
- het gras op het proefperceel heeft last gehad van zuurstofstress, door de hogere bodemvochtgehalten;
- de hittestress van het gras is wellicht gelijk geweest op beide percelen, hoewel de atmosfeer van het proefperceel aan maaiveld koeler kan zijn geweest door de nattere omstandigheden in de ondiepe bodem;
- door de vernatting is er op het proefperceel minder organische-stof gemineraliseerd, hetgeen leidde tot minder beschikbare nutriënten voor het gras.

Wanneer we per snede gaan kijken in 2021 dan zien we weinig verschil tussen de percelen in de opbrengsten van snede 1 en 2, maar we zien 13% meer opbrengst in snede 3 voor het proefperceel (gegroeid in periode 30-6-2021 tot 2-8-2021). Wanneer we per snede gaan kijken in 2022 dan zien we vaker verschil tussen de percelen in de opbrengsten. Snede 1 en 2 zijn vrijwel identiek. Snede 3 (gegroeid in periode 3-6-2022 tot 3-7-2022) is voor het proefperceel 15% lager, snede 4 (gegroeid in periode 5-7-2022 tot 11-8-2022) is 13% hoger en snede 5 (gegroeid in periode 13-8-2022 tot 21-9-2022) is 24% hoger op het proefperceel. Naarmate we later in het groeiseizoen komen, zijn de opbrengsten per snede op het proefperceel groter. Deze snedes echter zijn qua gewicht afnemend in de tijd. Nader onderzoek naar verklaringen hiervoor kan nuttig zijn. Punt blijft echter dat per seizoen als geheel er geringe verschillen in droge-stof opbrengst zijn.

Als we 2023 erbij nemen, dan zien we dat overall voor beide percelen voor de drie meetjaren de verschillen tussen de jaren <10% zijn, als ook de verschillen tussen de twee percelen. We hebben geen statistiek kunnen bedrijven met deze data. De verschillen zijn van een dusdanig geringe omvang, dat niet hard gemaakt kan worden waar ze door veroorzaakt zijn. Een mix van factoren bepaalt nl. de d.s. opbrengst. En zoals de agrariër zei: 'mijn vader zei altijd: elk jaar oogst ik ongeveer 1 meter gras' (mondelijke mededeling Kees Baan, 2023).

Een recent overzicht van toepassing van WIS op veengronden en de effecten daarvan op de d.s. opbrengst van gras en N-mineralisatie staat in Hoving et al. (2024). De percelen die in de hier gerapporteerde proeven vallen binnen de range van andere gerapporteerde percelen qua d.s. opbrengst.

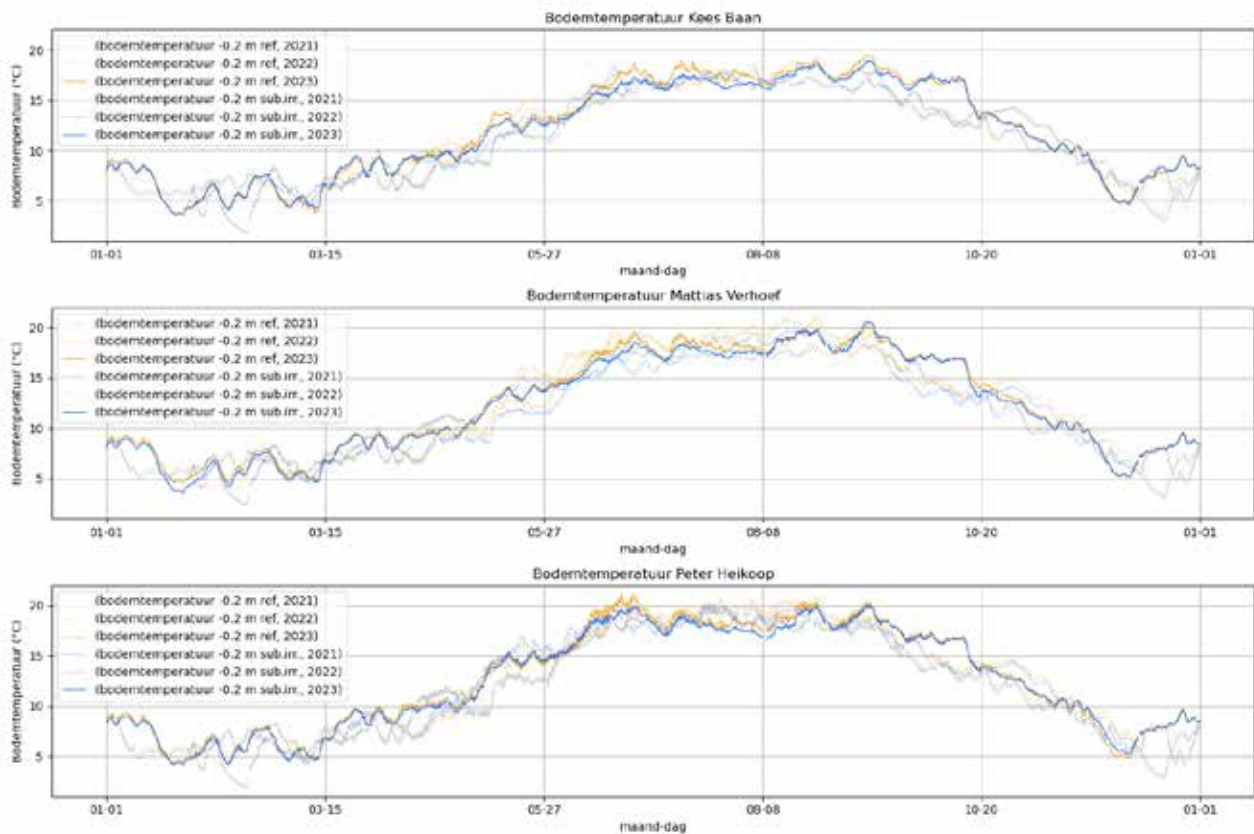
Tabel 7: Grasland-opbrengst percelen Baan 2021 t/m 2023 en neerslag, verdamping, pompdebiet (netto IN-UIT), en hiermee gecorrigeerd neerslagtekort [mm]. Opbrengst gras d.s. in [kg/ha].

Baan	neerslag	ET ref MAK	neerslagtekort	pomp IN - UIT	neerslagtekort correctie	d.s. gras	d.s. gras
seizoen	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/ha]	[kg/ha]
						PROEF	REF
2021	396	-485	-89	-8	-97	11294	10734
2022	412	-555	-143	147	4	10701	10581
2023	371	-548	-177	178	1	11632	10953

Het potentieel neerslagtekort (neerslag minus ETref MAK) voor de maanden april tot en met september bij Baan (kolom 4 in Tabel 7) is in theorie een maat/indicatie voor een eventuele reductie van de d.s. productie. In de praktijk blijkt dit niet zo te zijn, er is blijkbaar een andere reden voor een lagere of hogere d.s. opbrengst in de drie meetjaren. In 2022 en 2023 is het potentieel neerslagtekort op seizoensbasis volledig gecompenseerd door netto water aan te voeren via pomp IN. Daarmee verwachten we dus voor die twee seizoenen geen watertekort, dus is water geen beperkende factor voor de d.s. productie. De ETref MAK als seizoensom in 2021 is >10% lager dan die van 2022 en 2023. De hoeveelheid water die de pomp IN in 2021 aan had kunnen voeren om het neerslagtekort aan te vullen kan prima uit de waterberging van het perceel zijn gekomen: bodemvocht en capillaire opstijging vanuit het freatisch grondwater.

Wat nog een factor ter discussie kan zijn bij de d.s. opbrengsten is de mineralisatie van organisch stof in de klei-op-veen bodem. Minerale stikstof kan door het gras opgenomen worden. Zo ontstaat het (bodem)stikstof-naleverend-vermogen (NLV) en daalt de veenbodem. Met de aanname dat de jaarlijkse depositie van stikstof uit de lucht 30 à 40 kg/ha bedraagt, leverde de mineralisatie in de Proefpolder Kringloop Landbouw nabij Wilnis (Projectteam Proefpolder Kringloop Landbouw, 2021; Honkoop, 2022) jaarlijks naar schatting ongeveer 200 à 250 kg/ha aan stikstof op (2016-2019). De mineralisatie wordt o.a. beïnvloed worden door de vochtuithouding van de bodem en daarmee ook bodemtemperatuur. Deze is gemeten op alle percelen (figuur 27; alleen data op diepte 0,2 m-m.v.).

Hypothese was dat de bodems van de vernatte proefpercelen langzamer opwarmen en kouder zouden zijn dan die van de referentie-percelen. Dat zijn ze ook, ongeveer 1 tot 3°C. Op de meetdieptes 0,4 en 0,6 m-m.v. zijn de verschillen kleiner. Een koudere bodem zou minder mineralisatie tot gevolg hebben. Dat kan zo zijn (geweest), maar in deze proeven heeft dat niet geleid tot een lagere d.s. opbrengst voor de proefpercelen.



Figuur 25-1, 25-2 en 25-3: Gemeten bodemtemperatuur [°C] in de tijd op diepte 0,2 m-m.v. in het bodemprofiel op proefpercelen (sub.irr.; in blauw) en referentiepercelen (ref.; in oranje) in 2021, 2022 en 2023 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Nummering nog aanpassen

Conclusies

Doelen lokaal tot regionaal

De lokale doelen op de percelen die met vernatting via drukdrainage/AWIS/regelbare drainage met subirrigatie nagestreefd worden, moeten helder en transparant zijn.

- Belangrijk aspecten van lokale en regionale doelen zijn de watervraag voor vernatting op lokale schaal (# ha en # systemen) en de (zoet)waterbeschikbaarheid op regionale schaal. Als er te weinig water is, wordt de vernatting minder.
- Lokale doelen afstemmen met doelen op het niveau van peilvak of afwateringseenheid. Rekening houden met wateroverlast en watervraag van de systemen, nu en ook in de toekomst (tot en met bijvoorbeeld de afschrijvingstermijn).
- Tussentijds het halen van doelen evalueren, ervan leren en eventueel bijstellen.

Ontwerp en aanleg van systemen

- Drukdrainage-AWIS-regelbare drainage met subirrigatie: het ontwerp is maatwerk. Dimensies, diepte, afstanden, materiaal, koppelingen, afvoerbochten en instelmogelijkheden moeten passen bij de lokale bodem en hydrologie en doelen die met de systemen moeten worden behaald.
- Aanleg moet met zorgvuldigheid gebeuren, inclusief het moment waarop (niet te droog, niet te nat). Aandachtspunt bij de aanleg van drainagebuizen en verzamelleidingen is nodig, teneinde hobbels in het maaiveld te voorkomen. De werkomstandigheden (nat, droog, ...), de werksnelheid en de machinisten zijn belangrijk. Nazorg en controle van het aangelegde werk is nodig.

Werking van systemen en monitoring

- De aangelegde systemen van regelbare drainage en pompsystemen werken naar behoren, incl. de aangepaste vlotters. Nieuwe vlotters zorgen voor een meer constant en hoger (hoog)waterpeil in 2023 en 2022 dan in 2021 in periodes zonder neerslag. Doelbereik behaald.
- Eventuele terugloop en lekkage bij/rond dammen in kavelsloten is verholpen, behalve de waarschijnlijke lekkage bij Verhoef bij aansluiting van de afvoerbocht (90°) uit de put.
- De monitoring werkt veelal prima. Uitval van sensoren is opgetreden vanwege fabrieksfouten, die niet meteen opvielen omdat metingen doorliepen, maar foutieve waarden opleverden; alle defecte sensoren zijn vervangen, behalve tegen het einde van het project, na overleg en afstemming met betrokkenen.
- De vele waarnemingen via inzet van de meetapparatuur zijn waardevol en onderling consistent. Ze leveren een vrijwel compleet beeld van de hydrologische situatie buiten in het veld (ook als er een sensor uitvalt).
- We moeten voorzichtig zijn en blijven met perceelmanagement nabij de meetopstellingen. PV-installaties vrijhouden van schaduw door planten e.d.
- Bediening van de systemen en de inzet greppels tijdens met name bij hoogwater blijft een punt van aandacht.
- De aansturing op de gewenste niveaus van het freatische grondwater was beter sinds de periode eind 2021/2022; er is vrijwel goed gestuurd op hogere grondwaterstanden tot net onder het kleidek, dan wel de onderkant van de aanwezige greppels.
- Technische aanpassingen zijn lopende het traject steeds nodig geweest, maar minder naarmate de tijd vorderde; de meeste problemen zijn tijdig opgelost.
- Het gebruik van de ZentraCloud app (daarmee volgen we de hydrologie van de percelen en de sloten online/actueel) heeft geholpen qua sturing en begrip van de werking van de systemen. Dit heeft de betrokkenheid bevorderd van de agrariërs op de pilot en van de andere betrokkenen; een app op de mobiele telefoon was nog beter/gemakkelijker geweest.

- Regelbare drainage met subirrigatie vraagt aandacht, zorg, beheer en onderhoud. Dat kost tijd, elke week tijdens het gebruik ervan. De effecten ervan vallen of staan met de bediening van de systemen. Monitoring van bediening én van de effecten daarvan zijn en blijven daarom beide nodig; begeleiding hiervan ook, desgevraagd.
- De nieuwe vlotter en de ervaring van de boeren hebben ervoor gezorgd, dat er sinds 2022 gewerkt is een stabiel en vrijwel gewenst grondwatervolume.

Effecten op hydrologie

- Slooppeilen in de proeven zijn duidelijk verhoogd ten opzichte van de polderpeilen.
- De bediening van de systemen heeft een duidelijke invloed op de freatische grondwaterstanden; deze zijn hoger bij subirrigatie en lager wanneer er water wordt afgevoerd via de pomp in de regelput; de invloed is minder goed zichtbaar en minder groot in de gemeten bodemvochtgehalten, maar we zien wel een signaal in 2021. In het drogere jaar 2022 zijn de positieve effecten van de inzet van de systemen duidelijk groter. In 2023 is de inzet duidelijk effectief, totdat het in de loop van juli begon te regenen en de situatie buiten nat tot natter werd.
- Handwaarnemingen aan grondwaterstanden en slooppeilen zijn uitgebreid en nuttig geweest ter bewustwording, lering en controle.
- De subirrigatie zorgt door de ondergrondse toediening van water voor een minder grote, dan wel stabilisatie tot een stijging van de freatische grondwaterstand in tijden van een neerslagtekort. Daarmee leidt de subirrigatie tot doelbereik t.a.v. vernatting van de (klei-op) veenbodems, via de juiste instelling van vlotter en door gebruik te maken van pompen met voldoende capaciteit en PV-energie.
- De wateraanvoer naar de afgedamde kavelsloten zorgde binnen de groeiseizoenen voor hogere slooppeilen bij alle agrariërs; idem in het najaar van 2021, voorjaar van 2022 en in 2023; doelbereik hogere slooppeilen dan polderpeil is behaald. In de droge maanden van 2023 is de wateraanvoer (te gering) naar en het peilbeheer (iets lagere slooppeil) van de kavelsloop bij Verhoef iets achtergebleven bij de doelstelling.
- Slooppeilen in de polder pieken bij veel neerslag/zware buien, daardoor pieken ook de slooppeilen rondom de proefsloten, omdat deze dan niet kunnen afwateren. We zijn daarmee onder afvoer-omstandigheden afhankelijk gebleven van het beheer van het polderwater door WSRL; de daling van de piek in de slooppeilen van de proefpercelen zijn even snel als de daling van het polderpeil, totdat we via de dammen niet verder zijn gezakt met de peilen in de proefsloten.
- Op alle locaties laten sensoren in de pompput en in de drain (vrijwel) eenzelfde verloop zien van de waterstand. Dit betekent dat de drain met de sensor in goede verbinding staat met de put en water vrij de drains inloopt. De systemen hebben naar behoren gewerkt.
- Door uitval van druksensoren zijn er soms en tijdelijk gaten ontstaan in de meetreeksen. Deze zijn deels opgevangen met de gemeten waterstand in de drain, die in correct-bemeten tijdperiodes goed overeenkomt met de freatische grondwaterstand. Het grote voordeel van het meten is dat we onderlinge verbanden tussen de verschillende metingen zien en hebben gebruikt ter onderlinge controle.
- De metingen laten zien dat de grondwaterstanden op het proefperceel in natte perioden vrijwel gelijk (hoog) kunnen zijn aan die op het referentieperceel. De waargenomen gang is ook dan identiek, zolang er niet UIT wordt gepompt.
- Als het qua weer droger wordt, dan zijn de grondwaterstanden op het proefperceel duidelijk hoger en meer stabiel hoog, als gevolg van de subirrigatie en hogere slooppeilen. Dit is een positief resultaat van de proef. De proef creëert dus verschil in gemeten freatische grondwaterstanden, deze zijn doelbewust hoger.
- De verschillen in de metingen worden grilliger als er vaker en sneller met het systeem wordt gestuurd en wordt ingegrepen door water aan en af te voeren. Als we stabiele toestanden willen hebben op de percelen, dan is het advies niet te snel en niet teveel IN en/of UIT pompen. Beter niet UIT pompen, maar uit laten zakken.

- De proeven beïnvloeden de aanwezige kwel (deze wordt kleiner tot nul) en de wegzijging (deze wordt groter). Bij Baan is er sprake van een gemiddelde wegzijging-situatie (water van perceel stroomt van perceel naar deklaag) en bij Verhoef en Heikoop van een gemiddelde kwelsituatie (water stroomt van deklaag naar perceel).
- De sturing van de waterstand in de pompput is van groot belang en heeft extra aandacht nodig, met name in geval van een opbolling bij en na neerslag. De waterstand in de put moet bij deze systemen en drainafstanden duidelijk hoger zijn, om een vergelijkbare opbolling en freatische grondwaterstand te verkrijgen als bij een afvoersituatie zonder drainagebuizen (referentiepercelen). We zien dat tijdens een drainage-situatie mogelijk gemiddeld lagere grondwaterstanden op proefpercelen optreden, **als de waterstand in de pompput niet hoog genoeg wordt ingesteld.**
- In een aanvoersituatie door subirrigatie via de drainagebuizen vindt er een duidelijke vermindering en afvlakking van de uitholling plaats, uiteindelijk een verhoogde freatische grondwaterstand boven de drainbuizen. Er kunnen dus gemiddeld hogere grondwaterstanden gerealiseerd worden, zoals uit onze veldwaarnemingen blijkt. De drukhoogte is een directe maat/indicatie van eventuele droogtestress van het gras. Zuigspanning is een ander woord voor negatieve drukhoogte (min-teken; < nul). Plantenwortels nemen meer of minder water op als de drukhoogte in de bodem hoger is (natter) of lager is (droger). Een meting van het bodemvochtgehalte is hiervan een afgeleide. Dit komt door de bodemfysische eigenschappen van bodems, zo ook van (moerig) veen, via de pF-curve. Dus meer focus op meten van zuigspanning/negatieve drukhoogte.
- Er is een duidelijk hogere *watervraag* van de proefpercelen bij droog weer, met als positief en beoogd effect hogere bodemvochtgehalten en hogere grondwaterstanden. Aan deze watervraag moet dan wel voldaan kunnen worden vanuit de polder (inlaatwater voldoende). Vernatting op lokale schaal staat en valt met (zoet) waterbeschikbaarheid op regionale schaal, nu en met de in gang zijnde klimaatveranderingen (KNMI, 2023; Deltares, RWS, KNMI, 2023). Als er weinig water is, wordt de vernatting minder. Als er minder water komt richting 2050 (afvoer grote rivieren neemt af) én de watervraag toeneemt voor vernatting, dan vermindert de vernatting.
- Een systeem van regelbare drainage met subirrigatie is veel beter in staat om grondwaterstanden op percelen te sturen dan kavelsloten

Effecten op productie grasland

- Het effect van de proef op de productie van grasland (droge-stof / d.s. in kg/ha) is beperkt; er zijn op jaarbasis kleine verschillen gemeten tussen proef- en referentieperceel van Baan in de jaren 2021, 2022 en 2023.
- Het is de vraag of we met de huidige proeven ter vernatting te perceel Baan de d.s. productie van grasland significant (>10%) kunnen verhogen. De huidige cijfers maken daarin te weinig verschil en laten vrijwel geen verschil zien.

De rol van holle percelen en greppels

- De vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels maakt de sturing meer complex. Het maaiveld kan bol, vlak of hol zijn. Greppels zien we met name terug in het veld bij holle percelen. Daarmee komen de bodems van de greppels (in m+NAP) in de buurt van het polderpeil. Grondwater dat we via subirrigatie verhogen, kan aldus tot afvoer komen via de greppels, als deze kunnen afwateren naar de sloten. Een hogere peilsturing vanuit de pompput zal dan leiden tot meer afvoer van water, waardoor de stijging van de freatische grondwaterstand gelimiteerd wordt. Holle percelen en de aanwezigheid van greppels zijn beide apart en tezamen beperkend in het mogelijk verhogen van de grondwaterstand.
- Greppels kunnen veel water afvoeren. Greppelmanagement is belangrijk voor de hydrologie van een veenweideperceel.

Aanbevelingen

- Monitoring van het beheer van WIS systemen is essentieel. Monitoring via sensoren en handwaarnemingen aan grondwaterstanden, slootpeilen en debieten zijn belangrijk.
- VSM-metingen en -waterpassingen zijn waardevol voor feitenkennis inzake bodemdaling en correcte berekeningen aangaande deze.
- Bediening systemen en inzet greppels tijdens met name bij hoogwater blijven punten van aandacht.
- Management moet (nog) meer gericht zijn op het niet uitpompen van water via de drainagesystemen.
- Monitoring van de grasland-opbrengst is een wezenlijke effect monitoring. Gewasopbrengst verder vergelijken met ander onderzoek, te Zegveld, in situaties met plas-dras-proeven, projecten HDSR, GCK en onderzoek NOBV, Hoogwaterboerderij, ...; data en kennis delen.
- Bio-drains bij Verhoef opgraven na groeiseizoen 2023.
- Intensieve communicatie van (tussentijdse) resultaten van dit type projecten continueren; discussie met opdrachtgevers (PZH, PU, RMA) en met derden (NOBV-onderzoekers, VIC, WUR-WLR, Bureau B-Ware, ...).

Literatuur en bijlagen

zijn te downloaden via de website van Stichting BlauwZaam

Thema: Waterkwaliteit

Nico Jaarsma
Ecologie en Fotografie

BlauwZaam

Pilot drukdrainage Alblasserwaard-Vijfheerenlanden

Effecten op waterkwaliteit



Opdrachtgever: BlauwZaam, Rolia Wiggelinkhuijsen
Auteur(s): Nico Jaarsma
Rapportnummer: ALB01-1
Datum: 10 april 2024
Status: definitief

Website: www.nicojaarsma.nl

Samenvatting

Dit rapport gaat over de effecten van drukdrainage op de oppervlaktewaterkwaliteit. Het is gebaseerd op de analyse van meetgegevens van drie proeflocaties in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden, over de periode 2021 t/m 2023. In de proeven, met per locatie één proefperceel met drukdrainage én verhoogd slootpeil en één referentieperceel, zijn in- en uitgaande waterstromen voor het oppervlaktewater bepaald en is de waterkwaliteit van de perceelsslotten gemeten. Per proeflocatie zijn de waterstromen en de waterkwaliteit voor de situatie met- en zonder drukdrainage met elkaar vergeleken.

Uit de analyse blijkt dat drukdrainage leidt tot een toename van de waterstromen in de perceelsslotten, met name in de zomer. De inlaat van (rivier)water is in de sloten van de percelen met drukdrainage tot drie à vier keer zo hoog als in de situatie zonder drukdrainage (referentie). Ook neemt de afvoer van perceelwater naar het oppervlaktewater toe, vooral in de winter, maar ook in de zomer. In de zomer neemt de verblijftijd van het water in de sloten met drukdrainage af, tot circa de helft of eenderde van de verblijftijd in de referentiesloten.

Bij het effect van drukdrainage op de waterkwaliteit is onderscheid gemaakt in het effect op de stofconcentraties (het gehalte van een stof in slootwater) en het effect op de stofbelasting (de aanvoer van een stof) van de sloten.

Een eenduidig effect van drukdrainage op de concentraties van stoffen is binnen de onderzoeksperiode niet gevonden. Logische verschillen tussen drukdrainage en referentie zijn er soms wel, maar vaak ook niet. Bovendien zijn de patronen niet voor alle pilots gelijk. Opgemerkt moet worden dat de meetperiode drie jaar omvatte en dat voor bepaling van effecten op waterkwaliteit op de (middel)lange termijn langer en daarnaast ook soms anders gemeten moet worden.

Het effect van drukdrainage op de stofbelasting van de sloten geeft wel een duidelijk beeld. In vrijwel alle gevallen neemt de belasting toe, vooral in de zomer. Voor een belangrijk deel komt dat door de toename van de inlaat van rivierwater. Voor een deel ook doordat er meer grondwater wordt afgevoerd. Dit geldt voor de korte termijn, voor de lange termijn is de vraag hoe de kwaliteit van het bodemvocht en grondwater in de percelen onder invloed van drukdrainage zal veranderen. De hogere belasting door inlaatwater is echter blijvend.

De toegenomen toevoer van nutriënten (voedingsstoffen zoals fosfor en stikstof) in de zomerperiode vormt een risico. Hierdoor kan een eventuele nutriëntenlimitatie worden opgeheven, wat kan leiden tot overmatige planten- en algengroei. Bovendien worden ook andere stoffen zoals bicarbonaat en sulfaat aangevoerd, die de afbraak van organisch materiaal (o.a. veen) in de waterbodem stimuleren. Ook dit kan leiden tot een toename van nutriëntenbeschikbaarheid en via een toename van de waterhardheid tot negatieve effecten op de vegetatie in de sloten.

De verwachting is dat drukdrainage op langere termijn leidt tot minder veenafbraak (door zuurstof) en daarmee tot een lagere nutriënten- en sulfaatuitspoeling uit de percelen. Of dit zal gebeuren is echter onzeker, het inbrengen van (rivier)water met een andere chemische samenstelling kan ook leiden tot meer anaerobe afbraak (door nitraat of sulfaat). Op dat vlak zijn er nog veel vragen.

Ook de bodemsamenstelling is van belang. De verschillen in het aandeel klei tussen de pilotgebieden zijn waarschijnlijk niet alleen van invloed op de huidige waterkwaliteit, maar ook op de effecten van drukdrainage op de (toekomstige) waterkwaliteit. Dit verdient nadere aandacht.

Ten slotte wordt aanbevolen om de metingen te blijven voortzetten. De meetperiode in de pilots is relatief kort, verwacht mag worden dat de langetermijneffecten pas na enige jaren zichtbaar worden. Bovendien was er gedurende de meetperiode op alle locaties sprake van een trend in de waterkwaliteit, die zich pas eind 2023 leek te stabiliseren. Ook is de aanbeveling om tijdens kortdurende pieken in aan- en afvoer in het veld te gaan meten aan stofconcentraties.

Werkwijze, aanpak en aanpassingen 2021 - 2023

Aanpak

Grote lijnen aanpak bepalen effecten van drukdrainage:

- In beeld brengen van waterstromen oppervlaktewatersysteem;
- Koppelen van meetgegevens van waterkwaliteit aan deze waterstromen;
- Bepalen van belastingen voor verschillende bronnen in verschillende situaties.

Interpretatie van resultaten, balansen en meetgegevens.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving van de pilotgebieden gegeven. Er wordt ingegaan op de proefopzet, de meetlocaties en de hydro-morfologische kenmerken.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd en besproken. Eerst voor de hydrologie, dan voor de waterkwaliteit. Ten slotte voor de stofbelasting.

In hoofdstuk 4 worden de belangrijkste resultaten in samenhang bediscussieerd, worden conclusies getrokken over de (mogelijke) effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit en worden en aanbevelingen gedaan.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding In de pilot 'drukdrainage Alblasserwaard-Vijfheerenlanden' wordt onderzocht in hoeverre drukdrainage bodemdaling en CO₂-uitstoot kan verminderen, wat de gevolgen zijn voor de waterkwaliteit en natuurwaarden en in hoeverre dit kansen oplevert voor een duurzame melkveehouderij. In het kader van dit project zijn enkele percelen van de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden ingericht met een systeem voor drukdrainage en enkele delen gekozen als referentie. Wateraan- en -afvoer vindt plaats via afgedamde sloten. In beide situaties worden gegevens verzameld over de waterkwaliteit, de waterstromen en de ecologie (waterplanten). Nico Jaarsma is gevraagd de tijdens de pilot verzamelde gegevens te analyseren en hierover een korte rapportage (notitie) op te stellen.

1.2 Doel

Het doel is om de tijdens de pilot verzamelde gegevens, van waterkwaliteit, vegetatie en hydrologie, in samenhang te analyseren. Het achterliggende doel is om een inschatting te geven van het effect van drukdrainage op de fysisch-chemische- en ecologische kwaliteit van het oppervlaktewatersysteem.

1.3 Hypothese ten aanzien van de vraag

Alvorens de gegevens te analyseren is eerst een hypothese opgesteld over het effect van drukdrainage op de waterstromen en de te verwachten korte- en langetermijneffecten op de waterkwaliteit en ecologie. Hiervoor is het van belang om niet alleen te kijken naar de eventuele veranderingen in gehalten van relevante stoffen, maar ook naar de 'belasting'. De belasting is de hoeveelheid van een stof die per tijdseenheid wordt aangevoerd, vaak uitgedrukt per oppervlakte-eenheid water; voor fosfor (P) wordt dit bijvoorbeeld uitgedrukt als mgP/m²/dag. Stoffen worden meestal aangevoerd via waterstromen zoals inlaat, uitspoeling of neerslag. De belasting wordt dan berekend door het debiet te vermenigvuldigen met de concentratie.

Tabel 8-1 geeft de verwachte effecten weer, hieruit is op te maken dat verwacht wordt dat de debieten van uit- en afspoeling en inlaat zullen toenemen door drukdrainage. Hoewel op korte

termijn onzeker is wat drukdrainage betekent voor de kwaliteit van het uit- en afspoelende water, wordt verwacht dat de belasting van het watersysteem met nutriënten en macro-ionen zal toenemen. Op lange termijn wordt juist verwacht (en beoogd) dat drukdrainage de veenafbraak zal remmen. De hypothese is dan dat de kwaliteit van uit- en afspoeling zal verbeteren. Hoe de belasting van het watersysteem hierdoor zal veranderen is de vraag, onderstaand wordt dit nader toegelicht.

Tabel 8-1: Verwachte effecten van drukdrainage op de water- en stofstromen naar het oppervlaktewater in de pilots. Effecten zijn weergegeven voor het debiet, de stofconcentratie en de bijdrage van de belangrijkste inkomende waterstromen aan de belasting van het watersysteem. Daarbij staat + voor een toename (van debiet, concentratie of belasting), - voor een afname, 0 voor geen verandering en ? voor onbekend. Onderscheid is gemaakt in stoffen (nutriënten, macro-ionen en ijzer) en effecten op korte- en lange termijn.

	neerslag	uitspoeling	afspoeling	inlaat
debiet waterstromen	0	+	+	+
waterkwaliteit korte termijn (gehalten)				
<i>nutriënten (N en P)</i>	0	?	?	0
<i>macro-ionen en ijzer (Cl, Ca, HCO₃, SO₄, Fe)</i>	0	?	?	0
waterkwaliteit lange termijn (gehalten)				
<i>nutriënten (N en P)</i>	0	-	-	0
<i>macro-ionen en ijzer (Cl, Ca, HCO₃, SO₄, Fe)</i>	0	-	-	0
belasting watersysteem korte termijn (mg/m²/dag)				
<i>nutriënten (N en P)</i>	0	+	+	+
<i>macro-ionen en ijzer (Cl, Ca, HCO₃, SO₄, Fe)</i>	0	+	+	+
belasting watersysteem lange termijn (mg/m²/dag)				
<i>nutriënten (N en P)</i>	0	?	?	+
<i>macro-ionen en ijzer (Cl, Ca, HCO₃, SO₄, Fe)</i>	0	?	?	+

Effecten op waterstromen

Op de effecten op de waterstromen is ook door Eertwegh en van Deijl (2022) al uitgebreid ingegaan. Daar ligt de focus echter vooral op de percelen, waarvoor geldt dat de in- en uitgaande stromen door drukdrainage toenemen. Omdat er in droge perioden actief water de percelen in wordt gepompt, neemt de toevoer van oppervlaktewater naar de percelen vooral 's zomers toe. Hierdoor stijgt de grondwaterstand (ofwel zakt deze minder ver uit). Wanneer er vervolgens een natte periode volgt, kan er juist weer een toename van uit- en afspoeling optreden, ook 's zomers. Voor bepaalde systemen geldt dat het ook mogelijk is om ook actief de grondwaterstand te verlagen (door via het drainagesysteem uit te pompen). Dit kan zowel 's zomers als 's winters tot extra uitgaande waterstromen (de percelen uit) leiden.

Bezien vanuit het watersysteem (perceel sloten) zijn de uitgaande posten van de percelen juist inkomend en andersom. Voor de oppervlaktewaterkwaliteit ligt de focus op de inkomende waterstromen[1], de belangrijkste zijn dan: directe neerslag, uit- en afspoeling van de percelen en inlaat (kwel is niet beschouwd). Onder invloed van drukdrainage veranderen deze als volgt:

- Uitspoeling (of afvoer via het drainagesysteem) neemt toe;
- Afspoeling (of oppervlakkige afvoer via greppels) neemt toe;
- Inlaat neemt toe.

De grootste effecten op de inlaat treden op gedurende droge (zomer)perioden, wanneer er water de percelen wordt ingepompt. In natte perioden (in de zomer) zal er mogelijk meer uit- en afspoeling plaatsvinden doordat de bodem voor een groter deel waterverzadigd is. De verwachte effecten in de winter zijn gering.

WaterkwaliteitsF op korte termijn

De effecten op korte termijn worden naar verwachting vooral gestuurd door de veranderingen in waterstromen. Hierdoor neemt de relatieve bijdrage van neerslag af en nemen de debieten van uit- en afspoeling en inlaat toe. Omdat er in de zomerperiode meer inlaatbehoefte is, wordt verwacht dat de waterkwaliteit eerder in het seizoen en in sterkere mate op die van het inlaatwater (rivierwater) gaat lijken. Aan het einde van de zomer/in het najaar mag worden verwacht dat er vanwege de hogere grondwaterstanden eerder uit- en afspoeling optreedt. Wat het effect hiervan is op de waterkwaliteit, hangt af van de samenstelling van het uitspoelende grondwater (zie kader).

Afgezien van de onzekerheden over de korte-termijneffecten op de grondwaterkwaliteit, is de verwachting dat drukdrainage leidt tot een toename van de debieten en daarmee van de belasting van het watersysteem met stoffen (o.a. N en P). Het leidt ook tot een andere verhouding van waterstromen en een andere chemische samenstelling. Dit laatste kan worden geïllustreerd aan de hand van IR-EGV diagrammen (zie aanpak).

[1] Dit is omdat met de inkomende waterstromen ook de stoffen worden aangevoerd, debiet en concentratie hiervan bepalen samen de belasting van het watersysteem met stoffen (o.a. nutriënten en macro-ionen). Tevens zijn inkomende waterstromen bepalend voor de verblijftijd van het water (T in dagen, gedefinieerd als volume/debiet per dag).

Effect van drukdrainage op grondwatersamenstelling en -kwaliteit?

De vraag is hoe de kwaliteit van uitspoelende grondwater op korte- en lange termijn verandert onder invloed van drukdrainage. Duidelijk is dat het aandeel oppervlaktewater in de percelen toeneemt, zonder drukdrainage is intrek gering en vormen neerslag (en kwel) meestal het grootste aandeel.

Hoe de kwaliteit hierdoor zal veranderen is eigenlijk op voorhand niet te zeggen, omdat er allerlei complexe biogeochemische processen plaatsvinden in de bodem. Deze zijn afhankelijk van de grondwaterstand, omdat ze ofwel in aanwezigheid of juist afwezigheid van zuurstof plaatsvinden. Juist bij afwisselend onverzadigde (zuurstofhoudende, aerobe) en verzadigde (zuurstofloze, anaerobe) condities, kunnen veel processen een rol spelen/gaan optreden die elkaar in tijd en ruimte afwisselen. Belangrijk zijn o.a. (Bloemendaal & Roelofs, 1988; Van Diggelen et al, 2020):

- Afbraak van organisch materiaal (o.a. veen, organische mest) onder zuurstofrijke omstandigheden;
- Oxidatie van pyriet (FeS_2) onder zuurstofrijke of nitraatrijke omstandigheden, hierbij komt naast sulfaat (SO_4^{3-}) in eerste instantie ook gereduceerd ijzer (Fe^{2+}) vrij, wat eventueel kan worden geoxideerd tot ijzerhydroxide. Deze processen zijn sterk verzurend. Afhankelijk van de zuurgraad en aanwezige bufferstoffen, zoals bicarbonaat en calciumcarbonaten, wordt dit zuur vervolgens geneutraliseerd. Hierbij komt een vergelijkbare hoeveelheid calcium (+ magnesium) vrij (zie kader op volgende pagina uit Van Diggelen et al, 2020);
- Afbraak van organisch materiaal onder zuurstofloze omstandigheden door o.a. nitraat (NO_3^-), ijzer (Fe^{3+}) en/of sulfaat (SO_4^{2-}).

Globaal geldt dat de processen onder zuurstofrijke (aerobe) omstandigheden verzurend zijn; er komt zuur (H^+) bij vrij. De afbraak kan door die verzuring worden geremd. De anaerobe processen zijn juist zuur-consumerend, hierbij wordt bicarbonaat (HCO_3^-) geproduceerd, wat zorgt voor buffering en pH stijging.

Bij de afbraak van organisch materiaal in de percelen komen nutriënten (PO_4 en NH_4) en CO_2 vrij, deze kunnen via de uitspoeling in het oppervlaktewater terechtkomen. IJzer en sulfaat spelen een cruciale rol bij zowel de anaerobe afbraakprocessen als bij de binding van fosfaat. Een overmaat aan ijzer (ten opzichte van zwavel) is gunstig, enerzijds zorgt dit voor binding (vastlegging) van fosfaat in de (water)bodem en anderzijds voorkomt een overmaat aan ijzer het optreden van sulfidotoxiciteit in de waterbodem.

De resulterende grondwaterkwaliteit -en daarmee de oppervlaktewaterkwaliteit- is dus in belangrijke mate afhankelijk van de processen in de bodem. Drukdrainage kan deze beïnvloeden door:

1. Beïnvloeding van de grondwaterstand, waardoor een groter deel van de bodem waterverzadigd blijft en naar verwachting grotendeels anaeroob;
2. Te zorgen voor een toename van de toevoer van stoffen via het oppervlaktewater naar het grondwater zoals zuurstof, sulfaat, nitraat en bicarbonaat, die van invloed zijn op (afbraak) processen in de bodem.

Het beoogde effect van drukdrainage is om op langere termijn de veenafbraak onder invloed van zuurstof te verminderen via (1). Een punt van zorg hierbij is de aanvoer van stoffen (2) die ook in de verzadigde zone kunnen zorgen voor het optreden van veenafbraak.

Waterkwaliteitseffecten op lange termijn

Door het inbrengen van oppervlaktewater in de percelen, veranderen er allerlei zaken. Zo blijven voorheen uitdrogende bodemlagen nu (jaarrond) verzadigd (en naar verwachting grotendeels zuurstofloos), waardoor de aerobe veenafbraak (onder invloed van zuurstof) wordt geremd. Maar er wordt nu oppervlaktewater ingebracht met o.a. NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- en zuurstof, wat een effect heeft op de anaerobe afbraak (onder zuurstofloze condities). Dit zijn complexe processen, die zich ook veelal op langere termijn afspelen. Sommige effecten zijn echter ook mogelijk al eerder zichtbaar. Zo is bijvoorbeeld een toename van de belasting van het watersysteem met ammonium goed denkbaar (vanwege de anaerobe condities in de bodem, waardoor ammonium niet wordt omgezet in NO_3^-). Er zal worden geprobeerd om op basis van meetgegevens, veldwaarnemingen en literatuur te duiden wat er nu al gebeurt en wat er naar verwachting in de toekomst zal gebeuren.

Effecten op de vegetatie

De veranderingen in waterstromen, waterstanden, verblijftijden, belasting en waterchemie kunnen ook van invloed zijn op de vegetatie. De meetperiode is echter kort en effecten op de vegetatie mogen alleen worden verwacht bij grote veranderingen in de standplaatscondities van de vegetatie. Lastig is dat er niet alleen drukdrainage is toegepast, maar dat dit is gecombineerd met een verhoging van het waterpeil. De vraag is of eventuele waargenomen veranderingen te relateren zijn aan drukdrainage of peilopzet en of dit wel te onderscheiden is van de natuurlijke (jaar-op-jaar) variatie.

De hypothese luidt daarom dat er géén merkbare veranderingen in de vegetatie zijn opgetreden.

Oxidatieprocessen in kattenklei (pyriet)bodems

Oxidatie van pyriet kan volledig of onvolledig verlopen. Wanneer de oxidatie onvolledig verloopt, komt er behalve SO_4^{2-} ook relatief goed oplosbaar gereduceerd Fe^{2+} vrij (reactie 1); bij een volledige oxidatie wordt ook het gereduceerde Fe^{2+} geoxideerd tot immobiele Fe(III)hydroxides (reactie 1 en 2 samen) (Singer, 2010).

1. $\text{FeS}_2 + 7 \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Fe}^{2+} + 4 \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+$ (onvolledige oxidatie)
2. $\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 8 \text{H}^+$ (samen met (1) volledige oxidatie)

Uit de reactievergelijkingen (1) en (2) blijkt dat de oxidatie van pyriet tevens leidt tot de productie van zuur (protonen, H^+). Via bufferreacties in de bodem kan dit zuur worden geneutraliseerd waardoor er netto geen, of in minder sterke mate verzuring plaatsvindt (geen of minder grote afname van de pH). Deze bufferreacties vinden plaats in verschillende pH-ranges (naar Ulrich, 1981; Goulding, 2016); tussen pH 6,8-8 vindt er bicarbonaat (HCO_3^-)-buffering plaats (reactie 3), vanaf pH 7 en lager vindt er buffering plaats door het oplossen van calciumcarbonaten (reactie 4 en reactie 5), en tussen pH 4 - 6,8 is er sprake van kationuitwisseling vanaf het bodemadsorptiecomplex (reactie 6).

3. $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
4. $\text{CaCO}_3 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{]-Ca}^{2+} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{]-2 H}^+ + \text{Ca}^{2+}$

Pyriet-oxidatie leidt in eerste instantie dus tot de vorming van equivalente hoeveelheden SO_4^{2-} en $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, waarbij Ca^{2+} het dominante kation is dat zorgt voor de buffering (reactie 6).

Bron: Van Diggelen et al, 2020

2 Kenmerken pilots en pilotgebieden

2.1 Korte beschrijving pilots

In de Alblasserwaard-Vijfheerenlanden doen drie agrariërs mee aan de pilots, dit zijn (Eertwegh en van Deijl, 2021):

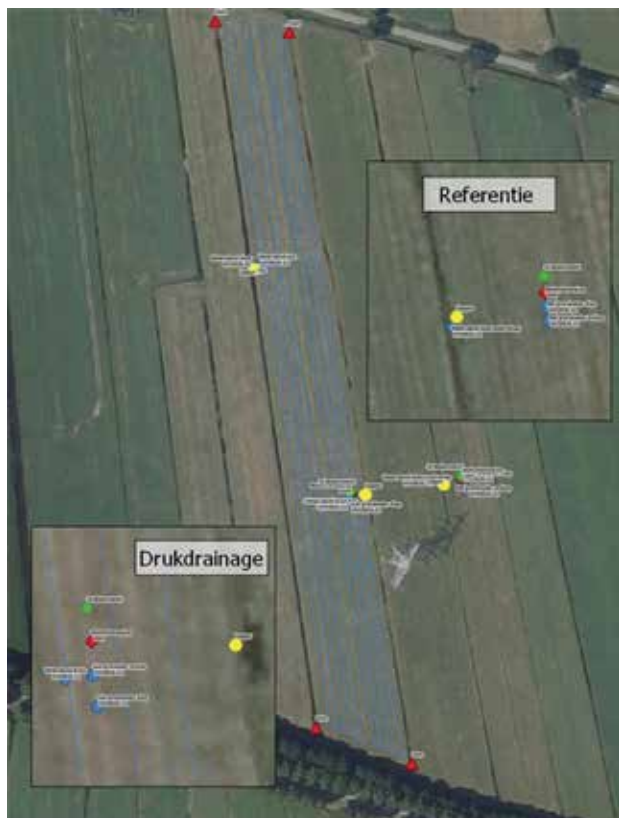
- Peter Heikoop: biologische melkveehouderij;
- Mattias Verhoef: biologische melkveehouderij;
- Kees Baan: gangbare melkveehouderij.

Het landgebruik betreft voor alle percelen permanent grasland. De bodem bestaat uit een teeltlaag, gevolgd door een venige kleilaag op veengrond, met een wisselende dikte van de venige kleilaag (15 à 20 cm). De percelen op de proeflocaties liggen veelal hol en hebben 1 tot 3 greppels. De drooglegging varieert bij winterpeil (WP) tussen 50 à 60 cm –m.v. Er worden zomerpeilen (ZP) gehanteerd die ongeveer 10 à 15 cm hoger zijn dan WP.

2.1.1 Proefopzet en metingen

Er is per deelnemer één proefperceel ingericht met drukdrainage. Bij een watervraag vanuit het perceel (dalende grondwaterstand), pompt het systeem water uit de naastgelegen aanvoersloot het perceel in. Bij een wateroverschot kan er water het perceel worden uitgedrukt (alleen bij Heikoop en Baan). In- en uitgaande debieten worden gemeten. De aanvoersloot is afgedamd en aan- (en afvoer)debieten worden eveneens gemeten. Het peil van de sloot is opgezet met circa 15 cm en wordt bemeten. In het perceel wordt de grondwaterstand gemeten. De sloot aan de andere zijde van het perceel met drukdrainage is eveneens afgedamd.

Bij elk van de drie proefpercelen is ook een nabijgelegen referentieperceel geselecteerd. Dit perceel staat onder invloed van de heersende polderpeilen. Grondwaterstanden worden bepaald door neerslag en verdamping, kwel en wegzijging en intrek, uit- en afspoeling, ze worden niet door drukdrainage beïnvloed. Ook hier worden oppervlaktewaterpeilen en grondwaterstanden gemeten.



De figuur laat de proefopzet zien voor deelnemer Baan. Voor meer informatie wordt verwezen naar (Eertwegh en van Deijl, 2021).

Naast de waterkwantiteit en (grond)waterpeilen worden door waterschap Rivierenland (WSRL) ook enkele waterkwaliteitsvariabelen gemeten. Dit betreft naast metingen op reguliere meetlocaties ook metingen specifiek voor de pilot. Onderstaande figuur geeft de meetlocaties per deelnemer weer.



Figuur 28: Ligging van de waterkwaliteits meetpunten voor de locaties Heikoop (links), Verhoef (midden) en Baan.

In tabel 9-1 zijn de kenmerken van de meetlocaties weergegeven. Per deelnemer is er een meetpunt 'Omgeving' gekozen, dit is representatief voor het oppervlaktewater in de omgeving (inlaatwater). Verder zijn er meetpunten in de aanvoersloten van de drukdrainage (Drukdrainage-Put-sloot), in de afgedamde sloten aan de andere zijde van het perceel met drukdrainage (Drukdrainage-sloot) in de referentiesloten (Referentie) en een éénmalige meting op 4 maart 2022 van de kwaliteit van het grondwater in de put van het drukdrainagesysteem (Putwater).

Deelnr Mp	Locatie	KRW	Bodem	X-coor	Y-coor	Type meetpunt
Heikoop BENL0176	Achterdijk - Achterdijk - Lang Nieuwlandsche Achterwetering	M1a	klei	129100	431738	Omgeving
BENL0598	Achterdijk - Achterdijk - c-watergang	M08	veen	130436	434319	Drukdrainage_Put-sloot
BENL0599	Achterdijk - Achterdijk - c-watergang	M08	veen	130743	434163	Drukdrainage-sloot
BENL0600	Achterdijk - achterdijk - b-watergang	M08	veen	130569	434365	Referentie
KLNIEUGEER01	Put_Heikoop	M08	veen	130602	434192	Putwater
Verhoef ALBL0037	Brandwijk - Ammersekade - Ammersche boezem	M10	veen	116722	436026	Omgeving
ALBL0449	Brandwijk - Brandwijksedijk - b-watergang	M08	veen	116290	434914	Drukdrainage_Put-sloot
ALBL0450	Brandwijk - Brandwijksedijk - c-watergang	M08	veen	116348	434744	Drukdrainage-sloot
ALBL0451	Brandwijk - Brandwijksedijk - c-watergang	M08	veen	116132	434786	Referentie
KLBRANBRAN01	Put_Verhoef	M08	veen	116311	434882	Putwater
Baan ALBL0019	Bleskensgraaf - Zijweg Graafdijk west - Achterwetering	M10	veen	114749	430967	Omgeving
ALBL0446	Bleskensgraaf - Kweldamweg - c-watergang	M08	veen	114395	429968	Drukdrainage_Put-sloot
ALBL0447	Bleskensgraaf - Kweldamweg - c-watergang	M08	veen	114395	430272	Drukdrainage-sloot
ALBL0448	Bleskensgraaf - Kweldamweg - c-watergang	M08	veen	114469	430145	Referentie
KLMOLEKWEL01	Put_Baan	M08	veen	114364	430179	Putwater



4 maart 2022 Éénmalige meting in de put. Toen heette de put nog "drukkast".

2.1.2 Hydromorfologische kenmerken

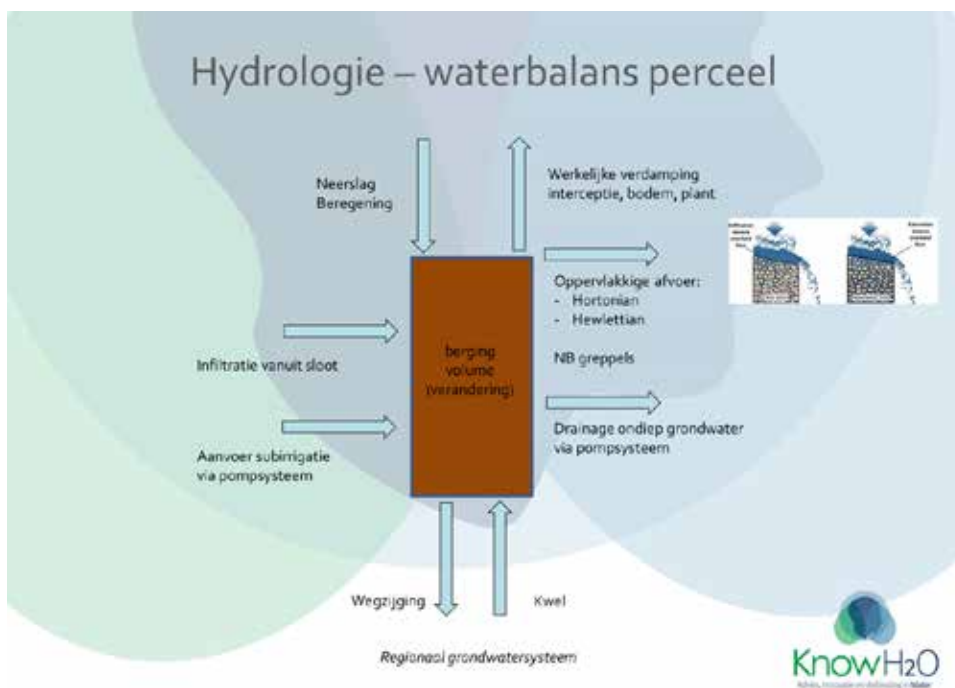
Om het effect van de drukdrainage op de belastingen te bepalen, is het eerst nodig om het effect op de waterstromen te kwantificeren. Daarvoor zijn waterbalansen van de sloten opgesteld. Hiervoor zijn verschillende hydromorfologische kenmerken van de systemen nodig. Onderstaand worden deze besproken.

De pilots liggen in de Alblasserwaard (Baan en Verhoef) en in de Vijfheerenlanden (Heikoop). Ze liggen in veengebied met smalle verkaveling en een relatief groot aandeel oeverlengte en open water. Volgens Eertwegh en van Deijl (2021) zijn de proefpercelen voor drukdrainage circa 3-4 hectare groot (zie Tabel 2-2). Aangenomen is dat het aandeel open water in het gebied 10% is, hiermee is het wateroppervlak berekend (voor de pilots is dit wellicht een overschatting). In de tabel zijn verder nog de volgende kenmerken opgenomen:

- Gemiddelde waterdiepte, op basis van metingen van WSRL;
- Gemiddelde slootpeil, op basis van waterpeil registraties tijdens de pilot;
- Peilmarge, afgeleid van de peilregistraties, maximale afwijking ten opzichte van het gemiddelde waterpeil;
- Maaiveldhoogte (mNAP). In het rapport van Eertwegh en van Deijl (2022) zijn (in de figuren met de grondwaterstanden ook) maaiveldhoogtes opgenomen. Deze worden in de balans gebruikt bij de grondwatermodellering, er wordt daarbij impliciet van uitgegaan dat de maximale grondwaterstand gelijk is aan de maaiveldhoogte;
- Minimum grondwaterstand, drukdrainage treedt in werking wanneer de grondwaterstand uitzakt tot beneden dit peil.

Tabel 9.2: Kenmerken van de pilotgebieden, DD = drukdrainage, Ref = referentieperceel.

deelnemer	oppervlakte (m ²)		waterdiepte (m)		gem. slootpeil (mNAP)		peilmarge (m)		maaiveldhoogte (mNAP)		min GWS (mNAP)	
	perceel	water	DD	Ref	DD	Ref	zomer	winter	DD	Ref	DD	ref
Baan	29524	3280	0.39	0.30	-2.11	-2.24	0.05	0.05	-1.75	-1.70	-2.10	n.v.t.
Verhoef	26184	2909	0.27	0.21	-2.07	-2.14	0.05	0.05	-1.70	-1.70	-2.10	n.v.t.
Heikoop	37081	4120	0.30	0.22	-0.71	-0.88	0.1	0.1	-0.55	-0.55	-0.80	n.v.t.

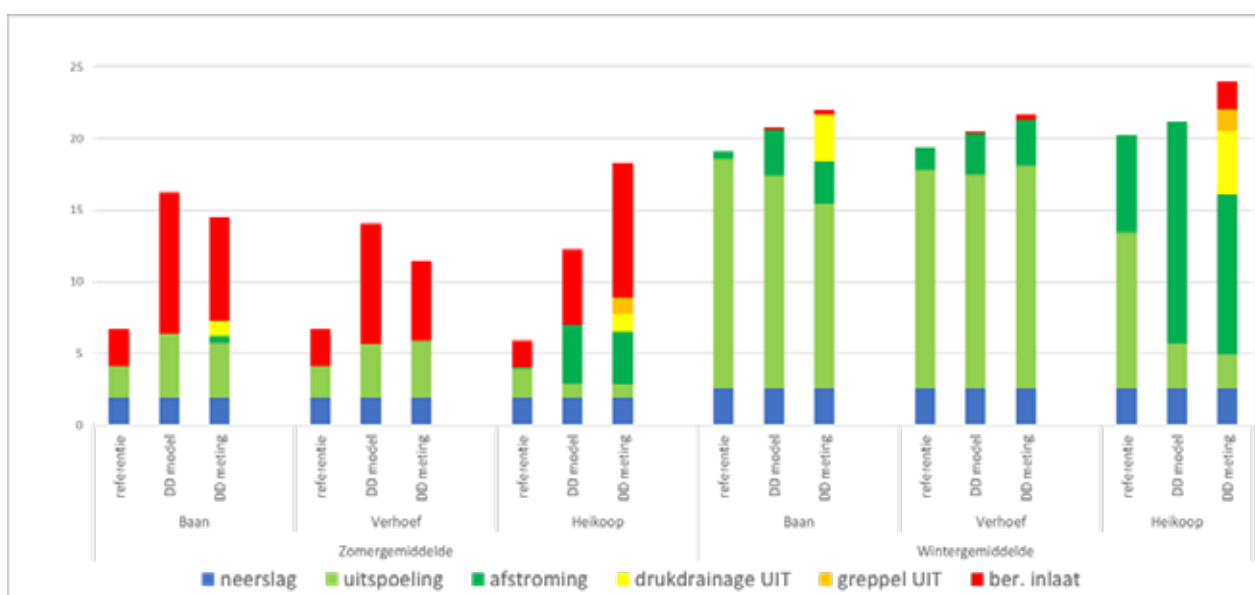


Resultaten

Effect van drukdrainage op waterstromen

Om het effect van drukdrainage op de waterstromen te bepalen zijn waterbalansen opgesteld. Hiervoor is de STOWA waterbalansmodule gebruikt (<https://www.stowa.nl/waterbalans>), met de uitgangspunten uit Tabel 9-2. Verder zijn de neerslag- en verdampingsreeksen (referentiegewasverdamping Makkink) van het KNMI gebruikt van station 356 (Herwijnen). Kwel en wegzijging zijn niet beschouwd, deze posten zijn lastig te kwantificeren en naar verwachting qua debieten niet zeer belangrijk (Eertwegh en van Deijl, 2021). In totaal zijn er 9 balansen opgesteld, per deelnemer de volgende:

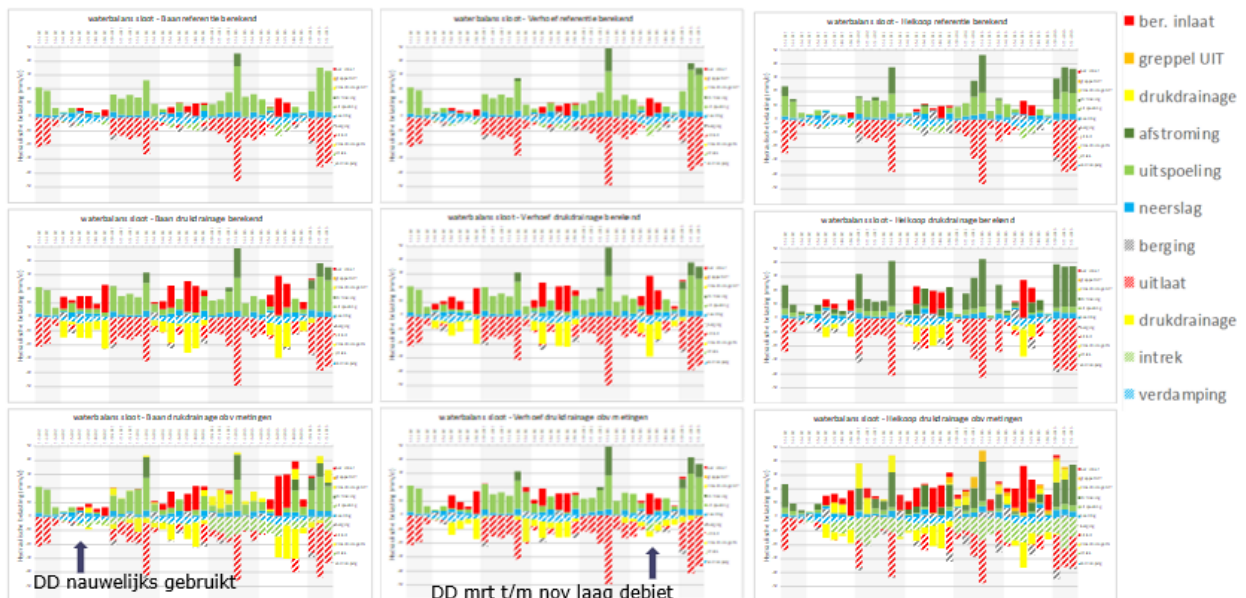
- 1. Waterbalans voor de referentiesituatie;** waterstromen worden berekend op basis van neerslag en verdamping en de kenmerken van het watersysteem (zie Tabel 9-2);
- 2. Waterbalans voor een gemodelleerde situatie met drukdrainage;** waterstromen worden berekend op basis van neerslag en verdamping en de kenmerken van het watersysteem (zie Tabel 9-2). Zodra de grondwaterstand echter beneden de minimum grondwaterstand zakt (respectievelijk -2,10 voor Baan en Verhoef en -0,80 voor Heikoop), wordt water vanuit de sloot het perceel ingepompt. Hierdoor neemt het watervolume in de sloot af en zakt het waterpeil, wat uiteindelijk tot inlaat leidt (tot het waterpeil weer binnen de aangegeven peilmarge komt). In het perceel neemt het grondwatervolume en daarmee de grondwaterstand toe, tot deze weer boven de minimum grondwaterstand stijgt;
- 3. Waterbalans op basis van metingen in de situatie met drukdrainage;** verschil met de vorige balans (2) is dat hier wordt gerekend met de daadwerkelijk gemeten debieten van de pilots drukdrainage. De metingen van 'perceel IN' wordt 'hard opgedrukt' als water dat vanuit de sloot het perceel wordt ingepompt. 'Perceel UIT' wordt juist hard opgedrukt als afvoer vanuit het perceel naar de sloot (hetzelfde geldt voor 'Greppel UIT'). Overigens berekent de balans naast de in- en uitgaande stromen van de drukdrainage, uiteraard nog steeds uit- en afspoeling en intrek. De drijvende kracht voor deze posten is het (berekende) peilverschil tussen grond- en oppervlaktewater.



Figuur 29: Inkomende waterstromen op het watersysteem in mm/dag voor de referentiesituatie, de gemodelleerde situatie met drukdrainage en op basis van metingen in de pilots drukdrainage, per deelnemer. Links de zomergemiddelde situatie, rechts wintergemiddeld.

Figuur 29 geeft voor de periode 2021 t/m 2023 per deelnemer de inkomende waterstromen weer voor de drie balanssituaties, uitgesplitst naar zomer- en winterhalfjaar. Dit is uitgedrukt als het daggemiddelde debiet in mm, voor het watersysteem (NB! Voor het aandeel water is uitgegaan van 10 % van het totale oppervlak). Uit de figuur is op te maken dat er vooral duidelijke effecten zijn van drukdrainage op de waterstromen in het zomerhalfjaar (mei – september), de effecten in het winterhalfjaar zijn relatief gering. Drukdrainage leidt in de zomer tot een toename van uit- en afspooling en - vooral - inlaat. Volgens de modelberekeningen kan de hoeveelheid inlaatwater wel met een factor 4 toenemen. De totale waterstroom neemt met een factor 2-3 toe, wat betekent dat de verblijftijd van het water in de zomer wordt verkort, eveneens met factor 2-3.

Wat verder opvalt is dat de toename van inlaat die wordt gemodelleerd (DD model), voor Baan en Verhoef groter is dan wanneer er wordt uitgegaan van de metingen (DD meting). In het geval van Heikoop is dat juist andersom, de metingen suggereren dat er meer is ingelaten dan er volgens de balansberekening nodig was geweest. Om deze uitkomsten goed te kunnen duiden moet echter in meer detail naar de balansen worden gekeken. In figuur 30 staan de maandwaarden van de in- en uitgaande waterstromen per situatie (inzoomen voor leesbare figuren). De figuren en de bijlagen zijn in een groter formaat te downloaden op de website van Stichting Blauwzaam.



Figuur 30: In en uitgaande waterstromen van de waterbalans op maandbasis voor Baan (links), Verhoef (midden) en Heikoop (rechts), voor de referentiesituatie (bovenste rij), DD-model (middelste rij) en DD meting (onderste rij).

Uit de figuren blijkt dat:

Overigens komt de door de balans berekende post ‘drukdrainage IN’, op basis van de watervraag van de percelen orde grootte goed overeen met de gemeten debieten van de ‘drukdrainage IN’. Dit geldt ook voor de inlaatdebieten en de oppervlaktewater- en grondwaterpeilen(*1) Dit geeft vertrouwen dat de balans het systeem goed beschrijft en dat de balansposten realistisch zijn, ook voor de referentiesituatie. De balans helpt daarmee om inzicht te krijgen in de waterstromen in een situatie mét en zonder drukdrainage.

(*1) Alle bijlagen worden vermeld op de website van Stichting BlauwZaam

Tenslotte is te zien dat de verschillen in de totale waterstromen voor het winterhalfjaar relatief gering zijn. In alle gevallen wordt er in een situatie met drukdrainage een toename van circa 10-15% in waterstromen berekend. Ten opzichte van de effecten op de waterstromen in het zomerhalfjaar is dit gering. Dit geldt naar verwachting ook voor de waterkwaliteit, waar de belastingen in het zomerhalfjaar direct van invloed zijn op de waterkwaliteit en ecologie. De vraag is echter wat het effect van drukdrainage is op de kwaliteit van het grondwater dat uit de percelen komt, hierop wordt onderstaand ingegaan.

Effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit

Met de beschikbare meetgegevens van waterkwaliteit zal worden geprobeerd om het effect van drukdrainage op de waterkwaliteit in beeld te brengen. Om de meetgegevens op een juiste manier te kunnen interpreteren, wordt eerst naar de globale (zomer- en wintergemiddelde) oppervlaktewaterkwaliteit van de pilotgebieden gekeken. Elk gebied is namelijk anders qua geografische ligging, hoogteligging, bodemsamenstelling, hydrologie en daarmee samenhangend qua waterkwaliteit.

3.2.1 Karakterisering van de waterkwaliteit in de pilots

In Tabel 10-1 staan de zomer- en wintergemiddelde waarden van enkele waterkwaliteitsvariabelen van het oppervlaktewater in de pilots (referentiesloot, drukdrainage-Put-sloot, drukdrainage-sloot en omgeving). Het betreft achtereenvolgens macro-ionen (chloride, calcium, bicarbonaat en sulfaat), ijzer, zuurgraad, nutriënten (ortho-P, totaal-P, nitraat, ammonium en totaal-stikstof), zuurstof, chlorofyl-a, kroosbedekking, waterdiepte, doorzicht en doorzicht/diepte. Uit de tabel valt het volgende op te maken:

- De sloten in de pilots zijn, met 20-40cm, ondiep tot zeer ondiep. De waterdiepte is 's zomers iets hoger dan 's winters (het peil staat 's winters lager). De geringe waterdiepte is van invloed op de waterkwaliteit via opwarming en indamping, zuurstofdynamiek, verblijftijd en nalevering vanuit de waterbodem;
- Het water is (zeer) zoet, chloride is 's zomers wat hoger door indamping (en inlaat) en lager in de winter door neerslaginvloed;
- Calcium en bicarbonaat (HCO_3) zijn in het algemeen hoog, het water is sterk gebufferd ($\text{HCO}_3 > 2 \text{ mmol/l}$). Uitzondering is Heikoop, waar het water in de drukdrainage sloten (DD-Put-sloot en DD-sloot) weliswaar een hoog calciumgehalte heeft, maar een duidelijk lager bicarbonaatgehalte heeft (matig gebufferd). De pH is hier ook het laagst en het water is licht zuur ($\text{pH} < 7$). Ook bij Heikoop is de DD-sloot licht zuur, maar deze heeft wel een hoog bicarbonaatgehalte;
- Sulfaatgehalten zijn opvallend hoog, in de winter ongeveer een factor 2 hoger dan in de zomer. Dit geldt voor alle locaties, maar de gehalten zijn vooral hoog bij Heikoop. Sulfaat komt vrij bij oxidatie van pyriet (FeS_2) in de bodem (zie kader in §1.3). Samen met de lage pH, lage bicarbonaat- en hoge calciumgehalten, wijzen de waterkwaliteitsmetingen in de drukdrainagesloot bij Heikoop het duidelijkst op pyrietoxidatie en het optreden van verzuring hierbij (zie ook figuur 3-3). Bij Verhoef is het ook te zien in de DD_Put-sloot, met hoog SO_4 en een lage pH. Echter ook op de andere locaties wijzen sulfaatgehalten op pyrietoxidatie, daar leidt het echter niet tot verzuring en laag bicarbonaat in het oppervlaktewater;
- Ook ijzergehalten (Fe) zijn bij Heikoop het hoogst, bij pyrietoxidatie komt ook ijzer vrij (zie kader in §1.3). Metingen van ijzer in oppervlaktewater zijn echter vaak maar beperkt informatief, omdat ijzer slecht oplost in water (neerslaat in aanwezigheid van zuurstof) en het water voor de analyse wordt gefilterd. IJzergehalten zijn dan ook in verhouding veel lager dan sulfaatgehalten. Het verdient aanbeveling om ijzergehalten in de land- en waterbodem te meten.
- Qua nutriëntengehalten wijkt de situatie bij Heikoop ook af. Hier worden de laagste

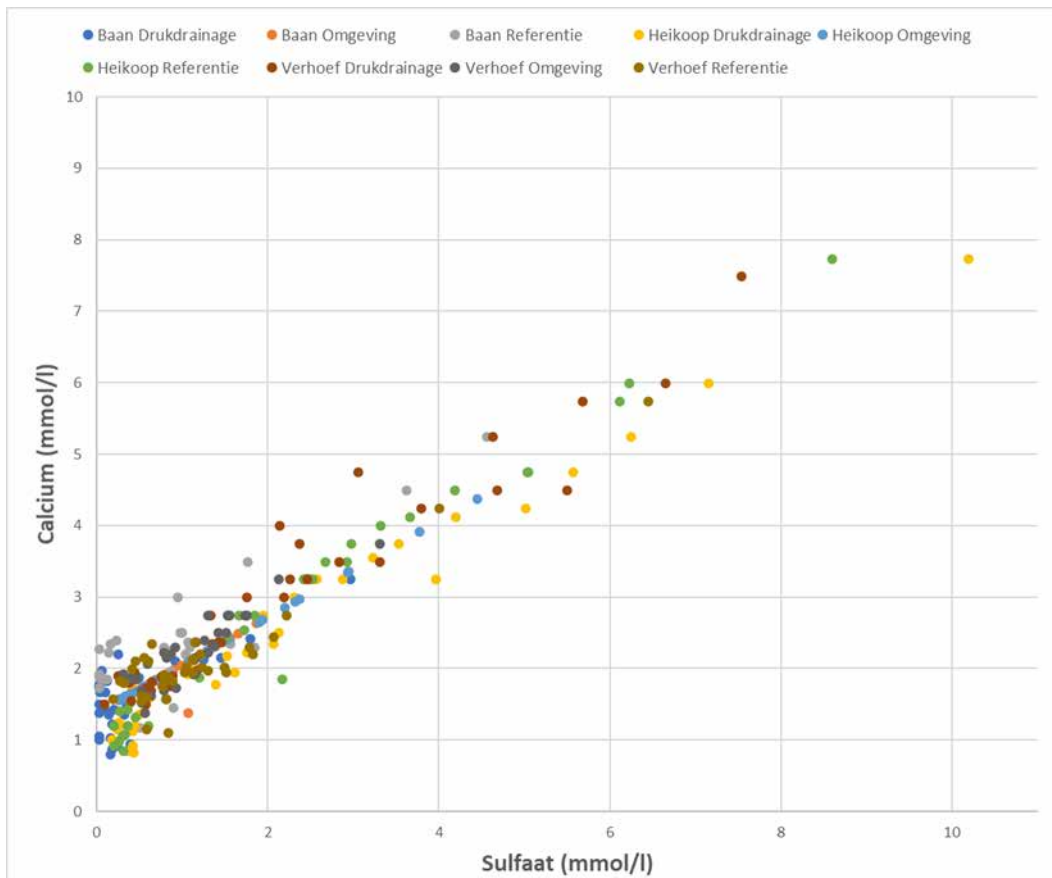
PO₄, totaal-P en NO₃-gehalten gemeten. NH₄ en totaal-N zijn redelijk vergelijkbaar met Verhoef. De fosfaatgehalten bij Heikoop voldoen aan de KRW-norm voor (veen- en klei) sloten (zomergemiddeld totaal-P < 0.22 mgP/l). Bij Baan liggen ze net boven de norm (drukdrainage) tot 50% boven de norm (referentie). Bij Verhoef ligt vooral het P-gehalte in de drukdrainagesloot ruim boven de norm. Stikstof ligt met uitzondering van de DD-sloot bij Heikoop, in alle kleinere perceelsloten ruim boven de KRW-norm van 2.4 mgN/l. In de wateren in de omgeving zijn de gehalten 's zomers duidelijk lager (door processen, met name denitrificatie en/of inlaatwater);

Tabel 10-1: Zomer- en wintergemiddelde waarden van enkele oppervlaktewaterkwaliteitsvariabelen van de pilotlocaties. Per deelnemer zijn de gegevens van het meetpunt in de referentiesloot, de drukdrainage-sloot en de omgeving weergegeven.

Naam	Omschrijving	Seizoen	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO ₃ (mmol/l)	SO ₄ (mg/l)	Fe (µg/l)	pH (-)	PO ₄ (mgP/l)	Ptot (mgP/l)	sNO ₃ NO ₂ (mgN/l)	NH ₄ (mgN/l)	Ntot (mgN/l)	O ₂ (%)	CHLfa (µg/l)	KROOS (%)	WATDTE (m)	ZICHT (m)	ZICHT/DIEPTE (-)
Baan	Referentie	zomer	77	98	3.93	78	1380	7.42	0.16	0.36	0.07	0.23	4.81	52	17	12	0.33	0.32	0.96
		winter	50	98	3.16	132	3108	7.36	0.08	0.32	0.63	1.28	5.95	62	30	7	0.28	0.25	0.91
	DD_Put-sloot	zomer	89	87	3.68	53	1202	7.37	0.09	0.23	0.15	0.40	3.83	48	14	11	0.41	0.39	0.96
		winter	52	89	2.87	103	2597	7.31	0.09	0.26	0.58	0.91	5.53	66	77	5	0.37	0.34	0.93
	DD-sloot	zomer	62	67	2.98	25	2449	7.52	0.07	0.28	0.18	0.14	5.15	64	54	7	0.35	0.33	0.95
		winter	43	57	2.15	53	2677	7.53	0.04	0.22	0.29	0.25	5.22	75	93	5	0.34	0.32	0.94
Omgeving	zomer	87		3.83	50	783	7.79	0.14	0.31	0.13	0.23	2.55	70	40	6	1.62	0.81	0.50	
	winter	67		3.38	110	2529	7.74	0.05	0.24	0.90	1.28	4.64	74	52	5	1.49	0.49	0.33	
Verhoef	Referentie	zomer	62	88	3.27	96	1855	7.52	0.11	0.37	0.04	0.23	3.83	72	55	7	0.23	0.21	0.93
		winter	22	82	2.50	130	2382	7.21	0.10	0.27	0.37	1.48	4.85	64	34	5	0.20	0.18	0.88
	DD_Put-sloot	zomer	73	108	3.06	125	3193	7.47	0.18	0.53	0.04	0.34	4.16	61	35	21	0.21	0.19	0.92
		winter	55	144	2.46	286	6804	6.72	0.31	0.58	0.14	2.56	6.52	47	24	5	0.19	0.18	0.93
	DD-sloot	zomer	79	88	3.50	84	932	7.89	0.39	0.66	0.05	0.22	2.91	85	34	13	0.27	0.26	0.97
		winter	52	89	2.81	123	1979	7.48	0.14	0.36	0.71	1.04	4.42	73	51	5	0.26	0.24	0.92
Omgeving	zomer	78	79	3.46	68	313	7.87	0.05	0.13	0.20	0.10	1.77	76	17	5	1.53	1.11	0.72	
	winter	50	94	3.00	133	1929	7.62	0.03	0.18	1.35	0.56	3.77	69	25	5	1.47	0.62	0.42	
Heikoop	Referentie	zomer	59	79	2.45	130	1676	7.89	0.02	0.14	0.05	0.05	2.43	98	29	5	0.26	0.25	0.97
		winter	50	143	2.68	295	4848	7.31	0.02	0.20	0.36	0.90	3.46	79	20	5	0.18	0.16	0.89
	DD_Put-sloot	zomer	60	99	1.57	208	3557	7.34	0.01	0.10	0.06	0.13	3.27	91	27	5	0.33	0.26	0.79
		winter	53	117	1.13	297	8365	6.93	0.03	0.16	0.13	1.43	4.49	71	25	5	0.28	0.22	0.80
	DD-sloot	zomer	60	69	2.16	113	2880	7.78	0.02	0.09	0.05	0.10	2.23	99	18	5	0.33	0.25	0.78
		winter	55	135	1.49	327	17756	6.69	0.04	0.20	0.09	1.17	4.27	62	20	5	0.27	0.20	0.75
Omgeving	zomer	59		3.35	61	1552	7.68	0.02	0.14	0.12	0.19	2.07	64	28	5	1.03	0.55	0.53	
	winter	44		2.80	194	3517	7.52	0.02	0.16	0.54	1.01	3.46	73	30	5	0.98	0.39	0.39	

- Zuurstofgehalten zijn vooral 's zomers in de perceelsloten van Baan vaak laag, het optreden van lage zuurstofgehalten in veensloten is niet verwonderlijk bij een geringe waterdiepte. Bij Heikoop zijn 's zomers de gehalten in de perceelsloten echter juist hoog, rond 100% verzadiging. Wellicht dat ook vermindering van zuurstofuitwisseling door kroos (bij Baan) of juist zuurstofproductie door ondergedoken waterplanten (bij Heikoop) hier een rol in spelen.
- Tenslotte is de meetwaarde voor het doorzicht vaak laag, deze wordt echter beperkt door de waterdiepte (doorzicht kan niet groter zijn dan de waterdiepte). In de laatste kolom staat doorzicht gedeeld door waterdiepte, daar is te zien dat zicht in de perceelsloten meestal vrijwel gelijk is aan de waterdiepte. In het water in de omgeving is dit niet het geval.

In figuur 31 is nog eens te zien dat calcium en sulfaat een 1:1 relatie vertonen, wat wijst op de processen die optreden bij pyrietoxidatie (zie kader in §1.3).



Figuur 31: Relatie tussen calcium en sulfaat in het oppervlaktewater. Beide zijn uitgedrukt in mmol/l, hieruit blijkt dat - bij een toename van het sulfaatgehalte - het calciumgehalte evenredig toeneemt (verhouding 1:1). Dit wijst op het oplossen van calciumcarbonaat als gevolg van verzuring bij pyrietoxidatie.

3.3. Patronen in waterkwaliteit in relatie tot drukdrainage

De maandelijkse waterkwaliteitsmetingen maken het mogelijk om een vergelijking te maken tussen sloten mét drukdrainage en de referentiesloten. Voor de sloten met drukdrainage is er nog onderscheid in de 'drukdrainage-put-sloot', waarlangs inlaatwater en drainagewater wordt aan- en afgevoerd en de sloot aan de andere zijde van het perceel ('drukdrainage-sloot'). Per deelnemer zijn hieronder de belangrijkste waterkwaliteitsvariabelen uitgezet voor deze meetreeksen. Daarnaast is er een reeks 'debiet gewogen gemiddelde concentratie' in de figuren opgenomen, dit is de gewogen gemiddelde concentratie in de belasting. Deze is berekend per maand door per bron de inkomende waterstroom (zie figuur 30) te vermenigvuldigen met de concentratie. Voor de concentraties is gebruik gemaakt van de volgende meetgegevens (zie ook Tabel 9-1) en aannames:

- Neerslag: referentiewaarden uit de STOWA-waterbalans voor Cl, P en N. Daarnaast is voor de verdeling van N in NH₄/NO₃ en voor SO₄ waarden gebruik gemaakt van een RIVM-rapport (<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/680720005.pdf>);
- Inlaat: maandelijkse waarde van het meetpunt in de omgeving;
- Uitspoeling: gemiddelde waarden per parameter van de wintermetingen in 2021 t/m 2023 in de referentiesloot, voor zowel de referentie als de situatie met drukdrainage. Idee

hierachter is dat gewoonlijk 's winters de uitspoeling veruit de belangrijkste bron is en processen in de winter op een laag pitje staan. Gekozen is voor de referentiesloot omdat die niet door drukdrainage wordt beïnvloed;

- Drukdrainage UIT: gebaseerd op de eenmalige metingen in de drukdrainage put (maart 2022);
- Afstroming: oppervlakkige afvoer via afspoeling of greppels, dit is gewoonlijk een fractie van de uitspoeling, in dit geval is 100% aangehouden (afstroming gelijk aan uitspoeling).

Van deze bronnen zitten de grootste onzekerheden in de grondwaterkwaliteit, dus de posten uit- en afspoeling en drukdrainage UIT. Bij het opstellen van de balansen bleek dat de gemeten chloridegehalten meestal goed konden worden gereproduceerd. Chloride is echter een conservatieve stof, deze verdwijnt niet door processen. Bovendien berekent de waterbalans ook de toename in de concentratie van chloride door indamping. Bij de berekening van de gewogen gemiddelden voor de andere stoffen gebeurt dit niet. Toch is dit zeker informatief en helpt het bij de interpretatie van de meetgegevens.

Vergelijking metingen met berekende concentraties in de belasting

In onderstaande figuren (bijvoorbeeld in figuur 32 voor sulfaat) zijn per deelnemer de meetwaarden in de sloten weergegeven. Daarnaast is door middel van gestapelde kolommen het berekende gehalte in de belasting weergegeven voor een situatie met drukdrainage. Dit laat naast de totale berekende waarde, voor iedere bron, de geschatte bijdrage in de concentratie (en relatieve bijdrage in de belasting) van stoffen zien. Per bron en stof is aangegeven welke concentraties zijn gebruikt bij de berekening van de belasting.

De concentratie in de belasting geeft houvast bij de interpretatie van de meetgegevens, het geeft als het ware een hypothese. Er zijn echter allerlei redenen waarom de meetwaarden kunnen afwijken van de berekeningen. 's Zomers zijn de debieten vaak laag en hebben allerlei processen een grote invloed op de waterkwaliteit. 's Winters spelen deze processen veel minder een rol en wijzen afwijkingen op een daadwerkelijke andere waterkwaliteit van de bronnen.

Naast concentratie van stoffen door indamping en opname van nutriënten door vegetatie of algen, zijn allerlei biogeochemische processen van invloed op de gehalten, zoals:

- Neerslagen: gereduceerd ijzer slaat neer wanneer het in contact komt met zuurstof. Hierbij wordt ook fosfaat gebonden, waardoor een (soms groot) deel van het fosfaat in de belasting, niet tot uitdrukking komt in de gemeten gehalten. Dit kan zowel bij uitspoeling of uitpompen uit het perceel optreden, als in de waterkolom op het grensvlak van aerob en anaerob (nabij de waterbodem);
- Nitrificatie en denitrificatie: door deze processen wordt ammonium omgezet in nitraat en nitraat in luchtstikstof. Hierdoor verdwijnt 's zomers een groot deel van het stikstof uit het watersysteem;
- Nitraat, ijzer- en sulfaatreductie: bij afbraak van organisch materiaal zoals veen, plantenresten of algen kunnen onder anaerobe condities nitraat, ijzer en sulfaat uit het oppervlaktewater worden gereduceerd. Sulfaat wordt omgezet in sulfide en bindt meestal aan ijzer, bij onvoldoende beschikbaarheid van ijzer kan hierbij veel P vrijkomen en kan sulfide toxisch worden.

3.3.1 Sulfaat als indicator voor oxidatieprocessen

Zoals in §1.3 is uitgelegd, is pyrietoxidatie een belangrijk proces in de veengebieden van de Alblasserwaard. Bij dalende grondwaterstanden komt er zuurstof in de bodem, wat leidt tot veen- en pyrietoxidatie. Het sulfaatgehalte in het oppervlaktewater is een bruikbare indicator voor de mate waar veen- en pyrietoxidatie in de percelen optreedt en tot uitdrukking komt in de waterkwaliteit. Dat laatste is uiteraard ook van belang, zonder uitspoeling is het ook niet zichtbaar in het oppervlaktewater. Sulfaatuitspoeling is daarom vaak hoog in een nat najaar, na een droge zomer. 2018 was een extreem droge zomer met lage grondwaterstanden, in veel veengebieden is in de jaren er na veel sulfaatuitspoeling te zien, zoals ook in de Alblasserwaard.

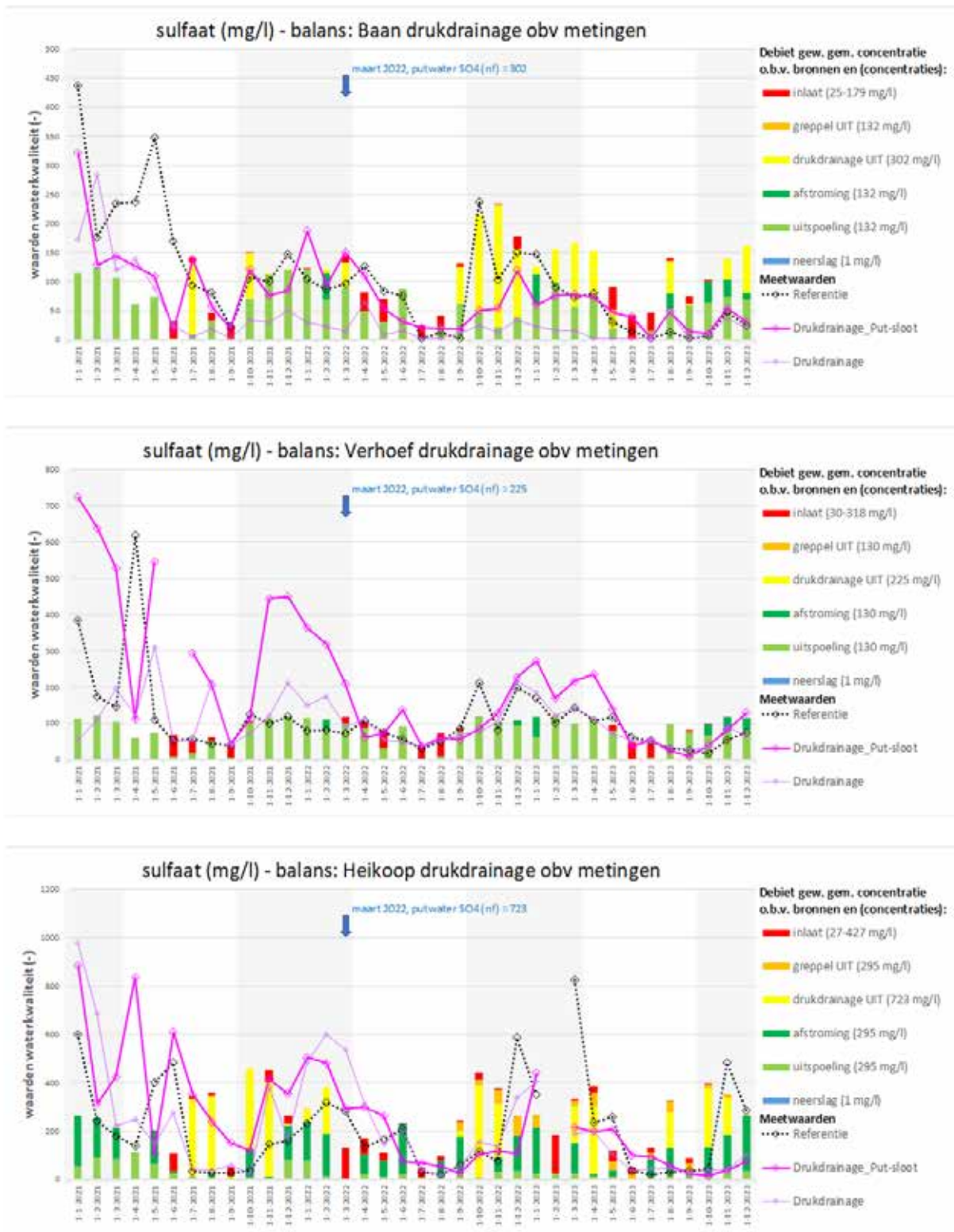
In alle sloten in de pilotgebieden, zowel die met als zonder drukdrainage, laten de pieken in de meetwaarden in het winterhalfjaar een hoge uitspoeling van sulfaat zien (figuur 3-4). Opvallend is dat in alle sloten de sulfaatgehalten het hoogst zijn in de eerste maanden van 2021. In de jaren daarna liggen ze lager, waardoor er sprake lijkt te zijn van een dalende trend. In absolute zin zijn en de meetwaarden hoog tot zeer hoog, enkele honderden tot bijna 1000 mgSO₄/l. Ter indicatie, voor zoete laagveenwateren gelden streefwaarden van circa 10-50 mg/l (Vermaat et al, 2013; Jaarsma et al, 2008). Hierboven neemt het risico op (interne) eutrofiëring sterk toe. De streefwaarden gelden vooral voor de (start van de) zomerperiode, wanneer sulfaat een belangrijke rol speelt bij de afbraak van organisch materiaal (veen, algen, plantenresten) in de waterbodem. Doordat sulfaat deze afbraak stimuleert, dreigt interne eutrofiëring waarbij veel nutriënten (fosfaat en ammonium) vrijkomen. Een hoge beschikbaarheid (overmaat) van ijzer in de waterbodem kan fosfaat echter weer binden en biedt dus enige 'bescherming' tegen interne eutrofiëring. Een overmaat aan ijzer zorgt er ook voor dat er geen sulfidotoxiciteit ontstaat, door het sulfide dat bij sulfaatreductie vrijkomt te binden.

De metingen laten zien dat de sulfaatgehalten aan het begin van het zomerhalfjaar nog hoog zijn en gedurende de zomer sterk dalen, o.a. door sulfaatreductie en inlaat van sulfaatarm water. Dit gebeurt zowel in de referentiesloot als de drukdrainage-sloten. Voor wat betreft de figuren per deelnemer valt het volgende op:

- Bij Baan zijn de absolute sulfaatgehalten het laagst. Opvallend is dat de 'drukdrainage-sloot' (de afgedamde parallelsloot aan de andere zijde van het drukdrainageperceel) vanaf juli 2021 vrijwel constant lage sulfaatgehalten heeft en er nauwelijks pieken zijn in de winter. Het verschil tussen de drukdrainage-Put-sloot en de referentiesloot is kleiner, hoewel de pieken in sulfaatgehalten in de referentiesloot hoger zijn;
- Bij Verhoef heeft de 'drukdrainage_Put-sloot' de hoogste sulfaatgehalten. Het verschil tussen de drukdrainage-sloot en de referentiesloot is gering, hoewel de sulfaatgehalten in de referentiesloot in de winter 2021-2022 wel duidelijk lager zijn. Er lijkt met name in 2021 meer sulfaat uit het drukdrainage-perceel te komen dan 'verwacht';
- Bij Heikoop zijn de absolute sulfaatgehalten het hoogst. De 'referentiesloot' heeft tot eind 2022 meestal vergelijkbare of lagere sulfaatgehalten dan de drukdrainage-sloten, maar vertoont daarna in de wintermaanden juist enkele pieken.

Conclusie is dat de jaarpatronen vrij duidelijk zichtbaar zijn, maar dat er geen eenduidig verschil is in sulfaatgehalten tussen drukdrainage- en referentiesloten. Echter, de indruk is dat de pilot (en dus de metingen) zijn uitgevoerd in een periode waarin de gevolgen van de droge zomer in 2018 nog steeds zichtbaar zijn. Daarvan lijken de drukdrainage-percelen soms wel sneller te 'herstellen', wellicht doordat het aanwezige sulfaat versneld wordt afgevoerd en de hogere grondwaterstanden de vorming van nieuw sulfaat door pyrietoxidatie verminderen. Om dat te kunnen bevestigen is een langere meetreeks nodig.

Sulfaat



Figuur 32: Verloop van de sulfaatgehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

3.3.2. Overige parameters

Hieronder is per (set van) parameter(s) kort beschreven wat de metingen laten zien en of dit te relateren is aan de drukdrainage. De figuren staan op de pagina's daaronder.

Calcium en bicarbonaat (figuur 33 en figuur 34)

Net als bij sulfaat, valt bij Baan ook het lagere calcium- en bicarbonaatgehalte in de drukdrainage-sloot op. Bij Verhoef zijn de calciumgehalten in de drukdrainagesloten met name in de winter hoger dan in de referentiesloten. Bij Heikoop is het beeld voor calcium minder eenduidig, hier valt vooral het verschil in bicarbonaatgehalte op tussen drukdrainage- en referentiesloten. De lage bicarbonaatgehalten in 2021 en 2022 wijzen op een lage buffercapaciteit. De zuurproductie wordt maar ten dele gebufferd, waardoor ook de pH daalt. Dit is een wezenlijk verschil tussen Heikoop en de andere deelnemers. De oorzaak ligt waarschijnlijk in een verschil in grondslag (meer klei), wat wellicht ook de verschillen in sulfaat, ijzer, nutriënten en hydrologie (afspoeling) kan verklaren.

Conclusie: drukdrainage lijkt voor calcium en bicarbonaat bij iedere deelnemer een ander effect te hebben, het lijkt bij Baan vooral te leiden tot lagere gehalten (ofwel een meer regenwaterachtig karakter) in de parallelle drukdrainage-sloot, bij Verhoef in de winter tot hogere calciumgehalten bij drukdrainage en bij Heikoop vooral tot een lagere buffercapaciteit en pH.

IJzer (figuur 35)

De gemeten ijzergehalten in de winter zijn bij Heikoop in de drukdrainage-sloten hoger dan in de referentiesloten. Bij Verhoef geldt dit alleen voor de drukdrainage_Put-sloot. De grondwatermetingen geven geen goed beeld van het ijzergehalte in het grondwater. Hierdoor zijn de verwachte gehalten in de belasting ook fors lager dan de gemeten gehalten.

Conclusie: de drukdrainage lijkt bij Verhoef en Heikoop te leiden tot hogere ijzergehalten in de sloten. De gehalten in het grondwater zijn niet goed in beeld.

Totaal-N, Ammonium en Nitraat (figuur 38, figuur 40 en figuur 41)

De gemeten totaal-stikstofgehalten bij Baan zijn voor de drukdrainagesloten redelijk vergelijkbaar met die van de referentiesloten. Bij Verhoef en Heikoop zijn met name de wintergehalten in de drukdrainage_Put-sloot hoog. Voor circa éénderde bestaat dit uit ammonium, met name bij Verhoef worden hoge NH₄-gehalten gemeten. De nitraatgehalten zijn meestal ongeveer de helft hiervan en lager dan die in de omgeving. Ongeveer de helft van het totaal-stikstof bestaat uit organisch stikstof, o.a. veendeeltjes.

Bij Baan én Heikoop worden vooral in het winterhalfjaar hogere stikstofgehalten verwacht (in de belasting). Deze verwachting is vooral gebaseerd op de metingen van hoge stikstofgehalten in de éénmalige meting van het grondwater en debietmetingen van de post 'Drukdrainage_UIT'. Dat de gehalten in de sloten lager zijn, betekent dat de gemeten grondwaterkwaliteit niet representatief is voor de jaarrond kwaliteit van het uitgedompte water.

Bij Verhoef wordt niet uitgedompt, opvallend is dat hier de stikstofgehalten in de drukdrainage_Put-sloot juist het hoogst zijn. Wellicht vindt er wel (versnelde) uitspoeling plaats via de drains.

Conclusie: Bij Verhoef en Heikoop lijkt de drukdrainage vooral in de winter te leiden tot hogere ammonium- en totaal-stikstofgehalten. De gehalten die bij Baan en Heikoop de drukdrainage uit komen, zijn echter lager dan verwacht op basis van de éénmalige grondwaterkwaliteitsmeting

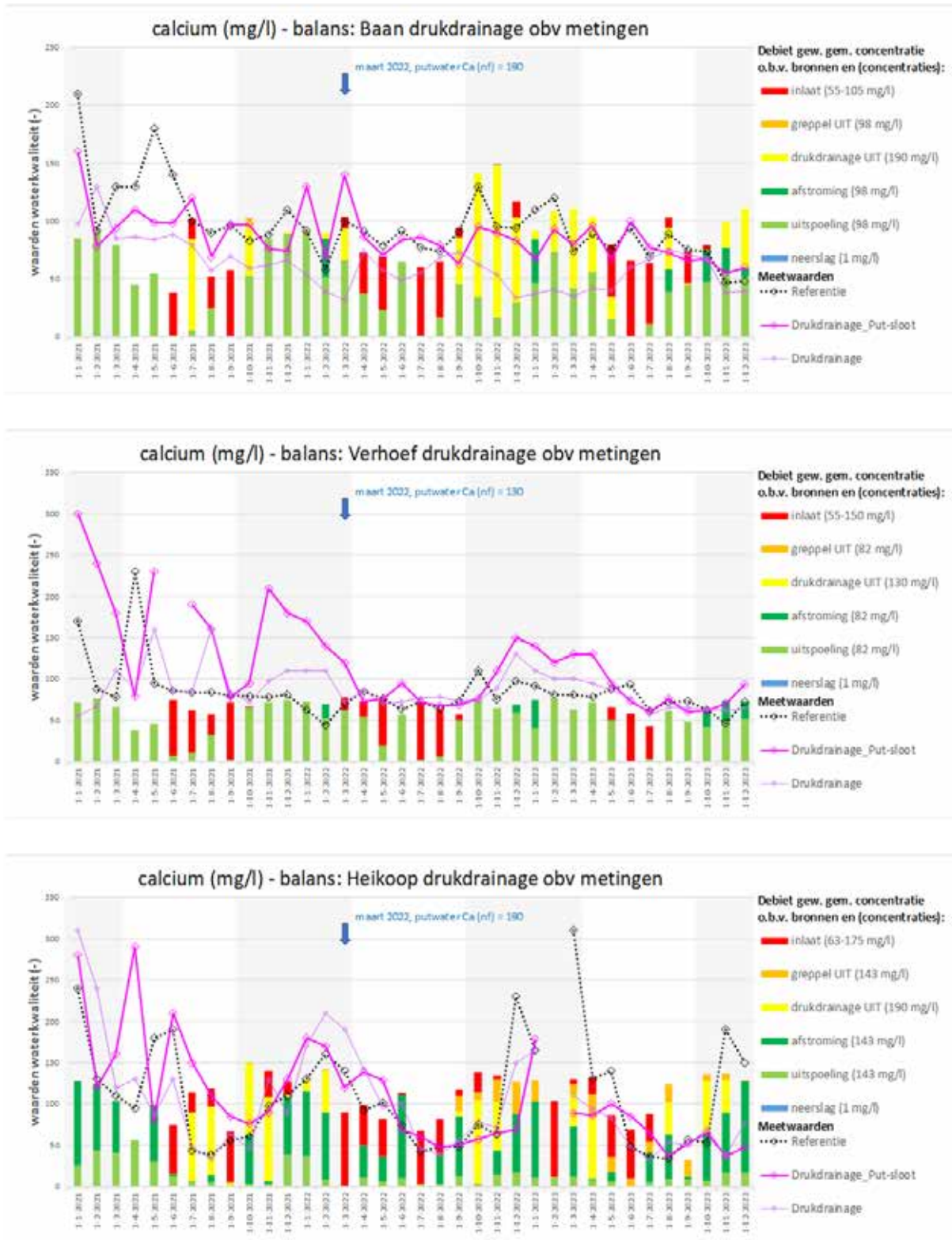
Totaal-P en ortho-P (figuur 36 en figuur 37)

De metingen van fosfaat laten een wisselend beeld zien. Pieken in opgelost fosfaat (ortho-P) in de zomer wijzen op nalevering door de waterbodem, rechtstreeks of via de biota (vegetatie). Deze zijn het duidelijkst te zien bij Baan (referentiesloot in 2021), Verhoef (alle jaren, echter de laatste jaren vooral hoge pieken in de drukdrainagesloten) en bij Heikoop een paar kleine piekjes in juni 2021. Pieken in de winter wijzen op uitspoeling, al dan niet via de drukdrainage. Ook hier valt Verhoef weer op door hogere pieken, met name in de drukdrainagesloten.

Totaal-P laat grotendeels hetzelfde beeld zien, met vaak iets hogere gehalten. Echter de totaal-P gehalten bij Verhoef in de droge junimaand in 2023 zijn wel erg hoog. De metingen laten zien dat de waterdiepte toen slechts 10-20 cm bedroeg, wat zeker van invloed kan zijn op de waterkwaliteit. De metingen van het grondwater laten echter ook zien dat de P-gehalten in het grondwater fors verschillen tussen deelnemers en bij Verhoef veruit het hoogst zijn. De hoge totaal-P gehalten, die bij Baan verwacht werden, in de belasting vanuit de drukdrainage, zijn niet gemeten in de sloten. Uiteraard kan (neerslag met) ijzer hierbij een rol spelen.

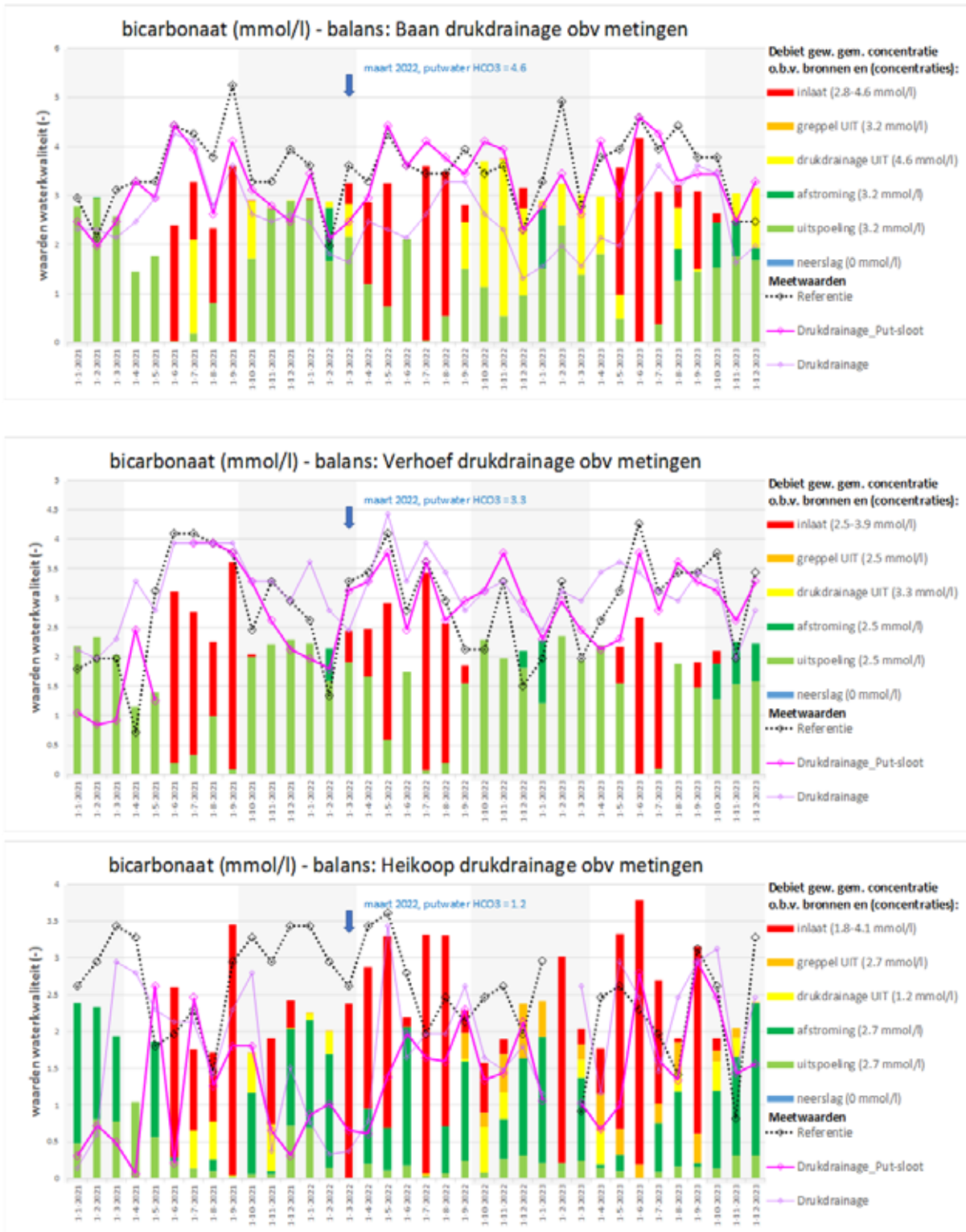
Conclusie: bij Verhoef zijn de P-gehalten zowel 's winters (uitspoeling) als 's zomers (nalevering) het hoogst in de drukdrainage sloten. Hier werden ook de hoogste P-gehalten gemeten in het grondwater. De hoge totaal-P gehalten in het grondwater bij Baan komen, via de drukdrainage UIT, maar beperkt tot uiting in de sloten.

Calcium



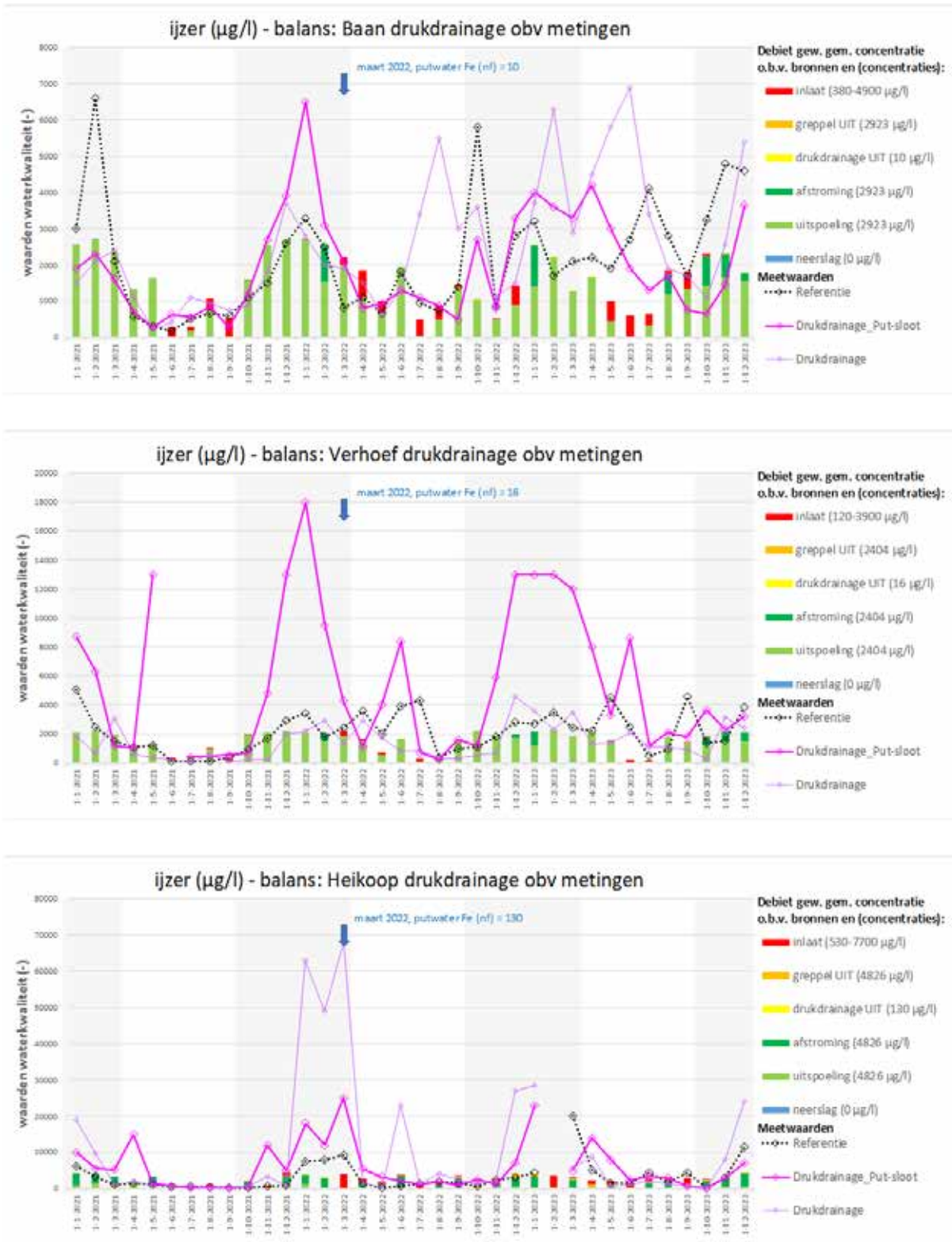
Figuur 33: Verloop van de calciumgehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

Bicarbonaat



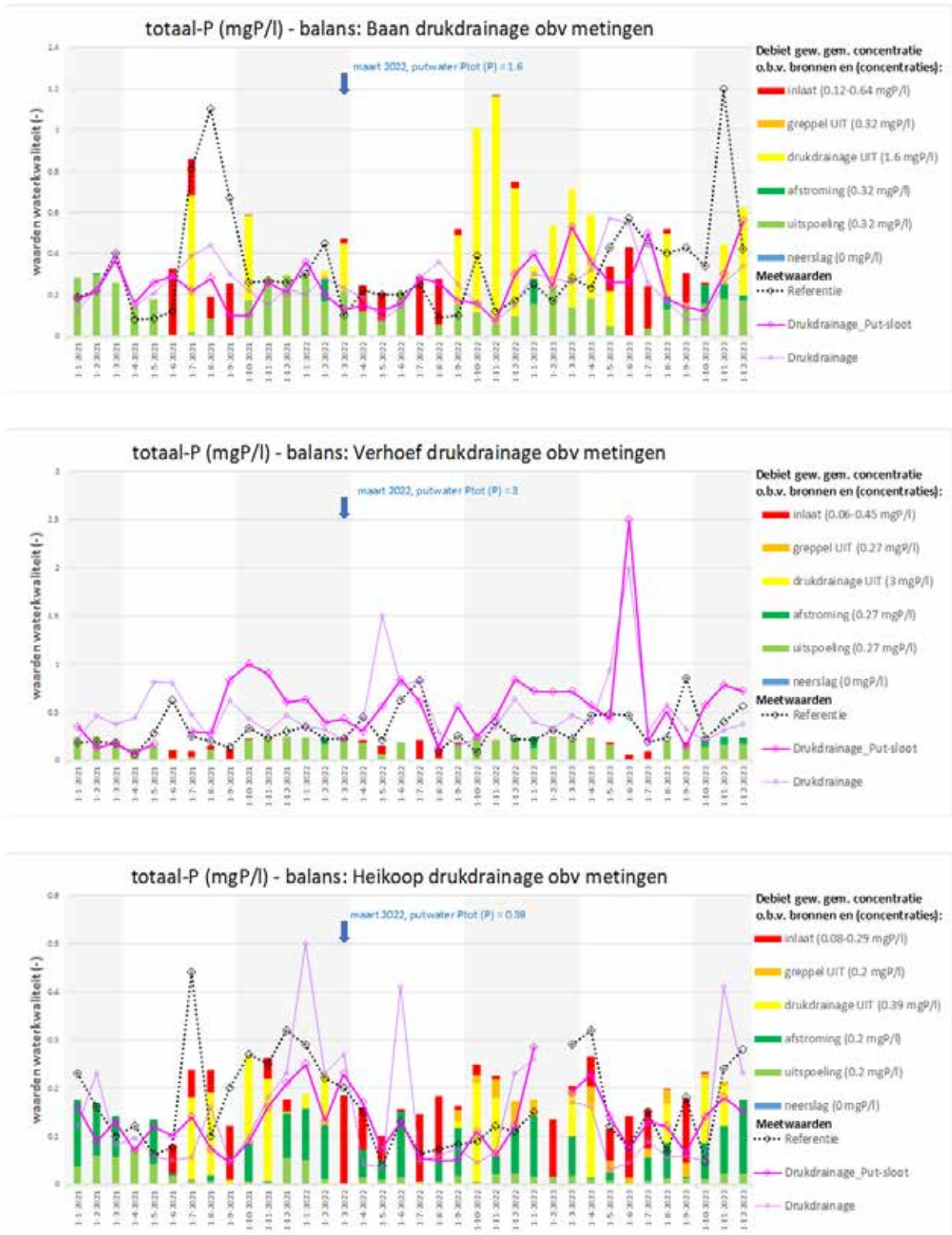
Figuur 34: Verloop van de bicarbonaatgehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

IJzer



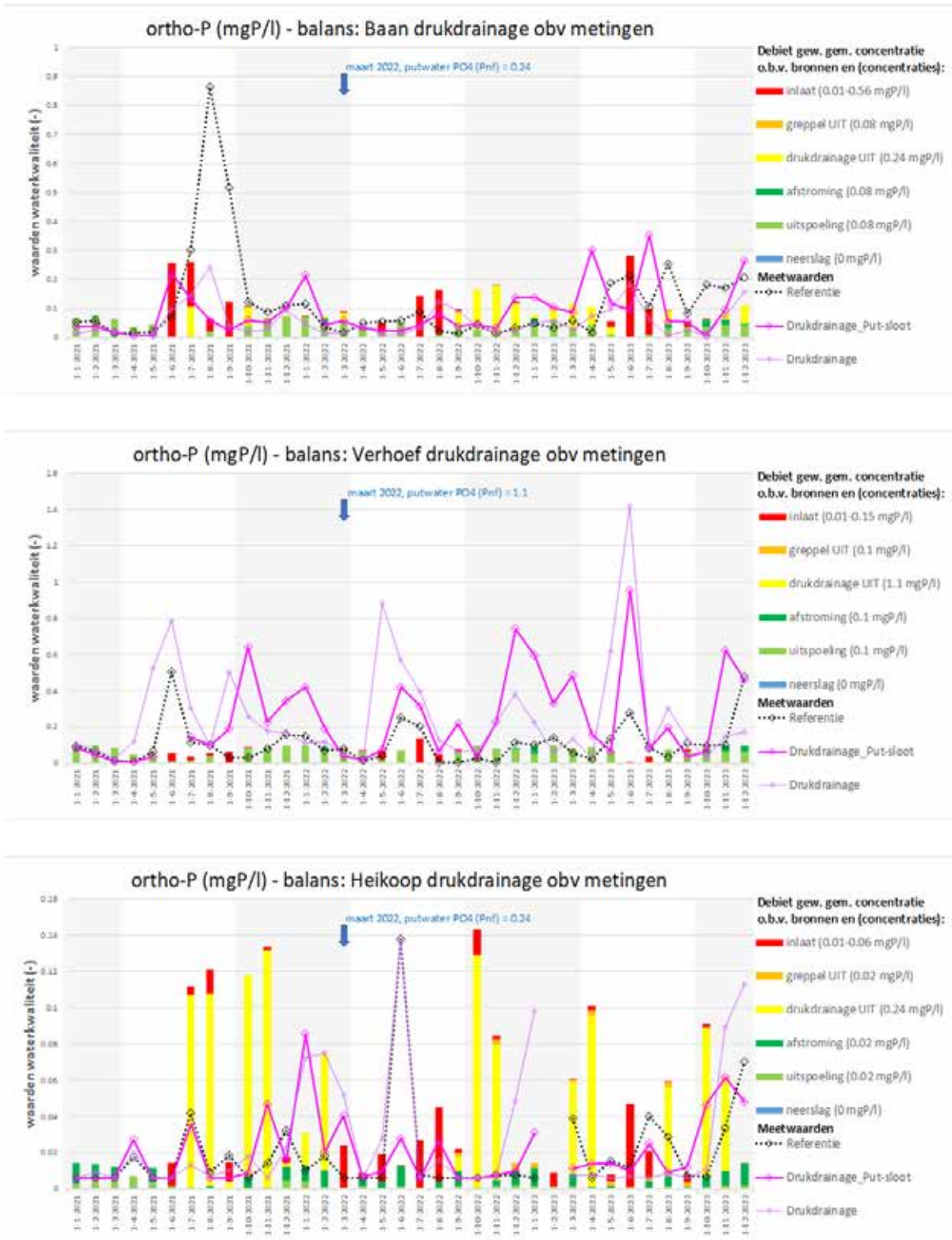
Figuur 35: Verloop van de ijzergehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

Totaal-P



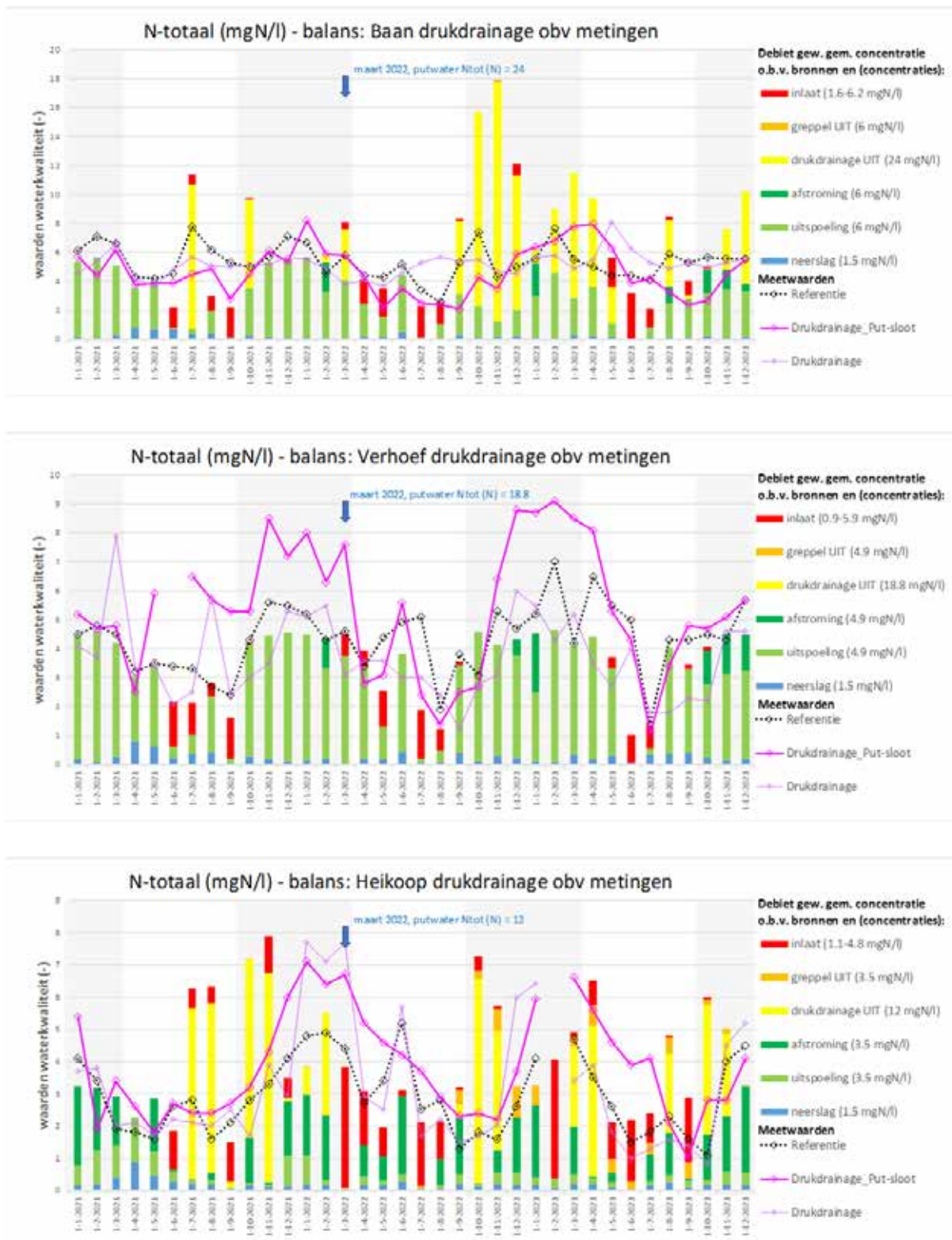
Figuur 36: Verloop van de totaal-P gehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

Ortho-P



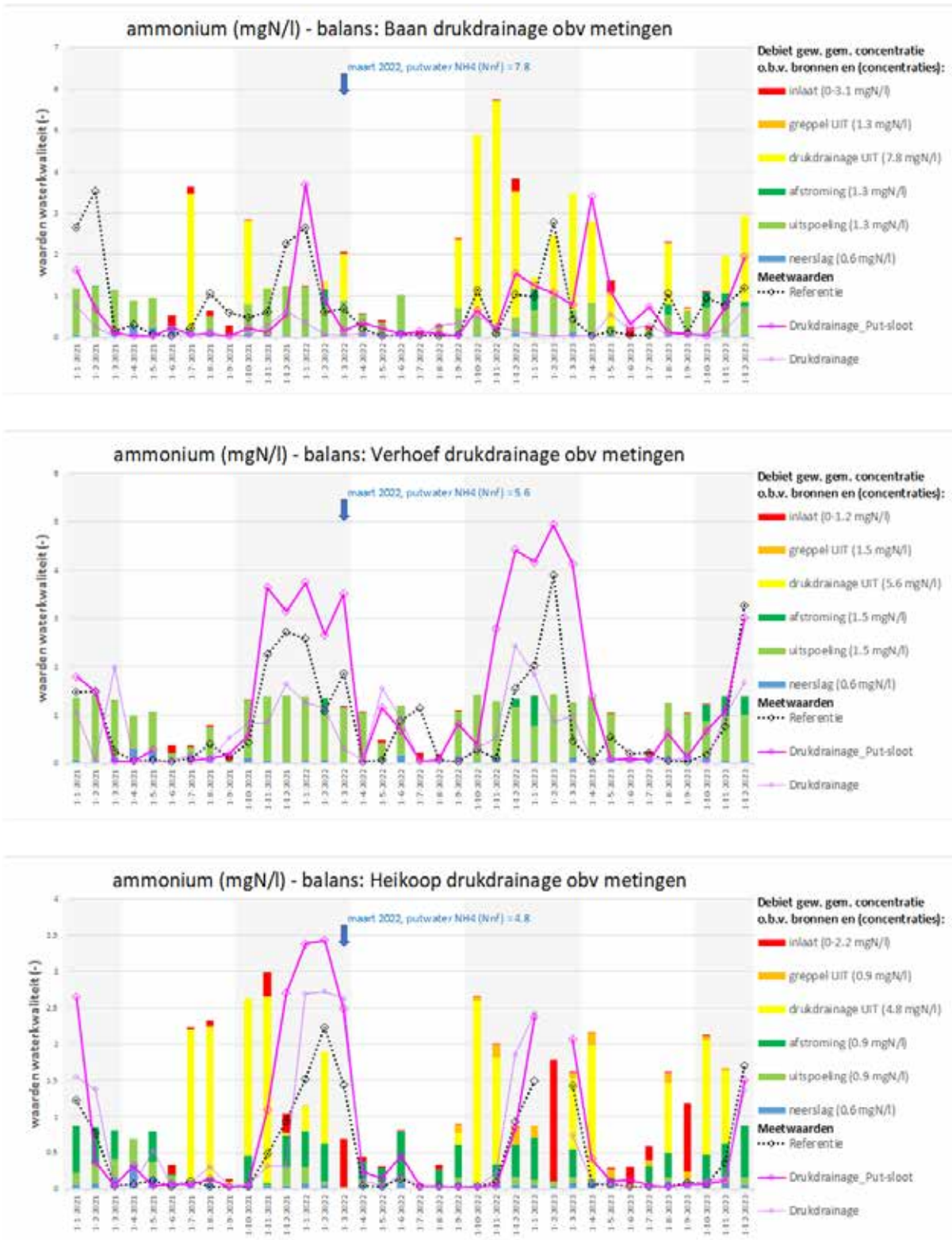
Figuur 37: Verloop van de ortho-P gehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

Totaal-N



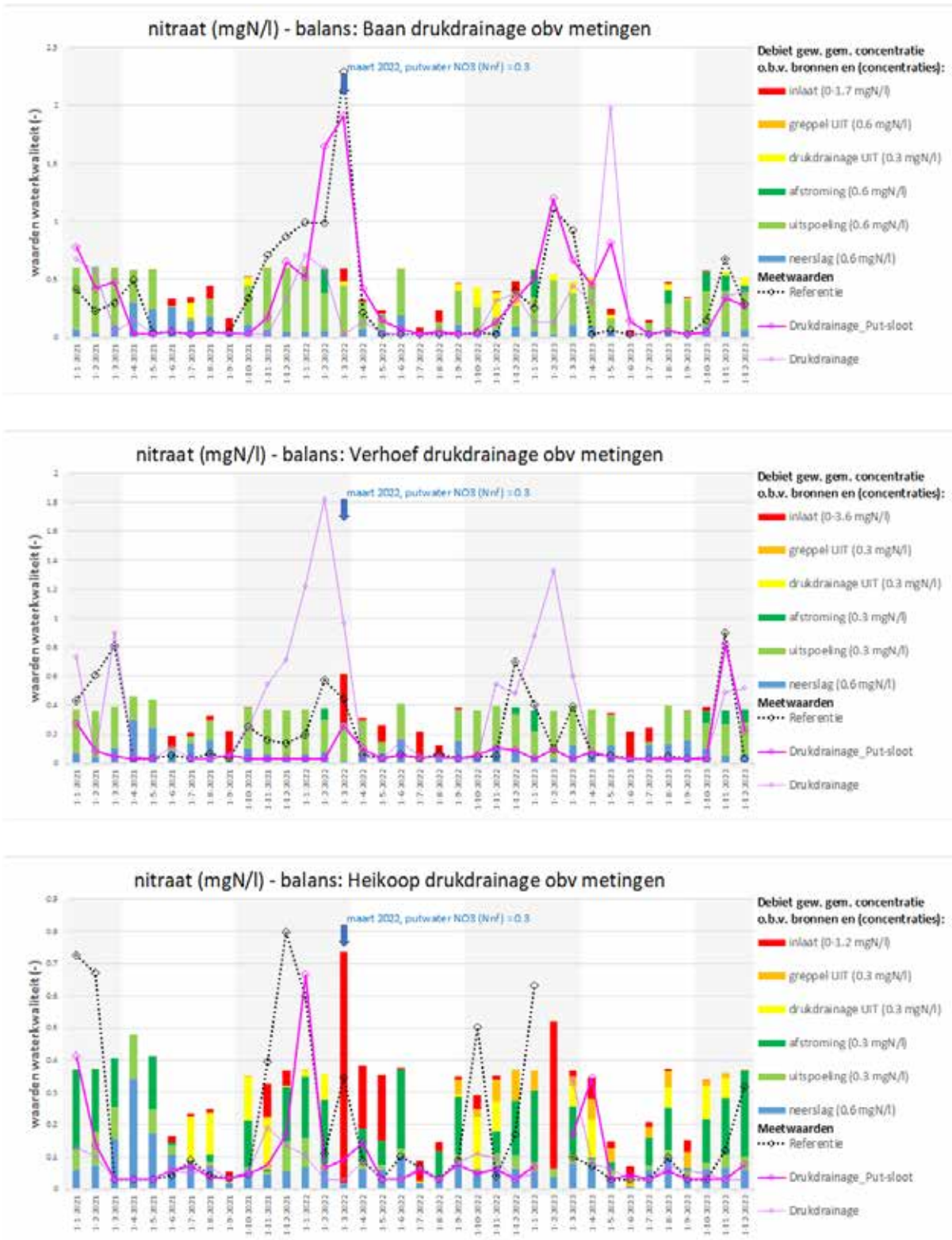
Figuur 38: Verloop van de totaal-stikstofgehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

Ammonium



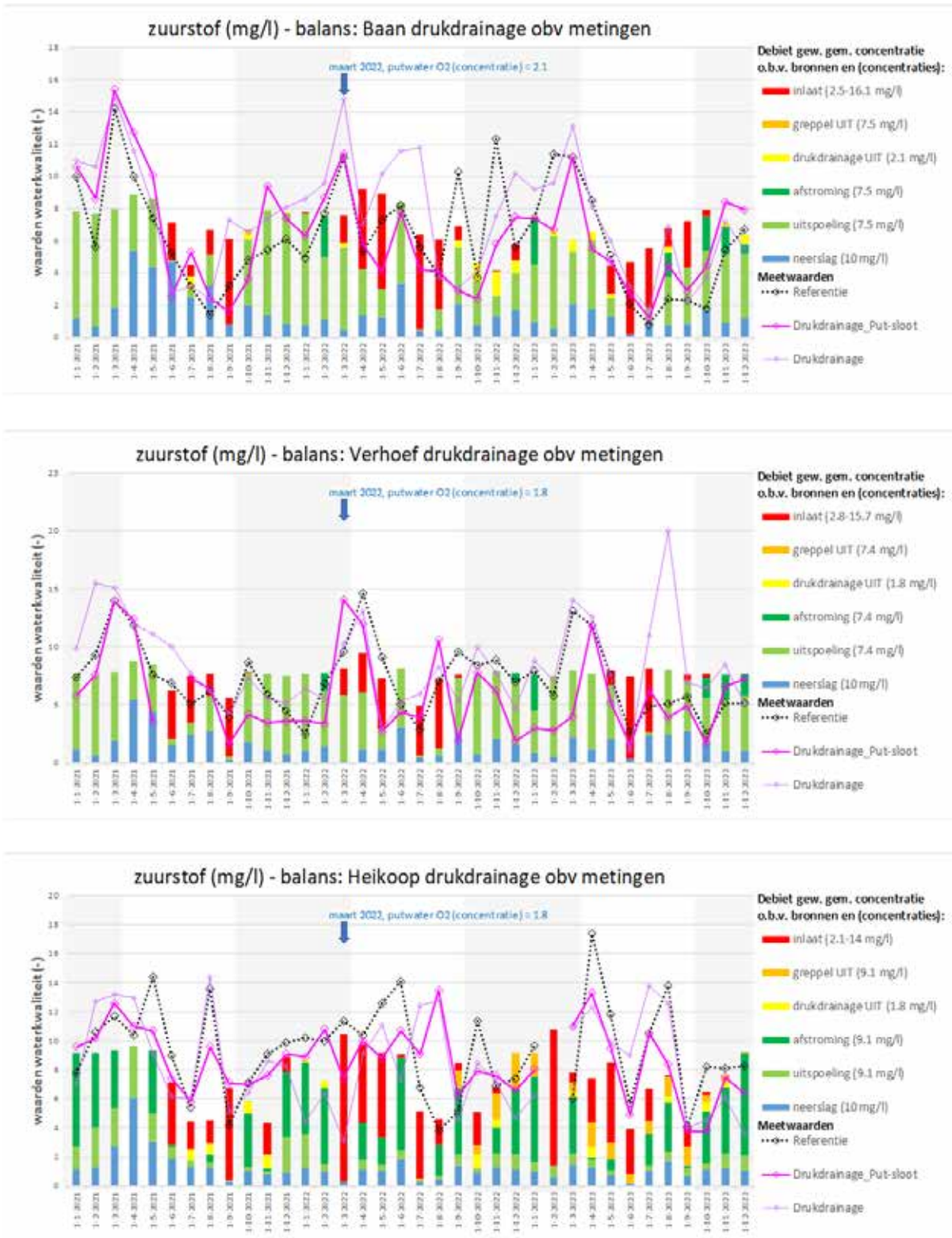
Figuur 40: Verloop van de ammoniumgehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

Nitraat



Figuur 41: Verloop van de nitraatgehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

Zuurstof



Figuur 42: Verloop van de zuurstofgehalten in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

3.3.3. Ionenratio en IR-EGV

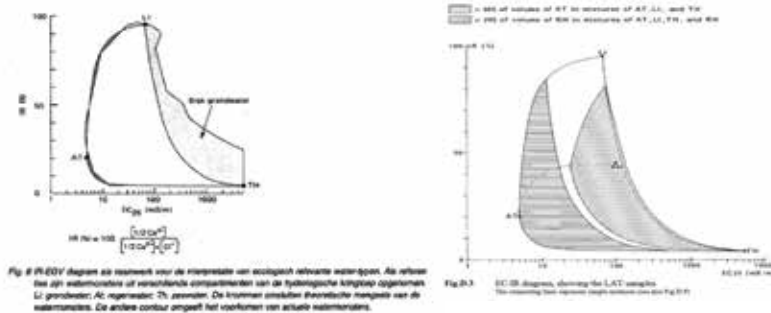
De ionenratio is indicatief voor de verhouding tussen calcium en chloride, de EGV voor de totale ionenrijkdom. Samen geven deze parameters in een oppervlaktewater globaal inzicht in de herkomst van het water. Zo hebben de belangrijkste bronnen: neerslag, grondwater en oppervlaktewater ieder hun eigen signatuur. Het IR-EGV diagram laat dat zien (zie kader).

IR-EGV diagram

Een IR-EGV diagram (ook wel bekend als "van Wirdum diagram") heeft 2 assen: op de x-as staat het elektrisch geleidend vermogen van het water (EGV, conductiviteit, $\mu\text{S}/\text{cm}$ of mS/m). Dit is een maat voor het aantal ionen in de oplossing, ofwel de totale saliniteit (zie hfd. saliniteit). Op deze as ligt regenwater uiterst links en zeewater uiterst rechts. Op de

y-as is de ionenratio uitgezet, deze geeft de verhouding tussen calcium en chloride weer, uitgedrukt in milli-equivalenten. Deze wordt als volgt berekend: $\text{IR} = 2 \cdot [\text{Ca}^{2+}] / (2 \cdot [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Cl}^-])$, [concentraties] in $(\mu)\text{mol}/\text{l}$. De concentratie van calcium wordt dus vermenigvuldigd met 2, het equivalent van de lading. Een hoge IR-waarde wijst op relatief veel calcium ten opzichte van chloride. Op deze as staat grondwater bovenaan en zeewater onderaan.

In het diagram staan de referentiepunten weergegeven, dit zijn specifieke monsters (van Wirdum, 1991). Dit zijn de uitgangspunten in de grafiek. Het doel van de grafiek is inzicht te krijgen in de samenstelling van het oppervlaktewater in termen van regenwater (ATmoelien), grondwater (Lithoclien) en zeewater (THallasoclien). RH staat voor Rijnwater bij Lobith (rond 1975

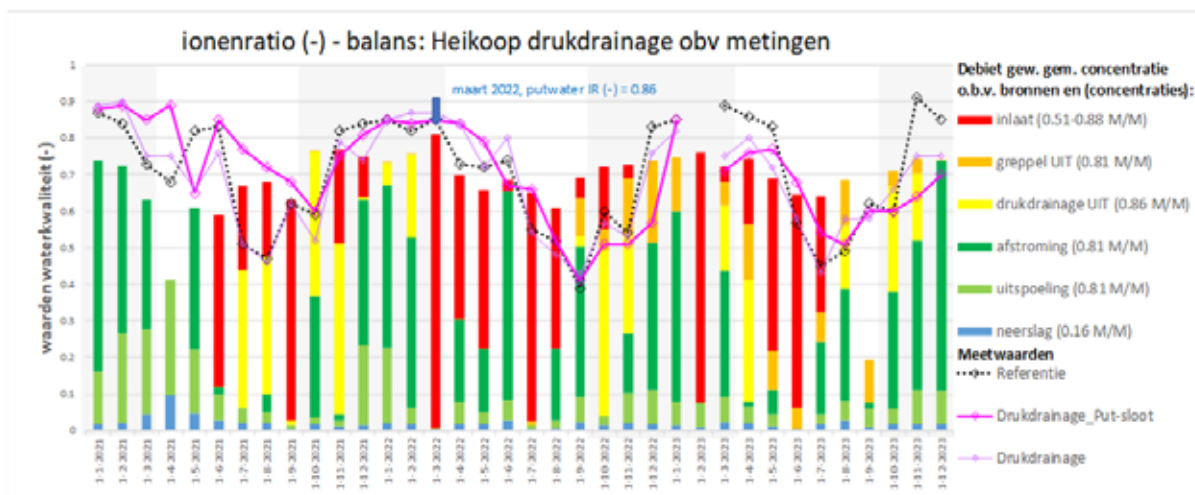
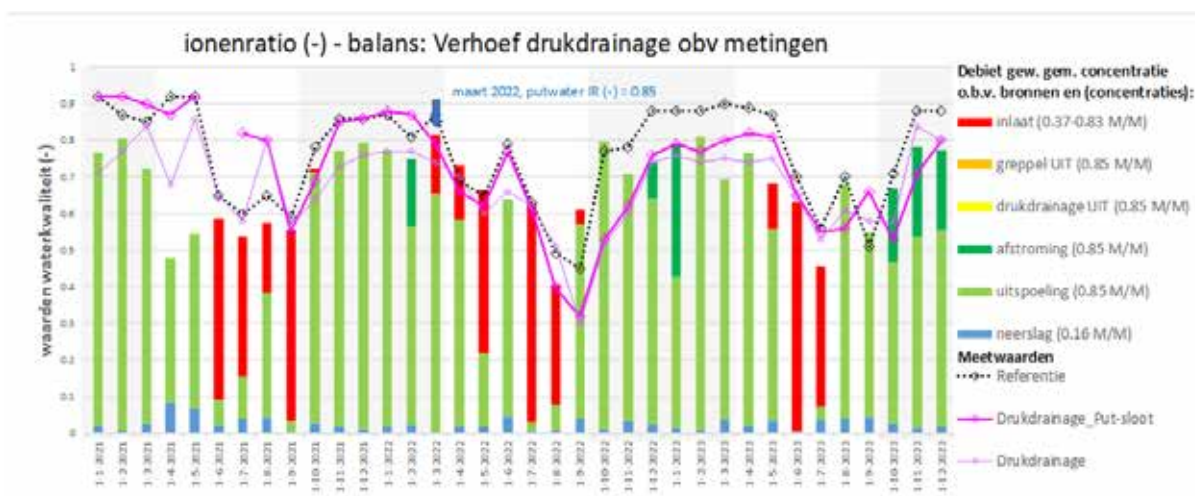
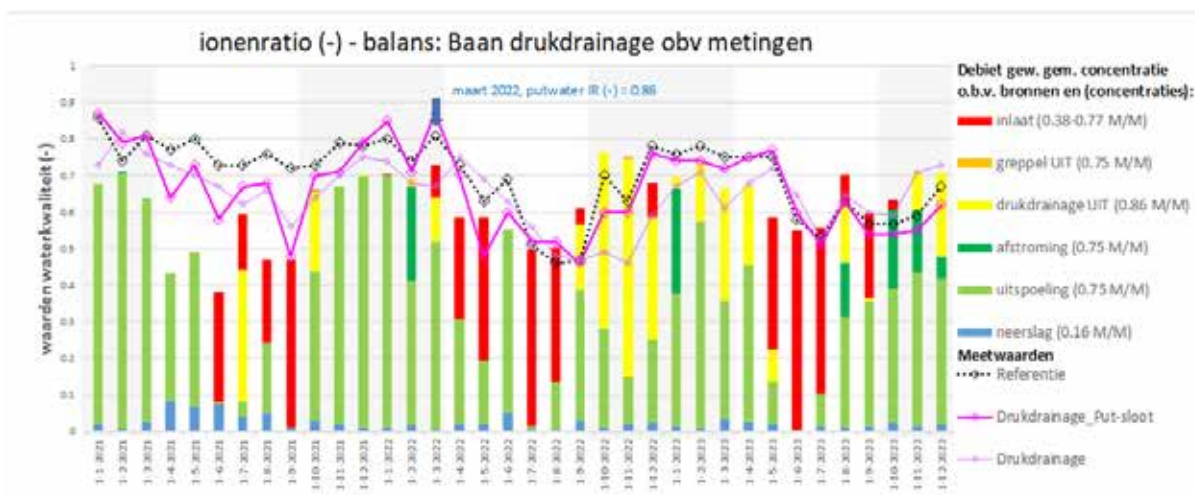


In dit geval is er een duidelijk verschil tussen zomer (vooral inlaat van rivierwater) en winter (vooral uit- en afspoeling). Figuur 44 laat dit zien, grofweg ligt er een 'knip' bij een IR van 0.7, waarboven grondwater en waarbeneden rivierwater dominant is. Wat opvalt is dat een substantieel deel van de waarnemingen buiten de begrenzing van de 'referentielijn' ligt. Dit zijn waarnemingen met hoge sulfaatgehalten, die grofweg voor 30% of meer bijdragen aan de geleidendheid. Hier liggen ook de metingen in het grondwater van de percelen. Dit laat zien dat het (uitspoelende) grondwater in de Alblasserwaard heel anders van samenstelling is dan de referentiewaarde voor (kalkrijk zoet) Lithoclien grondwater (Li) in het diagram. De positie buiten het diagram wordt geassocieerd met brak grondwater. In dit geval dus niet letterlijk brak (qua chloridegehalte), maar wel brak in de zin van ionen/sulfaatrijk water wat waarschijnlijk wel wijst op de historische mariene invloed.

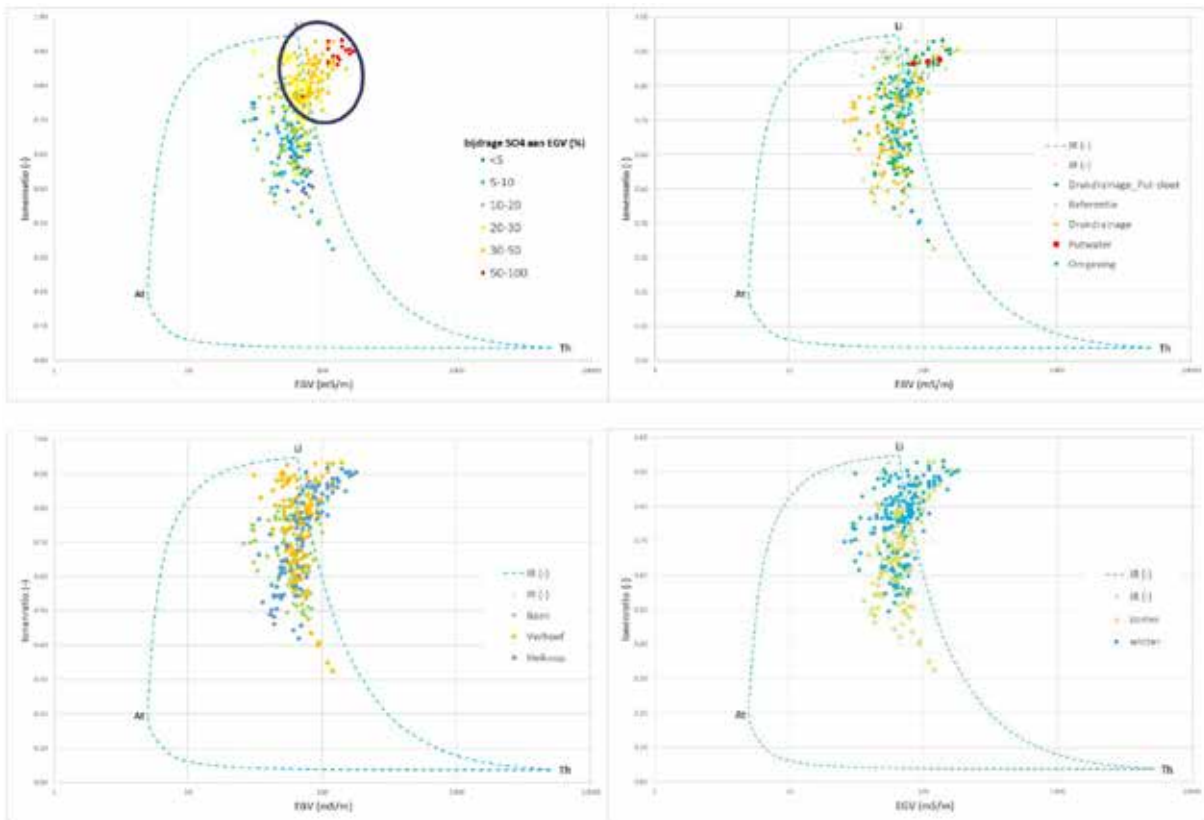
De ionenratio laat volgens verwachting een duidelijk zomer-winterpatroon zien (zie figuur 43). De verschillen tussen drukdrainage en referentie zijn echter niet eenduidig. Het vaakst lijkt de referentie hoger te liggen dan de drukdrainagesloten (wijzend op meer grondwaterinvloed), soms echter lager (wijzend op meer regenwater of inlaatwater) en soms wijkt juist één van de drukdrainagesloten af.

Conclusie:

De verwachting was dat de waterkwaliteit 's zomers eerder en meer op die van het rivierwater zou gaan lijken. De ionenratio (IR, gebaseerd op de verhouding calcium en chloride) is hiervoor een goede indicator. De IR laat soms inderdaad zien dat drukdrainage leidt tot meer inlaat (lagere IR), maar soms ook tot meer uitspoeling of meer uitgedrukt grondwater in de zomer (hogere IR). Het IR-EGV diagram laat zien dat het (grond)water in de Alblasserwaard afwijkt van de 'referentie' met kalkrijk zoet grondwater (Lithoclien) in verband met de hoge sulfaatgehalten.



Figuur 43: Verloop van de ionenratio in het oppervlaktewater, en het naar debiet gewogen gemiddelde sulfaatgehalte in de belasting, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.



Figuur 44: IR-EGV diagram van de metingen in het oppervlaktewater en de éénmalige metingen in de pompput, voor Baan, Verhoef en Heikoop in 2021 t/m 2023.

3.4. Stofbelasting

Voor de waterkwaliteit en ecologie zijn niet alleen de concentraties van stoffen, maar ook de belastingen van het watersysteem met stoffen van belang. Vooral in de zomer zorgt een continue belasting met bijvoorbeeld P en N voor een continue aanvoer van voedingsstoffen, waardoor er niet snel meer sprake is van nutriëntenlimitatie. Hierdoor kunnen soms eerder waterkwaliteitsproblemen optreden. Omgekeerd kan de constante aanvoer van bijvoorbeeld inlaatwater (met stoffen) weliswaar zorgen voor een hogere stofbelasting, maar kan het er bijvoorbeeld ook voor zorgen dat de bodem langer zuurstofrijk blijft en nalevering vanuit de waterbodem minder snel optreedt of sneller wordt afgevoerd. Voor wat betreft de bodemprocessen zijn ook sulfaat en bicarbonaat van belang, een continue aanvoer in de zomer kan afbraakprocessen en nalevering van P en N vanuit de waterbodem stimuleren. Zoals al eerder opgemerkt speelt ijzer daarbij ook een belangrijke rol.

Tabel 10-2 geeft per stof en per situatie de berekende belasting van het watersysteem weer. Ter toelichting:

- 'referentie berekend' geeft de huidige belasting weer,
- 'drukdrainage berekend' gaat uit van de modelberekening, het verschil met de referentie wordt alleen veroorzaakt door een toename van de debieten van inlaat, uit- en afspoeling;
- 'drukdrainage o.b.v. metingen' gaat daarnaast ook uit van de debietmetingen, het verschil met de referentie wordt naast verschillen in de debieten, vooral ook veroorzaakt door de post 'drukdrainage UIT'. Het debiet van deze post is gekoppeld aan de éénmalige meting in het grondwater van de pompput. Dit leidt soms tot fors hogere berekende belastingen.

Tabel 10-2: Belasting van het watersysteem per deelnemer, stof en situatie in milligrammen per vierkante meter per dag (mg/m²/d).

zomergemiddelde belasting (mg/m ² /d)										
deelnemer en behandeling	SO4 (nf)	Ca (nf)	HCO3	Cl (nf)	Fe (nf)	PO4 (Pnf)	Ptot (P)	NH4 (Nnf)	NO3 (Nnf)	Ntot (N)
Baan referentie berekend	393	387	17	345	7808	0.7	1.6	4.4	2.6	22
Baan drukdrainage berekend	1034	1105	53	1082	19334	2.1	4.7	8.9	4.7	54
Baan drukdrainage obv metingen	1191	1107	46	884	16857	1.8	5.4	16.4	4.5	72
Verhoef referentie berekend	434	374	14	281	5784	0.4	0.9	4.5	2.2	17
Verhoef drukdrainage berekend	1009	982	37	778	10887	0.8	2.0	7.3	3.7	34
Verhoef drukdrainage obv metingen	840	767	29	563	10872	0.7	1.8	7.5	3.3	31
Heikoop referentie berekend	688	430	13	234	12400	0.1	0.7	3.3	1.9	14
Heikoop drukdrainage berekend	1726	1133	33	570	30817	0.3	1.7	6.5	3.3	30
Heikoop drukdrainage obv metingen	3071	1708	51	889	40587	0.7	2.9	14.5	4.2	56
wintergemiddelde belasting (mg/m ² /d)										
deelnemer en behandeling	SO4 (nf)	Ca (nf)	HCO3	Cl (nf)	Fe (nf)	PO4 (Pnf)	Ptot (P)	NH4 (Nnf)	NO3 (Nnf)	Ntot (N)
Baan referentie berekend	2174	1608	52	831	48168	1.3	5.3	22.6	11.5	102
Baan drukdrainage berekend	2387	1769	57	918	52902	1.4	5.8	24.6	12.6	112
Baan drukdrainage obv metingen	3099	2186	66	978	47011	2.0	10.4	47.6	12.3	177
Verhoef referentie berekend	2181	1216	42	381	40334	1.7	4.5	26.3	7.3	85
Verhoef drukdrainage berekend	2314	1277	45	407	42808	1.8	4.8	27.8	7.7	90
Verhoef drukdrainage obv metingen	2457	1358	48	439	45454	2.0	5.1	29.2	8.3	96
Heikoop referentie berekend	5215	2167	47	900	85169	0.3	3.5	17.4	7.6	65
Heikoop drukdrainage berekend	5494	2238	50	948	89715	0.3	3.6	18.2	7.9	68
Heikoop drukdrainage obv metingen	7924	2764	51	1055	78879	1.4	5.0	38.1	8.9	116
jaargemiddelde belasting (mg/m ² /d)										
deelnemer en behandeling	SO4 (nf)	Ca (nf)	HCO3	Cl (nf)	Fe (nf)	PO4 (Pnf)	Ptot (P)	NH4 (Nnf)	NO3 (Nnf)	Ntot (N)
Baan referentie berekend	1284	998	35	588	27988	1.0	3.5	13.5	7.1	62
Baan drukdrainage berekend	1710	1437	55	1000	36118	1.8	5.3	16.8	8.6	83
Baan drukdrainage obv metingen	2145	1646	56	931	31934	1.9	7.9	32.0	8.4	125
Verhoef referentie berekend	1308	782	28	331	23059	1.0	2.7	15.4	4.8	51
Verhoef drukdrainage berekend	1662	1125	41	592	26847	1.3	3.4	17.6	5.7	62
Verhoef drukdrainage obv metingen	1648	1053	38	501	28163	1.3	3.4	18.4	5.8	63
Heikoop referentie berekend	2952	1271	30	567	48785	0.2	2.1	10.4	4.8	39
Heikoop drukdrainage berekend	3610	1668	41	759	60266	0.3	2.7	12.4	5.6	49
Heikoop drukdrainage obv metingen	5497	2219	51	972	59733	1.0	3.9	26.3	6.6	86

Logischerwijze bevestigt de tabel het beeld dat ook al uit de eerdere figuren naar voren kwam, namelijk dat de belasting in sterke mate toeneemt door drukdrainage. Aanvullend hierop wordt nog het volgende opgemerkt:

- Vergelijking van 'referentie berekend' met 'drukdrainage berekend' geeft inzicht in het effect van drukdrainage op de belasting via de veranderde waterstromen;
- Vergelijking van 'drukdrainage berekend' met 'drukdrainage o.b.v. metingen' laat vooral ook zien hoe de belasting verandert wanneer uitgegaan wordt van de concentraties die in de pompput zijn gemeten. Deze liggen voor sulfaat, calcium en nutriënten gewoonlijk veel hoger dan wat is aangehouden voor uit- en afspoeling. Vooral de ammoniumgehalten in het grondwater bij Baan en Heikoop zijn fors hoger. HCO₃ en chloride liggen soms juist lager. IJzergehalten in het grondwater waren zeer laag, wellicht is daar bij de meting iets misgegaan (gefiltreerd?);
- De berekende debieten en P en N-belastingen kunnen worden gebruikt om te vergelijken met de kritische belasting voor de omslag van waterplanten naar kroos (zie kader op de volgende pagina). Beter is echter om een modellering uit te voeren met het

ecosysteemmodel PCDitch. De reden daarvoor is dat drukdrainage vooral 's zomers leidt tot een toename van de stofbelasting. Op jaarbasis is het verschil veel kleiner. Om de effecten van een continue aanvoer van nutriënten goed in beeld te kunnen brengen, is een 'dynamische' modellering nodig, waarbij wordt gerekend met water- en stofstromen op dagbasis.

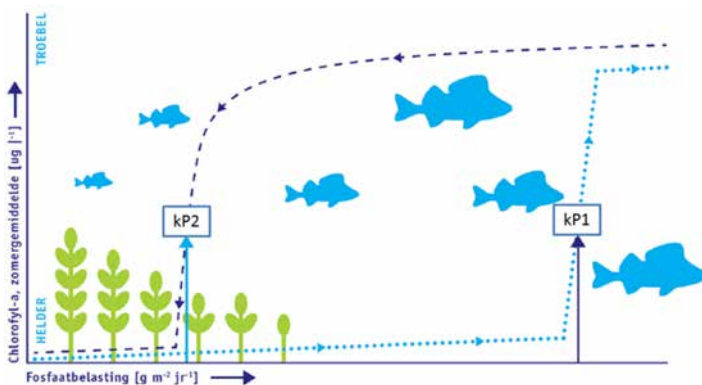
Modellering met ecosysteemmodel PCLake is een logische vervolgstap op de hier gepresenteerde analyse.

Kader: theoretische achtergrond kritische belasting

Een meer kan helder en plantenrijk zijn of het kan troebel zijn door algen, een sloot kan helder zijn met ondergedoken waterplanten of er kan een dichte krooslaag op drijven. In beide gevallen is de nutriëntenbelasting de bepalende factor voor de toestand. Het niveau van nutriëntenbelasting waarop het watersysteem overgaat (omslaait) van de ene toestand in de andere, heet de kritische belasting (Scheffer 1998, Janse 2005, Jaarsma et al 2008). Dit wordt uitgedrukt in de hoeveelheid nutriënten (N en P) per eenheid van wateroppervlak per tijdseenheid (bijv. gram P/m²/jaar).

De kritische belasting is systeemspecifiek, dat wil zeggen voor ieder water uniek. Kort gezegd geldt dat hoe groter en dieper een water is, hoe eerder de belasting een niveau bereikt waarbij de helderheid en waterplanten afnemen en de toestand omslaat naar troebel. Het water is dus gevoeliger voor nutriëntenbelasting. Ook het bodemtype (zand, klei of veen), troebeling door humuszuren en de verblijftijd beïnvloeden de gevoeligheid van wateren voor nutriëntenbelasting.

Er worden twee kritische grenzen onderscheiden, kP1 (bovengrens) geeft de omslag weer van een helder naar een troebel systeem, kP2 (ondergrens) van troebel naar helder. De weg terug (van troebel naar helder) verloopt dus anders dan de weg heen. Figuur 45 geeft dat schematisch weer, voor een nadere toelichting wordt verwezen naar Jaarsma et al (2008).



Figuur 45: Alternatieve, stabiele toestanden en kritische grenzen (Jaarsma et al 2008).

Synthese

Hoofdstuk 4

Hieronder worden de bevindingen van de gegevensanalyse besproken in relatie tot de vraag. Daartoe wordt eerst kort de doelstelling, de aanpak, de hypothese en de proefopzet besproken. Vervolgens wordt ingegaan op de effecten op de waterstromen en de waterkwaliteit.

Doelstelling

Het doel is om de tijdens de pilot verzamelde gegevens, van waterkwaliteit, vegetatie en hydrologie, in samenhang te analyseren. Het achterliggende doel is om een inschatting te geven van het effect van drukdrainage op de fysisch-chemische- en ecologische kwaliteit van het oppervlaktewatersysteem.

Aanpak

De volgende aanpak is gevolgd bij het bepalen van de effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit:

- In beeld brengen van waterstromen oppervlaktewatersysteem;
- Koppelen van meetgegevens van waterkwaliteit aan deze waterstromen;
- Bepalen van belastingen voor verschillende bronnen in verschillende situaties.

In samenhang interpreteren van de resultaten van de balansen en meetgegevens.

Hypothese

Onder invloed van drukdrainage veranderen de waterstromen als volgt:

- Uitspoeling (of afvoer via het drainagesysteem) neemt toe;
- Afspoeling (of oppervlakkige afvoer via greppels) neemt toe;
- Inlaat neemt toe

De verwachting voor het effect op de waterkwaliteit is dat:

- Korte termijn: Omdat er in de zomerperiode meer inlaatbehoefte is, wordt verwacht dat de waterkwaliteit eerder in het seizoen en in sterkere mate op die van het inlaatwater (rivierwater) gaat lijken. Aan het einde van de zomer/in het najaar mag worden verwacht dat er vanwege de hogere grondwaterstanden eerder uit- en afspoeling optreedt. Wat het effect hiervan is op de waterkwaliteit, hangt af van de samenstelling van het uitspoelende grondwater. Dit is eigenlijk op voorhand niet te zeggen. Wel is de verwachting dat drukdrainage leidt tot een toename van de debieten en daarmee van de belasting van het watersysteem met stoffen (o.a. N en P);
- Lange termijn: het beoogde effect van drukdrainage is een afname van de veenafbraak. Hierdoor wordt verwacht dat de gehalten aan nutriënten en macro-ionen in de uit- en afspoeling gaan afnemen. Net als op de korte termijn zullen de debieten van inlaat, uit- en afspoeling toenemen. Wat dit voor de waterkwaliteit betekent is vooral afhankelijk van de kwaliteit van inlaat- en grondwater.

Proefopzet

Er is op drie locaties een pilot drukdrainage uitgevoerd. Op iedere locaties is er één perceel ingericht voor drukdrainage en één referentieperceel. In het drukdrainageperceel zijn beide sloten aan weerszijden van het perceel afgedamd en is het waterpeil met 15-20cm opgezet. Eén van beide sloten is aangesloten op het drukdrainagesysteem. Het systeem pompt vanuit deze sloot water het perceel in, zodra de grondwaterstand beneden een bepaald niveau zakt. In twee van de drie pilots kan er ook grondwater het perceel uit worden gepompt de sloot in. Inkomende en uitgaande debieten van het drukdrainage systeem en de daarmee verbonden sloot zijn gemeten, evenals het waterpeil in de sloten en de grondwaterstanden in beide percelen (ook referentie). Waterkwaliteit is gemeten in de drie sloten (referentie en 2x drukdrainage) en op een regulier meetpunt van het waterschap in de omgeving, het grondwater in de drukdrainageput éénmalig.

4.1 Waterbalans

Om de waterkwaliteitsgegevens te kunnen interpreteren zijn eerst waterbalansen opgesteld voor de sloten in de referentiesituatie en de situatie met drukdrainage. Uit vergelijking tussen gemeten debieten, grond- en oppervlaktewaterstanden en de variatie in chloridegehalten, blijkt dat de balansen het systeem goed beschrijven en dat de balansposten realistisch zijn, ook voor de referentiesituatie. De balans helpt daarmee om inzicht te krijgen in de waterstromen in een situatie mét en zonder drukdrainage.

De waterbalansen laten vooral duidelijke effecten zien van drukdrainage op de waterstromen in het zomerhalfjaar (mei – september), de effecten in het winterhalfjaar zijn relatief gering. Drukdrainage leidt in de zomer tot een toename van uit- en afspoeling en - vooral - inlaat. Volgens de modelberekeningen kan de hoeveelheid inlaatwater wel met een factor 4 toenemen. De totale waterstroom in de zomer neemt met een factor 2-3 toe, wat betekent dat de verblijftijd van het water 's zomers eveneens met factor 2-3 wordt verkort. Voor het winterhalfjaar wordt er in een situatie met drukdrainage een toename in waterstromen van circa 10-15% berekend.

4.2 Waterkwaliteit

Zoals uit bovenstaande blijkt, lukt het dus aardig goed om de effecten van drukdrainage op de waterstromen in beeld te brengen. De interpretatie van de waterkwaliteitsgegevens, en het duiden van de effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit, is echter een stuk lastiger. Dit komt onder andere door de vele processen die van invloed zijn op de waterkwaliteit. Belangrijk zijn o.a. pyrietoxidatie, sulfaatreductie, veenafbraak, binding- en nalevering van (ijzergebonden) fosfaat en opname van nutriënten door waterplanten en algen.

Deze processen leiden tot een wisselende chemische samenstelling van het grond- en oppervlaktewater in de tijd. Dus ondanks dat de waterstromen goed in beeld zijn, maakt de wisselende kwaliteit van die waterstromen de interpretatie lastig. Dat geldt vooral voor de kwaliteit van het ondiepe grondwater dat, al dan niet via drukdrainage, wordt afgevoerd naar de sloten. De kwaliteit van dit grondwater is in belangrijke mate bepalend voor de oppervlaktewaterkwaliteit in de sloten[1]. Bovendien zal het naar verwachting ook veranderen onder invloed van drukdrainage. De chemische samenstelling van het grondwater is echter de grote onbekende, het is in de drukdrainagepercelen slechts éénmalig in de pompput gemeten. Deze meting is zoals verwacht niet representatief voor de kwaliteit van het grondwater wat jaarrond uit de (referentie) percelen uitspoelt. De metingen laten echter zien dat het óók niet representatief voor wat er via drukdrainage wordt afgevoerd.

Om de metingen van de waterkwaliteit in de sloten te interpreteren, zijn deze geïnterpreteerd in relatie tot de waterstromen én de processen. De belangrijkste processen in de percelen hangen samen met pyrietoxidatie en aerobe- en anaerobe afbraak van veen onder invloed van o.a. zuurstof, nitraat en sulfaat. Onderstaand wordt daar verder op ingegaan.

4.2.1 Sulfaat en pyrietoxidatie

Kenmerkend voor de waterkwaliteit van de veenpolders in de Alblasserwaard zijn de hoge sulfaatgehalten in de winter. Dit sulfaat wordt gevormd door oxidatie van pyriet (FeS_2) in de percelen. Die oxidatie treedt op wanneer de grondwaterstanden uitzakken in een droge zomer, het gevormde sulfaat spoelt uit in het winterhalfjaar. Daarmee is sulfaat een belangrijke indicator voor de veenoxidatie, het proces dat met drukdrainage gepoogd wordt te remmen.

4.2.2 Ecologische relevantie van sulfaat

Sulfaat is niet alleen een goede indicator voor pyriet- en veenoxidatie, maar ook een relevante stof voor de waterkwaliteit en daarvan afhankelijke ecologie. Sulfaat speelt (samen met ijzer) een belangrijke rol in de fosfaathuishouding, in de anaerobe afbraak van organisch materiaal (veen, dode planten en algen) en kan onder bepaalde omstandigheden in de waterbodem ophopen als toxisch sulfide. Een hoge sulfaatbelasting kan via interne eutrofiering leiden tot een sterke woekering van waterplanten, een sterke kroosontwikkeling of zelfs het geheel verdwijnen van waterplanten door troebeling of toxiciteit. De aanwezigheid van veel (een overmaat aan) ijzer kan de negatieve effecten van sulfaat echter deels tenietdoen. In de pilots lijkt dat bijvoorbeeld in één geval (bij Heikoop) het geval te zijn; ondanks dat hier de hoogste sulfaatgehalten zijn gemeten, is het water relatief arm aan fosfaat en is er een redelijk diverse vegetatie aangetroffen. Het oppervlaktewater is hier ook het ijzerrijkst.

4.2.3 Verzuring, buffering en calciumuitspoeling

Een andere gevolg van pyrietoxidatie is verzuring, bij gedeeltelijke of gehele oxidatie van pyriet komt veel zuur vrij. Dit wordt gebufferd door bicarbonaat of kalk in de bodem, hierbij lost kalk op en komt er veel calcium vrij. Wanneer grondwater uitspoelt naar het oppervlaktewater komt er dan niet alleen veel sulfaat vrij, maar ook (een evenredige hoeveelheid) calcium. Wanneer de buffercapaciteit van de bodem onvoldoende is om de zuurproductie te neutraliseren, kan het ook in het oppervlaktewater leiden tot een afname van de buffercapaciteit (door HCO_3^-) en verzuring (daling pH). Ook dit is in de winter zichtbaar bij Heikoop (en in beperkte mate bij Verhoef) in de drukdrainagesloten, maar niet in de referentiesloot.

NB! Lage grondwaterstanden leiden tot bodemdaling door inklinking (structuurverandering), maar een belangrijke vraag is of de verzuring door pyrietoxidatie de afbraak van veen in de bodem niet remt.

4.2.4 Start pilot met erfenis van droge zomer 2018

In de metingen is te zien dat de sulfaatgehalten in de eerste maanden van 2021 zeer hoog zijn en gedurende de pilot afnemen, zowel in de referentiesloten als de drukdrainagesloten. Dit is waarschijnlijk nog een erfenis van de zeer droge zomer van 2018, waarbij grondwaterstanden ver zijn uitgezakt. Echter ook 2020 was erg warm en droog, evenals 2022 en mei-juni 2023. Het is van belang dit mee te nemen bij de interpretatie van de meetgegevens.

4.2.5 Verschil drukdrainage en referentie

De opzet van de monitoring is zo gekozen, dat er een vergelijking kan worden gemaakt tussen drukdrainage en referentie. Vanwege de verschillen tussen de locaties, de complexiteit qua processen en de interactie tussen waterkwaliteit en waterstromen, is het echter niet mogelijk om bijvoorbeeld de verschillen in concentraties statistisch te toetsen. Het gaat dan ook veel meer om het begrip van wat er gebeurt; het 'verhaal' dat er uit de data is af te leiden. Hieronder is per deelnemer gepoogd om dat te beschrijven:

- Heikoop: de percelen bestaan grotendeels uit klei, met een tussenlaag van circa 50cm veen in de bovenste meter. Daarmee wijkt de situatie af ten opzichte van de andere deelnemers. Zowel in de waterbalans als in de waterkwaliteitsmetingen is dit zichtbaar, bij Heikoop lijkt er sprake van relatief veel oppervlakkige afstroming. De sulfaat- en ijzergehalten zijn hier het hoogst, fosfaatgehalten juist het laagst. Er lijkt sprake van een overwegend minerale (klei) bodem met veel pyriet, maar ook veel bindingscapaciteit voor

fosfaat (o.a. ijzer). Waterkwaliteit en ecologische kwaliteit zijn hier het best. Drukdrainage lijkt op korte termijn vooral in de winter te leiden tot hogere sulfaat-, ammonium- en ijzergehalten, lagere bicarbonaatgehalten en een lagere pH. Het door pyrietoxidatie gevormde zuur wordt kennelijk niet volledig gebufferd, alvorens het (via drukdrainage) de sloten instroomt. Vanaf de zomer van 2022 worden de verschillen met de referentiesloot minder duidelijk.

- Baan: in bepaald opzicht neemt Baan een positie tussen beide andere deelnemers. In vergelijking met Heikoop bestaat de bodem voor een veel groter deel uit veen, maar de toplaag van circa 30-40cm bestaat voornamelijk uit klei. De sulfaat- en ijzergehalten zijn hier het laagst, de fosfaatgehalten liggen tussen die van beide andere deelnemers in en zijn matig hoog. Drukdrainage lijkt hier vooral effect te hebben op de 'parallele drukdrainage-sloot', die een meer regenwaterachtig karakter heeft met lagere gehalten aan sulfaat, calcium, chloride en bicarbonaat. De verschillen tussen de drukdrainage_Put-sloot en de referentiesloot zijn niet eenduidig. Wel laat de referentiesloot in 2021 een forse piek zien in fosfaat die wijst op nalevering vanuit de waterbodem, in de drukdrainagesloten is dat niet te zien. Wellicht dat drukdrainage het effect van nalevering beïnvloedt, bijvoorbeeld via een verkorting van de verblijftijd.
- Verhoef: hier bestaat de bodem tot circa 2,5 meter diepte vrijwel volledig uit veen. De sulfaat- ijzer en calciumgehalten zijn hoog, de fosfaatgehalten zijn zéér hoog. Op deze locatie worden ook de hoogste fosfaatgehalten gemeten. Opvallend is dat fosfaat zowel 's zomers als 's winters duidelijke pieken vertoont. De pieken in de winter zijn in de drukdrainage sloten veel hoger dan in de referentiesloot, ze worden veroorzaakt door uit- en afspoeling; al dan niet via de drukdrainage. Bij Verhoef wordt er niet actief via de drukdrainage uitgedempt, maar wellicht draineert het systeem de percelen wel. Het fosfaatgehalte in het grondwater is hier veruit het hoogst, ortho-P is met 1,1 mgP/l ruim 4 keer zo hoog als bij beide andere deelnemers en totaal-P met 3 mgP/l circa 2 tot 8 keer hoger dan bij respectievelijk Baan en Heikoop. De pieken in de zomer wijzen op nalevering vanuit de waterbodem (door diffusie of via biota zoals planten en algen). Deze is fors hoger in de drukdrainagesloten.

4.2.6 Effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit

Zoals blijkt uit bovenstaande zijn de effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit, in termen van concentraties van o.a. nutriënten en macro-ionen, niet eenduidig af te leiden uit de data. De meetperiode is relatief kort en valt samen met een dalende trend in het sulfaatgehalte na enkele droge zomers. De trend in sulfaat lijkt zich pas eind 2023 te stabiliseren. Het zou daarom zeer waardevol zijn om te kijken hoe de waterkwaliteit (in het bijzonder sulfaat) zich in de toekomst na een droge zomer in de situatie met drukdrainage ontwikkelt ten opzichte van de referentie.

Verder is gebleken dat de situaties bij de deelnemers sterk verschillen. Dit heeft gevolgen voor de wijze waarop de drukdrainage, samen met de processen, van invloed is op de waterkwaliteit. Dit werpt de vraag op of het überhaupt mogelijk is om (generiek) te zeggen of drukdrainage goed of slecht uitpakt voor de waterkwaliteit.

Wel is duidelijk dat drukdrainage leidt tot een forse toename van de waterstromen en daarmee de aanvoer van o.a. nutriënten en macro-ionen in de zomerperiode. Deze toename in aanvoer vormt een risico, vooral voor wateren waar deze stoffen gewoonlijk gedurende de zomer 'opraken' (limiterend worden). De constante aanvoer van nutriënten (fosfaat en stikstof) in de groeiperiode kan, zelfs bij geringe concentraties, leiden tot overmatige waterplanten-, kroos- of algengroei.

Een constante aanvoer van bicarbonaat en sulfaat kan ook leiden tot ongewenste effecten. Bicarbonaat is van invloed op de zuurgraad en buffercapaciteit van een water en daarmee ook op de koolstofbeschikbaarheid voor waterplanten en algen. Het kan op die manier zorgen voor een verschuiving in de waterplantengemeenschap, van soorten van zwak tot matig gebufferde wateren (CO₂-gebruikers) naar soorten van harde wateren (bicarbonaatgebruikers).

Bicarbonaat is daarnaast samen met sulfaat ook van invloed op afbraakprocessen in de waterbodem. Beide stimuleren de afbraak van organisch materiaal in de waterbodem (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Een voortdurende aanvoer van bicarbonaatrijk (hard) rivierwater en sulfaatrijk grondwater kan zo zorgen voor een verdergaande afbraak van de waterbodems in veengebieden.

Of en in welke mate effecten op de waterkwaliteit optreden is afhankelijk van de uitgangssituatie. De pilots lieten al zien dat iedere situatie weer anders is. Waar het bijvoorbeeld op lijkt is dat het aandeel klei in de percelen bepalend is voor de waterkwaliteit in de uitgangssituatie. Grofweg: hoe meer klei, hoe beter de waterkwaliteit. Waarschijnlijk hangt een hogere aandeel klei samen met een hogere bindingscapaciteit van de (land- en water)bodem voor fosfaat, maar wellicht ook met een geringere zuurstofvraag van minerale bodems (minder zuurstof nodig voor afbraak van organisch materiaal).

Wellicht biedt het verschil in aandeel klei ook aanknopingspunten om vervolgens iets te zeggen over het effect van drukdrainage op de waterkwaliteit. Generiek is dat drukdrainage in alle gevallen leidt tot een grotere invloed van inlaatwater. Daarnaast wordt door drukdrainage (op lange termijn) een afname van pyriet- en veenoxidatie in de percelen verwacht, leidend tot een lager sulfaatgehalte en een hogere pH van het uitspoelende perceelwater. Doordat de bodem grotendeels waterverzadigd en daarmee gereduceerd blijft, wordt (op korte termijn) een hogere uitspoeling van fosfaat en ammonium verwacht (Harpenslager et al, 2024).

Voor de pilots geldt dan bijvoorbeeld voor een situatie met overwegend klei of veen:

- Bij Heikoop is de huidige waterkwaliteit goed, dit lijkt samen te hangen met het grote aandeel klei in de bodem. Hier is er - vanwege de goede actuele kwaliteit - vooral een risico op verslechtering van de waterkwaliteit door drukdrainage. Op korte termijn lijkt er door drukdrainage sprake van een grotere invloed van grondwater. Dit blijkt uit een hoger sulfaatgehalte, een lagere pH en geringere buffering van het water in de drukdrainagesloot. Nutriëntengehalten lijken echter op korte termijn niet te veranderen. Verwacht wordt dat op langere termijn zowel de nutriëntenbelasting als de waterhardheid zullen toenemen, dit kan leiden tot meer woekerende waterplanten en soorten van hard water, wat moet worden gezien als een risico op verslechtering.
- Bij Verhoef bestaat de bodem vrijwel volledig uit veen en is de waterkwaliteit slecht. Deze lijkt op korte termijn door drukdrainage te verslechteren, wat zich uit in hogere fosfaatgehalten door uitspoeling (winter) en door nalevering (zomer). De waterkwaliteit lijkt hier vooral te worden bepaald door de afbraakprocessen in zowel de percelen als de waterbodem, terwijl binding van fosfaat door ijzer een minder grote rol lijkt te spelen. De vraag is uiteraard wat er op langere termijn gaat gebeuren. Wanneer drukdrainage daadwerkelijk leidt tot minder veenafbraak, zou de nutriëntenuitspoeling uit de percelen kunnen afnemen. Deze zou echter ook juist kunnen toenemen doordat binding van fosfaat aan ijzer (hoewel minder belangrijk) zal afnemen, evenals de verwijdering van ammonium via nitrificatie en denitrificatie. In het watersysteem zelf kan de afbraak van organisch materiaal in de waterbodem worden gestimuleerd door inlaat van hard water. Verkorten van de verblijftijd kan echter het effect hiervan op de algengroei weer verminderen. Kortom: er is zowel kans op verbetering als risico op verslechtering.

N.B. Uiteraard is ook de chemische samenstelling van het inlaatwater sterk bepalend voor de oppervlaktewaterkwaliteit in de zomer, dit is echter in grote lijnen bekend omdat het maandelijks wordt gemeten.

Conclusies

4.3.1 Conclusies ten aanzien van de hypothese

Ten aanzien van de hypothese wordt het volgende geconcludeerd:

- Drukdrainage leidt voor de pilots inderdaad tot een substantiële toename van de debieten van uit- en afspoeling en inlaat, in de zomer kan de inlaat wel met een factor 4 toenemen en wordt de verblijftijd van het water in de sloten met een factor 2-3 verkort.
- De verwachting dat door drukdrainage de waterkwaliteit in de zomer méér en eerder op inlaatwater zou gaan lijken kwam niet eenduidig naar voren uit de analyse. Reden is dat er in de zomer niet alleen meer inlaat plaatsvindt maar, via uitspoeling of drukdrainage, soms ook meer aanvoer van grondwater.
- Ten slotte leidt drukdrainage op korte termijn ook tot een toename van de belasting van het water met stoffen. Onderscheid kan worden gemaakt in een toename van de belasting door:
 1. een toename van de debieten van met name inlaat en uitspoeling in de zomer, dit leidt tot een twee- tot driemaal hogere belasting met o.a. P, N, SO₄ en HCO₃;
 2. het direct uitpompen van grondwater via het drukdrainage systeem. Eenmalige metingen van de grondwaterkwaliteit in de pompputten laten zien dat de gehalten aan P, N en SO₄ vaak zeer hoog zijn, HCO₃ is soms juist zeer laag.

Wat betreft dit laatste punt geldt dat de hoge nutriënten- en sulfaatgehalten in het grondwater pas na enige tijd pompen werden gemeten, bij geringere debieten is de kwaliteit waarschijnlijk beter.

4.3.2 Conclusies ten aanzien van de effecten op de waterkwaliteit

Ten aanzien van de effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit wordt het volgende geconcludeerd:

- De belasting van het watersysteem door stoffen (nutriënten en macro-ionen) neemt door drukdrainage toe. Hoe dit uitpakt voor de waterkwaliteit is afhankelijk van de uitgangssituatie;
- De bodemsamenstelling heeft een belangrijke invloed op de actuele waterkwaliteit (uitgangssituatie). In de pilots geldt, hoe meer klei hoe beter de waterkwaliteit. Waarschijnlijk is dit ook bepalend voor de effecten van drukdrainage op de waterkwaliteit;
- Of drukdrainage goed of slecht uitpakt voor de waterkwaliteit is dus niet algemeen te zeggen. Beter kan worden gesproken in termen van kansen en risico's:
 - De kans op verbetering is het grootste bij een slechte waterkwaliteit in de uitgangssituatie, het risico op verslechtering is het grootst bij een goede waterkwaliteit in de uitgangssituatie;
 - Kans op verbetering is mogelijk wanneer drukdrainage leidt tot een sterke reductie van de veenafbraak in de percelen. Of dit ook daadwerkelijk optreedt en zal leiden tot verbetering van de waterkwaliteit is allerm minst zeker. Ondanks de hogere grondwaterstanden kan veenafbraak nog steeds optreden door o.a. zuurstof dat wordt aangevoerd via oppervlaktewater of door nitraat uit mest. Ook kan de uitspoeling van fosfaat en ammonium bijvoorbeeld toch toenemen, omdat de bodem jaarrond zuurstofloos blijft (Harpenslager et al, 2024);
 - Risico op verslechtering is er vooral door een toename van de belasting van het watersysteem met nutriënten (fosfaat en stikstof) en macro-ionen (sulfaat en bicarbonaat). Dit risico is groot vanwege de toename van de nutriëntenaanvoer in de zomer, waardoor eventuele nutriëntenlimitatie wordt opgeheven.

Aanbevelingen

Het volgende wordt aanbevolen:

- Voortzetten van de pilots en de metingen van hydrologie en waterkwaliteit. Voor wat betreft de effecten op de waterkwaliteit is de verwachting dat het enige tijd duurt voordat dit in de metingen zichtbaar is. Eind 2023 leek de waterkwaliteit (met name sulfaat) zich te stabiliseren na de droge zomers van 2018 en 2020. De vraag is nu hoe referentie en drukdrainage zich gaan ontwikkelen na een droge zomer;
- Meten van de grondwaterkwaliteit op verschillende plaatsen en momenten in het jaar. Inzicht krijgen in de verschillen in de kwaliteit van het grondwater dat via uitspoeling en drainage wordt afgevoerd;
- Opstellen van een 'slim' meetplan, uitgaande van een optimale combinatie van metingen en modellering om met een beperkte meetinspanning de ontwikkelingen toch goed te kunnen volgen.

Literatuur en bijlagen

De literatuurlijst en bijlagen zijn in groter formaat te downloaden via de site van Stichting Blauwzaam.

De bijlagen corresponderen met figuren en tabellen in deze rapportage en zijn te downloaden via de site van Stichting Blauwzaam

Bijlage I - Waterbalansen

Waterbalansen in mm/dag

Op de pagina's staan de figuren van de in- en uitgaand posten van de waterbalans in mm/dag per deelnemer, in een situatie met en zonder drukdrainage. De waterbalans is voor de (perceel) sloot, inkomende posten zijn positief (boven de nullijn), uitgaande negatief. 1 mm/d staat gelijk aan 1 liter water per vierkante meter wateroppervlak per dag.

Bijlage II – Controle waterbalans (ook te downloaden via de site van Stichting BlauwZaam)

De figuren op de volgende pagina's zijn gebruikt ter controle van de waterbalansen. Het gaat om de volgende figuren

- Fractieverdeling en chloride
- Grondwaterstanden
- Inlaatdebieten

Thema: Bodembeweging



Regelbare drainage met subirrigatie en hogere slootpeilen in regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden

Realisatie van hogere grondwaterstanden ter reductie van maaivelddaling in veenweidegebieden en hydrologie

Gé van den Eertwegh en Dion van Deijl

Eindrapportage

Datum: 11-4-2024

Opdrachtgevers: Provincie Zuid-Holland, Provincie Utrecht, Regionale Maatschappelijke Agenda (RMA) regio Alblasserwaard Vijfheerenlanden

Projectleiding: Rolia Wiggelinkhuijsen/Stichting Blauwzaam

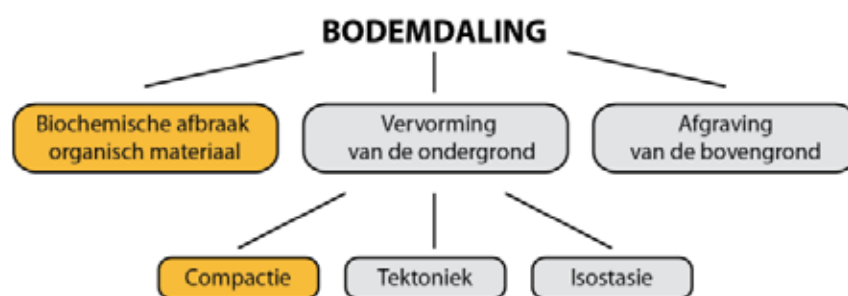
Inleiding

Het Rijk, provincies, gemeenten, waterschappen en de agrarische sector willen de bodemdaling in het veenweidegebied beperken, de uitstoot van broeikasgassen (CO₂, CH₄) verminderen en de chemische en ecologische waterkwaliteit verbeteren (KRW). Om bodemdaling te reduceren moeten de (klei-op) veenbodems met name in het zomerhalfjaar worden vernat, via het realiseren van hogere grondwaterstanden dan onder gangbare condities in het veenweidegebied het geval is. De GLG bij zomerpeil kan dieper reiken dan 1 m-m.v. Hogere grondwaterstanden leiden tot een dunnere onverzadigde zone (bodemporiën boven de grondwaterstand) en hogere bodemvochtgehalten in de onverzadigde zone. Oxidatie van organische stof (veen) leidt tot emissie van broeikasgassen via aerobe afbraak (CO₂) en via anaerobe afbraak (CH₄). Aerobe afbraak vindt waarschijnlijk met name plaats in de onverzadigde zone. Anaerobe afbraak kan overal plaatsvinden, maar met name in de verzadigde zone bij aanwezigheid van bacteriën (Hoogland et al., 2019).

De veelal langwerpige percelen in het veenweidegebied kunnen qua vorm van het maaiveld tussen de kavelsloten onderscheiden worden in bolle percelen, vlakke percelen en holle percelen. Deze laatste categorie is door de jaren heen ontstaan door een ongelijke bodemdaling binnen het perceel, die het grootst is midden tussen de kavelsloten, die aan weerszijde liggen. Holle percelen zijn meestal voorzien van een of meerdere parallelle greppels, om plassen te voorkomen en de (maaiveld)afvoer van een teveel aan neerslag te waarborgen.

Om hogere grondwaterstanden te realiseren kan worden gedacht aan het toepassen van de systemen onderwaterdrainage of drukdrainage met een pompput, tegenwoordig meestal water-infiltratie-systemen genoemd. Het hydrologische proces dat met het regelbare drainagesysteem gerealiseerd wordt heet sub-irrigatie, het ondergronds toedienen van water ter vernatting. Infiltratie gebeurt aan maaiveld. We passen aldus in dit project sinds eind 2020/begin 2021 regelbare drainage met subirrigatie toe op een aantal proefpercelen. Parallel hieraan realiseren we bij deze percelen hogere slootpeilen dan in het omringende peilvak, als extra maatregel om projectdoelen te realiseren.

Bodemdaling als resultante van bodembeweging komt via een aantal parallelle processen tot stand (figuur uit STOWA Deltafact, 2020; in oranje is aangegeven waar de Deltafact zich op richt):



Figuur 1 Schematisch overzicht van de belangrijkste oorzaken van bodemdaling. Deze Deltafact richt zich op bodemdaling door compactie en biochemische afbraak van organisch materiaal (in oranje).

Parallele processen van bodemdaling

- Compactie;
- Consolidatie en compressie;
- Kruip, zetting, klink en rijping;
- Krimp en zwel (poro-elastische deformatie; grootte van bodemporiën verandert);
- Oxidatie van organische-stof (aeroob en/of anaeroob);
- Vorst en dooi;
- Geologie - tektoniek en isostasie.

Er is niet a priori aan te geven welk proces voor welk deel van de bodembeweging en/of bodemdaling zorgt (zie o.a. NOBV – samenvatting rapportage jaar drie – 14 juni 2023).

Intermezzo: bodemhoogtemetingen te Zegveld vanaf de 70-er jaren van de vorige eeuw (bron: NOBV – samenvatting rapportage jaar drie – 14 juni 2023).

7. Langetermijn bodemdalingmetingen met zakplaatjes

Veenoxidatie in veenweidegebieden veroorzaakt zowel broeikasgasemissies als bodemdaling. Vanwege de jaarlijkse schommelingen van het bodemoppervlak is langdurige monitoring nodig om de netto bodemdaling op lange termijn te bepalen. In de experimentele veenweideboerderij in Zegveld werden in 1970 zakplaatjes geplaatst in een veld met lage slootwaterstand, en in 1973 in een veld met hoge slootwaterstand. De plaatjes werden op 7 verschillende diepten geplaatst, zodat kon worden onderzocht waar in het veenprofiel bodemdaling optrad. Zowel de hoogte van de plaatjes als van het bodemoppervlak werden elk jaar aan het eind van de winter gemeten met een waterpas, zodat een lange tijdreeks beschikbaar is.

Uit analyse blijkt dat het maaiveld in het veld met hoge slootwaterstand in 49 jaar 22 cm daalde (4,5 mm jaar⁻¹), terwijl dit in het veld met lage slootwaterstand 33 cm was in 52 jaar (6,3 mm jaar⁻¹). Uit de resultaten blijkt ook dat in het veld met lage slootwaterstand de meeste bodemdaling door permanente krimp en oxidatie plaatsvond tussen 40 en 100 cm diepte, terwijl dit in het andere veld tussen 20 en 40 cm diepte was. Tenslotte werd onder continu verzadigde omstandigheden op 140 cm diepte nog bodemdaling waargenomen. Vermoedelijk is in het beluchte deel van het profiel oxidatie de belangrijkste oorzaak van bodemdaling, terwijl de waargenomen bodemdaling in de verzadigde bodem op 140 cm diepte het gevolg moet zijn van andere processen, zoals consolidatie en kruip.

Compactie is de verdichting van het skelet/structuur van de (klei-op) veenbodem. Deze verdichting kan ontstaan door belasting van bovenaf, bijvoorbeeld door inzet van zware machines op het land, of door het vergroten van de korrelspanning vanwege een lagere waterspanning (bodemechanica). Dat laatste kan gebeuren door afname van het bodemvochtgehalte, zo ontstaat het proces krimp. In het veenweidegebied breekt organische stof af door activiteiten van bacteriën (aeroob én anaeroob), met als gevolg bodemdaling en uitstoot van broeikasgassen. Dit speelt vooral in de zomer, wanneer de grondwaterstand daalt door een verdampingoverschot (of neerslagtekort) bij een geringe infiltratie van water uit de kavelsloten. De grondwaterstand wordt dan lager dan het waterpeil in de kavelsloten. Afbraak van organische stof kan ook plaatsvinden onder zuurstofloze (anaerobe) condities, door bacteriën. Dit levert methaan op dat als gas (CH₄) wordt geëmitteerd.

Regelbare drainage met subirrigatie toepassen heeft in dit project als doel de bodembeweging te dempen en de bodemdaling over de jaren heen te reduceren. De (klei-op) veenbodem beweegt namelijk op en neer, als effect van de bovengenoemde processen. Deze processen zijn deels reversibel, waarbij de beweging omhoog en neerwaarts blijft gaan, deels van permanente aard: als organische-stof verdwijnt, dan resteert mineraal materiaal, met bodemdaling tot gevolg.

De subirrigatie zorgt door de ondergrondse toediening van water voor een minder grote, dan wel geen daling tot zelfs een stijging van de grondwaterstand in tijden van een neerslagtekort. De aanvoer van slootwater vindt plaats via een pomp en de drainageput naar de drainagebuizen, die permanent onder water staan. De grondwaterstand wordt dan hoger, vergeleken met een situatie zonder drainagebuizen. De (klei-op) veenbodem is dan dientengevolge natter.

In dit project meten we de verticale bodembeweging van het maaiveld met de Vertical Soil Movement (VSM) sensor (Van Deijl et al., 2022). Bodemdaling (in bijv. de eenheid mm/jaar) kan berekend worden door op een aantal momenten in de tijd het verschil te bepalen tussen de maaiveldhoogte op een later moment [m+NAP] en de maaiveldhoogte op een eerder moment [m+NAP]: de trend in de bodembeweging levert eventueel een bodemdaling op.

De hypothese is dat we in dit project via vernatting met name te maken hebben met bodembeweging ten gevolge van krimp (minder), zwel (eventueel meer) en aerobe/anaerobe afbraak van organische-stof (minder). Compactie (meer) kan optreden door o.a. bewerking, beweiding en berijding van nattere percelen. Kruip, zetting, klink, vorst, dooi, tektoniek en isostasie zijn andere processen die tot bodembeweging leiden.

Werkwijze, aanpak en aanpassingen

Bij Kees Baan in Molenaarsgraaf zijn zowel het proefperceel als het referentieperceel voorzien van onze Vertical Soil Movement (VSM)-sensor (van Deijl et al., 2022). Deze sensor is voorzien van een datalogger op telemetrie en gefundeerd in de zandondergrond. Hiermee meten we elk kwartier de verticale ligging/hoogte van het maaiveld, teneinde de verticale bodembeweging te kunnen bepalen.

VSM sensor – Vertical Soil Movement - meting bodembeweging aan maaiveld



Met onze VSM-sensor (product van KnowH2O en Moisture Matters) meten we quasi continu i.c. elke 15 minuten de verticale positie van het maaiveld ten opzichte van een in het zand gefundeerde ijzeren stang (Van Deijl et al., 2022). De positie van deze stang is nauwkeurig ingemeten ten opzichte van NAP. Er staat een VSM-sensor op het proefperceel en op het referentieperceel bij Kees Baan. De meetnauwkeurigheid van de sensor is ongeveer 0,2 mm. De sensor is getest in een meetopstelling te Zegveld vanaf begin februari 2020, in samenwerking met Gilles Erkens en Sanneke van Asselen van Deltares en Avallo Advies. De conclusies op basis van vergelijking van metingen met een extensometer op 5 cm-m.v. is dat beide instrumenten goed vergelijkbare en plausibele waarnemingen opleveren.

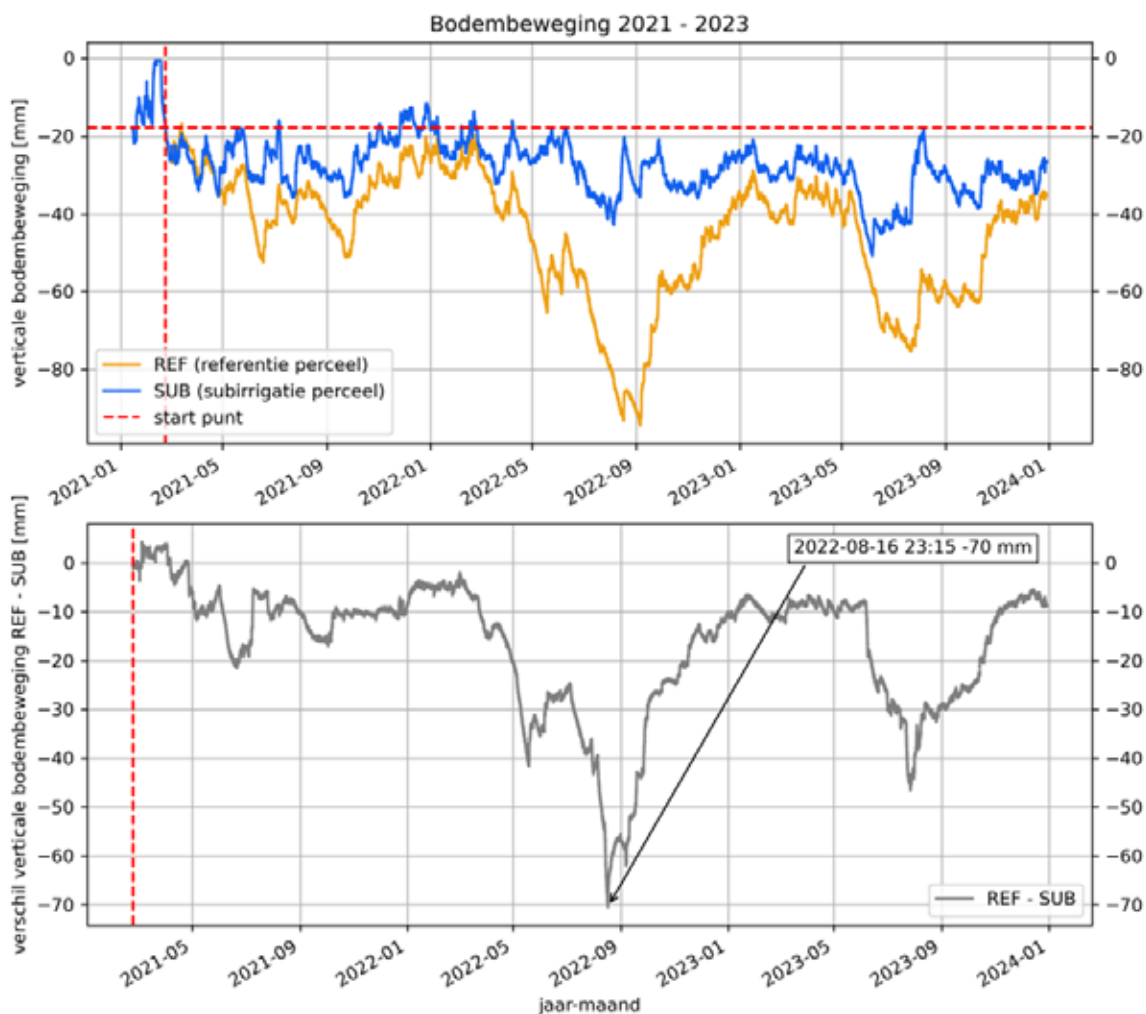
Foto van VSM-sensor op proefperceel bij Kees Baan. Twee grondwater-peilbuizen ondiep en diep staan in directe omgeving ervan, mede gefundeerd door VSM-sensor-opstelling.

Resultaten

Effect regelbare drainage met subirrigatie op verticale bodembeweging

De VSM-sensoren die elk kwartier de maaiveldhoogte meten staan op het proefperceel (met subirrigatie en hogere slootpeilen; West 2) en op het referentieperceel (reguliere situatie met polderpeil West 3) bij Baan in Molenaarsgraaf. De sensoren zijn geplaatst op 14 en 15 december 2020 i.s.m. Avallo Advies en Moisture Matters. In Van Deijl et al. (2022) is informatie over de VSM-sensor terug te vinden. De bodemprofielen op beide percelen staan in figuur 1. De fundering-pin in het proefperceel (West 2) is in het zand gedrukt, tot voorbij een diepte van 10 m-m.v. (einde boorprofiel). De fundering-pin in het referentieperceel (West 3) is ook in het zand gedrukt (zand begint op 9 m-m.v.).

Figuur 46 toont de veldmetingen van de bodembeweging aan maaiveld. De bovenste grafiek laat de gemeten hoogte zien vanaf het moment van de eerste waterpassing van de fundatie-pin op 22-2-2021. De metingen in figuur 46 lopen tot 31-12-2023: in blauw de maaiveldhoogte van het proefperceel (code West 2), in oranje die van het referentieperceel (code West 3). De onderste grafiek laat in grijs zien het verschil in de maaiveldhoogte tussen proefperceel en referentieperceel. Een negatieve waarde in de grijze lijn betekent dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel lager is dat die van het proefperceel.



Figuur 46: Gemeten bodembeweging met twee VSM-sensoren bij Baan te Molenaarsgraaf. De bovenste grafiek laat de gemeten beweging van de maaiveldhoogte zien vanaf 22 februari 2021 tot en met december 2023. Blauw: maaiveldhoogte van het proefperceel (West 2), in oranje die van het referentieperceel (West 3). De onderste grafiek in grijs toont het verschil in maaiveldhoogte

tussen proefperceel en referentieperceel. Een negatieve waarde (Y-as links en rechts) betekent dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel lager is dan die van het proefperceel.

De continu gemeten bodembeweging op de twee percelen bij Baan laat duidelijk effecten van het weer en van de bediening van de systemen zien. Het aanvoeren van water heeft een positief effect op de bodembeweging: minder beweging en minder daling tijdens droog weer. Afvoer van water onder natte condities geeft direct een duidelijk dalend effect te zien.

De variatie van de maaiveldhoogte in de tijd vanaf februari 2021 tot en met december 2023 is kleiner bij het proefperceel; de dynamiek in de beweging is groter op het referentieperceel. Het verschil in maaiveldhoogte tussen het proefperceel en het referentieperceel laat zien dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel meer/sterker afneemt in de tijd dan die van het proefperceel.

Na het eerste meetjaar vanaf 22 februari 2021 zien we rond februari 2022 een verschil van 2-3 mm in maaiveldhoogte tussen de beide percelen. Aan de hand van de weersomstandigheden en op basis van de metingen van dit jaar kunnen we constateren dat het referentieperceel in de maanden mei-juni en augustus 2021 lagere freatische grondwaterstanden liet zien dan het proefperceel. De gemeten bodemvochtgehalten op proef- en referentieperceel zijn in de periode februari 2021 tot en met februari 2022 weinig verschillend. Kortom, de bodemprofielen zijn beide aan de vochtige kant gebleven in dit jaar. De maaiveldhoogte op het referentieperceel zakte ongeveer 30 mm verder naar beneden dan het proefperceel, maar kwam na een jaar vrijwel geheel terug omhoog naar het niveau van februari 2021.

In de periode van maart 2022 tot en met medio oktober 2022 zien we meer dynamiek en grotere verschillen tussen de maaiveldhoogte-metingen op beide percelen. De verticale beweging op het proefperceel bedraagt maximaal bijna 40 mm, op het referentieperceel bijna 120 mm. De maaiveldhoogte van het referentieperceel zakt ruim 100 mm dieper, de stand van medio augustus 2022. Na de neerslag van september 2022 komt het maaiveld op het referentieperceel weer omhoog tot begin oktober 2022, met daarna een vlak verloop tot lichte daling.

Vanaf medio oktober 2022 tot en met eind december 2023 stijgt het maaiveld op het referentieperceel verder tot begin mei 2023. Het verschil met het proefperceel daalt in deze periode tot ongeveer 8 mm. Vanaf eind mei/begin juni 2023 gaat de pomp IN bij het proefperceel aan, de grondwaterstand stijgt (zie boven) en het verschil in maaiveldhoogte neemt toe van de genoemde 8 mm naar >45 mm. Daarna daalt door de natte weersomstandigheden in juli-augustus en oktober-december 2023 het verschil in maaiveldhoogte op beide meetlocaties naar 9 mm.

Vanaf de start van de metingen op 22-2-2021 tot 31-12-2023 daalt het maaiveld op het proefperceel 7 mm, op het referentieperceel 16 mm. Omgerekend via het aantal dagen is dat een jaarlijkse bodemdaling van 2,5 mm/j voor het proefperceel en 5,6 mm/jaar voor het referentieperceel. Het referentieperceel daalt met een factor van 2,3 meer.

Ter controle van de VSM-meetopstelling zijn waterpassingen uitgevoerd van de hoogte van de fundering-pin op 22-2-2021, op 16-9-2022, op 7-3-2023 en op 5-9-2023. De uitgevoerde RTK-metingen (X,Y,Z bepaling van meetpunten aan de hand van satelliet-data) bleken niet nauwkeurig genoeg te zijn voor deze controle. De RTK-metingen weken ongeveer 2 cm af van de data via de waterpassing, een te grote afwijking.

De VSM-sensor schuift om de fundering-pin heen, de verticale positie van deze pin (m+NAP) bepaalt de meting van de absolute hoogte van het maaiveld ter plekke.

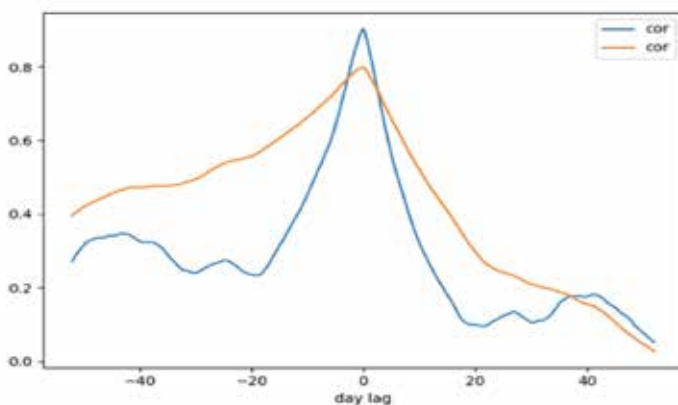
In Tabel 11 staan de data van alle waterpassingen.

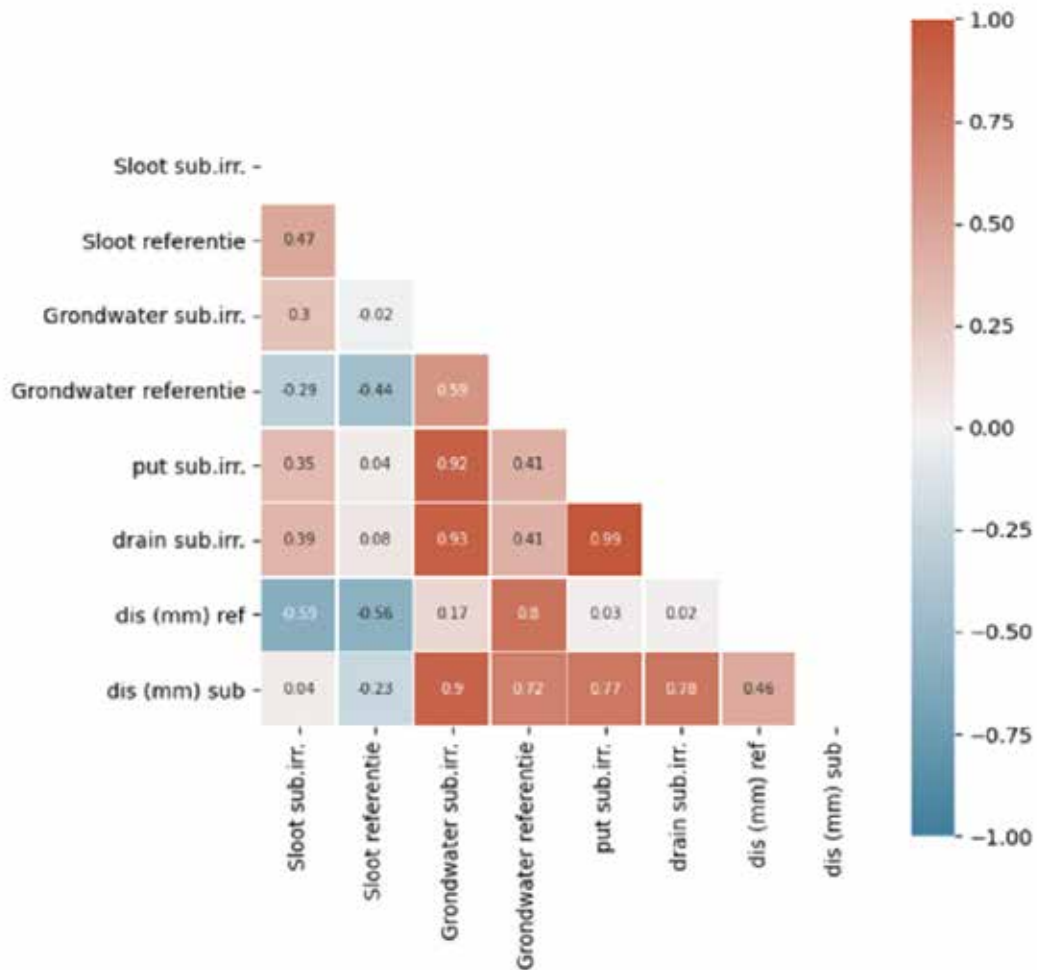
Tabel 11. Waterpassingen van de NAP-hoogte van de stalen fundering-pin in het zand onder deklaag, ter controle van de verticale positie van de VSM-sensor. Data: Avallo Advies BV.

Fundering-pin Verschil*	Perceel	Datum	Hoogte	
			(m+NAP)	(m)
WEST_3 pin	AV_referentie	22-2-2021	-0,5838	0,0000
WEST_3 pin	AV_referentie	16-9-2022	-0,5899	-0,0061
WEST_3 pin	AV_referentie	7-3-2023	-0,5859	-0,0021
WEST_3 pin	AV_referentie	5-9-2023	-0,5853	-0,0015
WEST_2 pin	AV_subirrigatie	22-2-2021	-0,5649	0,0000
WEST_2 pin	AV_subirrigatie	16-9-2022	-0,5669	-0,0020
WEST_2 pin	AV_subirrigatie	7-3-2023	-0,5670	-0,0021
WEST_2 pin	AV_subirrigatie	5-9-2023	-0,5649	0,0000

*met eerste meting op 22-2-2021

Uit Tabel 11 blijkt dat beide pinnen nul tot 2 mm gedaald zijn in de tijd vanaf 22-2-2021, waarbij de pin op het referentieperceel op 16-9-2022 een niet-verklaarbare (maar wel gemeten) verschil van 6 mm te zien gaf. De fundering van de pinnen is dus niet helemaal absoluut, er zit enige beweging in de zand-ondergrond onder de klei-op-veen deklaag. Voor de bepaling van de absolute maaiveldhoogte bij de twee VSM-sensoren betekent de waterpassing dat het maaiveld op beide plekken zakt, ook ten gevolge van de daling van de zandondergrond. Daarbij moet de eventuele daling zoals gemeten met de VSM-sensoren worden opgeteld. De hoogtemetingen in maart en september 2023 via de waterpassing van de fundering-pin hebben niet tot een correctie van de metingen van de bodembeweging geleid.





Figuur 47: Bodembeweging: berekende correlatiecoëfficiënten tussen gemeten variabelen in het veld. DIS staat voor gemeten bodembeweging (data 22-2-2021 t/m medio oktober 2022).

In figuur 47 is te zien dat de gemeten bodembeweging voor beide percelen het meest sterk verband houdt met de ter plekke gemeten grondwaterstand bij de VSM-sensoren. Voor het proefperceel staan deze grondwaterstanden in nauw verband met de waterdruk in de drain en in de put. De slootpeilen hebben een zwak verband met de bodembeweging op het referentieperceel, omdat slootpeilen beperkt hydrologisch in staat zijn om de grondwaterstanden te beïnvloeden via infiltratie. Een systeem van regelbare drainage met subirrigatie is beter tot goed in staat om grondwaterstanden op percelen te sturen.

De sterke correlatie van de gemeten freatische grondwaterstanden met de gemeten bodembeweging betekent voor de berekening van bodemdaling op basis van incidentele bodemhoogtemetingen dat deze laatste dan steeds moeten worden uitgevoerd bij onderling dezelfde freatische grondwaterstanden. Sterker nog, bij voorkeur tijdens zeer hoge freatische grondwaterstanden in de wintermaanden (neerslagoverschot), wanneer de bodemhoogte op zijn hoogst is.

Conclusies

- De continu gemeten bodembeweging op de twee percelen bij Baan laat duidelijk effecten van het weer en van de bediening van de systemen zien; het aanvoeren van water heeft een positief effect op de bodembeweging (minder beweging en minder daling tijdens droog weer); het afvoeren van water onder natte condities geeft direct een duidelijk dalend effect te zien; de reeks aan waarnemingen breiden we uit. In het najaar 2021 'veerde' de gedaalde bodem op het referentie-perceel terug tot 2-3 mm beneden de beginstand van de m.v.- hoogte. Na een drogere zomer in 2022, is de m.v.-hoogte deels gestegen na een natte septembermaand, maar stabiel en relatief 40 mm lager dan de m.v.-hoogte van het proefperceel. De wintermaanden (2022/2023) en de rest van 2023 tonen metingen van een stijgend maaiveld. Door pomp activiteiten neemt het verschil in maaiveldhoogte toe naar >45 mm. Daarna daalt door de natte weersomstandigheden in juli-augustus en oktober-december 2023 het verschil in maaiveldhoogte op beide meetlocaties naar 9 mm.
- Gehele meetperiode: 22-2-2021 tot 31-12-2023. Het maaiveld op het proefperceel daalt 7 mm, op het referentieperceel 16 mm. Omgerekend is dat een jaarlijkse bodemdaling van 2,5 mm/j voor het proefperceel en 5,6 mm/jaar voor het referentieperceel. Het referentieperceel daalt met een factor van 2,3 meer.
- De variatie van de maaiveldhoogte in de tijd is kleiner bij het proefperceel; de dynamiek in de beweging is groter op het referentieperceel. Het verschil in maaiveldhoogte tussen het proefperceel en het referentieperceel laat zien dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel meer/sterker afneemt in de tijd dan die van het proefperceel. De proef blijkt dus verschil te maken in het vochtprofiel van de klei-op-veenbodem en in de bodembeweging. Een positief resultaat.
- De waterpassingen ter controle van de funderingspin in februari 2021 en in september 2022 tonen dat de gehele bodemkolom tot in het zandpakket >10 m-m.v. ter plekke van de VSM- sensor zakt met 2,3 (proefperceel) tot 2,8 cm (referentieperceel). We hebben twee VSM-waterpassingen-controlemetingen gedaan in 2023, op basis hiervan constateren we dat de metingen van de bodembeweging in de gehele projectperiode valide zijn.
- Belangrijkste oorzaken van bodembeweging in onze pilot zijn krimp, zwel, veenoxidatie (aeroob en/of anaeroob; op basis van ander onderzoek nog nader te duiden) en het bedienen van het systeem; via subirrigatie (pomp IN) worden de percelen natter en beweegt de bodem minder op en neer; via drainage (pomp UIT) daalt de bodem, al dan niet tijdelijk.

Aanbevelingen

- Doorgaan met VSM-metingen bodembeweging na 2023; meetnet uitbreiden met andere locaties in regio/streek, mede i.v.m. informatie uit documenten voorbereiding peilbesluit Waterschap Rivierenland (2022).
- Bij uitrol van systemen onze bevindingen ter harte nemen.

Literatuur en bijlagen

Literatuur en bijlagen zitten in de eindrapportage van KnowH2O en zijn op de site van Stichting BlauwZaam te downloaden.

NULALTERNATIEF (2025-2055)

Bodemdaling (cm)

> 16,5

11,5 - 16,5

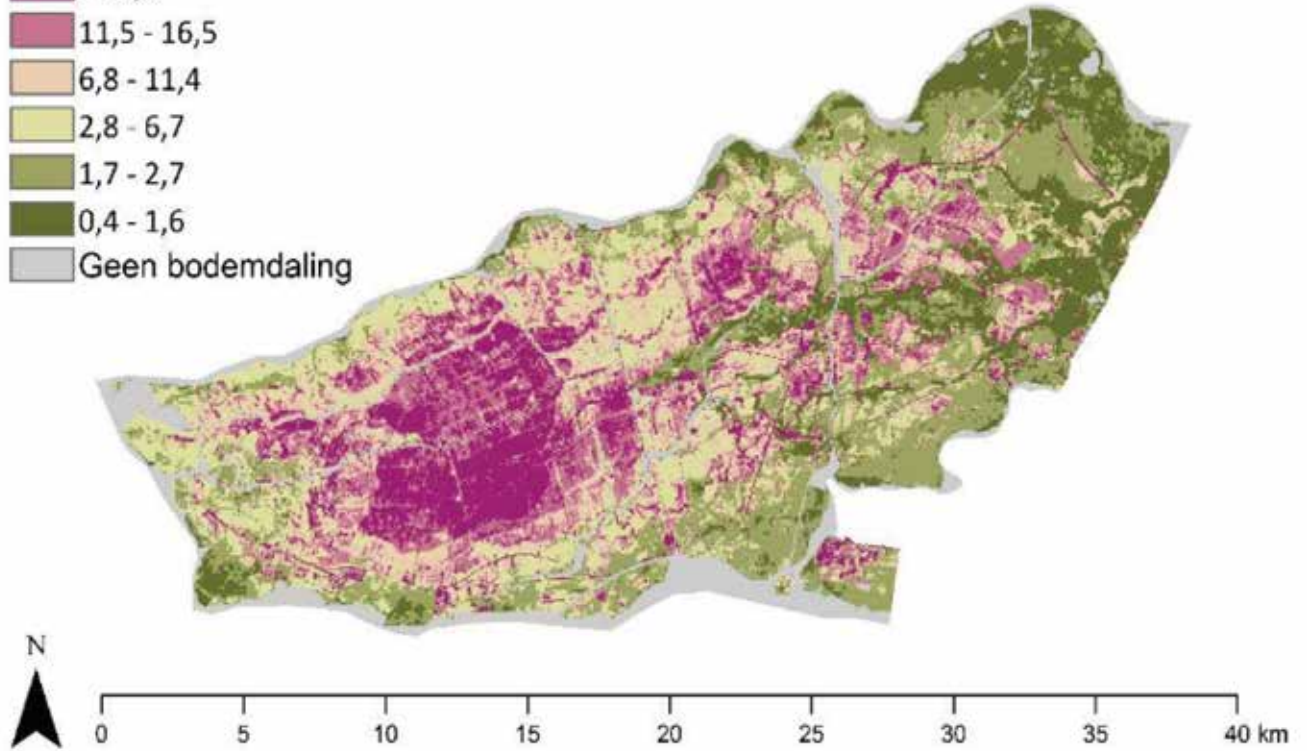
6,8 - 11,4

2,8 - 6,7

1,7 - 2,7

0,4 - 1,6

Geen bodemdaling



Thema: Landbouw

Duurzame
veehouderij
bevorderen

Gewasopbrengst

Gewasanalyse

Draagkracht vd bodem

Grashoogte

Botanische samenstelling



Eindrapportage 2021 - 2023 KTC Zegveld

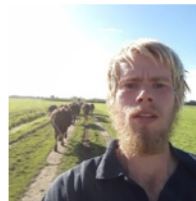
Pilot drukdrainage/waterinfiltratie in de Vijfheerenlanden en de Alblasserwaard.

Datum: 22-1-2024

Door: Karel van Houwelingen (KTC Zegveld),



Jan den Besten (Jan den Besten dienstverlening)



Henk Schilder (WUR): nulmeting en
herhaalmeting ontwikkeling botanische grassen



Samenvatting

Het grasland vormt voor de Nederlandse veehouder een zeer belangrijke rol, zo niet de belangrijkste bron voor de ruwvoer voorziening (energie) op zijn bedrijf. Een goede kwaliteit van het ruwvoer is belangrijk voor een rendabele bedrijfsvoering. In alle drie de pilots hebben we te maken met oud grasland (ouder dan ca. 7 jaar).

In het najaar van 2020 is op drie locaties in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden op een perceel klei-op-veen drukdrainage/waterinfiltratie aangelegd.

Op deze percelen werd gelijktijdig het slootwaterpeil verhoogd met 10 tot 20 cm boven gehanteerd polderpeil.

Van 2021 tot 2023 is onderzoek gedaan naar diverse effecten van het drainagesysteem. In dit rapport worden de uitkomsten van de metingen aan de grasgroei, grasopbrengst, graskwaliteit en draagkracht van de grond op het proefperceel en een referentieperceel beschreven.

Bij aanvang van het onderzoek is er een hoogtemeting gedaan om de hoogteverschillen op de doorsnede van het perceel te bepalen.

Grasgroei is twee jaar lang op alle percelen gemeten met een grashoogtemeter.

De grasopbrengst is op 1 locatie gemeten (Baan - Molenaarsgraaf) door van elke snede monsters te nemen van DrogeStofopbrengst (ds) en voederwaarde.

Door wisselend gebruik van de percelen en wisselende weersomstandigheden is het moeilijk om conclusies te trekken over de grasgroei en verschillen tussen de systemen te zien.

De grasopbrengst metingen laten een licht hogere opbrengst zien voor het proef perceel (gemiddeld 10.433 kg DS/ha voor het proefperceel en 10.076 kg DS/ha voor het referentieperceel). Echter, de najaarsnede van 2021 is niet gemeten. Deze ontbrekende gegevens konden wel geëxtrapoleerd worden uit eerdere data.

De graskwaliteit laat een minder sterke toename van het Ruw Eiwit in het najaar zien op het proefperceel, met name na een droge zomer. Dit kan een resultaat zijn van verminderde veenaafbraak door het verkoelende drainagesysteem ten gevolge van een lagere temperatuur op het proefperceel.

Over het algemeen is te zien dat de voederwaarde, zowel energie (VEM) als eiwit (DVE/OEB), lager is op het proef perceel, maar de totale opbrengst aan energie en eiwit is, door de hoger DS-opbrengst, wel weer vergelijkbaar.

De draagkracht van de grond is 2 jaar (2021-2022) in het voorjaar, zomer en najaar gemeten op alle percelen. Voor beweiding wordt veelal een waarde van 0.6 Mpa (6 kg/cm²) in de laag 0-10 cm aangehouden als ondergrens voor vertrappingsschade.

Bij machines wordt veelal de grens van ca 0.4 MPa aangehouden om rij schade te voorkomen, mits een juiste bandenkeuze en bandenspanning gebruikt wordt. Bij brede banden op lage druk kan evt een lagere waarde aangehouden worden.

In vrijwel alle gevallen is te zien dat de indringingsweerstand op het midden van de akker in de bovenste laag hoger is dan de indringingsweerstand direct naast de greppel. In beide jaren werd er in het najaar, met name naast de greppel, op het proefperceel veelal een lagere draagkracht gevonden dan op het referentieperceel. De grenswaarde van lager dan 0.6 MPa zal dan ook eerder bereikt zijn, hierdoor neemt de kans op vertrapping toe.

Uit de ervaring van de gebruikers komt naar voren dat het gebruik van systeem wel wat moeite kost, het leren omgaan met het systeem kost tijd waarin fouten gemaakt worden.

Daarnaast moet het systeem regelmatig gecontroleerd worden omdat het niet foutloos werkt. Overvloedige regenval kan voor problemen zorgen als het water niet weg kan en kan grasopbrengst kosten en het gebruik moeilijker maken.

Een goede richtlijn voor infiltratie is de vochtigheid van de greppel gebleken. Onder in de greppel moet deze vochtig zijn.

Gedurende het groeiseizoen is het mogelijk dat tijdens (felle) buien er tijdelijk plassen op het veld staan. Dit is niet als problematisch ervaren, omdat er nog voldoende percelen zijn om naar uit te wijken. Gedurende een langere natte periode kan dit wel een knelpunt worden.

De vorm van het maaiveld doet ertoe...(hol met greppels)



Kijken we naar de botanische gewassen in deze onderzoeksperiode dan zien we dat het proefperceel en het referentieperceel zich gelijkmatig ontwikkelen. Er is dus geen sprake van dat de samenstelling van het drainage perceel zich meer ontwikkelt naar een systeem met vochtigere soorten. Er is ook geen significant effect te zien van het drainagesysteem op het aandeel goede grassen. Aan het eind van de proef is de algemene trend bij de drie locaties dat het aandeel goede grassen afgenomen is op zowel de drainagepercelen (16% afname) als de referentiepercelen (13% afname)

De opname wordt gedaan op het midden van het perceel. Bij één proef perceel zien we langs de greppels wel duidelijk een verandering van de soortenrijkdom naar waterminnende soorten, met name meer pitrus en liesgras. Bij de andere agrariërs zagen we deze ontwikkeling niet. Ook dit verschilt dus wel per agrariër.

In de maatschappij en dus ook bij de boeren zien we een herwaardering van kruiden en grassen.

Bij de kruiden zien we een toename van het aandeel kruiden gedurende de proef. Deze trend is gelijk aan alle percelen. Gedurende de proef is er geen verschil in de ontwikkeling van de soortenrijkdom tussen de drainage en referentiepercelen. De toename van het totaal aandeel kruiden komt voornamelijk doordat de al aanwezige kruiden uitbreiden. Deze kruiden zijn voornamelijk typische kruiden die zich vestigen op open plekken in blijvend grasland, zoals vogelmuur, paardenbloem, ridderzuring, kruizuring, veldzuring, herderstasje en nog meer soorten.

Werkwijze, aanpak en aanpassingen

In najaar 2020 is op 2 locaties in de Alblasserwaard (Kees Baan, Molenaarsgraaf en Mattias Verhoef, Brandwijk) en 1 locatie in de Vijfheerenlanden (Peter Heikoop, Nieuwland) een pilot gestart, waarbij op elke locatie een perceel met drukdrainage/waterinfiltratie (proefperceel) vergeleken wordt met een naburig referentieperceel.

Deze rapportage beschrijft de resultaten van de metingen uitgevoerd door KTC Zegveld (in samenwerking met Jan den Besten Dienstverlening) verricht aan de effecten op het landbouwkundige gebruik van het proef perceel en referentieperceel. In het kader van deze pilot zijn er op verschillende momenten metingen verricht aan grasgroei, grasopbrengst, graskwaliteit en draagkracht van de grond. Daarnaast is er een nulmeting en herhaalmeting uitgevoerd naar de botanische grassen en kruiden. Aan de 4 veehouders is gevraagd om een logboek met gebruik van de percelen te registreren alsmede de bevindingen gedurende het gebruik (evt. vertrapping, nat- en droogteschade etc.).

Deze onderzoeksuitkomsten zijn door KnowH2O aangevuld met gegevens over neerslag, bodemtemperatuur en verdamping. Zie ook het thema hydrologie.

Resultaten

Effecten regelbare drainage met subirrigatie

Zakking van de bodem

GPS meting:

Door de NAP-hoogte van het proef perceel te vergelijken met het referentieperceel kan na verloop van tijd het effect van de genomen maatregel op de zakking van de bodem vastgelegd worden.

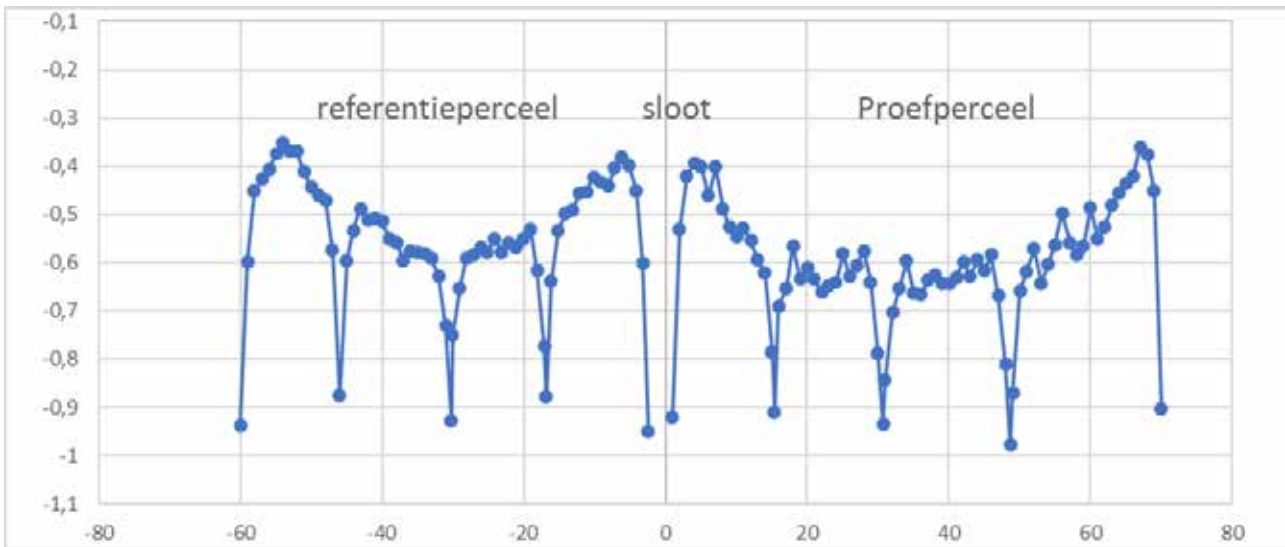
De meest nauwkeurige methode is het gebruik van een waterpasinstrument. Hiermee kan de landmeter-expert nauwkeurigheden halen van minder dan een millimeter. Deze nauwkeurige meting is vrij arbeidsintensief, terwijl uit eerdere projecten duidelijk is geworden dat de jaarlijkse variatie en de variatie binnen het jaar dermate groot is dat pas na meerdere jaren een goed beeld te zien is.

Deze pilot is derhalve niet voorzien van uitgebreide hoogtemeting van alle proef- en referentiepercelen. Wel is in voorjaar 2021 met een Trimble-Catalyst van elk perceel op 3 plaatsen een dwarsdoorsnede gemaakt. De Trimble-Catalyst meet met behulp van GPS de hoogte van het maaiveld, de afwijking is max. 2 cm. Deze afwijking is groter dan de hierboven genoemde 1 mm (landmeter, waterpassing). Op deze manier krijg je wel een goede indruk over de drooglegging tov het slootwaterpeil en de vlakteligging in de breedte, niet van de gemiddelde maaiveldhoogte. In de toekomst zou deze meting op exact dezelfde plaats nog eens gemeten kunnen worden met de Trimble Catalyst.

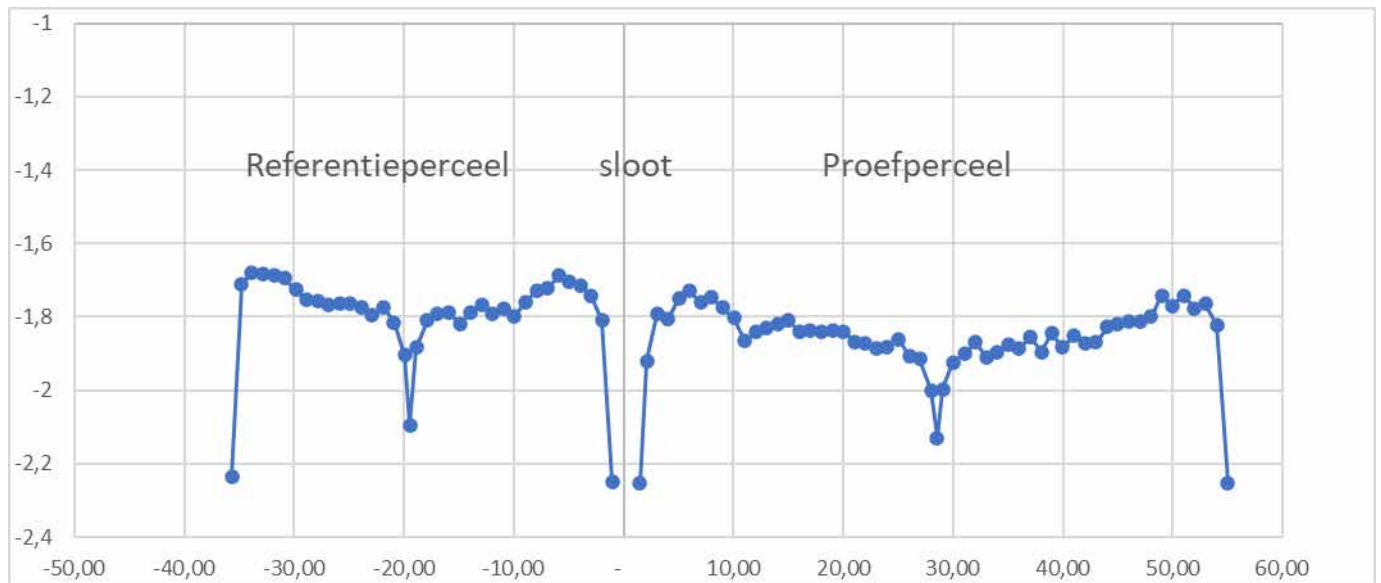
Dwarsdoorsnede:

In figuur 48 a-c is de NAP-hoogtemetingen van 1 van de herhalingen van resp. bedrijf Heikoop, Baan en Verhoef te zien. Links het referentieperceel en rechts het proefperceel. De percelen liggen niet naast elkaar zoals de plaatjes suggereren, maar tussen het proefperceel en het referentieperceel ligt minimaal 1 ander perceel.

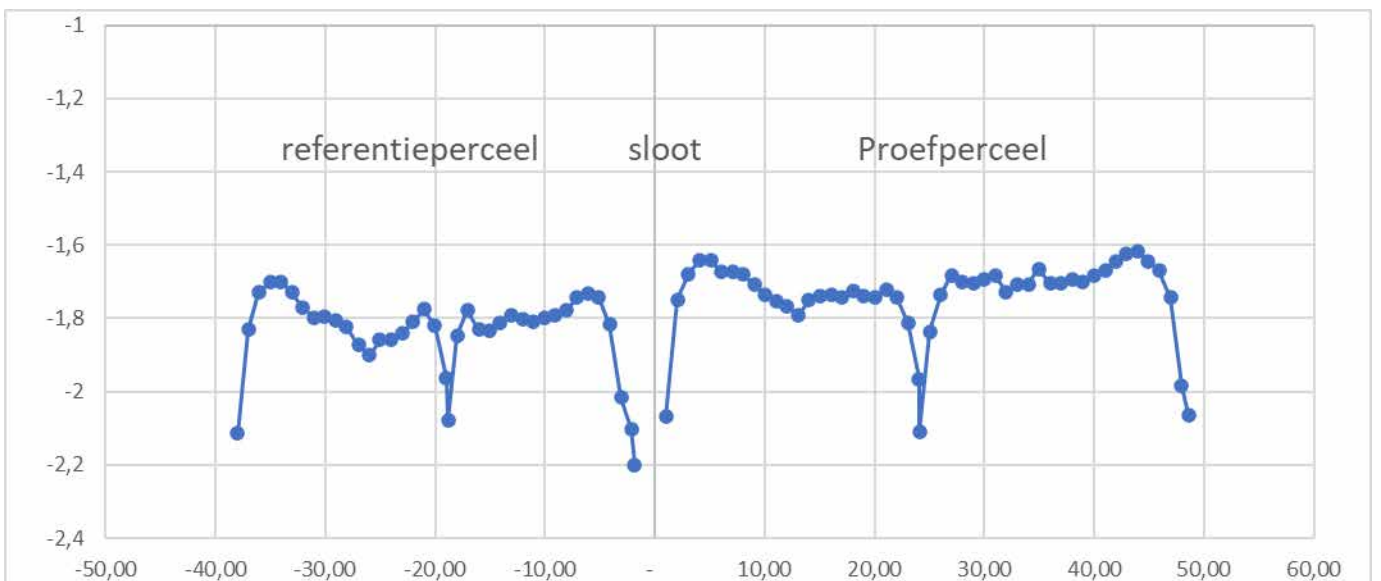
We kunnen goed zien, dat de greppels diep liggen. Percelen liggen alle hol.



Figuur 48a: NAP-hoogtemetingen van bedrijf Heikoop



Figuur 48b: NAP-hoogtemetingen van bedrijf Baan



Figuur 48c: NAP-hoogtemetingen van bedrijf Verhoef

In de hier afgebeelde figuren is goed te zien waar de posities van de aanwezige greppels zich bevinden. Ook is te zien dat het profiel van het proefperceel en referentieperceel wat betreft vlakteligging en breedte niet geheel overeenkomen.

Graslengte en grasgroei

Uit eerder onderzoek uitgevoerd door KTC/WUR (Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains bij dynamisch slootpeilbeheer op veengrond, I.E. Hoving et al.) werd over het algemeen een licht lagere opbrengst gevonden op de percelen waar een drainage-/infiltratiesysteem was aangelegd. Een verklaring hiervoor is de lagere N-mineralisatie van het veen, doordat de drains inderdaad doen waarvoor ze zijn bedoeld, namelijk het verminderen van de veenafbraak. In een droge periode kan er echter sprake zijn van een hogere grasgroei door een betere vochtvoorziening. Ook is gezien dat in nattere periodes het overschot aan neerslag door de drainerende werking sneller afgevoerd kan worden. Hierdoor is het mogelijk om het aantal werkbare dagen te verhogen en zodoende de benutting van het gras te verhogen. In deze pilot zijn er ook metingen gedaan aan de grasgroei om te monitoren of de genoemde effecten ook optreden in percelen met klei op veen, aangezien de bekende data voornamelijk van veen percelen zijn. Voor het meten van de grasgroei zijn twee methoden gebruikt, namelijk grashoogtemetingen om de wekelijkse groei in het voorjaar te meten (2021-2022) en opbrengstmetingen van iedere snede bij het bedrijf Baan (2021-2023).

Grashoogte

Om de voorjaarsgroei van het gras te meten zijn er grashoogtemetingen uitgevoerd. Gedurende het voorjaar (de eerste twee sneden, tot begin juli) is wekelijks met een grashoogtemeter de grasvoorraad en grasgroei gemonitord. Dit is uitgevoerd met de Jenquip-grashoogtemeter (zie figuur 49). Tot een graslengte van ca 20 cm is met deze methode een goede schatting van de hoeveelheid aanwezige gras te maken, bij een langere graslengte kan het gras plat gaan liggen en wordt derhalve deze methode onbetrouwbaar. Bij een maaisnede kan dus veelal niet doorgemeten worden tot aan het oogstmoment.

De grashoogtemetingen zijn in 2021 en 2022 op alle drie locaties bij zowel proef- als referentieperceel uitgevoerd. Elk perceel is in een voorste en een achterste helft verdeeld. Op deze helften is apart op 40-60 plekken de grashoogte gemeten. Hiervan zijn de gemiddelde grashoogte (in cm), de hoeveelheid aanwezige gras (in kgds/ha) en de dagelijkse grasgroei (in kgds/ha/dag) berekend. De dagelijkse grasgroei is berekend door het verschil in hoeveelheid gras tussen twee metingen te delen door het aantal groeidagen. Daarbij zijn alleen de waarden meegenomen als er een daadwerkelijke bijgroei is gerealiseerd. Bij tussentijds maaien of beweiden kan er dus geen bijgroei berekend worden.

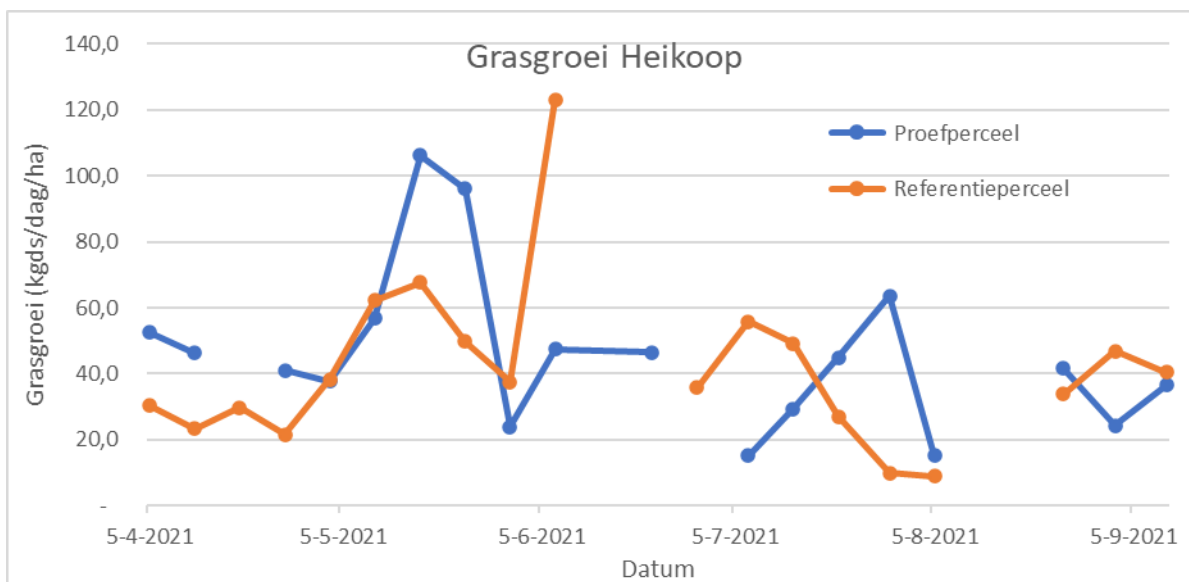
In onderstaande figuren (figuren 50a - 50f) is de bijgroei van de drie locaties weergegeven (per locatie twee percelen). Waar gaten in de grafiek zitten was er dus sprake van gebruik (maaien/ beweiden) van het perceel.



Figuur 49: Jenquip-grashoogtemeter

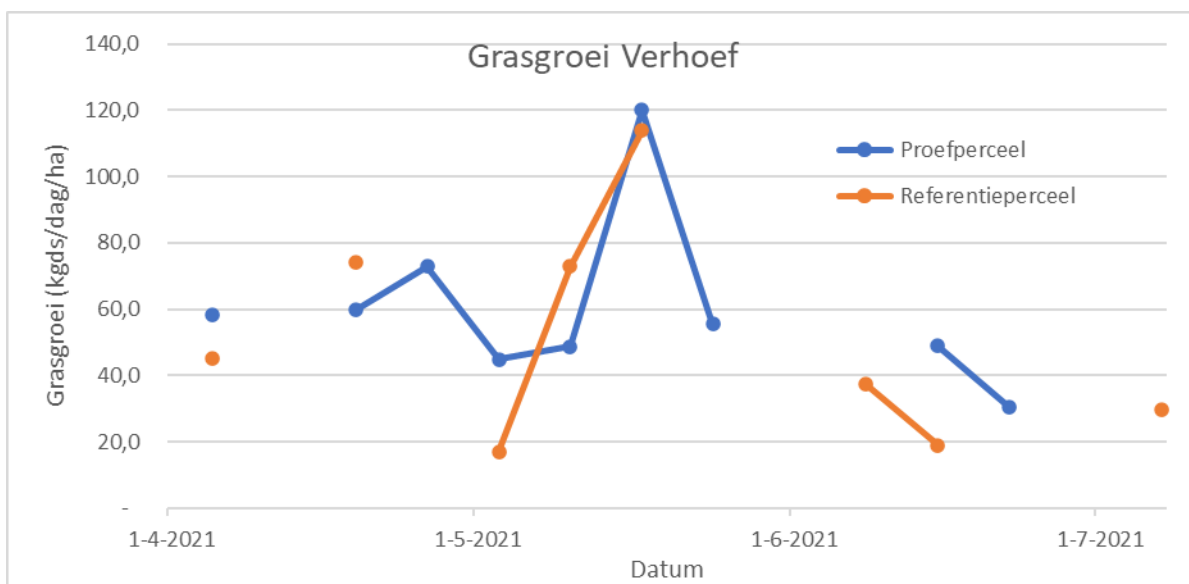
Toelichting bij de figuren:

In de figuren 50a-c hieronder zijn per bedrijf de gemiddelde grasgroei van het jaar 2021 per dag per ha voor het proef- en referentieperceel te zien.



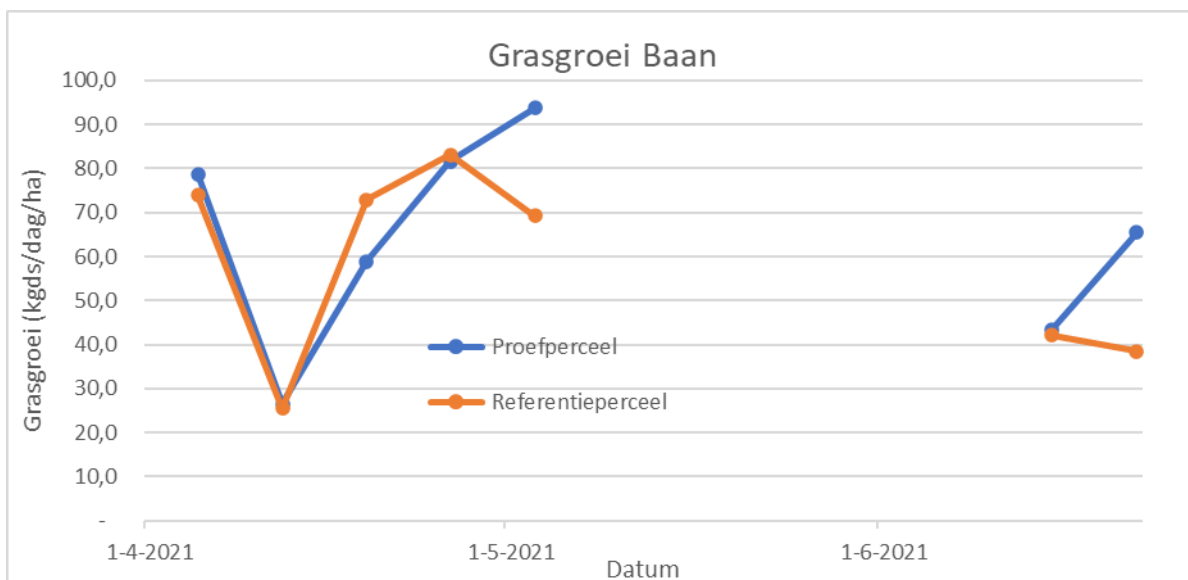
Figuur 50a: Grasgroei bedrijf Heikoop in kg DS/dag/ha (2021)

De gemiddelde grasgroei 2021 bij Heikoop is weergegeven in figuur 50a. Gedurende de gehele meetperiode is de gemiddelde grasgroei van het proefperceel 46 kgds/dag/ha geweest en op het referentieperceel 42 kgds/dag/ha. In de periode tot 1 juli (1^e en 2^e snede) was dit respectievelijk 55 en 48 kgds/dag/ha.



Figuur 50b: Grasgroei bedrijf Verhoef in kg ds/dag (2021)

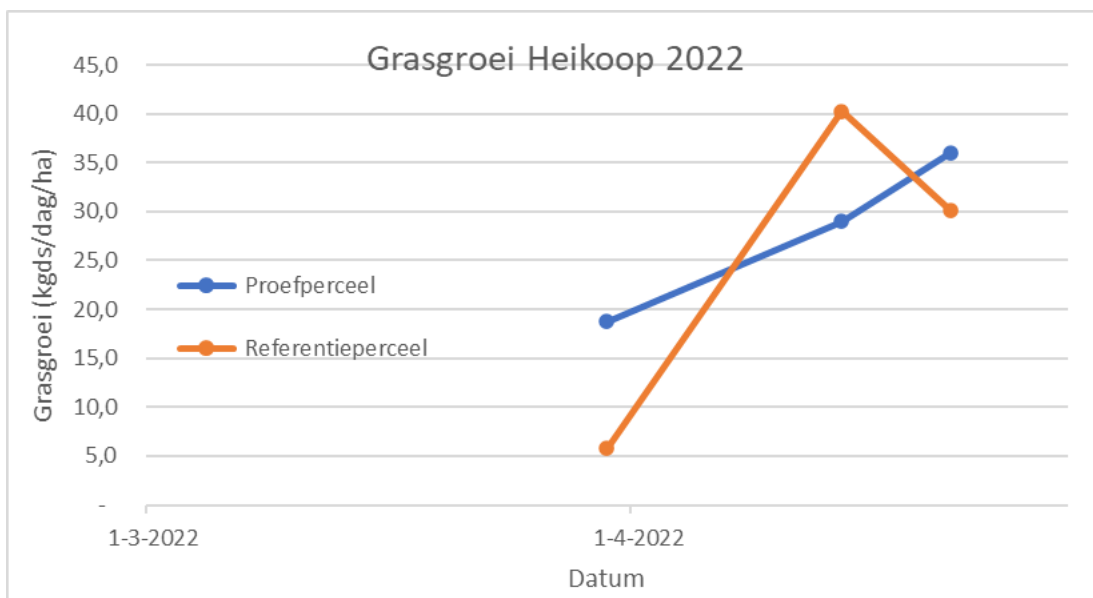
Gedurende de gehele meetperiode is de gemiddelde grasgroei 2021 op het bedrijf van Verhoef op het proefperceel 60 kgds/dag/ha geweest en op het referentieperceel 51 kgds/dag/ha (zie figuur 50b). In de periode tot 1 juli (1^e en 2^e snede) was dit resp. 60 en 54 kgds/dag/ha.



Figuur 50c: Grasgroei bedrijf Baan in kg ds/dag (2021)

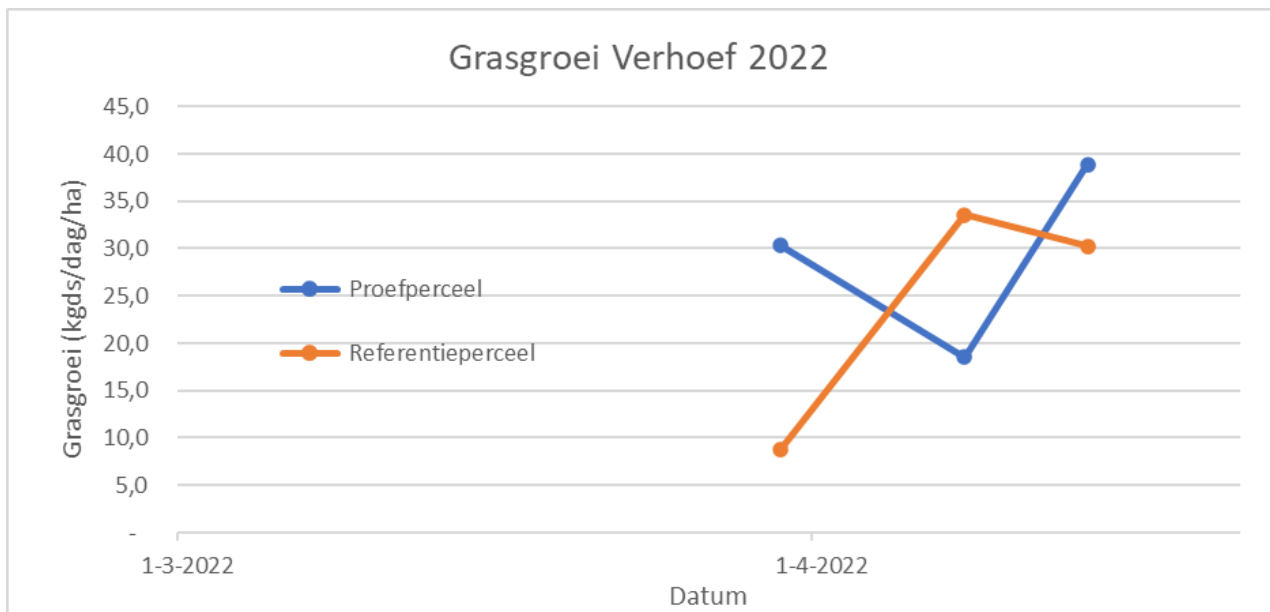
De gemiddelde grasgroei 2021 voor het bedrijf Baan is weergegeven in figuur 50c. Gedurende de gehele meetperiode is de gemiddelde grasgroei van het proefperceel 64 kgds/dag/ha geweest en op het referentieperceel 58 kgds/dag/ha.

In de figuren 50d-50f hieronder zijn per bedrijf de gemiddelde grasgroei van het jaar 2022 per dag per ha voor het proef- en referentieperceel te zien.



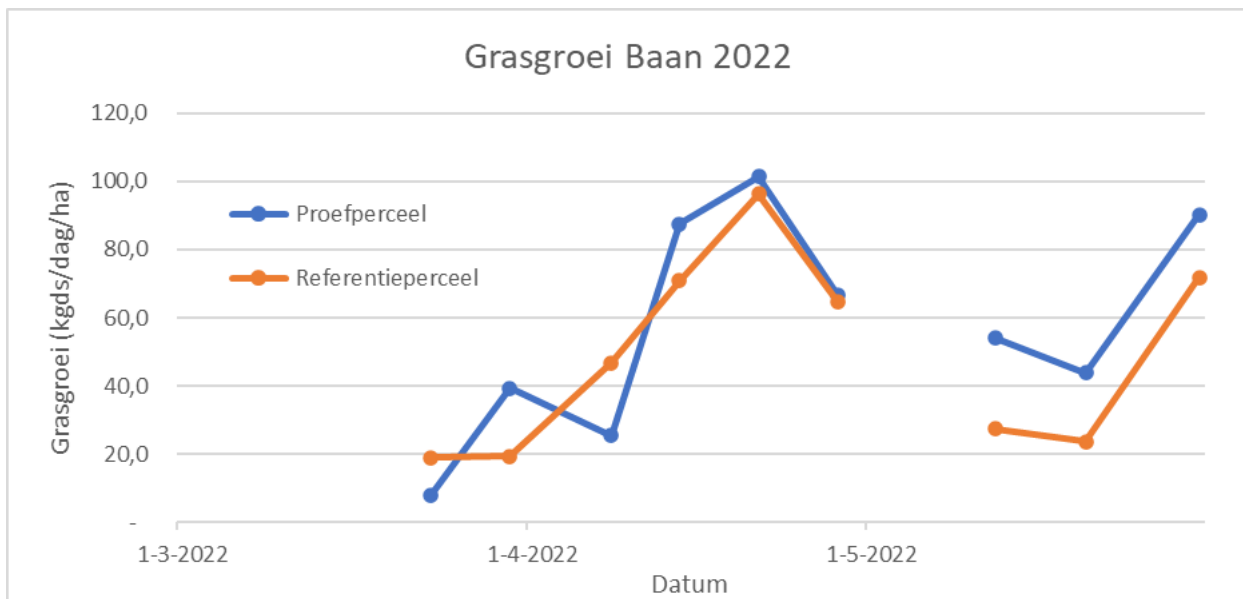
Figuur 50d: Grasgroei bedrijf Heikoop in kg DS/dag/ha (2022)

De gemiddelde grasgroei april 2022 bij Heikoop is weergegeven in figuur 50d. Gedurende de meetperiode is de gemiddelde grasgroei van het proefperceel 28 kgds/dag/ha geweest en op het referentieperceel 25 kgds/dag/ha.



Figuur 50e: Grasgroei bedrijf Verhoef in kg ds/dag (2022)

Gedurende de meetperiode in april 2022 is de gemiddelde grasgroei op het bedrijf van Verhoef op het proefperceel 29 kgds/dag/ha geweest en op het referentieperceel 24 kgds/dag/ha (zie figuur 50e).



Figuur 50f: Grasgroei bedrijf Baan in kg ds/dag (2022)

De gemiddelde grasgroei 2022 voor het bedrijf Baan is weergegeven in figuur 50f. Gedurende de gehele meetperiode is de gemiddelde grasgroei van het proefperceel 58 kgds/dag/ha geweest en op het referentieperceel 49 kgds/dag/ha.

Conclusies grasgroei

Op bedrijf Heikoop en Verhoef worden de percelen afwisselend gebruikt voor beweiding en voederwinning, het is daarbij lastig om een langere aaneengesloten periode met elkaar te vergelijken. Daarnaast zijn bij deze bedrijven de percelen niet altijd gelijktijdig gebruikt, wat de resultaten kan beïnvloeden. Op bedrijf Baan worden de percelen alleen gebruikt voor voederwinning, hierdoor is het wel mogelijk om een langere groeiperiode met elkaar te vergelijken. Door een late oogst van de eerste snede in 2021 (als gevolg van overvloedige neerslag in de 1^e helft van mei) was er vanaf 10 mei sprake van legering van het gewas en was er derhalve geen grashoogtemeting meer mogelijk. In juni is nog een aantal keren de groei van de 2^e snede gemeten (zie figuur 50). In 2022 is bij bedrijf Baan zowel de grashoogte van de 1^e snede als de groei van de 2^e snede wekelijks gemeten. Van de latere snedes is uit efficiëntie-redenen niet meer de grashoogte gemeten, wel is hiervan mbv stroken uitmaaien de opbrengst bij de oogst gemeten. Bij bedrijven Heikoop en Verhoef is er gemeten tot eind april, na deze datum was het door de beweiding niet meer mogelijk om goede metingen uit te voeren.

Indicatie 1ste jaar (2021):

Bij alle 3 bedrijven is er een licht hogere grasgroei te zien op de proefpercelen ten opzichte van de referentiepercelen van gemiddeld ca 10%. Gezien de soms grote verschillen binnen een perceel (voorste helft vs achterste helft) en de grote fluctuatie in grasgroei is niet eenduidig aan te geven dat er daadwerkelijk een hogere grasgroei is geweest.

Indicatie 2de jaar (2022):

Ook in 2022 is op alle 3 bedrijven licht hogere grasgroei te zien op de proefpercelen ten opzichte van de referentiepercelen van gemiddeld ca 10%. Helaas was door de beweiding van het melkvee het niet mogelijk om bij Heikoop en Verhoef een langere betrouwbare reeks op te bouwen. De grasgroei van de eerste snede op de percelen bij Heikoop en Verhoef was dit jaar ongeveer de helft lager dan het voorgaande jaar. Deels komt dit doordat de percelen heel vroeg in het voorjaar beweid zijn, voordat het gras een echte groeispurt maakt. De groei is daarnaast waarschijnlijk vertraagd door het relatief koude voorjaar. Op deze biologische bedrijven kwam de grasgroei later op gang. Bij de percelen van Baan was de grasgroei slechts circa 10% lager dan vorig jaar.

Gewasopbrengst

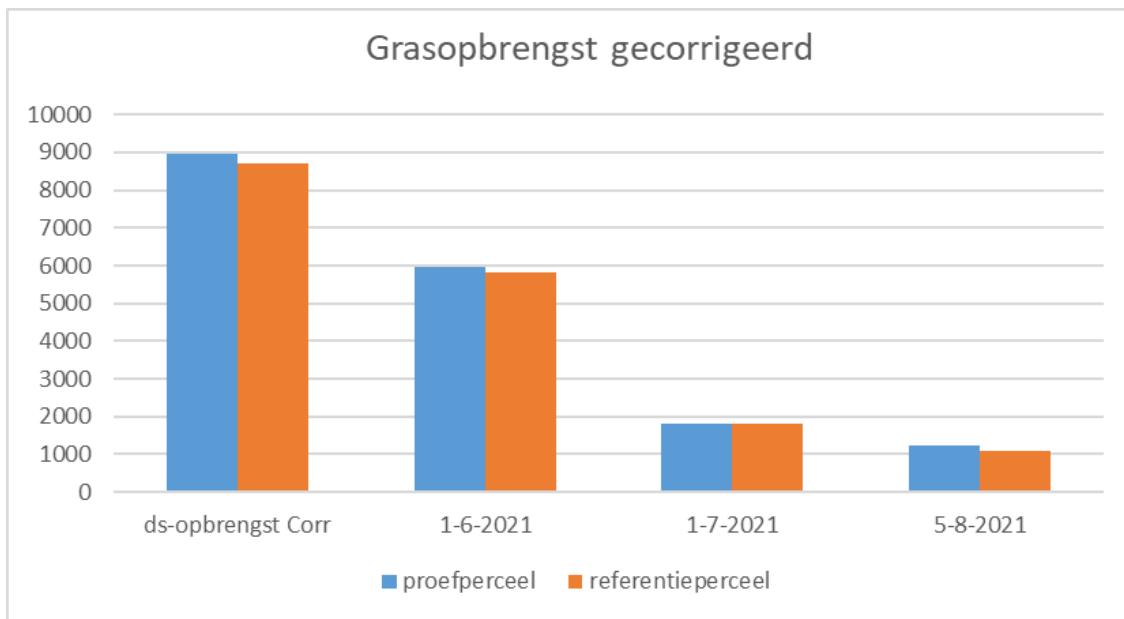
Metten van het (ds)gehalte

Op bedrijf Baan te Molenaarsgraaf is de werkelijk grasopbrengst op het zowel het referentie als het proefperceel gemeten. Dit is gedaan op dit bedrijf omdat hier beide percelen alleen gemaaid worden en altijd tegelijkertijd bewerkt worden. De grasopbrengst is gemeten door enkele dagen vooraf aan het oogstmoment van het gewas met een proefveld-maaimachine (merk: Haldrup) een aantal stroken gras gemaaid (per perceel 6 stroken van ca. 1,5 bij 8 meter). Hierbij is het vers gewicht van de strook gras vastgesteld, de oppervlakte van de strook gemeten en een monster van het gras gedroogd voor bepaling van de drogestof (ds)-gehalte. Op deze wijze kan de grasopbrengst in kg ds/ha nauwkeurig bepaald worden.



Opbrengstmeting 1e jaar(2021):

In 2021 is van de eerste 3 snedes de opbrengst gemeten. Zeker bij de 1^e snede zat er door overvloedige neerslag direct na de opbrengstbepaling, meerdere dagen tussen deze opbrengstbepaling en het maaien door de veehouder. In onderstaand figuur is de berekende opbrengsten per snede (gecorrigeerd naar werkelijke maaidatum) weergegeven. Van enkel de eerste drie sneden is data verzameld, de 2 linker kolommen in de figuur geven de jaaropbrengst (snede 1-3) weer, gevolgd door de opbrengst van resp. de 1^e (1-6-2021), 2^e (1-7-2021) en 3^e (5-8-2021) snede.



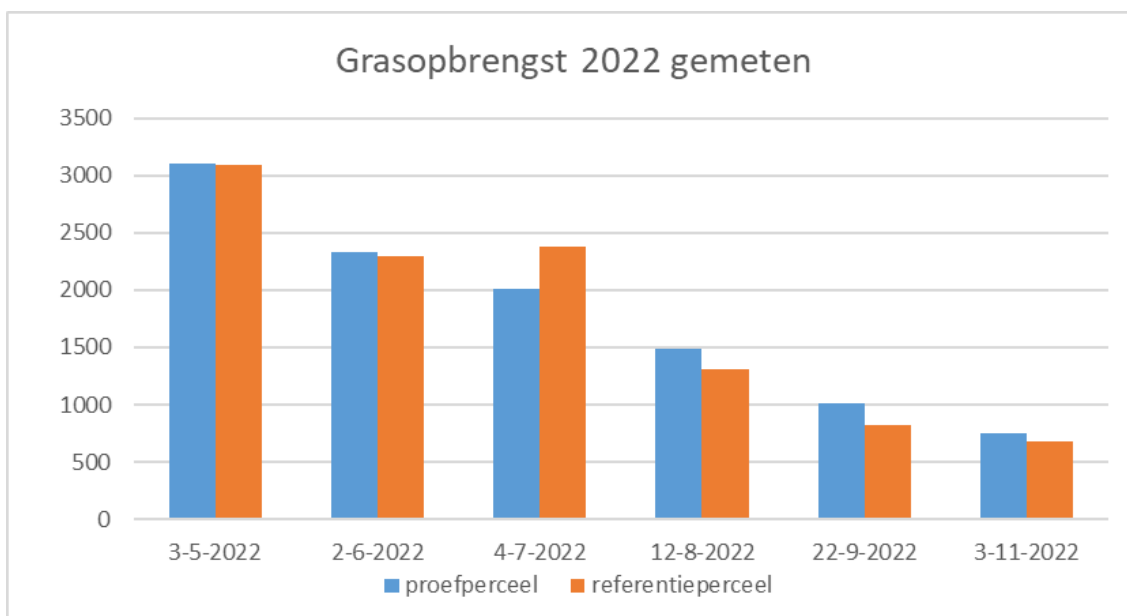
Figuur 51a: Gecorrigeerde grasopbrengst 2021 bedrijf Baan in kg ds/ha

De opbrengstbepaling is na de derde snede helaas achterwege gebleven. Visueel was er door de veehouder geen verschil tussen de behandelingen waar te nemen in de opbrengst van de vierde snede (half september) en van de vijfde snede (eind oktober).

In totaal is er in 3 snedes 9,0 ton ds/ha geoogst van het proefperceel en 8,7 ton ds/ha van het referentieperceel, een verschil van 3 %. Dit verschil is dermate gering dat dit niet aan de behandeling toegewezen kan worden.

Opbrengstmeting 2e jaar(2022):

In 2022 is de gehele jaaropbrengst in kaart gebracht, de 1^e snede is geoogst op 3 mei en daarna elke 4-6 weken een vervolgsnede. In snede 1 t/m 5 is met proefveldoogstmachine (Haldrup) op elk perceel 6 stroken uitgemaaid, waarna de veehouder het gehele perceel gemaaid heeft voor voederwinning. De laatste snede in november is gezien de draagkracht op dat moment niet met deze oogstmachine geoogst, maar is de grasopbrengst geschat m.b.v. de grashoogtemeter. Tegelijkertijd is er een knipmonster per perceel genomen voor analyse voederwaarde. In onderstaande grafiek (figuur 51b) is de opbrengst per snede te zien.



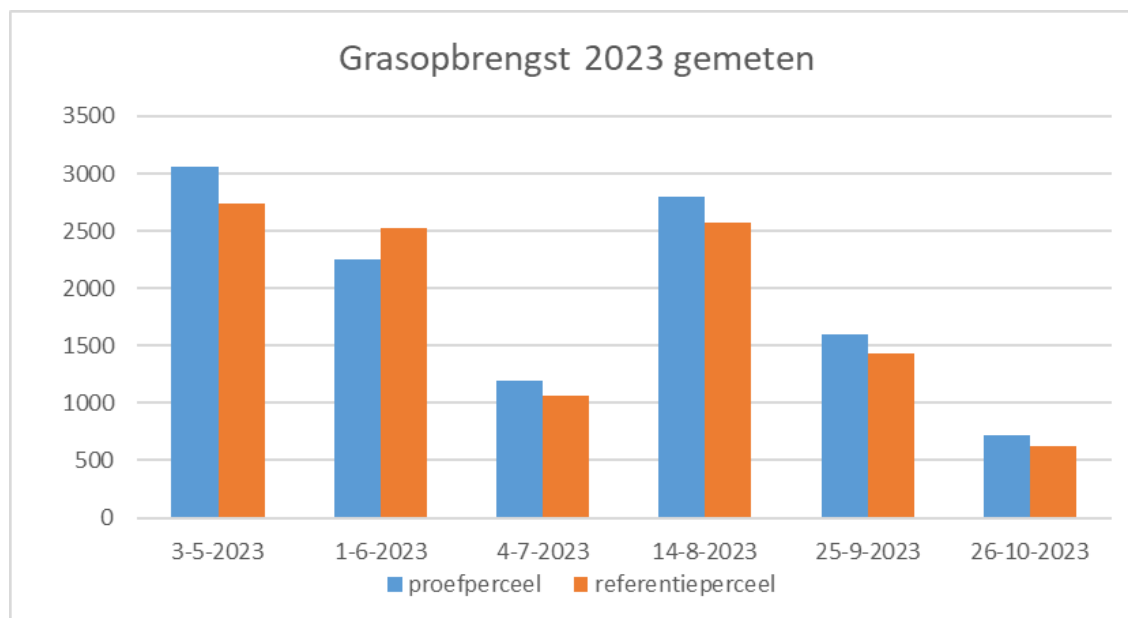
Figuur 51b: Grasopbrengst 2022 bedrijf Baan in kg ds/ha, opbrengst per snede

In 2022 is de opbrengst op beide percelen hoger dan in 2021, zoals we verwachtten. Over heel 2022 is er een licht hogere opbrengst op het proefperceel t.o.v. het referentieperceel te zien (resp. 10.700 en 10.580 kgds/ha), dit verschil is slechts 1%, en dermate gering dat dit niet aan de behandeling toegewezen kan worden. Het nattere proefperceel heeft in de drogere en hetere zomer van 2022 (vergeleken met 2021) niet geleid tot gunstigere groei-condities voor het gras bij Baan. De verklaringen hiervoor staan ter discussie

Wel zijn er verschillen te zien tussen de verschillende snedes. In de eerste twee snedes is de opbrengst nagenoeg gelijk. In de derde snede heeft het referentieperceel een hogere opbrengst, 2379 kg ds/ha vergeleken met 2122 kg ds/ha voor het proefperceel. Dit verschil is niet goed te verklaren. In de latere snedes is er juist een hogere opbrengst op het proefperceel te zien. In de 4de en 5de snede was de grasopbrengst respectievelijk 12,8% en 23,5% hoger in het proefperceel dan het referentieperceel. De 4e-6e snede op het proefperceel heeft een opbrengst van 3246 kg ds/ha vergeleken met 2818 kg ds/ha op het referentieperceel. Dit zijn de snedes die gegroeid zijn tijdens en na de droogte van de zomerperiode. De hogere grasopbrengst in deze snedes op het proefperceel is in lijn met de ervaringen uit eerdere proeven dat in droge zomers het gras harder groeit op de proefpercelen. Wel moet hierbij aangegeven worden dat de grasgroei op het proefperceel nog steeds significant lager was dan in een normale zomer. Mogelijk is de grasgroei voornamelijk beperkt door de hoge temperatuur in plaats van een gebrek aan vocht, aangezien op beide percelen er droogteschade te zien was.

Opbrengstmeting 3e jaar(2023):

Ook in 2023 is de gehele jaaropbrengst in kaart gebracht, de 1e snede is geoogst op 3 mei en daarna elke 4-6 weken een vervolg snede. In 2023 is bij snede 1 t/m 4 de opbrengst gemeten met de Haldrup. Bij snede 5 (Haldrup-machine niet beschikbaar) en snede 6 (beperkte draagkracht door vele neerslag) is de grasopbrengst gemeten door het uitknippen van een 6-tal vakjes van 40x40 cm per perceel. Alle genomen monsters zijn weer bij het KTC gedroogd en nadien bewaard en aan het einde van het seizoen opgestuurd voor analyse voederwaarde. In onderstaande grafiek (figuur 51c) is de opbrengst per snede te zien.

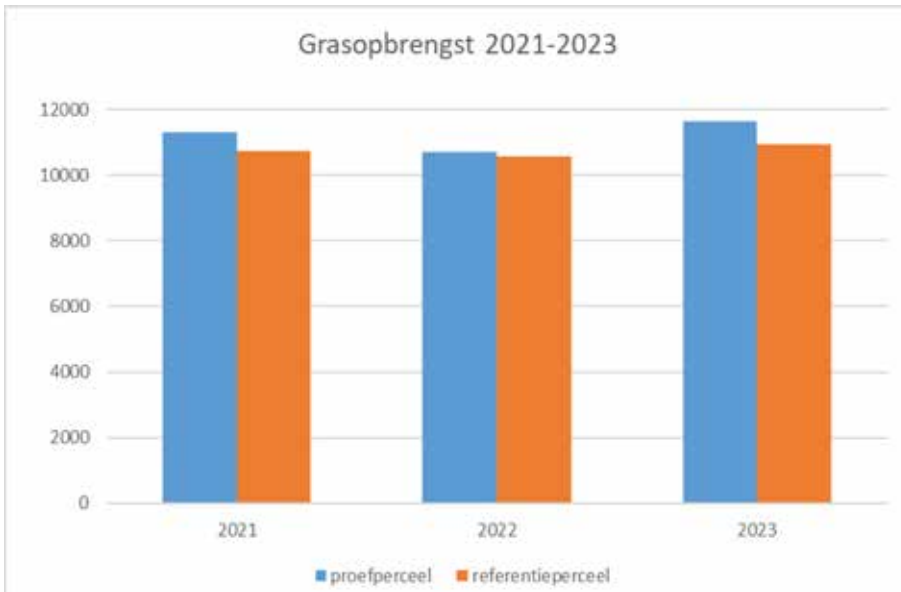


Figuur 51c: Grasopbrengst 2023 bedrijf Baan in kg ds/ha, opbrengst per snede

Over heel 2023 is er een licht hogere opbrengst op het proefperceel t.o.v. het referentieperceel te zien (resp. 11.600 en 10.950 kgds/ha), een verschil van 6%. Wel zijn er verschillen te zien tussen de verschillende snedes. In de eerste twee sneden is de gezamenlijke opbrengst nagenoeg gelijk. In de overige snede is er op het proefperceel continu ca 10% meer gras gegroeid dan op het

referentieperceel. Mogelijk dat de vochtvoorziening in deze periode wat constanter geweest is op het proefperceel.

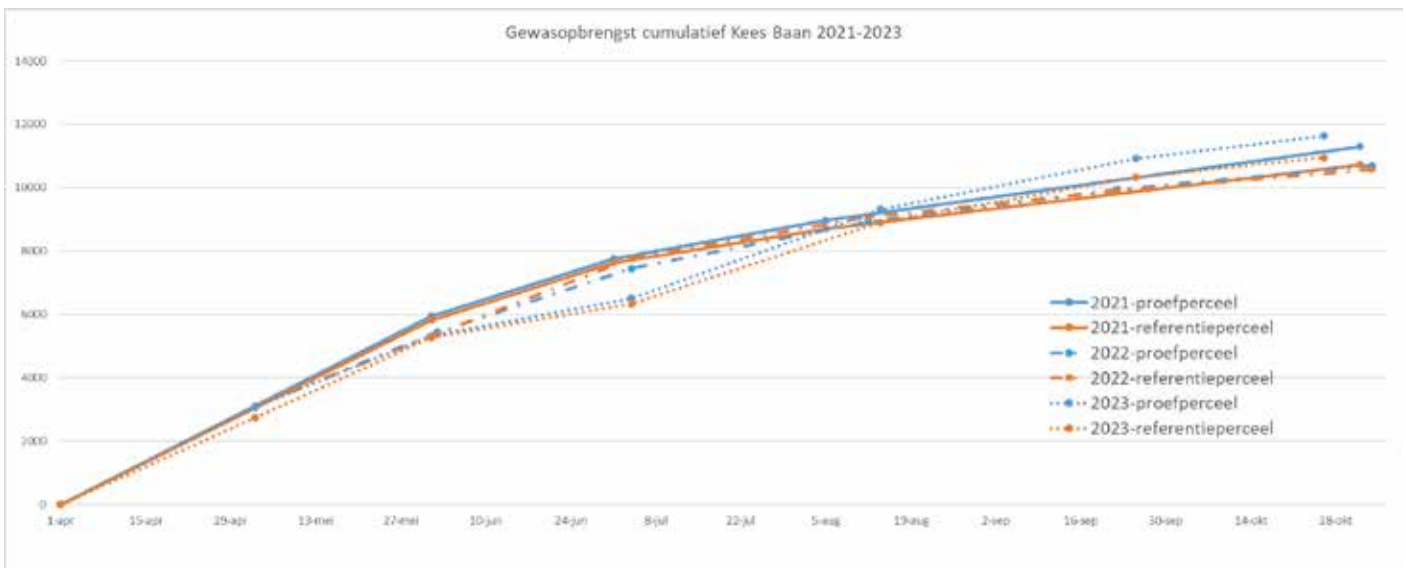
In figuur 51d is de jaaropbrengsten van de drie jaren weergegeven. Hierbij is op basis van de groei van de 4^e t/m 6^e snede in 2022 en 2023 de jaaropbrengst van 2021 aangevuld.



Figuur 51d: Grasopbrengst 2021-2023 bedrijf Baan in kg ds/ha, jaaropbrengst

Droge-stof opbrengst gras [kg/ha] bij Baan in 2021, 2022 en 2023. Data: KTC Zegveld (Van Houwelingen en Den Besten, 2024).

In dit figuur is te zien dat de totale grasopbrengst in alle jaren op het proefperceel iets groter was dan op referentieperceel (gemiddeld +4%).



Figuur 51e: Cumulatieve grasopbrengst 2021-2023 bedrijf Baan in kg ds/ha. De punten in de grafiek zijn de maaidata. Voor 2021 is de gecorrigeerde grasopbrengst gebruikt.

Vergelijking 2021 - 2023

In figuur 51e is de cumulatieve opbrengst van de jaren 2021-2023 weergegeven. Hierbij is uitgegaan van een start van de groei op 1 april. Er zijn kleine verschillen te zien voor het groeiverloop gedurende het jaar. Voornamelijk in 2023 is de groei van de 3^{de} snede lager, de groei

na de 4^{de} snede is echter hoger. Dit is te verklaren door een droge periode ten tijde van de 3^{de} snede en een vochtige, groeizame periode na die tijd. Uiteindelijk blijkt aan het einde van ieder seizoen de totale grasopbrengst min of meer gelijk, ondanks dat de weersomstandigheden zeer verschillend waren in de onderzochte periode. De gemiddelde grasopbrengst over de onderzochte jaren is iets hoger voor het proefperceel (gemiddeld 10.433 kg DS/ha voor het proefperceel en 10.076 kg DS/ha voor het referentieperceel), wat een verschil is van 3,5%.

Wanneer we per snede gaan kijken in 2021 dan zien we weinig verschil tussen de percelen in de opbrengsten van snede 1 en 2, maar we zien 13% meer opbrengst in snede 3 voor het proefperceel (gegroeid in periode 30-6-2021 tot 2-8-2021). Wanneer we per snede gaan kijken in 2022 dan zien we vaker verschil tussen de percelen in de opbrengsten. Snede 1 en 2 zijn vrijwel identiek. Snede 3 (gegroeid in periode 3-6-2022 tot 3-7-2022) is voor het proefperceel 15% lager, snede 4 (gegroeid in periode 5-7-2022 tot 11-8-2022) is 13% hoger en snede 5 (gegroeid in periode 13-8-2022 tot 21-9-2022) is 24% hoger op het proefperceel. Naarmate we later in het groeiseizoen komen, zijn de opbrengsten per snede op het proefperceel groter. Deze snedes echter zijn qua gewicht afnemend in de tijd. Nader onderzoek naar verklaringen hiervoor kan nuttig zijn. Punt blijft echter dat per seizoen als geheel er geringe verschillen in droge-stof opbrengst zijn.

Als we 2023 erbij nemen, dan zien we dat overall voor beide percelen voor de drie meetjaren de verschillen tussen de jaren <10% zijn, als ook de verschillen tussen de twee percelen. We hebben geen statistiek kunnen bedrijven met deze data. De verschillen zijn van een dusdanig geringe omvang, dat niet hard gemaakt kan worden waar ze door veroorzaakt zijn. Een mix van factoren bepaalt nl. de droge stof opbrengst. En zoals de agrariër zei: 'mijn vader zei altijd: elk jaar oogst ik ongeveer 1 meter gras' (mondelijke mededeling Kees Baan, 2023).

Een recent overzicht van toepassing van WIS op veengronden en de effecten daarvan op de d.s. opbrengst van gras en N-mineralisatie staat in Hoving et al. (2024). De percelen die in de hier gerapporteerde proeven vallen binnen de range van andere gerapporteerde percelen qua d.s. opbrengst.

Tabel 12: Grasland-opbrengst percelen Baan 2021 t/m 2023 en neerslag, verdamping, pompdebiet (netto IN-UIT), en hiermee gecorrigeerd neerslagtekort [mm]. Opbrengst gras d.s. in [kg/ha].

Baan	neerslag	ET ref MAK	neerslagtekort	pomp IN - UIT	neerslagtekort correctie	d.s. gras	d.s. gras
seizoen	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/ha]	[kg/ha]
						PROEF	REF
2021	396	-485	-89	-8	-97	11294	10734
2022	412	-555	-143	147	4	10701	10581
2023	371	-548	-177	178	1	11632	10953

Het potentieel neerslagtekort (neerslag minus ETref MAK) voor de maanden april tot en met september bij Baan (kolom 4 in Tabel 12) is in theorie een maat/indicatie voor een eventuele reductie van de droge stof productie. In de praktijk blijkt dit niet zo te zijn, er is blijkbaar een andere reden voor een lagere of hogere d.s. opbrengst in de drie meetjaren. In 2022 en 2023 is het potentieel neerslagtekort op seizoensbasis volledig gecompenseerd door netto water aan te voeren via pomp IN. Daarmee verwachten we dus voor die twee seizoenen geen watertekort, dus is water geen beperkende factor voor de d.s. productie. De ETref MAK als seizoensom in 2021 is >10% lager dan die van 2022 en 2023. De hoeveelheid water die de pomp IN in 2021 aan had kunnen voeren om het neerslagtekort aan te vullen kan prima uit de waterberging van het perceel zijn gekomen: bodemvocht en capillaire opstijging vanuit het freatisch grondwater.

Wat nog een factor ter discussie kan zijn bij de droge stof opbrengsten is de mineralisatie van organisch stof in de klei-op-veen bodem. Minerale stikstof kan door het gras opgenomen worden. Zo ontstaat het (bodem)stikstof-naleverend-vermogen (NLV) en daalt de veenbodem. Met de aanname dat de jaarlijkse depositie van stikstof uit de lucht 30 à 40 kg/ha bedraagt, leverde

de mineralisatie in de Proefpolder Kringloop Landbouw nabij Wilnis (Projectteam Proefpolder Kringloop Landbouw, 2021; Honkoop, 2022) jaarlijks naar schatting ongeveer 200 à 250 kg/ha aan stikstof op (2016-2019). De mineralisatie wordt o.a. beïnvloed door de vochthuishouding van de bodem en daarmee ook bodemtemperatuur. Deze is gemeten op alle percelen

In het jaar 2023 is het opvallend dat in alle snedes er sprake is van een hogere VEM- en RE-waarde op het referentieperceel. Gedurende het jaar is er een droge periode geweest waarbij de mineralisatie (en dus afbraak van veen) op het referentieperceel hoger zal zijn dan op het proefperceel. Dit was na de tweede snede, dit verklaart dus niet de hogere gehalten tijdens de eerste twee sneden, mogelijk is hier nog een effect van het voorgaande jaar aanwezig. Blijkbaar is deze droogte voldoende geweest om de mineralisatie te verhogen en zodoende het RE-gehalte, (en dus ook DVE en OEB) duidelijk te verhogen. Wat hierbij verder mee kan spelen is de lagere grasproductie op het referentieperceel, bij omrekening naar totale VEM- en RE-opbrengst is er vrijwel geen verschil meer te constateren. Dus uiteindelijk heeft het proefperceel een hogere DS opbrengst, maar is de kwaliteit van het gras van het referentieperceel beter.

Graskwaliteit

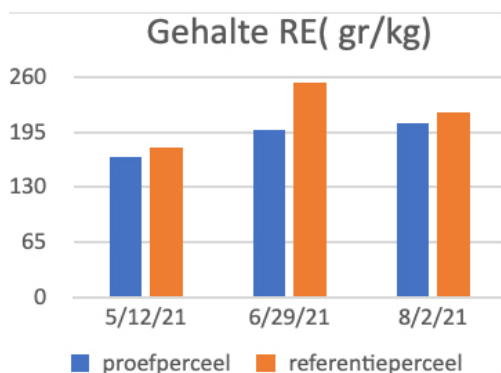
Van bedrijf Baan zijn gelijktijdig met de grasopbrengst-bepaling gewasmonsters genomen. Deze zijn op het KTC gedroogd ter bepaling ds-gehalte en aan het einde van het seizoen opgestuurd naar een laboratorium (Eurofins) voor onderzoek op voederwaarde. In onderstaande tabel (Tabel 1a,b) de (ongecorrigeerde) opbrengst en de resultaten van de analyse.

Tabel 13a: Voederwaarde vers-gras monsters 2021 van snede 1-3 en (gewogen) gemiddeld

Snede	Perceel	Opbrengst	VEM	DVE	OEB	RAS	VC-OS	RE	RV	RC	Suiker	NDF	ADF	ADL	kVEM-opbr	kRE-opbr
1 ^e snede	proefperceel	3.996	1004	84	20	84	82,9	166	36	224	158	511	247	17	4.012	663
1 ^e snede	referentieperceel	3.913	999	85	30	94	83,1	176	37	220	139	503	252	16	3.909	689
2 ^e snede	proefperceel	1.688	931	85	40	91	78,6	197	37	254	104	553	294	21	1.572	333
2 ^e snede	referentieperceel	1.685	950	102	83	109	80,8	253	40	240	63	562	279	24	1.601	426
3 ^e snede	proefperceel	1.107	925	88	46	101	79,1	206	33	229	108	541	247	25	1.024	228
3 ^e snede	referentieperceel	981	938	92	56	101	79,8	218	34	226	90	562	252	23	920	214
Snede 1-3	proefperceel	6.791	973	85	29	89	81,0	180	36	232	136	526	259	19	6.608	1.222
Snede 1-3	referentieperceel	6.579	977	90	47	99	82,0	202	37	226	112	527	259	19	6.428	1.329

Opvallend is de duidelijk hogere RE (ruw eiwit gehalte) op het referentieperceel in de 2^e snede van 2021. (Zie figuur 52a)

Door de hogere RE is ook de OEB en in mindere mate DVE verhoogd. Dit zou een gevolg kunnen zijn van de lagere N-mineralisatie door de verhoging van de grondwaterstand. Ook zou het een gevolg kunnen zijn van een ongelijke bemesting met N-kunstmest.

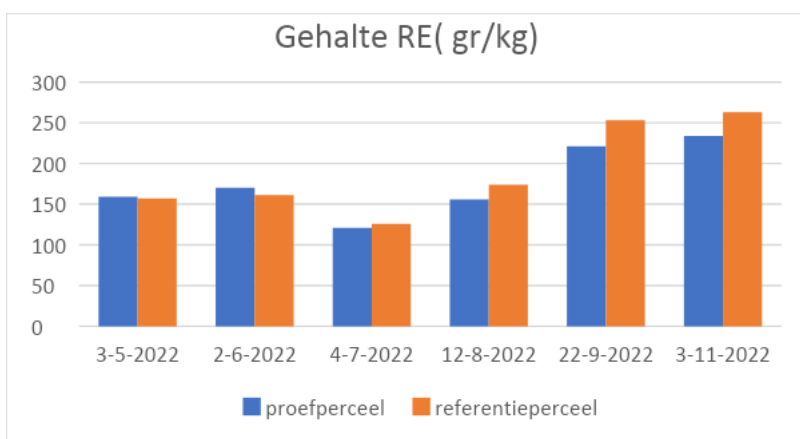


Figuur 52a: Gehalte aan RE van het geoogste gras in 2021 in gr/kgds

Tabel 13b: Voederwaarde vers-gras monsters 2022 van snede 1-6 en (gewogen) gemiddelde

Snede	Perceel	Opbrengst	VEM	DVE	OEB	RAS	VC-OS	RE	RV	RC	Suiker	NDF	ADF	ADL	kVEM-opbr	kRE-opbr
1 ^o snede	proefperceel	3.996	1004	84	20	84	82,9	166	36	224	158	511	247	17	4.012	663
1 ^o snede	referentieperceel	3.913	999	85	30	94	83,1	176	37	220	139	503	252	16	3.909	689
2 ^o snede	proefperceel	1.688	931	85	40	91	78,6	197	37	254	104	553	294	21	1.572	333
2 ^o snede	referentieperceel	1.685	950	102	83	109	80,8	253	40	240	63	562	279	24	1.601	426
3 ^o snede	proefperceel	1.107	925	88	46	101	79,1	206	33	229	108	541	247	25	1.024	228
3 ^o snede	referentieperceel	981	938	92	56	101	79,8	218	34	226	90	562	252	23	920	214
Snede 1-3	proefperceel	6.791	973	85	29	89	81,0	180	36	232	136	526	259	19	6.608	1.222
Snede 1-3	referentieperceel	6.579	977	90	47	99	82,0	202	37	226	112	527	259	19	6.428	1.329

Gemiddeld over het jaar 2022 zijn er in de eerste drie snedes geen grote verschillen in de voederwaarde-parameters te zien. Wel is duidelijk te zien dat bij snede 4-6 er wel sprake is van een verhoogde RE op het referentieperceel (Zie figuur 52b). Dit kan duiden op een verlaagde mineralisatie op het proefperceel als gevolg van de verhoogde grondwaterstand.



Figuur 52b: Gehalte aan RE van het geoogste gras in 2022 in gr/kgds



Tabel van gewaskwaliteit 2023

Tabel 52c: Voederwaarde vers-gras monsters 2023 van snede 1-6 en (gewogen) gemiddelde

Snede	Perceel	Opbrengst	VEM	DVE	OEB	RAS	VC-OS	RE	RV	RC	Suiker	NDF	ADF	ADL	kVEM-opbr	kRE-opbr
1e snede	proefperceel	3.063	993	88	-27	73	81,8	140	30	203	189	464	230	14	3.041	429
1e snede	referentieperceel	2.742	1046	104	-2	73	85	180	33	190	184	462	218	12	2.868	494
2e snede	proefperceel	2.255	959	86	-25	79	80,5	141	26	214	168	479	251	17	2.162	318
2e snede	referentieperceel	2.528	1002	94	-19	82	83,3	153	29	205	184	474	237	11	2.533	387
3e snede	proefperceel	1.198	853	92	50	119	74,8	220	37	236	87	505	271	28	1.022	264
3e snede	referentieperceel	1.060	935	102	52	103	79,3	231	37	212	96	496	245	27	991	245
4e snede	proefperceel	2.804	840	78	0	96	73,1	157	31	268	91	588	292	26	2.355	440
4e snede	referentieperceel	2.572	910	95	22	96	78,3	196	29	236	117	541	256	19	2.341	504
5e snede	proefperceel	1.595	839	89	48	119	73,7	215	37	252	50	579	280	33	1.338	343
5e snede	referentieperceel	1.430	858	92	49	109	74,4	219	37	248	53	563	282	29	1.227	313
6e snede	proefperceel	718	896	95	37	108	77,2	210	35	219	111	510	246	26	643	151
6e snede	referentieperceel	621	943	100	40	112	80,4	217	37	203	112	480	235	23	585	135
Snede 1-6	proefperceel	11.632	908	86	2	93	77,3	167	31	232	127	520	261	22	10.562	1.944
Snede 1-6	referentieperceel	10.953	963	98	14	90	80,8	190	32	215	139	501	243	18	10.545	2.077

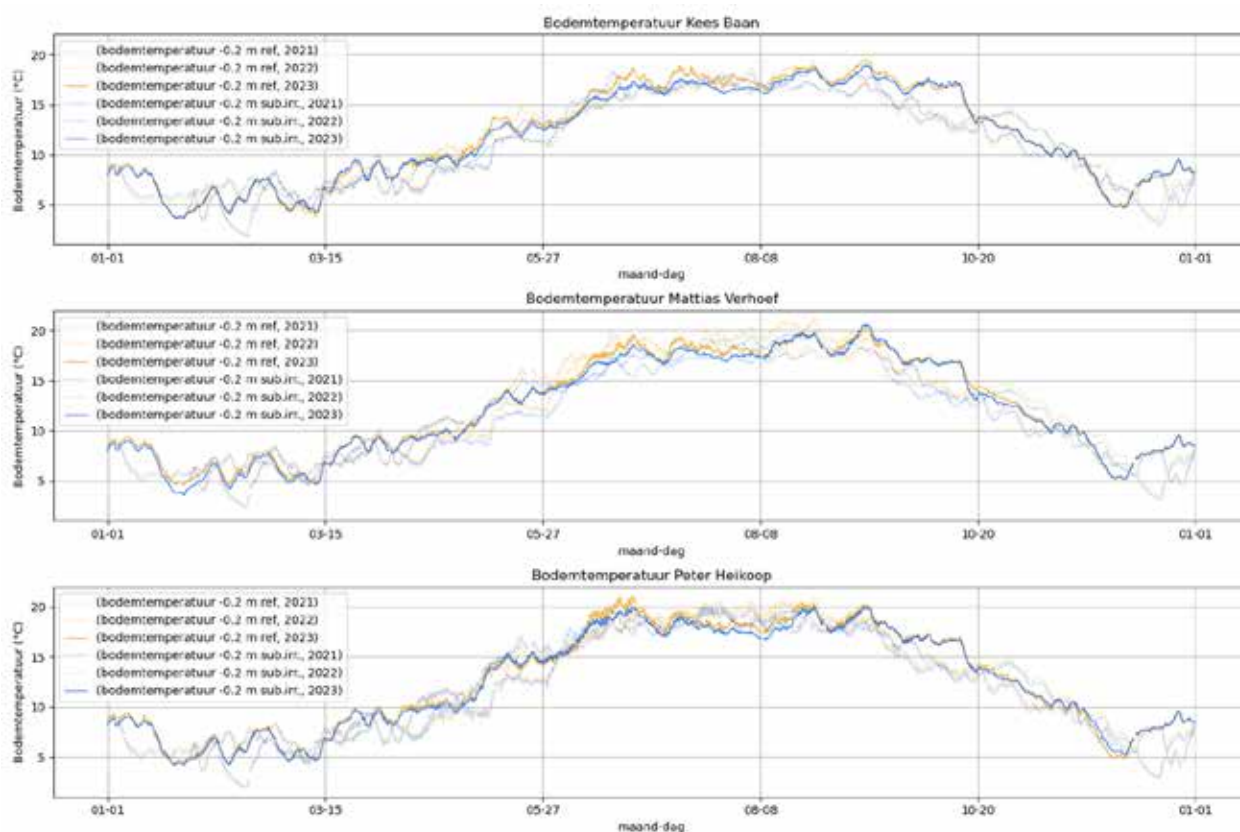
Vergelijking 2021 - 2023

Over de drie jaren heen is er een trend te zien dat de voederwaarde en dan voornamelijk het eiwitgehalte in het gras lager is op het proefperceel. Voornamelijk in het tweede jaar is dit te zien na een lange periode van droogte, ook lijkt het effect na te ijlen in het derde jaar. Dit lijkt er op te duiden dat het drainagesysteem zorgt voor een lagere veenafbraak na een droge periode. De afname van het VEM gehalte van het gras is niet goed te duiden, aangezien de omstandigheden en bemesting hetzelfde zijn. In het eerste jaar is dit nog gelijk terwijl er in het tweede en derde jaar verschillen komen.

Bodemtemperatuur als verklaring voor minder Ruw Eiwit in het proefperceel?

Wellicht is hier ook een effect van het drainagesysteem te zien. Hypothese was dat de bodems van de vernatte proefpercelen langzamer opwarmen en kouder zouden zijn dan die van de referentie-percelen. Dat zijn ze ook, ongeveer 1 tot 3°C. Op de meetdieptes 0,4 en 0,6 m-m.v. zijn de verschillen kleiner. Een koudere bodem zou minder mineralisatie tot gevolg hebben. Dat kan zo zijn (geweest), maar in deze proeven heeft dat niet geleid tot een lagere droge stof opbrengst voor de proefpercelen.

Deze grafieken en toelichting komen uit het rapport van KNowH2O



Figuur 53: Gemeten bodemtemperatuur [°C] in de tijd op diepte 0,2 m-m.v. in het bodemprofiel op proefpercelen (sub.irr.; in blauw) en referentiepercelen (ref.; in oranje) in 2021, 2022 en 2023 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart).

Draagkracht

In herfst en winter is vaak sprake van een neerslagoverschot. Door de drainerende werking kan de draagkracht bij die omstandigheden in het vroege voorjaar op het proefperceel iets beter zijn dan de draagkracht op het referentieperceel. In de zomer is veelal sprake van een neerslagtekort, door de infiltratie op het proefperceel wordt het tekort van onderaf aangevuld. Daardoor is het mogelijk dat de draagkracht op het proefperceel in de zomer iets lager is dan op het referentieperceel. Naast de greppel kan de grond wat vochtiger zijn dan op het midden van een akker, mogelijk dat hierdoor de grens van vertrapping/rijtschade eerder bereikt wordt.

In 2021 en in 2022 is in het voorjaar, zomer en najaar op 3 momenten de draagkracht van de percelen met een penetrologger gemeten. Met een penetrologger wordt de indringingsweerstand van de bodem op verschillende diepten gemeten, tot een diepte van maximaal 80 cm.



Voor beweiding wordt veelal een waarde van 0.6 Mpa (6 kg/cm²) in de laag 0-10 cm aangehouden als ondergrens voor vertrappingsschade. Bij machines wordt veelal de grens van ca 0.4 MPa aangehouden om rijtschade te voorkomen, mits een juiste bandenkeuze en bandenspanning gebruikt wordt. Bij brede banden op lage druk kan evt een lagere waarde aangehouden worden.

Toelichting bij de figuren 54a-54f:

Op elk perceel (referentie- en proefperceel) is zowel kort naast de greppel als op het midden van de akker de draagkracht gemeten. De metingen zijn gedaan in series van drie dagen in een korte periode. In onderstaande figuren is de indringingsweerstand per 10 cm van de verschillende bedrijven en seizoenen te zien (gemiddelde van de drie dagen).

In het voorjaar 2021 was er nog geen groot verschil in de indringingsweerstand aan te geven tussen het referentieperceel en het proefperceel (weinig verschil tussen blauwe en oranje lijn), op dat moment was de inrichting van het drainagesysteem ook nog niet helemaal afgerond. Wel is er een verschil te zien tussen de meting direct naast de greppel en de meting op het midden van de akker (doorgetrokken en stippellijn). In de zomer en najaar zijn ook geen grote verschillen te zien tussen de proef- en referentiepercelen. Mogelijk komt dit doordat de zomer en het najaar redelijk nat waren. Hierdoor waren er weinig verschillen in de vochtigheid van de percelen.

In 2022 is op vergelijkbare wijze de draagkracht gemeten, ook weer een 3 meting en in het voorjaar (15-19 maart), zomer (1-5- aug.) en najaar (24-29 okt.). In onderstaande figuren is de draagkracht van de verschillende bedrijven en seizoenen te zien (gemiddelde van de drie dagen).

Indicatie 1ste jaar (2021):

In vrijwel alle gevallen is te zien dat de indringingsweerstand op het midden van de akker in de bovenste laag hoger is dan de indringingsweerstand direct naast de greppel. In voorjaar 2021 zijn er vrijwel nog geen verschillen tussen referentie en proefperceel te zien. In de zomerperiode van 2021 is echter met name langs de greppel de weerstand duidelijk lager op het proefperceel, vooral bij bedrijf Baan (0,37 MPa in de bovenste laag). In het najaar is vooral bij bedrijf Baan en in mindere mate ook bij bedrijf Verhoef te zien dat met name naast de greppel op het proefperceel een kans op vertrapping aanwezig is (waarde bij een diepte van 0-10 cm lager dan 0.6 MPa).

Indicatie 2ste jaar (2022):

Ook hier is weer mooi te zien dat in vrijwel alle gevallen de indringingsweerstand op het midden van de akker hoger is dan direct naast de greppel.

Grootste verschillen in zomer en najaar, relatief weinig effect in voorjaar

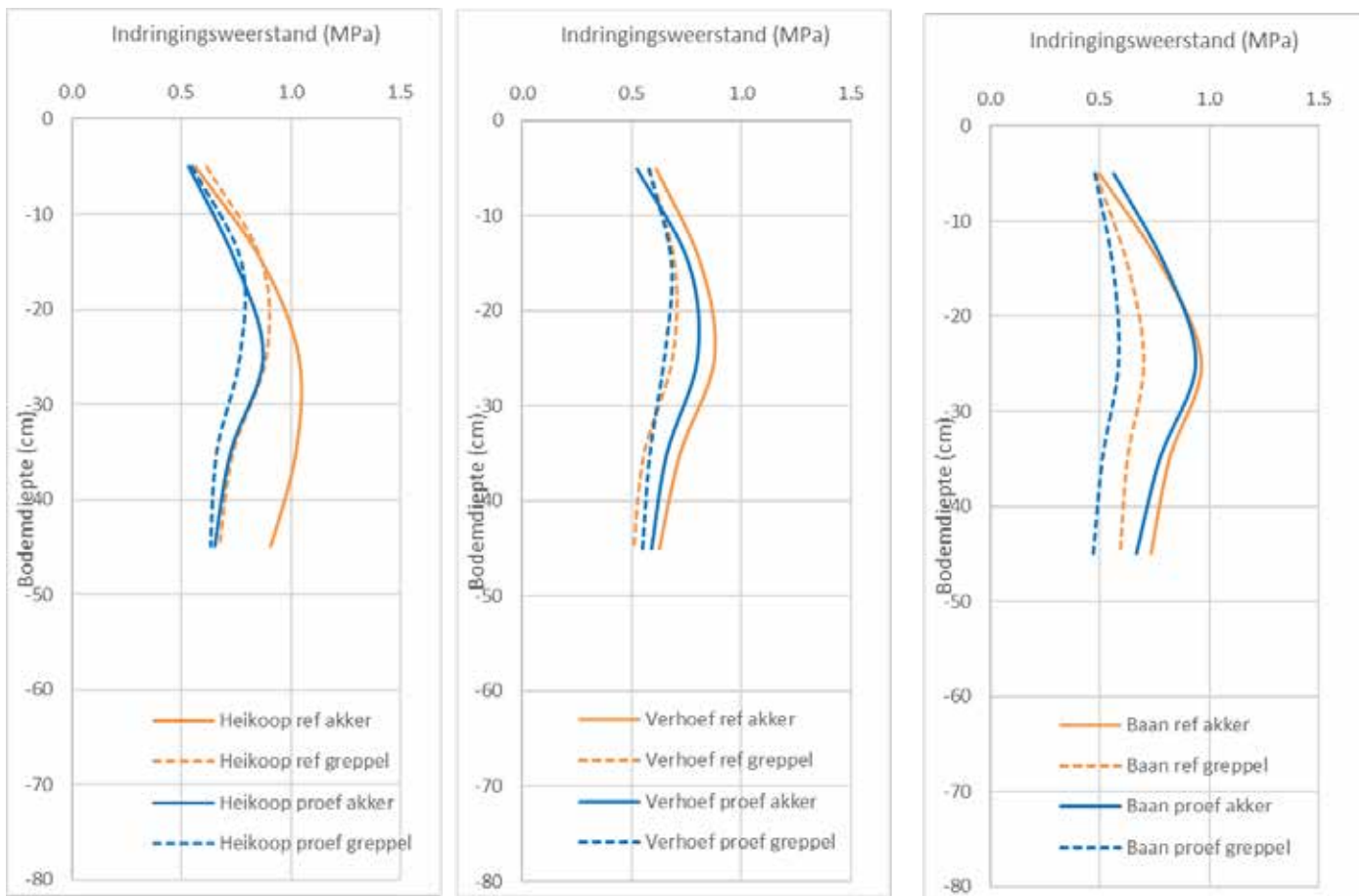
Bovenlaag (0-10): met name verschil bij de greppel (vooral in zomer en najaar), weinig tot geen verschil midden op de akker.

Grootste verschillen rond de 20 cm diepte: dat zal ongeveer overeenkomen met tot waar de waterinfiltratie de bodem echt natter maakt.

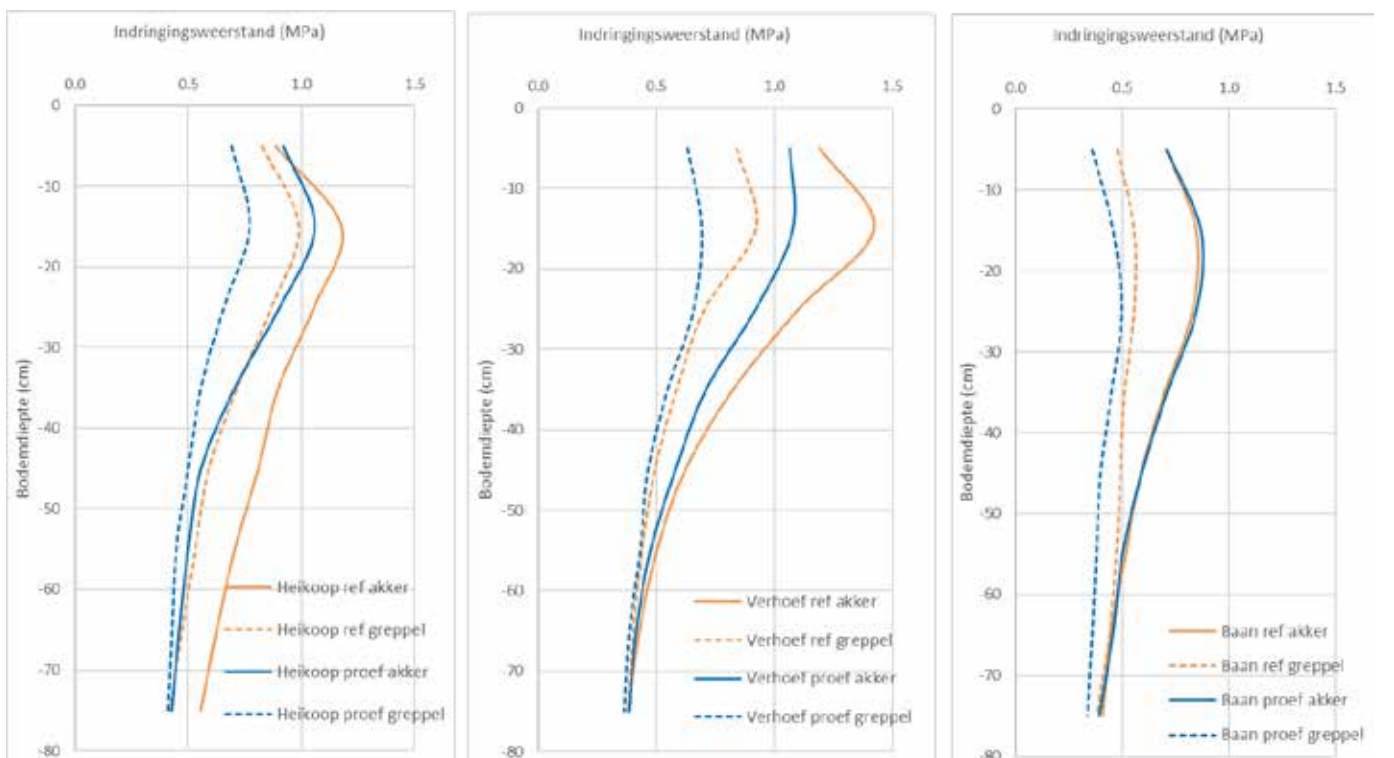
Uit deze grafieken lijkt het verschil tussen referentie- en proefperceel het grootste bij bedrijf Heikoop, interessant om na te gaan of daar ook het grootste verschil was in de grondwaterstand en bodemvocht. (Maar het kan ook een perceelseffect zijn.)



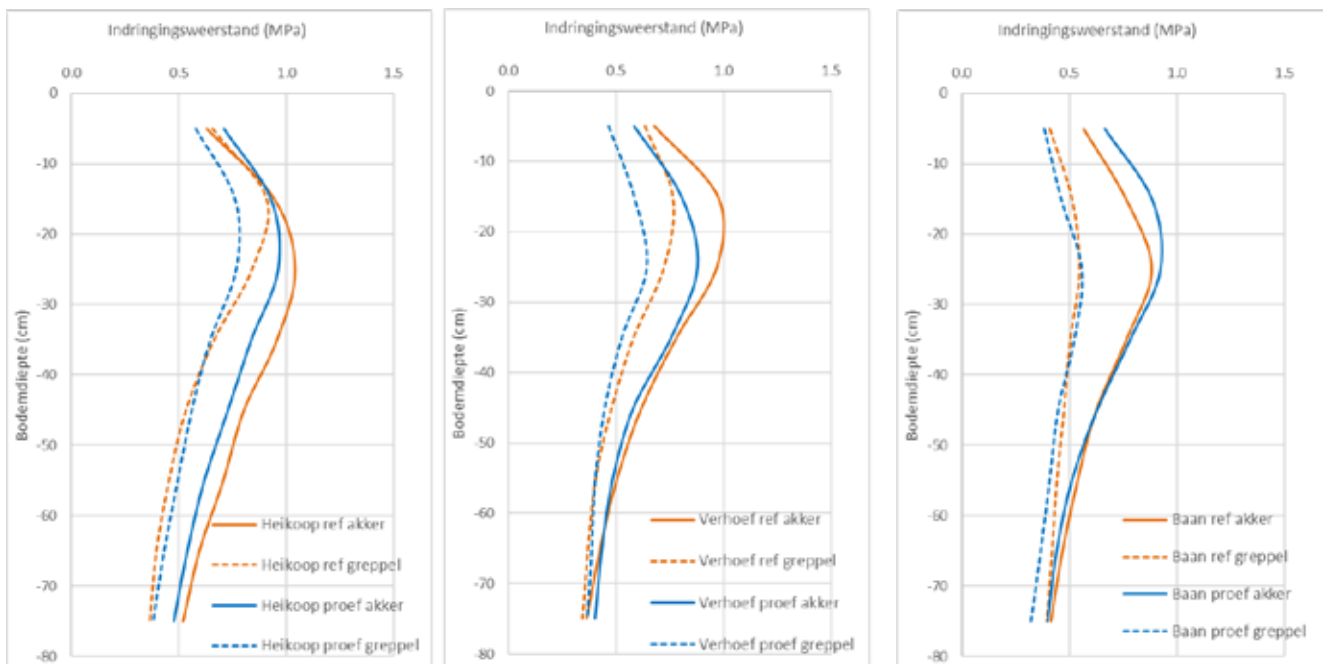
rijsporen bij te natte bodem



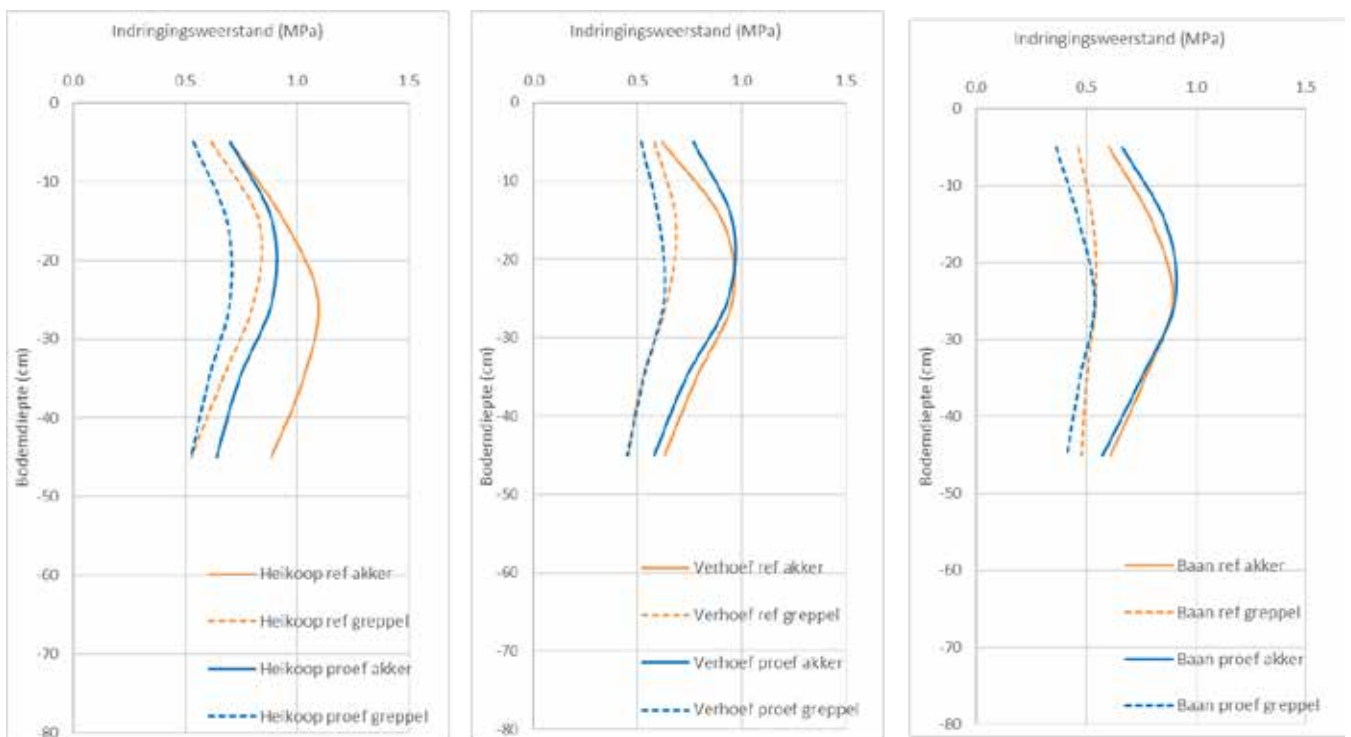
Figuur 54a: Indringingsweerstand van de bodem per 10 cm diepte in voorjaar 2021 van resp bedrijf Heikoop, Verhoef en Baan



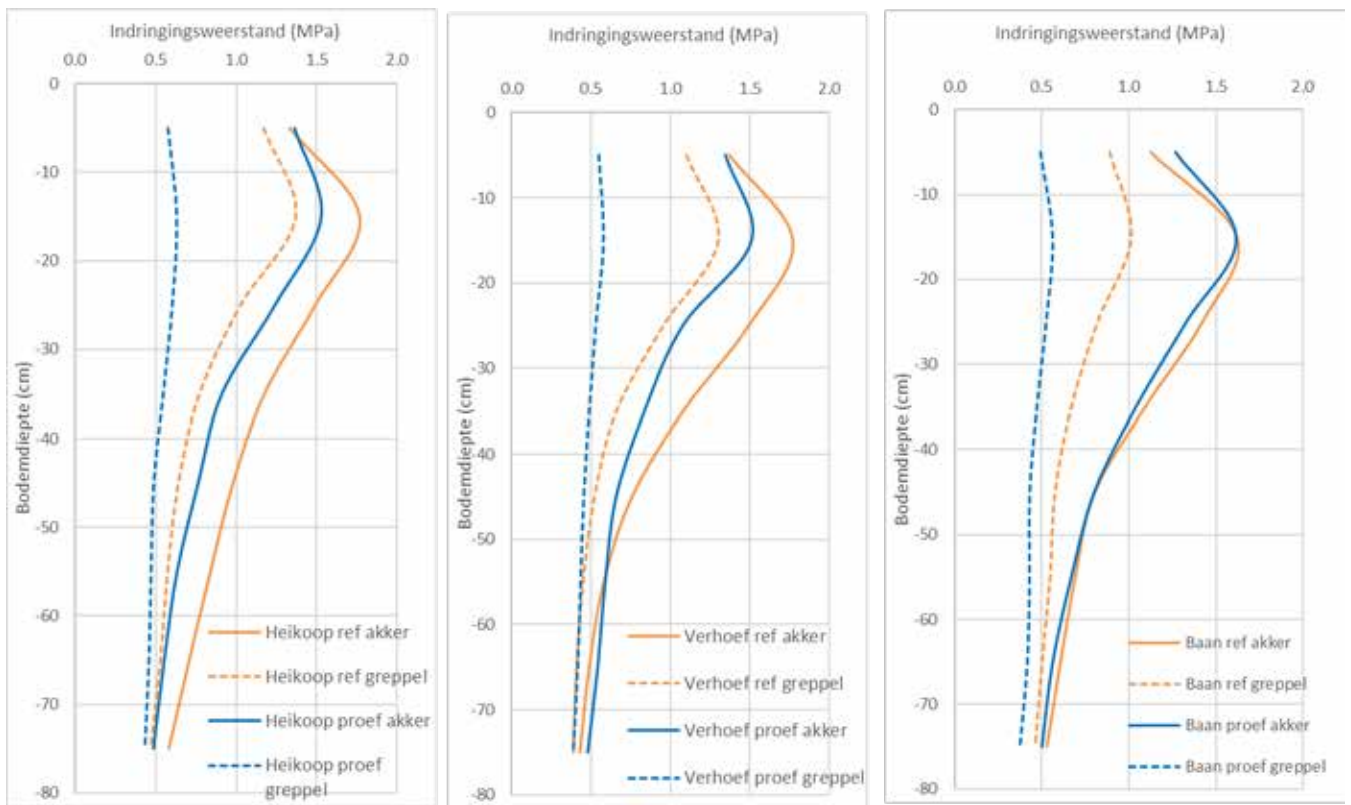
Figuur 54b: Indringingsweerstand van de bodem per 10 cm diepte in zomer 2021 van resp bedrijf Heikoop, Verhoef en Baan



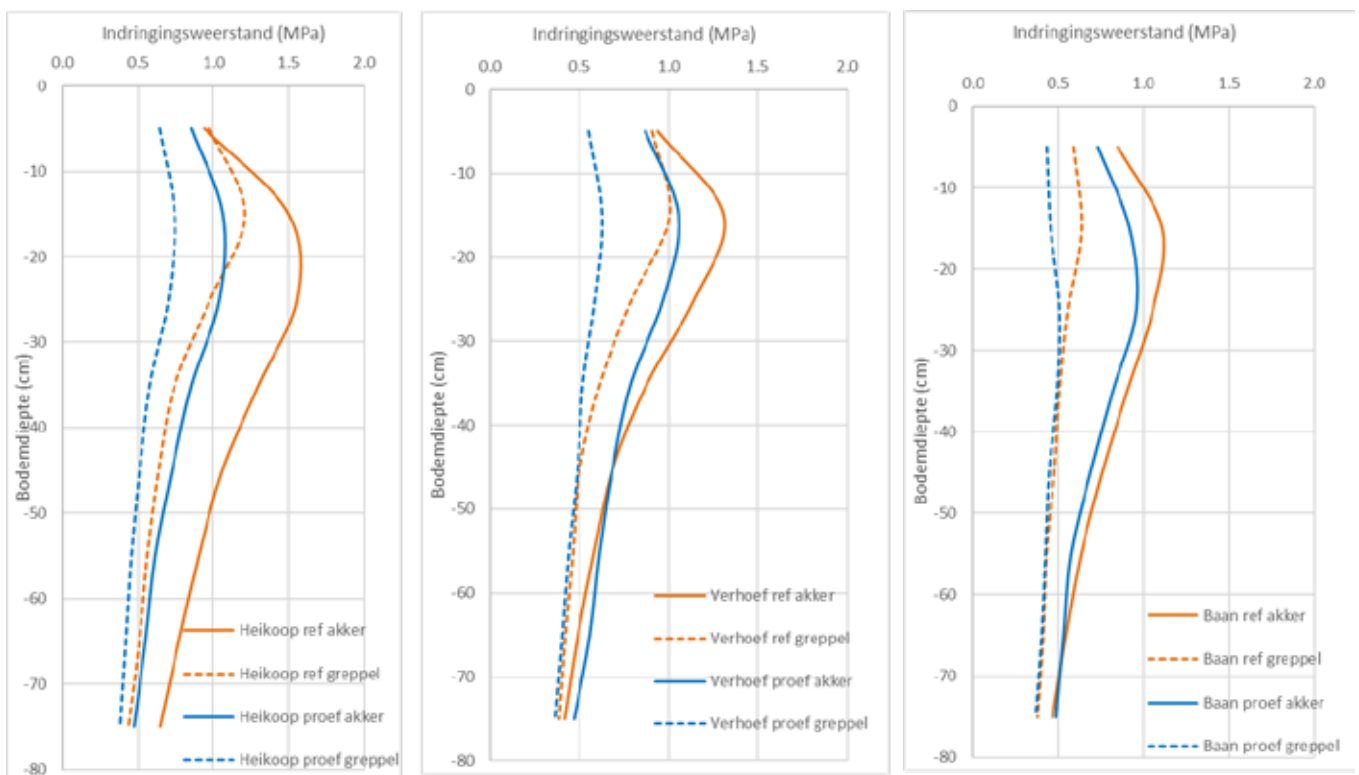
Figuur 54c: Indringingsweerstand van de bodem per 10 cm diepte in najaar 2021 van resp bedrijf Heikoop, Verhoef en Baan



Figuur 54d: Indringingsweerstand van de bodem per 10 cm diepte in voorjaar 2022 van resp bedrijf Heikoop, Verhoef en Baan



Figuur 54e: Indringingsweerstand van de bodem per 10 cm diepte in zomer 2022 van resp bedrijf Heikoop, Verhoef en Baan



Figuur 54f: Indringingsweerstand van de bodem per 10 cm diepte in najaar 2022 van resp bedrijf Heikoop, Verhoef en Baan



Moeten we overstappen op lichtere machines en lichtere koeien?



**Henk Schilder van de
Wageningen University &
Research (WUR)
Met geknikte vossestaart**

Effecten van regelbare drainage met subirrigatie op botanische grassen:

De monitoring en data aanlevering zijn uitgevoerd door Henk Schilder (WUR).
Jan den Besten en Rolia Wiggelinkhuijsen hebben de data verwerkt tot een rapportage.

Onderzoekopzet/werkwijze

In het veld wordt de samenstelling van vegetaties geschat. Bij het schatten van vegetaties in percelen grasland en op perceelsranden wordt de totale bezetting of zodedichtheid en het bezettingspercentage per plantensoort geschat. Totale bezetting is het deel van het oppervlak, dat op de grond door spruiten van planten wordt ingenomen.

	ref.	drain	ref.	drain	ref.	drain
Perceel (*2)	1	2	3	4	5	6
Bedekking %	98	98	96	96	98	98

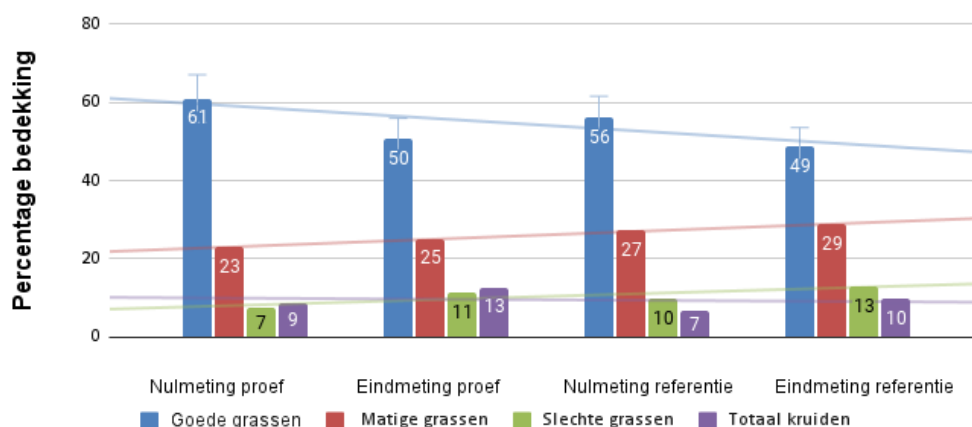
Bezettingspercentage is het aandeel per plantensoort in de totale bezetting. Door te werken met bezettingspercentages worden de gegevens niet beïnvloed door seizoenschommeling en groeistadium. Op de te schatten oppervlakte worden eerst de aanwezige plantensoorten geïventariseerd. Daarna worden de geschatte percentages per soort ingevuld. Voor soorten met een lage bezetting (<1%) kan om de verspreiding aan te geven de volgende onderverdeling worden gemaakt; + slechts op 1 plaats voorkomend, ++ weinig verspreid aanwezig, maar wel op meerdere plekken binnen de proefplek, +++ regelmatig verspreid over de proefplek aanwezig. Factoren als droge-stofproductie, smakelijkheid, verteerbaarheid en de voederwaarde (VEM) bepalen de waarde van de grassoorten voor voederdoeleinden.

Op grond hiervan worden de in het Nederlandse grasland voorkomende soorten onderverdeeld in goede, matige en slechte grassen. Daarnaast telt men het aantal kruiden. Bij de schatting van de bezettingspercentages vormen alle soorten samen altijd 100%.

De botanische samenstelling van de percelen is aan het begin (2020) en einde van de proef gemeten. (2023) zodat de mogelijkheid bestaat om na een aantal jaren conclusies te trekken. Deze herhaalmetingen zijn op dezelfde proefplek en in dezelfde maand uitgevoerd. Er dient naar te worden gestreefd de schattingen uit te voeren in een stadium, waarin alle aanwezige plantensoorten goed herkenbaar zijn.

De metingen zijn verricht op 26-11-2020, 26-4-2021 (nulmetingen) en op 13-4-2023 en 13-11-2023 (herhaalmetingen) door de WUR.

Botanische kartering bij aanvang van de proef (2021) en aan het eind van de proef (2023)

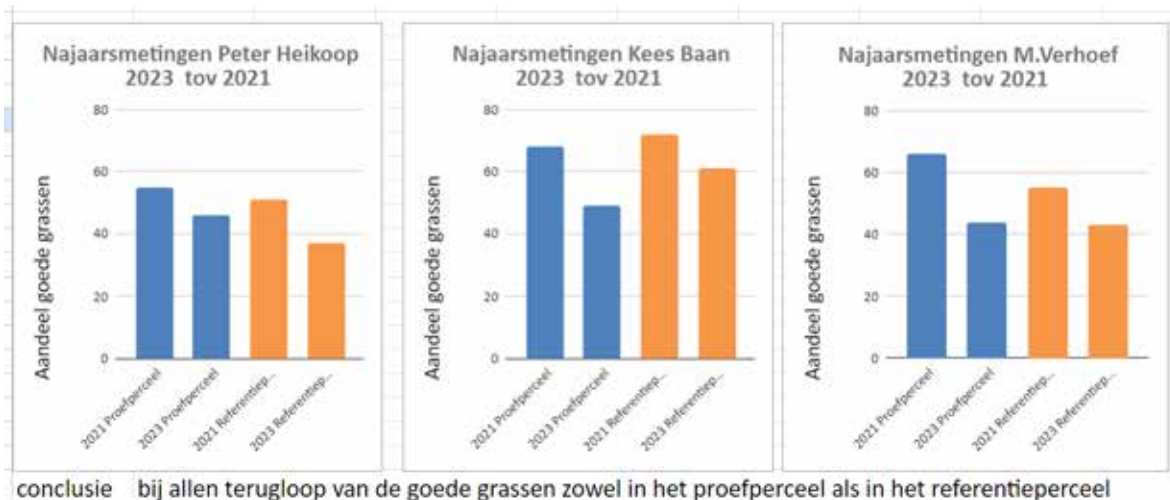


Landbouwkundig goede grassen

In de kartering worden Engels raaigras, Italiaans raaigras, Timothee gras, Rietzwenkgras, Witte klaver en Beemdlangbloem genoemd als goede grassen. In onze pilot zien we bij alle drie de boeren een grote aanwezigheid van Engels raaigras. Traditioneel levert een grasmat met een hoog percentage Engels raaigras de beste kwaliteit ruwvoer.

Bij één boer signaleren we ook witte klaver en bij alle boeren komt er her en der Timotheegras voor. De andere drie grassen zijn niet waargenomen in onze proef.

In figuur 55 zijn de resultaten van de analyse te zien. In de figuur is te zien dat bij aanvang van de proef het aandeel goede grassen iets hoger is op de drainagepercelen (61%) ten opzichte van de referentiepercelen (56%). Aan het eind van de proef is de algemene trend bij de drie locaties dat het aandeel goede grassen afgenomen is op zowel de drainagepercelen (16% afname) als de referentiepercelen (13% afname). Er is dus geen effect te zien van het drainagesysteem op het aandeel goede grassen.



conclusie bij allen terugloop van de goede grassen zowel in het proefperceel als in het referentieperceel

Figuur 55: resultaten van het effect op het aandeel goede grassen



Engels raaigras en witte klaver. Traditioneel levert een grasmat met een hoog percentage Engels raaigras de beste kwaliteit ruwvoer.

Landbouwkundig matige grassen

Tabel 14: Ruw beemdgras, veldbeemdgras, kweek, grote vossenstaart, gestreepte witbol, fioringras, kropaar, rietgras.

Schatting voor landbouwkundige beoordeling grasland, schattingsdatum : 26-11-2020						
	ref.	drain	ref.	drain	ref.	drain
Perceel	1	2	3	4	5	6
ruw beemdgras	18	14	8	10	10	6
kweek	2	2	13	15	18	3
fioringras	6	5	2	2	8	8
gestreepte witbol	2	3	+	+	3	2
veldbeemdgras						
straatgras	3	4	2	1	4	3
kropaar	+	+				
rietgras		1				
Matige grassen	31	29	25	28	43	22
Peter Heikoop	1 en 2		ref. = referentieperceel			
Kees Baan	3 en 4		drain. = drainageperceel			
Mattias Verhoef	5 en 6					

Landbouwkundig slechte grassen

Tabel 15: Straatgras, geknikte vossenstaart, liesgras, mannagras, roodzwenkgras, reukgras, kruipend struisgras.

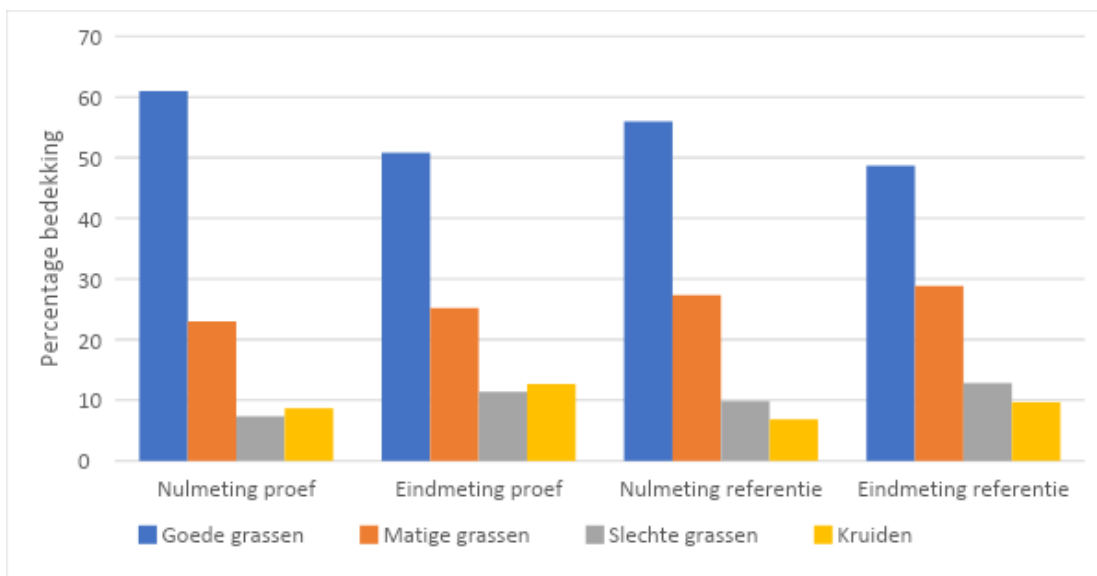
Schatting voor landbouwkundige beoordeling grasland, 13-11-2023						
	ref.	drain	ref.	drain	ref.	drain
Perceel	1	2	3	4	5	6
geknikte vossenstaart	8	6	14	18	15	12
grote vossenstaart	+	+	+		+	
ruwe smele					+	
mannagras			+	+	+	+
zachte dravik					+	+
liesgras		++				
Slechte grassen	8	6	14	18	15	12
Peter Heikoop	1 en 2		ref. = referentieperceel			
Kees Baan	3 en 4		drain. = drainageperceel			
Mattias Verhoef	5 en 6					

Kruiden



Figuur 56: Verloop van het percentage kruiden in de grasmat aan het begin (nul) en einde (eind) van de proef van de referentie (oranje) en proef (blauw) percelen uitgesplitst voor de drie boeren.

Zoals op de grafiek is te zien, blijkt uit de analyse dat er per bedrijf veel verschil zit in de nulsituatie. Echter, de trend gedurende de proef is gelijk voor alle percelen, een toename van het aandeel kruiden. In de opname is de bedekking per kruidensoort geregistreerd. Uit een analyse van deze resultaten komt naar voren dat de sterke toename op het drainage perceel bij Matthias Verhoef voornamelijk komt door een sterke toename van de kruipende boterbloem, in mindere mate is dit ook op het referentieperceel. Gedurende de proef is er geen verschil in de ontwikkeling van de soortenrijkdom tussen de drainage en referentiepercelen, de toename van het totaal aandeel kruiden komt voornamelijk doordat de al aanwezige kruiden uitbreiden. Deze kruiden zijn voornamelijk typische kruiden die zich vestigen op open plekken in blijvend grasland, zoals vogelmuur, paardenbloem, ridderszuring, krulzuring, veldzuring, herderstasje en nog meer soorten.



Figuur 57: Percentage bedekking van goede, matige en slechte grassen en kruiden bij aanvang van de proef (Nulmeting en aan het eind van de proef (herhaalmeting) voor zowel het proefperceel als het referentieperceel. Oranje is steeds het referentieperceel, blauw het vernatte proefperceel.

Opvallende uitkomsten bij Peter Heikoop

Opvallend is de kruidenrijkdom op het perceel van Peter Heikoop. Naast de botanische kartering door de WUR is er ook onderzoek gedaan in 2021 en 2022 door Dick Kerkhof in het kader van kruidenrijk grasland. Het perceel herbergde in 2022 23 - 27 soorten: een handvol algemene kruiden, zoals Pinksterbloem, Gewoon hoornbloem, madelief, gewoon duizendblad, veldzuring en scherpe boterbloem. Een opvallend verschil met vele inventarisaties in de Alblasserwaard Vijfheerenlanden. Deze soorten zijn niet onderscheidend voor grondsoort, maar wel enigszins voor vochttoestand. Een mogelijke verklaring ligt vooral in het feit, dat deze agrariër al sinds 1995 biologisch is, waarde hecht aan bodemleven, goed beheer een grote liefde heeft voor de natuur.



Logboek en ervaringen veehouders

1. Het bijhouden van een logboek en het verzamelen van ervaringen van de veehouders zijn van onschatbare waarde voor het evalueren en verbeteren van het AWIS-systeem. Hier zijn enkele belangrijke inzichten en aanbevelingen op basis van de verzamelde gegevens:
2. **Greppels als indicatie voor bodemvocht:** Het gebruik van greppels als indicatie voor de vochtigheid van het perceel is een nuttige praktijk gebleken. Het is belangrijk om ervoor te zorgen dat de bodem van de greppels vochtig is, maar niet volstaat, om optimale groeiomstandigheden te behouden.
3. **Effect op draagkracht en rijschade:** Onder normale omstandigheden blijft de draagkracht van het perceel voldoende tijdens het groeiseizoen. Echter, in nattere periodes kan er rijschade ontstaan. Het plannen van beweiding of berijding moet rekening houden met verwachte neerslag om schade te minimaliseren.
4. **Streefpeil in herfst/winter:** Er is interesse in het verlagen van het streefpeil in de herfst/winter om een extra buffer te creëren. Dit kan helpen om beter om te gaan met neerslagoverschotten en de draagkracht van het perceel te verbeteren.
5. **Effect op waterkwaliteit:** Er is nieuwsgierigheid naar het effect van het AWIS-systeem op de waterkwaliteit. Het is belangrijk om dit aspect verder te onderzoeken om eventuele positieve of negatieve effecten te begrijpen en te beheren.
6. **Aandacht voor de pompen:** Er is bezorgdheid geuit over het functioneren van de pompen, vooral met betrekking tot het verschil tussen aan- en afslag. Regelmatige visuele controles en aanpassingen blijven noodzakelijk om ervoor te zorgen dat het systeem correct werkt.
7. **Vegetatie en onkruidgroei:** Veranderingen in vegetatiepatronen, zoals een toename van kruipende boterbloem op nattere plekken, moeten worden gemonitord en begrepen om passende maatregelen te nemen indien nodig.

Het verzamelen van deze inzichten en aanbevelingen biedt waardevolle input voor het verbeteren en finetunen van het AWIS-systeem, evenals voor het opstellen van aangepaste protocollen en beheersmaatregelen voor verschillende seizoenen en omstandigheden.

Voor de complete weergave zie de bijlagen.

Conclusies

Hier zijn de conclusies en bevindingen van de gebruikerservaringen met het AWIS-systeem en de agrarische praktijk.

Gebruiksgemak en onderhoud:

- Het AWIS-systeem vereist een zekere mate van inspanning en tijd om te leren gebruiken. Gebruikers moeten regelmatig het systeem controleren en aanpassingen maken aan devlotter om een optimale werking te garanderen.
- Er is behoefte aan continue betrokkenheid bij het beheer en onderhoud van het systeem om ervoor te zorgen dat het effectief blijft functioneren

Effect op grasproductie, ds en ruw eiwit

- Hoewel er enige variatie is in de grasopbrengst tussen proef- en referentiepercelen, zijn deze verschillen niet significant genoeg om duidelijke conclusies te trekken over de effectiviteit van het AWIS-systeem in het verhogen van de grasproductie.
- Gedurende de proefperiode is er een lichte stijging van de grasopbrengst op de proefpercelen waargenomen. Een positief verschil van 4%.
- In het voorjaar duidelijk minder grasgroei, het perceel blijft vrij lang, te nat/te koud. Blijkt in de loop van het jaar weer bij te trekken.
- Over het algemeen is te zien dat de voederwaarde, zowel energie (VEM) als eiwit (DVE/OEB), lager is op het proef perceel, maar de totale opbrengst aan energie en eiwit is, door de hoger DS-opbrengst, wel weer vergelijkbaar.

Seizoenseffecten op draagkracht:

- Het AWIS-systeem heeft invloed op de draagkracht van het perceel, vooral tijdens verschillende seizoenen met uiteenlopende neerslagpatronen.
- In herfst en winter is vaak sprake van een neerslagoverschot. Door de drainerende werking kan de draagkracht bij die omstandigheden in het vroege voorjaar op het proefperceel iets beter zijn dan de draagkracht op het referentieperceel. In de zomer is veelal sprake van een neerslagtekort, door de infiltratie op het proefperceel wordt het tekort van onderaf aangevuld. Daardoor is het mogelijk dat de draagkracht op het proefperceel in de zomer iets lager is dan op het referentieperceel. Naast de greppel kan de grond wat vochtiger zijn dan op het midden van een akker, mogelijk dat hierdoor de grens van vertrapping/rijschade eerder bereikt wordt.
- Tijdens neerslagoverschotten in herfst en winter kan de draagkracht van het perceel verbeteren door de drainerende werking van het systeem, maar dit kan ook leiden tot vertrapping en rijschade, vooral in de buurt van greppels.
- In sommige gedeelten zien we plasvorming waardoor risico op schade door eenden/ganzen ontstaat en extra verslemping van de bodem en verstikking van het gras plaatsvindt.

Botanische en kruidensamenstelling:

- Over het algemeen blijven de botanische gewassen en de samenstelling van kruiden op de percelen stabiel gedurende de proefperiode.
- Langs de greppels is er echter een verschuiving naar waterminnende soorten, wat kan wijzen op veranderingen in het microklimaat en vochtigheidsniveau.
- Er is een algemene toename van kruiden op open plekken, wat kan bijdragen aan de biodiversiteit van het gebied.

- Aan het eind van de proef is de algemene trend bij de drie locaties dat het aandeel goede grassen afgenomen is op zowel de drainagepercelen (16% afname) als de referentiepercelen (13% afname)
- Er is een toename van kruipende boterbloem op sommige plekken, wat verdere monitoring en beheer kan vereisen om de invasie onder controle te houden. De toename van het totaal aandeel kruiden komt voornamelijk doordat de al aanwezige kruiden uitbreiden. Deze kruiden zijn voornamelijk typische kruiden die zich vestigen op open plekken

Andere gevolgen en aandachtspunten:

- Bij de aanleg van drainagesystemen kunnen hobbels in het perceel ontstaan, wat een blijvend aandachtspunt is voor toekomstige projecten.
- Het AWIS-systeem vraagt om een zorgvuldige afweging tussen de voordelen van verbeterde waterbeheersing en de potentiële nadelen zoals rijschade en veranderingen in vegetatie.
- Ervaring heeft geleerd dat de greppel een mooie indicatie is of het perceel niet te nat of te droog is, de bodem van de greppel moet vochtig zijn, maar de greppel mag niet volstaan.

Al met al bieden de gebruikerservaringen en observaties tijdens de proefperiode waardevolle inzichten in de complexe interacties tussen het AWIS-systeem en de agrarische praktijk. Deze bevindingen kunnen worden gebruikt om het systeem verder te verfijnen en aan te passen aan de specifieke behoeften en uitdagingen van het veenweidegebied.

Literatuur en bijlagen

De literatuurlijst en bijlagen zijn in groter formaat te downloaden via de site van Stichting Blauwzaam.

Bijlagen

De bijlagen corresponderen met figuren en tabellen in deze rapportage en zijn te downloaden via de site van Stichting Blauwzaam

Bijlage 1: betekenis en verklaring kengetallen gewasanalyse

Bijlage 2: verslagen van de gesprekken met de melkveehouders

Bijlage 3: alle excels mbt tot de nul- en herhaalmeting botanische gewassen.

Deze bijlagen kunt u downloaden via de website van Stichting BlauwZaam

Thema: Natuurwaarden

Natuur -
doelen

Verhoging natuurwaarden

Meer weidevogels

Meer voedsel voor fauna

Gezonde sloten

Aanpassing beheer

Natuurinclusieve landbouw



Samenvatting

Er was tot 2019 voor zover bekend weinig tot geen ecologisch onderzoek verricht naar de effecten van vernatting door onderwaterdrainage op natuurwaarden in het veenweidegebied van de Alblasserwaard/Vijfheerenlanden. Tijdens deze proef met onderwaterdrainage met druk drains deed de mogelijkheid zich voor om de (mogelijke) effecten van onderwaterdrainage op natuurwaarden te onderzoeken.

De indieners van dit project verwachtten dat door vernatting en het verhogen van het slootpeil winst te halen is op verbetering van waterkwaliteit en zowel op het land als in de sloten het aantal soorten planten zou toenemen. En daarmee dus verschillen waar te nemen zijn tussen het proefperceel en het referentieperceel. Vernatting door verhoging grondwaterpeil en verhoogd slootwaterpeil zijn twee kritische prestatie-indicatoren om te kunnen werken aan verbetering van de biodiversiteit in de pilot.

Door monitoring van flora en fauna op de percelen en in de sloten hoopten we dit de komende drie jaar te bewijzen.

De biodiversiteit op de verschillende onderzoekstypes (drukdrainage- en referentieperceel) per locatie verschilt niet of nauwelijks van elkaar, terwijl de hypothese is dat de vernatting middels druk drainage wel eens positief effect zou kunnen hebben op de biodiversiteit. Van een toename van de biodiversiteit (in soorten en aantallen) op de drukdrainagepercelen lijkt drie jaar na de start nog geen sprake. De algemene tendens is, dat we geen toename zien van het aantal soorten. Noch het aantal soorten planten, noch het aantal soorten insecten. En deze algemene tendens zien we zowel bij de vogels, als bij de insecten, als bij de graslanden, de oevers en de sloten. Ook zijn de geconstateerde verschillen na drie jaar niet specifiek voor de druk drainagepercelen en zijn dus ook toepasbaar op het referentieperceel.

De graslanden, oevers en sloten laten enkele verschillende resultaten zien die (nog) niet direct te herleiden zijn aan het toepassen van de drukdrainage. De verschillen zijn soms te klein, spreken de verwachtingen tegen, of zijn toe te schrijven aan de jaarlijkse fluctuaties die soorten vertonen. Het aantal soorten flora en de soortensamenstelling in zowel grasland, als oevers en sloten, kan sterk afhangen van de omstandigheden in de maanden (of jaar) voorafgaand aan het veldbezoek. Verstoring door beweiden, langdurige droogte, maaibeheer etc. kan allemaal effect hebben op de soortensamenstelling en de bedekkingen die in het veld worden geschat. Een duidelijke verschuiving van soorten dat wijst op andere plantengemeenschappen is in deze herhaalmeting niet aangetoond.

Het valt op dat de biologische melkveebedrijven (Heikoop en Verhoef) een hogere biodiversiteit (meer soorten insecten) herbergen in vergelijking met de locatie Baan, percelen van een gangbaar melkveebedrijf.

We hebben zelfs voor het eerst ook kunnen meekijken in de bodem. Ook daar zien we dat het aantal bacteriën en schimmels niet dramatisch afneemt op de vernatte percelen. Een hoopgevend signaal.

Nu terugkijkend kunnen we constateren, dat er geen duidelijke significante vooruitgang in de biodiversiteit is te constateren. Het verwachte effect was misschien ook wel naïef. Een meetreeks van drie jaar wordt bij het meten van veranderingen in de biodiversiteit vaak gezien als een te korte periode.

Om de biodiversiteit te stimuleren zullen we dus ook aan andere maatregelen moeten denken. Eén daarvan is de verbetering van de waterkwaliteit (zie het hoofdstuk daarover). Echter de eerste conclusies voor de korte termijn zijn, dat door de watervraag voor de drainage meer rivierwater ingepompt moet worden en dat de stofbelasting van dit rivierwater groot is.

Om niet te eindigen met een somber verhaal wijs ik graag naar de conclusies, onderaan dit hoofdstuk. Daar wordt per onderzoeksdoel gedetailleerd informatie gegeven,

Werkwijze, aanpak en aanpassingen

Rondom het thema biodiversiteit / natuurwaarden zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd:

- **Fauna:** We hebben onderzoek gedaan naar de foeragerende weidevogels en er zijn trajecten uitgezet om insecten (vlinders, libellen en sprinkhanen) te monitoren.
- **Flora:** We hebben gekeken naar de flora en deden opnames op drie zones: gras, sloot en oever.
- **Botanische grassen:** We onderzochten de samenstelling van de botanische grassen en kruiden. De resultaten worden vanwege hun landbouwkundige belang beschreven bij het thema landbouw
- **Kwaliteit slootwater:** We onderzochten de kwaliteit van het slootwater en de gevolgen daarvan voor de biodiversiteit. De uitkomsten hiervan worden beschreven bij het thema KaderRichtlijn Water

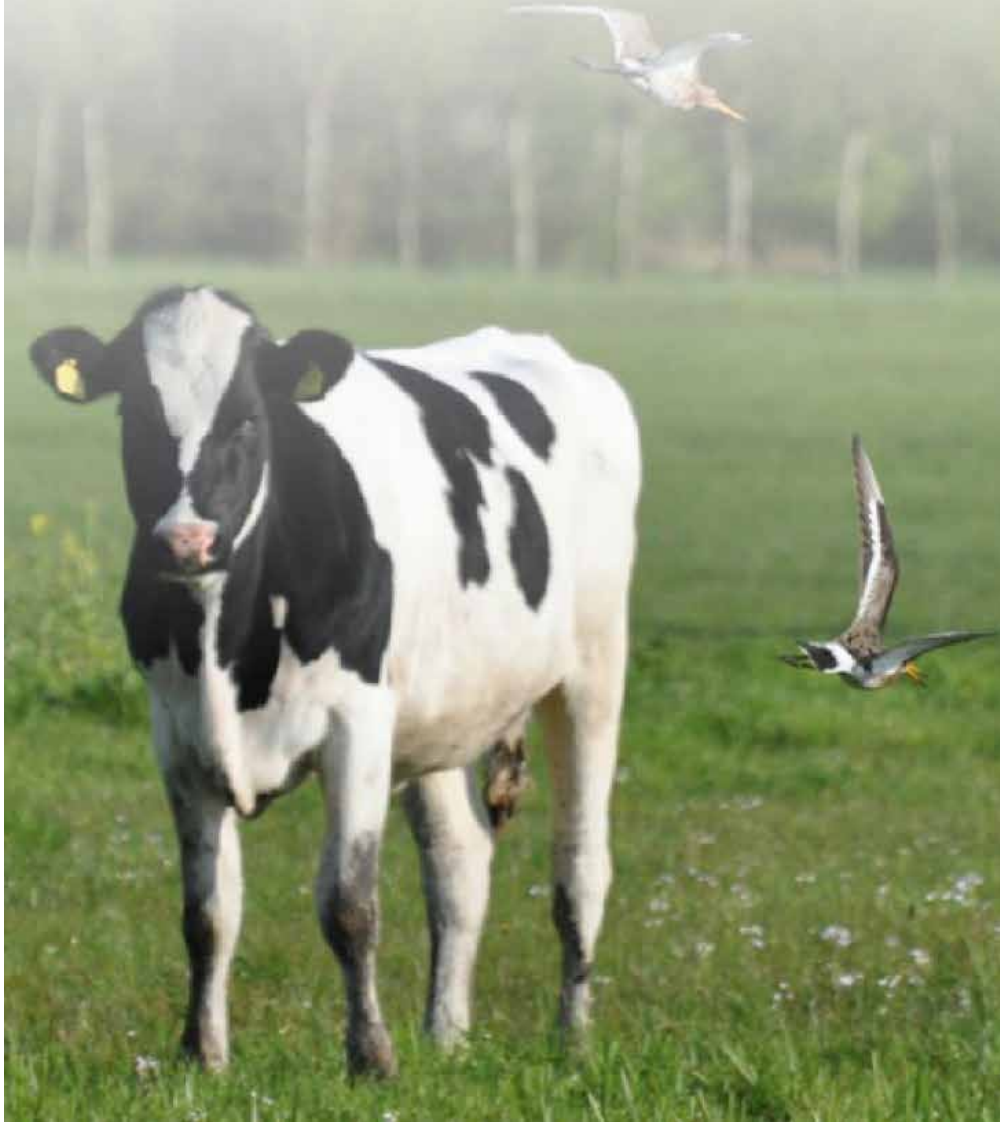
Sommige onderzoeken doen we maandelijks, andere jaarlijks en weer anderen volstaan we met een nul- en een herhaalmeting.

Uiteraard doen we deze onderzoeken zowel op het vernatte- als op het referentieperceel. Op basis van de uitkomst van 3 jaar onderzoek zullen we de nulhypothese kunnen verwerpen of behouden. De verslagen zijn zo veel mogelijk integraal in dit rapport overgenomen. Alle rapporten, opnames afzonderlijk kunnen via de website van Blauwzaam gedownload worden.

De werkwijzen en aanpak van de verschillende onderdelen van deze monitoring verschillen dermate dat we ervoor gekozen hebben deze steeds expliciet op te nemen bij elk onderdeel. Een goede beschrijving van de werkwijze en de aanpak is essentieel bij onderzoek. Het biedt de gelegenheid om in een later stadium op dezelfde wijze het onderzoek te herhalen. Dit is met name voor het inzichtelijk krijgen van de biodiversiteit belangrijk omdat processen bij dit thema een langere datareeks en ook meer data verlangen om de juiste uitspraken te kunnen doen. Het biedt tevens de gelegenheid om in een later stadium op dezelfde wijze het onderzoek te herhalen. Dit is met name voor het inzichtelijk krijgen van de biodiversiteit belangrijk omdat processen bij dit thema een langere datareeks en ook meer data verlangen om de juiste uitspraken te kunnen doen.

Monitoring Natuurwaarden

Pilot Drukdrainage periode 2020-2023



Datum: 5 december 2023

Auteur: R.G. Slagboom (Veenweide Natuur & Landschap)

Opdrachtgever: RMA (Alblasserwaard-Vijfheerenlanden)

Projectnummer: DD2023-018

Status: Definitief

VEENWEIDE
natuur en landschap

Effecten van regelbare drainage op weidevogels, insecten, vlinders en libellen

Werkwijze - onderzoeksopzet en aanpassingen

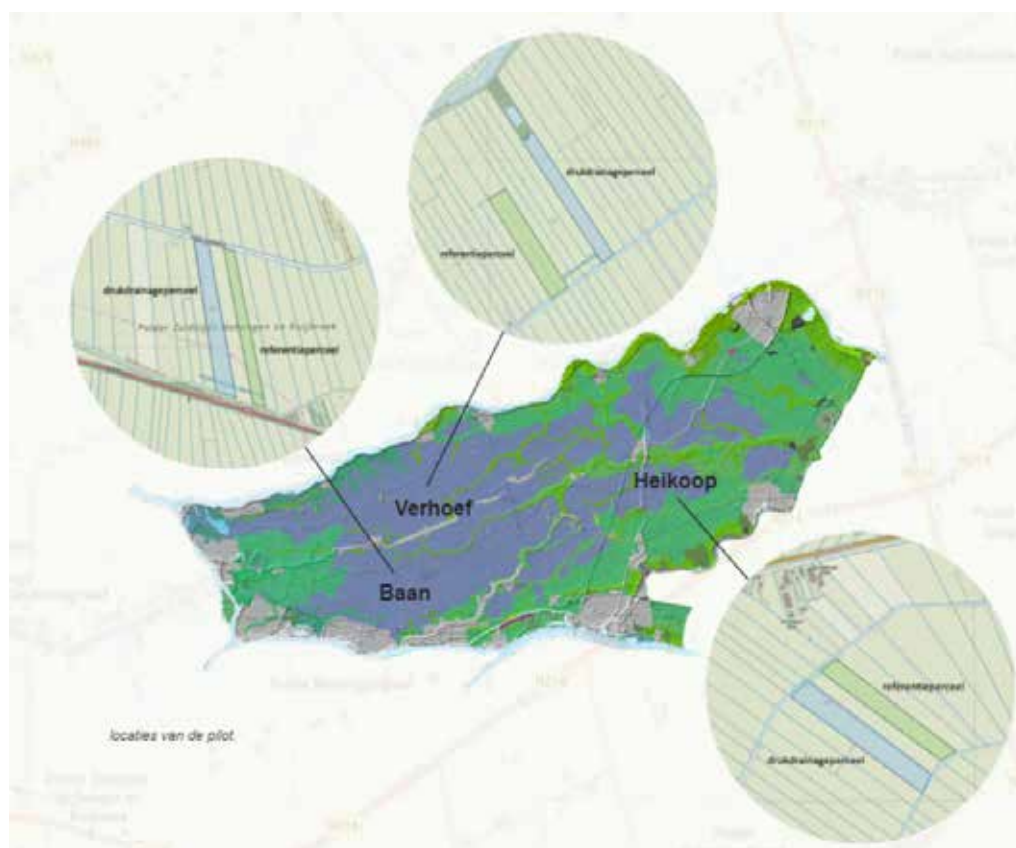
Vanaf 2020 hebben twee verschillende onderzoeken plaatsgevonden op de drie locaties van deze pilot. Zo is gekeken naar de aantallen foeragerende (weide)vogels en zijn er trajecten uitgezet om insecten (vlinders, libellen en sprinkhanen) te monitoren.

In dit rapport zijn de resultaten van de monitoring in de periode 2020-2023 weergegeven. Naast de bovengenoemde onderzoeken zijn in de eerste twee jaar ook amfibieën gemonitord, echter de data is ontoereikend om daar iets zinnigs over te kunnen vertellen.

Het veldonderzoek van de afgelopen 4 jaar is uitgevoerd door Jefta Leeuwis, Rik Vinke en Albert en Jacob Molenaar, allen vrijwilligers van de Natuur- en Vogelwacht 'de Alblasserwaard' en zeer betrokken bij de natuur in de regio.

Saskia Klumpers van Living Lab Alblasserwaard (Naturalis Biodiversity Centre) heeft de verzamelde data geanalyseerd. Een overzicht van de resultaten van het verrichtte natuuronderzoek zijn te vinden in de onderstaande rapportage.

Voor het onderzoek naar de natuurwaarden zijn de percelen met drukdrainage vergeleken met een referentieperceel in de directe omgeving van het druk- drainageperceel. De locaties waar is gemonitord zijn te vinden in onderstaande figuur:



Weidevogels

In de periode 2020 - 2023 zijn zowel de druk drainage percelen als de referentiepercelen in Brandwijk (Verhoef), Molenaarsgraaf (Baan) en Nieuwland (Heikoop) van het vroege voorjaar tot in de zomer gemonitord op foeragerende (weide)vogels. De tellingen werden om de 2 weken gedaan door vanaf een vast punt op een centraal punt tussen het druk drainage perceel en referentieperceel met een telescoop en/of verrekijker de foeragerende vogels te noteren.

Gedurende een half uur is elke 10 minuten het hoogste aantal per vogelsoort genoteerd die op het druk drainage perceel en/of het referentieperceel aanwezig waren. De soorten zijn later ingedeeld in vier hoofdgroepen: weidevogels (incl. veldleeuwerik), watervogels (eenden, ganzen en zwanen), zangvogels en roofvogels/reigers. De resultaten van de monitoring zijn geanalyseerd met als hoofddoel de verschillen te benoemen in het gebruik van het druk drainage- perceel t.o.v. het referentieperceel.

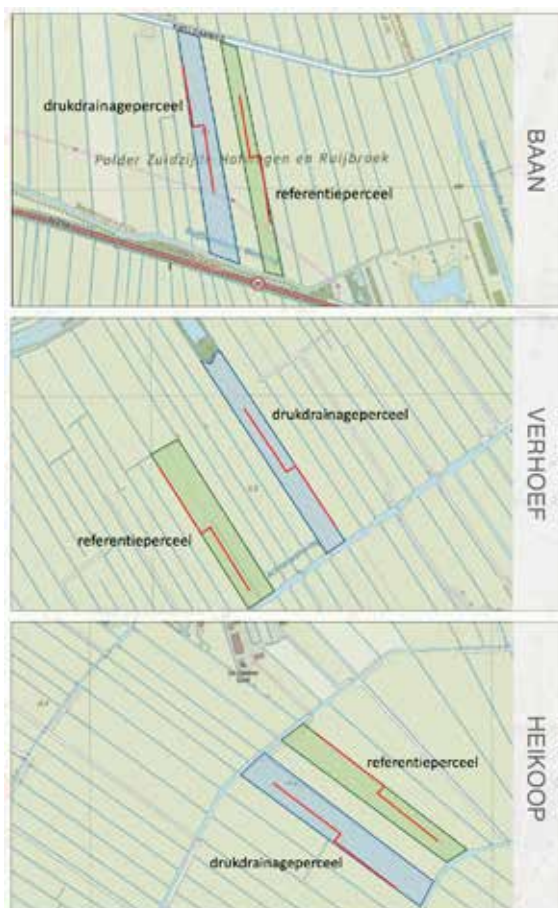
Insecten

Op alle drie de locaties werd op zowel het druk drainage perceel als op het referentieperceel een traject uitgezet om de aanwezige vlinders, libellen en sprinkhanen te monitoren. Beide trajecten zijn de afgelopen periode (2020- 2023) drie keer per jaar bezocht onder zo veel mogelijk gunstige omstandigheden. (weinig wind, niet te koud of te warm, droog) De trajecten (zie figuur 2) liepen deels langs de (hoogwater)sloot en deels midden in het perceel.

De onderzoeks periodes waren verdeeld over het seizoen, zodat zo veel mogelijk insectensoorten konden worden gevonden. De bezoeken vonden, afhankelijk van het weer, plaats in de onderstaande periodes:

- 1e ronde in de periode half mei-eind mei
- 2e ronde in de periode eind juni - begin juli
- 3e ronde in de periode na eind augustus - half september

Afhankelijk van de hoeveelheid insecten duurde een gemiddeld bezoek tussen de 15-20 minuten.



De locaties met in het rood de monitoringstrajecten

Resultaten

Weide- en watervogels

De afgelopen 4 jaar zijn per locatie 36 bezoeken gebracht, waarbij gedurende een half uur iedere 10 minuten de hoogste aantallen vogels per soort zijn genoteerd. In bijlage I is een overzicht terug te vinden van de aantallen vogels per telling per hoofdgroep.

Monitoringformulier Weidevogels Drukdrainage

BLAUW

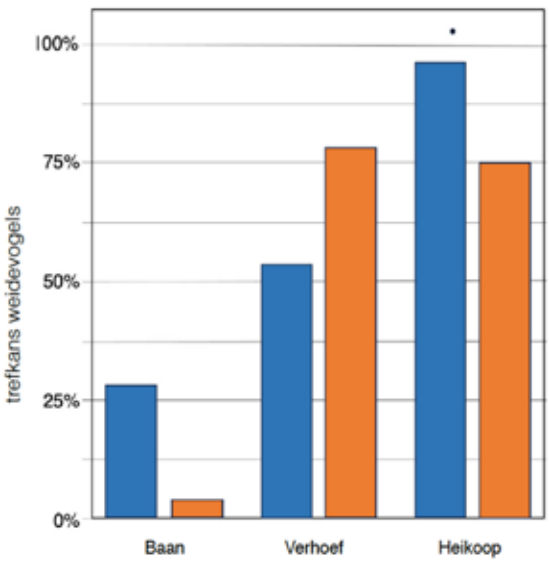
Naam teller: JAFFA
 Locatie: DUKDRAINAGE
 Datum: 15-10-2023
 Tijd (van - tot): 07:00 - 08:00
 Beroep (achternaam): JAFFA
 Temperatuur: 17
 Windrichting: W
 Windkracht: 2

Soortgroep Weidevogels
 Telling: 1
 Perceel: 1
 Referentieperceel: 2
 Observator: DD bagcausa

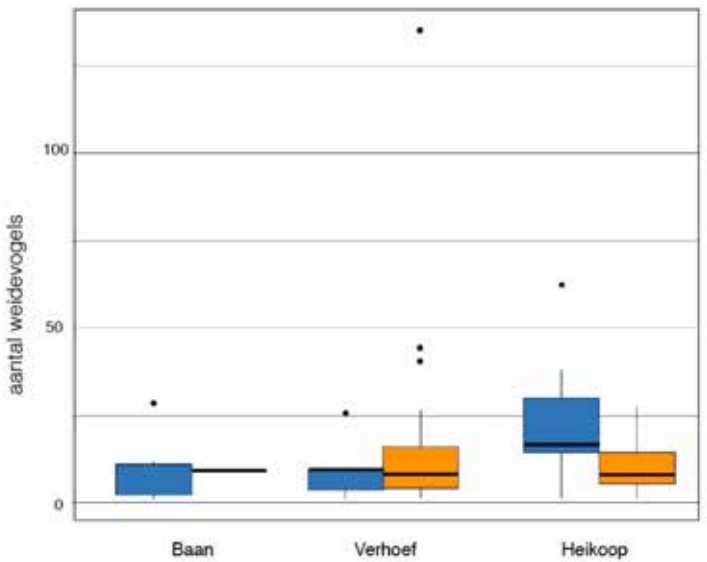
Tijd van	10 minuten	10 minuten	10 minuten
Teller	10 minuten	10 minuten	10 minuten
1	2	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1
15	1	1	1
16	1	1	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1	1	1
21	1	1	1
22	1	1	1
23	1	1	1
24	1	1	1
25	1	1	1
26	1	1	1
27	1	1	1
28	1	1	1
29	1	1	1
30	1	1	1
31	1	1	1
32	1	1	1
33	1	1	1
34	1	1	1
35	1	1	1
36	1	1	1

Het betreft de volgende hoofdgroepen:
 weidevogels (o.a. grutto, tureluur, kievit, scholekster)
 watervogels (o.a. kraakeend, grauwe gans en knobbelzwaan)
 zangvogels (houtduif, spreeuw, zwarte kraan en roek)
 roofvogels (buizerd, bruine kiekendief, blauwe reiger en ooievaar)
 In totaal konden duizenden vogels worden geteld. De aantallen waargenomen weidevogels (1017) en watervogels (1410) zijn in exc gezet en door Saskia Klumpers van Naturalis Biodiversity Centre geanalyseerd.

Voorbeeld van een veldformulier voor de monitoring van vogels



Figuur 58: de trefkans om een weidevogel tegen te komen druk drainageperceel = blauw, referentieperceel = oranje.



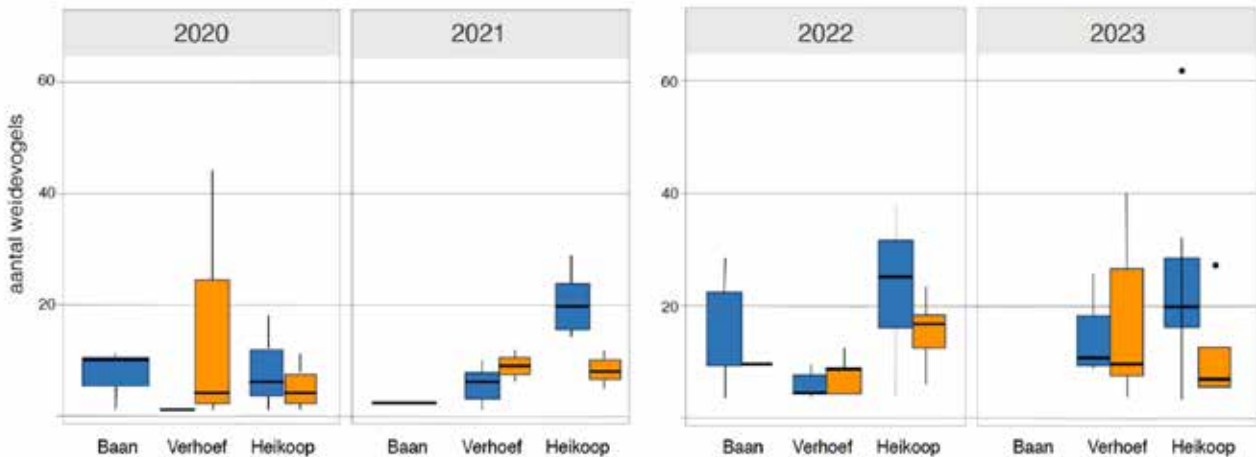
Figuur 59: het aantal weidevogels op de druk drainageperceel = blauw, referentieperceel = oranje.

Uit de analyse blijkt dat de trefkans om ten minste een weidevogel aan te treffen tijdens een telling bij Verhoef en Heikoop veel groter is dan bij Baan. Bij Baan was de trefkans op het druk drainageperceel veel groter in vergelijking met de referentiepercelen. Op het referentieperceel werden weidevogels nauwelijks aangetroffen.

Het aantal weidevogels op de druk drainage lijkt iets hoger, met name bij locatie Heikoop maar ook hier is het verschil niet significant (zie figuur 59).

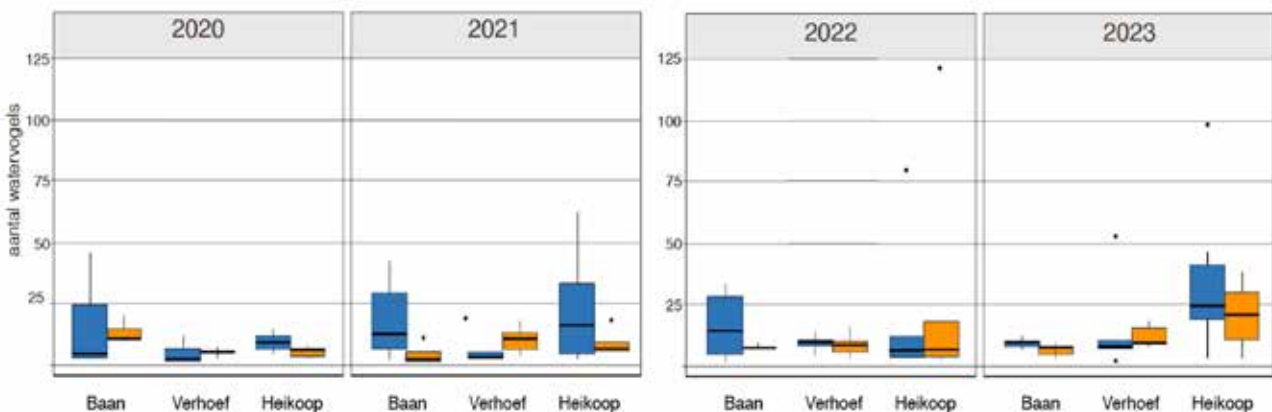
In figuur 60 is het aantal weidevogels te zien dat in de onderzoeksperiode (2020-2023) tijdens de

telling werd gezien op de druk drainagepercelen (blauw) en referentiepercelen (oranje). Het totaal aantal weidevogels op zowel de druk drainage- als referentie- percelen was in 2022 en 2023 significant hoger in vergelijking met de jaren ervoor. Met name in 2023 werden meer weidevogels gezien op de druk drainage- percelen, maar dit was niet significant. Indien dit wel significant was geweest, dan kon met zekerheid worden gezegd dat de druk drainagepercelen aantrekkelijker zijn voor foeragerende weidevogels in vergelijking met de referentiepercelen.



Figuur 60: het aantal weidevogels op de druk drainage percelen (blauw)vs referentiepercelen (oranje) gedurende de periode 2020 - 2023

In Figuur: 61 is het aantal watervogels te zien dat in de onderzoeksperiode (2020-2023) tijdens de telling werd gezien op de druk drainagepercelen (blauw) en referentiepercelen (oranje). De aantallen watervogels op de druk drainagepercelen van Baan en Heikoop waren significant hoger dan op de referentiepercelen. Bij Verhoef kon dat niet worden aangetoond. Het lijkt erop dat de druk drainagepercelen een aantrekkende werking hebben op watervogels zoals kraakeend , wilde eend, grauwe gans en nijlgans.



Figuur 61: het aantal watervogels op de druk drainage percelen (blauw)vs referentiepercelen (oranje) gedurende de periode 2020 - 2023

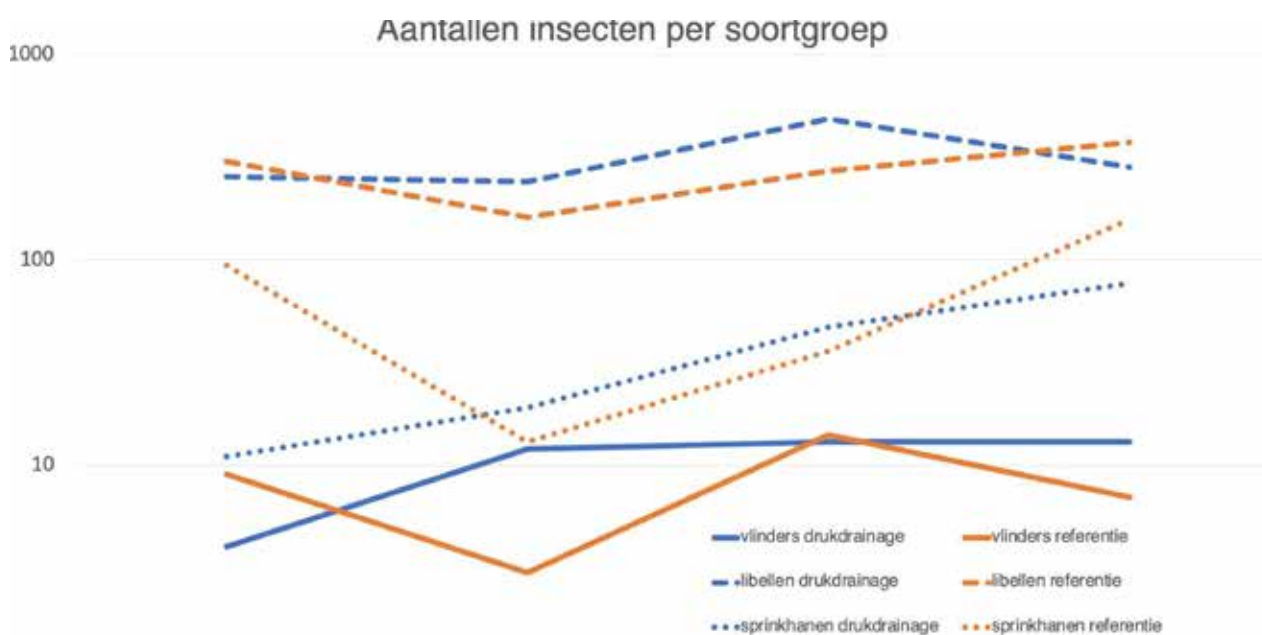
Insecten



Er werden tijdens de tellingen relatief weinig vlinders waargenomen. In totaal zijn 75 vlinders geteld, waarvan 42 op de druk drainage trajecten. Dit betekent dat er gemiddeld net iets meer dan 1 vlinder per bezoek werd gezien (36 bezoeken druk drainage percelen en 36 bezoeken referentiepercelen).

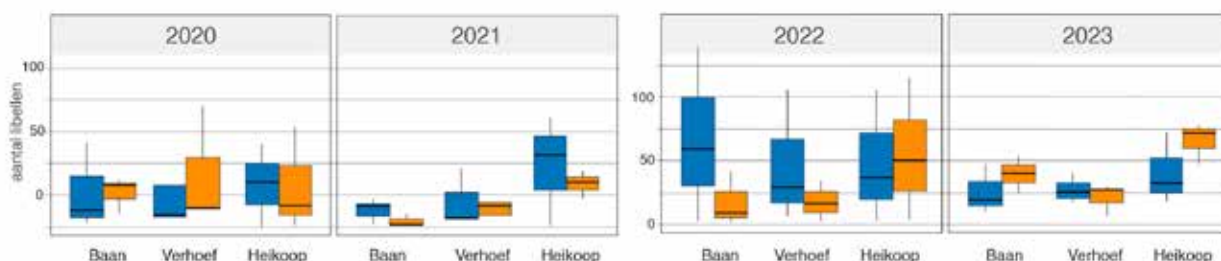
De meeste vlinders werden gezien op het locaties Heikoop (33) en Verhoef (27). Bij Baan in Molenaarsgraaf werden slechts 15 vlinders gezien tijdens de 24 bezoeken (12 drukdrainage en 12 referentiepercelen). Het meest talrijk was het klein koolwitje (*Pieris rapae*) met in totaal 25 imago's. De argusvlinder (*Lasiommata megera*) werd op ieder bedrijf ten minste 1 keer waargenomen. Libellen werden heel wat meer waargenomen met in totaal 2370 exemplaren. Het lantaarntje was verreweg de meest talrijke libellensoort met in totaal 2195 imago's (92,6% van het totaal) Het lantaarntje (*Ischnura elegans*) heeft van alle libellensoorten in Nederland de minst uitgesproken habitatvoorkeur en komt ook veel in voedselrijke ondiepe poldersloten voor. De variabele waterjuffer, (*Coenagrion pulchellum*), een soort die meer eisen stelt aan waterkwaliteit werd tijdens de monitoring alleen gezien bij Baan. Opvallend was dat er maar weinig 'grotere' libellen werden gezien zoals vroege glazenmaker (*Aeshna isocetes*) en heidelibel spec. (*Sympetrum spec.*). Het aantal sprinkhanen verschilt sterk tussen de druk drainage- en referentieprojecten. In 2020 en 2023 werden veel meer sprinkhanen gezien op de referentiepercelen. De kustsprinkhaan (*Chorthippus albomarginatus*) was de meest talrijke soort, maar ook de bruine sprinkhaan (*Chorthippus brunneus*), krasser (*Chorthippus parallelus*) en het gewoon spitskopje (*Conocephalus dorsalis*) werden relatief veel gezien.

In Bijlage II (zie website BlauwZaam) is een overzicht te vinden van de aantallen waargenomen insecten- soorten.



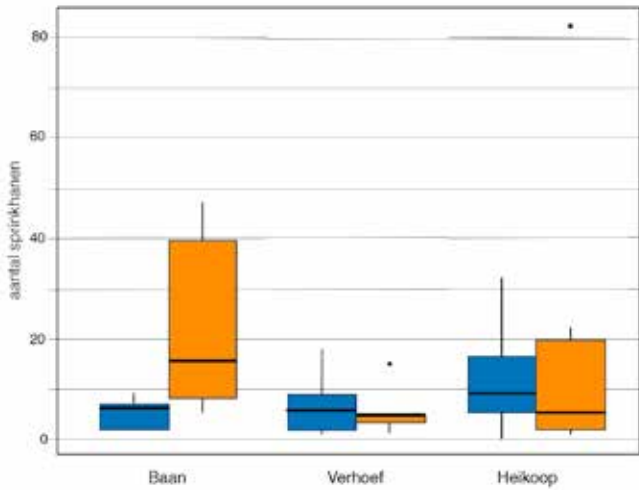
Figuur 62: totaal aantal insecten (vlinders, libellen en sprinkhanen op de druk drainage (blauw) en referentiepercelen (oranje) in de periode 2020-2023.

In Figuur 62 is een grafiek te zien van de aantallen vlinders, libellen en sprinkhanen die jaarlijks zijn gezien in de periode 2020-2023. De soortgroepen zijn opgesplitst in het aantal dat is gezien op de druk drainage (oranje) en referentiepercelen (blauw).

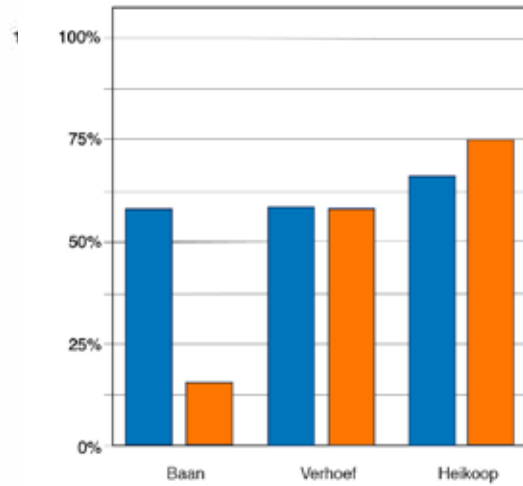


Figuur 63: het aantal libellen op de drukdrainagepercelen (blauw) vs referentiepercelen (oranje) gedurende de periode 2020-2023

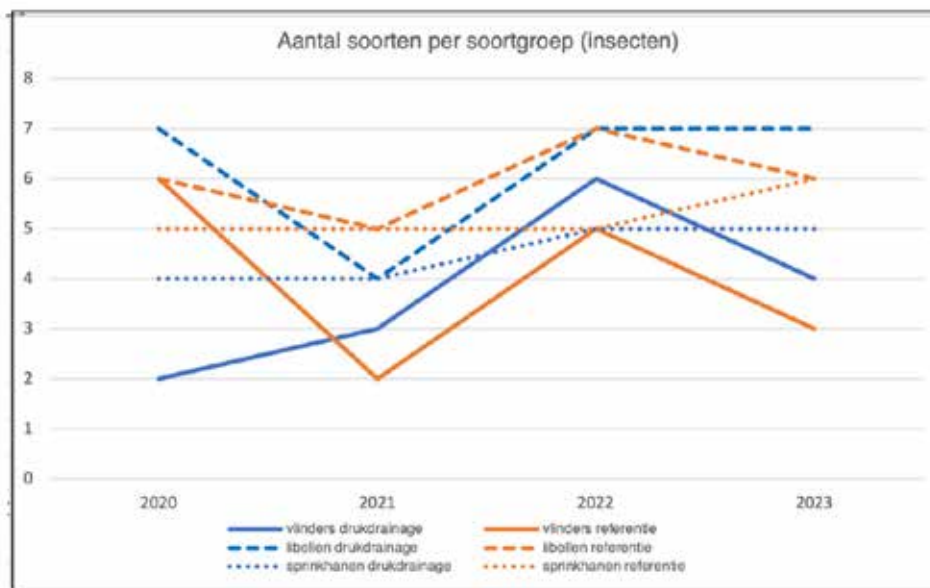
In Figuur 63 is de analyse van het aantal libellen op de verschillende locaties verdeeld over de onderzoekstypen. Er is geen significant verschil tussen drukdrainage en de referentiepercelen. Ook is er geen significant verschil in aantal libellen tussen de verschillende jaren. Het lijkt erop dat bij Heikoop (iets) meer libellen worden aangetroffen, maar dit is niet significant.



Figuur 64: het aantal sprinkhanen op de drukdrainagepercelen (blauw) en referentiepercelen (oranje) gedurende de periode 2020-2023



Figuur 65: de trefkans om een vlinder tegen te komen. drukdrainageperceel = blauw, referentieperceel = oranje.



Figuur 66: aantal soorten insecten (vlinders, libellen en sprinkhanen) op de drukdrainage (blauw) en referentiepercelen (oranje).

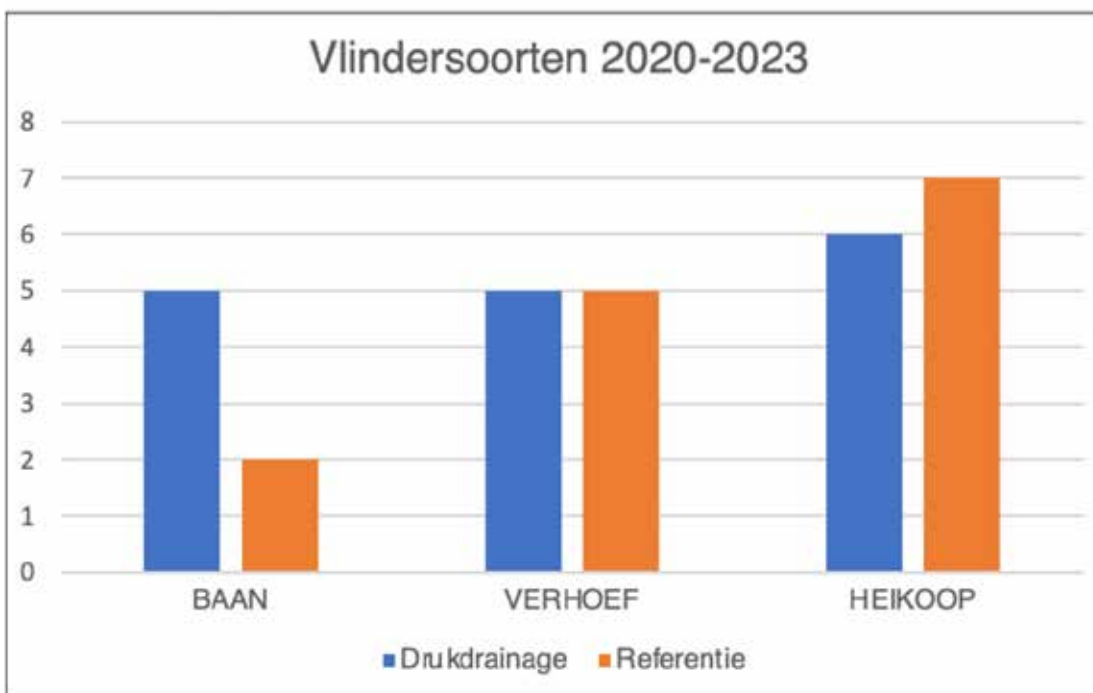
Vooraf bij Baan worden meer sprinkhanen aangetroffen op het referentieperceel (Figuur: 63). De trefkans om ten minste een vlinder tegen te komen ligt tussen de 50-75% (Figuur: 64). De aantallen zijn echter dusdanig laag (max. 5 per telling, veel nul-tellingen) dat er statistisch weinig over is te zeggen.

In figuur 66 is een grafiek te zien van de aantallen soorten vlinders, libellen en sprinkhanen in de periode 2020-2023. Het verschil tussen aantallen soorten is minimaal. Wel is er een dipje te zien in het aantal soorten in 2021. Dit is ook terug te zien in de totaal aantallen insecten (figuur 62).

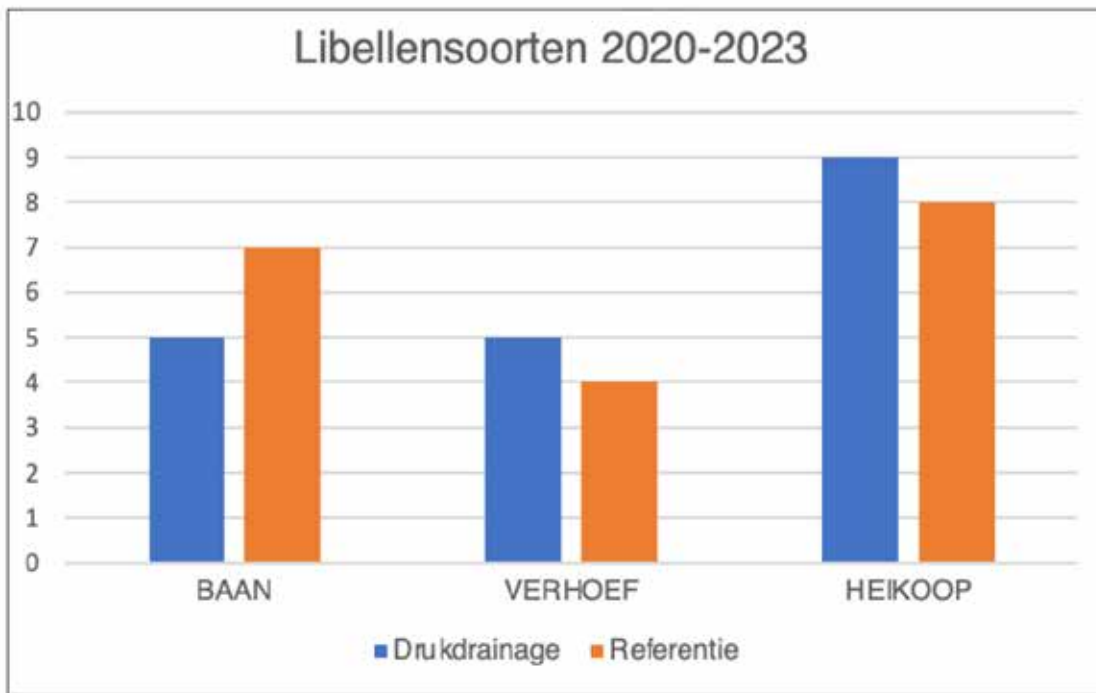
In de onderstaande figuren 67-70 is het aantal soorten vlinders, libellen en sprinkhanen per locatie per onderzoekstype (drukdrainage en referentie) weergegeven. De grafieken geven het totaal aantal soorten weer dat tijdens de 12 bezoeken in de periode 2020-2023 is waargenomen.



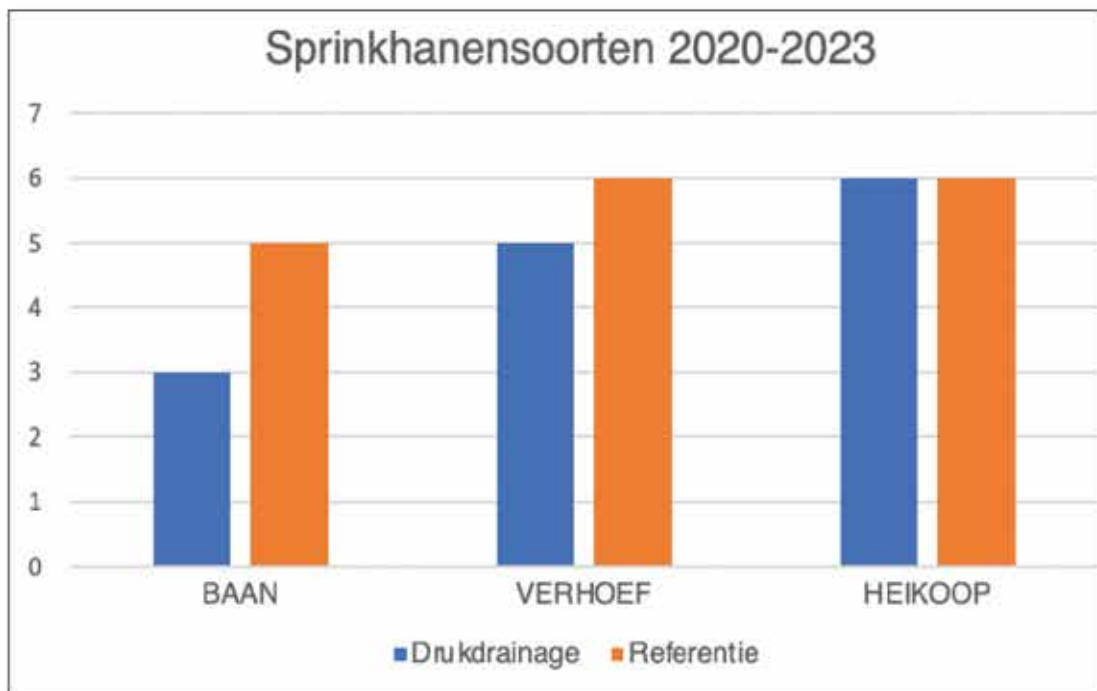
Argusvlinder



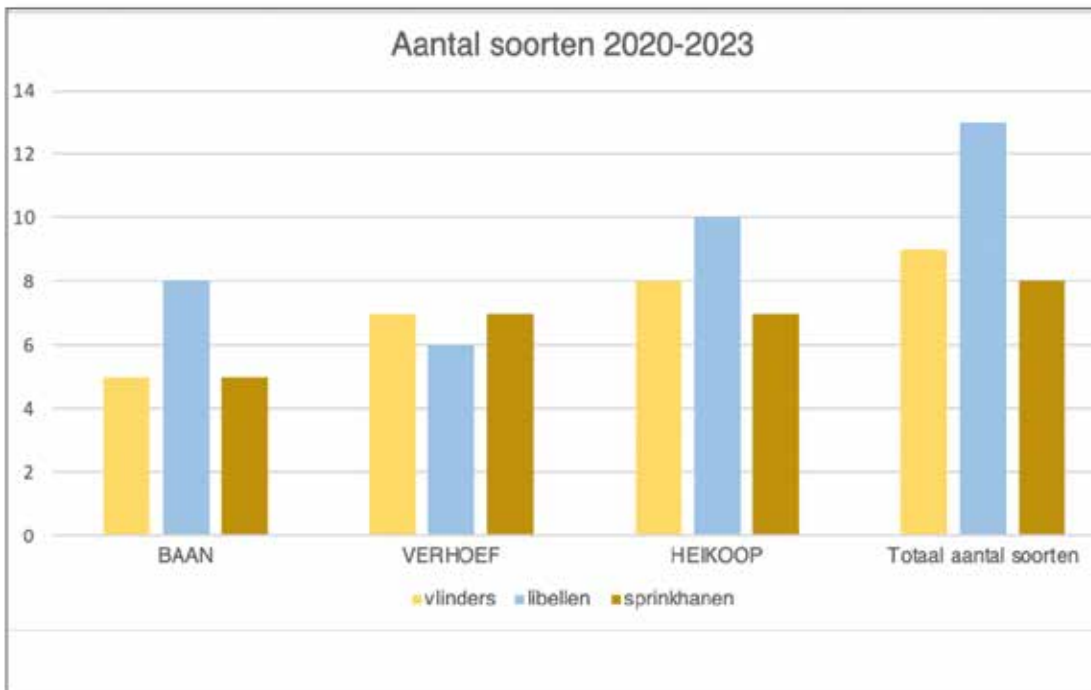
Figuur: 67 totaal aantal soorten vlinders per bedrijf verdeeld over twee onderzoekstype (drukdrainage=blauw, referentie=oranje)



Figuur 68: totaal aantal soorten libellen per bedrijf verdeeld over twee onderzoekstype (drukdrainage=blauw, referentie=oranje)



Figuur 69: totaal aantal soorten sprinkhanen per bedrijf verdeeld over twee onderzoekstype (drukdrainage=blauw, referentie=oranje)



Figuur 70: geeft het aantal soorten per soortgroep per bedrijf weer die in de periode 2020-2023 zijn waargenomen. (drukdrainage / referentie).

Het aantal soorten per onderzoekstype (drukdrainage en referentie) is laag en verschillen niet of nauwelijks van elkaar (vaak maximaal 1- 2 soorten).

Het onderzoekstype en/of soortgroep lijken hierbij geen factor.

Het aantal soorten bij Heikoop in Nieuwland is bij alle soortgroepen het hoogst (zie Figuur: 70). Het aantal soorten vinders en sprinkhanen verschilt niet veel met Verhoef, maar het verschil zit vooral in het aantal soorten libellen. Dit is bij Heikoop hoger dan bij Verhoef. Op de trajecten bij Baan zijn relatief veel libellensoorten gezien, minder soorten vinders en sprinkhanen.



Effect op de vegetatie in de veensloten volgens de KRW systematiek

Uitwerking Aquatische Ecologie Vergelijking 2021-2023

Stef van Walsum

7 februari 2024



Werkwijze - onderzoekopzet en aanpassingen

Het drukdrainage project omvat drie deelnemers in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden, namelijk Kees Baan in Molenaarsgraaf, Mattias Verhoef in Brandwijk en Peter Heikoop in Nieuwland. Bij elke deelnemer is in één perceel een drukdrainagesysteem aangelegd, daarnaast is een referentieperceel aangewezen zodat later verschillen tussen drukdrainagepercelen en de standardsituatie aangetoond kunnen worden.



Locaties drukdrainage project in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden

Metingen Waterschap Rivierenland

In de zomer van 2021, 2022 en 2023 heeft het Waterschap Rivierenland (WSRL) metingen uit laten voeren bij de drie locaties in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. Eenmaal per jaar een vegetatiemeting en maandelijks fysisch-chemische metingen. De metingen bestonden onder andere uit fysisch-chemische metingen voor ammonium, nitraat, stikstof totaal, orthofosfaat, fosfor totaal, zuurstof, sulfaat, zuurgraad en temperatuur. Daarnaast zijn vegetatieopnames volgens de KRW-systematiek (Kader Richtlijn Water) voor het sloottype M8 (veensloten) opgenomen (Gylstra, 2022). In dit rapport wordt ingegaan op de resultaten van de vegetatieopnames en KRW scores die zijn gedaan door WSRL in 2023 en een vergelijking gemaakt met 2021 en 2022.

De uitwerking en analyse is gemaakt door Stef van Walsum in samenwerking met Ronald Gylstra (WSRL)

Nulmeting en herhaalmeting

In de zomer van het jaar 2020 heeft een nulmeting van de vegetatie plaatsgevonden op de drie locaties. Bij de nulmeting zijn vegetatieopnames gemaakt van zowel grasland-, oever- en slootvegetaties om hier de beginsituatie van vast te leggen (Walsum, Vegetatienulmeting drukdrainageproject Alblasserwaard, 2020). Hierbij is gebruik gemaakt van de 'Braun-Blanquet-methode', een klassieke methode voor het maken van vegetatieopnames waarbij niet alleen soorten zijn genoteerd, maar ook zijn voorzien van een mate aan bedekking/aanwezigheid in het proefvlak.

Bij elke deelnemer van het project zijn tien observaties gemaakt: vijf vegetatieopnamen in het drukdrainageperceel en vijf in het referentieperceel. De locaties van de vegetatieopnames zijn vastgelegd met GPS-coördinaten en herkenningspunten in het veld. Dit maakt het mogelijk de vegetatieopnames in komende jaren te herhalen en op deze wijze het effect van de drukdrainage op de vegetatie in grasland, sloot en oever in beeld te brengen door de jaren heen. In 2023 is deze meting op dezelfde wijze herhaald en verwerkt in een rapport (Walsum, Resultaten vegetatie Drukdrainageproject Alblasserwaard-Vijfheerenlanden, 2023). In dit rapport worden de resultaten van de nul- en herhaalmeting vergeleken met de resultaten uit de metingen van WSRL.



Ligging meetpunten in het druk- en referentieperceel bij Baan.



Ligging meetpunten in het druk- en referentieperceel bij Verhoef.



Ligging meetpunten in het druk- en referentieperceel bij Heikoop.

Resultaten

Bij elke deelnemer van het drukdrainageproject zijn in 2023 drie vegetatieopnames uitgevoerd volgens de KRW-systematiek voor veensloten. Per deelnemer zijn twee vegetatieopnames gemaakt in de drukdrainagesloten en één in een referentiesloot (Gylstra, 2022). De bedekking die de soorten in de opname innemen zijn geschat aan de hand van de STOWA-abundantieschaal (zie tabel 16).

Tabel 16 STOWA-abundantie schaal

STOWA-code	Tansley-schaal	Exemplaren en bedekking in proefvak	%
1	zeldzaam (r)	totaal 1-4 exemplaren en gemiddeld <1 per 100 m ²	<1-1%
2	af en toe (o)	totaal 5-10 exemplaren en gemiddeld ca. 1-10 per 100 m ²	2%
3	lokaal frequent (lf)	lokaal 1-10 exemplaren per m ² en totaal meer dan 10 exemplaren	3%
4	frequent (f)	totaal 1-10 exemplaren per m ²	4%
5	lokaal abundant (la)	lokaal >10 exemplaren per m ² en bedekking 5-50%	5-12%
6	abundant (a)	totaal >10 exemplaren per m ²	13-25%
7	lokaal dominant (ld)	lokaal met bedekking >50%, aantal individuen willekeurig	26-50%
8	co-dominant (cd)	totaal met bedekking >50%, aantal individuen willekeurig	51-75%
9	dominant (d)	totaal met bedekking >75%, aantal individuen willekeurig	76-100%

Soortensamenstelling

In tabel 17 in een overzicht weergegeven van alle watervegetatieopnames die in 2023 zijn gedaan bij Baan, Verhoef en Heikoop. Bij de drie deelnemers zijn gemiddeld 8 soorten per opname gevonden. Het laagste aantal werd gevonden bij Heikoop (drukdrainage 5598), het hoogste aantal in een andere sloot bij Heikoop (Referentie 5642). Bij Baan en Verhoef wordt een groot deel van de soortensamenstelling bepaald door kroossoorten. Bij Heikoop daarentegen zijn de meeste kroossoorten afwezig en juist onderwaterplanten en helofyten talrijker.

Onder eutrofe en luwe omstandigheden kunnen kroos en flab (drijvende algen) gaan domineren in sloten. Ze sluiten het wateroppervlak af van licht en zuurstof en verhinderen daarmee de meeste andere onderwaterplanten om te kunnen groeien. Een hoog aandeel aan flab en kroos is om die reden een negatieve kwaliteitsindicator. Bij Baan en Verhoef zijn krozen de meest voorkomende soorten in de watergang, de bedekking is echter beperkt.

De soortensamenstelling van de sloten bij Baan en Verhoef past bij de Eendenkroos-klasse. Dat zijn voor voedselrijk-kenmerkende drijvende kroosvegetaties die zich via wind (en golfslag) gemakkelijk over de watergang verspreiden en kunnen binnen korte tijd gehele watergangen bedekken. De slootvegetatie bij Heikoop is duidelijk anders: Brede waterpest en Smalle waterpest zijn hier de meest voorkomende soorten. De samenstelling past bij de rompgemeenschap

Brede waterpest uit de Fonteinkruid-klasse. Dit type vegetatie kwam voorheen veel over heel Nederland voor maar is door eutrofiëring sterk achteruit gegaan en komt tot op heden met name in Pleistocene streken voor. In laagveengebieden weet deze vegetatie zich te handhaven in geïsoleerde wateren of wateren die onder invloed staan van kwel (Schaminée, et al., 2019).

Tabel 17 Overzicht resultaten van de vegetatieopnamen gemaakt in de drukdrainagesloten (DD) en referentie sloten (REF) in 2023. De getallen zijn abundantiecodes gebaseerd op de STOWA-abundatieschaal.

Opname:		Baan			Verhoef			Heikoop		
		5446	5447	5448	5449	5450	5451	5598	5599	5642
Onderwaterplanten (submers)		DD	DD	REF	DD	DD	REF	DD	DD	REF
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Grof hoornblad				3	2				
<i>Elodea canadensis</i>	Brede waterpest							7	4	3
<i>Elodea nuttallii</i>	Smalle waterpest				3		1	4	9	6
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>	Waternetje					2				
<i>Nitella flexilis</i>	Buigzaam glanswier									
<i>Potamogeton pusillus</i>	Tenger fonteinkruid									
<i>Riccia fluitans</i>	Gewoon watervorkje	5	2	3			5			
<i>Urticularia (spec.)</i>	Blaasjeskruid (spec.)	7		3						2
<i>Zannichellia palustris ssp. palustris</i>	Zittende zannichellia									
Kroos										
<i>Lemna gibba</i>	Bultkroos									
<i>Lemna minor</i>	Klein kroos	2	2		2	4	2			
<i>Lemna minuta</i>	Dwergkroos	3	3	3		2	4			
<i>Lemna trisulca</i>	Puntkroos			3	2		5			
<i>Lemna turionifera</i>	Knopkroos	5	4	3	6	6	6			
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Veelwortelig kroos	2	5	5		3	4			3
<i>Wolffia (spec.)</i>	Wolffia (spec.)	3	5	4	4	4				
<i>Wolffia australiana</i>	Smalle wolffia				4	4				
helofyten (emers)										
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Grote waterweegbree								2	1
<i>Butomus umbellatus</i>	Zwanenbloem			2	2		3	2	3	
<i>Calliergonella cuspidata</i>	Gewoon puntmos									2
<i>Equisetum fluviatile</i>	Holpijp							1	2	
<i>Glyceria fluitans</i>	Mannagras		3		3		2		4	
<i>Glyceria maxima</i>	Liesgras		3	2	2		2		3	
<i>Juncus effusus</i>	Pitrus		1							
<i>Persicaria amphibia</i>	Veenwortel					1			2	
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Pijlkruid								2	1
<i>Sparganium emersum</i>	Grote egelskop							1	3	2
<i>Sparganium erectum</i>	Kleine egelskop		1					3	2	

KRW scores

De KRW-systematiek (Kader Richtlijn Water) werkt met 'maatlatten'. Deze maatlatten geven de beoordeling van een water weer, in dit geval sloottype M8 veensloten. De maatlatten zijn gebaseerd op ecologische referentiesituaties. Per meetpunt is op basis van de soortensamenstelling en bedekking een score volgens de KRW-maatlatten uitgerekend, dit bestaat uit een minimale score van 0 en een maximale score van 1. Referentiecondities, dus water met een zeer goede ecologisch kwaliteit zijn gelijkgesteld aan 1. De overige waarden zijn verdeeld in verschillende klassen die de Ecologische KwaliteitsRatio (EKR) vormen (Evers, et al., 2012). Het cijfer, bijvoorbeeld 0,09 bij één van de drukdrainagesloten bij Baan, drukt de afstand tot de referentie uit. In het geval van dit voorbeeld bij Baan is de afstand naar 1 zeer groot en is de beoordeling tot de referentiesituatie daarom slecht (0 – 0,2). De 'eindscore vegetatie' zijn de waarden van de bedekking en de soortensamenstelling bij elkaar genomen en daarna gemiddeld.

Tabel 18 Samenvatting van de KRW scores weergegeven in een tabel. De scores geven een beeld van de waterkwaliteit op basis van vegetatiegegevens (score bedekking en score soorten). Onderverdeelde waarden Ecologische KwaliteitsRatio (EKR): Slecht (rood 0-0,2), Ontoereikend (oranje 0,2-0,4), Matig (geel 0,4-0,6), Goed (groen 0,6-1).

Meetpunt	ALBL5446	ALBL5447	ALBL5448	ALBL5449	ALBL5450	ALBL5451	BENL5598	BENL5599	BENL5642
Deelnemer	Baan	Baan	Baan	Verhoef	Verhoef	Verhoef	Heikoop	Heikoop	Heikoop
Type sloot	Druk	Druk	Ref	Druk	Druk	Ref	Druk	Druk	Ref
X-coord	114395	114395	114469	116290	116348	116132	130436	130743	130569
Y-coord	429968	430272	430145	434914	434744	434786	434319	434163	434365

Scores 2023

Omschrijving methode vegetatie

Score Bedekking	0,22	0,12	0,44	0,35	0,19	0,14	0,39	0,13	0,31
Score Soorten	0,41	0,24	0,52	0,38	0,26	0,37	0,54	0,69	0,88
Eindscore Vegetatie	0,32	0,18	0,48	0,37	0,23	0,26	0,47	0,41	0,60

Scores 2022

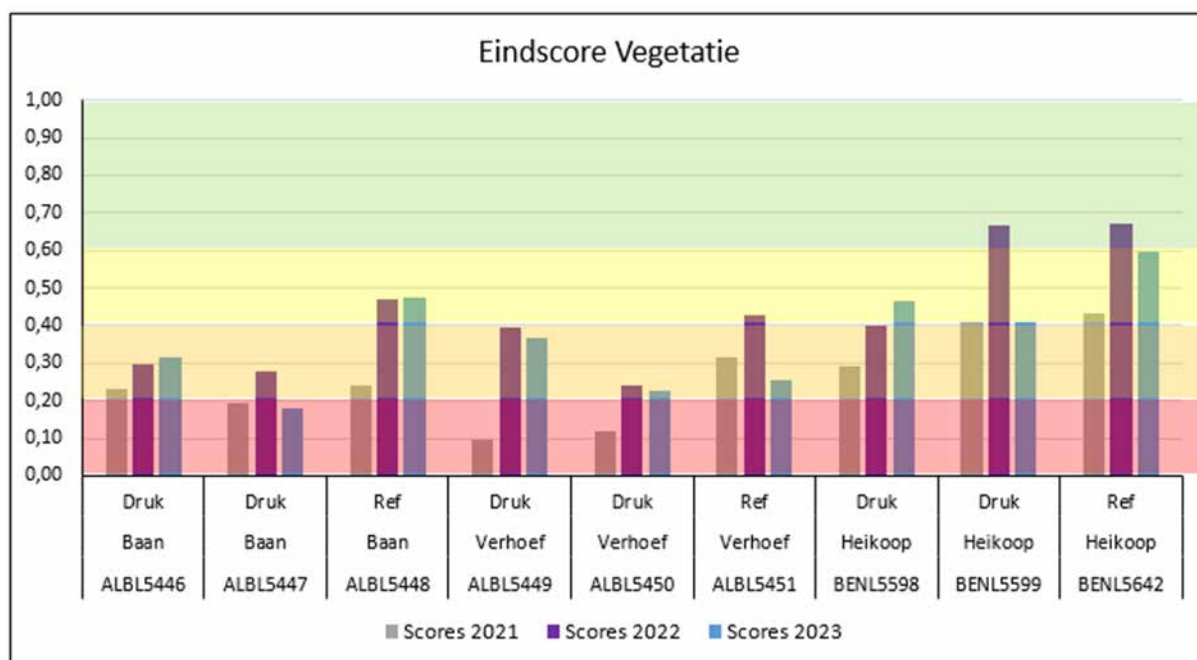
Score Bedekking	0,09	0,13	0,43	0,18	0,07	0,14	0,43	0,47	0,50
Score Soorten	0,50	0,43	0,51	0,61	0,41	0,71	0,37	0,86	0,84
Eindscore Vegetatie	0,30	0,28	0,47	0,39	0,24	0,43	0,40	0,67	0,67

Scores 2021

Score Bedekking	0,27	0,13	0,25	0,13	0,00	0,20	0,13	0,13	0,25
Score Soorten	0,20	0,26	0,23	0,06	0,24	0,43	0,45	0,69	0,62
Eindscore Vegetatie	0,23	0,19	0,24	0,09	0,12	0,32	0,29	0,41	0,43

Scores (min 0 en max 1)

KRW-scores: Slecht (0-0,2); Ontoereikend (0,2-0,4); Matig (0,4-0,6); Goed (0,6-1)



Figuur: 71 Samenvatting van de KRW scores weergegeven in een diagram. De kleuren in de diagram geven de Ecologische KwaliteitsRatio (EKR) weer: Slecht (0-0,2), Ontoereikend (0,2-0,4), Matig (0,4-0,6), Goed (0,6-1). Gemiddeld scoren de meetpunten in 2022 hoger dan in de andere gemeten jaren.

Analyse KRW scores

Uit tabel 18 en bijbehorende diagram (Figuur: 71) is af te lezen dat in 2023 één meetpunt uitkomt op een goede beoordeling, namelijk het referentiemeetpunt bij Heikoop (nummer 5642). De andere twee meetpunten bij Heikoop en het referentie-meetpunt bij Baan scoren 'matig'. De overige meetpunten scoren 'ontoereikend' of 'slecht'. Dit houdt in dat enerzijds niet de gewenste soorten in de sloten voorkomen en dat anderzijds ook de bedekkingen van de gewenste soorten niet worden gehaald. De hogere score bij Heikoop in deze sloten zit met name in de soortensamenstelling, die een 'goed' scoort. Hieruit blijkt dat de gewenste soorten wel aanwezig zijn maar de ideale bedekkingen van die soorten ontbreken.

Vergeleken met het eerste jaar van meten (2021) scoren de meeste meetpunten beter in 2023. In het tussenliggende jaar (2022) scoren veruit de meeste meetpunten hoger dan in de andere jaren. Blijkbaar is 2022 over het algemeen een goed jaar geweest voor waterplanten.

De belangrijkste bevindingen uit de KRW scores:

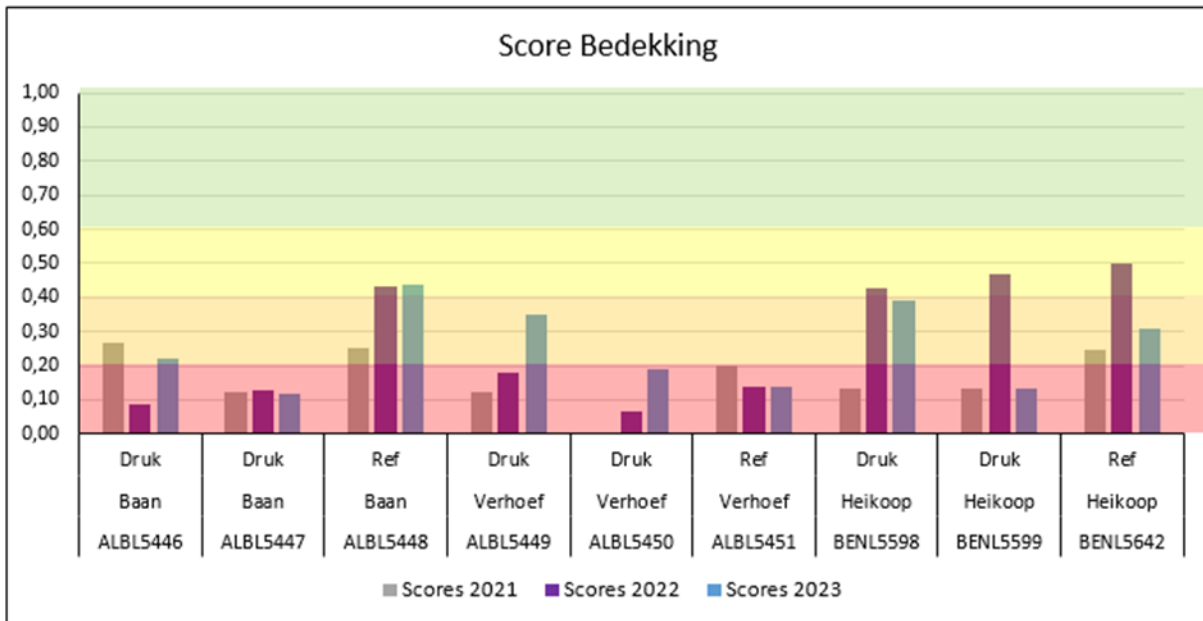
- De gemiddelde eindscore van de drukdrainagesloten bij Baan in 2023 (0,25) is toegenomen ten opzichte van 2021 (0,21). In 2022 scoorde de sloten gemiddeld nog hoger: 0,29. In de referentiesloot is de score verdubbeld (van 0,24 in 2021 naar 0,48 in 2023).
- De gemiddelde eindscore van de drukdrainagesloten bij Verhoef in 2023 (0,30) is toegenomen ten opzichte van 2021 (0,11). In 2022 scoorde de sloten gemiddeld nog veel hoger: 0,51. In de referentiesloot is de score afgenomen (van 0,32 in 2021 naar 0,26 in 2023, in 2022 was de score 0,43).
- De gemiddelde eindscore van de drukdrainagesloten bij Heikoop in 2023 (0,44) is toegenomen ten opzichte van 2021 (0,35). In 2022 scoorde de sloten gemiddeld nog hoger: 0,54. In de referentiesloot is de score ook toegenomen (van 0,43 in 2021 naar 0,60 in 2023).
- 2022 blijkt een goed jaar voor de watervegetatie. Gemiddeld scoren bijna alle monsterpunten beter als in 2021 en 2023, ook de meeste referentielocaties.
- De sloten bij Heikoop scoren gemiddeld beter (matig of goed) dan de sloten bij Verhoef en Baan (matig of ontoereikend).
- Qua bedekking scoren vrijwel alle sloten in 2023 ontoereikend of zelfs slecht, enkel de sloten bij Heikoop en een referentiesloot bij Baan scoren matig in 2022 (Zie tabel 18 en figuur 72). Dit heeft met name te maken vanwege het ontbreken van echte drijfbladplanten, lage tot vrijwel geen bedekking aan onderwaterplanten bij Baan en Verhoef en het voorkomen van veel kroos. Qua soorten scoren met name de sloten bij Heikoop goed (Zie tabel 18 en figuur 72).
- De KRW scores in de drukdrainagemetpunten zijn toegenomen bij alle deelnemers. Bij Baan en Heikoop zijn de scores in de referentiesloten ook toegenomen, bij Heikoop is deze afgenomen. Bij alle deelnemers waren de scores van de drukdrainagemetpunten in 2022 (veel) hoger dan in 2021 en 2023.

De maatlatten

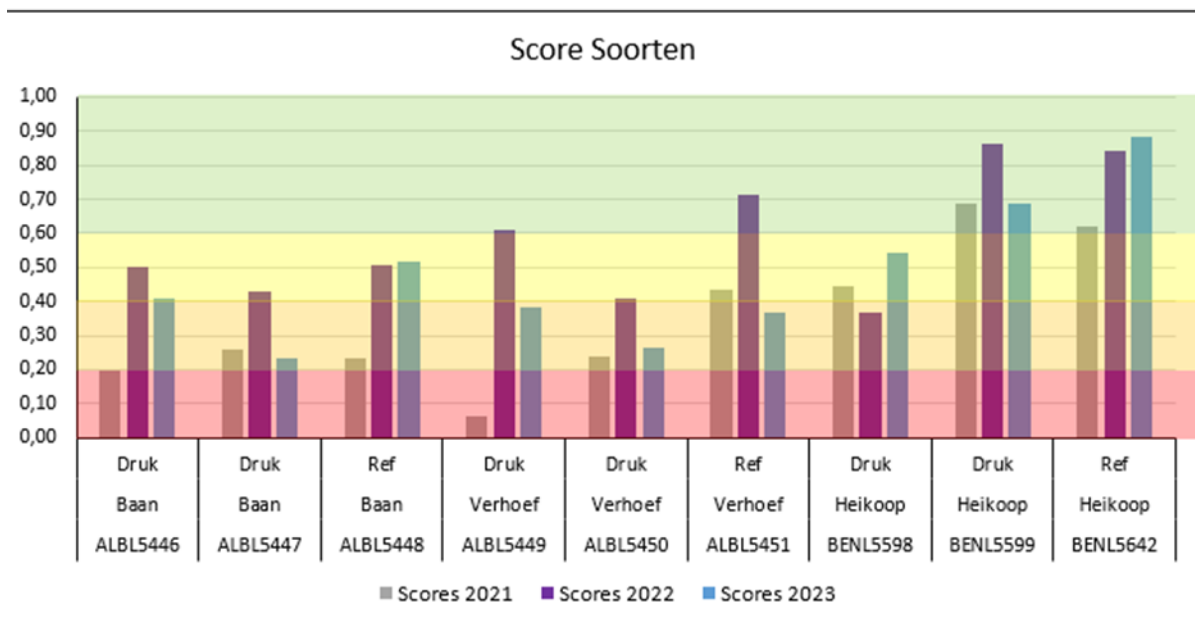
De maatlatten binnen de KRW-systematiek kennen een minimale score van 0 en een maximale score van 1, uitgedrukt in de Ecologisch KwaliteitsRatio (EKR). Deze reeks is onderverdeeld in 5 klassen, te weten: Slecht (0-0,2), Ontoereikend (0,2-0,4), Matig (0,4-0,6), Goed (0,6-0,8) en Zeer Goed (0,8-1).

Eindscore

Voor de eindscore worden de berekende waarden voor de soorten en de bedekking gemiddeld. Bij die score is ook de beoordeling in tekst weergegeven.



Figuur: 72 Samenvatting van de KRW scores voor bedekking weergegeven in een diagram. De kleuren in de diagram geven de Ecologische KwaliteitsRatio (EKR) weer: Slecht (0-0,2), Ontoereikend (0,2-0,4), Matig (0,4-0,6), Goed (0,6-1). De meeste meetpunten scoren slecht of ontoereikend maar zijn wel verbeterd ten opzichte van 2021.



Figuur: 73 Samenvatting van de KRW scores voor soorten weergegeven in een diagram. De kleuren in de diagram geven de Ecologische KwaliteitsRatio (EKR) weer: Slecht (0-0,2), Ontoereikend (0,2-0,4), Matig (0,4-0,6), Goed (0,6-1). De meetpunten bij Heikoop scoren gemiddeld hoger dan de meetpunten bij Baan en Verhoef, 2022 scoort in de meeste gevallen hoger dan in de andere jaren.

Vergelijking soortensamenstelling

In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de soortensamenstelling (vegetatie) en de verschuivingen in de soortensamenstelling tussen de jaren waarin is gemeten.

Metingen Baan

Tabel 19 geeft de soortensamenstelling per meetpunt per jaar weer. Veranderingen kunnen aangetoond worden door de soortensamenstelling van de meetpunten per jaar met elkaar te vergelijken. De belangrijkste bevindingen:

1. Sterke afname van kroosbedekking na 2021.
2. Afname Groot/Loos blaasjeskruid in 2022 en daarmee afname bedekking onderwaterplanten. In 2023 juist weer een toename van blaasjeskruid in een van de druk drainage-meetpunten.
3. Alle jaren: weinig tot vrijwel geen helofyten.
4. Verdwijnen van Grote kroosvaren en Bultkroos na 2021.

Alle sloten waarin de meetpunten liggen classificeren zich als een vegetatie uit de Eendenkroos-klasse. Dit zijn plantengemeenschappen van stilstaande tot zwak stromende wateren, in meestal zeer voedselrijke situaties. Hierin hebben tussen de jaren (2021-2023) geen dusdanige veranderingen in de soortensamenstelling plaatsgevonden dat het tot een andere vegetatieklasse genoemd mag worden.

Tabel 19 Overzicht resultaten van de vegetatieopnamen gemaakt in de drukdrainagepercelen (DD) en referentiepercelen (REF) in 2021, 2022 en 2023. De getallen zijn abundantiecodes gebaseerd op de STOWA-abundatieschaal.

Jaar Opnamennummer	2021			2022			2023		
	ALBL5446	ALBL5447	ALBL5448	ALBL5446	ALBL5447	ALBL5448	ALBL5446	ALBL5447	ALBL5448
Drukdrainage/Referentie	DD	DD	REF	DD	DD	REF	DD	DD	REF
Bed. Drijfblad	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Bed. kroos	80	60	60	1	1	3	5	3	15
Bed. Submers	30	10	1	2	1	1	25	8	65
Onderwaterplanten (submers)									
<i>Utricularia</i>	Groot/loos blaasjeskruid	7	5	2	2	2	7		3
<i>Riccia fluitans</i>	Gewoon watervorkje	3			5	2	5	2	3
Drijfbladplanten									
Kroos									
<i>Azolla filiculoides</i>	Grote kroosvaren	7	7	5					
<i>Lemna gibba</i>	Bultkroos	5							
<i>Lemna minor</i>	Klein kroos	2	3			2	2		
<i>Lemna minuta</i>	Dwergkroos	4	5	5	2	2	3	3	3
<i>Lemna trisulca</i>	Puntkroos	2							3
<i>Lemna turionifera</i>	Knopkroos	6		5	2	2	2	5	4
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Veelwortellig kroos	5	4	5	2	2	2	2	5
<i>Wolffia</i>	Wolffia spec.	6		5	2	2	2	3	5
									4
Helofyten (emers)									
<i>Butomus umbellatus</i>	Zwanenbloem							2	2
<i>Glyceria fluitans</i>	Mannagras					2			
<i>Glyceria maxima</i>	Liesgras					2	2		
<i>Iris pseudacorus</i>	Gele lis	1							
<i>Persicaria amphibia</i>	Veenwortel						2		
<i>Sparganium erectum</i>	Grote egelskop	1		1		1	2		

Metingen Verhoef

Tabel 19 geeft de soortensamenstelling per meetpunt per jaar weer. Veranderingen kunnen aangetoond worden door de soortensamenstelling van de meetpunten per jaar met elkaar te vergelijken. De belangrijkste bevindingen:

1. Toename onderwaterplanten (en mossen, algen) vanaf 2022.
2. Verdwijnen van Grote kroosvaren sinds 2021.
3. Sterke afname kroosbedekking in 2022, maar weer een toename in 2023.
4. Vestiging Smalle Wolffia in enkele watergangen. Deze Wolffia is afkomstig uit Australië en Nieuw-Zeeland en vermoedelijk onbedoeld meegekomen met geïmporteerde vijverplanten. Ze is pas in 2014 in Nederland ontdekt maar neemt sterk toe, met name in Zuid-Holland.



Figuur 74: Smalle wolffia (de langwerpige kleine bolletjes) tussen andere soorten kroos in een van de sloten bij Baan.

Een opvallend verschil is de toename aan onderwaterplanten bij Verhoef. Onder andere in de eerste drukdrainagesloot verschenen in 2022 onderwaterplanten zoals Grof hoornblad, Smalle waterpest en Zittende zannichellia. Het gaat hier met name om soorten die goed gedijen in (zeer) voedselrijk water. Het verschijnen van Buigzaam glanswier is een goed teken. Kranswieren gedijen in helder water en zijn gevoelig voor waterverontreiniging (bijvoorbeeld vermesting). Ze treden om die reden vaak op als pioniers in laagveensloten, bijvoorbeeld na het vergraven van de waterbodembodem of iets te diep schonen, vermoedelijk is dat hier ook het geval geweest. In voedselrijke situaties worden Kranswieren al snel verdrongen door andere waterplanten die concurrentiekrachtiger zijn. Buigzaam glanswier is in 2023 niet teruggevonden in de vegetatieopname.

Tabel 20 Overzicht resultaten van de vegetatieopnamen gemaakt in de drukdrainagepercelen (DD) en referentiepercelen (REF) in 2021 en 2022. De getallen zijn abundantiecodes gebaseerd op de STOWA-abundatieschaal.

Jaar	Opnamenummer	2021			2022			2023		
		ALBL5449	ALBL5450	ALBL5451	ALBL5449	ALBL5450	ALBL5451	ALBL5449	ALBL5450	ALBL5451
	Drukdrainage/Referentie	DD	DD	REF	DD	DD	REF	DD	DD	REF
	Bed. Drijfblad	0	0	0	1	0	1	0	<1	0
	Bed. kroos	80	5	30	1	1	1	30	20	10
	Bed. Submers	20	0	1	2	0	1	60	<1	11
Onderwaterplanten (submers)										
	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Grof hoornblad			2			3 2		
	<i>Elodea nuttallii</i>	Smalle waterpest			2			3 1		
	<i>Hydrodictyon reticulatum</i>	Waternetje						2		
	<i>Nitella flexilis</i>	Buigzaam glanswier			2					
	<i>Riccia fluitans</i>	Gewoon watervorkje						2 5		
	<i>Urticularia</i>	Loos/Groot blaasjeskruid						2		
	<i>Zannichellia palustris ssp. palustris</i>	Zittende zannichellia			2					
Drijfbladplanten										
Kroos										
	<i>Azolla filiculoides</i>	Grote kroosvaren			7					
	<i>Lemna gibba</i>	Bultkroos						2		
	<i>Lemna minor</i>	Klein kroos			3 2 3			2 4 2		
	<i>Lemna minuta</i>	Dwergkroos			5 4 3			2 2 4		
	<i>Lemna trisulca</i>	Puntkroos			6 2 2			2 5		
	<i>Lemna turionifera</i>	Knopkroos			6 2 4			2 6 6		
	<i>Spirodela polyrhiza</i>	Veelwortelig kroos			5 3 3			2 2 2 3 4		
	<i>Wolffia australiana</i>	Smalle wolffia						4 4		
	<i>Wolffia columbiana/arrhiza</i>	Wolffia spec.			1			2 4 4		
Helofyten (emers)										
	<i>Butomus umbellatus</i>	Zwanenbloem						1 2		
	<i>Glyceria fluitans</i>	Mannagras						3		
	<i>Glyceria maxima</i>	Liesgras			2 2			2 1		
	<i>Persicaria amphibia</i>	Veenwortel						2		
	<i>Sparganium erectum</i>	Grote egelskop			2					

Metingen Heikoop

Tabel 20 geeft de soortensamenstelling per meetpunt per jaar weer. Veranderingen kunnen aangetoond worden door de soortensamenstelling van de meetpunten per jaar met elkaar te vergelijken. De belangrijkste bevindingen:

1. Afname van Brede waterpest sinds 2022.
2. Verschijnen van Groot/Loos blaasjeskruid in 2023.
3. De soortensamenstelling in de meetpunten bij Heikoop zijn het meest stabiel.

In zowel de drukdrainagesloten als referentiesloten bij Heikoop zijn weinig verschillen tussen de jaren gemeten. Een opvallend verschil is de afname van Brede waterpest in het drukdrainage-meetpunt 5599 en referentie-meetpunt 5642. Smalle waterpest lijkt juist toe te nemen in deze meetpunten. De Brede waterpest komt van oorsprong uit Amerika en hoort eigenlijk niet thuis in de Nederlandse wateren. Vanwege de sterke achteruitgang en zijn voorkeur voor helder en niet vervuild water wordt Brede waterpest tegenwoordig gezien als een indicator voor goede waterkwaliteit. Het voorkomen van Brede waterpest in de sloten bij Heikoop kan bijzonder genoemd worden. Het geeft aan dat de sloten van betere kwaliteit zijn dan de sloten bij Baan en Verhoef. Plaatselijke factoren zoals bodem en ondergrondse waterstromen (kwel) zijn hierbij een belangrijke factor. De afname van Brede waterpest en toename van Smalle waterpest geeft aan dat de waterkwaliteit verslechterd. Een afgenomen kweldruk zou een mogelijke oorzaak kunnen zijn van deze verschuiving.

Tabel 21 Overzicht resultaten van de vegetatieopnamen gemaakt in de drukdrainagepercelen (DD) en referentiepercelen (REF) in 2021 en 2022. De getallen zijn abundantiecodes gebaseerd op de STOWA-abundatieschaal.

Opnamenummer Drukdrainage/Referentie	2021			2022			2023			
	BENL5598	BENL5599	BENL5642	BENL5598	BENL5599	BENL5642	BENL5598	BENL5599	BENL5642	
	DD	DD	REF	DD	DD	REF	DD	DD	REF	
Bed. Drijfblad	1	0	1	1	1	1	<1	<1	0	
Bed. kroos	0	1	1	1	1	1	0	<1	1	
Bed. Submers	100	100	95	60	70	60	50	100	30	
Onderwaterplanten (submers)										
<i>Eloдея canadensis</i>	Brede waterpest	6	8	8	8	7	7	7	4	3
<i>Eloдея nuttallii</i>	Smalle waterpest	9	8	8	8	7	5	4	9	6
<i>Potamogeton pusillus</i>	Tenger fonteinkruid					2	2			
<i>Urticularia spec.</i>	Groot/Loos blaasjeskruid									2
Drijfbladplanten										
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	Kikkerbeet			1						
Kroos										
<i>Lemna minor</i>	Klein kroos			2						
<i>Lemna minuta</i>	Dwergkroos			2						
<i>Lemna turionifera</i>	Knopkroos		1	3			1			
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Veelwortellig kroos			2	1	1	1			3
Heloyten (emers)										
<i>Alisma gramineum</i>	Smalle waterweegbree			1						
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Grote waterweegbree						2	2	1	
<i>Butomus umbellatus</i>	Zwanenbloem	2	2	3	2	2	2	3	2	3
<i>Calliergonella cuspidata</i>	Gewoon puntmos									2
<i>Equisetum fluviatile</i>	Holpijp		2	3		2	2		1	2
<i>Glyceria fluitans</i>	Mannagras	3			2			2		4
<i>Glyceria maxima</i>	Liesgras				2		2	2		3
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	Moeraswederik		1							
<i>Persicaria amphibia</i>	Veenwortel	2			1	2			2	
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Pijlkruid	2		3	2	2	2		2	1
<i>Sparganium emersum</i>	Kleine egelskop	3	2	2	2			3	2	2
<i>Sparganium erectum</i>	Grote egelskop	3	3	5	2	2	2	1	3	2

Vergelijking metingen

In dit hoofdstuk wordt een beknopte vergelijking gemaakt van de KRW-metingen en de nul- en herhaalmeting. Hierbij is alleen gekeken naar de resultaten van de sloten, niet van de oevers en grasland (Walsum, Resultaten vegetatie Drukdrainageproject Alblasserwaard-Vijfheerenlanden, 2023).

Samenvatting resultaten nul- en herhaalmeting

De vegetatie in de sloten heeft kleine veranderingen ondergaan. Het gemiddeld aantal soorten per opname is in deze periode afgenomen van 8 tot 6,3 in de drukdrainagepercelen, ook de referentiesloten laten een kleine afname in het aantal soorten zien. De meest opvallende veranderingen is de afname van kroosvegetaties in de sloten bij Heikoop, deze verandering geldt echter ook voor de referentiesloten. In de soortensamenstelling zijn er enkele opvallende verschillen:

- Toename Groot/loos blaasjeskruid in de sloten bij Baan.
- Toename Smalle waterpest bij Verhoef.
- Bij Heikoop is het vrij zeldzame Brede waterpest sterk afgenomen en vervangen door het algemene Smalle waterpest.
- Binnen de ecologische groepen (kroosvegetaties, kranswiervetaties en fonteinkruidenvegetaties) hebben er weinig verschuivingen plaatsgevonden. Ondanks de afname van kroosbedekking heeft dit bij Baan en Verhoef niet voor de toename van (bijvoorbeeld) soorten uit de fonteinkruiden-klasse geleid. Bij daadwerkelijke verbetering van de waterkwaliteit zouden soorten uit de fonteinkruiden-klasse en kranswieren-klasse in de PQ's moeten verschijnen.

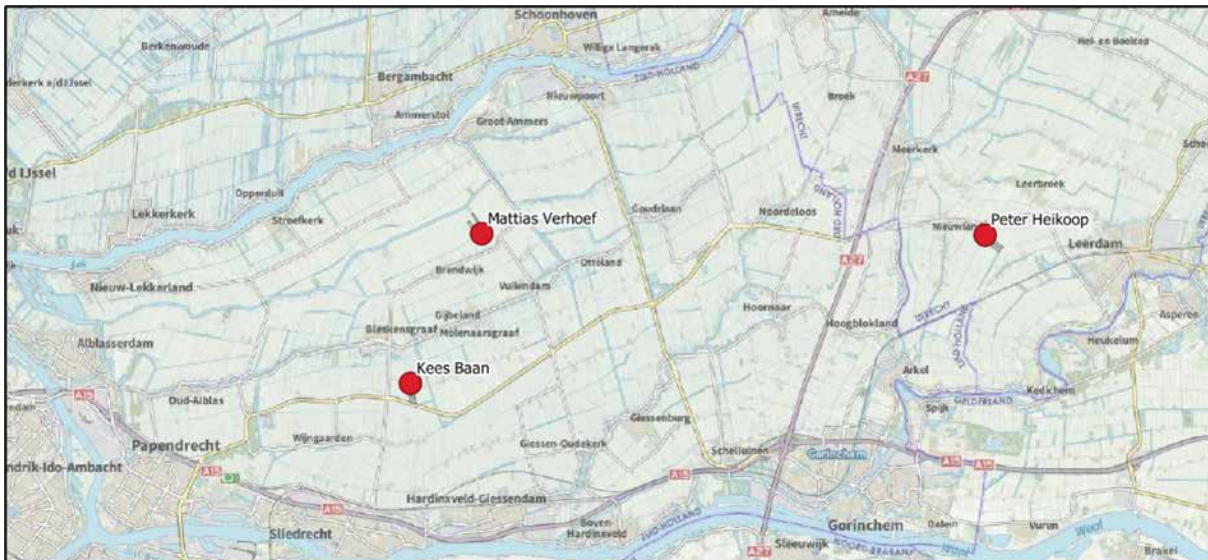
Vergelijking met de KRW-metingen De resultaten uit de nul- en herhaalmeting van de sloten zijn vergelijkbaar met de resultaten uit de KRW-metingen, met name wat betreft de soortensamenstelling. Deze KRW scores kunnen echter niet vergeleken worden met de nul- en herhaalmeting. De eindscores laten een vrij positief beeld zien van de waterkwaliteit sinds 2021, terwijl door puur naar de soorten te kijken er een meer genuanceerd beeld naar voren komt. Uit beide metingen komt naar voren de afname van Grote kroosvaren en kroossoorten een van de grootste verandering is (en daarmee invloed heeft op de eindscores). Van kroos en Grote kroosvaren is bekend dat het jaren afwezig kan zijn en daarna opeens weer een seizoen kan domineren in voedselrijke sloten. Tot dusver verschijnen er bij Baan en Verhoef echter geen andere waterplanten die een indicator zijn voor een verbeterende (of juiste verslechterde) waterkwaliteit. Bij Heikoop lijkt er wel een afname te zijn in waterkwaliteit (vanwege de achteruitgang van Brede waterpest), dit heeft mogelijk te maken met de geconstateerde afgenomen kweldruk vanwege de drukdrainage (R. Wiggelinkhuijsen, persoonlijke communicatie, 1 februari 2024).

Effecten van regelbare drainage op de vegetatie van grasland, oevers en sloot



Inleiding

Het drukdrainage project omvat drie deelnemers in de Alblasserwaard-Vijfheerenlanden, namelijk Kees Baan in Molenaarsgraaf, Mattias Verhoef in Brandwijk en Peter Heikoop in Nieuwland (zie Figuur: 1). Bij elke deelnemer is in één perceel een drukdrainagesysteem aangelegd. Per deelnemer is vooraf een referentieperceel aangewezen.



Locaties nulmeting drukdrainageproject in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden.

Dit rapport bevat de resultaten van de herhaalmeting die is uitgevoerd in augustus 2023 en een vergelijking met de resultaten uit de nulmeting van augustus 2020. Naast dit rapport behoort een Excel-document **Invoerformulier PQ's** (*1) Drukdrainageproject waarin per PQ de resultaten in uitgewerkt zijn. Daarnaast een **spreadsheet** waarin alle vegetatieopnames voor de graslanden, oevers en sloten van de nulmeting en herhaalmeting uitgewerkt zijn. Bij verdergaande monitoring (herhaling) van de PQ's zijn deze bestanden onmisbaar.

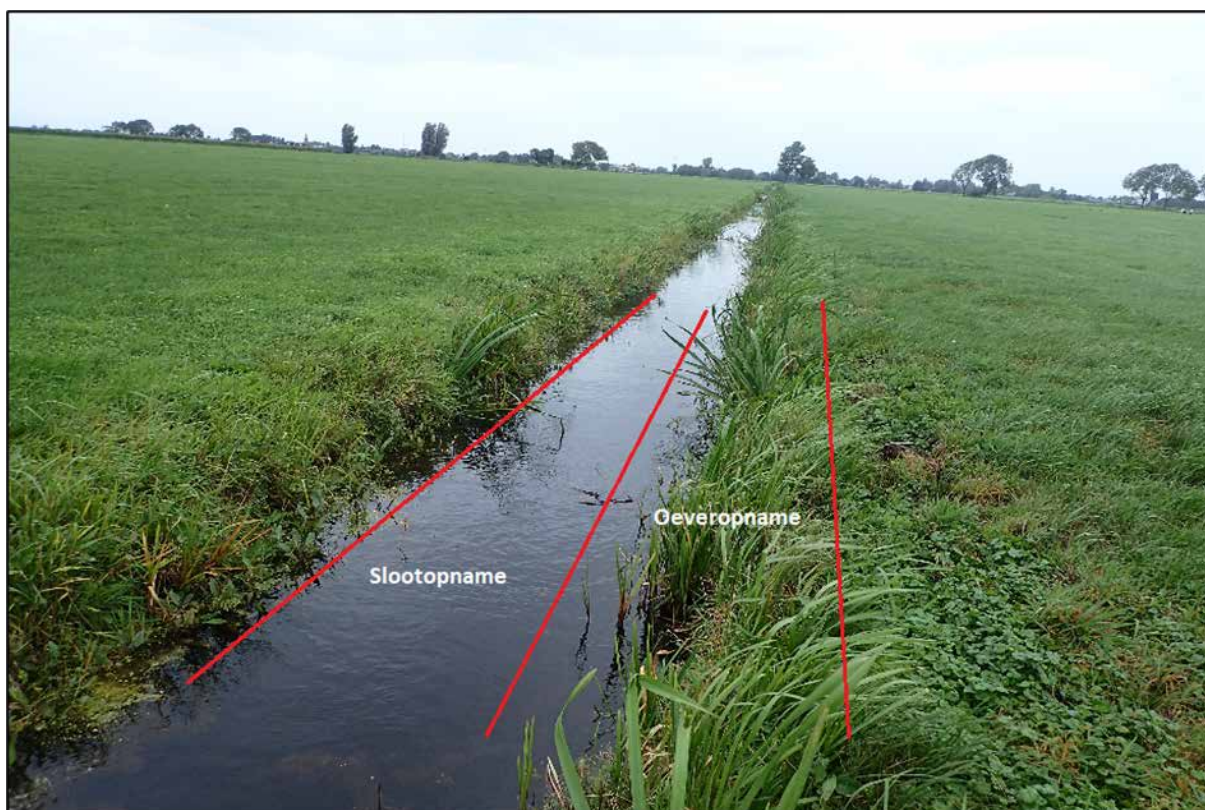
Werkwijze - onderzoeksozet en aanpassingen

Per deelnemer zijn in totaal tien Permanente Quadraten (PQ's) gemaakt. Dit zijn vegetatieopnames die door een beschrijving meerdere malen op exact dezelfde wijze en locatie herhaald kunnen worden. Vijf PQ's in het drukdrainageperceel en vijf in het referentieperceel. De totale nulmeting bestaat dus uit dertig vegetatieopnames verdeeld over drie deelnemers:

- Per deelnemer vijf observaties op het drukdrainageperceel:
 - Graslandvegetatie
 - Oevervegetatie (2 oevers)
 - Slootvegetatie (2 sloten)
- Per deelnemer vijf observaties op het referentieperceel:
 - Graslandvegetatie
 - Oevervegetatie (2 oevers)
 - Slootvegetatie (2 sloten)

De methode vegetatiemonitoring uit het vastleggen en opnemen van permanente kwadraten door middel van de aangepaste Braun-Blanquet opnameschaal. Deze methode is gehanteerd bij de nulmeting en dient ook bij herhaalmetingen te worden gebruikt om resultaten goed met elkaar te kunnen vergelijken. Bij het vastleggen van de opname worden de volgende afmetingen gehanteerd:

- **Graslandopnamen:** 7 x 7 meter. De locatie van de graslandopname wordt in het veld bepaald op een plek dat representatief is voor het geheel. Wanneer er sprake is van verschillende vegetatietypen op een perceel worden twee graslandopnamen gemaakt. Elke opname is dan representatief voor dat deel van de vegetatie in het perceel. De opname van de graslandvegetatie bevindt zich op minimaal 5 meter afstand van een greppel en oever. De graslandopname mag per meting qua locatie afwijken, mits het representatief is voor het geheel in het jaar van opname.
- **Oeveropnamen:** 20 meter lang, de breedte is gerelateerd aan het type oever. De benedengrens bevindt zich in de eerste 20 cm van de sloot, de bovengrens is de scheiding tussen oever en grasland (zie Figuur: 2). In de 20 cm van de sloot worden alleen helofyten genoteerd.
- **Slootopnamen:** 20 meter lang, de breedte is de volle breedte van de sloot waarbij de eerste 20 cm aan beide zijden wordt uitgezonderd (onderdeel van de oeveropname). Helofyten en amfibische soorten (bijvoorbeeld Gele waterkers, Veenwortel en Fioringras) die vanaf de oever de slootopname ingroeien worden wel genoteerd.



Figuur 75: Situatie sloot- en oeveropname.

De locatie van de sloot- en oeveropnames zijn in 2020 vastgelegd op 2/3 en 1/3 in de lengte van het perceel. In het veld zijn de opnames ingemeten met GPS in het midden van de opname en beschreven aan de hand van herkenningspunten in het veld. Wanneer op de vooraf aangegeven locaties geen herkenningspunten aanwezig waren is de opname op een andere plek neergelegd. Door de locaties goed te beschrijven zijn de opnames in volgende jaren terug te vinden in het veld. Gezien het maaien en evt. beweiden op de percelen is gekozen om niet met piketten of andere markeringen te werken.

De volgende kopgegevens worden per opname genoteerd:

- Opnamenummer	- Bedekking totaal	- Bedekking submerse planten*
- X-coördinaat (rds)	- Bedekking kruidlaag	- Hoogte lage kruidlaag
- Y-coördinaat (rds)	- Bedekking moslaag	- Hoogte hoge kruidlaag
- Lengte opname	- Bedekking drijfbladplanten*	- Hoogte helofyten*
- Breedte opname		- Associa_01

**alleen van toepassing op de slootopnames*

Per opname worden alle vaatplanten, mossen en eventueel korstmossen genoteerd. Alle soorten zijn in de opname voorzien van een abundantiecode volgens de aangepaste Braun-Blanquet schaal (zie tabel 21).

Tabel 21 Braun-Blanquet abundantieschaal

Symbol	Bedekking	Abundantie
r	≤1%	1 individu
+	≤1%	2-5 individuen
1	≤5%	6 - 50 individuen
2m	≤5%	>50 individuen
2a	5% - 15%	-
2b	16% - 25%	-
3	26% - 50%	-
4	51% - 75%	-
5	76% - 100%	-

Reproduceerbaarheid

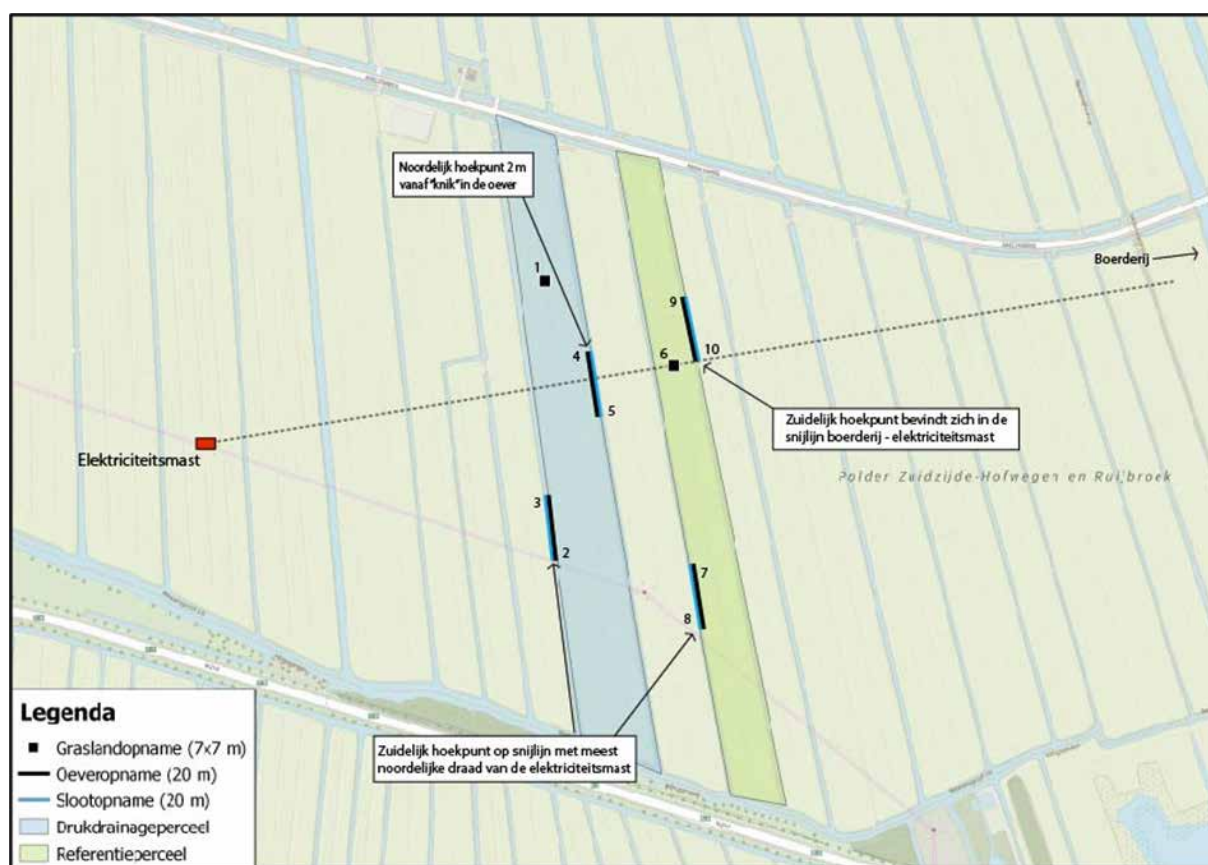
Deze methode is de basis voor een vegetatiemonitoring van de drukdrainage. Het effect van de drukdrainage op de vegetatie in grasland, sloot en oever kunnen in beeld gebracht worden door de vegetatieopnames in de toekomst op exact dezelfde wijze te herhalen. De in dit hoofdstuk beschreven methode en de afgebeelde kaarten in hoofdstuk 2 zijn daarbij noodzakelijk.

Locatie 1, Kees Baan – Molenaarsgraaf

De eerste locatie bevindt zich aan de Kweldamweg in Molenaarsgraaf.

Ligging PQ's

De locatie van de graslandopnamens zijn tijdens het veldbezoek bepaald. De graslandvegetatie in zowel het drukdrainageperceel als het referentieperceel toonde nauwelijks variatie, dit maakte één graslandopname per perceel voldoende. De oever en sloot PQ's zijn in het veld vastgelegd aan de hand van herkenningspunten. In het geval van PQ's 2,3, 7 & 8 zijn daarvoor de lijnen van de hoogspanningsmasten gebruikt. In de nabijheid van PQ's 4 en 5 is een "knik" in de oever aanwezig wat het een goed herkenningspunt maakt. PQ's 9 en 10 konden minder betrouwbaar vastgelegd worden in het veld door het ontbreken van goede herkenningspunten. Hierbij is de snijlijn elektriciteitsmast – boerderij gebruikt dat gecombineerd kan worden met de GPS-coördinaten.



Figuur 76: Locatiebeschrijving PQ's 1 t/m 10 op locatie 1.

Uitgangssituatie nulmeting

Het uitgangspunt van het grasland in zowel het drukdrainageperceel als het referentieperceel bestaat uit een monotoon Engels-raaigrasland. Dergelijke graslanden ontstaan door intensieve beweiding en bemesting. Engels raaigras land is hier de meest voorkomende soort met vrijwel altijd een bedekking hoger dan 75%. Door de droge zomer van 2020 zijn er in de grasmat veel open plekken ontstaan. Op deze plekken verspreid pioniersoorten als Moeraskers, Varkensgras, Paarse dovenetel, Vogelmuur en Spiesmelde aanwezig.



Figuur 77: Het grasland in zowel het drukdrainageperceel als het referentieperceel bestaat uit een monotone vegetatie van Engels raaigras.

De oevers zijn smal (50 cm). De vegetatie bestaat met name uit de soorten Gestreepte witbol, Liesgras en Gele waterkers. Deze grazige en kruidenarme vegetatie is typerend voor een (zeer) voedselrijke situatie, vermoedelijk ontstaan doordat bemest wordt tot in de oever.



Figuur 78: De oevers zijn smal en soortenarm. In de sloten is veel kroos, alg en Groot blaasjeskruid aanwezig.

De sloten zijn bij PQ's 3 en 5 twee meter breed. Bij PQ 8 anderhalve meter en bij 10 slechts een halve meter. De vegetatie in de sloten geeft een afwisselend beeld. Groot blaasjeskruid is de meest voorkomende soort en komt in alle watergangen voor. De bedekking van de verschillende kroossoorten en alg is wisselend, gestuurd door de stroming van het water en de wind. Helofyten zijn in de watergangen zeer beperkt aanwezig.

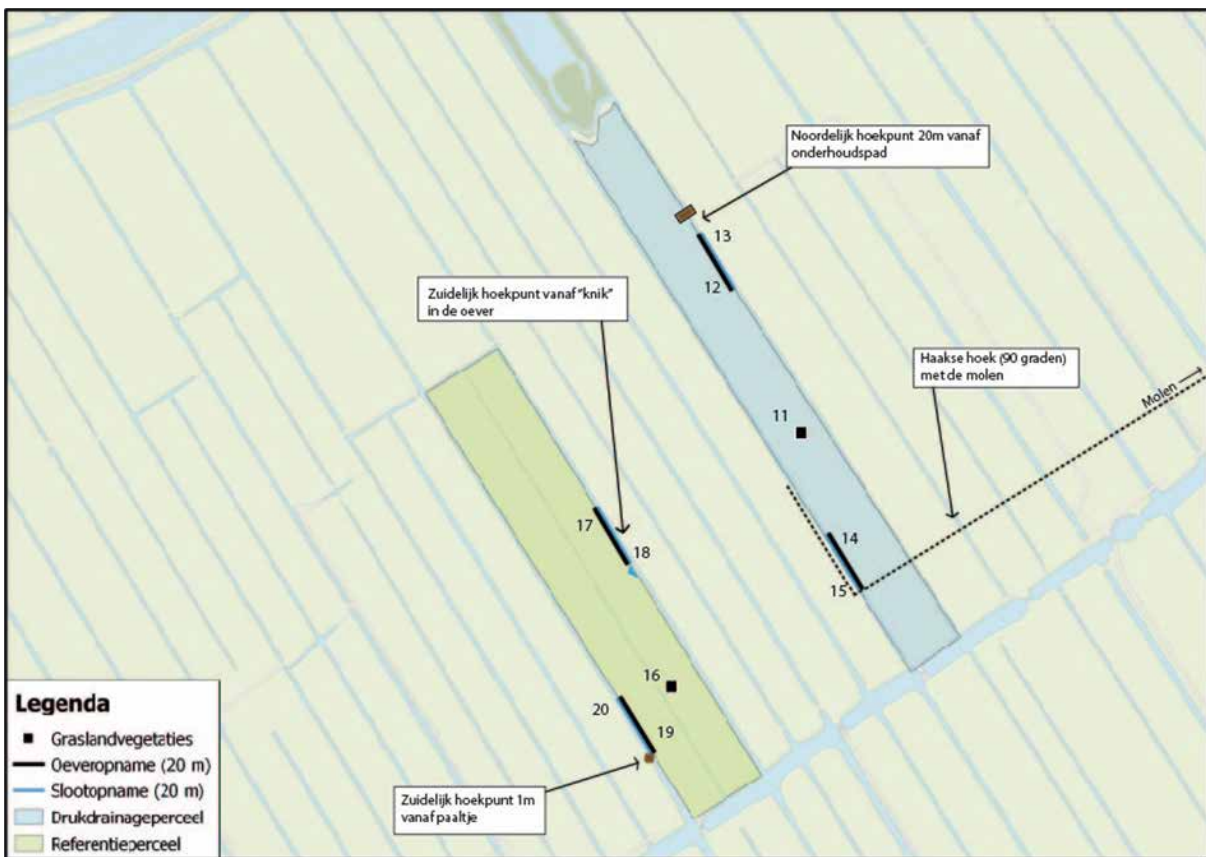
Locatie 2, Mattias Verhoef – Brandwijk

De tweede locatie bevindt zich bij Brandwijk. De percelen zijn bereikbaar vanaf het erf van Mattias Verhoef aan de Brandwijksedijk.

Ligging PQ's

De locatie van de graslandopnames zijn tijdens het veldbezoek bepaald. De graslandvegetatie in het drukdrainageperceel toonde nauwelijks variatie waardoor één graslandopname voldoende was. De graslandvegetatie in een deel van het referentieperceel week af van de rest. Van het afwijkende deel is geen opname gemaakt aangezien het om een incidentele verstoorde of nieuw gezaaide situatie gaat.

De oever en sloot PQ's zijn in het veld vastgelegd aan de hand van herkenningspunten. In het geval van PQ's 12 en 13 is daarvoor een onderhoudsdam gebruikt. Bij PQ's 14 en 15 bleek geen goed herkenningspunt in het veld aanwezig. De locatie is om deze reden bepaald door een rechte hoek (90 graden) te maken met de sloot en een molen als herkenningspunt een kilometer in het oosten. In combinatie met GPS-coördinaten is de locatie betrouwbaar terug te vinden. Bij PQ's 17 en 18 is gebruik gemaakt van een "knik" in de oever en bij PQ's 19 en 20 van een paaltje in de sloot.



Figuur 79: Locatiebeschrijving PQ's 11 t/m 20 op locatie 2.

Uitgangssituatie nulmeting

Het grasland in zowel het drukdrainageperceel als het referentieperceel bestaat uit een monotoon Engels-raaigrasland. Engels raaigras is in beide percelen met meer dan 75% bedekking aanwezig. De graslanden zijn vochtiger dan die van de eerste locatie. Het grasland toont ook minder open plekken door de droogte. Pionierssoorten zijn slechts sporadisch aanwezig.

Oevers

De oevers van PQ's 12 en 14 zijn één meter breed, die van 17 en 19 slechts een halve meter. De vegetatie is Liesgras-dominant. Ook op deze locatie zijn de percelen vermoedelijk bemest tot in de oever. Andere veel voorkomende soorten in de oever zijn Rietgras, Fioringras, Gestreepte witbol en Kruipende boterbloem.



Figuur 80: De oevers zijn smal en Liesgras-dominant. In de sloten is nauwelijks vegetatie aanwezig.

Sloten

De sloten zijn bij PQ's 13 en 18 anderhalve meter en bij 15 en 20 twee meter breed. Naast kroossoorten is in alle watergangen nauwelijks vegetatie aanwezig. Het water oogt troebel.

Locatie 3, Peter Heikoop – Nieuwland

De derde locatie bevindt zich bij Nieuwland. De percelen zijn bereikbaar vanaf het erf van Peter Heikoop aan de Geer.

Ligging PQ's

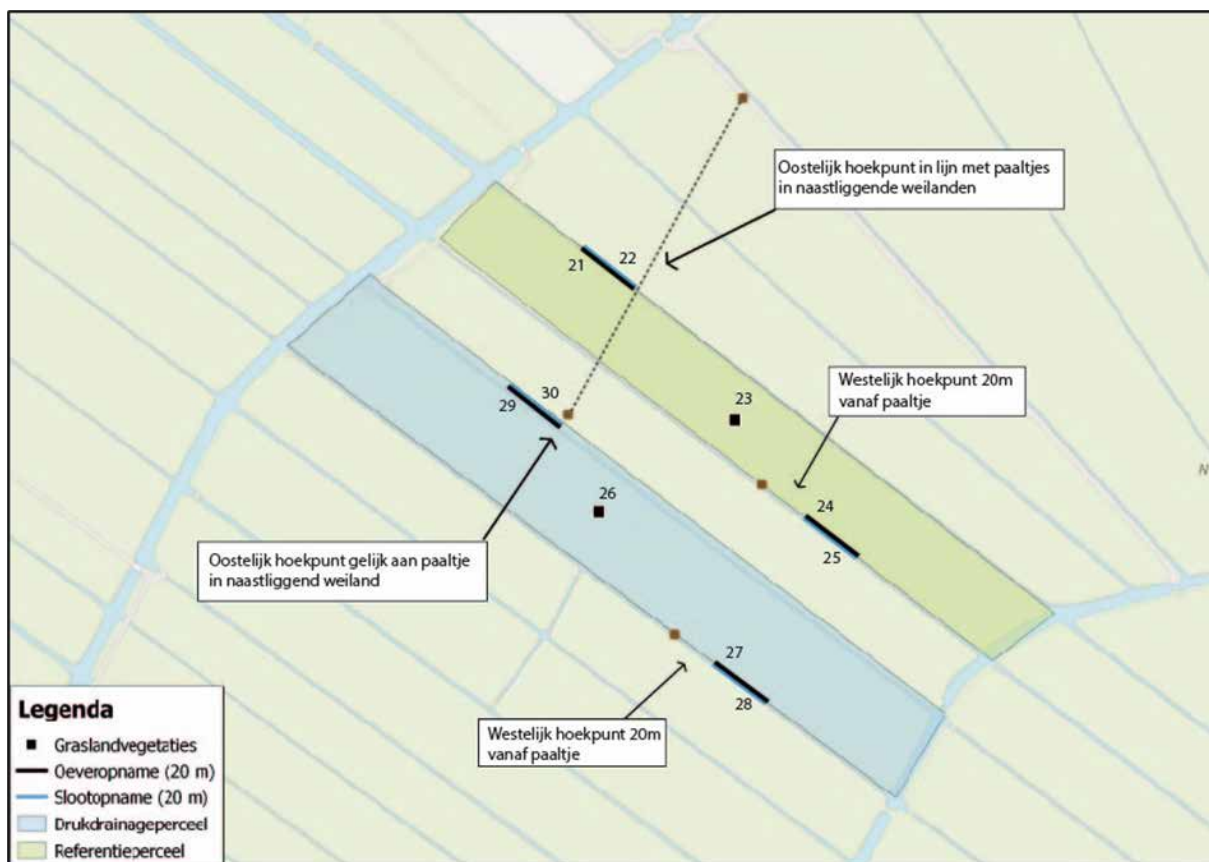
De locatie van de graslandopnames zijn tijdens het veldbezoek bepaald. De graslandvegetatie van zowel het drukdrainage- als referentieperceel was monotoon waardoor in beide percelen één graslandopname voldoende was. De oever en sloot PQ's zijn in het veld vastgelegd aan de hand van herkenningspunten. In het geval van PQ 21 en 22 is gebruik gemaakt van een snijlijn tussen twee palen in naastliggende percelen. In combinatie met de GPS-coördinaten is op deze wijze de locatie betrouwbaar terug te vinden in latere jaren. Bij de overige oever en sloot PQ's is gebruik gemaakt van paaltjes in de nabijheid van de opnames (zie Figuur: 80).

Uitgangssituatie nulmeting

Het grasland in zowel het drukdrainageperceel als het referentieperceel bestaat uit een soortenarm Engels-raaigrasland. Scherpe boterbloem, een soort van matig voedselrijk grasland, is in vrij hoge aantallen aanwezig. Mogelijk heeft deze soort naast enkele pioniers zoals Herderstasje en Gewoon varkensgras geprofiteerd van de open plekken in de grasmat ontstaan door droogte.

Oevers

De oevers zijn smal (50 cm) en sterk ingetrapt door weidend vee met gevolg veel Waterpeper en Tandezen. Naast Waterpeper zijn Liesgras en Rietgras de dominante soorten.



Figuur 81: Locatiebeschrijving PQ's 21 t/m 20 op locatie 3.

Sloten

De sloten zijn overwegend smal (50 - 100 cm). De soortenrijkdom in deze sloten is hoger dan die van locaties 1 en 2 met zowel submerse vegetatie welke met name bestaat uit Brede waterpest, drijfbladplanten zoals Watergentiaan en helofyten zoals Pijlkruid en Kleine egelskop.



Figuur 82: De uitgetrapte oevers bevatten veel pioniersoorten van vochtige bodems zoals Waterpeper.

Resultaten

In augustus 2023 is de eerste herhaalmeting uitgevoerd. Dit hoofdstuk bespreekt de resultaten van de herhaalmeting en vergelijkt ze met de resultaten van de nulmeting.

Effecten op de Vegetatie van het Grasland

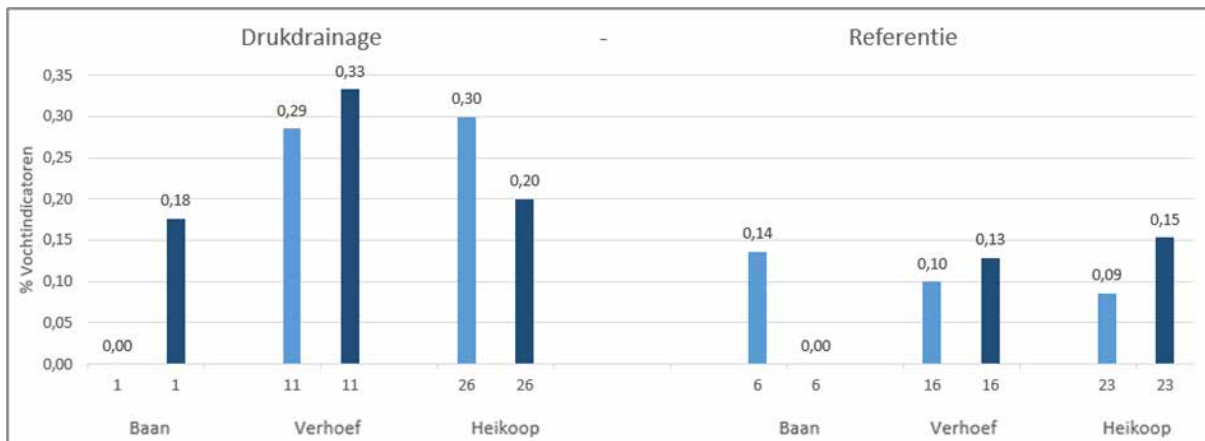
In totaal liggen er 6 PQ's in het projectgebied, waarvan 3 in drukdrainagepercelen en 3 in referentiepercelen, verdeeld over de drie deelnemers (zie tabel 2). Het aantal soorten in de grasland-PQ's is in 2020 gemiddeld 7,8 en in 2023 gemiddeld 8,3. In de drukdrainagepercelen is het aantal soorten gestegen van gemiddeld 7 in 2020 naar gemiddeld 9,6 in 2023. In de referentiepercelen is in het aantal soorten juist een kleine afname te zien.

Tabel 22 Overzicht grasland-PQ's

Opnamenummer	Deelnemer	Type	Aantal soorten 2020	Aantal soorten 2023
1	Baan	Drain	7	5
6	Baan	Referentie	5	5
11	Verhoef	Drain	6	10
16	Verhoef	Referentie	9	9
26	Heikoop	Drain	8	14
23	Heikoop	Referentie	12	7

Effect op de Vochtindicatoren

Om een betere indruk te krijgen van het effect van de drukdrainage is het aandeel aan vocht indicerende plantensoorten berekend tussen het jaar van de nulmeting en de herhaalmeting. Van de aangetroffen soorten zijn Fioringras, Geknikte vossenstaart, Pinksterbloem, Waterpeper, Rietgras, Zilverschoon en Kruidende boterbloem tot vochtindicator gerekend.



Figuur 83: Het aandeel vochtindicatoren in de graslandopnamen tussen de nulmeting (lichtblauwe staven) en de herhaal meting (donkerblauwe staven). Voorbeeld: bij Baan (PQ 1) is het aandeel vochtindicatoren 0,0 bij de nulmeting en 0,18 bij de herhaalmeting, het aandeel vochtindicatoren is hier dus toegenomen.



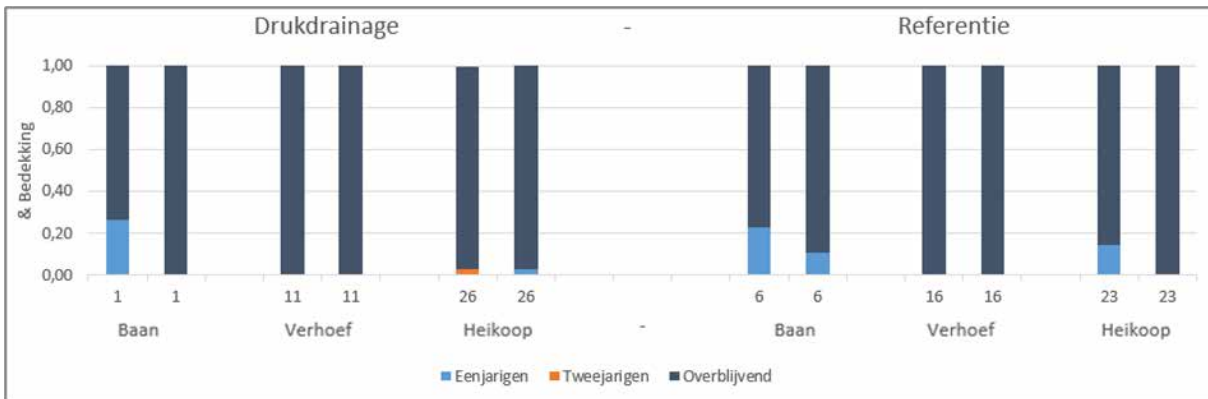
Figuur 84: *Kruipende boterbloem is in graslanden een vochtindicator.*

Gemiddeld ligt het aandeel vochtminnende plantensoorten in de drukdrainagepercelen hoger dan in de referentiepercelen, dat geldt voor alle deelnemers in het project. Uit de grafiek is af te lezen dat vochtminnende plantensoorten in de drukdrainagepercelen bij Baan en Verhoef zijn toegenomen ten opzichte van de nulmeting (PQ's 1 & 11). Bij Heikoop zijn de vochtminnende plantensoorten juist afgenomen (PQ 26). In het referentieperceel bij Baan is een afname te zien aan vocht indicerende plantensoorten (PQ 6) en bij Verhoef en Heikoop een kleine toename (PQ's 16 & 23).

Bedekking levensvormen

Het aantal soorten in een graslandopname is sterk afhankelijk van de (verstorende) omstandigheden in de maanden voorafgaand aan het veldbezoek. De door Engels raaigras gedomineerde productiegraslanden zijn soortenarm. Verstoringen in de grasmat (bijv. optrappen van de vegetatie door vee of droogte) kan het aantal soorten sterk beïnvloeden.

In het jaar van de nulmeting was de nasleep van de langdurige droogte goed in de vegetatie zichtbaar. Uit de grafiek (Figuur: 12) is af te lezen dat bij Baan het aandeel eenjarige planten in 2020 gemiddeld 20% hoger ligt als in 2023 (PQ 1). Bij Heikoop is dit verschil alleen te zien in het referentieperceel (PQ 23). Bij Verhoef is geen verschil tussen beide jaren. In het jaar van de herhaalmeting is het aandeel eenjarige plantensoorten bij alle deelnemers minder dan 5%. Overblijvende planten nemen op dit moment vrijwel de gehele bedekking binnen de opname in.



Figuur 85: Verhouding in de bedekking van de drie verschillende levensvormen: de eenjarige plantensoorten, tweejarigen en overblijvende planten. Per PQ is links de nulmeting (2020) en rechts de herhaalmeting (2023) weergegeven.

Vegetatietypen

In de vegetatietabel in het separaat geleverde Excel-document zijn de waargenomen soorten onderverdeeld over de verschillende vegetatieklassen. In vrijwel alle graslandopnamen (zowel 2020 als 2023) treden soorten uit de Weegbree-klasse op de voorgrond. Dit zijn enerzijds tredplantengemeenschappen en anderzijds gemeenschappen die groeien in langdurig overstroomde graslanden. Straatgras, Grote weegbree en Zilverschoon zijn de kensoorten van deze klasse. Engels raaigras is in alle PQ's de dominante soort.

Naast de Weegbree-klasse hebben soorten uit de klasse der matig voedselrijke graslanden een behoorlijk aandeel in de PQ's. Hieronder vallen gemeenschappen die ontstaan na langdurig hooien en/of beweiden van graslanden. Veldzuring, Scherpe boterbloem en Pinksterbloem behoren tot de kensoorten uit deze klasse.

De verwachting is dat na toepassen van drukdrainage soorten uit vochtigere gemeenschappen meer op de voorgrond gaan treden. Dit zijn met name soorten uit de Fioringras-orde (dat onder de Weegbree-klasse valt): o.a. Kruidige boterbloem, Fioringras, Geknikte vossenstaart en Zilverschoon. Tabel 3 laat het aandeel (percentage) van soorten uit de Fioringras-orde zien. Uit de tabel is af te lezen dat soorten uit de Fioringras-orde meer op de voorgrond treden bij Verhoef en Heikoop dan bij Baan. Wanneer we de resultaten van 2020 met 2023 vergelijken is af te lezen dat vooral het drukdrainageperceel bij Baan een toename laat zien (PQ 1), in het referentieperceel bij Baan nemen deze soorten juist af (PQ 6). Het drukdrainageperceel bij Heikoop laat een afname zien van soorten uit de Fioringras-orde (PQ 26). De afwezigheid van Rietgras (tevens verrijking indicator in vochtige graslanden) in 2023 is de oorzaak van dit negatieve percentage.

Tabel 23 Aandeel van soorten (in %) uit de Fioringras-orde in de vegetatieopnamen.

Opnamenummer	Deelnemer	2020	2023	Vershil
1 - Drain	Baan	0%	24%	+ 24%
6 - Ref	Baan	14%	0%	- 14%
11 - Drain	Verhoef	33%	39%	+ 6%
16 - Ref	Verhoef	20%	23%	+ 3%
26 - Drain	Heikoop	30%	20%	- 10%
23 - Ref	Heikoop	20%	23%	+ 3%

Over het algemeen zijn vochtindicatoren in de drukdrainagegraslanden toegenomen, vooral bij Baan en Verhoef. Ook in de meeste referentiepercelen is er een kleine toename van vochtindicatoren. Een mogelijke verklaring van de algehele toename van vochtindicatoren (zowel in de drukdrainagegraslanden als referentiegraslanden) is de vochtigere zomer van 2023 ten opzichte van de langdurig droge zomer van 2020. De afname bij Heikoop komt door het verdwijnen van Rietgras, dit kan enerzijds veroorzaakt zijn door beheer (Rietgras kan slecht tegen een combinatie van veel maaien en beweiden) of anderzijds door de locatie van de opname.

Effect op de Vegetatie van de Oevers

In totaal liggen er 12 oever-PQ's in het projectgebied, waarvan 6 in drukdrainagepercelen en 6 in referentiepercelen verdeeld over de drie deelnemers (zie tabel 4). Het aantal soorten in de oeveropnamen is in 2020 gemiddeld 17,2 en in 2023 gemiddeld 17,8. In de drukdrainagepercelen is het gemiddeld aantal soorten in de opnamen tussen beide jaren gelijk gebleven (17,5 in beide jaren).

Tabel 24 Overzicht oever-PQ's

Opnamenummer	Deelnemer	Type	Aantal soorten 2020	Aantal soorten 2023
2	Baan	Drain	20	18
4	Baan	Drain	17	12
7	Baan	Referentie	15	14
9	Baan	Referentie	15	15
12	Verhoef	Drain	14	15
14	Verhoef	Drain	11	18
17	Verhoef	Referentie	19	18
19	Verhoef	Referentie	12	22
27	Heikoop	Drain	24	23
29	Heikoop	Drain	19	19
21	Heikoop	Referentie	22	23
24	Heikoop	Referentie	18	17

De oevers in de drukdrainagepercelen en referentiepercelen bestaan voor een groot deel uit soorten van tredvegetaties, zilverschoongraslanden en voedselrijke moerassen (zie de figuren 86 en 87). Met name Kruipe boterbloem en Fioringras bepalen voor een belangrijk deel het aandeel aan soorten van zilverschoongraslanden. In de meeste oevers zijn Liesgras, Gestreepte witbol en Rietgras met de hoogste bedekking aanwezig. Hierin is weinig veranderd ten opzichte van de nulmeting. Liesgras en Rietgras behoren tot de voedselrijke moerassen. In oevers van graslandenpercelen zijn ze kenmerkend voor zeer voedselrijke situaties, ontstaan door een

combinatie van intensieve bemesting en beweiding.

De Gestreepte witbol is een soort van de matig voedselrijke graslanden. Ze groeit in het projectgebied met name op de grens van grasland naar de sloot. Graslanden op klei- en veengronden zijn voor deze soorten vaak te voedselrijk door bemesting waardoor ze beperkt zijn tot slootkanten en wegbermen. Naast voedselrijke moerassen en zilverschoongraslanden maken ook pioniers een belangrijk deel uit van de oevervegetaties in het projectgebied. Vooral Waterpeper komt in een groot deel van de opnamen voor, daarnaast zijn ook de Tandzaden en Basterdwederiken talrijk. Deze pioniers profiteren van (kleine) verstoringen in de oevers, bijvoorbeeld trapgaten veroorzaakt door koeien.

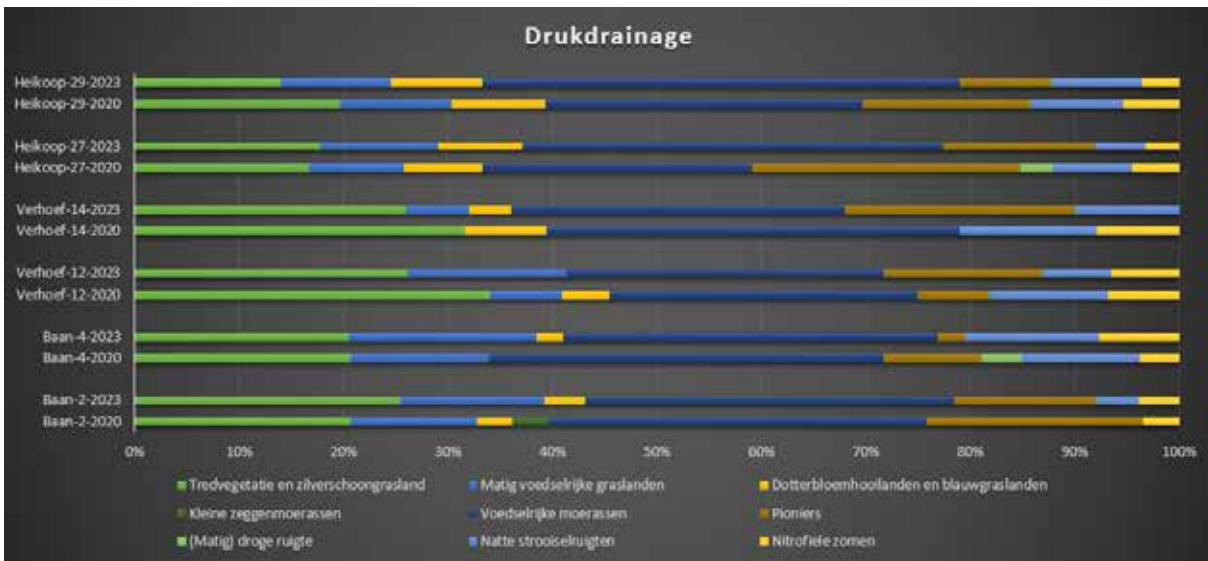


Figuur 86: Liesgras is de meest voorkomende soort in de oevers bij Verhoef.

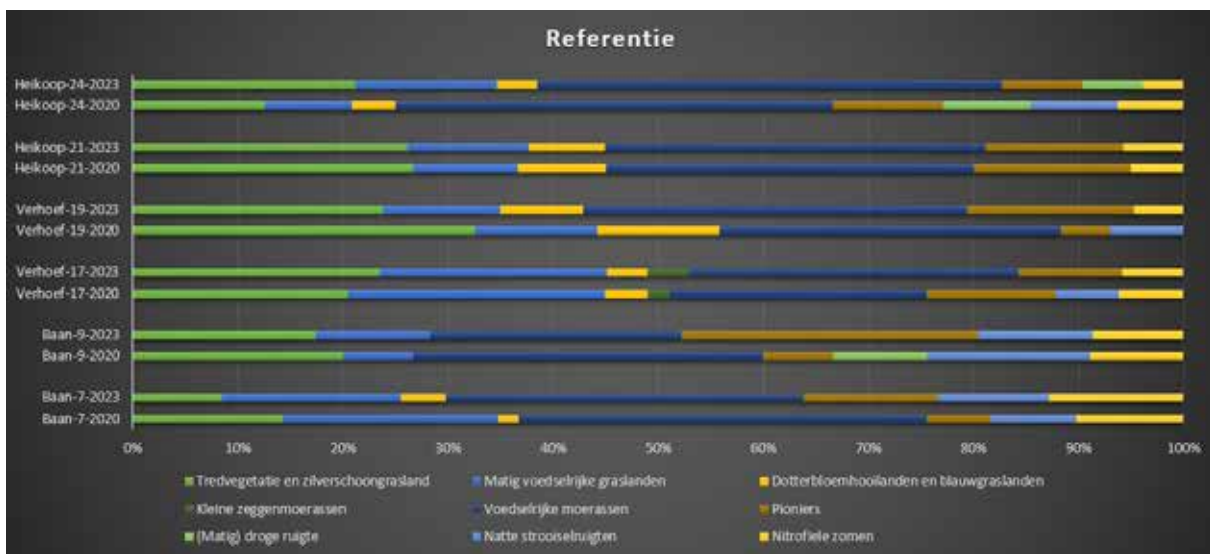
Om een beter beeld te krijgen van de veranderingen in de oevervegetatie tussen het jaar van de nulmeting en de herhaalmeting zijn de soorten opgedeeld in plantengemeenschappen (een groep planten die vaak samen voorkomen) en weergegeven in de figuren 86-87. De belangrijkste bevindingen op een rij:

- Toename van pioniers bij Verhoef in de drukdrainage- en referentie oevers, ten koste van soorten van voedselrijke moerassen.
- Afname van pioniers in de drukdrainage oevers bij Heikoop, soorten van voedselrijke moerassen zijn toegenomen.
- Weinig veranderingen in de drukdrainage oevers bij Baan.

Per PQ zijn er kleine verschillen in de vegetatie, maar vooralsnog is er nog geen trend in de drukdrainage PQ's af te lezen.



Figuur 87: Aandeel van de verschillende plantengemeenschappen in de drukdrainage-oeveropnamen. Voorbeeld: in opname 29 bij Heikoop bestaat de totale soortensamenstelling uit een mix van soorten die behoren tot de tredvegetaties en zilverschoongraslanden, voedselrijke moerassen, pioniers e.d. Ten opzichte van de nulmeting (2020) zijn soorten van voedselrijke moerassen toegenomen (2023).



Figuur 88: Aandeel van de verschillende plantengemeenschappen in de referentie-oeveropnamen.



Figuur 89: Pioniers zoals Smal tandzaad zijn bij Verhoef toegenomen in 2023.

Effect op de Vegetatie van de Sloten

In totaal liggen er 12 PQ's in sloten in het projectgebied, waarvan 6 in drukdrainagepercelen en 6 in referentiepercelen verdeeld over de drie deelnemers (zie tabel 5). Het aantal soorten in de slootopnamen is in 2020 gemiddeld 8,3 en in 2023 gemiddeld 7,5. In de drukdrainagepercelen is het aantal soorten gedaald van gemiddeld 8 in 2020 naar gemiddeld 6,3 in 2023. In de referentiepercelen is in het aantal soorten ongeveer gelijk gebleven.

Tabel 25 Overzicht PQ's in sloten

Opnamenummer	Deelnemer	Type	Aantal soorten 2020	Aantal soorten 2023
3	Baan	Drain	9	5
5	Baan	Drain	9	5
8	Baan	Referentie	10	9
10	Baan	Referentie	10	11
13	Verhoef	Drain	10	8
15	Verhoef	Drain	7	8
18	Verhoef	Referentie	7	9
20	Verhoef	Referentie	6	6
28	Heikoop	Drain	7	7
30	Heikoop	Drain	6	5
22	Heikoop	Referentie	11	9
25	Heikoop	Referentie	8	8

Bedekking Drijfbladplanten en onderwaterplanten

In het bijgeleverde Excel-document (te downloaden via de website van Stichting Blauwzaam of uit het rapport) zijn de bedekkingen van drijfbladplanten en onderwaterplanten in de PQ's af te lezen. De bedekking aan onderwaterplanten en drijfbladplanten bij Baan en Verhoef lijken behoorlijk te fluctueren. Dit werd eerder ook al aangetoond in de watervegetatie-metingen van Waterschap Rivierenland. Bij Heikoop is de bedekking aan verschillende vormen stabiel. De afname van drijfbladplanten in de drukdrainagesloten bij Baan komt vanwege de afname van kroossoorten (incl. Grote kroosvaren). Van krozen en Grote kroosvaren is bekend dat de bedekking jaarlijks sterk kan fluctueren. De stijging aan onderwaterplanten komt vooral door de toename van Groot/Loos blaasjeskruid. Blaasjeskruiden zijn alleen in de bloei- en/of vruchtperiode tot soortnaam te determineren. Tijdens het veldbezoek bloeiden de planten niet en er waren geen vruchten aanwezig, vandaar dat er gekozen werd voor een combinatie soort. Blaasjeskruiden zijn los drijvende onderwaterplanten en zijn in veel poldergebieden in de lift. Het vermoeden is dat Blaasjeskruiden profiteren van de graasdruk die Amerikaanse rivierkreeften uitoefenen op andere onderwaterplanten die wel in de waterbodem wortelen.

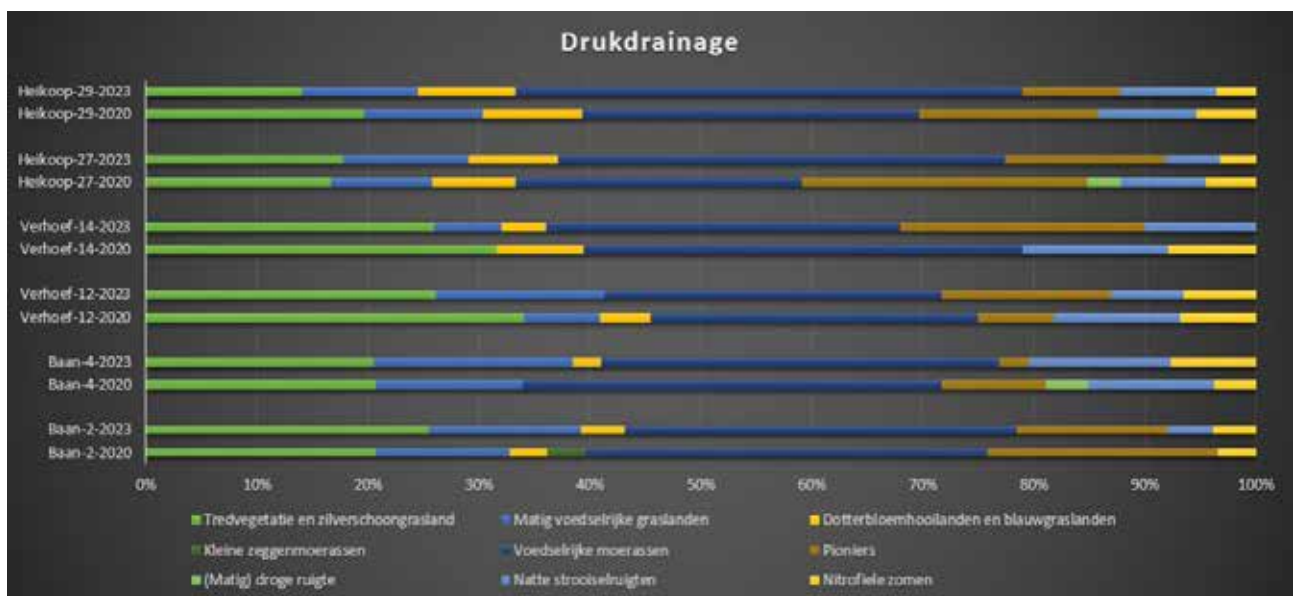


Figuur 90: De bedekking van kroosvegetaties kan jaarlijks sterk fluctueren. In augustus 2023 was het aandeel aan krozen laag.

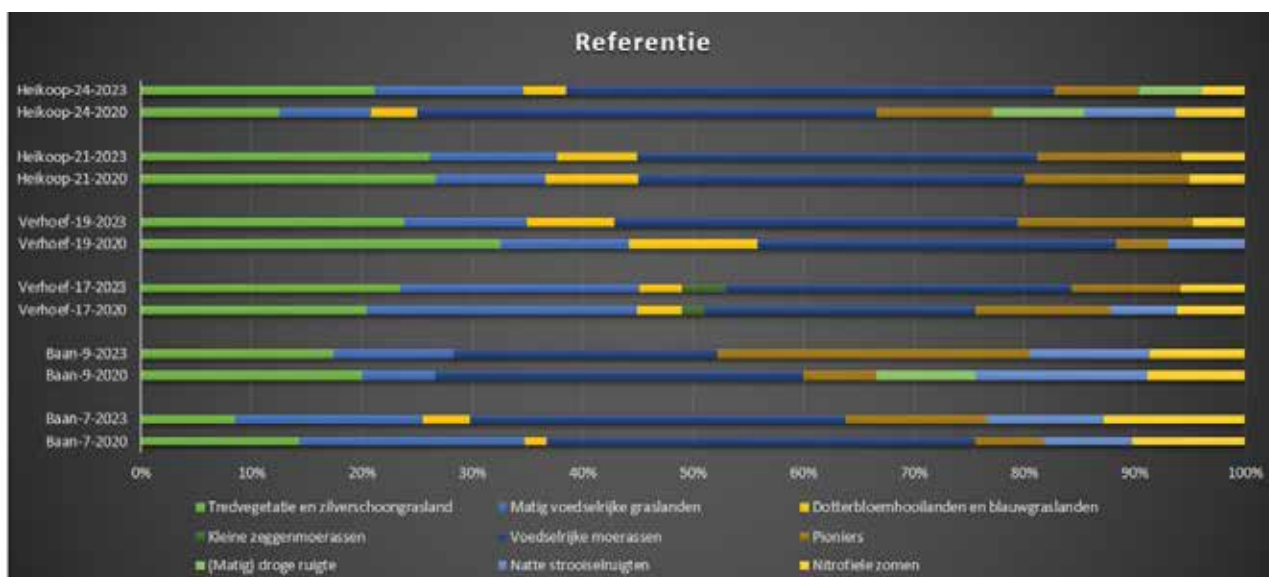
Ecologische groepen

Om een indruk te krijgen van de verhouding van soorten van bepaalde ecologische groepen zijn ze onderverdeeld in plantengemeenschappen op klasse-niveau. De waterplanten die in de PQ's zijn aangetroffen kunnen tot drie verschillende klassen worden gerekend. De drie klassen worden ook onderscheiden in het bijgeleverde spreadsheet (Excelandocument):

- Eendenkroos-klasse (kroosvegetaties): drijvende kroosvegetaties die overwegend door de wind en golfslag over de watergang worden verplaatst. Een dicht kroosdek is een kenmerk voor een matig tot slechte waterkwaliteit. Naast de verschillende kroossoorten valt ook Grof hoornblad onder deze klasse.
- Fonteinkruiden-klasse: plantengemeenschappen van voedselrijk tot matig voedselrijke, ondiepe wateren. In de sloten van de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden gaat het voornamelijk om Smalle waterpest, Brede waterpest, Veenwortel en Blaasjeskruid.
- Kranswiervegetaties: Begroeiingen die grotendeels bestaan uit kranswieren. Dit betreffen met name pioniersvegetaties in helder water. De enige soort die kenmerkend is voor deze klasse én in een van de PQ's is waargenomen is de zeldzame Smalle waterweegbree.



Figuur 91: Verhouding tussen kroosvegetaties, kranswiervegetaties en fonteinkruidenvegetaties in de drukdrainagesloten, 2020 en 2023 met elkaar vergeleken. Emergenten en algenbedekkingen zijn buiten deze berekening gehouden.



Figuur 92: Verhouding tussen kroosvegetaties, kranswiervegetaties en fonteinkruidenvegetaties in de referentiesloten, 2020 en 2023 met elkaar vergeleken. Emergenten en algenbedekkingen zijn buiten deze berekening gehouden.

Uit de grafieken (figuren 90 & 91) valt op te maken dat soorten uit de Eendenkrozen-klasse (kroosvegetaties) bij Verhoef en Baan veruit het meest aanwezig zijn. Bij Heikoop treden soorten uit de Fonteinkruiden-klasse meer op de voorgrond. Wanneer we 2020 met 2023 vergelijken valt voornamelijk de afname van kroosvegetaties bij Heikoop op. Bij de andere deelnemers is er weinig verschuiving tussen de verschillende klassen, ondanks de verschillen in onderwaterplanten- en drijfbladplanten bedekkingen.

Belangrijkste bevindingen op een rij:

- Toename van Groot/Loos blaasjeskruid bij Baan.
- Toename Smalle waterpest bij Verhoef.
- Kleine afname van kroosvegetaties bij Heikoop. Weinig veranderingen in de soortensamenstelling bij de Baan en Verhoef
- Sterke toename Smalle waterpest bij Heikoop, terwijl de Brede waterpest juist sterk is afgenomen.
- De wateren bij Heikoop zijn duidelijk van betere kwaliteit dan bij Verhoef en Baan, dit zal te maken hebben met de bodem en de toevoer van kwelwater.

Conclusies over afname of toename van de natuurwaarden

Vogels

Het onderzoek naar vogels in het kader van het AWIS-project heeft verschillende belangrijke bevindingen opgeleverd:

1. Kans op weidevogels:

- De kans om weidevogels aan te treffen verschilt per locatie, met de hoogste kans bij Heikoop, gevolgd door Mattias en Baan.
- Op de druk drainage percelen is de kans om weidevogels aan te treffen hoger dan op de referentiepercelen.

2. Aantal weidevogels:

- Hoewel het aantal weidevogels op de druk drainage percelen groter is dan op de referentiepercelen, zijn de verschillen niet significant.
- In de jaren 2022 en 2023 was het aantal weidevogels op zowel de druk drainage percelen als de referentiepercelen significant hoger dan in de jaren 2020 en 2021. Vooral in 2023 werden meer weidevogels aangetroffen op de druk drainage percelen.

3. Kans op watervogels:

- De kans om watervogels aan te treffen is hoger op de druk drainage percelen, maar verschilt niet tussen de locaties.
- Het aantal watervogels op de druk drainage percelen was significant hoger dan op de referentiepercelen.

4. Invloed van vegetatie op vogelaanwezigheid:

- De aanwezigheid van een divers kruidrijk grasland draagt bij aan de aanwezigheid van insecten, wat op zijn beurt de kans op weidevogels vergroot.
- Een gebrek aan diversiteit in het grasland, zoals bij een monocultuur van raaigras, kan leiden tot een verminderde kans op het aantrekken van weidevogels.

5. Overige factoren:

- Andere factoren zoals bemesting, bedrijfsvoering, bodemindringingsweerstand en doorwaadbaarheid van gewassen voor jonge kuikens kunnen ook van invloed zijn op de aanwezigheid van vogels.
- Hoge waterpeilen kunnen de grasgroei in het voorjaar remmen, maar zorgen voor structuurrijke graslanden die rijk zijn aan diverse insecten, wat gunstig is voor weidevogels.

Deze bevindingen benadrukken het belang van een gevarieerd en structuurrijk agrarisch landschap voor de biodiversiteit, en laten zien hoe het AWIS-systeem en gerelateerde agrarische praktijken de aanwezigheid en diversiteit van vogels kunnen beïnvloeden.

Insecten

Uit het onderzoek naar insecten in het kader van het AWIS-project zijn de volgende bevindingen naar voren gekomen:

1. Vlinders:

- Tijdens de tellingen zijn er weinig vlinders waargenomen.
- Er is geen significant verschil in het aantal vlinders tussen de druk drainage percelen en de referentiepercelen.

2. Libellen:

- Er is geen significant verschil in het aantal libellen tussen de druk drainage percelen en de referentiepercelen.
- Bij Baan en Heikoop zijn meer libellensoorten gezien, wat mogelijk te maken heeft met enige kweldruk en een betere waterkwaliteit op deze locaties.

- Hoewel het aantal libellen het hoogst was bij Heikoop, was er geen significant verschil met de andere locaties.

3. Sprinkhanen:

- Het aantal soorten sprinkhanen is hoger op de referentiepercelen, waarbij bij Baan het aantal sprinkhanen op het referentieperceel significant hoger is.
- Het aantal soorten sprinkhanen per onderzoekstype (druk drainage en referentie) is relatief laag en vertoont geen significante verschillen.

4. Totaal aantal insectensoorten:

- Het totaal aantal insectensoorten is het hoogst op de bedrijven van Verhoef en Heikoop, maar er zijn geen significante verschillen tussen de druk drainage percelen en de referentiepercelen.

Deze bevindingen suggereren dat er geen significante verschillen zijn in het aantal waargenomen insecten tussen de druk drainage percelen en de referentiepercelen. Het is echter belangrijk op te merken dat de aanwezigheid en diversiteit van insecten ook kunnen worden beïnvloed door verschillende factoren zoals vegetatie, habitatkenmerken en landbouwpraktijken.

Grasland

De vegetatie in de graslanden vertoont kleine verschillen ten opzichte van de nulmeting:

1. Aantal plantensoorten:

- In de druk drainage percelen is een toename van 2,6 plantensoorten waargenomen, terwijl er in de referentiepercelen een kleine afname te zien is.

2. Vochtindicatoren:

- Gemiddeld is er een toename van vochtindicatoren in de druk drainage graslanden. Ook is er een kleine toename van vochtindicatoren in de meeste referentie graslanden.

3. Effect van vernatting:

- Bij vernatting blijft de bodem blijvend vochtig, waardoor overblijvende soorten (voornamelijk grassen) beter kunnen handhaven. Dit kan leiden tot een afname van open plekken en pioniersoorten. De extreem droge zomer van 2020 kan hier mede toe hebben geleid, evenals de inzet van vee in de weken voorafgaand aan het veldbezoek. Het kan echter lastig zijn om de precieze oorzaken van veranderingen te achterhalen.

4. Soortenrijkdom:

- Met name in de grasland- en slootvegetatieopnamen is de soortenrijkdom erg laag. Het al dan niet aanwezig zijn van bepaalde soorten kan leiden tot grote verschillen in bedekkingspercentages of verhoudingen tussen bepaalde vegetatieklassen. Het is daarom belangrijk om zowel naar de soortensamenstelling als naar de bedekkingen te kijken.

5. Effect van drukdrainage:

- De toename van vochtindicatoren in de graslanden bij Baan en Verhoef kan een effect zijn van de drukdrainage.

Deze bevindingen suggereren dat de drukdrainage mogelijk een rol speelt bij de veranderingen in vegetatie en vochtindicatoren in de graslanden. Echter, verdere analyse is nodig om de precieze invloed van de drukdrainage op de vegetatie en bodemvochtigheid te bepalen.

Oevers

De meeste oevers in het projectgebied vertonen een vrij beperkte soortenrijkdom, met een gemiddelde score van 17,5 soorten. Dit gemiddelde is consistent gebleven bij de herhaalmeting. Wat betreft de samenstelling van soorten zijn er echter wel kleine verschillen waargenomen:

1. Toename van pioniers bij Verhoef:

- Op zowel de drukdrainage- als referentie-oevers van Verhoef is een toename van pioniersoorten waargenomen.

2. Afname van soorten van voedselrijke moerassen:

- Daarentegen is een afname van soorten van voedselrijke moerassen opgetekend.

3. Afname van pioniers bij Heikoop:

- Bij Heikoop is een afname van pioniersoorten waargenomen in de drukdrainage-oevers, terwijl de soorten van voedselrijke moerassen zijn toegenomen.

4. Beperkte veranderingen bij Baan:

- Over het algemeen zijn er weinig veranderingen waargenomen in de drukdrainage-oevers bij Baan.

Over het geheel genomen laten de vegetatie in de drukdrainage-oevers nog geen duidelijk effect zien van de drukdrainage. Ondanks enkele locatiespecifieke verschillen blijft de algemene samenstelling van soorten op de oevers stabiel. Verder onderzoek is wellicht nodig om de langetermijneffecten van de drukdrainage op de vegetatie van de oevers beter te begrijpen.

Sloten

De vegetatie in de sloten vertoont over het algemeen kleine veranderingen. Het gemiddeld aantal soorten per opname is in deze periode afgenomen van 8 tot 6,3 in de drukdrainagepercelen. Ook in de referentiesloten is een vergelijkbare afname waargenomen.

Enkele opvallende veranderingen in de soortensamenstelling zijn:

1. Toename van Groot/loos blaasjeskruid bij Baan:

- In de sloten bij Baan is een toename van Groot/loos blaasjeskruid waargenomen.

2. Toename van Smalle waterpest bij Verhoef:

- Bij Verhoef is een toename van Smalle waterpest vastgesteld.

3. Afname van Brede waterpest bij Heikoop:

- Bij Heikoop is de vrij zeldzame Brede waterpest sterk afgenomen en vervangen door het algemenere Smalle waterpest.

Binnen de ecologische groepen (kroosvegetaties, kranswiervetaties en fonteinkruidenvegetaties) zijn er weinig verschuivingen waargenomen. Ondanks de afname van kroosbedekking heeft dit niet geleid tot een toename van soorten uit de fonteinkruiden-klasse bij Baan en Verhoef. Bij een daadwerkelijke verbetering van de waterkwaliteit zouden soorten uit de fonteinkruiden-klasse en kranswieren-klasse in de PQ's moeten verschijnen.

Bij de opnames van de slootvegetatie zijn hogere KRW-scores waargenomen, zowel in de drukdrainagesloten als in de referentiesloten. Dit is vooral opvallend in 2022, aangezien alle deelnemers hoger scoorden dan in 2021 en 2023. Echter, de bedekking scoort bij alle deelnemers matig tot slecht, voornamelijk vanwege het ontbreken van echte drijfbladplanten en lage tot vrijwel geen bedekking van onderwaterplanten.

Bij de opnames van de slootvegetatie zijn hogere KRW-scores waargenomen, zowel in de drukdrainagesloten als in de referentiesloten. Dit is opvallend in 2022, aangezien alle deelnemers hoger scoorden dan in 2021 en 2023.

Echter, de bedekking scoort bij alle deelnemers matig tot slecht, voornamelijk vanwege het ontbreken van echte drijfbladplanten en lage tot vrijwel geen bedekking van onderwaterplanten.

De vegetatie in de sloten heeft over het algemeen kleine veranderingen ondergaan. Het gemiddelde aantal soorten per opname is in deze periode afgenomen van 8 tot 6,3 in de drukdrainagepercelen, en ook de referentiesloten laten een kleine afname in het aantal soorten zien.

Aanbevelingen

Het lijkt erop dat de drainagepercelen aantrekkelijker zijn voor foeragerende weidevogels in vergelijking met de referentiepercelen. Om deze observatie echt significant te maken, is het echter belangrijk om meer meetdata over een langere periode te verzamelen. Dit kan helpen om de effecten van de drukdrainage op de vogelpopulatie beter te begrijpen en te bevestigen.

De verschillende resultaten die zijn waargenomen in de graslanden, oevers en sloten zijn nog niet direct toe te schrijven aan het toepassen van drukdrainage. Sommige verschillen zijn te klein, gaan tegen de verwachtingen in, of kunnen verklaard worden door de jaarlijkse fluctuaties die planten- en diersoorten vertonen. Het is daarom aan te raden om de gebruikte methoden in dit rapport eens in de 3-5 jaar te herhalen. Op die manier kunnen de langetermijneffecten van drukdrainage op de vegetatie beter in kaart worden gebracht.

Het herhalen van metingen gedurende een langere periode kan ook helpen bij het verkrijgen van meer inzicht in de fluctuaties van waterplanten en hun bedekking, wat op zijn beurt invloed heeft op de KRW-scores voor waterkwaliteit.

Het opvallend positieve aantal soorten bij de metingen op de percelen en sloten van Peter Heikoop in Nieuwland verdient nader onderzoek naar de oorzaken. Een grondige analyse kan helpen om de factoren te identificeren die bijdragen aan deze positieve resultaten.

Literatuur en bijlagen

De literatuurlijst en bijlagen zijn in groter formaat te downloaden via de site van Stichting Blauwzaam.

Bijlagen:

De bijlagen corresponderen met figuren en tabellen in deze rapportage en zijn te downloaden via de site van Stichting Blauwzaam

Richard Slagboom: onderzoek weidevogels en insecten

- Bijlage 1 : Aantallen foeragerende vogels per 'vogelgroep' per telling op de drukdrainage- en referentiepercelen.
- Bijlage 2 : Totaal aantal waargenomen soorten vlinders, libellen en sprinkhanen tijdens de 12 tellingen in de periode 2020-2023.

Stef van Walsum: Uitwerking Aquatische Ecologie Vergelijking 2021-2023

Stef van Walsum: Resultaten vegetatie van grasland, oever en sloot

- I Vegetatieopnamens grasland
- II Vegetatieopnamens oevers
- III Vegetatieopnamens sloten
- IV Invoerformulier PQ's Drukdrainageproject

Thema: Communicatie en Kennis delen



Door een diverse groep belanghebbenden actief te betrekken en te luisteren naar hun input, kon het project beter worden afgestemd op de behoeften en verwachtingen.

In de pilot heeft het team daar maar mogelijk het contact gezocht met de bewoners, met de boeren, met de opdrachtgevers en vooral ook met het onderwijs. Mensen uit de provincies en uit de kennisinstellingen hebben we steeds gevraagd te participeren.

Welke middelen hebben we ingezet?

Website

De website www.blauwzaam.nl van de Stichting BlauwZaam fungeert als een centrale hub voor het delen van informatie over het project, waaronder rapporten, evenementen, bijeenkomsten en kennissessies. Dit is een effectieve manier om belanghebbenden op de hoogte te houden van de voortgang van het project en om transparantie te bieden over de activiteiten die worden uitgevoerd.

Door alle relevante documenten en gebeurtenissen op één plaats te centraliseren, kunnen mensen gemakkelijk toegang krijgen tot de benodigde informatie en betrokken blijven bij de ontwikkelingen rondom het project. Dit draagt bij aan de open communicatie en het opbouwen van vertrouwen bij de gemeenschap en andere belanghebbenden.



<https://www.blauwzaam.nl/projecten/blauwgroen/pilot-drukdrainage/effecten-van-vernatting/>

Linked In

We gebruiken LinkedIn voor het delen van updates en ontwikkelingen. Door de pagina's van Rolia Wiggelinkhuijsen en de Stichting BlauwZaam te volgen, kunnen geïnteresseerden gemakkelijk op de hoogte blijven van de laatste nieuwtjes en projecten. Je kunt deze pagina's vinden door de volgende namen in te tikken op LinkedIn:

- Rolia Wiggelinkhuijsen
- Stichting BlauwZaam

Nieuwsbrieven

Nieuwsbrieven blijken een effectieve manier om belangrijke updates en informatie over het project te delen met een breder publiek en hen op de hoogte houden van de voortgang en impact van het project.

Projectupdates: We delen recente ontwikkelingen, mijlpalen en prestaties van het project, zoals voltooide fasen, behaalde doelen en lopende activiteiten.

Evenementen en bijeenkomsten: We informeren lezers over geplande evenementen

Resultaten en bevindingen: We geven elk jaar een samenvatting van de recente onderzoeksresultaten, bevindingen en analyses.



Duurzaamheidsprijs Molenlanden uitgereikt.

BlauwZaam heeft op 21 december 2022 de Duurzaamheidsprijs voor ondernemers uitgereikt aan Lars van Diejen (Leaf it) met zijn innovatieve zelfvoorzienende plantenbak. Lars heeft een geldprijs van 1000,00 euro en een jaar partnerschap voor BlauwZaam ontvangen.

[- LEES MEER -](#)

Wil je nog meer lezen van Lars van Diejen? [Lees](#) dan het artikel uit het Kontakt op zijn linkedin pagina.

Beeldverslag pilot: drukdrainage/ sub-irrigatie

In hoeverre heeft drukdrainage/ sub-irrigatie effect op het beperken van de bodemdaling, het verminderen van de CO₂-uitstoot in ons veenweidegebied, het verhogen van de biodiversiteit en welke kansen biedt het voor de melkveehouderij. De belangrijkste resultaten en conclusies na twee jaar Pilot Drukdrainage/ Sub-irrigatie 'Verminderen bodemdaling in de Alblasserwaard - Vijfheerenlanden' zijn te lezen in dit verslag.

[- HET VERSLAG -](#)



De Week van de Circulaire Economie



Deze jaarlijkse campagneweek start op maandag 6 februari. Door het hele land worden dan events georganiseerd waar bezoekers kunnen leren wat circulaire economie precies inhoudt.

[- LEES MEER -](#)

Kennissessies - symposia - workshops

Dit bleken tijdens het project waardevolle gelegenheden te zijn om kennis te delen, samen te werken en belangrijke discussies te voeren binnen het kader van het project.

Bijeenkomsten

2022

7 december Regiegroep en NPLG presentatie resultaten

25 oktober Informatieochtend 'Agrarisch ondernemen met Carbon Credits' in Nieuwtand, Vijfheerenlanden

15 juni internationaal gezelschap bezoekt de pilot. Zij zijn op zoek zijn naar antwoorden op terugdringen van emissie. [Lees hier het verslag.](#)

13 juni Thema Waterinfiltratie en biodiversiteit? [Volledig programma](#)

Werklunches

Voor ons de gelegenheid voor teamleden om jaarlijks bij elkaar te komen, resultaten te bespreken, feedback te geven en samen te werken aan projectdoelstellingen.

In de werklunches bespreken we de voortgang en de resultaten. Maar ook de problemen die we tegenkwamen en de mogelijke oplossingen daarvoor.

Elke onderzoeker bereidt een presentatie voor om de bevindingen te delen. Daarmee hielden we elkaar op de hoogte van de voortgang. Het is ook het moment om ideeën uit te wisselen en actiepunten te formuleren.

Na de werklunch werden de presentaties verzameld en verspreid.



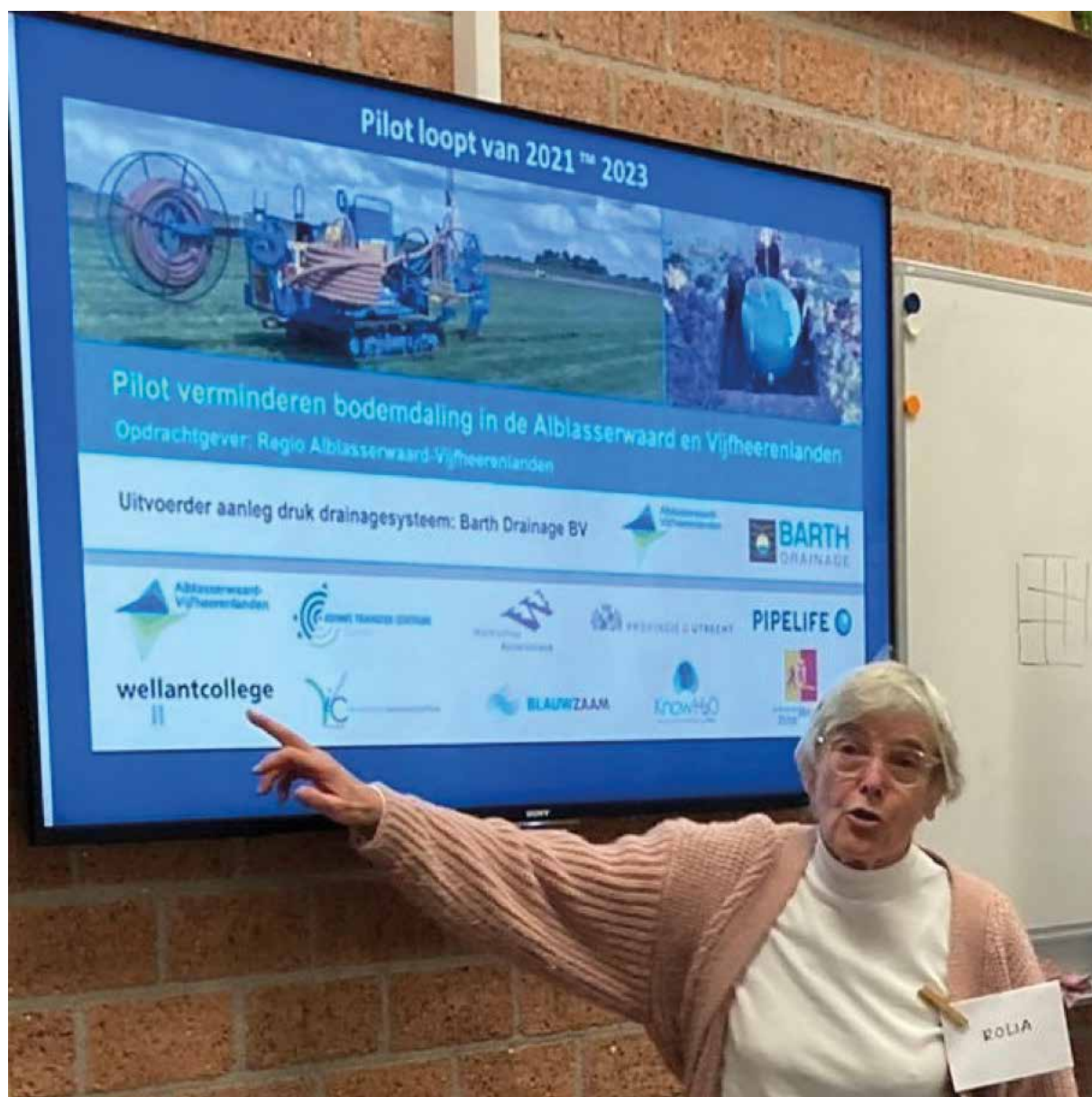
Appgroep

In deze groep zitten alle onderzoekers. Boeren, gemeentelijke bestuurders.

Het is een effectief communicatiemiddel zijn voor het delen van informatie, het coördineren van activiteiten en het snel reageren op ontwikkelingen binnen het project. Belangrijke updates over het project worden in de appgroep gedeeld. Bestanden worden gedeeld via deze appgroep.

Lezingen

Lezingen op scholen waren een uitstekende manier om jongeren te informeren over regionale ontwikkelingen en hen bewust te maken van de belangrijke kwesties die spelen binnen hun gemeenschap. Regionale ontwikkelingen zoals duurzaamheid, milieu, landbouw, waterbeheer, biodiversiteit, enzovoort kunnen rekenen op de belangstelling van jongeren.



Informatiemarkten

Het presenteren van het project op de informatiemarkt van de gemeenten Molenlanden en Vijfheerenlanden was een uitstekende manier om de lokale gemeenschap te bereiken en bewustwording te creëren over de regionale ontwikkelingen.

Via TV beelden konden we onze boodschap kracht bijzetten en de aandacht van het publiek trekken. Het is ook een perfecte manier om te netwerken. Mooie mogelijkheid om persoonlijk ook bij andere projecten te kijken en te zoeken naar samenwerking.



Informatiemarkt Vijfheerenlanden voorjaar 2024

Kranten en Interviews

Het interviewen van boeren door Het Kontakt bleek een geweldige manier om het project en de betrokkenheid van lokale gemeenschapsleden te benadrukken. De verhalen van de onderzoekers en boeren maken het verhaal inspirerend. Het helpt om de positieve impact van het project te benadrukken.

Zo kunnen mensen die geïnteresseerd zijn het interview lezen en meer te weten komen over het project en de ervaringen van de boeren.

Bij de start van de pilot zijn de boeren geïnterviewd door Het Kontakt, een regionale huis aan huis krant met 6 verspreidingsgebieden.

BOEREN MET LEF PILOTEN MET HOOG SLOOTWATER- EN GRONDWATERPEIL

 8 februari 2021

Drie boeren uit de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden hebben zich aangeboden als proefkonijnen. Op een deel van hun grondgebied kiezen ze voor een hoog slootwater- en grondwaterpeil. Een beetje lef is daar wel voor nodig. De hoofdrolspelers in deze pilot voor drukdrainage zijn Kees Baan (Molenaarsgraaf) en de biologische boeren Peter Heikoop (Nieuwland) en Mattias Verhoef (Brandwijk).

In de warmte van een septemberzon, gezeten aan een picknicktafel op het erf van Mattias, vertellen de agrariërs over hun opvallende keuze. Hun beroepsgroep staat juist bekend om een voorkeur voor laag waterpeil, omdat machines vast komen te zitten in weke bodem en koelen een te natte weil niet in kunnen. Mattias legt uit: "Als je een constant peil hebt, kun je in het voorjaar juist eerder met machines en vee het land in. En in droge periodes heb je meer grasopbrengst." Peter: "Bij een constant grondwaterpeil is je land in het voorjaar wat droger, waardoor het eerder opwarmt, het bodemleven eerder op gang komt en ook het gras eerder gaat groeien."



Een interview in Nieuwe Oogst Alblasserwaard als proeftuin voor vernatting door Coen van Wijk met Mattias Verhoef (agrariër), Ton van der Putten (WSRL) en Rolia Wiggelinkhuijsen (projectleider)

Overleg met de opdrachtgevers

Jaarlijks hebben we voortgangsrapportages opgesteld en deze ook gedeeld met de opdrachtgevers. Het halfjaarlijkse overleg met de wethouders was een fijne gelegenheid om direct met lokale bestuurders te communiceren. Daarmee hebben we hun betrokkenheid gewaarborgd en konden zij ook in hun rondgangen door gemeenschappen over het project iets vertellen. Het regelmatige overleg met Marc Trouwborst en de frequente telefonische contacten en e-mails zorgen voor een voortdurende communicatie met de regio. Zo konden we snel reageren op nieuws en ervoor zorgen dat ontwikkelingen in de regio op elkaar werden afgestemd. en rapportage-inspanningen verder te versterken, kunnen jullie overwegen:

Onderwijs aan boord met stages, praktijkonderzoek en locatiebezoek

Jonge professionals en studenten vinden ons project interessant. De geboden stageplaats heeft het team meer inzicht gegeven in de groen-blauwe verdienmogelijkheden. Dit project biedt ook mogelijkheden voor praktisch onderzoek naar bodemgezondheid, het tellen van wormen, het aanleggen van natuurvriendelijke oevers of het meten van de waterkwaliteit. We hebben er veelvuldig gebruik van gemaakt.

Internationaal gezelschap bezoekt de pilot. Zij zijn op zoek zijn naar antwoorden op terugdringen van emissie. Bedrijfsbezoek bij Peter en Jan.



• Wiggelinkhuijsen, Baan en Van den Eertwegh (vlnr) volgen de metingen met argusogen. Foto: Anne Marie Hoekstra

Metingen bij pilot drukdrainage geven boeren hoop

Locatiebezoek

Het organiseren van locatiebezoeken, bijeenkomsten en workshops bleek inderdaad een uitstekende manier om de lokale gemeenschap te betrekken bij het project.

Bewoners konden meekijken bij de aanleg van AWIS op de projectlocaties. Bij alle drie de melkveehouderijen hebben we rondleidingen gehouden voor wisselende doelgroepen.

Rondleidingen die ook vaak eindigden in discussies over plastic in de grond (drains), teloorgang van de biodiversiteit. Soms genuanceerd, soms ongenuanceerd.





Informatiepanelen

Op elke locatie hebben we een informatiepaneel geplaatst met de doelstellingen, activiteiten



Stakeholdersgesprekken



BlauwZaam in stakeholders-gesprek met Groene Cirkels Kaas, WUR, WSRL en Naturalis over de pioniersagenda

Vast fotografenteam

Peter Paul Klapwijk (<https://www.instagram.com/ppkhm/>)

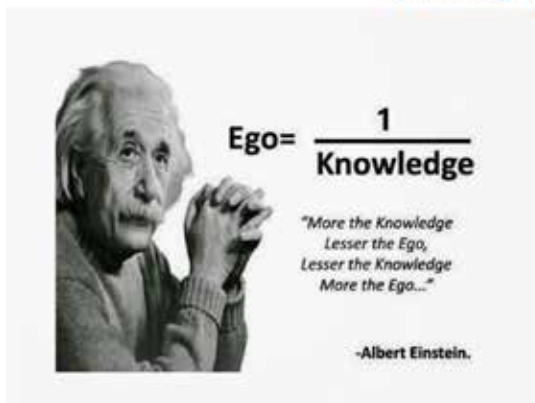
Compar

Richard Slagboom

Achtergrondinformatie

Op deze pagina publiceren we interessante artikelen over sub-irrigatie

Achtergrondinformatie



Achtergrondinformatie

Op deze pagina publiceren we interessante artikelen over Sub-irrigatie en waterinfiltratiesystemen, het waarom, het hoe en het wat.

- RIVM: "Drukdrainage in AV blijkt een rendabe investering"
- Onderwaterdrainage veenweidegebieden: minder bodemdaling, meer watervraag, H2O waternetwerk, 24-06-2019
- De waterkwaliteit in de slootjes kan omhoog! Slootjesonderzoek levert voorlopig een 6:1 voor waterkwaliteit op, H2O waternetwerk, 25
- Op de Hoogwaterboerderij in Zegveld experimenteren ze net zoals in onze pilot met de effecten van vernatting. In juni publiceerden zij daarover een rapport. <https://www.veenweiden.nl/wp-content/uploads/2022/07/Rapportage-Living-Lab-Roseren-ge-Hoog-Water-juni-2022.pdf>
- Maaiveldafval en verdwijnende veengronden Jan van den Akker (Alterra Wageningen-UR, Wageningen)
- Landbouw en biodiversiteit bij elkaar brengen is onze uitdaging bij het DIDProjectVinderstichting in samenwerking met de WUR november 2020
- Wat zijn de effectieve maatregelen om hoeveelheid broeikasgasemissies te verminderen? Zijn de maatregelen haalbaar en betaalbaar. Onderzocht door Nationaal Onderzoeksprogramma Veenweiden

Dankwoord

Een woord van dank voor de redactie van Het Kontakt is hier op zijn plaats. Zij hebben om niet in de verschillende edities artikelen geplaatst over de pilot. Dank ook aan de redacteurs van de communicatiewerkgroep van Stichting Blauwzaam. Hun inzet heeft geholpen om de resultaten en bevindingen van jullie pilot breed te verspreiden en de impact ervan te vergroten.

Aanbevelingen

1. **Ontwikkel een communicatieplan:** Op verzoek van de provincie Utrecht hebben we een gedetailleerd communicatieplan opgesteld als onderdeel van het projectplan. Dit plan diende als leidraad voor onze communicatie-inspanningen en omvatte een contentkalender waarmee we jaarlijkse activiteiten konden plannen en nieuwe ontwikkelingen en feedback konden verwerken.
2. **Maak gebruik van een bestaande website:** We hebben het voorrecht gehad om gebruik te kunnen maken van de bestaande website van de Stichting BlauwZaam. Dit stelde ons in staat om informatie gemakkelijk toegankelijk te maken voor belanghebbenden en bood een centrale hub voor projectupdates, evenementen en andere relevante informatie.
3. **Benut je netwerk:** Ons uitgebreide netwerk bleek van onschatbare waarde bij het vergroten van de bekendheid van het project en het verzamelen van zorgen en aandachtspunten. Door actief gebruik te maken van bestaande contacten en actief nieuwe contacten te zoeken, konden we de betrokkenheid van belanghebbenden vergroten en feedback verzamelen.
4. **Stel een communicatieteam samen:** Door mijn ervaring als secretaris bij de Stichting BlauwZaam kon ik terugvallen op een breed netwerk van professionals, waaronder journalisten, websitebouwers, fotografen en anderen. Deze contacten vormden een informeel communicatieteam dat zorgde voor consistentie in onze communicatie-inspanningen en hielp bij het bereiken van onze doelstellingen.
5. **Organiseer een kritische lezer:** Twee van de vier betrokken boeren hebben we gevraagd om als kritische lezers op te treden en ongezoeten feedback te geven over onze communicatie-inspanningen. Deze input was waardevol omdat het ons hielp om niet te veel in details te treden en ons te richten op de hoofdlijnen van de communicatie.

Door deze aanpak te volgen, konden we effectief communiceren over ons project, belanghebbenden betrekken en de impact van onze inspanningen maximaliseren.

Thema: Verdienvermogen



Het economisch perspectief van melkveehouders wordt niet alleen beïnvloed door het gekozen bedrijfssysteem, maar ook door bredere macro-economische ontwikkelingen die tijdens de pilotperiode behoorlijk onvoorspelbaar waren.

Hoewel dit aspect niet expliciet was opgenomen in de oorspronkelijke doelstellingen van de pilot, bleek er vanuit de melkveehouderijsector wel veel interesse te zijn in het onderzoeken van de economische effecten van een paar ontwikkelingen.

Om hieraan tegemoet te komen, hebben we in de begroting en binnen ons netwerk gekeken of we toch mogelijkheden hadden om onderzoek te doen naar deze economische aspecten. Hierbij hebben we een aantal verdienmodellen onder de loep genomen om te zien welke mogelijkheden er waren om economische meerwaarde te creëren binnen het project.

Koolstofvastlegging (via valuta voor veen)



Het verminderen van de CO₂-uitstoot is van cruciaal belang om de klimaatdoelstellingen te halen. Eén van de mogelijke oplossingen is het verminderen van veenoxidatie door vernatting. We hebben samengewerkt met de milieufederaties van de provincies, die een interessante theorie presenteerden: boeren in veenweidegebieden die bodemdaling en de daarmee gepaarde CO₂-uitstoot verminderen, kunnen deze vermeden uitstoot verkopen. Met de opbrengsten hiervan kunnen ze een deel van de benodigde investeringen financieren, bijvoorbeeld voor de verduurzaming van hun bedrijf.

Deze aanpak heeft het potentieel om zowel de uitstoot van broeikasgassen te verminderen als de economische duurzaamheid van boerenbedrijven te verbeteren. Het creëert een win-winsituatie waarin milieuvoordelen samengaan met economische stimulans, waardoor boeren worden aangemoedigd om duurzame praktijken te implementeren. Dit soort samenwerkingen tussen verschillende belanghebbenden zijn essentieel voor het bereiken van doeltreffende oplossingen voor de klimaatverandering.

Aanpak

De aanpak van dit initiatief omvat de deelname van Matthias Verhoef uit Brandwijk en Peter Heikoop uit Nieuwland, twee agrariërs die samenwerken met de milieufederaties van Provincie Zuid-Holland en Provincie Utrecht. Het doel is om inzicht te krijgen in de CO₂-credits en hoe deze op de juiste manier in de regio kunnen worden gebruikt.

De methode “Valuta voor Veen” richt zich op het verhogen van het grondwaterpeil om de uitstoot van CO₂ te verminderen, waardoor men in aanmerking komt voor CO₂-certificaten. Dit proces wordt berekend met behulp van een grondwatermodel. Door het grondwaterpeil te verhogen, wordt veenoxidatie verminderd, wat resulteert in een lagere CO₂-uitstoot. Deze aanpak benut de natuurlijke processen van het ecosysteem om zowel milieuvoordelen te behalen als economische kansen te creëren voor de betrokken agrariërs.

Matthias Verhoef uit Brandwijk en Peter Heikoop uit Nieuwland, twee agrariërs in deze pilot doen mee samen met de milieufederatie (van Provincie Zuid Holland en van Provincie Utrecht) om zicht te krijgen op die credits en hoe we deze op de juiste manier in de regio kunnen gebruiken.

Resultaten

Matthias Verhoef in Brandwijk

Het perceel van Matthias grenst aan de Eendenkooi bij de Achterwetering, waar al op een hoog slootwater niveau wordt gewerkt. Het idee is om deze vernatting verder uit te breiden naar de percelen van Mattias.

Om de uitbreiding naar de percelen van Matthias mogelijk te maken en eventuele verliezen aan waterberging te compenseren, is er een verzoek ingediend bij het waterschap (WSRL) om medewerking te verlenen.

Tabel 26: Oude en nieuwe slootwaterpeilen en maaiveldhoogte Brandwijk

	Hoogte NAP m	Drooglegging cm
Maaiveldhoogte	-1,58	0
Zomerpeil peilbesluit	-2.07	49
Winterpeil peilbesluit	-2.17	59
Nieuw peil zomer (+15 cm)	-1,92	34
Nieuw peil winter (+15 cm)	-2,02	44

Het slootwaterpeil wordt ten opzichte van het maaiveld verhoogd met 15 centimeter naar 34 cm onder maaiveld in de zomer en 44 cm onder maaiveld in de winter, wat gemiddeld neerkomt op 39 cm onder maaiveld. Met behulp van deze nieuwe slootwaterpeilen worden de gemiddelde grondwaterstanden berekend.

Tabel 27: Oude en nieuwe gemiddelde slootwaterpeilen en grondwaterstanden

Slootwaterpeil baseline	Nieuw slootwaterpeil
54,0 cm -mv	39,0 cm -mv
Grondwaterpeil baseline	Nieuw grondwaterpeil
48,4 cm -mv	37,8 cm -mv

Aantal certificaten (*1) Voor deze locatie zou het dan gaan om: $0,85 * 62,4 * 10 = 530$ CO₂ certificaten Het resterende deel van de beoogde CO₂ certificaten wordt opgenomen in de buffer om tegenvallers gedurende de 10 jaar te kunnen opvangen. In dit geval zou het gaan om: $0,15 * 62,4 * 10 = 94$ CO₂ certificaten In totaal worden uitgegeven voor een periode van 10 jaar: $62,4 * 10 = 624$ CO₂ certificaten.

(*1 Het verslag is te downloaden via de site van Blauwzaam)

Peter Heikoop in Nieuwland

Om de hoge grondwaterstand op Peter's perceel te realiseren, is drukdrainage essentieel vanwege de aanwezigheid van laagveen met een stevig kleidek. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met de milieufederatie van de Provincie Utrecht. Het verslag van dit onderzoek is beschikbaar om te downloaden via de website van Blauwzaam.

Geen Valuta voor Veen in deze pilot

Voor de boeren in onze pilot zijn er meerdere redenen om niet mee te doen met Valuta voor veen.

- Uit het onderzoek dat de federatie heeft uitgevoerd, blijkt dat Matthias weliswaar CO₂ kan compenseren door het grondwaterpeil te verhogen, maar dit gaat gepaard met een afname van de waterbergingscapaciteit van zijn percelen. Het Waterschap Rivierenland (WSRL) eist dat deze afname op eigen grond wordt gecompenseerd, wat voor Matthias zou resulteren in een groot verlies aan landbouwgrond. Om deze reden heeft Matthias besloten om niet mee te doen aan het project.
- Ook Peter Heikoop heeft besloten om niet deel te nemen aan Valuta voor veen, ondanks de goede CO₂-reductiemogelijkheden die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen. Verschillende berekeningen tonen aan dat de overheadkosten voor registratie en validatie, die minimaal €2000 bedragen, niet in verhouding staan tot de potentiële opbrengsten. Bovendien vallen de vermeende extra gewasopbrengsten tegen en kunnen deze de kosten van de aanleg niet compenseren. Daarnaast zijn de opbrengsten van de CO₂-credits op dit moment nog te laag en zijn de vereiste monitoringskosten voor een periode van 10 jaar hoog. Bovendien blijkt uit de berekeningen dat een wateropzet van 20-30 cm nodig is om CO₂ rendabel te reduceren, wat veel is voor de veenweide in dit gebied.

Koolstofvastlegging (Somers 2.0)

In de proef is afgezien van verder onderzoek naar CO₂-emissie. Voor het doen van echte uitspraken over de reductie is een langere periode van vernatting vereist. De berekeningen tussen maaiveldddaling en CO₂-emissie zijn namelijk gerelateerd aan de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG), die wordt bepaald over een periode van minimaal 8 jaar. Hoewel er dus nu meer bekend is over de maaiveldddaling uit het driejarig onderzoek, is de bepaling van CO₂-reductie gebaseerd op een langere periode. Korte termijn fluctuaties zoals in deze pilot kunnen niet worden gebruikt voor emissieberekeningen.

Het is daarom afwachten of de modelberekeningen via de methode Somers, die worden gevoed met onze meetdata en meetdata van andere bronnen zoals NOBV, een bruikbaar instrument blijken te zijn. Met Somers kunnen we dan ook de beste locaties vinden voor CO₂-reductie.

Eerste voorzichtige berekening via het Somers 2.0 model: Met dank aan Roelof Westerhof.

Peter Heikoop:	2.4 ton CO ₂	per ha
Mattias Verhoef:	2.8 ton CO ₂	per ha
Kees Baan:	3.3 ton CO ₂	per ha

Blauw groene diensten

Resultaten



BLAUWZAAM

inholland
hogeschool

Stichting BlauwZaam

Verdiene bij vernatting

Natuur-inclusieve, rendabele en duurzame agrarische verdienmodellen
in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden bij een hoger
grondwaterpeil



Wolf, Glenn de
Hogeschool Inholland Delft

Onderzoek door Glenn de Wolff

<https://www.blauwzaam.nl/projecten/blauwgroen/blauwgroen-fundament/terugblik-5-jaar/samenwerken-met-het-onderwijs/verdroging-en-vernatting-in-de-landbouw/>

Verbreidingsmodel:



Om over een compleet en effectief verdienmodel te beschikken, zullen agrariërs die in het gebied willen blijven, hun “oude” verdienmodel moeten aanpassen met nieuwe landbouwmethoden of hun verdienmodel aanvullen met andere activiteiten. Glenn heeft de mogelijkheden onderzocht en een aantal alternatieve of aanvullende verdienmodellen gevonden die mogelijk geschikt zijn.

1. Alternatieve agrarische verdienmodellen die overwogen kunnen worden zijn

- **Lichter vee:** Het fokken of houden van vee dat minder impact heeft op het land en het milieu, zoals kleinere rassen of dieren met minder voetafdruk.
- **Lichtere machines:** Investeer in lichtere landbouwmachines die minder bodemverdichting veroorzaken en daardoor de bodemgezondheid verbeteren.
- **Vezelteelt:** Teelt van gewassen die gebruikt kunnen worden voor de productie van vezels, zoals hennep, vlas of bamboe. Deze gewassen kunnen diverse toepassingen hebben, variërend van textielproductie tot bouwmaterialen.

Het is belangrijk om de haalbaarheid en geschiktheid van deze verdienmodellen te evalueren op basis van verschillende factoren, waaronder de lokale marktvraag, bodem- en klimaatomstandigheden, beschikbare middelen en de bereidheid van de boeren om over te schakelen naar nieuwe methoden.

2. Natuurinclusiviteit/subsidies: Enkele subsidies en regelingen die daarbij kunnen helpen:

- **Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb):** Subsidieprogramma dat agrariërs ondersteunt bij het beheren en beschermen van natuur en landschap op hun landbouwgronden.
- **GroenBlauweDiensten:** Een regeling waarbij agrariërs worden beloond voor het leveren van diensten die bijdragen aan het behoud en de verbetering van natuur en waterkwaliteit.
- **Weidevogelbeheer:** Subsidies voor agrariërs die maatregelen nemen om de leefomgeving van weidevogels te verbeteren en deze soorten te beschermen.
- **Slootkantbeheer:** Financiële ondersteuning voor het ecologisch beheren van slootkanten, bijvoorbeeld door het creëren van natuurvriendelijke oevers en het verminderen van verontreiniging.
- **Vergroeningsbetaling:** Betalingen aan agrariërs voor het implementeren van milieuvriendelijke landbouwpraktijken, zoals agroforestry, biodiversiteitsbevordering en bodembeheer.
- **Regeling Kwaliteitsimpuls natuur en landschap (SKNL):** Subsidieregeling ter ondersteuning van projecten gericht op het behoud en herstel van natuur en landschap.

- **Ecoregeling:** Een nieuwe Europese subsidieregeling die agrariërs ondersteunt bij het implementeren van praktijken die bijdragen aan klimaatmitigatie, biodiversiteit, en een duurzaam landgebruik.

Door gebruik te maken van deze subsidies kunnen agrariërs gestimuleerd worden om natuurinclusieve landbouwpraktijken te adopteren en tegelijkertijd een financiële impuls te krijgen voor hun inspanningen in het behoud en herstel van natuur en landschap.

3. Multifunctionele landbouw: biedt een breed scala aan mogelijkheden om het agrarisch bedrijf aan te vullen met andere activiteiten en zo een volwaardig verdienmodel te creëren. Enkele van deze mogelijkheden zijn: in het bedrijf aan te vullen met een andere sector door zich in meer of mindere mate te richten op recreatie en toerisme, vergaderen in de stal, Bed & Breakfast, Boerderijwinkel, Recreatie, Kinderopvang, Zorgboerderij, Energieproductie, Woonplaatsen/Pacht, Boerencamping, Caravanstalling.

In tabel 24 van zijn scriptie heeft hij [een overzicht gemaakt](#) met

Verdienmodel	Belangrijke voorwaarden	Belangrijke kosten	Belangrijke opbrengsten
--------------	-------------------------	--------------------	-------------------------

Door het combineren van agrarische activiteiten met deze multifunctionele mogelijkheden kunnen agrariërs diversifiëren en een veerkrachtiger bedrijfsmodel creëren dat beter bestand is tegen economische en milieu-uitdagingen.

Het is bemoedigend om te horen dat de melkveehouders gebruik maken van verschillende regelingen en subsidies, zoals de ecoregeling en de Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLB) regelingen. Deze regelingen bieden niet alleen ondersteuning voor natuurbehoud en -herstel, maar kunnen ook bijdragen aan het creëren van een duurzaam verdienmodel voor agrariërs.

Het slootkantbeheer en het verhogen van grondwaterstanden voor de grutto tonen het belang van agrarisch natuurbeheer en de rol die boeren kunnen spelen bij het behoud van biodiversiteit en leefgebieden voor bedreigde diersoorten.

Daarnaast is het positief dat de melkveehouders naast hun melkveehouderij ook inkomsten genereren uit andere bronnen. Dit getuigt van een veerkrachtige bedrijfsvoering en diversificatie, wat essentieel kan zijn voor het creëren van een stabiel en duurzaam inkomen in een steeds veranderende agrarische sector.

Andere bedrijfsaanpassingen

Het is begrijpelijk dat de melkveehouders melkveehouderij zien als hun primaire optie, gezien hun expertise en investeringen in deze sector. Tegelijkertijd is het begrijpelijk dat ze wachten op duidelijkheid over de maatschappelijke diensten die ze kunnen leveren door middel van water- en bodembeheer, zoals het verminderen van bodemdaling, het verbeteren van waterkwaliteit en het versterken van biodiversiteit.

Het is een legitieme zorg of er nog ruimte is voor landbouw als water en bodem leidend worden in het gebied. Dit onderstreept het belang van een gebalanceerde benadering waarbij zowel agrarische activiteiten als natuur- en milieudoelstellingen worden meegenomen. Het vinden van een evenwicht tussen landbouwpraktijken en milieudoelstellingen is essentieel om duurzame landbouw en natuurbehoud te bevorderen. Dit vereist een zorgvuldige afweging van verschillende belangen en het vinden van oplossingen die zowel economisch levensvatbaar als ecologisch verantwoord zijn.

Economische verschillen tussen de drie melkveehouders

We hebben geen onderzoek gedaan naar inkomsten en uitgaven van de melkveehouders.

Hoogstens een paar opmerkingen:

Het is interessant om te zien dat er verschillende economische effecten zijn van de vernatting op de melkveebedrijven. Het feit dat de grasopbrengsten op het drukdrainage perceel slechts iets hoger zijn dan op het referentieperceel, ondanks de hogere grondwaterstand, is een belangrijk observatiepunt. De verminderde ruw eiwitgehalte in het gewas kan een uitdaging vormen, vooral als het leidt tot hogere kosten voor de aankoop van ander ruwvoer.

Het is aan de andere kant bemoedigend om te horen dat Mattias blij is met het verminderde ruw eiwitgehalte, wat suggereert dat dit voor zijn specifieke bedrijfssituatie voordelig kan zijn.

Voor Peter Heikoop en Jan den Besten brengt de vernatting mogelijk nieuwe uitdagingen met zich mee, vooral als het de beschikbaarheid van beweidingmogelijkheden beïnvloedt. Het is belangrijk om voldoende land beschikbaar te hebben om te kunnen anticiperen op de effecten van vernatting, vooral als het bedrijf volledig afhankelijk is van melkopbrengst.

Conclusies:

Het is duidelijk dat de melkveehouders in de Alblasserwaard/Vijfheerenlanden ervoor kiezen om primair voedsel te blijven produceren en dat ze geen gebruik maken van het Valuta voor Veen-programma. Dit benadrukt de focus op voedselproductie binnen de melkveehouderijsector, terwijl de verkoop van CO₂-credits nog in de beginfase zit en de kosten van alternatieve waterinfiltratiesystemen zoals AWIS niet voldoende gecompenseerd worden door gestegen graslandopbrengsten.

Het is positief om te zien dat twee van de drie melkveehouders lokaal hun melk en vlees afzetten, wat mogelijkheden biedt voor een meer duurzame en directe relatie met consumenten. Bovendien biedt de financiële waardering van groen-blauwe diensten al een bredere basis voor inkomsten, die in de toekomst nog verder uitgebreid kan worden.

Het versterken van de biodiversiteit, met name door het toepassen van kruidenrijke beheerpakketten, kan een positief effect hebben op het inkomen van de melkveehouders, terwijl hogere slootwaterpeilen en vernatting gunstig zijn voor eco-regelingen zoals ANLb en voor het beheer van vogelpopulaties.

Al met al lijkt het verbeteren van de waterkwaliteit, CO₂ reductie gebieden zijn waarin extra inkomsten kunnen worden gegenereerd, wat aangeeft dat investeringen in waterbeheer en milieuvriendelijke praktijken mogelijkheden bieden voor financiële beloningen in de toekomst.

Maatschappelijke diensten (eco diensten)

Koolstofvastlegging mogelijk

- Als een andere partij de aanleg van de vernatting betaalt
- Als de prijs voor de CO₂ certificaten hoger wordt
- Als je voldoende water omhoog kan zetten (denk aan 20-30cm)
- Als de kosten voor overhead gedrukt worden door te werken met een coöperatie of heel veel hectares per agrariër

GLB

- Ja, goede mogelijkheden, met name voor biologische landbouw
- Als antwoord op derogatie-maatregelen
- Combinatie met Agr.natuurbeheer biedt kansen

Thema Financiën

Kostenoverzicht

Toelichting Kostenposten

Een aantal kostenposten licht ik toe. Deze hebben direct te maken met de aanleg van AWIS, inclusief verhoogd slootpeil en tussentijdse aanpassingen aan het systeem. Ook heb ik een tabel toegevoegd over de onderhouds- en reparatiekosten.

Aanleg- en onderhoudskosten AWIS incl. verhoogd slootpeil

Samenvatting:

De kosten zijn globaal uit te splitsen:

- In aanleg van het AWIS systeem op zonne-energie op drie locaties, € 4988 tot € 5347,76 per hectare. Dit prijsverschil is afhankelijk van het wel of niet gebruik maken van ø80 mm buizen en afhankelijk van de inzet van bio drains

Aanlegkosten van het bijbehorende monitoringssysteem voor referentie- en druk drainage perceel.

Kosten per hectare € 2478,25.

- Beheer-, reparatie- en onderhoudskosten. Kosten per hectare € 418,28 / 3 jaar van de proef = €139, 43/per jaar

Specificatie van alle fysieke componenten die terug te vinden zijn in de kosten

- Drainbuizen met drain diameter van 60 mm en 80 mm
- Verbindingsstukken
- Verzameldrain
- Regelput met aanvoer- en afvoer pomp (IN en UITpomp)
- Eind Buisbescherming
- Doorspuit punten
- Grainduct Ø125 mm buis
- Zonnepanelen en accu voor de elektriciteitsvoorziening
- Verschillende typen sensoren
- Dataloggers

Investeringskosten

INVESTERINGSKOSTEN				
Kostenpost	Korte omschrijving	Aantal	Bedrag	Totaal
Pompsysteem	Inclusief put, vlotters, Pv panelen, 10 m3 pomp	3	€ 4.950,00	€ 14.850,00
Pompsysteem	Extra pomp aanpassing om uit te kunnen pompen	3	€ 750,00	€ 2.250,00
Drainbuizen ø 60 mm	PVC ribbelbuis met omwikkeld PE-100	13.350	€ 1,15	€ 15.352,50
Drainbuizen ø 80 mm	Voor een perceel langer dan 250 meter met PE-100	3.700	€ 1,65	€ 6.105,00
Bio Drainbuizen ø 80 mm	Biodrain ribbelbuis omwikkeld met kokos	1.350	€ 3,15	€ 4.252,50
Eind Buisbescherming	Ter voorkoming van vervuiling door bijv. kreeften	3	€ 175,00	€ 525,00
Hoofddrain ø 125 mm	Hoofddrain met eindbuis SN8	144	€ 12,50	€ 1.800,00
Verbindingsstukken ø315 mm	Die verbinden de drains met de put incl. aansluitingen	14	€ 139,50	€ 1.953,00
Verbindingsstukken ø315 mm	Speciale nodig bij Heikoop	2	€ 159,50	€ 319,00
Herstel greppel afvoer ø 125 mm	Grainduct, Verbindingsbuizen en herstellen ø125 mm en bochten	165	€ 6,95	€ 1.146,75
Kraan	Huur kraan / personeel o.a. ook tgv boomstronken	17	€ 60,00	€ 1.020,00
TOTAAL				€ 49.573,75
Per hectare				€ 5.347,76

Toelichting:

Kosten per hectare € 5347,76

We hebben 9,27 ha vernat.

Specificatie van de kosten: De kosten kunnen worden bijgesteld als er geen bio drains worden ingezet en als er geen lange percelen zijn die vereisen dat buizen met een grotere diameter van ø80 mm worden gebruikt. In dat geval zou de eindprijs €4988,93 per hectare bedragen.

Personeelskosten agrariërs: De kosten voor de personeelsuren van de drie agrariërs zijn niet opgenomen in de offerte, maar ze hebben wel 8 uur besteed aan het drainplan, het offertetraject en de uitvoering. Dit zou de offerte verhogen met €1200, maar deze kosten zijn niet in rekening gebracht via een factuur en vallen dus buiten de kosten- en batenanalyse.(in kind)

Bijdrage melkveehouders: De melkveehouders hebben voor 25% bijgedragen aan de kosten voor de aanleg van het AWIS.

Investerings- en personele kosten van het bijbehorende monitoringssysteem

INVESTERINGSKOSTEN en PERSONEELSKOSTEN		
Levering grondwaterpeilbuizen/sensoren		€ 28.914,90
Dataloggers		
Vorbereiding en inrichting	inrichting percelen	€ 12.310,00
	Idem inrichting meetapparatuur en ontwerp meetnet	
	Installatie van meetapparatuur	
	Datastromen organiseren en	
	GIS-kaartenbak aanleggen voor percelen	
	data toegankelijk maken voor betrokkenen	
Abonnement op <u>Zentra</u> Cloud	Van afstand grondwatergegevens kunnen aflezen (WEBPORTAL)	
Abonnementen op loggers	Inbegrepen voor de eerste 3 jaar van de pilot	
TOTAAL		€ 41.224,90
Per hectare : 7,36 (referentie) en 9,27 (DD perceel) = 16,63	DD- en referentieperceel samen	€ 2478,25

Toelichting:

* **Kosten per hectare:** De investeringskosten per hectare bedragen €2478,25. Deze kosten omvatten de aanleg van het systeem, inclusief sensoren, dataloggers, waterpeilmeters en abonnementen voor een periode van drie jaar. Als we deze kosten per jaar berekenen, komt dit neer op €826,32 per hectare per jaar.

* **Specificatie van personeelskosten:** De personeelskosten van KnowH2O zijn niet gespecificeerd in uren, maar vallen onder de categorieën “voorbereiding” en “installatie”. KnowH2O heeft ook in natura extra kosten op zich genomen, bovenop de genoemde kosten in de offerte.

* **Arbeidskosten voor agrariërs:** De arbeidskosten van de agrariërs zijn niet vermeld, aangezien hun betrokkenheid minimaal was. Mogelijk hebben zij slechts een uurtje uitleg gekregen bij het gebruik van Zentra Cloud.

Beheer-, reparatie- en onderhoudskosten

BEHEER- REPARATIE- EN ONDERHOUDSKOSTEN				
MATERIAAL				
Kostenpost	Korte omschrijving	Aantal	Bedrag	Totaal
Sensoren	Hydros 21 Gen 2	3	€ 595,00	€ 1.785,00
Datalogger	ZL6 met modem	2	€ 683,00	€ 1.366,00
Vlotters en relais	zijn vervangen, bleken niet	3	€ 75,00	€ 225,00
				€ 3.376,00
PERSONEELSKOSTEN				
Kostenpost	Korte omschrijving			
Installatie	Sensoren en datalogger vervangen	12	€ 120,00	€ 1.440,00
PV panelen	Opnieuw vastzetten na hevige wind	1	€ 120,00	€ 120,00
Installatie vlotters	Vlotters opnieuw aanbrengen	6	€ 120,00	€ 720,00
Lekkende damwand	Nieuwe klei en verbreden van damwand	2	€ 50,00	€ 100,00
Agrariërs	Toezicht, overleg, lekkages verhelpen en voorbereiding, geschat op 1 dag	24	€ 50,00	€ 1.200,00
				€ 3.580,00
TOTAAL	Materiaal en personeel			€ 6.956,00

Toelichting

* **Kosten per hectare:** De kosten bedragen €418,28 per hectare voor een periode van drie jaar. Deze kosten zijn verdeeld over de hectares van zowel het referentie- als het DD-perceel, met in totaal 16,63 hectare (7,36 hectare referentie en 9,27 hectare DD-perceel). Het is mogelijk om deze kosten ook per jaar te berekenen.

***Specificatie van de kosten:** De kosten kunnen worden opgedeeld in kosten voor reparatie en vervanging van materialen, evenals kosten voor personeelsuren. Sommige sensoren zijn bijvoorbeeld vervangen door fabrieksfouten, PV-panelen zijn beschadigd door de wind en kabels zijn vervangen vanwege onbekende schade.

* **Specificatie van personeelskosten:** KnowH2O: Naast de kosten voor materiaal blijkt uit de specificatie dat het vervangen en installeren van apparatuur een professionele aanpak vereist. Het huidige systeem is kwetsbaar en vraagt om zorgvuldige behandeling.

* **Arbeidskosten agrariërs:** De agrariërs hebben taken met betrekking tot perceel management, zoals het vrijhouden van PV-installaties van schaduw, het schoonhouden van drainagesystemen, maaien van slootkanten, bedienen van systemen en inzet van greppels tijdens hoogwater. Deze taken vereisen zorgvuldigheid, vooral na weiden, oogsten en extreme weersomstandigheden moet zorgvuldig gekeken worden naar de waterstand in de put.

Aanleg- en onderhoudskosten van verhoogd slootwaterpeil

Aanleg- en onderhoudskosten van verhoogd slootwaterpeil				
INVESTERING				
Kostenpost	Korte omschrijving			
INVESTERING				
Dammen	Scheiding tussen boezem en hoogwatersloot inclusief aanleg	6	€ 497,50	€ 2.985,00
Kleigrond	3*80= 240 m3 kleigrond	240	€ 3,00	€ 720,00
Pompsysteem	10m3 /uur tby sturen slootpeil	3	€ 3.500,00	€ 10.500,00
Verbindingsbuis	Doorvoer van sloot naar sloot	190	€ 6,95	€ 1.320,50
Sensoren		6	€ 595,00	€ 3.570,00
Dataloggers		3	€ 683,00	€ 2.049,00
Kabels		300,00	€ 0,50	€ 150,00
TOTAAL				€ 21.294,50
BEHEER EN ONDERHOUDSKOSTEN				
Kabels	vervangen van vernieling	50	€ 1,00	€ 50,00
sensoren en dataloggers	zijn meegenomen in het overzicht van Onderhoudskosten	2	€ 595,00	€ 1.190,00
				€ 1.240,00
PERSONEELSKOSTEN				
	Installeren van sensoren, dataloggers, waterpeilen en dergelijke	6,00	€ 125,00	€ 750,00
	Damwand eenmalig aangepast. heeft de boer zelf gedaan		€ 0,00	
	Opnieuw aanbrengen van kabels	3	€ 125,00	€ 375,00
				€ 375,00
TOTAAL				€ 22.909,50
6 sloten	per sloot			3818,25

Toelichting

* **Kosten per hoogwatersloot:** De kosten per hoogwatersloot bedragen €3818,25. Deze kosten zijn apart berekend om inzicht te geven in de specifieke kosten van een hoogwatersloot. Deze kosten zijn al opgenomen in het hoofdstuk “Aanlegkosten” van het bijbehorende monitoringssysteem.

* **Specificatie van de kosten:** De kosten kunnen worden opgedeeld in investeringen, reparaties, vervanging van materialen en personeelsuren. Dit omvat onder andere de vervanging van sensoren als gevolg van fabrieksfouten, het herstellen van PV-panelen die los zijn geblazen door de wind, en het vervangen van kabels die beschadigd zijn geraakt.

* **Specificatie van personeelskosten KnowH2O:** Naast de kosten voor materiaal blijkt uit de specificatie dat het vervangen en installeren van apparatuur een professionele aanpak vereist. Het huidige systeem wordt als kwetsbaar beschouwd. Deze kosten zijn ook opgenomen in het hoofdstuk “Aanlegkosten” van het bijbehorende monitoringssysteem.

***Arbeidskosten agrariërs:** De agrariërs moeten regelmatig op pad om het systeem controleren op de aanvoer van energie naar de pomp, het repareren van aangelegde dammen en het maaien van slootkanten, waarbij zorgvuldigheid nodig is vanwege de aanwezigheid van kabels voor de energievoorziening van de pomp.

Aanleg van debietmeters

Debietmeters				
INVESTERINGSKOSTEN			prijs	stuks
debietmeters		€ 11.698,68	€ 1.671,24	7
apparatuur		€ 2.433,00		
materiaal		€ 645,00		
extra drains bij Peter voor de debietmeters		€ 514,09		
	€ 15.290,77			
PERSONEELSKOSTEN				
aanleg en monitoren en inregelen		€ 2.660,00		
werkend installeren		€ 3.110,00		
	€ 5.770,00			
BEHEER EN ONDERHOUDSKOSTEN				
meerwerk vervanging van 2 debietmeters	€ 690,00	€ 690,00		
vervangen debietmeters viel onder de garantie				
TOTAAL	€ 21.750,77			
Per debietmeter voor een periode van 2 jaar €	€ 3.107,25			

Toelichting

Lopende de proef kwam er steeds meer vraag naar de waterbehoefte van een AWIS systeem. Daarom hebben we in overleg besloten toch een aantal debietmeters aan te schaffen zodat we een inzicht krijgen in de watervraag. (onvoorziene uitgaven, maar wel belangrijk)

* **Kosten per debietmeter:** De kosten per debietmeter bedragen €1671,24. Deze kosten zijn apart berekend om inzicht te geven in de kosten van het verkrijgen van inzicht in de waterbehoefte van het systeem.

* **Specificatie van de kosten:** De kosten kunnen worden onderverdeeld in investeringen, reparaties, vervanging van materialen en personeelsuren. Dit omvat bijvoorbeeld de vervanging van debietmeters als gevolg van fabrieksfouten.

* **Specificatie van personeelskosten KnowH2O:** Naast de kosten voor materiaal blijkt uit de specificatie dat het vervangen en installeren van apparatuur een professionele aanpak vereist. Het huidige systeem wordt als kwetsbaar beschouwd. Deze kosten zijn ook opgenomen in het hoofdstuk.

* **Arbeidskosten agrariërs:** De agrariërs moeten ook hier het systeem regelmatig controleren. De debietmeters bevinden zich aan het einde van een greppel, wat betekent dat er mogelijk extra inspanning nodig is om toegang te krijgen tot deze locaties voor onderhoud en controle.



Verstopte debietmeter: De debietmeter was verstopt geraakt door een rivierkreeft in de debietmeter waardoor de greppel niet kon ontwateren met dit beeld als gevolg.

Aanleg van een bodembeweging plot

Meten bodembeweging				
INVESTERINGSKOSTEN				
VSM meters aanschaf en werkend installeren	€ 21.370,00	prijs	€ 10.685,00	2 stuks
hekwerk*1				
data-abonnement	€ 360,00		€ 10,00	36 maanden
	€ 21.730,00			
PERSONEELSKOSTEN				
monitoring en analyse	€ 15.000,00		€ 5.000,00	3 jaar
2 x waterpassing Alblasserwaard	€ 930,00		€ 465,00	2*
	€ 15.930,00			
ARBEIDSKOSTEN AGRARIERS				
in de pilot niet. Voor opschaling wel*2				3 jaar
BEHEER EN ONDERHOUDSKOSTEN				
meerwerk	€ 480,00			
schoonhouden van de plot 2x per jaar	€ 720,00		€ 120,00	6 uur
	€ 1.200,00			
TOTAAL	€ 38.860,00			

Toelichting

- * **Kosten van bodembewegingsmeting met VSM:** De kosten voor het meten van bodembeweging met VSM bedragen €38.860. Dit bedrag is voor het meten op één referentie- en één DrukDrainage perceel.
- * **Specificatie van de kosten:** De kosten kunnen worden opgedeeld in investeringen, reparaties, vervanging van materialen en personeelsuren.
- * **Specificatie van personeelskosten KnowH2O:** Naast de kosten voor materiaal blijkt uit de specificatie dat het vervangen en installeren van apparatuur een professionele aanpak vereist. Daarnaast omvat het ook het monitoren en analyseren van de beschikbare data.
- * **Arbeidskosten agrariërs:** In dit exploitatieoverzicht zijn geen kosten voor agrariërs opgenomen, aangezien het onderhoud volledig is uitbesteed aan KnowH2O.
- * **Hekwerk:** Aangezien de VSM sensoren zich in hooiland bevinden, is slechts een licht hekwerk nodig. Als de sensoren zich echter in een beweide perceel zouden bevinden, zou er zorg moeten zijn voor een goede afrastering en hekwerk om te voorkomen dat koeien bij de gevoelige apparatuur komen.

Overwegingen voor vervolgprijzen: Voor eventuele vervolgprijzen wordt voorgesteld om het beheer en onderhoud van de meetlocaties uit te besteden aan de agrariër, om zo extra reiskosten te vermijden. Een vergoeding voor de (gederfde) opbrengst van het gras ter plekke zou ook kunnen worden opgenomen in de begroting.

Niet verrekende kosten bij AWIS

1. Hobbels in het perceel

Tijdens de aanleg van de drainagesystemen zijn er hobbels ontstaan in het maaiveld van het proefperceel van Peter Heikoop. Dit werd veroorzaakt doordat er sleufloos werd gedraineerd onder de toen heersende vochttoestand van de bodem. De hobbels zijn nog steeds aanwezig in het veld. Dit is een algemeen aandachtspunt bij de aanleg van drainagebuizen en verzamelleidingen.

2. Kosten voor het Ontmantelen van de pilot

* **Kosten voor het verwijderen van de drains:** Dit vereist het gebruik van machines om elke drain individueel te lokaliseren en te verwijderen. Vanwege de kans op breuk moeten de drains voorzichtig worden verwijderd, wat arbeidsintensief is en gepaard gaat met hoge kosten.

* **Kosten voor het herstellen van structuurschade:** Het verwijderen van de drains kan leiden tot aanzienlijke structuurschade aan het perceel. Na verwijdering moeten eventuele oneffenheden worden geëgaliseerd, moet de bodem opnieuw worden gevreesd en moet extra grond worden aangebracht om het perceel te herstellen.

* **Ontmanteling van de pompput:** Naast de drains moet ook de pompput worden ontmanteld, wat extra arbeid en kosten met zich meebrengt.

Advies: Als er besloten wordt om niet langer te infiltreren, is het raadzaam om de drains in de grond te laten liggen, het verzamelsysteem af te sluiten en andere infrastructuur zoals PV-panelen, putten en dammen te verwijderen.

Ik heb in overleg met Barth Drainage BV een berekening gemaakt wat de kosten zouden zijn als aan het einde van de proef agrariërs hadden besloten alle drains er weer uit te halen. Dat was

een enorm bedrag, dat we niet in de begroting voor deze pilot hadden opgenomen. Barth schatte de kosten van deze ontmanteling 4 à 5 keer zo hoog als de aanleg van de drains. De boeren aangegeven verder te willen gaan met de proef. En hebben de opdrachtgevers ingestemd met het “om niet” overdragen van de materialen.

3. Doorspoelen van de drainagebuizen:

***Opsporen van de putten:** Dit vereist het lokaliseren van de doorspuitputten, die zich doorgaans op een diepte van 30-40 cm bevinden. Het vrijgraven van de putten en het verwijderen van de deksels kan mogelijk worden uitgevoerd door de boer zelf.

* **Doorspuiten van de buizen:** Het doorspuiten van de drainagebuizen moet worden uitgevoerd met gespecialiseerde machines, wat kosten met zich meebrengt.

* **Herstellen en egaliseren:** Na het doorspuiten moeten de putten weer worden gesloten en moet de omgeving worden geëgaliseerd om eventuele verstoringen te herstellen.

De geschatte kosten voor het doorspoelen van de drainagebuizen, zoals berekend door Klaas Kooistra en Wim Honkoop van ppp-agro, liggen tussen de €350 en €375 per hectare.

Vervangingen

Bij een systeem op zonne-energie moet de accu op den duur worden vervangen.

Baten

De pilot is gefinancierd door Provincie Zuid Holland, Provincie Utrecht, de regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden en de 4 melkveehouders.

In kind hebben bijgedragen:

Melkveehouders

KnowH2O

Waterschap Rivierenland

Barth Drainage BV

Stichting BlauwZaam

Veenweide Natuur&Landschap

Naturalis

ComPar

Dick Kerhof (plantenkenner)

Terugblik: hebben we de doelen gehaald?



Terugkijkend op de afgelopen periode is het belangrijk om te evalueren of de gestelde doelen zijn gehaald?

Het is inderdaad een uitdaging om als projectleider een definitief antwoord te geven op de vraag of de doelen zijn gehaald, gezien de complexiteit en de lange termijn effecten van het project. Een betere benadering zou zijn om deze vraag voor te leggen aan andere belanghebbenden, zoals de opdrachtgevers en de boeren die bij het project betrokken waren.

De proefperiode van drie jaar is mogelijk te kort gebleken om de langetermijneffecten op verschillende aspecten zoals landbouwpraktijken, bodemdaling en biodiversiteit goed te kunnen beoordelen. Het begrijpen van het complexe bodem- en watersysteem vereist een gedegen onderzoek en analyse van diverse factoren die van invloed zijn.

Wel zeker is, dat bodemdaling zeer goed te remmen is met vernatting. Dat alleen al is een zeer bijzondere uitkomst, omdat we weten dat aan bodemdaling veel kosten en weinig baten zijn verbonden.

Het onderzoek dat is uitgevoerd tijdens de proefperiode was noodzakelijk om meer inzicht te krijgen in de werking van het infiltratiesysteem onder verschillende omstandigheden. Door feiten en meetgegevens te verzamelen, kunnen we hopelijk in de toekomst beter anticiperen op de nog openstaande vragen en uitdagingen.

Doel: Aansluiten bij initiatieven van onderaf

Het doel om aan te sluiten bij initiatieven van onderaf is zeker bereikt. De interesse in AWIS is toegenomen, wat heeft geleid tot de aanleg van zes nieuwe systemen en ambitieuze plannen voor verdere opschaling. Door de diversiteit aan melkveehouders die hebben deelgenomen, hebben we een breed scala aan resultaten kunnen behalen. Deze melkveehouders verschillen sterk in bedrijfsgrootte, bedrijfsconcept en bedrijfsmanagement. Ondanks dat de fysieke afstand tussen de percelen klein is, zijn de verschillen in bodemgesteldheid enorm, wat resulteert in diverse uitkomsten. Er is dus nog geen standaardoplossing, maar wel waardevolle bouwstenen voor verdere ontwikkeling.

Doel: Sub-irrigatie pilot en hun werking onderzoeken

Het doel van het onderzoeken van de werking van de sub-irrigatiepilot is bereikt, zij het met uitdagingen. In het begin moesten de melkveehouders wennen aan de nieuwe technologie, die zowel kennis als aanpassingen in het management vereiste. De veranderingen in de bodemgesteldheid brachten uitdagingen met zich mee, zoals het beheren van de beweiding en het timing van mesten en grasoogst. Het gebruik van drains gaf de boeren meer controle over de grondwaterstand, wat nieuwe inzichten bood in waterbeheer en bodemwaterrelaties.

Doel: Effecten van sub-irrigatie op natuurwaarden onderzoeken

Het onderzoeken van de effecten van sub-irrigatie op natuurwaarden heeft gemengde resultaten opgeleverd. Hoewel boeren over het algemeen een diepe waardering hebben voor de natuur, heeft verhoogd slootwaterpeil niet geleid tot een aantoonbare toename van biodiversiteit. Onderzoek elders bewijst dat beheer ook een belangrijkere rol speelt dan het verhogen van het slootwaterpeil. Wel lijkt het aantal weidevogels toe te nemen en is er een grotere variëteit aan kruiden waargenomen. Desondanks blijft de waterkwaliteit onveranderd of vertoont het mogelijk zelfs verslechtering. Dit wijst op de complexiteit van de relatie tussen vernatting en biodiversiteit, en benadrukt het belang van geïntegreerd beheer.

Doel: Bodemdaling (en CO₂) reduceren

Op basis van ons onderzoek kunnen we concluderen dat vernatting effectief is gebleken in het verminderen van bodemdaling en bijgevolg ook in het verminderen van CO₂-uitstoot. Met het AWIS-systeem kunnen we de grondwaterstand verhogen, wat resulteert in een vochtige veenbodem. Dit vermindert de oxidatie van organische stof, waardoor bodemdaling en CO₂-uitstoot beperkt worden.

Doel: Kennis delen, verzamelen en bundelen

Het delen van kennis is een essentieel onderdeel van ons project geweest. Niet alleen hebben we informatie uit andere delen van Nederland geïntegreerd in onze rapportages, maar we hebben ook actief gebruikgemaakt van diverse communicatiemiddelen om onze bevindingen te verspreiden. Dit heeft bijgedragen aan een breder begrip en bewustwording binnen de gemeenschap. Bovendien hebben we dankzij de betrokkenheid van het onderwijs waardevolle kansen geboden aan studenten om bij te dragen aan de toekomst van het gebied.

Doel: Kijken of uitrol mogelijk en zinvol is?

Het is duidelijk geworden dat er nog meer onderzoek nodig is voordat we een definitieve conclusie kunnen trekken over de uitrol van het project. We moeten bijvoorbeeld nog beter begrijpen hoe we maatschappelijke diensten zoals CO₂-reductie en bodemdaling kunnen vertalen naar financiële waarde. Dit zou de basis leggen voor nieuwe verdienmodellen en zou de uitrol van het project nog zinvoller maken. Het is dus belangrijk om deze aspecten verder te onderzoeken voordat we de uitrol daadwerkelijk kunnen implementeren. De stap met 500 hectare lijkt dus een goede stap te zijn om ontbrekende informatie te verzamelen.

Doel: Duurzame veehouderij bevorderen

De traditionele gangbare veehouderij en AWIS lijken inderdaad moeilijk te verenigen vanwege de verschillende eisen die ze stellen aan het grondgebruik en de bedrijfsvoering met zwaardere machines en zwaardere koeien. Daarentegen lijken AWIS en een natuurinclusieve benadering beter bij elkaar te passen. Het is echter cruciaal dat de maatschappelijke diensten die hieruit voortkomen, zoals CO₂-reductie en verbetering van biodiversiteit, worden gewaardeerd en omgezet in een verdienmodel.

Samenwerking tussen verschillende partijen is essentieel om de uitdagingen op het gebied van landschapontwikkeling, duurzame landbouw, waterbeheer en klimaatadaptatie aan te pakken. Alleen door gezamenlijke inspanningen kunnen we deze complexe vraagstukken effectief aanpakken en tot oplossingen komen.



Slim opschalen in de AV?

Voortzetting Druk Drainage project 2024-2028

Het Druk Drainage project wordt voorgesteld voor voortzetting in de periode 2024-2028, met als doel het completeren van de huidige dataset en het voortzetten van het onderzoek. Belangrijk is een slimme aanpak, waarbij bestaande projecten worden geïntegreerd en nieuwe projecten in een groter kader worden geplaatst. Dit zorgt voor heldere aansturing, overzicht en betere sturing op uitkomsten en financiën. Het is essentieel om afspraken te maken over wat, hoe vaak en waarom er gemeten moet worden, met aandacht voor doelen zoals effecten van vernatting, bodembeweging, hydrologie, natuurwaarden en opbrengsten.

De voorbereidende werkzaamheden voor een dergelijke continuering naar een 2de fase van 5 jaar om tot meerdere meetjaren te komen en het onderzoek voort te zetten hebben plaatsgevonden en liggen nu bij de bestuurders van de regio en de provincies.

Waterkwaliteit wordt een groeiend aandachtspunt, vooral bij grootschalige opschaling met AWIS. Het betrekken van jongeren bij de ontwikkeling van het gebied is van belang, en samenwerking met onderwijsinstellingen kan hieraan bijdragen. Op termijn is het waardevol om te kijken hoe verschillende projecten die ervaring en kennis opdoen met WIS kunnen worden samengebracht, om een gedegen kennis structuur te creëren voor de transitie in de landbouw.

Nieuwe projecten slim combineren

Levering en plaatsing van een nieuwe, tweede VSM sensor

We stellen voor om op het perceel van Peter Heikoop een identieke bewegingsplot te maken met twee nieuwe sensoren voor bodembeweging (VSM). Deze sensoren worden gefundeerd op de zandlaag onder het klei-op-veenpakket. Het doel is om de bodemdaling te reduceren door de hele veenlaag onder water te zetten en te houden. Dit biedt mogelijkheden om grote aanvullende informatie te verkrijgen voor de regio Vijfheerenlanden en andere melkveehouderijen met een vergelijkbare kleilaag van ongeveer 35 cm. De plaatsing bij Peter Heikoop is gunstig vanwege het reeds aanwezige AWIS. Deze metingen zullen waardevolle inzichten bieden in de effecten van vernatting op bodemdaling en kunnen worden gebruikt voor validatie van bodembewegingsberekeningen, zoals die bijvoorbeeld worden gedaan op basis van radar satelliet beelden.



Opschalen naar 500 hectare AWIS?

Hoewel de focus van deze driejarige proef niet primair gericht was op opschaling, is het begrijpelijk dat er binnen het team veel gesprekken zijn gevoerd over dit onderwerp. Opschaling is immers een belangrijk aspect om de resultaten en inzichten van het onderzoek uiteindelijk breder toe te passen. Hoewel het misschien buiten de scope van deze specifieke proef valt om stevige uitspraken te doen over opschaling, kunnen de verkregen resultaten en ervaringen wel richtinggevend zijn voor toekomstige initiatieven en vervolgonderzoek. Onderstaande aanbevelingen kunnen dienen als leidraad voor toekomstige initiatieven en projecten. Hier zijn enkele suggesties:



Aanbevelingen vanuit ons onderzoek:

A. Actief Water Infiltratiesysteem

Technische Aanbevelingen voor een Robuust Systeem in de melkveehouderij

Bij het implementeren van vernattingssystemen in de melkveehouderij is het van cruciaal belang om te streven naar een robuust systeem met minder zorg gevoelige onderdelen. Hierbij moeten de volgende punten in overweging worden genomen

1. **Regelmatige Controle en Onderhoud:** Tijdens het groeiseizoen dienen de systemen wekelijks te worden gecontroleerd om optimale prestaties te waarborgen.
2. **Onderhoudskosten:** Het is essentieel om het onderhoud en de bijbehorende kosten niet te onderschatten. Het opstellen van een realistisch budget voor onderhoud is van groot belang om onverwachte uitgaven te voorkomen.
3. **Instructie en Begeleiding:** Zorg voor een goed vangnet van instructies en begeleiding bij het beheren en onderhouden van het systeem. Dit omvat training voor het personeel en duidelijke richtlijnen voor het oplossen van problemen.
4. **Rapportage van Bevindingen:** Regelmatige rapportage over de bevindingen van het systeem stelt melkveehouders in staat om actief bij te dragen aan het succes van de innovatie. Transparante communicatie over prestaties, problemen en oplossingen is cruciaal voor het optimaliseren van het systeem.
5. **Meet- en Monitoringsapparatuur:** Het principe "meten is weten" vereist voldoende sensoren en dataloggers om de omgeving en prestaties van het systeem nauwkeurig te meten en te monitoren. Investeer daarom in hoogwaardige meetapparatuur om betrouwbare gegevens te verzamelen voor analyse en besluitvorming.

Door deze technische aanbevelingen in acht te nemen, kunnen melkveehouders een robuust vernattingssysteem implementeren dat zorgt voor optimale prestaties, efficiënt onderhoud en een succesvolle bijdrage aan duurzame landbouwpraktijken.

Financiële Overwegingen bij de Implementatie van Vernattingssystemen

1. **Aanpassing van Eisen en Prijs per Hectare:** De recente aanpassingen in de Kiwa richtlijnen, zoals verminderde afstanden tussen de drains en verbeterde doorspuitmogelijkheden hebben invloed op de kosten per hectare. Deze veranderingen kunnen leiden tot een verhoging van de initiële investeringskosten.
2. **Effect van Perceelgrootte op Kosten:** Het gebruik van grotere percelen, bijvoorbeeld 8 hectare, kan de kosten per hectare mogelijk verlagen. Daarentegen kunnen de kosten toenemen bij een kleiner aantal hectare per pompput. Het is belangrijk om de optimale balans te vinden tussen kosten en efficiëntie bij het ontwerpen van vernattingssystemen.
3. **Begeleiding van Melkveehouders:** Het begeleiden van melkveehouders bij de implementatie en het onderhoud van het drainagesysteem is van essentieel belang, maar brengt ook kosten met zich mee. Dit omvat training, advies en ondersteuning om ervoor te zorgen dat het systeem effectief wordt gebruikt en onderhouden.
4. **Faciliteren van Meetdata Continuïteit:** Voor de continuïteit van meetdata is het nodig om observaties op afstand of ter plaatse uit te voeren en regelmatig te rapporteren. Dit vereist investeringen in technologie en menselijke middelen om de betrouwbaarheid van de meetgegevens te waarborgen.

- 5. Looptijd en Houdbaarheid van Systemen:** Bij de planning van vernattingssystemen is het belangrijk om rekening te houden met de looptijd van het project en de verwachte houdbaarheid van het systeem. Hoewel sommige systemen een levensduur van 25 jaar hebben, moeten eventuele kosten voor onderhoud en vervanging na verloop van tijd worden overwogen.

Het is cruciaal voor melkveehouders en belanghebbenden om deze financiële overwegingen in gedachten te houden bij het plannen, implementeren en onderhouden van vernattingssystemen. Een zorgvuldige afweging van kosten en baten is noodzakelijk om duurzame en kosteneffectieve oplossingen te realiseren voor de lange termijn.

Belang van Draagvlak en Maatschappelijke Meerwaarde in de Melkveehouderij

In de context van de melkveehouderij is het essentieel om draagvlak te creëren bij melkveehouders, waarbij de maatschappelijke meerwaarde van vernattingssystemen expliciet wordt uitgedrukt in financiële termen. Enkele belangrijke overwegingen zijn:

- 1. Maatschappelijke Meerwaarde in Euro's:** Het draagvlak bij melkveehouders moet worden versterkt door de maatschappelijke meerwaarde van vernattingssystemen concreet te vertalen naar financiële voordelen. Dit kan bijvoorbeeld door te laten zien hoe vernatting bijdraagt aan het verhogen van biodiversiteit, verbeteren van waterkwaliteit en reduceren van bodemdaling, en welke economische waarde hieraan kan worden toegekend.
- 2. Positieve Houding ten opzichte van Maatschappelijke Vraagstukken:** Uit onze proef blijkt dat melkveehouders positief staan tegenover het bijdragen aan maatschappelijke vraagstukken, zoals biodiversiteit en waterkwaliteit. Zij zijn bereid om van meerwaarde te zijn op deze gebieden en zijn zich bewust van de vele thema's die momenteel op hen afkomen.
- 3. Financiële Overwegingen voor Melkveehouders:** Melkveehouders ervaren geen directe inkomsten door een hogere opbrengst van gras. Eerder hadden ze te maken met problemen zoals waterschade en beweidingsproblemen. De kosten voor de aanleg van vernattingssystemen moeten daarom elders worden gefinancierd, en compensatie voor verliezen moet worden gegarandeerd.
- 4. Selectiecriteria voor deelname aan Projecten:** Bij het selecteren van melkveehouders voor deelname aan vernattingssystemen kan worden overwogen om zowel te kijken naar draagvlak elders, zoals bij LTO, als naar specifieke kennis en vaardigheden die nodig zijn om de projecten succesvol uit te voeren.
- 5. Betrekken van Boeren bij Besluitvorming:** Om melkveehouders actief te betrekken bij besluitvorming en planning, is veel overleg nodig, vooral in het eerste jaar van het project. Door boeren vanaf het begin bij het proces te betrekken, kan draagvlak worden versterkt.

Uitdagingen omtrent het Watervraagstuk bij AWIS

Het gebruik van Agrarisch Waterbeheer met een onderwaterdrainsysteem (AWIS) brengt diverse uitdagingen met zich mee met betrekking tot het watervraagstuk, zoals:

- 1. Verhoogde Watervraag in Droge Zomers:** Hoewel AWIS bijdraagt aan het verhogen van

de laagste grondwaterstanden, kan dit op regionaal niveau leiden tot een toename van de watervraag, vooral tijdens droge zomers. Het verhoogde grondwaterniveau kan leiden tot een grotere behoefte aan irrigatie, wat de watervraag kan vergroten en druk kan uitoefenen op beschikbare waterbronnen.

- 2. Verkleining van Waterbergingsareaal:** Als gevolg van het verhogen van het grondwaterniveau door AWIS neemt het beschikbare waterbergingsareaal op het perceel af. Dit kan problemen veroorzaken bij het opvangen en afvoeren van overtollig regenwater, wat kan leiden tot wateroverlast en drainageproblemen.
- 3. Dilemma bij Hoog Slootwaterpeil:** Het dilemma van waterberging wordt versterkt wanneer de sloten een hoog slootwaterpeil hebben. In dergelijke situaties kan het verhogen van het grondwaterniveau door AWIS leiden tot een nog grotere druk op de slootwaterpeilen
- 4. Onzekerheid over Waterkwaliteit:** Hoewel AWIS kan bijdragen aan het verhogen van het grondwaterniveau, is het niet gegarandeerd dat dit ook leidt tot een verbetering van de waterkwaliteit. Factoren zoals de samenstelling van het grondwater, de interactie met omringende sloten en boezems, de andere samenstelling van rivierwater beïnvloeden de waterkwaliteit.

Het is belangrijk voor melkveehouders en waterbeheerders om deze uitdagingen te erkennen en proactief te werken aan oplossingen die een evenwicht vinden tussen het verhogen van de grondwaterstand en het handhaven van een gezond waterbeheer en een goede waterkwaliteit. Dit vereist een geïntegreerde aanpak.

Selectie van Percelen voor Vernatting: Overwegingen en Aanbevelingen

Bij het selecteren van percelen voor vernatting is het cruciaal om zorgvuldig te werk te gaan en rekening te houden met verschillende factoren, zoals:

- 1. Topografie van de Percelen:** Zoek naar percelen die vlak of bij voorkeur zelfs bol liggen. Hol liggende percelen kunnen problemen veroorzaken, zoals de noodzaak om water rond te pompen en een te drassige bodem in het midden van het perceel.
- 2. Vermijd Referentiepercelen met Afwijkende Eigenschappen:** Wees uiterst zorgvuldig bij het kiezen van het referentieperceel. Het is van vitaal belang om een referentieperceel te selecteren dat (zoveel mogelijk) identiek is aan het proefperceel op alle relevante punten. Dit minimaliseert variabelen en zorgt voor een nauwkeurige vergelijking van de resultaten tussen de verschillende percelen.
- 3. Overige Overwegingen:** Naast de topografie kunnen ook andere factoren van belang zijn bij het selecteren van geschikte percelen, zoals bodemgesteldheid, ligging ten opzichte van waterlopen en de huidige landbouwpraktijken op het perceel.

Door deze overwegingen in acht te nemen, kunnen melkveehouders en onderzoekers geschikte percelen selecteren voor vernatting die optimale resultaten opleveren en waarbij nauwkeurige vergelijkingen mogelijk zijn tussen proef- en referentiepercelen.

B. Uitbreiding van Kennis en Onderzoeksvragen voor Opschaling van Vernattingsprojecten

Bij het opschalen van vernattingsprojecten en het vergroten van kennis over agrarisch waterbeheer zijn verschillende overwegingen en onderzoeksvragen van belang:

- 1. Nieuwe Onderzoeksvragen Identificeren:** Het is essentieel om nieuwe onderzoeksvragen te formuleren die specifiek zijn voor de regio en die aansluiten bij de doelstellingen van de opschaling. Dit kan bijvoorbeeld gaan over de effecten van vernatting op lokale

ecosystemen, waterkwaliteit en bodemgezondheid.

- 2. Bepalen van Meetdoelen:** Het is belangrijk om duidelijk te bepalen welke parameters gemeten moeten worden. Dit bepaalt de inrichting van de opschaling en welke meetapparatuur en sensoren nodig zijn.
- 3. Uitbreiding van Datasets:** Het vergroten van het aantal metingen, bijvoorbeeld door meer boeren bij het project te betrekken, kan helpen om betrouwbaardere resultaten te verkrijgen. Het is belangrijk om te bepalen welke datasets nodig zijn en waar deze vandaan kunnen worden gehaald, bijvoorbeeld door samen te werken met onderzoeksinstituten, universiteiten en andere partners.
- 4. Samenwerking en Kennisverzameling:** Identificeer welke partijen willen samenwerken en welke specifieke kennis zij willen verzamelen met de opschaling. Dit kan bijvoorbeeld gaan over het effect van vernatting op verschillende gewassen, de economische haalbaarheid van vernattingsmaatregelen, of de sociale en culturele aspecten van agrarisch waterbeheer.

Daarnaast zijn er nog specifieke aandachtspunten en onderzoeksvragen:

- **Plaatsen van VSM Sensor:** Overweeg het plaatsen van een VSM (Vertical Soil Movement) sensor, bijvoorbeeld bij melkveehouder Peter Heikoop, om meer inzicht te krijgen op de beweging van de bodem met een kleilaag van 35 cm.
- **Dynamisch Projectplan:** Zorg voor een dynamisch projectplan dat ruimte biedt voor nieuwe vragen en inzichten die tijdens de pilotfase naar voren komen. Flexibiliteit is essentieel om adequaat te kunnen reageren op veranderende omstandigheden en nieuwe kennisbehoeften.
- **Monitoring in Grotere Eenheden:** Onderzoek de mogelijkheden om monitoring van vernattingsprojecten te doen in grotere eenheden, in plaats van geïsoleerde percelen. Dit kan helpen om een breder beeld te krijgen van de effecten van vernatting op landschapschaal.
- **Effecten van Vernatting op Bodem:** Voer onderzoek uit naar de effecten van vernatting op de bodem, waaronder veranderingen in bodemstructuur, bodemvruchtbaarheid en de ontwikkeling van anaerobe en aerobe micro-organismen.



C. Samenwerken met verschillende partijen voor Agrarisch Waterbeheer

1. Samenwerking met Waterschap Rivierenland (WSRL):

- a. Onderzoek of er voldoende aanvoer van water is voor het vernattingsproject.
- b. Onderzoek of AWIS bijdraagt aan het behalen van de doelen van de Kader Richtlijn Water. (KRW)
- c. Monitor nauwkeurig het effect van het vernattingsproject op de kwaliteit van het water, met name op de samenstelling van het INgepompte en UITgepompte water. Breng de stroming gedetailleerd in kaart om relevante conclusies te kunnen trekken.

2. Samenwerking met Onderwijsinstellingen

Betrek jongeren bij de ontwikkeling van het gebied en bij het vernattingsproject. Onderwijsinstellingen zoals Yuverta bieden waardevolle onderzoeksvaardigheden en expertise die kunnen worden ingezet voor het project. Ook kunnen studenten de kans krijgen om af te studeren of praktijkervaring op te doen met reële vraagstukken rondom agrarisch waterbeheer.

3. Samenwerking met Overheden, Milieuorganisaties en Bedrijven:

Betrek verschillende stakeholders bij de ontwikkeling van het vernattingsproject. Werk samen aan de opgave van veenweidegebieden en zorg ervoor dat er een toekomstperspectief blijft bestaan voor de regio en de betrokken agrarische bedrijven.

D. Belang van Experimenteren:

Om succesvol te zijn met landbouw in veenweidegebieden op de middellange termijn, is het van groot belang om snel te experimenteren met methoden die ervoor zorgen dat het veen verzadigd blijft met water. Deze experimenten moeten plaatsvinden op zowel polder- als perceelsniveau, waarbij verschillende technieken zoals drainage worden toegepast. Naast maatregelen binnen de polders is het ook essentieel om te denken aan buffergebieden die zowel teveel als te weinig water kunnen opvangen en verwerken.

Literatuuroverzicht, overige bronnen en bijlagen

Belangrijke Literatuuroverzichten Beschikbaar op Website van Stichting BlauwZaam

In de eindrapportage van het onderzoeksproject naar vernatting in de melkveehouderij van de Alblasserwaard-Vijfheerenlanden zijn de literatuuroverzichten die door de onderzoekers zijn aangeleverd niet opgenomen. Deze literatuuroverzichten zijn echter op twee manieren verkrijgbaar voor geïnteresseerden.

Allereerst kunnen de literatuuroverzichten worden gedownload van de website van Stichting BlauwZaam. Daarnaast is het mogelijk om het rapport van elke individuele onderzoeker apart te downloaden. In deze afzonderlijke rapporten heeft elke onderzoeker alle gebruikte bronnen opgenomen, waaronder de literatuuroverzichten.

Bijlagen

Belangrijke Bijlagen Beschikbaar op Website van Stichting BlauwZaam

Voor diegenen die dieper willen duiken in de bevindingen en gegevens van het onderzoeksproject naar vernatting in de melkveehouderij van de Alblasserwaard-Vijfheerenlanden, zijn alle rapporten en bijlagen beschikbaar op de website van Stichting BlauwZaam. Terwijl veel bijlagen achterin de afzonderlijke rapporten zijn te vinden, is het vermeldenswaard dat sommige rapporten mogelijk niet alle bijlagen bevatten.

Transparantie

Door het delen van de rapporten en de bijlagen op de website www.blauwzaam.nl toont Stichting BlauwZaam haar toewijding aan transparantie en toegankelijkheid van onderzoeksgegevens, wat een cruciale rol speelt in het bevorderen van openbaar begrip en betrokkenheid.

Dankwoord: Blijk van Waardering

Allereerst gaat onze dank uit naar de jongens van de Natuur- en Vogelwacht 'De Alblasserwaard': Albert en Jacob Molenaar, Jeffa Leeuwis en Rik Vinke. Hun deskundigheid en toewijding hebben de monitoring van de natuurwaarden mogelijk gemaakt. Ook ben ik Saskia Klumpers van Naturalis Biodiversity Centre dankbaar voor haar expertise en toewijding bij het analyseren van de vele waarnemingen.

De gastvrijheid van de deelnemende agrariërs Kees en Bea Baan, Corine en Mattias Verhoef, Saskia en Peter Heikoop en Jan den Besten heeft ons enorm geholpen en wordt zeer gewaardeerd.

Veel dank zijn we verschuldigd aan de boeren die met lef en moed dit project zijn aangegaan. In alle besprekingen kwamen zij met goede reflectie. Omgaan met deze innovatie van AWIS is niet simpel gebleken. Het is opnieuw een instrument waar zorg en aandacht voor nodig is. Met tussentijdse aanpassing en aanbevelingen aan het systeem hebben we veel meer informatie kunnen ophalen dan aanvankelijk verwacht.

Ik wil ook mijn dank uitspreken aan alle ervaren onderzoekers die met toewijding hun onderzoek hebben uitgevoerd en waardevolle bijdragen hebben geleverd. Hun kennis en inzichten hebben ons in staat gesteld om nieuwe ervaringen op te doen met vernatting van klei op veen en nieuwe inzichten te verkrijgen.

Daarnaast ben ik dankbaar voor de hulp en steun die we hebben ontvangen van betrokken collega's, partners, deelnemers, opdrachtgevers en anderen die hebben bijgedragen aan de voorbereiding, uitvoering en afronding van ons werk. Voor de afronding wil ik met name Jody van Dodewaard bedanken. Het is haar gelukt om alle verslagen en bevindingen in boekvorm te presenteren.

Tot slot (met het risico dat ik iemand vergeet) wil ik specifieke dank uitspreken aan de volgende individuen en organisaties:

- Melkveehouders: Peter Heikoop, Kees Baan, Mattias Verhoef en Jan den Besten
- Waterschap Rivierenland: Ronald Gylstra, Ton van der Putten, Judith van Tol en Daan Willems
- KnowH2O: Gé van den Eertwegh en Dion van Deijl
- Nico Jaarsma
- KTC: Karel van Houwelingen
- Stowa: Erik Jansen
- Veenweide Natuur en Landschap: Richard Slagboom en de jongens van Natuur en Vogelwacht
- Naturalis Biodiversity Center: Saskia Klumpers
- Barth Drainage BV: Henk Barth en Arjan van Drunen
- Stichting Blauwzaam: Jody en Kok (Compar), Ton Schuller, Peter Kwakernaak en Hajar Zekhnini
- Verdieping Vier: Filip Wilmsen
- Opdrachtgevers: Hans Mankor (Provincie Utrecht), Jan Strijker (Provincie Zuid-Holland), Marc Trouwborst (Gemeente Molenlanden) en Govert Jan Versluis (Gemeente Vijfheerlanden)
- Yuverta: Patrick Asmawidjaja, Sjaak Kreeft en Hylke Wijna
- Het Kontakt: Annemarie Hoekstra
- Fotograaf: Peter Paul Klapwijk
- Stef van Walsum
- Marc Trouwborst, Govert Jan Versluis en Roelof Westerhof (namens de gemeenten AV)

Nogmaals, mijn oprechte dank aan iedereen die heeft bijgedragen aan het succes van dit project. Jullie inzet en samenwerking hebben een cruciale rol gespeeld bij het bereiken van onze doelstellingen en het vergaren van waardevolle inzichten.

Helpt deze pilot in de transitie naar een duurzame landbouw?

Oplossingen liggen vaak buiten de bestaande kaders. Dat vereist moed, geduld en een open geest. Plus de bereidheid tot experimenteren. Transitie is nodig!

Meer persoonlijke informatie?
Rolia Wiggelinkhuijsen
E: rolia@heikopperhof.nl

Meer lezen over effecten van vernatting ga naar de [website](#)

BLAUWZAAM