Hoe nat kan je gaan?!

Over effecten en kansen bij vernatting van veen

Samenvatting resultaten van onderzoek door HDSR bij pilots met veenvernatting tot en met 2024

HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE RIJNLANDEN

Colofon

Auteurs
H. de Jong (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)
S. Kort (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)
E. van de Maat (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)

Grafische vormgeving
StudioQ

Illustratie voorkant
Jam Visual Thinking

In samenwerking met boeren (grondeigenaren) en agrarische collectieven in (onder andere) de polders
Spengen
Lange Weide
Vlist
Kortrijk Portengen
Papekop-Diemerbroek, Westeinde van Waarder, Meijepolder, Kamerik

Financiers
Grondeigenaren
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Provincie Utrecht
Provincie Zuid Holland

Versie
April 2025

Samenvatting

Het beperken van bodemdaling en de uitstoot van broeikasgassen in het veenweidegebied zijn twee belangrijke strategische uitdagingen voor Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR). Om deze ambitie te verwezenlijken in het landelijke veenweidegebied, hebben agrariërs (in samenwerkingsverband) samen met HDSR op meer dan 1000 hectare (experimentele) vernattingsmaatregelen getroffen. Er zijn grootschalige waterinfiltratiesystemen aangelegd bij melkveehouderijen, zowel actieve systemen (met pomp, AWIS) als passieve systemen (zonder pomp, PWIS). Daarnaast zijn er kleinschalige alternatieve vernattingsmaatregelen geïmplementeerd, zoals moldrainage en greppelinfiltratie.

Met monitoring en onderzoek volgt HDSR het effect van de vernattingsmaatregelen op zeven kennisthema's: bodembeweging en (lange termijn) bodemdaling, grondwater, waterkwaliteit ecologie en biodiversiteit, watervraag wateroverlast en water(peil)beheer, agrarische bedrijfsvoering, techniek (door)ontwikkeling innovaties en beheer, broeikasgasemissies.

De polders met grootschalige vernattingsmaatregelen zijn Spengen, Lange Weide, Vlist en Kortrijk Portengen. In alle polders vindt gelijkwaardig onderzoek plaats naar bodemdaling en grondwaterstanden. Vanwege de specifieke eigenschappen van elk gebied, zijn er ook unieke kennisvragen die per polder spelen.

Trend in bodemdaling

In de polder Spengen is het gelukt om sinds 2017, met behulp van langjarige meetreeksen, een significante bodemdaling van 7 mm per jaar voor een referentieperceel en 3-4 mm per jaar voor twee AWIS-percelen te meten. In de andere polders, Lange Weide en Vlist, worden er echter opvallende verschillen in bodembeweging binnen een perceel waargenomen, waardoor langere meetreeksen noodzakelijk zijn voor een beter inzicht.

Verhoogde grondwaterstanden

Met de waterinfiltratiesystemen zijn de zomergemiddelde grondwaterstanden verhoogd. Uit de metingen tot eind 2024 volgt een verhoging met PWIS die varieert van 7 cm in Vlist tot 18 cm in Lange Weide. Tijdens het hoogtepunt van de zomer in het derde kwartaal is dit respectievelijk 11 cm in Vlist en 24 cm in Lange Weide. Met AWIS zijn de verhogingen van de zomergemiddelde grondwaterstand 21 cm in Spengen en 15 cm in Vlist. Tijdens het hoogtepunt in de zomer in het derde kwartaal is dit respectievelijk 30 cm in Spengen en 18 cm in Vlist.

Waterkwaliteit, ecologie en vegetatie

In de polder Lange Weide lijken er geen veranderingen te zijn in de chemie, de fytoplankton, de eencellige algen (diatomeeën) en de vegetatie als gevolg van de (grootschalige) aanleg van PWIS. De fosforconcentraties vertonen sterke variabiliteit binnen de polder. Het aandeel goudalgen en het totaal aantal soorten diatomeeën, die dienen als indicator voor goede waterkwaliteit, zijn over het algemeen gestegen sinds de start van de metingen. In de PWIS van de polder Vlist is er geen verband gevonden tussen de aanlegdiepte van de PWIS en de uitspoelende fosforconcentraties.

Bij de AWIS in Spengen werd met een ijzerzandfilter ongeveer 40% van het aanwezige fosfor in het uitgepompte drainwater verwijderd.

Waterbalans

In Kortrijk Portengen is een (grotendeels gemeten) waterbalans opgesteld voor een peilgebied met PWIS en een referentiepeilgebied. Tijdens de droge zomer van 2022 was de retentie in het peilgebied met PWIS 1,5 mm/dag (totaal 136 mm) groter dan in het referentiepeilgebied. Retentie verwijst naar het water dat achterblijft in het peilgebied, wat vermoedelijk nodig is voor de verhoging van de grondwaterstanden door PWIS. (Een belangrijke kanttekening bij deze conclusie is de onzekerheid in de debietmetingen en de bepaling van kwel en wegzijging.)

Effect op agrarische bedrijfsvoering

In alle projecten hebben de deelnemers geen significante verbeteringen ervaren in gewaskwaliteit en gewasgroei door de vernattingsmaatregelen. De draagkracht lijkt in sommige gevallen iets beter, in andere gevallen iets slechter, en varieert tussen de verschillende projecten en tussen deelnemers. De ervaringen met beperkte draagkracht op de laaggelegen percelen met PWIS in Lange Weide lijken vermoedelijk niet door de PWIS zelf te zijn veroorzaakt, maar door tijdelijke interne verslemping die voortkomt uit de kleiige toplaag.

Alternatieve vernattingsmaatregelen

Op verschillende locaties zijn pilots uitgevoerd met alternatieve vernattingsmaatregelen, zoals greppelinfiltratie en moldrainage. Op twee van de drie locaties waar greppelinfiltratie is toegepast, lijkt er een effect op de grondwaterstand te zijn tot 5 meter van de greppel. Bij de moldrainage is er geen duidelijk effect op de grondwaterstand waargenomen.

Eerste ervaring met innovaties

De biologisch afbreekbare PWIS in Lange Weide (aangelegd in 2018) is tijdens de inspectie deels in zeer slechte staat aangetroffen. Bij de inspectie van de reguliere kunststof PWIS in hetzelfde gebied werd in een deel van het systeem bagger aangetroffen, waarschijnlijk als gevolg van baggerwerkzaamheden in de watergang. De gemeten grondwaterstanden bij de biologisch afbreekbare PWIS en AWIS in Kortrijk Portengen (aangelegd in 2020 en 2021) vertonen voorlopig geen aanwijzingen voor een verslechterde werking, in vergelijking met de reguliere kunststof WIS.

Broeikasgasreductie

Met de gemeten zomergrondwaterstandverhoging tot eind 2024 is de emissiereductie berekend. Hiervoor is gebruikt gemaakt van de vuistregel '2,4 ton CO_2 per jaar per hectare per 10 cm zomergrondwaterstandverhoging'. Tijdens een droog jaar reduceren de systemen met AWIS in Spengen en PWIS in Lange Weide meer dan 4 ton CO_2 per jaar per hectare. De AWIS in Vlist en de PWIS in Kortrijk Portengen reduceren beide ongeveer 3,6 ton CO_2 per jaar per hectare.
Het PWIS systeem in Vlist reduceert het minste met een kleine 2 ton CO_2 per jaar per hectare.

Andere onderzoeken

HDSR draagt ook bij aan andere (nationale) onderzoeken zoals het Nationaal Onderzoek Broeikasgassen, het Veenweide Innovatie Programma Nederland, Living On Soft Soils en het STOWA kennisprogramma Veen & water.

In 2025 en daarna starten, mede door HDSR, nieuwe onderzoeken om antwoord te geven op resterende kennisvragen. Daarbij gaat het bijvoorbeeld over grootschalige toepassing van ijzerzandfilters bij AWIS, het meten van een waterbalans op perceelniveau inclusief verdamping, het optreden van wateroverlast door peilopzet, het lokaal meten van bodemdaling met eenvoudige apparatuur en de aanleg van biobased biologisch afbreekbare waterinfiltratie met biobased biologisch afbreekbare vezel.

Inhoudsopgave

Samenvatting **3**

Inhoudsopgave **6**

1. Aanleiding **8**

2. Locaties met grootschalige of kleinschalige vernattingsmaatregelen binnen HDSR **10**

3. Kennisvragen per thema **13**

3.1 Bodembeweging en (lange termijn) bodemdaling 13

3.2 Grondwater 14

3.3 Waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit 15

3.4 Watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer 16

3.5 Agrarische bedrijfsvoering 18

3.6 Techniek: (door)ontwikkeling, innovaties en beheer 18

3.7 Broeikasgasemissies 19

3.8 Overige onderzoeken waaraan HDSR bijdraagt 20

4. Thema: Bodembeweging en (lange termijn) bodemdaling **22**

4.1 Methode 22

4.2 Resultaten 25

4.3 Conclusie 32

5. Thema: Grondwater **33**

5.1 Methode 33

5.2 Resultaten 36

5.3 Conclusie 48

6. Thema: Waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit **50**

6.1 Methode 50

6.2 Resultaten 52

6.3 Conclusie 59

7. Thema: Watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer **60**

7.1 Methode 60

7.2 Resultaten 64

7.3 Conclusie 67

8. Thema: Agrarische bedrijfsvoering **68**

8.1 Methode 68

8.2 Resultaten 69

8.3 Conclusie 73

9. Thema: Techniek (door)ontwikkeling, innovaties en beheer **75**

9.1 Methode 75

9.2 Resultaten 78

9.3 Conclusie 84

10. Thema: Broeikasgasemissies **85**

10.1 Methode 85

10.2 Resultaten 86

10.3 Conclusie 88

11. Conclusies en vooruitblik **89**

1. Aanleiding

Bodemdaling in het veenweidegebied heeft belangrijke gevolgen voor zowel de agrarische bedrijfsvoering, het (boven)regionale waterbeheer als de emissie van broeikasgassen.
Voor de agrarische sector is de impact te zien in de stijging van het grondwater en de afname van de drooglegging, wat de bedrijfsvoering uitdagender maakt. In het waterbeheer zorgt de bodemdaling voor toenemende hoogteverschillen, wat het beheer van water complexer maakt en vraagt om innovatieve oplossingen. Daarnaast leidt bodemdaling tot emissie van broeikasgassen, omdat het veen in contact met zuurstof verbrandt (oxideert), wat bijdraagt aan klimaat-verandering.

Het beperken van bodemdaling en de CO_2-uitstoot in het veenweidegebied zijn twee belangrijke strategische uitdagingen voor Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR). HDSR heeft als ambitie om binnen het landelijk gebied van de veenweiden de bodemdaling in 2030 met 50% te reduceren. Deze doelstelling sluit aan bij de landelijke taak om de broeikasgasemissies in het totale veenweidegebied te verminderen, met een vastgestelde reductie van 0,7 Megaton CO_2-uitstoot in 2030.

Regionale pilots én landelijk onderzoek
Om deze ambitie te realiseren hebben samenwerkingsverbanden met HDSR (experimentele) maatregelen geïmplementeerd. Op dit moment zijn er 4 grootschalige pilots aangelegd in het beheergebied van HDSR (voor een 5de pilot is de aanleg in afronding, voor een 6de pilot start de aanleg vermoedelijk in 2025) . Met monitoring volgt HDSR het effect van deze maatregelen, onder andere op het tempo van bodemdaling, de effectiviteit en de praktische haalbaarheid.
Ook is er aandacht voor de neveneffecten van deze maatregelen, zoals waterkwaliteit en ecologie, watervraag en waterpeilbeheer. De pilots zijn aangelegd in Spengen, Lange Weide, Kortrijk Portengen, en in de polders van Vlist. Op enkele andere locaties worden kleinschalige pilots met innovatieve vernattingsmaatregelen uitgevoerd.

Naast de eigen experimentele gebiedsprocessen (pilots) neemt HDSR actief deel in landelijke onderzoeksprogramma's. Deze programma's beogen, zowel het proces van bodemdaling, als ook dat van broeikasgasemissies uit veengronden, beter te begrijpen en te kwantificeren.
Op die manier kunnen ze bijdragen aan de uitvoering van adaptieve en mitigerende maatregelen.

7 thema's in het onderzoeksprogramma vernattingsmaatregelen veenweide HDSR
Rondom de pilots is het onderzoeksprogramma 'vernattingsmaatregelen veenweide HDSR' opgezet. Dit programma richt zich op meer inzicht in 7 thema's:
- Bodembeweging en (lange termijn) bodemdaling
- Grondwater
- Waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit
- Watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer
- Agrarische bedrijfsvoering
- Techniek: (door) ontwikkeling, innovaties en beheer
- Broeikasgasemissies

Een groot deel van het onderzoek gaat over het effect van vernattingsmaatregelen op diverse aspecten. Daarnaast worden de praktijkervaringen en innovatieve technieken onderzocht.

Kennis delen en samenwerken

HDSR sluit met het onderzoeksprogramma 'vernattingsmaatregelen veenweide HDSR' aan bij het Deltaprogramma Zoetwater en het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling. Ook werkt ons waterschap samen met andere veenweidenprovincies en -waterschappen. Samen willen we actief kennis delen en beter inzicht krijgen in de aanpak van bodemdaling. En hoe we het watersysteem beter in kunnen richten om voorbereid te zijn op (extreme) klimaatscenario's.

De resultaten en conclusies van dit onderzoeksrapport delen we op 16 april 2025 bij het HDSR kennissymposium 'Hoe nat kan je gaan? Over effecten en kansen bij vernatting van veen'.
Deze zullen ook op de website van HDSR geplaatst worden[1].

Leeswijzer:

De pilotprojecten zijn in hoofdstuk 2 kort toegelicht. Hoofdstuk 3 beschrijft de thema's van het onderzoeksprogramma 'vernattingsmaatregelen veenweide HDSR'. Per thema is aangegeven welke onderzoeksvragen er zijn en op welke projectlocaties hiervoor monitoring plaatsvindt. De methode en resultaten per onderzoeksvraag zijn beschreven in hoofdstuk 4 tot en met 11. In hoofdstuk 11 is zijn de conclusies en vooruitblik naar de toekomst beschreven.

Met veel plezier bied ik u namens HDSR dit onderzoeksrapport aan. Onderzoek is belangrijk om kennis uit de praktijk verder te ontwikkelen. Zo dragen we bij aan oplossingen voor grote maatschappelijke uitdagingen, zoals het behoud van het veenweidegebied. Dit onderzoek was alleen mogelijk dankzij de samenwerking met en het vertrouwen van vele boeren. Met moed en een duidelijke visie hebben zij samen grootschalige maatregelen genomen om het gebied natter te maken. Het waterschap vindt het belangrijk om kennis samen te ontwikkelen en te delen met anderen. Zo sluiten we aan bij inspirerende onderzoeken in heel Nederland.

Ik wens u veel leesplezier en inspiratie toe.

Bert de Groot
Hoogheemraad van De Stichtse Rijnlanden

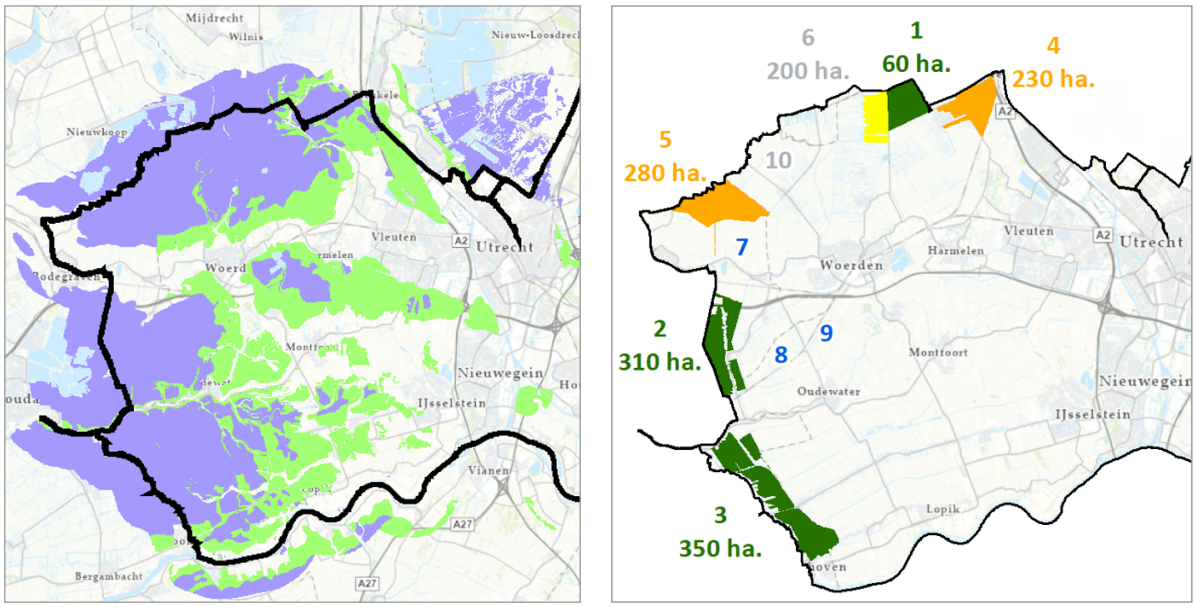
[1] www.hdsr.nl/buurt/bodemdaling/

2. Locaties met grootschalige of kleinschalige vernattingsmaatregelen binnen HDSR

De pilots met vernattingsmaatregelen binnen het beheergebied van HDSR liggen in de westelijke veen- en klei-op-veen gebieden. Op de onderstaande kaart zijn deze gebieden aan de linkerzijde weergegeven in respectievelijk paars en groen.

Op onderstaande kaart zijn aan de rechterzijde de locaties van grootschalige en kleinschalige pilots met vernattingsmaatregelen weergegeven. In de groene gebieden is de aanleg van vernattingsmaatregelen afgerond, de oranje gebieden zijn nog in aanleg en het gele gebied is in voorbereiding. De kleinschalige pilots zijn in het blauw aangegeven.

Op het Kennis Transfer Centrum Zegveld, en de hoogwaterboerderij Zegveld (grijs) zijn ook pilots met vernattingsmaatregelen uitgevoerd. Op deze locaties voeren (deels door HDSR gefinancierd) externe partijen onderzoek uit. Dit onderzoek is niet opgenomen in de voorliggende onderzoeks-rapportage.



Figuur 1. Links bodemkaart HDSR (paars=veen, groen=klei-op-veen, zwart=grens beheergebied HDSR. Bodemkaart gebaseerd op Veenbodemkaart Provincie Utrecht 2008 voor het deel in de provincie Utrecht, en STIBOKA bodemkaart 1:50000 voor het deel in provincie Zuid Holland), rechts locaties gerealiseerde grootschalige of kleinschalige vernattingsmaatregelen (groen= uitgevoerd, oranje=in aanleg, geel=in voorbereiding, blauw=kleinschalige pilot, grijs= KTC Zegveld en Hoogwaterboerderij Zegveld)

De gebiedskenmerken zijn belangrijk bij interpretatie van de monitoring- en onderzoeksresultaten. In de onderstaande tabel zijn deze weergegeven.

Tabel 1: Overzicht gebiedskenmerken per locatie

Locatie	Type infiltratie	Slang-afstand (m)	Kwel/ wegzijging	Drooglegging polder	Type Veen
1. Spengen	AWIS	6	Neutraal/ minimale wegzijging	Klein (35 cm)	Koopveen/ Weideveen
2. Lange Weide	PWIS	6	Neutraal/ minimale kwel	Gemiddeld (45 cm)	Koopveen
3. Vlist	AWIS/PWIS	5-6	Minimale kwel	Groot (60 cm)	Weideveen
4. Kortrijk Portengen	AWIS/PWIS	6	Kwel	Klein (40 cm)	Weideveen/ Waardveen
5. Meijepolder Laag	PWIS	6	Neutraal/ minimale wegzijging/ minimale kwel	Gemiddeld (45 cm)	Koopveen/ Weideveen
6. Oud-Kamerik Oost	AWIS/PWIS	5-6	Minimale wegzijging	Klein (40 cm)	Koopveen
7. Nieuwerbrug aan den Rijn	Greppel	-	Wegzijging	Klein (< 20 cm)	Koopveen/ Weideveen
8. Moldrainage	Mol	4-5	Neutraal/ minimale wegzijging	Gemiddeld (45 cm)	Weideveen/ lichte klei
9. Papekop	Greppel	-	Neutraal/ minimale kwel	Klein (40 cm)	Weideveen
10. Zegveld (KTC en Hoogwaterboerderij)	AWIS/PWIS	Divers	Minimale wegzijging	Verschillend	Koopveen

Weersomstandigheden 2018-2024

De weersomstandigheden hebben invloed op de onderzoeksresultaten. In de onderstaande tabel zijn de jaar- en seizoen overzichten van het KNMI weergegeven*. De jaren 2018, 2019, 2020 en 2022 vallen op als droge jaren. De jaren 2021, 2023 en 2024 zijn getypeerd als normaal tot recordnat.

Tabel 2: Overzicht weeromstandigheden 2018-2024 (bron: KNMI maand- en seizoen overzichten)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Jaar	Extreem warm, extreem zonnig, zeer droog	Zeer warm, zeer zonnig, vrij droog	Extreem warm, droge kant	Gemiddeld normaal	Extreem warm, droog	Record-warm, recordnat	Extreem warm, zeer nat
Zomer	Extreem warm, zeer zonnig, zeer droog	Zeer warm, zeer zonnig, droge kant	Zeer warm, zeer zonnig, normaal neerslag	Normaal, natte kant	Zeer warm, zeer zonnig, normaal neerslag	Zeer warm, zeer zonnig, natte kant	Warm, zonnig, normaal neerslag

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Winter	Vrij zacht, vrij nat, zonnig	Zeer zacht, zeer zonnig, normaal neerslag	Uitzonder-lijk zacht, nat, normaal zon	Vrij zacht, natte kant, zonnige kant	Zeer zacht, normaal zon, natte kant	Zacht, normaal neerslag, vrij zonnig	Zeer zacht, zeer nat, zeer somber

* *www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/*

3. Kennisvragen per thema

De onderzoeken binnen het 'onderzoeksprogramma vernattingsmaatregelen veenweide HDSR' zijn gericht op kennisontwikkeling in 7 verschillende thema's. Een groot deel van het onderzoek gaat over het algemene effect van vernattingsmaatregelen. Bijvoorbeeld op bodemdaling, de grondwaterstand, de extra watervraag en waterkwaliteit. Daarnaast wordt de toepasbaarheid van maatregelen in de praktijk onderzocht. Hierbij gaat het om technische vernattingsmaatregelen, zoals actieve (AWIS) en passieve (PWIS) waterinfiltratiesystemen. Maar ook met innovaties als moldrainage en greppelinfiltratie worden in de praktijk proeven gedaan. De inpasbaarheid binnen bedrijfsvoering van agrariërs en het waterschap speelt een belangrijke rol.

Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende onderzoeksthema's met de bijbehorende onderwerpen en onderzoeksvragen. De onderzoeken, resultaten en antwoorden op de kennisvragen zelf zijn daarna per thema in een afzonderlijk hoofdstuk uitgewerkt.

3.1 Bodembeweging en (lange termijn) bodemdaling

Reductie van lange termijn bodemdaling is één van de hoofddoelen van vernattingsmaatregelen binnen het beheergebied van HDSR. Om het effect van vernattingsmaatregelen te bepalen vindt monitoring plaats. De lange termijn bodemdaling is lastig te bepalen omdat er naast lange termijn bodemdaling ook bodembeweging optreedt die samenhangt met de seizoenen. Daarnaast is lange termijn bodemdaling een langzaam proces dat ook nog eens gevoelig is voor meerjarige variaties in weersomstandigheden.

Het meten van bodemhoogte dient daarom uiterst nauwkeurig en over meerdere jaren te gebeuren. Om de lange termijn bodemdaling te kunnen bepalen is ook inzicht nodig in de korte termijn (seizoen) bodembeweging.

De onderzoeksvragen en -locaties voor het thema bodembeweging en lange termijn bodemdaling zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 3: Overzicht onderzoeksvragen thema Bodembeweging en (lange termijn) bodemdaling

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Bodemdaling trend lange termijn	Hoe groot is de gemeten bodemdaling op lange termijn na aanleg van AWIS/PWIS? Wat is de gemeten bodemdaling reductie als gevolg van waterinfiltratie ten opzichte van de referentie zonder AWIS/PWIS?	Spengen, Lange Weide, Kortrijk Portengen, Vlist, Meijepolder Laag
Seizoenale bodembeweging korte termijn	Hoe groot is de seizoenale bodembeweging van veengrond op percelen met AWIS, en op referentie-percelen? Wat is het verschil in seizoenale bodem-beweging tussen percelen met AWIS, en referentie-percelen?	Spengen
Bodembeweging ruimtelijk korte termijn, geschiktheid en doorontwikkeling INSAR techniek	Kan de bodembeweging hoogfrequent en met hoge ruimtelijke resolutie gevolgd worden met de INSAR techniek? Hoe kan deze techniek mogelijk doorontwikkeld worden voor dit doel?	Lange Weide, Zegveld

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Bodembewegingsverschillen binnen perceel met passieve waterinfiltratie	Waardoor worden de gemeten verschillen in bodembeweging binnen percelen in Lange Weide veroorzaakt? Is dit te relateren aan de (diepere) bodemopbouw? Wat zijn de gevolgen hiervan voor de interpretatie van bodemdalingsmetingen lange termijn?	Lange Weide
Tijdreeksanalyse verband grondwaterstand, neerslag, bodemhoogte*	Is er een verband tussen de gemeten bodemhoogte in het voorjaar, grondwaterstand en neerslag?	Lange Weide
Bodembeweging temporeel hoog resoluut met GNSS RTK*	Kan de bodembeweging temporeel hoog resoluut gemeten worden met GNSS RTK techniek?	Zegveld, Lange Weide

** recent gestart, of toekomstig onderzoek. Nog geen resultaten beschikbaar*

3.2 Grondwater

Het verhogen van de zomergrondwaterstand zorgt voor reductie van bodemdaling en voor reductie van uitstoot van broeikasgassen. De effectiviteit van de maatregel op de grondwaterstand verschilt per vernattingsmaatregel, en per locatie. Met dit onderzoek willen we nagaan welke maatregel op welke locatie het meest effectief is. Met de huidige kennis en inzichten is op dit moment AWIS het meest effectief om de grondwaterstand te verhogen. De effectiviteit van PWIS is mede afhankelijk van het gehanteerde oppervlaktewaterpeil.

Wetenschappelijke onderzoeken naar het effect van maatregelen zijn in eerste instantie veelal uitgevoerd met intensieve metingen op kleine schaal. Dit terwijl vernattingsmaatregelen inmiddels op grote schaal aangelegd worden in polders met variërende gebiedskenmerken. Om inzicht te krijgen in de praktijk is het noodzakelijk om grondwaterstandeffecten ook op grote schaal te onderzoeken. Ook kunnen daarmee eventuele knelpunten in het functioneren van de vernattingsmaatregel gesignaleerd worden.

De onderzoeksvragen en -locaties voor het thema grondwater zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 4: Overzicht onderzoeksvragen thema Grondwater

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Maatregeleffect AWIS	Wat zijn de effecten van AWIS op de grondwaterstanden? Wat is de gemiddelde verhoging van de grondwaterstand, ten opzichte van referentiepercelen?	Spengen, Vlist, Kortrijk Portengen, (Meijepolder Laag)*, (Oud Kamerik)*
Maatregeleffect PWIS	Wat zijn de effecten van PWIS op de grondwaterstanden? Wat is de gemiddelde verhoging van de grondwaterstand, ten opzichte van referentiepercelen?	Lange Weide Kortrijk Portengen, Vlist

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Maatregeleffect dieper gelegen PWIS/AWIS	Wat zijn de effecten van dieper gelegen (>80 cm onder maaiveld) PWIS op de grondwaterstanden? Zijn de grondwaterstanden hierbij nog steeds hoger dan referentiepercelen? Is er een relatie tussen aanlegdiepte van PWIS en maatregeleffect op grondwater?	Vlist
Vergelijking grondwaterstandseffecten tussen gebiedsprojecten	Wat zijn de effecten van alle AWIS/PWIS binnen HDSR op de grondwaterstanden? Vergelijking van effectiviteit tussen de verschillende maatregelen in verschillende gebiedsprojecten.	Spengen, Kortrijk Portengen, Vlist, Lange Weide, (Meijepolder Laag)*, (Oud Kamerik)*
Gerichte grondwaterstandopname	Hoe kan met behulp van tijdelijke peilbuizen de effectiviteit van vernattingsmaatregelen op de grondwaterstand op hoge ruimtelijke resolutie bepaald worden?	Lange Weide, Vlist, Kleinschalige pilots
Detectie van grondwaterstanden met Ground Penetrating Radar	Kunnen grondwaterstanden tijdens droge periode op hoge ruimtelijke resolutie voldoende nauwkeurig bepaald worden met GPR, om bijvoorbeeld de werking van AWIS/PWIS grootschalig en snel te onderzoeken?	Lange Weide
Maatregeleffect AWIS/ PWIS*	Wat zijn de verschillen tussen effecten van PWIS en AWIS op de grondwaterstanden?	Meijepolder Laag

** recent gestart, of toekomstig onderzoek. Nog geen resultaten beschikbaar*

3.3 Waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit

Vernattingsmaatregelen hebben mogelijk effect op de waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit. Door veen te vernatten wordt bodemdaling geremd waardoor op de lange termijn de uitspoeling van nutriënten (die vrijkomen bij het proces van oxidatie) naar het grond- en oppervlaktewater afneemt. Op korte termijn echter kan een grondwaterstandsverhoging (tijdelijk) tot meer uitspoeling leiden, met bijvoorbeeld fosfaat.

In enkele gebiedsgerichte pilots wordt waterkwaliteit en ecologie gemeten om mogelijke effecten (langdurige trends) van het waterinfiltratiesysteem hierop te bepalen. Door de drainerende werking van WIS is het theoretisch gezien mogelijk om nutriënten uit te spoelen naar het oppervlaktewater wat de kwaliteit kan beïnvloeden.

De onderzoeksvragen en -locaties voor het thema waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 5: Overzicht onderzoeksvragen thema Waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Verandering waterkwaliteit en ecologie door grootschalige PWIS	Is er op lange termijn een trend waarneembaar in de waterkwaliteit en ecologie bij aanleg van grootschalige PWIS? Is deze trend te koppelen aan de PWIS?	Lange Weide
Effect diepteligging infiltratiebuizen op waterkwaliteit	Wat is het effect van de diepteligging van infiltratiebuizen op de waterkwaliteit van het uitspoelend grondwater? Zijn de concentraties hoger bij dieper onder maaiveld gelegen PWIS? Zijn er aanwijzingen dat de concentraties in het oppervlaktewater stijgen als gevolg van hoge uitspoelconcentraties?	Vlist
Verlagen fosforconcentraties vanuit AWIS met ijzerzandfilter	Wat is het effect van fosfaatfilters met ijzerzand op de uitspoelconcentraties van nutriënten uit de filterput van AWIS?	Spengen
Biodiversiteit bij klimaatregelen in het westelijk veenweidegebied	Wat zijn de effecten van klimaatmaatregelen, in combinatie met de agrarische bedrijfsvoering en ecologische maatregelen, op de biodiversiteit van het westelijk veenweidegebied?	Spengen, Zegveld, Lange Weide, (buiten HDSR: Ronde Hoep en Groot-Wilnis Vinkeveen)
Verlagen fosforconcentraties vanuit AWIS met fosfaatfilter, grootschalige praktijkpassing*	Wat is het effect van het grootschalig toepassen van fosfaatfilters met ijzerzand op de uitspoelconcentraties van nutriënten uit de filterput van AWIS? Hoe kan het technisch ontwerp van de filterput verder geoptimaliseerd worden?	Oud Kamerik Oost

** recent gestart, of toekomstig onderzoek. Nog geen resultaten beschikbaar*

3.4 Watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer

Grootschalige implementatie van bodemdaling remmende maatregelen zoals de aanleg van WIS kan consequenties hebben voor de watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer in een gebied.

Vernatten van veengronden door het verhogen van het peil en/of het realiseren van WIS verhoogt de watervraag. Vooral tijdens droge zomers moet er voldoende water beschikbaar zijn voor infiltratie via de WIS. Het oppervlaktewaterpeil mag niet te ver uitzakken omdat er anders een risico ontstaat dat er lucht in de WIS komt waardoor deze in de meeste gevallen minder effectief werkt.

Tegelijk neemt door het verhogen van het (grond) waterpeil het bergend vermogen van de bodem af. Hierdoor neemt – in natte perioden - het risico op sneller (en meer) wateroverlast toe.
Met name tijdens hevige neerslag in de zomer en in het voor- en najaar.

De exacte omvang van de extra watervraag en het afnemend waterbergend vermogen heeft gevolgen voor het watersysteem van HDSR. In recente jaren is hier vooral modelmatig aan gerekend. Er is echter nog relatief weinig praktijkonderzoek naar deze onderwerpen.
Daarom investeert HDSR de komende jaren in dit onderzoek.

De effectiviteit van een PWIS-systeem hangt sterk samen met het oppervlaktewaterpeil. Een dynamisch oppervlaktewaterpeil kan bijdragen aan de verhoging van de grondwaterstand in de zomer, en een verlaging van de grondwaterstand in de winter. Het oppervlaktewaterpeilbeheer in een polder is gekoppeld aan diverse randvoorwaarden: er is er verhang nodig om water af te voeren, oeverafkalving moet worden voorkomen en het watersysteem werkt met kunstwerken en automatische regelingen.

Er is weinig ervaring met het toepassen van dynamisch(er) peilbeheer bij grootschalige PWIS. Om meer inzicht en ervaring te krijgen met dit sturingsmechanisme voert HDSR een pilot uit met dynamisch peilbeheer. Samen met belanghebbenden brengt HDSR het proces van dynamisch(er) sturen in de praktijk. HDSR monitort het effect op grondwaterstanden en wat deze manier van peilbeheer betekent voor de bedrijfsvoering.

De onderzoeksvragen en -locaties voor het thema watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 6: Overzicht onderzoeksvragen thema Watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Extra watervraag door PWIS	Hoe ziet de waterbalans eruit op basis van metingen? Kan hieruit de extra watervraag door PWIS afgeleid worden?	Lange Weide
	Hoe groot is de gemeten toename in watervraag door PWIS in Kortrijk Portengen? Komt dit overeen met gemodelleerde toename van de watervraag?	Kortrijk Portengen
Extra watervraag en waterafvoer door AWIS/ PWIS, modellering SWAP	Hoe groot is de gemodelleerde toename van de watervraag en waterafvoer op basis van gemeten grondwaterstanden in Spengen met AWIS en Lange Weide met PWIS?	Spengen, Lange Weide
Proces gezamenlijk sturen dynamisch waterpeil	Hoe kan het oppervlaktewaterpeil gezamenlijk met gebiedspartijen dynamisch gestuurd worden om de effectiviteit van PWIS te vergroten? Wat is het effect van dynamisch(er) peilbeheer op de grondwaterstanden?	Lange Weide
Verdampingstekort watervraag PWIS *	Wat is het verschil in actuele verdamping op een PWIS perceel en een referentieperceel? Hoe groot is de reductie van de verdampingsreductie als gevolg van PWIS?	Oud Kamerik Oost
Praktijkonderzoek waterinfiltratie, peilopzet en wateroverlast*	Zorgt waterinfiltratie in de praktijk voor meer wateroverlast door snellere stijging van het oppervlaktewaterpeil? Heeft de inzet van AWIS hier extra invloed op door versnelde afvoer? Kunnen inundatiebeelden en camerabeelden gebruikt worden voor een inschatting van de grootte van wateroverlast?	Oud Kamerik Oost
Praktijkonderzoek wateroverlast polder breed verschillende typen waterinfiltratie*	Wat is volgens boeren wateroverlast in de praktijk? Wanneer treedt wateroverlast op volgens inundatiebeelden en lokale metingen? Is er een verband met het type WIS en kan peilsturing met de WIS de wateroverlast beperken?	Meijepolder Laag

** recent gestart, of toekomstig onderzoek. Nog geen resultaten beschikbaar*

3.5 Agrarische bedrijfsvoering

Vernattingsmaatregelen kunnen invloed hebben op de agrarische bedrijfsvoering. Dit heeft te maken met draagkracht, plasvorming en rijsporen op de percelen, maar ook met het beheer en onderhoud van installaties, grasopbrengst en de lengte van het weideseizoen. Als een vernattingsmaatregel goed inpasbaar is binnen de agrarische bedrijfsvoering heeft dit potentie voor een succesvolle grootschalige uitrol.

De kennis en ervaring van agrariërs is hierbij erg belangrijk. Waterschap en agrariërs willen van elkaar leren, trekken samen op en wisselen kennis en ervaring uit. Zowel tijdens als na uitvoering van de vernattingsmaatregelen.

De onderzoeksvragen en -locaties voor het thema agrarische bedrijfsvoering zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 7: Overzicht onderzoeksvragen thema Agrarische Bedrijfsvoering

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Effect AWIS op agrarische bedrijfsvoering	Wat zijn de effecten van AWIS op de agrarische bedrijfsvoering?	Spengen, Vlist, Kortrijk Portengen
Effect PWIS op agrarische bedrijfsvoering	Wat zijn de effecten van PWIS op de agrarische bedrijfsvoering?	Lange Weide, Kortrijk Portengen, Vlist
Relatie PWIS, bodemstructuur en kleine drooglegging	Zijn draagkrachtproblemen op de laagste percelen met waterinfiltratie in Lange Weide het gevolg van de PWIS? Of zijn er oorzaken in de bodemstructuur aan te wijzen? Wat kan hieruit geleerd worden voor toekomstige WIS projecten?	Lange Weide

3.6 Techniek: (door)ontwikkeling, innovaties en beheer

De aanleg van AWIS en PWIS wordt op dit moment gezien als beproefde vernattingsmaatregel. Gebruikers blijven zich inzetten op doorontwikkeling van deze techniek, veelal gericht op duurzaamheid en/of beheer en onderhoud. Zo zijn er installaties die draaien op windenergie en op zonne-energie, is er een proef met bio-drains en zijn er praktische aanpassingen aan de eindbuis ontwikkeld.

HDSR stimuleert pilots met kansrijke technische innovaties en volgt met monitoring de effecten en praktijkervaringen. Greppelinfiltratie (met lisdoddeteelt) en moldrainage zijn hier voorbeelden van. Bij greppelinfiltratie wordt continu water (vast)gehouden in de greppel om de grondwaterstand van bovenaf – via de greppel – te verhogen. Bij moldrainage wordt een kleine ondergrondse gang getrokken, zonder het aanbrengen van een kunststof infiltratiebuis. Er is nog weinig praktijkervaring en onderzoek beschikbaar met deze maatregelen. Op initiatief van een paar agrariërs zijn deze maatregelen kleinschalig aangelegd binnen HDSR. Met monitoring worden de effecten en praktijkervaringen onderzocht.

De onderzoeksvragen en -locaties voor het thema techniek; (door)ontwikkeling, innovaties en beheer zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 8: Overzicht onderzoeksvragen thema Techniek: (door)ontwikkeling, innovaties en beheer

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Praktijktoepassing greppelinfiltratie	Wat is het effect van greppelinfiltratie op de grondwaterstanden? Wat zijn de praktijkervaringen van een boer?	Bodegraven Noord, Lange Weide
Praktijktoepassing lisdoddeteelt	Wat is het effect van een combinatie van lisdoddeteelt en greppelinfiltratie op de grondwaterstanden? Wat zijn de praktijkervaringen van een boer?	Papekop
Praktijktoepassing moldrainage	Wat is het effect van moldrainage op de grondwaterstanden? Wat zijn de praktijkervaringen van een boer?	Papekop
Duurzame materialen WIS	Wat is het effect van bio-afbreekbare PWIS op de grondwaterstanden? Is dit effect vergelijkbaar met reguliere kunststof PWIS? Zijn er aanwijzingen voor degradatie van de bio-afbreekbare PWIS?	Kortrijk Portengen
Beheer, onderhoud en inspectie WIS systemen	Hoe functioneert de (bio afbreekbare) waterinfiltratie enkele jaren na aanleg? Zijn er problemen die de technische werking van WIS kunnen beïnvloeden? Hoe kunnen met beheer en onderhoud deze problemen opgelost of voorkomen worden?	Lange Weide
Droogvalpilot WIS*	Wat zijn de gevolgen van een watertekort voor waterinfiltratie? Dalen de grondwaterstanden na afdoppen, raakt het filter verstopt met ijzervlokken? Is reiniging noodzakelijk en hoe kan deze plaatsvinden?	Lange Weide
Biologisch afbreekbare en biobased PWIS met vezelomhulling*	Is de aanleg van biologisch afbreekbare en biobased PWIS vergelijkbaar met reguliere PWIS? Wat is het effect van bio-afbreekbare PWIS op de grondwaterstanden? Is dit effect vergelijkbaar met reguliere kunststof PWIS? Is er een verschil in werking tussen sisal omhulling en biovezel omhulling?	Meijepolder Laag

** recent gestart, of toekomstig onderzoek. Nog geen resultaten beschikbaar*

3.7 Broeikasgasemissies

De reductie van broeikasgasemissies is, naast reductie van bodemdaling, een belangrijk doel van de vernattingsmaatregelen. Als een veenpakket uitdroogt oxideert het veen. Bij dit proces komen broeikasgassen vrij. Om de uitstoot van broeikasgassen tegen te gaan worden vernattingsmaatregelen uitgevoerd. Recent nationaal onderzoek (Nationaal Onderzoek Broeikasgassen Veenweide[2]) stelt dat er een relatie is tussen grondwaterstand en broeikasgasuitstoot voor Nederlandse veenweiden. Met monitoring van grondwaterstanden kan de emissiereductie berekend worden. Het NOBV voert emissie metingen uit op pilotlocaties van HDSR.
De onderzoeksvragen en -locaties voor het thema Broeikasgasemissies zijn in onderstaande tabel weergegeven.

[2] www.nobveenweiden.nl

Tabel 9: Overzicht onderzoeksvragen thema Broeikasgasemissies

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Emissiereductie effect door gemeten grondwaterstands-verhoging	Hoe groot is de reductie van broeikasgasemissies door gemeten verhoging van de grondwaterstanden in projectgebieden met vernattingsmaatregelen?	Spengen, Kortrijk, Portengen, Vlist, Lange Weide

3.8 Overige onderzoeken waaraan HDSR bijdraagt

Kennisontwikkeling en kennis delen is belangrijk! HDSR draagt samen met andere partijen actief bij aan deze kennisopbouw. Dit doen we door te participeren (personeel/financieel) in landelijke onderzoeken of organisaties. Onderstaande tabel geeft een overzicht van onderzoeken waaraan HDSR momenteel een bijdrage levert. Per onderzoek is een korte beschrijving weergegeven.

Tabel 10: Overzicht van externe onderzoeken waaraan HDSR een bijdrage levert

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Nationaal Onderzoek Broeikasgassen Veenweide[3]	Wat zijn de effecten van verschillende maatregelen tegen bodemdaling op de broeikasgasuitstoot?	Veengebied Nederland (onder andere in Lange Weide PWIS)
VIP-NL: Boeren op Hoog water[4]	Wat is het effect van een grondwaterstand van 20 centimeter onder maaiveld op een melkveehouderij in veenweidegebied?	Hoogwaterboerderij Zegveld
VIP-NL: Klei in veen[5]	Kunnen broeikasgasemissies gereduceerd worden door het opbrengen van een dun laagje klei op het veen?	Veengebied Nederland
VIP-NL: Greppelinfiltratie[6]	Is greppelinfiltratie als goedkope en laagdrempelige maatregel effectief bodemdaling en broeikasgassen te reduceren?	Veengebied Nederland
VIP-NL: Veenweidesloot van de toekomst[7]	Hoe ziet de inrichting, beheer en onderhoud eruit van een toekomstbestendige sloot die bijdraagt aan biodiversiteit, klimaat en landbouw?	Veengebied Nederland
VIP-NL: Revisit WIS[8]	Hoe kan installatie, beheer en onderhoud van WIS verbeterd worden?	Veengebied Nederland
Living On Soft Soils[9]	Hoe werkt bodemdaling, hoe kan deze voorspelt worden, welke technische, bestuurlijke of juridische maatregelen zijn er mogelijk?	Veengebied Nederland
Kenniscentrum Bodemdaling Funderingen: kennisexpeditie landelijk gebied/WIS[10]	Wat zijn de actuele kennisvragen rondom bodemdaling in landelijk gebied, waar zijn kennishiaten en is onderzoek nodig?	Veengebied Nederland

[3] www.nobveenweiden.nl

[4] vip-nl.nl/portfolio-item/themasheet-boeren-op-hoog-water/

[5] vip-nl.nl/portfolio-item/themasheet-klei-in-veen/

[6] vip-nl.nl/portfolio-item/themasheet-greppelinfiltratie/

[7] vip-nl.nl/portfolio-item/themasheet-veenweidensloot-van-de-toekomst/

[8] vip-nl.nl/vipnl-vraagt-financiering-aan-voor-nieuw-onderzoek/

[9] nwa-loss.nl/

[10] www.kbf.nl/nieuws/nieuws-vanuit-de-deelexpeditie-waterinfiltratiesystemen-wis-landelijk-gebied/

Onderwerp	Onderzoeksvraag	Locatie
Decreasing Greenhouse gas emissions from surface waters by climate-smart water management (DIGS)[11]	Hoe groot is de broeikasgasemissie van veenweidesloten, en waar wordt deze door veroorzaakt?	Veengebied Nederland
STOWA kennisprogramma Veen&Water[12]	Beantwoording van kennisvragen gericht op de gevolgen van vernattingsmaatregelen voor het waterbeheer van waterschappen	Veengebied Nederland
Impactstudie grondwaterstandverhoging veenweiden	Modelmatige scenariostudie naar de impact van grootschalige vernattingsmaatregelen op o.a. de watervraag en wateroverlast	Provincie Utrecht en Provincie Zuid-Holland (2 losse onderzoeken)

[11] www.ru.nl/en/research/research-projects/digs

[12] www.stowa.nl/onderwerpen/klimaatadaptatie/zoetwatertekort-droogte/programma-veen-en-water

4 Thema: Bodembeweging en (lange termijn) bodemdaling

Dit hoofdstuk gaat in op het onderzoek naar bodembeweging en lange termijn bodemdaling. Het beschrijft in paragraaf 4.1 de (verschillende) onderzoeksmethode(n) die hierbij worden gebruikt. De resultaten en conclusies zijn in paragraaf 4.2 per onderzoeklocatie beschreven.

4.1 Methode

4.1.1 Bodemdaling trend lange termijn, seizoenale beweging korte termijn (landmeten)

De bodemhoogte is gemeten met waterpassing door een landmeter volgens een gestandaardiseerde methode. De gestandaardiseerde landmeetmethode bestaat uit lengte- en dwarsraaien op percelen mét en zonder vernattingsmaatregelen. Op de raaien worden om de 5 tot 10 meter 20 hoogtemetingen gedaan in een cirkel met 1 meter doorsnede. Vervolgens wordt de mediane hoogte van deze 20 hoogtemetingen bepaald; deze hoogte wordt gebruikt als representatieve hoogte in de analyses.

Voor het bepalen van de bodemdaling trend lange termijn is één keer per jaar in het voorjaar de bodemhoogte ingemeten. Bij voorkeur op een moment waarbij de bodemverzadiging maximaal is. In enkele projecten wordt de bodemhoogte bij aanvang van het project ingemeten en vervolgens minimaal enkele jaren later.

Het bepalen van de seizoenale bodembeweging op de korte termijn vereist minimaal 4-jaarlijks een hoogtemeting. Dit is uitgevoerd sinds 2017 binnen de bedrijvenproef Spengen op percelen met AWIS en op referentiepercelen.

Deltares en HDSR hebben in Lange Weide een tijdreeksanalyse uitgevoerd op de bodemhoogtemetingen van 2020 tot en met 2024.

Figuur 2. Uitvoering van een bodemhoogtemeting door een landmeter met waterpas

4.1.2 Bodembeweging ruimtelijk korte termijn, geschiktheid en doorontwikkeling INSAR techniek

De INSAR satelliet meet met radarstraling vanuit de ruimte bodembeweging. Deze techniek is nog in ontwikkeling en heeft de potentie om in ruimte en tijd hoog resoluut te meten. Daarvoor zijn lokale ijkpunten nodig met reflectoren. De reflector is een experimentele constructie die mee-beweegt met de bodem. Ter controle worden de reflector en bodemhoogte door een landmeter 1-3 maandelijks ingemeten. De hoogtemetingen van de satelliet worden door een externe partij met een complex algoritme verwerkt. Vervolgens kunnen deze vergeleken worden met de lokaal gemeten hoogten door de landmeter, grondwaterstanden en bodemvocht. De grootste uitdaging is vervolgens het koppelen van de lokale metingen aan ruimtelijke satellietbeelden.

De meetlocatie in Zegveld ligt op de proefboerderij van Kennis Transfer Centrum Zegveld.
De locatie Lange Weide ligt bij een agrariër op een veenweideperceel met passieve waterinfiltratie.

Figuur 3. Reflector ontwerp HDSR (links) en meetlocaties (rechts)

4.1.3 Bodembewegingsverschillen binnen perceel met passieve waterinfiltratie (grondboringen diepe bodemopbouw)

Uit nationaal onderzoek (NOBV) blijkt dat de opbouw van de diepe ondergrond een grote rol speelt in de bodembeweging aan maaiveld. Daarom heeft Deltares met grondboringen de diepe bodemopbouw onderzocht op een perceel met passieve waterinfiltratie in Lange Weide. De grondwaterstanden, gemeten bodemhoogtes en grondboringen van dit perceel zijn gebruikt om onderlinge relaties te onderzoeken.

Toekomstige onderzoeken

In dit kader worden de onderzoeken beschreven die recent gestart zijn, of in de toekomst gestart worden.

Toekomst: Tijdreeksanalyse verband grondwaterstand, neerslag, bodemhoogte

Bodemhoogtemetingen zijn over het algemeen eenmalig in het voorjaar uitgevoerd met wisselende hydrologische condities. Daardoor treedt er tussen voorjaren niet altijd bodemdaling op zoals verwacht, maar juist bodemstijging. De bodemhoogte wordt mede bepaald door variabelen, zoals grondwaterstand en neerslag. Er is een tijdreeksanalyse nodig om een mogelijk verband te onderzoeken. Er zijn op dit moment nog geen resultaten beschikbaar, deze volgen eind 2025.

Toekomst: Bodembeweging temporeel hoog resoluut met GNSS RTK

In 2024 is er een GNSS RTK sensor op de markt gekomen welke mogelijk nauwkeurig genoeg kan meten om de bodembeweging hoogfrequent in de tijd te kunnen volgen. De basistechniek is afkomstig uit de bouwsector waarbij zetting van grondlichamen gemeten wordt. De sensor heeft de potentie om het meetnet van hoogfrequente bodembeweging eenvoudig en kosteneffectief uit te breiden.

Op 3 meetlocaties met onderzoek naar de INSAR techniek, zie enkele onderdelen hiervoor, is de GNSS RTK sensor in december 2024 geplaatst. Meetresultaten van deze sensor kunnen vergeleken worden met de andere bodembewegingsdata verzameld op deze meetlocaties. Er zijn op dit moment nog geen resultaten beschikbaar, deze volgen eind 2025.

GNSS RTK sensor voor het meten van bodembeweging

4.1.4 Overzicht methode bodembeweging en lange termijn bodemdaling

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de meetmethode voor het beantwoorden van de kennisvragen voor het thema bodembeweging en lange termijn bodemdaling

Tabel 11: Overzicht methode Bodembeweging en lange termijn bodemdaling

Titel	Methode	Locatie	Frequentie	Aanvang
Bodemdaling trend lange termijn	Waterpassing volgens gestandaardiseerde methode	Spengen	4x jaar	2017
		Lange Weide	1x jaar	2020
		Vlist		2022
		Kortrijk, Portengen		2021
		Meijepolder Laag		2023
Seizoenale bodembeweging korte termijn	Waterpassing volgens gestandaardiseerde methode	Spengen	4x jaar	2017
Bodembeweging ruimtelijk korte termijn, geschiktheid en doorontwikkeling INSAR techniek	Reflectoren op veen, peilbuizen, bodemvocht-sensoren	Zegveld	2 reflectoren	2019
		Lange Weide	1 reflector	2019
Bodembewegingsverschillen binnen perceel met passieve waterinfiltratie	Bodemonderzoek diepe bodemopbouw, tijdreeks-analyse	Lange Weide	Eenmalig	2024
Bodembeweging temporeel hoog resoluut met GNSS RTK*	GNSS RTK	Zegveld	Dagelijks	2025
		Lange Weide	Dagelijks	2025

** er zijn nog te weinig resultaten beschikbaar voor de rapportage*

4.2 Resultaten

In dit onderdeel worden de resultaten van het onderzoek per kennisvraag behandeld.

4.2.1 Bodemdaling trend lange termijn, seizoenale beweging korte termijn (landmeten)

Spengen

De bodemhoogtemetingen in Spengen worden uitgevoerd op actieve waterinfiltratiepercelen, en referentiepercelen. De metingen zijn gestart in 2017 en eindigen in 2025.

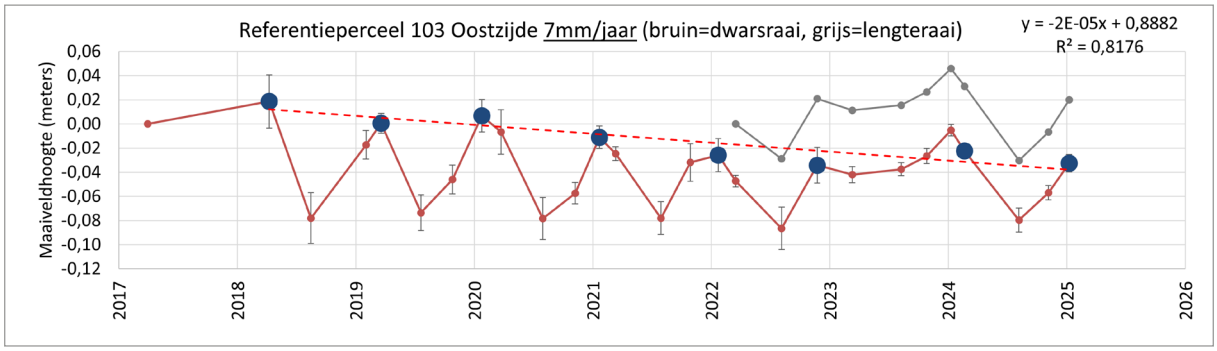
Op een referentieperceel is een bodemdaling trend gevonden van 7 mm/jaar[13] (zie figuur 4). Op twee AWIS percelen is een bodemdaling trend gevonden van 3-4 mm/jaar (zie figuur 5 en figuur 6). Daarbij is sinds 2017 elke winter de hoogst gemeten bodemhoogte gebruikt voor het bepalen van de trend

[13] Hoekstra et al., 2022, Bedrijvenproef Spengen 2017-2021, eindrapportage mei 2022

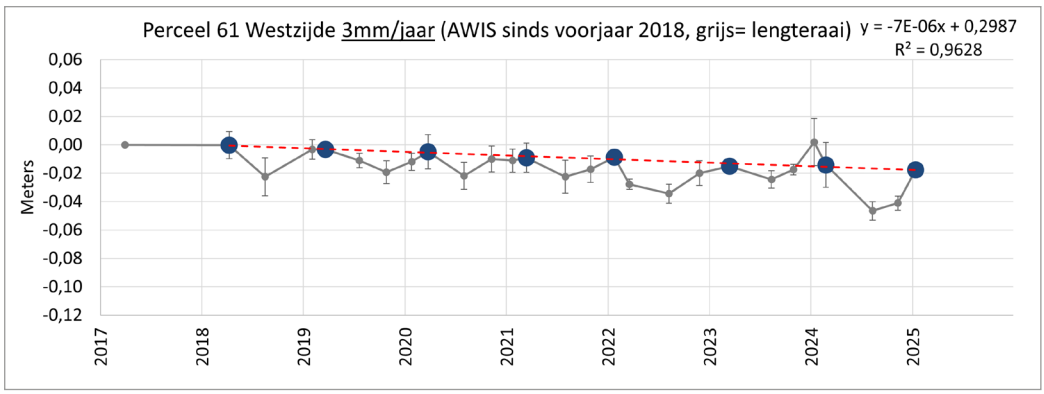
Opvallend zijn de bodemhoogtes in 2023 welke het dalende patroon in de zomer weinig tot niet volgen. Dit is veroorzaakt door het recordnatte jaar[14]. Alleen mei en juni zijn 'droog' geweest, terwijl in augustus over het algemeen gemeten wordt en het hoogtepunt van de zomer met de laagste grondwaterstanden verwacht wordt.

De bodemdaling trend is deels verstoord doordat de bodemhoogte in februari 2024 opvallend hoog is, vergeleken met voorgaande jaren waarbij de bodemhoogte in het voorjaar meestal elk jaar lager is geworden.

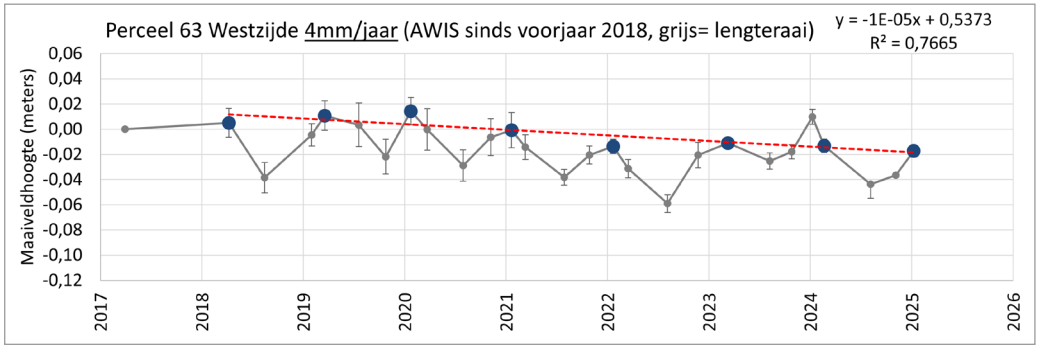
Vorst in de grond veroorzaakte in het voorjaar van 2024 een bodemhoogtestijging van 10-20 mm. Deze meetronde is daarom niet gebruikt voor de trendbepaling. De seizoenale bodembeweging bedraagt maximaal 10 cm.



Figuur 4. Bodemhoogtemetingen in oostelijk deel Spengen; referentieperceel 2017-2024



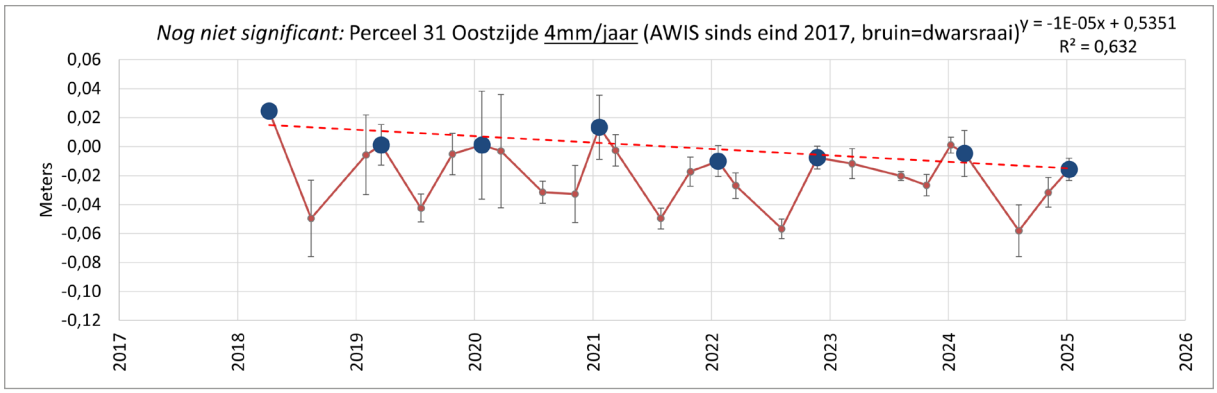
Figuur 5. Bodemhoogtemetingen in westelijk deel Spengen; AWIS perceel 2017-2024



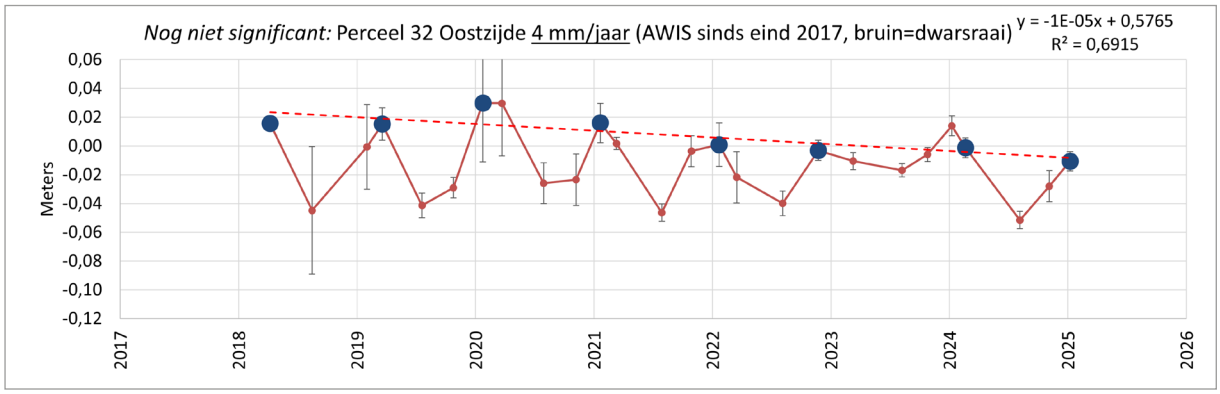
Figuur 6. Bodemhoogtemetingen in westelijk deel Spengen: AWIS perceel 2017-2024

[14] KNMI, jaaroverzicht 2023, KNMI - Jaar 2023

In de onderstaande figuren zijn de percelen weergegeven waarbij er bijna een statisch significant verband is gevonden (R2 > 0,70). Het gaat om twee percelen met AWIS in het oostelijk deel met een voorzichtige bodemdaling trend van 4 mm/jaar.



Figuur 7. *Bodemhoogtemetingen in oostelijk deel Spengen: AWIS perceel 2017-2024*

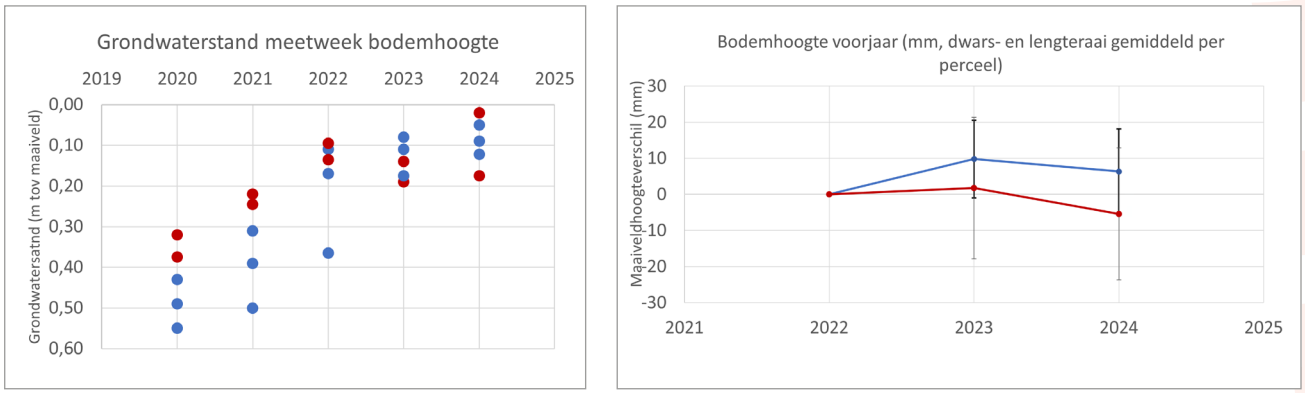


Figuur 8. *Bodemhoogtemetingen in oostelijk deel Spengen: AWIS perceel 2017-2024*

Lange Weide

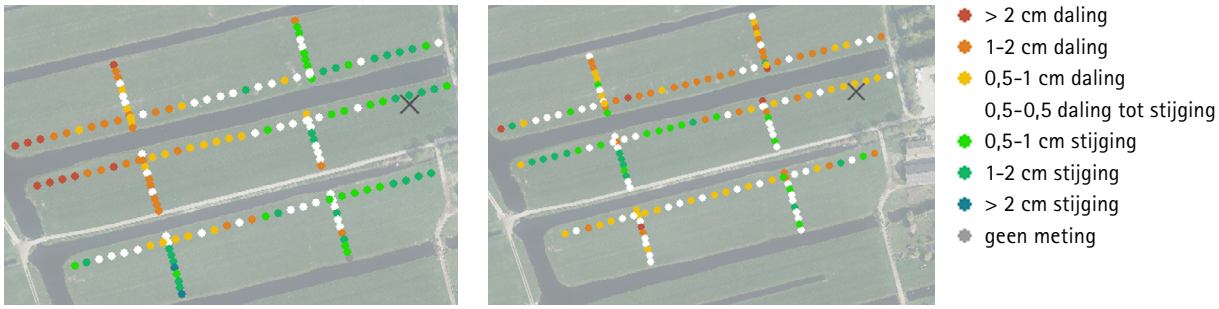
In Lange Weide is 5 voorjaren gemeten aan de bodemhoogte met passieve waterinfiltratie, en 4 voorjaren met referentie.

Het meetmoment van de bodemhoogte is op wisselende momenten in het voorjaar uitgevoerd. Bij de eerste twee meetronden in 2020 en 2021 was de voorgaande winter en grondwaterstand lager dan de drie meetronden daarna (zie figuur 9). Daarom is 2022 gebruikt als startjaar voor de bodemdaling trend. De samenvatting van alle percelen is weergegeven in figuur 9. De bodemhoogte van de referentiepercelen is licht gedaald met ongeveer 5 mm sinds 2022, terwijl de WIS percelen een bodemstijging laten zien van ongeveer 8 mm. Er is een langere meetreeks nodig om een uitspraak te kunnen doen over de lange termijn bodemdaling trend.



Figuur 9. Bodemhoogtemeting Lange Weide met grondwaterstand tijdens de meetweek (links) en bodemhoogtemetingen sinds 2022 (rechts) met PWIS (blauwe lijn) en referentie (rode lijn)

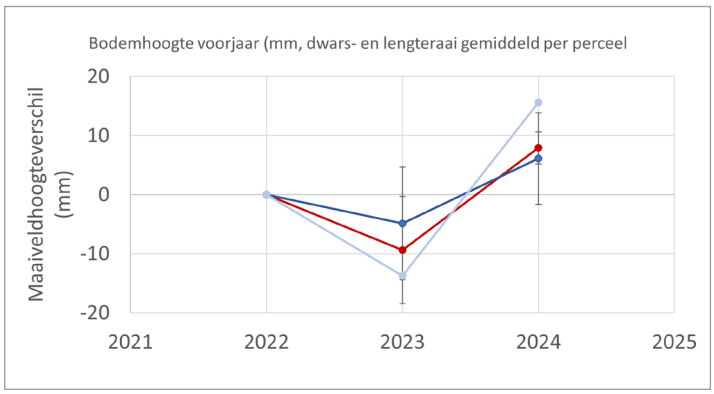
In de bodemhoogtemetingen valt op dat er binnen percelen grote verschillen optreden in bodembeweging. Er vindt zowel (reversibele) bodemdaling als (inreversibele) bodemstijging plaats. Ook valt op dat het patroon van stijging en daling binnen hetzelfde perceel varieert per jaar. Zie het voorbeeld in figuur 10. Mogelijk dat dit veroorzaakt wordt door variabiliteit in de diepere ondergrond (zie Bodembewegingsverschillen binnen perceel met passieve waterinfiltratie).



Figuur 10. Voorbeeld bodembeweging tussen voorjaar 2021-2022 (links) en voorjaar 2023-2024 (rechts) met passieve waterinfiltratie in Lange Weide

Vlist

In 2022 is gestart met het de bodemhoogtemetingen. De samenvatting van alle percelen is weergegeven in figuur 11. De bodemhoogte in 2024 is gestegen ten opzichte van 2022 met 8 mm voor de referentiepercelen, 16 mm voor de AWIS percelen en 6 mm voor de PWIS percelen. Er is een langere meetreeks nodig om een uitspraak te kunnen doen over de lange termijn bodemdaling trend.



Figuur 11. Bodemhoogtemeting Vlist met bodemhoogtemetingen sinds 2022 met PWIS (donkerblauwe lijn), AWIS (lichtblauwe lijn) en referentie (rode lijn)

De percelen van PWIS, AWIS en referentie zijn in tabel 12 apart gemiddeld per meetjaar. Duidelijk zichtbaar is het grote verschil tussen meetjaren voor sommige PWIS percelen, AWIS en referentie. Gemiddeld gezien is de variatie bij de referentiepercelen groter dan de PWIS percelen.

De bodemhoogtebeweging over de drie meetjaren heeft diverse resultaten opgeleverd. Het deelgebied Bonrepas en Vlistzijde Oost laten een duidelijk patroon zien waarbij in 2023 de bodemhoogte is gezakt ten opzichte van het voorjaar 2022. In het voorjaar van 2024 is de bodemhoogte gestegen ten opzichte van het voorjaar 2023. In gebied Keulevaart lijkt er minder bodembeweging te zijn per perceel. Percelen 8 en 9 laten namelijk nauwelijks bodemhoogteverandering zien en volgen bovendien niet het patroon van Bonrepas en Vlistzijde-Oost, terwijl perceel 10 dit wel doet. Toekomstige metingen moeten uitwijzen of deze patronen zo blijven.

Tabel 12: Vlist bodembeweging, perceel gemiddelde resultaten per jaar, t.o.v. het beginjaar 2022. Blauw/groene tinten geven bodemstijging aan, oranje en rode tinten geven bodemdaling aan. Een beweging kleiner dan 5 mm (daling of stijging) heeft geen kleur. Drooglegging betreft gemiddelde van het perceel, bij winterpeil.

	Bonrepas				Vlistzijde Oost			Keulevaart				
Perceel	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**		
Type	**PWIS**	**REF**	**PWIS**	**AWIS**	**REF**	**PWIS**	**PWIS**	**PWIS**	**PWIS**	**REF**	**Gem. REF**	**Gem. PWIS**
Drooglegging (m-mv)	0,64	0,56	0,61	0,56	0,58	0,53	0,51	0,53	0,67	0,62	**0,59**	**0,58**
2023	-5	-8	-6	-14	-19	-1	-23	3	2	-1	**-9**	**-5**
2024	16	5	7	16	9	14	-4	0	4	10	**8**	**6**

Kortrijk Portengen, Meijepolder Laag

In Kortrijk Portengen is in maart 2021 een bodemhoogtemeting gedaan van percelen met passieve waterinfiltratie en referentie. In 2026 zal opnieuw een bodemhoogtemeting verricht worden.

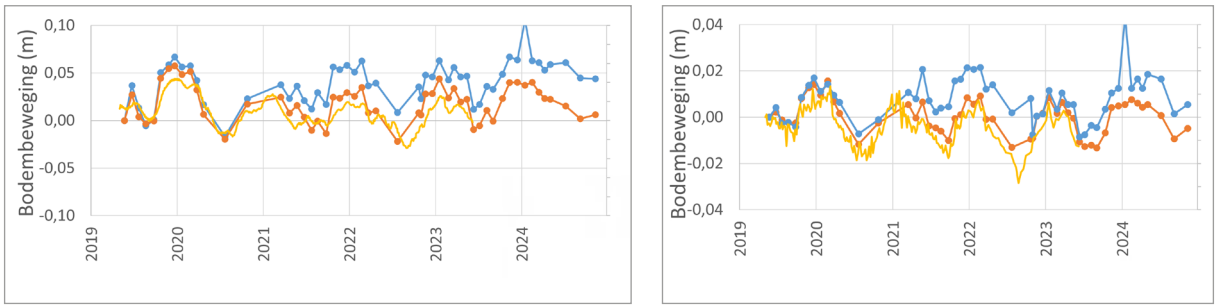
In Meijepolder Laag is op 2 percelen in februari 2023 een bodemhoogtemeting uitgevoerd van referentiepercelen. De volgende grootschalige bodemhoogtemeting zal na aanleg van waterinfiltratie plaatsvinden in het voorjaar van 2025.

4.2.2 Bodembeweging ruimtelijk korte termijn, geschiktheid en doorontwikkeling INSAR techniek

Uit de metingen op de locaties Zegveld en Lange Weide blijkt dat de reflector meebeweegt met de seizoenale bodembeweging van het maaiveld. De beweging van de reflector is niet exact gelijk aan de beweging van het maaiveld. Ondanks het experimentele ontwerp heeft er vermoedelijk zetting plaatsgevonden. De zetting is niet verder toegenomen door een aanpassing aan het gewicht van de reflector.

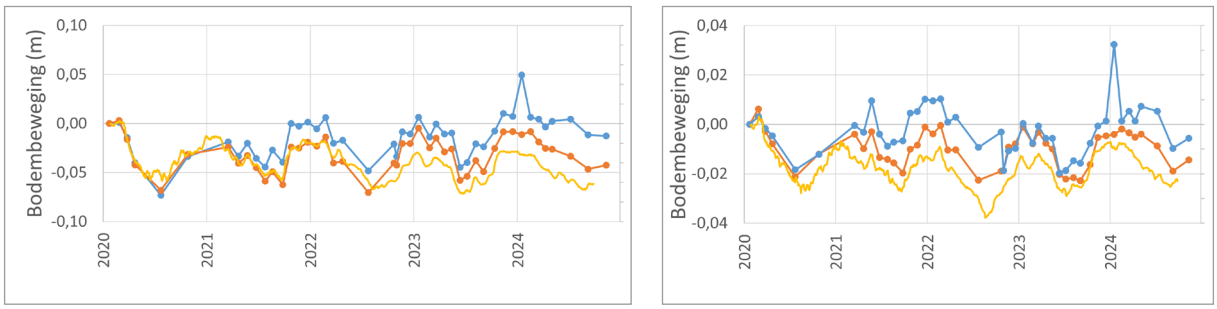
Ook valt op dat eind 2023 tot begin 2024 de bodem door de zeer natte omstandigheden langdurig hoog blijft, terwijl de reflector zakt. Dit heeft te maken met een deels verstoorde bodem onder de reflector waardoor het zwelgedrag en draagkracht in dergelijke extreem natte omstandigheden beïnvloedt kan worden.

De met INSAR satelliet gemeten bodemhoogte 2019 tot 2023 staat weergegeven in figuur 12. De INSAR tijdreeksen komen relatief goed overeen met de ingemeten reflectorhoogte. In Zegveld is er een grotere totale bodembeweging gemeten dan in Lange Weide. Het INSAR signaal lijkt daling van de bodem nauwkeuriger te volgen dan stijging van de bodem.



Figuur 12. *Bodemhoogtemeting met 2 INSAR satellieten voor een meetlocatie in Zegveld (links) en een meetlocatie in Driebruggen (rechts) 2019-2024 (blauw= bodembeweging nabijgelegen maaiveld, oranje=beweging reflector, geel=INSAR bodembeweging met 2 satellieten)*

In 2024 is opnieuw een INSAR analyse gedaan om de INSAR tijdreeks te verlengen. Echter is er wel één van de twee satellieten defect geraakt waardoor er minder data beschikbaar was. In figuur 13 zijn de resultaten weergegeven. Ook met één satelliet komen de INSAR tijdreeksen relatief goed overeen met de gemeten bodemhoogte. Het volgen van de bodemstijging lijkt opnieuw een uitdaging.



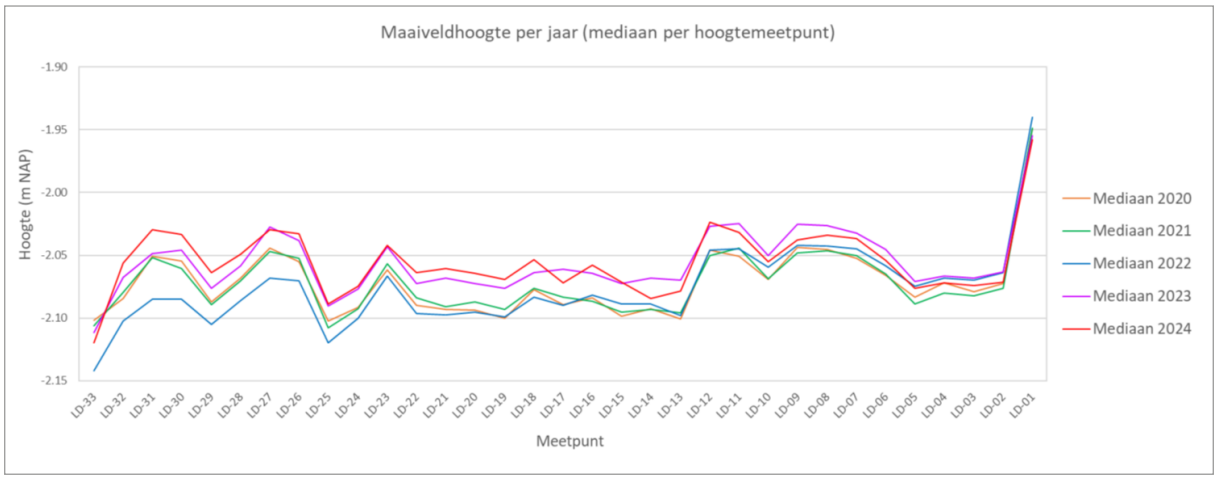
Figuur 13. *Bodemhoogtemeting met 1 INSAR satelliet voor een meetlocatie in Zegveld (links) en een meetlocatie in Driebruggen (rechts) 2019-2024 (blauw= bodembeweging nabijgelegen maaiveld, oranje=beweging reflector, geel=INSAR bodembeweging met 1 satelliet)*

4.2.3 Bodembewegingsverschillen binnen perceel met passieve waterinfiltratie (diepe grondboringen)

Deltares heeft in polder Lange Weide 7 diepe grondboringen uitgevoerd. Het westelijk deel van het perceel heeft een andere bodemopbouw dan de rest van het perceel. In de westelijk gelegen ondergrond start vanaf 1,10 meter een kleilaag met vervolgens voornamelijk klei in de ondergrond. In de rest van het perceel start de kleilaag pas op ongeveer 3 meter onder maaiveld. Gedurende de meetjaren 2020-2024 is de bodembeweging aan maaiveld het grootste in het westelijk deel van het perceel.

Figuur 14. Veldwerk door Deltares met grondboringen op een perceel in Lange Weide met PWIS

Op basis van de kleilagen in de ondergrond is de verwachting dat het westelijk deel van het perceel een kleinere bodembeweging heeft dan de rest van het perceel. Dit is echter het tegenovergestelde van de gemeten bodemhoogtebeweging. De verschillen in bodembeweging worden naast verschillen in de opbouw van de ondergrond mogelijk veroorzaakt door onder andere: verschillen in bodembeweging per bodemtype in de tijd (en het moment waarop de bodemhoogte tijdens de bodembeweging is gemeten), lokale grondwaterstanden, afstand tot watervoerend element en type kleigrond.



Figuur 15. Gemeten bodemhoogte per jaar voor het perceel (Van Asselen, Deltares, november 2024, memo bodembeweging en opbouw van de ondergrond in Lange Weide)

4.3 Conclusie

De belangrijkste conclusies uit de voorgaande paragrafen zijn hier samengevat:

- **Spengen**
  - Bodemdaling trend lange termijn AWIS: Met de metingen zien we op het referentieperceel een bodemdaling trend van 7 mm/jaar, op de twee AWIS percelen is deze 3-4 mm/jaar (ook is er bijna een trend zichtbaar op twee andere AWIS percelen van 4 mm/jaar). Seizoenale bodembeweging AWIS: De metingen van 2018-2024 laten een maximale seizoenale bodembeweging zien van 100 mm. Vorst zorgt voor een bodemstijging van 10-20 mm.
- **Lange Weide**
  - Bodemdaling trend lange termijn PWIS: De gemiddelde daling van de referentiepercelen is 5 mm sinds 2022. De gemiddelde stijging van de PWIS percelen is 8 mm sinds 2022. De meetreeks is nog te kort om een lange termijn trend de bepalen. De bodembeweging binnen een perceel varieert van bodemstijging tot bodemdaling tussen de verschillende voorjaren. Elk voorjaar laat een ander ruimtelijk patroon zien. De oorzaak hiervan zit in de verschillen in opbouw van diepere (klei)lagen in de ondergrond. Maar ook in verschillen in bodembeweging per bodemtype in de tijd, lokale grondwaterstanden, afstand tot watervoerend element en het type kleigrond.
- **Vlist**
  - Bodemdaling trend lange termijn PWIS/AWIS: De gemiddelde stijging van de referentiepercelen is 8 mm sinds 2022, de gemiddelde stijging van AWIS percelen is 16 mm sinds 2022, de gemiddelde stijging van PWIS percelen is 6 mm sinds 2022. Het bodembeweging patroon varieert per deelgebied en drooglegging. De meetreeks is nog te kort om een trend te bepalen.
- **Reflectoren**

  Met INSAR reflectoren kan de lokaal gemeten bodembeweging relatief goed gevolgd worden.

5 Thema: Grondwater

Dit hoofdstuk gaat in op het onderzoek naar grondwater. Het beschrijft in 5.1 de (verschillende) onderzoeksmethode(n) die hierbij worden gebruikt. Per onderzoek locatie worden de resultaten en conclusies beschreven in 5.2.

5.1 Methode

5.1.1 Maatregeleffect AWIS/PWIS, dieper gelegen PWIS (peilbuizen)

Grondwater wordt gemeten met een peilbuis. Een peilbuis fungeert als een niveaumeting waarbij een druklogger die in de stijgbuis hangt (of ter plaatse met een peillint) elk uur de waterdruk registreert, waar vervolgens de grondwaterstand mee kan worden berekend. Deze wordt vaak uitgedrukt in meters ten opzichte van NAP of ten opzichte van het maaiveldniveau. Voor dit onderzoek geldt dat zogeheten 'freatische filters' worden gebruikt welke de ondiepe grondwaterstand meten. Met handmetingen worden de gemeten grondwaterstanden gevalideerd. Door de bodembeweging van het veen is verankering (bevestiging aan een vast punt) van de peilbuizen noodzakelijk.

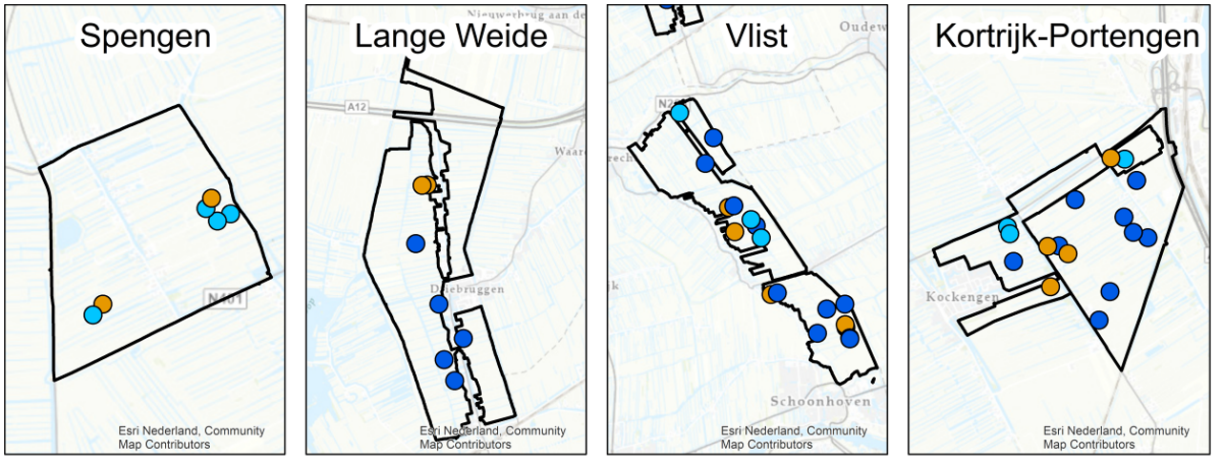
Alle peilbuizen op percelen met infiltratieslangen zijn midden tussen twee infiltratieslangen geplaatst. De afstand tot de sloot is zoveel mogelijk gelijk gehouden voor alle peilbuizen.
De peilbuizen zijn verdeeld over de verschillende typen maatregelen (AWIS/PWIS). In de Vlist is ook de aanlegdiepte van de WIS meegenomen bij de inrichting van het meetnet. In onderstaande tabel en figuur is een overzicht per projectgebied weergegeven.

Bij greppelinfiltratie en moldrainage worden ook grondwaterstanden gemeten volgens dezelfde methode. Deze zijn niet meegenomen in onderstaand overzicht (zie voor meer informatie hoofdstuk 9).

Tabel 13: Overzicht aantal peilbuizen per projectgebied

Aantal peilbuizen	Spengen*	Lange Weide	Vlist	Kortrijk Portengen
PWIS	6	7	19	16
AWIS	4	0	3	3
Referentie	2	2	5	4
Totaal	12	9	27	23

** Een deel van het meetnet is in 2022 opgeheven, 12 peilbuizen resteren*



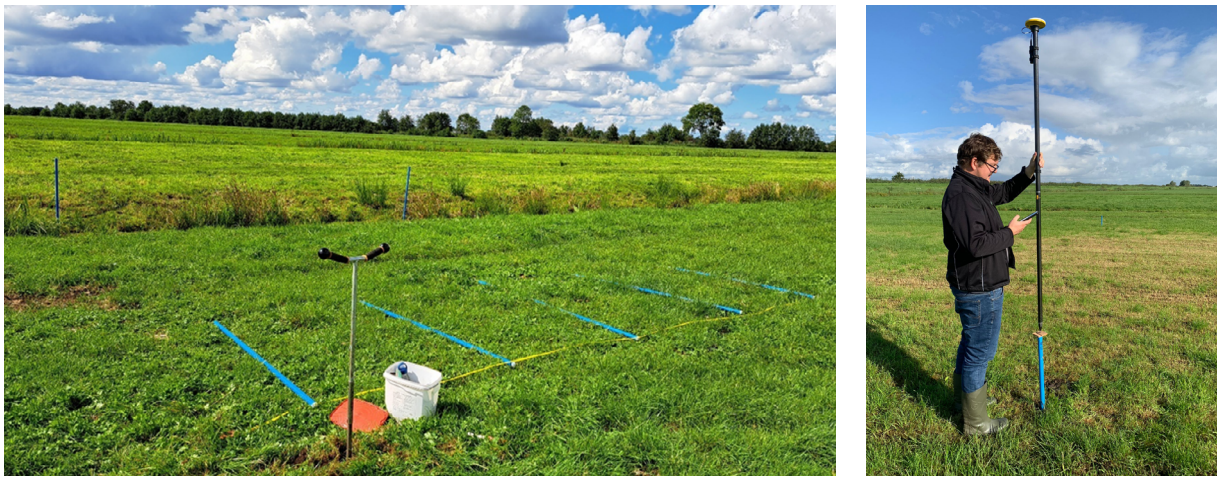
Figuur 16. Overzicht peilbuizen per projectgebied (donkerblauw=PWIS, lichtblauw=AWIS, oranje=referentie)

5.1.2 Vergelijking grondwaterstandseffecten tussen gebiedsprojecten (tijdreeksanalyse)

De grondwaterstandseffecten van de vernattingsmaatregelen zijn de hierboven beschreven methode per projectgebied onderzocht. De effecten per project zijn met elkaar vergeleken. Dit vergt een systematische aanpak van de analyse van de grondwaterstand bij verschillende maatregelen per polder. Hiervoor zijn per maatregel en referentie voor elke polder de gemiddelde grondwaterstanden per kwartaal en voor het zomerhalfjaar (1 april tot 1 oktober) bepaald. Verschillen in het type WIS (actief of passief) zijn hierin meegenomen.

5.1.3 Gerichte grondwaterstandsopname (tijdelijke peilbuizen)

De gerichte grondwaterstandsopname is een methode waarbij met behulp van tijdelijke peilbuizen de freatische grondwaterstand gedurende enkele dagen met een hoge ruimtelijke dichtheid gemeten kan worden. Dit is mogelijk omdat de eenvoudige peilbuizen makkelijk te installeren, in te meten en te verwijderen zijn. Het doel van deze metingen is het opsporen van ruimtelijke verschillen in grondwaterstanden, veroorzaakt door perceeleigenschappen of door mogelijk technische problemen met de WIS of moldrainage (o.a. verstopping).



Figuur 17. Uitzetten van een gerichte grondwaterstandopname tussen moldrainage

5.1.4 Detectie van grondwaterstanden met Ground Penetrating Radar (grondradar)

Met een Ground Penetrating Radar (GPR) kan de ondergrond met radargolven in beeld worden gebracht. Deze techniek wordt vaker gebruikt bij detectie van ondergrondse (infrastructurele) objecten, en kan potentieel ook gebruikt worden voor detectie van de grondwaterstand. Hier is op veengronden nog weinig onderzoek naar gedaan.

Het doel van de GPR pilot is uiteindelijk om op grote schaal snel grondwaterstand(verschillen) in polders met WIS te meten. Het is te kostbaar om dit overal met (tijdelijke) peilbuizen te meten. Daarnaast geven de vaste meetopstellingen van peilbuizen slechts een lokaal beeld van het functioneren van de waterinfiltratie.

5.1.5 Overzicht methode grondwater

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de meetmethode voor het beantwoorden van de kennisvragen voor het thema grondwater.

Tabel 14: Overzicht methode grondwater

Titel	Methode	Locatie	Frequentie	Aanvang
Maatregeleffect AWIS	Peilbuizen	Spengen	Uurlijks	2017
		Vlist	Uurlijks	2021
		Kortrijk Portengen	Uurlijks	2023
		Meijepolder Laag*	Uurlijks	2025
		Oud Kamerik*	Uurlijks	2026
Maatregeleffect PWIS	Peilbuizen	Lange Weide	Uurlijks	2019
		Vlist	Uurlijks	2021
		Kortrijk Portengen	Uurlijks	2021
		Meijepolder Laag*	Uurlijks	2025
Gerichte grondwater-standsopname	Tijdelijke peilbuizen	Lange Weide, Papekop, Oudewater, Vlist	1-2 meetmomenten jaarlijks	2023/2024
Detectie van grondwater-standen met Ground Penetrating Radar	Ground Penetrating Radar veldapparatuur	Lange Weide	Jaarlijks eenmalig	2023

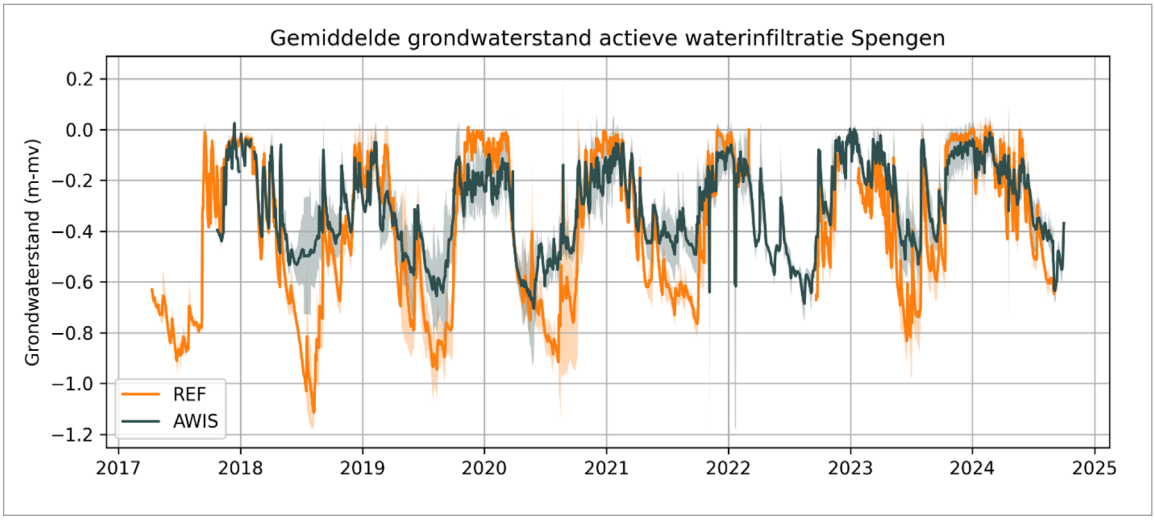
** er zijn nog te weinig resultaten beschikbaar voor de rapportage*

5.2 Resultaten

5.2.1 Maatregeleffect AWIS (peilbuizen)

Spengen

De gemiddelde gemeten grondwaterstanden staan weergegeven in figuur 18 en tabel 15.
Voor de gemiddelde grondwaterstand is het zomergemiddelde (tweede en derde kwartaal, april t/m september) en het droogste moment van de zomer (derde kwartaal, juli t/m september) berekend.



Figuur 18. Gemiddelde grondwaterstand actieve waterinfiltratie (blauw) en referentie (oranje) Spengen 2017-2024 (alleen peilbuizen die alle jaren hebben gemeten, alle jaren hetzelfde meetnet)

Tabel 15: Gemiddelde grondwaterstanden actieve waterinfiltratie Spengen 2017-2024 (alleen peilbuizen die alle jaren hebben gemeten, alle jaren hetzelfde meetnet)

Spengen	Q1		Q2		Q3		Q4		ZGM		Verhoging	
	AWIS	REF	AWIS	REF	AWIS	REF	AWIS	REF	AWIS	REF	Q3	ZGM
2018	18	18	40	55	41	78	30	38	41	67	37	26
2019	25	17	44	58	55	82	21	12	50	70	27	20
2020	21	12	58	64	48	75	21	19	53	70	27	16
2021	16	15	39	51	43	66	20	22	41	59	24	18
2022	23	14	42		55		18	34	49			
2023	11	23	29	51	34	52	12	10	31	51	18	20
2024	11	9	21	24	45	52			33	38	8	5
Droog 2018/2019/2020					**48**	**78**			**48**	**69**	**30**	**21**
Nat/gemiddeld 2021/2023/2024					**40**	**57**			**35**	**49**	**16**	**15**

Tijdens een droge zomer zijn de grondwaterstanden met AWIS gemiddeld 48 cm onder maaiveld (net als het gemiddelde op het droogste moment van de zomer in het derde kwartaal).
De referentie grondwaterstanden liggen tijdens een droge zomer lager met gemiddeld 69 cm onder maaiveld. In het derde kwartaal ligt dit gemiddelde nog lager met 78 cm onder maaiveld.

De verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een droge zomer is 21 cm, met een verhoging van 30 cm in het derde kwartaal. In de eindrapportage 'Sturen met water, Bedrijvenproef Spengen 2017-2021' zijn met een groter meetnet van 24 peilbuizen de gemeten grondwaterstandverhogingen berekend[15]. Hieruit volgt een grondwaterstandverhoging met AWIS van 26 cm op het droogste moment van de zomer (derde kwartaal). Omdat er in 2022 een beperking van het meetnet heeft plaatsgevonden is besloten om voor de bovenstaande resultaten in de tabel elk jaar hetzelfde meetnet te gebruiken. Daarom wijken deze resultaten 4 cm af van de eerder beschreven resultaten in de eindrapportage Spengen.

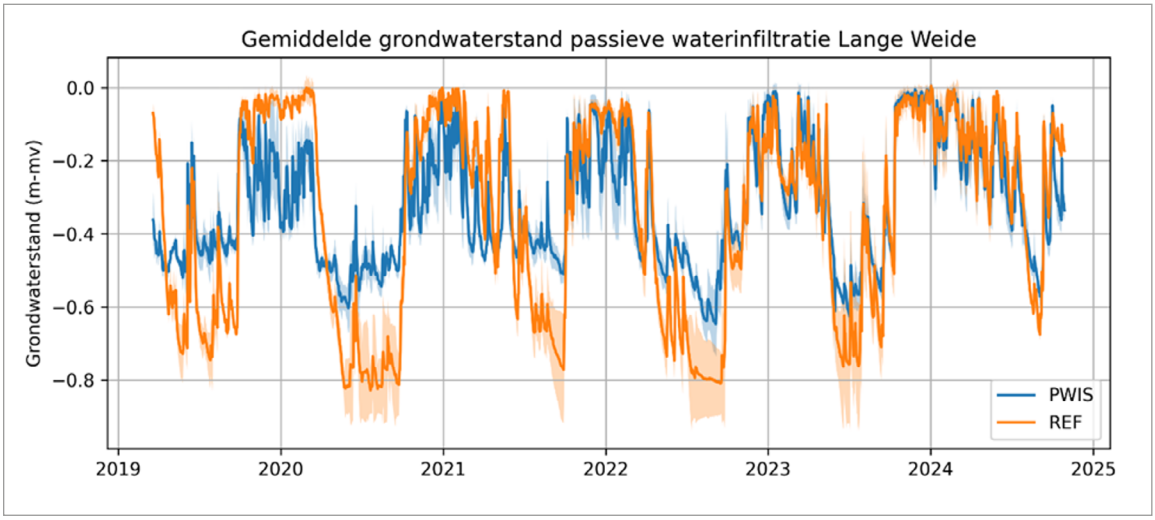
Tijdens een natte of gemiddelde zomer zijn de grondwaterstanden met AWIS gemiddeld 35 cm onder maaiveld (in het derde kwartaal ligt dit gemiddelde op 40 cm onder maaiveld). De referentie grondwaterstanden liggen tijdens een natte of gemiddelde zomer lager met gemiddeld 49 cm onder maaiveld. In het derde kwartaal ligt dit gemiddelde nog lager met 57 cm onder maaiveld.

De verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een natte of gemiddelde zomer is 15 cm, met een verhoging van 16 cm in het derde kwartaal.

5.2.2 Maatregeleffect PWIS (en kleinschalig AWIS, peilbuizen)

Lange Weide

De gemiddelde gemeten grondwaterstanden staan weergegeven in figuur 19 en tabel 16. Voor de gemiddelde grondwaterstand is het zomergemiddelde (tweede en derde kwartaal, april t/m september) en het droogste moment van de zomer (derde kwartaal, juli t/m september) berekend.



Figuur 19. Gemiddelde grondwaterstand passieve waterinfiltratie (blauw) en referentie (oranje) Lange Weide 2019-2024 (alleen peilbuizen die alle jaren hebben gemeten, alle jaren hetzelfde meetnet)

[15] Hoekstra et al., 2022, HDSR, Sturen met grondwater, Bedrijvenproef Spengen 2017-2021, Eindrapportage mei 2022

Tabel 16: Gemiddelde grondwaterstanden passieve waterinfiltratie Lange Weide 2017-2024 (alleen peilbuizen die alle jaren hebben gemeten, alle jaren hetzelfde meetnet)

Lange Weide	Q1		Q2		Q3		Q4		ZGM		Verhoging	
	AWIS	REF	AWIS	REF	AWIS	REF	AWIS	REF	AWIS	REF	Q3	ZGM
2018												
2019	42	15	43	52	42	62	22	6	43	57	20	15
2020	30	7	52	65	48	77	23	14	50	71	29	21
2021	25	12	37	31	43	63	19	16	40	47	20	7
2022	26	17	42	54	54	76	26	29	48	65	22	17
2023	17	19	37	45	47	55	9	10	42	50	8	8
2024	11	10	20	16	38	38			29	27	0	-2
Droog 2019/2020/2022					**48**	**72**			**47**	**64**	**24**	**18**
Nat/gemiddeld 2021/2023/2024					**43**	**52**			**37**	**41**	**9**	**4**

Tijdens een droge zomer zijn de grondwaterstanden met PWIS gemiddeld 47 cm onder maaiveld (in het derde kwartaal is dit gemiddeld 48 cm onder maaiveld). De referentie grondwaterstanden liggen tijdens een droge zomer lager met gemiddeld 64 cm onder maaiveld. In het derde kwartaal ligt dit gemiddelde nog lager met 72 cm onder maaiveld.

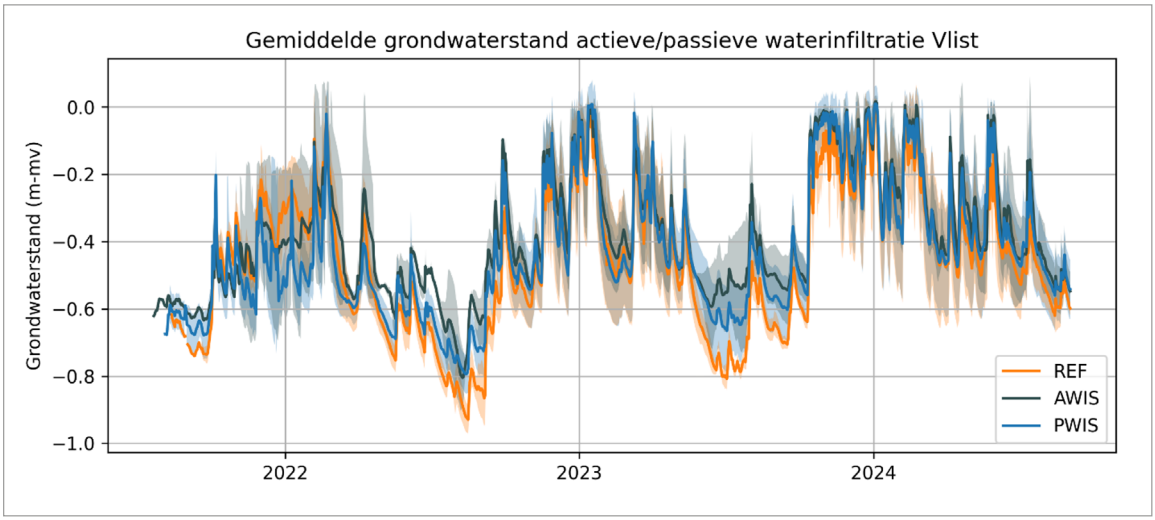
De verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een droge zomer is 18 cm, met een verhoging van 24 cm in het derde kwartaal.

Tijdens een natte of gemiddelde zomer zijn de grondwaterstanden met PWIS gemiddeld 37 cm onder maaiveld (in het derde kwartaal ligt dit gemiddelde op 43 cm onder maaiveld). De referentie grondwaterstanden liggen tijdens een natte of gemiddelde zomer lager met gemiddeld 41 cm onder maaiveld. In het derde kwartaal ligt dit gemiddelde nog lager met 52 cm onder maaiveld.

De verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een natte of gemiddelde zomer is 4 cm, met een verhoging van 9 cm in het derde kwartaal.

Vlist

De gemiddelde gemeten grondwaterstanden staan weergegeven in figuur 20 en tabel 17.
Voor de gemiddelde grondwaterstand is het zomergemiddelde (tweede en derde kwartaal, april t/m september) en het droogste moment van de zomer (derde kwartaal, juli t/m september) berekend.



Figuur 20. Gemiddelde grondwaterstand passieve waterinfiltratie (donkerblauw), actieve waterinfiltratie (lichtblauw) en referentie (oranje) Vlist 2021-2024 (alleen peilbuizen die alle jaren hebben gemeten, alle jaren hetzelfde meetnet)

Tabel 17: Gemiddelde grondwaterstanden passieve en actieve waterinfiltratie Vlist 2017-2024 (alleen peilbuizen die alle jaren hebben gemeten, alle jaren hetzelfde meetnet)

Vlist	Q1			Q2			Q3			Q4			ZGM			Verhoging			
	PWIS	AWIS	REF	PWIS	AWIS	REF	PWIS	AWIS	REF	PWIS	AWIS	REF	PWIS	AWIS	REF	Q3 PWIS	Q3 AWIS	ZGM PWIS	ZGM AWIS
2018																			
2019																			
2020																			
2021							64	60	69	48	45	40				5	10		
2022	45	36	35	58	49	60	65	57	75	37	32	41	61	53	68	11	18	7	15
2023	29	27	31	47	45	54	55	48	65	16	14	23	51	47	60	11	17	9	13
2024	25	22	27	34	31	40	44	46	52				39	38	46	8	6	7	8
Droog 2022							**65**	**57**	**75**				**61**	**53**	**68**	**11**	**18**	**7**	**15**
Nat/gemiddeld 2021/2023/2024							**54**	**51**	**62**				**45**	**42**	**53**	**8**	**11**	**8**	**10**

Tijdens een droge zomer zijn de grondwaterstanden met PWIS gemiddeld 61 cm onder maaiveld (in het derde kwartaal is dit gemiddeld 65 cm onder maaiveld). Met AWIS ligt de gemiddelde grondwaterstand in deze periode op 53 cm onder maaiveld, en in het derde kwartaal op 57 cm onder maaiveld. De referentie grondwaterstanden liggen tijdens een droge zomer lager met gemiddeld 68 cm onder maaiveld. In het derde kwartaal ligt dit gemiddelde nog lager met 75 cm onder maaiveld.

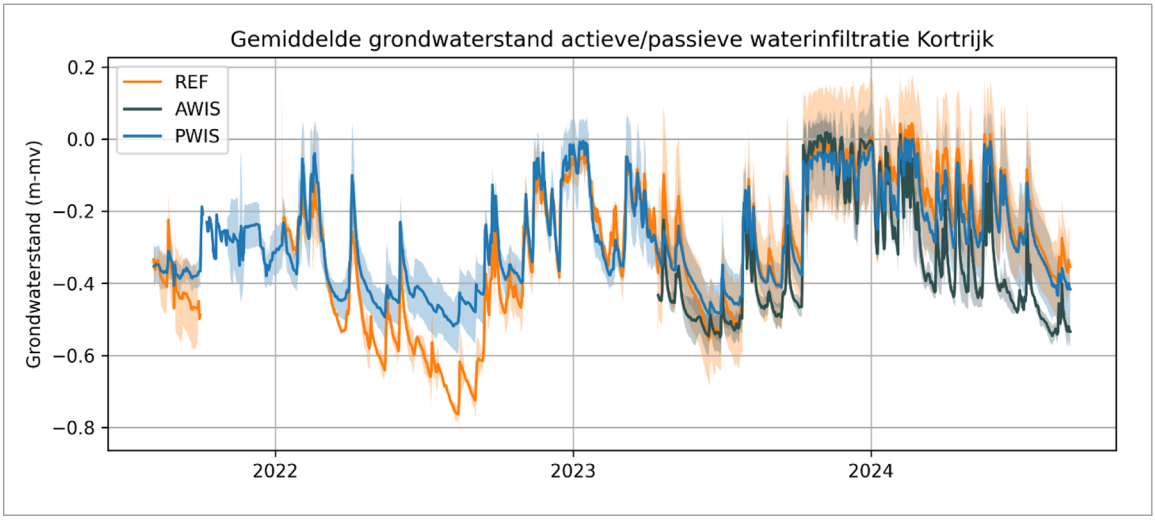
De verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een droge zomer met PWIS is 7 cm, met een verhoging van 11 cm in het derde kwartaal. Tijdens deze periode is de zomer-gemiddelde verhoging van AWIS 15 cm, met een verhoging van 18 cm in het derde kwartaal.

Tijdens een natte of gemiddelde zomer zijn de grondwaterstanden met PWIS gemiddeld 45 cm onder maaiveld (in het derde kwartaal ligt dit gemiddelde op 54 cm onder maaiveld). Met AWIS ligt de gemiddelde grondwaterstand in deze periode op 42 cm onder maaiveld, en in het derde kwartaal op 51 cm onder maaiveld. De referentie grondwaterstanden liggen tijdens een natte of gemiddelde zomer lager met gemiddeld 53 cm onder maaiveld. In het derde kwartaal ligt dit gemiddelde nog lager met 62 cm onder maaiveld.

De verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een natte of gemiddelde zomer met PWIS is 8 cm, met een gelijke verhoging van 8 cm in het derde kwartaal. Tijdens deze periode is de zomergemiddelde verhoging van AWIS 10 cm, met een verhoging van 11 cm in het derde kwartaal.

Kortrijk Portengen

De gemiddelde gemeten grondwaterstanden staan weergegeven in figuur 21 en tabel 18.
Voor de gemiddelde grondwaterstand is het zomergemiddelde (tweede en derde kwartaal, april t/m september) en het droogste moment van de zomer (derde kwartaal, juli t/m september) berekend.



Figuur 21. Gemiddelde grondwaterstand passieve waterinfiltratie (donkerblauw), actieve waterinfiltratie (lichtblauw) en referentie (oranje) Kortrijk Portengen 2021-2024 (alleen peilbuizen die alle jaren hebben gemeten, alle jaren hetzelfde meetnet)

Tabel 18: Gemiddelde grondwaterstanden passieve en actieve waterinfiltratie Kortrijk Portengen 2017-2024 (alleen peilbuizen die alle jaren hebben gemeten, alle jaren hetzelfde meetnet)

Kortrijk Portengen	Q1			Q2			Q3			Q4			ZGM			Verhoging			
	PWIS	AWIS	REF	PWIS	AWIS	REF	PWIS	AWIS	REF	PWIS	AWIS	REF	PWIS	AWIS	REF	Q3 PWIS	Q3 AWIS	ZGM PWIS	ZGM AWIS
2018																			
2019																			
2020																			
2021							36		41	28		49				5			

Kortrijk Portengen	Q1			Q2			Q3			Q4			ZGM			Verhoging			
2022	30		32	40		51	43		61	24		27	42		56	18		15	
2023	20		18	37	47	37	35	43	35	10	9	6	36	45	36	0	-8	0	-9
2024	14	22	8	20	35	15	33	48	30				27	42	23	-3	-18	-4	-19
Droog 2022							**43**		**61**				**42**		**56**	**18**		**15**	
Nat/gemiddeld 2021/2023/2024							**35**	**46**	**35**				**31**	**43**	**29**	**1**	**-13**	**-2**	**-14**

Tijdens een droge zomer zijn de grondwaterstanden met PWIS gemiddeld 42 cm onder maaiveld (in het derde kwartaal is dit gemiddeld 43 cm onder maaiveld). De grondwaterstandmetingen met AWIS zijn later gestart en dus niet beschikbaar voor een droog jaar. De referentie grondwaterstanden liggen tijdens een droge zomer lager met gemiddeld 56 cm onder maaiveld. In het derde kwartaal ligt dit gemiddelde nog lager met 61 cm onder maaiveld.

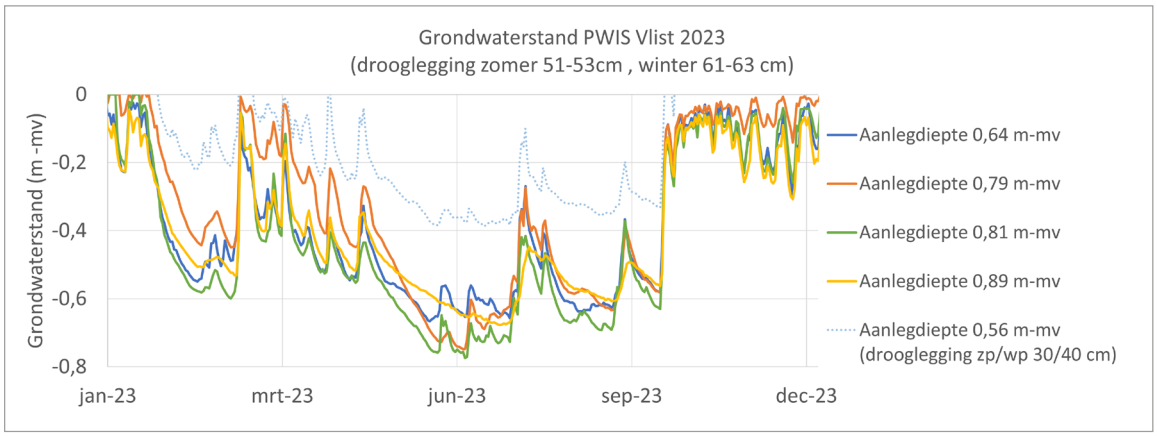
De verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een droge zomer met PWIS is 15 cm, met een verhoging van 18 cm in het derde kwartaal.

Tijdens een natte of gemiddelde zomer zijn de grondwaterstanden met PWIS gemiddeld 31 cm onder maaiveld (in het derde kwartaal ligt dit gemiddelde op 35 cm onder maaiveld). De referentie grondwaterstanden liggen tijdens een natte of gemiddelde zomer hoger met gemiddeld 29 cm onder maaiveld. In het derde kwartaal ligt dit gemiddelde gelijk aan PWIS met 35 cm onder maaiveld.

Tijdens een natte of gemiddelde zomer verlaagd PWIS de grondwaterstanden met 2 cm, met een verhoging van 1 cm in het derde kwartaal. Tijdens deze periode is de zomergemiddelde verlaging van AWIS 14 cm, met een verlaging van 13 cm in het derde kwartaal. Opvallend is de lichte drainerende werking van PWIS, en een sterk drainerende werking van AWIS (vermoedelijk door de pompinstellingen gericht op ongeveer 45 cm onder maaiveld).

5.2.3 Maatregeleffect dieper gelegen PWIS Vlist (peilbuizen)

In onderstaand figuur zijn de grondwaterstanden weergeven van peilbuizen bij PWIS in de polders van de Vlist. De drooglegging en aanlegdiepte van de PWIS infiltratiebuis is bij alle percelen bepaald ter plekke van de peilbuis. De weergegeven peilbuizen hebben allen een drooglegging van 51 tot 53 cm in de zomer, en 61 tot 63 cm in de winter. De aanlegdiepte van de PWIS varieert van 64 tot 89 cm onder maaiveld. Sinds 2023 zijn metingen beschikbaar voor de variabele aanlegdieptes.



Figuur 22. *Grondwaterstand PWIS Vlist 2023 bij diverse aanlegdieptes*

De verwachting is dat een grotere aanlegdiepte van PWIS mogelijk kan leiden tot verschillen in grondwaterstandeffecten, en eventueel een lagere (zomer) grondwaterstand dan ondiep aangelegde PWIS.

De zomer van 2023 was zeer warm, zeer zonnig en aan de natte kant. Op basis van de bovenstaande grafiek is er geen verband gevonden tussen de aanlegdiepte en de gemeten grondwaterstand. De diepste (89 cm) en ondiepste (64 cm) infiltratiebuis hebben in de zomer ongeveer een gelijke grondwaterstand. De twee locaties met een vergelijkbare aanlegdiepte (79 cm, 81 cm) bereiken beide de laagste grondwaterstand begin juni. Gedurende de rest van de zomer zijn deze locaties ongeveer vergelijkbaar met de andere locaties.

Ter vergelijking is in bovenstaande grafiek ook de gemeten grondwaterstand toegevoegd van een peilbuis met een drooglegging van ongeveer 20 cm kleiner. Op deze locatie is de grondwaterstand gedurende de zomer niet lager dan 40 cm onder maaiveld. Daarom lijkt de drooglegging een grotere bepalende factor voor de grondwaterstand dan de aanlegdiepte van de PWIS onder maaiveld.

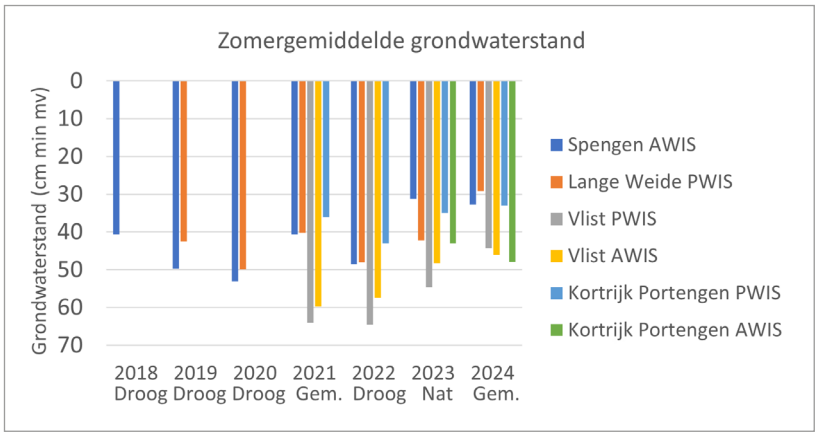
5.2.4 Vergelijking grondwaterstandseffecten tussen gebiedsprojecten (tijdreeksanalyse)

In de onderstaande grafieken zijn de gemeten verhogingen van de grondwaterstanden uit de diverse projecten weergegeven. Voor de gemiddelde grondwaterstand is het zomergemiddelde (tweede en derde kwartaal, april t/m september) en het droogste moment van de zomer (derde kwartaal, juli t/m september) berekend.

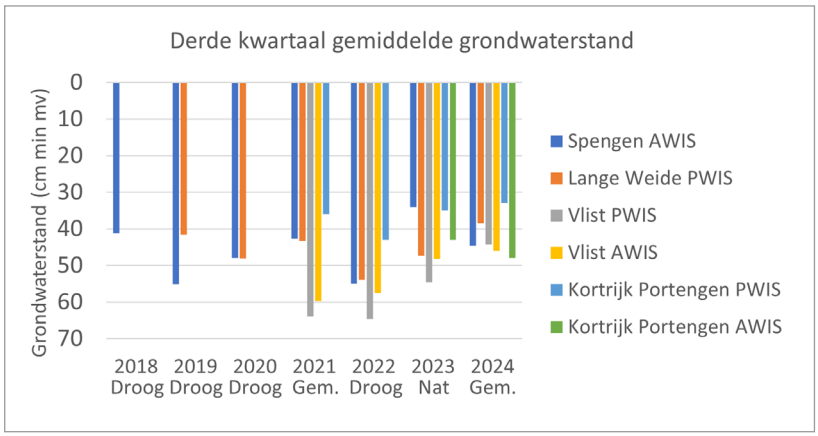
Vergelijking absolute grondwaterstanden (zomergemiddelde en derde kwartaal)

De zomergemiddelde grondwaterstanden variëren sterk per jaar en per locatie (zie figuur 23 en figuur 24). De zomergrondwaterstanden van Spengen AWIS en Lange Weide PWIS zijn in de meeste jaren ongeveer vergelijkbaar. In de natte zomer van 2023 valt op dat de grondwaterstanden in Spengen AWIS relatief hoog zijn met ongeveer 30 cm onder maaiveld. In Lange Weide PWIS liggen deze lager met ongeveer 45 cm onder maaiveld. Vermoedelijk is dit verschil veroorzaakt door de grotere drooglegging in Lange Weide vergeleken met Spengen, en beperkt gebruik

van de drainerende functie van de AWIS in Spengen. In 2020 zijn tijdens de droge zomer op beide locaties de laagste grondwaterstanden gemeten van ongeveer 50 cm onder maaiveld.



Figuur 23. *Zomergemiddelde grondwaterstand per project per jaar 2018-2024*



Figuur 24. *Derde kwartaal gemiddelde grondwaterstand per project per jaar 2018-2024*

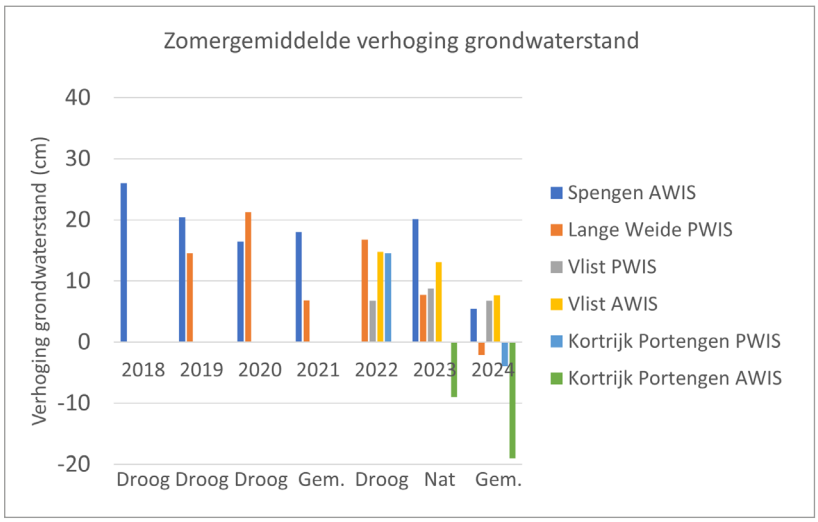
Vanaf de gemiddelde zomer in 2021 zijn ook andere meetlocaties beschikbaar. De zomergrondwaterstanden in 2021 tot en met 2023 zijn het laagste bij Vlist PWIS en Vlist AWIS. De drooglegging in polder Vlist is met gemiddeld 60 cm het grootste van alle meetlocaties. De grondwaterstanden AWIS Vlist liggen ongeveer 5 cm hoger dan PWIS Vlist. De AWIS Vlist ligt op een aantal lager gelegen percelen waarbij al een hogere grondwaterstand verwacht wordt. Er is mede door defecten en opstartproblemen een beperkte sturing met de AWIS op infiltratie.

Het project Kortrijk Portengen PWIS heeft sinds 2021 een vergelijkbare of hogere grondwaterstand dan Spengen AWIS. Net als in Spengen is in Kortrijk Portengen de drooglegging relatief klein met gemiddeld 35 cm. In een deel van Kortrijk Portengen is kwel aanwezig. De grondwaterstanden Kortrijk Portengen AWIS zijn in 2023 en 2024 lager dan Kortrijk Portengen PWIS. Bij de AWIS is vermoedelijk gestuurd op een grondwaterstand van 40 tot 50 cm onder maaiveld (beide jaren waren ook gemiddeld of nat). In 2024 zijn de grondwaterstanden op alle AWIS locaties ongeveer gelijk.

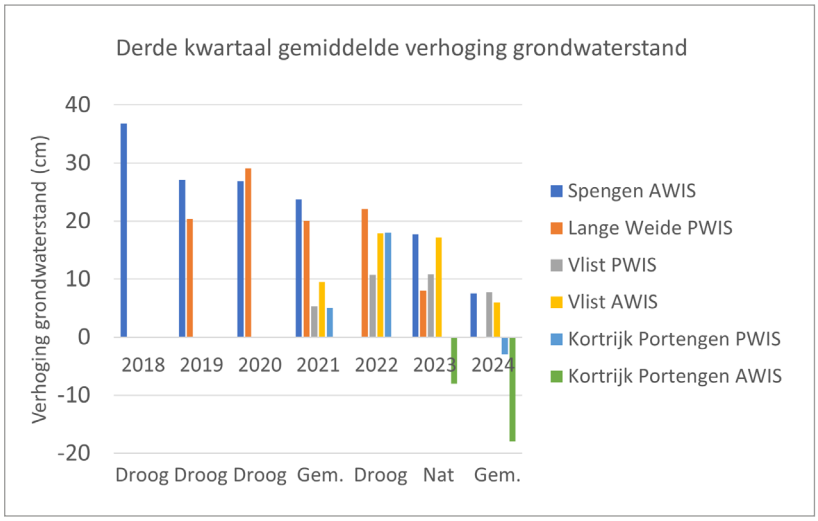
Vergelijking verhoging zomergrondwaterstanden (zomergemiddelde en derde kwartaal)

Er is een groot verschil van ongeveer 5-10 cm tussen de verhoging van de zomergrondwaterstanden over de gehele zomer of de verhoging in het derde kwartaal (droogste moment van de zomer, zie figuur 25 en figuur 26).

Spengen AWIS heeft in 2018 de grootste grondwaterstandverhoging veroorzaakt van 26 cm zomergemiddeld (37 cm in het derde kwartaal)[16]. In de droge jaren 2019 en 2020 bedraagt de zomergemiddelde grondwaterstand verhoging 15 tot 21 cm in AWIS Spengen en PWIS Lange Weide (in het derde kwartaal is de grondwaterstandverhoging 20 tot 29 cm). In het gemiddelde jaar 2021 is de zomergemiddelde verhoging bij PWIS Lange Weide 7 cm, terwijl deze in het derde kwartaal 20 cm bedraagt. Dit is veroorzaakt doordat de referentie grondwaterstanden pas in het derde kwartaal uitzakken na een nat tweede kwartaal.



Figuur 25. *Zomergemiddelde verhoging grondwaterstand per project per jaar 2018-2024*



Figuur 26. *Derde kwartaal gemiddelde verhoging grondwaterstand per project per jaar 2018-2024*

[16] In de eindrapportage "Sturen met water, Bedrijvenproef Spengen 2017-2021" is een groter meetnet van 24 peilbuizen gebruikt om de grondwaterstandeffecten in de periode 2017-2021 te meten. AWIS heeft de grondwaterstanden gemiddeld 16 cm verhoogd in het voorjaar (kwartaal 2), en 26 cm op het droogste moment in de zomer (derde kwartaal). Zie www.hdsr.nl/buurt/bodemdaling/bedrijvenproef/

In het droge jaar 2022 is de zomergemiddelde grondwaterstand in het grootste deel van de meetlocaties verhoogd met ongeveer 15 cm (in het derde kwartaal is dit ongeveer 18 cm). De zomergemiddelde verhoging bij PWIS Vlist in hetzelfde jaar is beperkt met 7 cm (in het derde kwartaal een verhoging van 11 cm). De AWIS Vlist heeft de zomergemiddelde grondwaterstanden effectiever verhoogd met 15 cm (in het derde kwartaal een verhoging van 18 cm). De AWIS Vlist is hiermee vergelijkbaar met de zomergemiddelde verhoging in Kortrijk Portengen PWIS. Waarschijnlijk is dit veroorzaakt door de relatief grote drooglegging en de AWIS pompsturing in Vlist, vergeleken met een kleine drooglegging in Kortrijk Portengen (zie voorgaande paragraaf).

In het natte jaar 2023 valt op dat de AWIS locaties Spengen en Vlist de zomergemiddelde grondwaterstand het meest verhoogd hebben met ongeveer 13 tot 20 cm (in het derde kwartaal 17 tot 18 cm). Door de pompsturing is de grondwaterstand vlakker gebleven dan op de PWIS locaties. In Kortrijk Portengen AWIS is tijdens het natte jaar gestuurd op drainage en is de zomergemiddelde grondwaterstand verlaagd met 9 cm (in het derde kwartaal een verlaging van 8 cm). Dit is vermoedelijk veroorzaakt door een pompsturing met een grondwaterstand van 40 tot 50 cm, zie voorgaande paragraaf.

In het gemiddelde jaar 2024 is de verlaging in Kortrijk Portengen AWIS verder opgelopen tot een zomergemiddelde verlaging van 19 cm (in het derde kwartaal een verlaging van 18 cm). Ook met de PWIS in Lange Weide en Kortrijk Portengen is de zomergrondwaterstand beperkt verlaagd met 2 tot 4 cm (in het derde kwartaal een verlaging van 0 tot 3 cm).

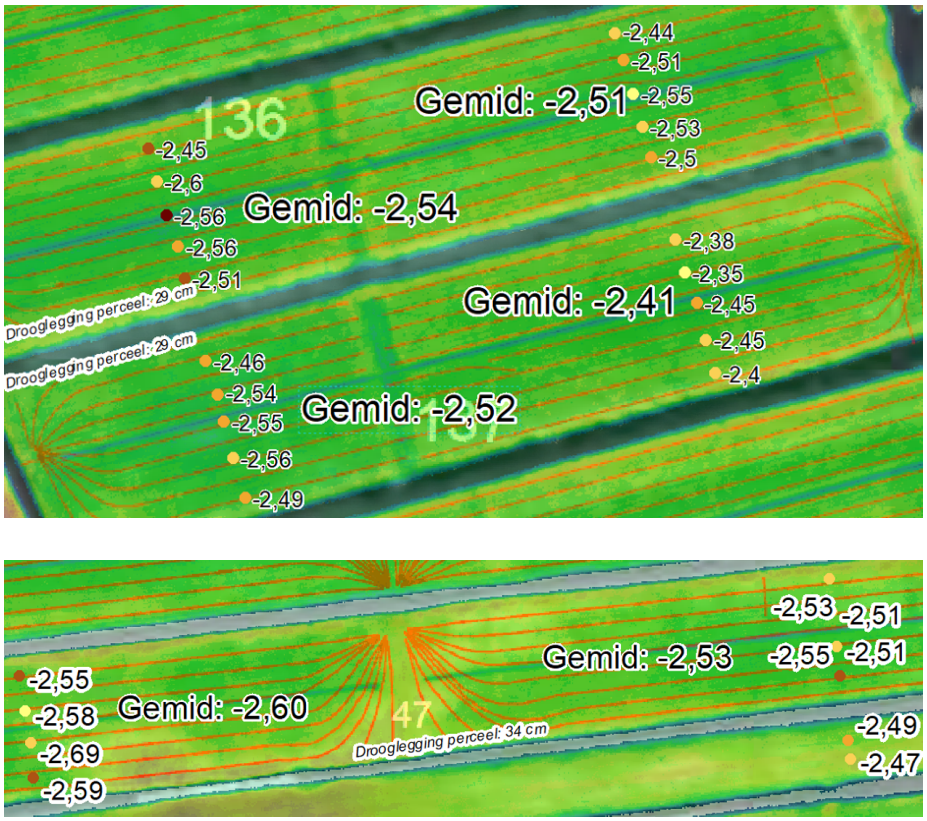
5.2.5 Gerichte grondwaterstandsopname (tijdelijke peilbuizen)

De meetronden met tijdelijke peilbuizen voor de gerichte grondwaterstand opname zijn uitgevoerd op 31 augustus 2023, 19 juni 2024 en 11 september 2024. In 2023 zijn de meetronden uitgevoerd in de polders Lange Weide PWIS (zie hieronder) en Oudewater moldrainage (zie 9.2.3 Praktijktoepassing moldrainage). In 2024 is gekeken naar Lange Weide (PWIS), Papekop (greppelinfiltratie) en Vlist (PWIS en AWIS). Tijdens beide meetjaren zijn ongeveer 100-120 tijdelijke peilbuizen geplaatst.

Augustus 2023 Lange Weide PWIS

Augustus 2023 startte met enkele weken relatief veel neerslag, en daarna enkele weken zonder neerslag[17]. In de resultaten van augustus 2023 valt op dat er in Lange Weide bij 2 percelen met PWIS een verschil is gemeten van 11 cm tussen de dwarsraaien binnen hetzelfde perceel. Met een draininspectie is nader onderzoek gedaan naar de oorzaak van dit verschil, zie '9.1.5 Beheer, onderhoud en inspectie WIS systemen'. Gemiddeld lagen de grondwaterstanden tijdens de meetronde in ordegrootte 40-50 cm onder maaiveld.

[17] KNMI, maandoverzicht augustus 2023



Figuur 27. *Resultaten gerichte grondwaterstandopname augustus 2023 Lange Weide, twee percelen met verschil gemiddelde grondwaterstand 11 cm binnen hetzelfde perceel (label bij punt= gemeten grondwaterstand, gekleurde stip= dikte kleidek, bij groter kleidek is stip donkerder gekleurd, rode lijn= waterinfiltratiesysteem, gekleurde groene achtergrond= maaiveldhoogte AHN4)*

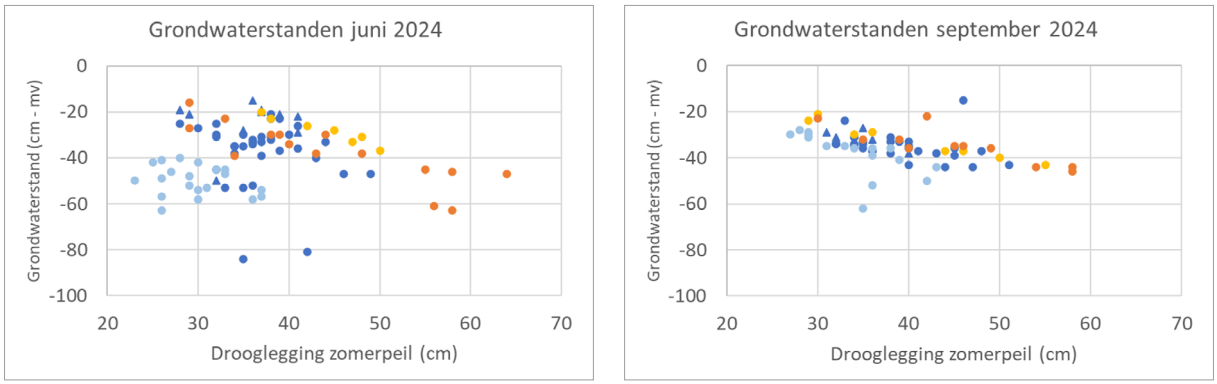
Juni, september 2024 Lange Weide PWIS, Papekop greppelinfiltratie, Vlist AWIS/ PWIS

Halverwege juni 2024 is de meetronde uitgevoerd na een periode van een aantal weken neerslag. Het cumulatief neerslagtekort was op dat moment beperkt tot 10 mm.

Halverwege september 2024 is het neerslagtekort verder opgelopen tot 120 mm. In enkele dagen is hevige neerslag gevallen waardoor de resultaten tijdens deze meetronde sterk beïnvloed zijn (het doel om een meting uit te voeren tijdens een droge periode is daardoor niet gehaald).

In de resultaten van juni en september (zie figuren hieronder) valt op dat over het algemeen de laagste grondwaterstanden zijn gemeten bij de grootste drooglegginge. In de meting van juni zijn de AWIS grondwaterstanden relatief laag omdat de AWIS op draineren ingesteld stond.
In de metingen van september valt op dat de grondwaterstanden bij gelijke drooglegging in dezelfde ordegrootte liggen, ongeacht maatregel of meetlocatie (zie de eindrapportage[18] voor meer informatie).

[18] Van Hofslot et al., 2024, Niets is zo heterogeen als het veen, een onderzoeksrapport van de ruimtelijke variatie in grondwaterstanden binnen veenpercelen met vernattingsmaatregelen, Nationaal Water Traineeship



Figuur 28. *Gemeten grondwaterstanden tijdens gerichte opname met tijdelijke peilbuizen in juni en september 2024 in Lange Weide, Papekop en Vlist (donkerblauwe stip=PWIS recent aangelegd, donkerblauwe driehoek=PWIS >10 jaar geleden aangelegd, lichtblauwe stip=AWIS, gele stip=greppelinfiltratie, oranje stip=referentie)*

5.2.6 Detectie van grondwaterstanden met Ground Penetrating Radar (grondradar)

Op 19 oktober 2023 is een eerste pilot gedaan met een GPR gemonteerd op een mobiele veldkar. Tijdens dit meetmoment was de grondwaterstand te hoog waardoor de meetmethode snel verstoord werd in de bodem en er geen betrouwbare metingen uitgevoerd kon worden.

Op 20 september 2024 is opnieuw een pilot uitgevoerd met dezelfde GPR apparatuur.
De grondwaterstanden waren gedaald naar 40 cm onder maaiveld. Voor de GPR is dit nog te ondiep om met deze meetmethode de grondwaterstanden te detecteren. In 2025 zal opnieuw de GPR ingezet worden mits het een droge zomer is met vermoedelijk lagere grondwaterstanden.

Figuur 29. *Veldkar met GPR voor de pilot grondwaterstanddetectie*

5.3 Conclusie

Hieronder worden de conclusies uit de voorgaande paragrafen beschreven.

- **Maatregeleffect AWIS, PWIS**
  - Spengen AWIS: de verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een droge zomer met AWIS is 21 cm (30 cm in het derde kwartaal). Tijdens een natte of gemiddelde zomer is de gemeten verhoging van de grondwaterstand met AWIS 15 cm (16 cm in het derde kwartaal).
  - Lange Weide PWIS: de verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een droge zomer met PWIS is 18 cm (24 cm in het derde kwartaal). Tijdens een natte of gemiddelde zomer is de gemeten verhoging van de grondwaterstand met PWIS 4 cm (9 cm in het derde kwartaal).
  - Vlist PWIS/AWIS: de verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een droge zomer met PWIS is 7 cm en AWIS 15 cm (PWIS 11 cm en AWIS 18 cm in het derde kwartaal). Tijdens een natte of gemiddelde zomer is de gemeten verhoging van de grondwaterstand met PWIS 8 cm en AWIS 10 cm (PWIS 9 cm en AWIS 11 cm in het derde kwartaal).
  - Kortrijk PWIS/AWIS: de verhoging van de zomergemiddelde grondwaterstanden tijdens een droge zomer met PWIS is 15 cm (PWIS 18 cm in het derde kwartaal, AWIS nog niet gemeten). Tijdens een natte of gemiddelde zomer is de gemeten verlaging van de grondwaterstand met PWIS -2 cm en AWIS -14 cm (PWIS verhoging 1 cm en AWIS verlaging -13 cm in het derde kwartaal).
- **Maatregeleffect dieper gelegen PWIS Vlist**
  Diepe (>80 cm min mv) en ondiepe (<70 cm min mv) waterinfiltratie heeft in de zomer bij gelijke drooglegging ongeveer een gelijke grondwaterstand. Er is geen verband gevonden tussen de aanlegdiepte van de WIS infiltratieslangen, en de grondwaterstand. Een locatie met ondiepe (<60 cm min mv) WIS en een kleine drooglegging heeft wel duidelijk hogere grondwaterstanden.
- **Vergelijking grondwaterstandseffecten tussen gebiedsprojecten, absolute grondwaterstanden**
  - De zomergrondwaterstanden in droge jaren zijn over het algemeen vergelijkbaar bij Spengen AWIS en Lange Weide PWIS (40-50 cm min mv), in een natte zomer zoals 2023 zijn de zomergrondwaterstanden hoger bij Spengen AWIS (30 cm min mv) dan bij Lange Weide PWIS (40 cm min mv).
  - De zomergrondwaterstanden in 2021 tot 2023 zijn het laagste bij Vlist PWIS/AWIS (60 cm min mv).
  - Kortrijk Portengen PWIS heeft sinds 2021 een vergelijkbare of hogere grondwaterstand (30-40 cm min mv) dan Spengen AWIS (30-50 cm min mv). De grondwaterstanden bij Kortrijk Portengen AWIS zijn flink lager (40-50 cm min mv) dan de grondwaterstanden bij Kortrijk Portengen PWIS.
  - In 2024 zijn de grondwaterstanden op alle AWIS locaties ongeveer gelijk.

- **Vergelijking grondwaterstandseffecten tussen gebiedsprojecten, verhoging zomergrondwaterstanden**
  - Er is een groot verschil van 5-10 cm tussen de zomergemiddelde grondwaterstandverhoging, of de derde kwartaalverhoging.
  - De grootste zomergemiddelde grondwaterstandverhoging van 26 cm is in 2018 gemeten in Spengen AWIS (37 cm verhoging in het derde kwartaal).
  - In de droge jaren 2019 en 2020 bedraagt de zomergemiddelde grondwaterstandverhoging 15 tot 21 cm in AWIS Spengen en PWIS Lange Weide (in het derde kwartaal is de grondwaterstandverhoging 20 tot 29 cm).
  - Opvallend is de zomergemiddelde grondwaterstandverhoging in 2021 in PWIS Lange Weide van slechts 7 cm, terwijl dit is opgelopen naar 20 cm in het derde kwartaal.
  - In het droge jaar 2022 is de zomergemiddelde grondwaterstand in het grootste deel van de meetlocaties verhoogd met ongeveer 15 cm (in het derde kwartaal is dit ongeveer 18 cm).
  - In het natte jaar 2023 is de zomergemiddelde grondwaterstand het meest verhoogd bij Spengen AWIS en Vlist AWIS (13-20 cm, in het derde kwartaal 17-18 cm) .
  - In het gemiddelde jaar 2024 valt op dat de zomergemiddelde grondwaterstanden sterk verlaagd zijn met 19 cm bij Kortrijk Portengen AWIS (in het derde kwartaal een verlaging van 18 cm).
- **Gerichte grondwaterstandsopname 2023/2024**
  - 2023 Lange Weide PWIS: in augustus is bij 2 percelen met PWIS een verschil is gemeten van 11 cm tussen de dwarsraaien binnen hetzelfde perceel.
  - 2024 Lange Weide PWIS, Vlist AWIS/PWIS, greppelinfiltratie: De laagste grondwaterstanden zijn gemeten bij de grootste drooglegginge. In de meting van juni zijn de AWIS grondwaterstanden relatief laag omdat de AWIS op draineren ingesteld stond. In de metingen van september valt op dat de grondwaterstanden bij gelijke drooglegging in dezelfde ordegrootte liggen, ongeacht maatregel of meetlocatie.
- **Detectie van grondwaterstanden met Ground Penetrating Radar**
  Een grondwaterstand van meer dan 40 cm onder maaiveld is benodigd voor een pilot met deze techniek.

6 Thema: Waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit

Dit hoofdstuk gaat in op het onderzoek naar waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit. Het beschrijft de (verschillende) onderzoeksmethode(n) die hierbij worden gebruikt. Per onderzoek locatie worden de resultaten en conclusies beschreven.

6.1 Methode

6.1.1 Verandering waterkwaliteit en ecologie door grootschalige PWIS in Lange Weide (concentraties, micro-organismen, vegetatie)

De waterkwaliteit en ecologie worden op 10 meetpunten bemeten binnen de polder Lange Weide (waarvan 5 meetpunten in hoofdwatergangen, 5 meetpunten in tertiaire watergangen). De fysische chemische waterkwaliteit wordt maandelijks bepaald door het meten van concentraties van chloride, fosfor, stikstof en sulfaat. Voor de ecologie worden de soortensamenstelling en celvorm van de micro-organismen 4 keer per zomer gemeten, en de vegetatiebedekking en vegetatiesoorten 1-2 jaarlijks.

De metingen zijn gestart in 2017. Een einddatum is van deze metingen is nog niet voorzien. Het doel van het meetnet is bepalen van trends op de lange termijn met langjarige meetreeksen.

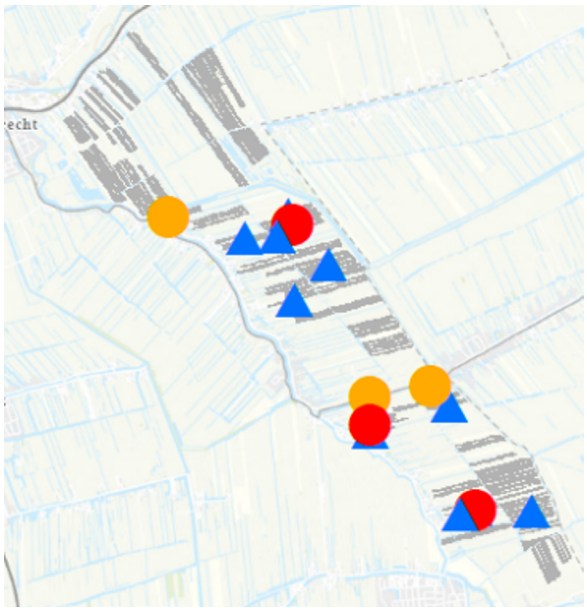
In 2023 is door adviesbureau Witteveen&Bos een expert review uitgevoerd op de mogelijke trends van waterkwaliteit en ecologie.

6.1.2 Effect diepteligging infiltratiebuizen waterkwaliteit in PWIS Vlist (concentraties)

De metingen worden uitgevoerd om te onderzoeken of er een verband is tussen de aanlegdiepte van de waterinfiltratiebuizen, de drainwaterkwaliteit en de oppervlaktewaterkwaliteit. Mogelijk voeren dieper gelegen waterinfiltratiebuizen nutriëntrijker grondwater af dan ondieper gelegen waterinfiltratiebuizen.

Op 8 locaties is het drainwater bemeten in waterinfiltratiebuizen met een diepteligging variërend van minimaal 63 cm tot maximaal 82 cm onder maaiveld. Op 6 locaties is in 2022, 2023 en 2024 de oppervlaktewaterkwaliteit bemeten, waarvan 2 locaties zonder en 4 locaties met waterinfiltratie. Het meetmoment is zo snel mogelijk uitgevoerd na een (korte) periode van hevige neerslag. Het is de bedoeling om de waterkwaliteit van het uitspoelend water vanuit de perceelbodem te meten.

In 2025 worden opnieuw enkele meetrondes uitgevoerd.



Figuur 30. Meetnet effect diepteligging infiltratiebuizen waterkwaliteit in Vlist (blauw=drainwater waterinfiltratie, rood=oppervlaktewater met waterinfiltratie, oranje=inlaatwater)

6.1.3 Verlagen van fosforconcentraties vanuit AWIS met ijzerzandfilter in Spengen (concentraties)

In 2020 is op één locatie in polder Spengen een pompput met ijzerzand geïnstalleerd naast een AWIS pompput. Het water wordt tijdens een afvoersituatie vanuit de AWIS pompput in de pomput met ijzerzand gepompt. Vervolgens loost na filtratie het afvoerende water op de sloot.

In 2022 en 2023 zijn in totaal 4 metingen uitgevoerd waarbij het drainagewater in de AWIS pompput, het drainagewater na filtratie en de slootwaterconcentratie is gemeten. De volgende parameters zijn bemeten: fosfor totaal, opgelost fosfor, ijzer en gereduceerd ijzer.

Figuur 31. Pompput AWIS links, put met ijzerzandfilter rechts

Toekomstige onderzoeken

In dit kader worden de onderzoeken beschreven die recent gestart zijn, of in de toekomst gestart worden.

Toekomst: Effect van uitspoeling druppelinfiltratie op waterkwaliteit Zegveld
Bij het Veenweide Innovatiecentrum is in 2023/2024 kleinschalig druppelinfiltratie aangelegd als vernattingsmaatregel. Uit de eerste resultaten blijkt de maatregel effectief in het verhogen van de grondwaterstand. Mogelijke effecten op de waterkwaliteit in het oppervlaktewater worden niet onderzocht. Door de hogere grondwaterstanden is er een verhoogd risico op uit- en afspoeling van nutriënten richting het oppervlaktewater. Met een beperkt onderzoek kan naar verwachting in 2025/2026 een eerste indicatie gegeven worden van de potentiële waterkwaliteitseffecten van druppelinfiltratie.

6.1.4 Overzicht methode waterkwaliteit en ecologie

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de meetmethode voor het beantwoorden van de kennisvragen voor het thema 'waterkwaliteit en ecologie'.

Tabel 19: Overzicht methode waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit

Titel	Methode	Locatie	Frequentie	Aanvang	Einde
Waterkwaliteit en ecologie bij polderbreed WIS Lange Weide	Fysische chemie	Lange Weide	Maandelijks	2017	N.t.b.
	Vegetatie	Lange Weide	1-2 jaarlijks	2017	N.t.b.
	Fytoplankton	Lange Weide	Jaarlijks, zomermaanden	2017	N.t.b.
	Diatomeeën	Lange Weide	Jaarlijks, zomermaanden	2017	N.t.b.
Effect diepteligging infiltratie-buizen Vlist	Fysische chemie	Vlist	3-6 meetronden per jaar	2022	N.t.b.
Verlagen van fosforconcentraties met ijzerzandfilter in Spengen	Fysische chemie	Spengen	1-4 meetronden per jaar	2022	2023
Effect van uitspoeling druppel-infiltratie op waterkwaliteit Zegveld	Fysische chemie, bodemporievocht	Zegveld	N.t.b.	2025	2025

6.2 Resultaten

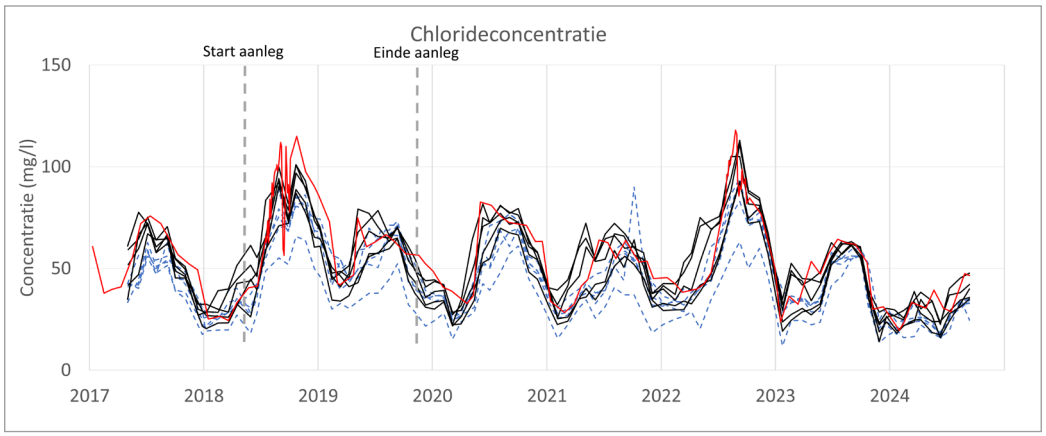
6.2.1 Verandering waterkwaliteit en ecologie door polderbreed PWIS in Lange Weide (concentraties, micro-organismen, vegetatie)

Chemie: chloride

De gemeten chlorideconcentraties van het inlaatwater en het polderwater zijn ongeveer gelijk (zie onderstaand figuur). Op basis van de chlorideconcentratie en waterbalans bestaat vermoedelijk een groot deel van het oppervlaktewater in de polder uit inlaatwater. Er lijkt geen

verandering te zijn in de situatie voor en na de aanleg van WIS. De verschillen tussen de jaren zijn neerslag gerelateerd: droge zomers in 2018 en 2022 met hogere concentraties en een natte winter in 2023/2024 met lagere concentraties.

De laagste chlorideconcentraties zijn vooral gemeten in de tertiaire sloten.

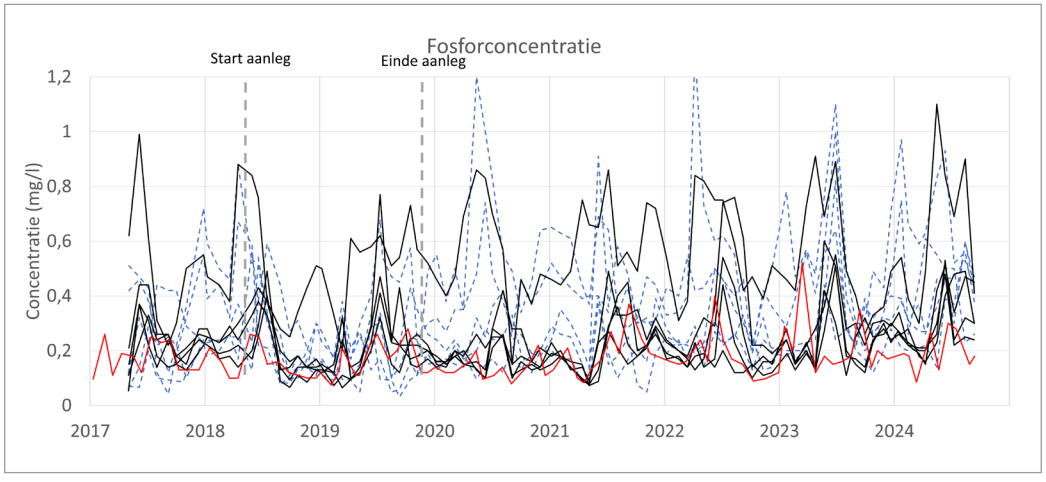


Figuur 32. Chlorideconcentratie 2017-2024 (zwart=hoofdwatersysteem, blauw=tertiaire sloten, rood=inlaatwater)

Chemie: fosfor

De gemeten fosforconcentraties variëren sterk in de tijd (zie onderstaand figuur). De actuele belasting (inkomende debieten maal concentratie) ligt grofweg rondom de grens voor kritische belasting (omslagpunt naar watersysteem gedomineerd door kroos en algen). Over het algemeen zijn de fosforconcentraties hoger in tertiaire sloten dan in de hoofdwatergangen en het inlaatwater.

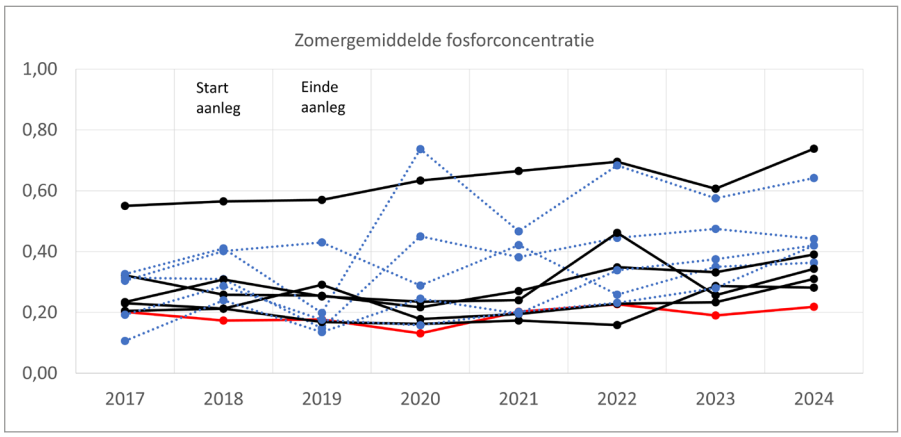
Er lijkt geen verandering te zijn in de fosforconcentraties voor en na de aanleg van WIS.



Figuur 33. Fosforconcentratie 2017-2024 (zwart=hoofdwatersysteem, blauw=tertiaire sloten, rood=inlaatwater)

De zomergemiddelde fosforconcentratie (april tot en met september) is weergegeven in onderstaand figuur. Met name in het zuidelijk deel van de polder zijn de fosforconcentraties hoger dan in andere delen van de polder (zie in het figuur de zwarte en blauwe lijn met hoogste zomergemiddelde fosforconcentratie van het hoofdwatersysteem en tertiaire sloten). Dit wordt

vermoedelijk veroorzaakt door de geïsoleerde ligging en verschillen in de bodemvoorraad fosfor tussen naastgelegen percelen. Daarnaast lijken de weersomstandigheden mede bepalend voor de zomergemiddelde fosforconcentratie. Over het algemeen zijn de hoogste zomergemiddelde concentraties gemeten in 2024, met een zeer natte start van de zomer in dat jaar.

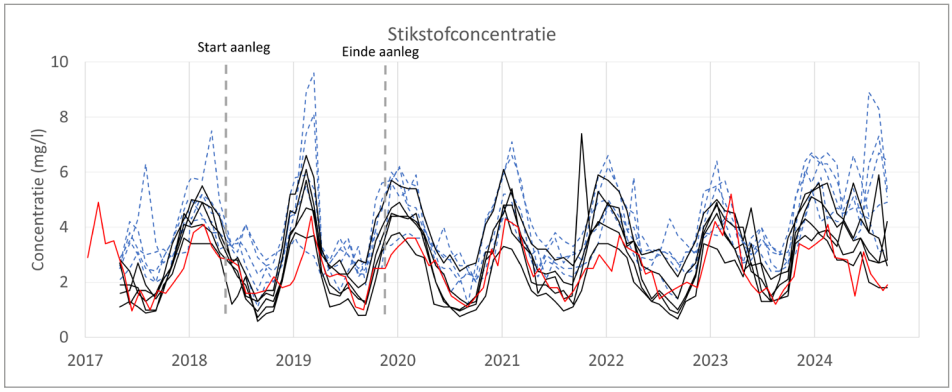


Figuur 34. Zomergemiddelde fosforconcentratie 2017-2024 (zwart=hoofdwatersysteem, blauw=tertiaire sloten, rood=inlaatwater)

Chemie: stikstof

De gemeten stikstofconcentraties zijn op alle meetpunten ongeveer gelijk (zie onderstaand figuur). In 2024 is er tijdens het zeer natte voorjaar vermoedelijk veel stikstof uitgespoeld. De hoogste stikstofconcentraties zijn gemeten in tertiaire sloten.

Er lijkt geen verandering te zijn in de stikstofconcentraties voor en na de aanleg van WIS.

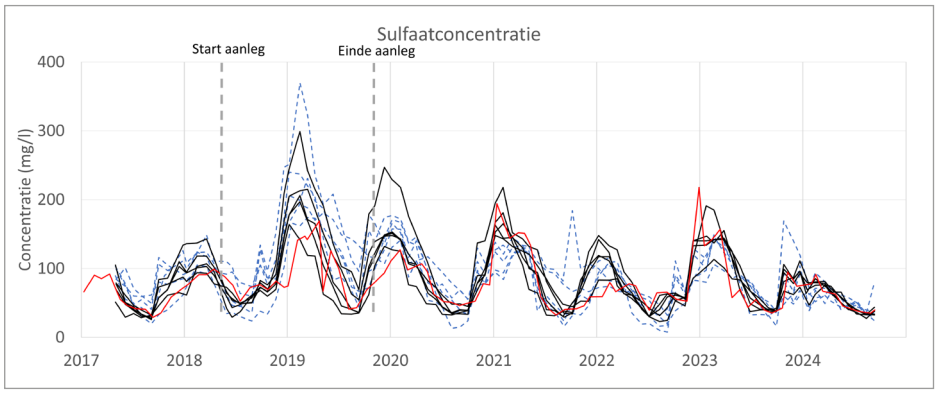


Figuur 35. Stikstofconcentratie 2017-2024 (zwart=hoofdwatersysteem, blauw=sloten, rood=inlaatwater)

Chemie: sulfaat

Wanneer er veenafbraak plaatsvindt, ontstaat er door pyrietoxidatie sulfaat welke na een droge zomer kan uitspoelen. Dit leidt tot hoge sulfaatconcentraties in de winter. Dit is duidelijk zichtbaar na bijvoorbeeld de extreem droge zomer in 2018 (zie onderstaand figuur). In de jaren daarna neemt de sulfaatconcentratie af en is ongeveer vergelijkbaar met het inlaatwater. Ook valt op dat de sulfaatconcentratie van het inlaatwater na een warme zomer (2018, 2019, 2020 en 2022) hoger is dan na een gemiddelde zomer (overige jaren).

Er lijkt geen verandering te zijn in de sulfaatconcentraties voor en na de aanleg van WIS.



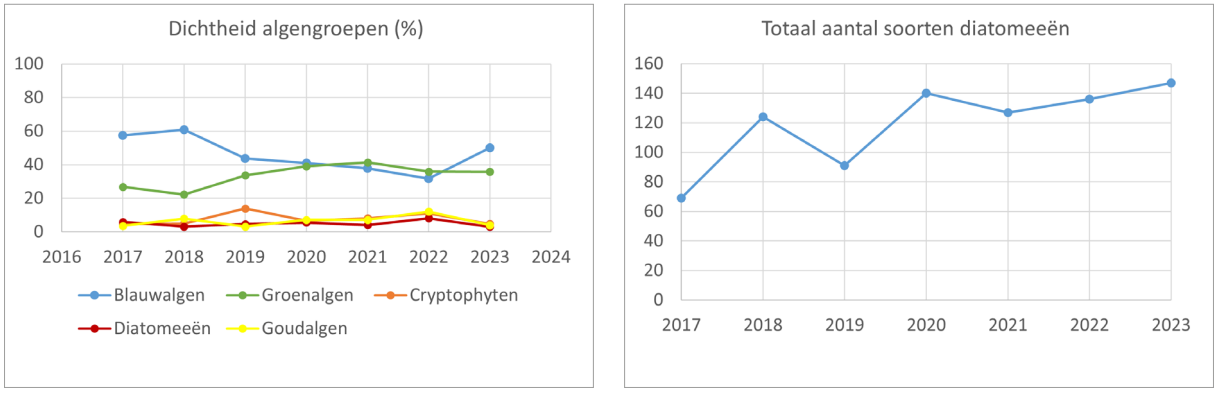
Figuur 36. Sulfaatconcentratie 2017-2024 (zwart=hoofdwatersysteem, blauw=sloten, rood=inlaatwater)

Ecologie: fytoplankton en diatomeeën

Het grootste deel van de fytoplankton bestaat uit soorten die indicatief zijn voor voedselrijke omstandigheden (blauw- en groenalgen, zie figuur hieronder)[19]. Goudalgen zijn een indicatie van een goede waterkwaliteit. Sinds de start van de metingen in 2017 is het aandeel goudalgen langzaam gestegen, en is tegelijkertijd het aandeel van blauwalgen gedaald. In 2023 is het aandeel blauwalgen flink gestegen ten kostte van de goudalgen waarvan het aandeel flink is afgenomen. Vermoedelijk is dit veroorzaakt door een zeer warm en zeer zonnige september-maand[20].

Het aantal soorten diatomeeën is sinds het begin van de metingen in 2017 verdubbeld. Een toename van het aantal soorten diatomeeën kan duiden op een positieve ontwikkeling in de waterkwaliteit (zie onderstaand figuur). Deze stijging kan het gevolg zijn van de aanleg van WIS, maar het kan ook komen door andere factoren, zoals de afname van het aantal waterplanten (zie hieronder).

Er lijken geen veranderingen te zijn in de fytoplankton en diatomeeën voor en na de aanleg van WIS.



Figuur 37. Dichtheid algengroepen in oppervlaktewater (links) en totaal aantal soorten diatomeeën (rechts) in Lange Weide

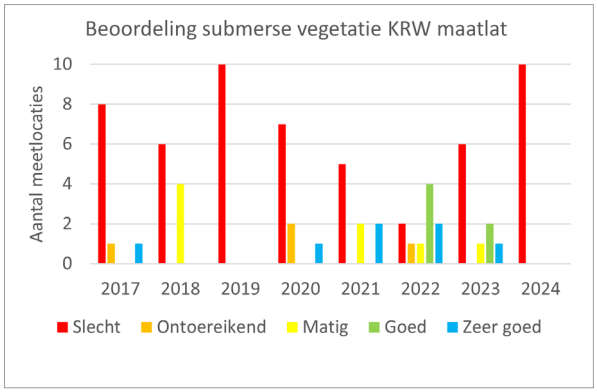
[19] Sanders et al., Aquon, Pilot onderwaterdrainage polder Lange Weide effectmonitoring ecologie 2023

[20] KNMI, 2024, maandoverzicht september 2023

Vegetatie

In 2017, 2019, 2022 en 2023 is een volledige soortenopname oever- en waterplanten uitgevoerd. In de overige jaren is alleen het bedekkingspercentage bekend. Uit de volledige soortenopname blijkt dat er in deze jaren op 1 tot 3 wisselende meetlocaties Grof Hoornblad en Smalle Waterpest domineert (een indicatie voor voedselrijk water).

De waterplanten waarvan de bladeren volledig onder water groeien (submers) zijn belangrijk bij beoordeling van de ecologische waterkwaliteit. De KRW beoordeling van de bedekking submerse vegetatie (inclusief draadalg) staat weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 38. *Beoordeling bedekking submerse vegetatie (inclusief draadalg) volgens KRW maatlat 2018 M8/M10*

In de eerste jaren tot en met 2019 is een groot deel van de meetlocaties beoordeeld als 'slecht'. In de jaren daarna tot en met 2022 verandert de verdeling met een afname van het aantal 'slecht' beoordeelde locaties, en een toename van het aantal 'goed' tot 'zeer goed' beoordeelde locaties. Begin 2019 en 2023 heeft (bagger)onderhoud plaatsgevonden. In 2024 was de lente zeer nat[21]. Deze twee oorzaken kunnen verklaren waarom er in 2019 en in 2024 nauwelijks waterplanten gevonden zijn. Door baggeren krijgt het watersysteem een 'reset' en moet de waterplanten-gemeenschap zich herstellen. En onder zeer natte omstandigheden treedt veel afspoeling op, waardoor het doorzicht vermindert en er minder licht tot de bodem doordringt. In andere polders binnen HDSR geldt de afgelopen jaren over het algemeen een afnemende trend in doorzicht en voorkomen van submerse vegetatie.

Ontwikkelingen in vegetatie kunnen, naast waterinfiltratie, door veel verschillende factoren beïnvloed worden (maaibeheer, baggeren, rivierkreeften, meteorologische omstandigheden etc.). Er lijkt geen verandering in de vegetatie te zijn in de situatie voor en na de aanleg van WIS.

Expert review waterkwaliteit en ecologie

Adviesbureau Witteveen&Bos heeft in 2023 een expert review[22] uitgevoerd op de door HDSR uitgevoerde waterkwaliteit en ecologische analyses. Daaruit blijkt onder andere dat kroos en flab niet dominant worden in de sloten ondanks dat deze voedselrijk zijn. De KRW-beoordeling van fytoplankton en diatomeeën laat (nog) geen trend zien. Door verschillen in chlorofyl-a concentraties tussen inlaatwater en polderwater is het aannemelijk dat er in de polder een algengemeenschap zich ontwikkeld los van de invloed van het inlaatwater.

[21] KNMI, 2024, seizoensoverzicht lente 2024

[22] Mandemakers, Witteveen&Bos, 2023, Notitie Waterinfiltratieproject expert-review waterkwaliteit en ecologie

Biodiversiteit bij klimaatmaatregelen in het westelijk veenweidegebied

In 2021 en 2022 is op 47 percelen door de Universiteit Utrecht onderzoek gedaan naar de effecten van vernattingsmaatregelen op biodiversiteit (o.a. regenwormen, ongewervelden, vegetatie, vlinders)*. Het onderzoek is deels door HDSR gefinancierd vanuit het project 'Klimaatslim Boeren op Veen'**. De polders Spengen, Lange Weide en Zegveld zijn onderzocht in de veldstudie. Een veenkolommenproef is gebruikt om de gevolgen van vernatting en bemesting op chemie te onderzoeken.

De biodiversiteit op WIS percelen en de referentiepercelen was vergelijkbaar. Het verhogen van de zomer grondwaterstand met WIS tot 40-50 cm onder maaiveld had geen significante effecten op de biodiversiteit. De agrarische natuurpercelen (zonder WIS) telden gemiddeld meer soorten meer variatie tussen percelen. De biodiversiteit op landschapsniveau was op deze locaties het hoogste.

Daarmee lijkt het beheer van een perceel een grotere invloed te hebben op de biodiversiteit, dan de verhoging van de grondwaterstand met WIS. Door het gespreid toepassen van maaien en mesten worden verstoringen voorkomen en kan de biodiversiteit binnen een bedrijf of polder aanzienlijk verbeteren. Een integraal maatregelenpakket is noodzakelijk bij het streven naar minder bodemdaling (vernatting) en meer biodiversiteit.

Uit de veenkolommenproef blijkt dat er veel fosfaat en ammonium vrijkomt bij vernatting tot maaiveldniveau. Bij vernatting vanaf 20 cm onder maaiveld en lager is dit effect kleiner.

** A. Van der Laan et al., 2025, Universiteit Utrecht, Biodiversiteit bij klimaatmaatregelen in het westelijk veenweidegebied*

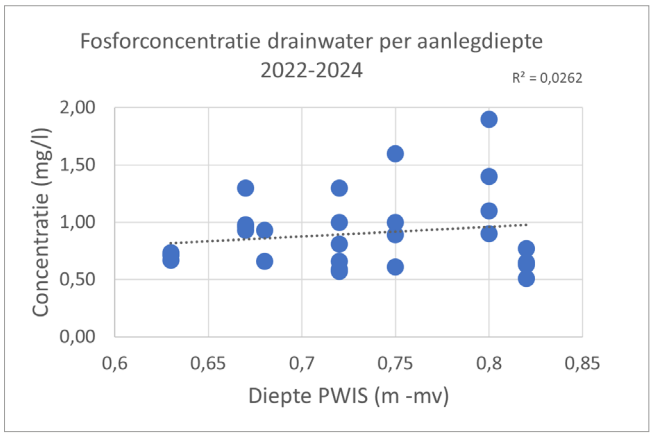
*** www.klimaatslimboerenopveen.nl*

6.2.2 Effect diepteligging infiltratiebuizen waterkwaliteit in Vlist PWIS (concentraties)

Op basis van de gemeten zuurgraad en sulfaatconcentratie is achteraf bepaald of de meetronde tijdens uitspoeling of infiltratie heeft plaatsgevonden. Er zijn 4 meetronden tijdens uitspoeling uitgevoerd, en 3 meetronden tijdens infiltratie.

De gemeten fosforconcentraties tijdens uitspoeling van de waterinfiltratie staan weergegeven in het figuur hieronder. De concentratie van het drainwater varieert van 0,51 mg P/l tot 1,6 mg P/l. Er is in de meetronden van 2022 tot en met 2024 geen verband gevonden tussen de aanlegdiepte van de PWIS en fosforconcentratie van het drainwater (R2=0,03).

[22] Mandemakers, Witteveen&Bos, 2023, Notitie Waterinfiltratieproject expert-review waterkwaliteit en ecologie

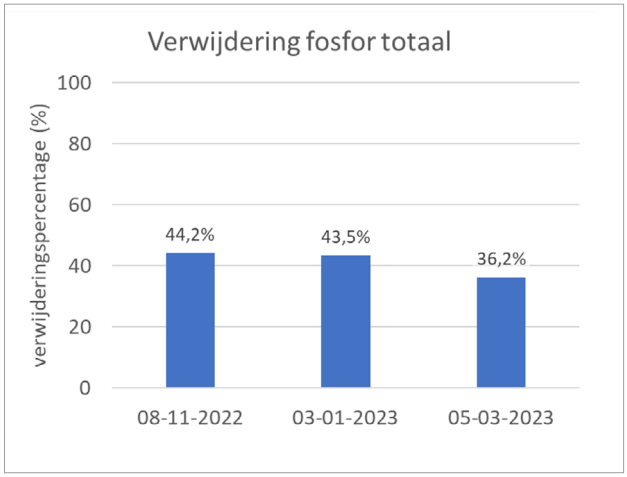


Figuur 39. Fosforconcentratie drainwater per aanlegdiepte tijdens uitspoeling 2022-2024 Vlist

De concentraties stikstof, sulfaat en ijzer in het drainwater zijn in winter tijdens uitspoeling hoger dan in de zomer tijdens infiltratie. In de zomer bestaat het drainwater voornamelijk uit slootwater dat gebruikt wordt voor infiltratie. In de winter bestaat het drainwater voornamelijk uit water dat via de bodem uitspoelt. De concentraties van het uitspoelend drainwater in de winter zijn hoger dan de concentraties in het ontvangend slootwater.

6.2.3 Verlagen van fosforconcentraties vanuit AWIS met fosfaatfilter in Spengen (concentraties)

Het ijzerzandfilter verwijdert 36-44% van fosfor totaal in het drainagewater (zie onderstaand figuur). Op basis van de gemeten ijzerconcentraties vindt er geen ijzeruitspoeling vanuit het ijzerzandfilter naar de sloot plaats.



Figuur 40. Zuiveringsrendement ijzerzandfilter fosfor totaal Spengen

6.3 Conclusie

Hieronder staan de conclusies uit voorgaande paragraven beschreven.

- **Verandering waterkwaliteit en ecologie door polderbreed PWIS in Lange Weide:**
  - *Chloride:* op basis van de chlorideconcentraties bestaat een groot deel van het polderwater uit inlaatwater.
  - *Fosfor:* over het algemeen zijn de fosforconcentraties sterk variabel en hoger in tertiaire sloten dan in de hoofdwatergangen. Er zijn relatief grote verschillen in waterkwaliteit binnen de polder, vermoedelijk veroorzaakt door de invloed van inlaatwater en de bodemvoorraad van nabijgelegen percelen.
  - *Stikstof:* de stikstofconcentraties zijn op alle meetpunten ongeveer gelijk.
  - *Sulfaat:* na een droge zomer zijn de sulfaatconcentraties door pyrietoxidatie hoger dan na een gemiddelde of natte zomer.
  - *Fytoplankton en diatomeeën:* het grootste deel van fytoplankton bestaat uit soorten indicatief voor voedselrijke omstandigheden (blauw- en groenalgen). Het aandeel goudalgen, als indicatie van een goede waterkwaliteit, is over het algemeen sinds de start van de metingen langzaam gestegen ten kostte van het aandeel blauwalgen. Het totaal aantal soorten diatomeeën, als indicatie van een goede waterkwaliteit, is sinds de start van de metingen verdubbeld. Op basis van de verschillen in chlorofyl-a concentraties tussen inlaatwater en polderwater is het aannemelijk dat er in de polder een algengemeenschap zich ontwikkeld los van de invloed van het inlaatwater.
  - *Vegetatie:* In 2019 en 2024 is de bedekking submerse vegetatie beoordeeld als 'slecht'. In 2019 is (bagger)onderhoud uitgevoerd, in 2024 was de lente zeer nat met een verminderd doorzicht. Kroos en flab zijn niet dominant ondanks de voedselrijkheid.
  - *Chemie, fytoplankton, diatomeeën, vegetatie:* er lijken geen veranderingen in chemie, fytoplankton, diatomeeën en vegetatie te zijn als gevolg van de aanleg van PWIS.
- **Biodiversiteit bij klimaatmaatregelen**
  Het beheer van een perceel heeft een grotere invloed op de biodiversiteit dan de verhoging van de grondwaterstand.
- **Effect diepteligging infiltratiebuizen waterkwaliteit in Vlist**
  Er is in de meetronden van 2022 tot en met 2024 geen verband gevonden tussen de aanleg-diepte van de PWIS en fosforconcentratie van het drainwater.
- **Verlagen van fosforconcentraties vanuit AWIS met fosfaatfilter in Spengen**
  Met het ijzerzandfilter wordt ongeveer 40% van fosfor totaal in het drainagewater verwijderd.

7 Thema: Watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer

Dit hoofdstuk gaat in op het onderzoek naar watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer. Het beschrijft de (verschillende) onderzoeksmethode(n) die hierbij gebruikt worden. Per onderzoek locatie worden de resultaten en conclusies beschreven.

7.1 Methode

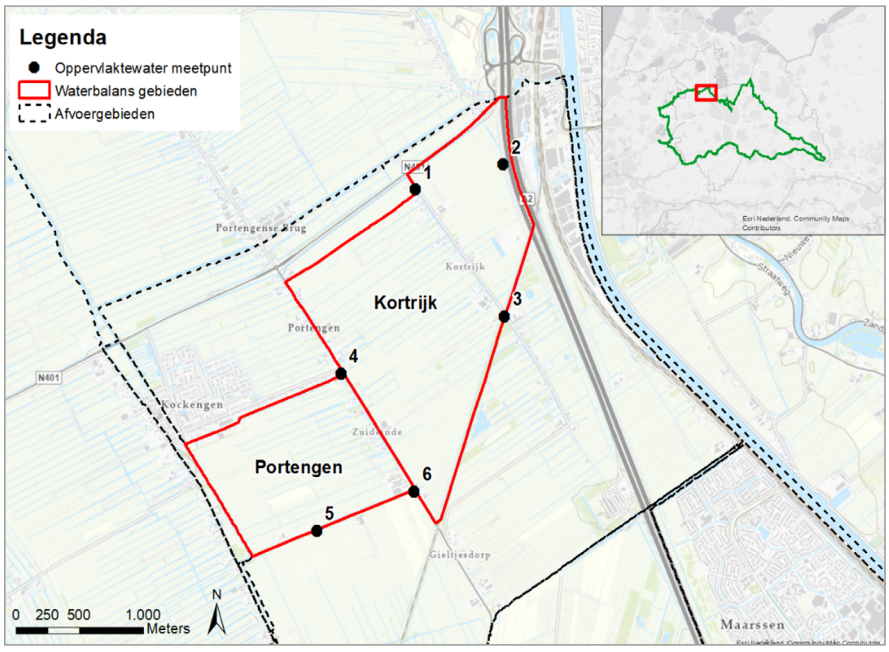
7.1.1 Extra watervraag door PWIS in Lange Weide (debietmeten)

In de polder Lange Weide is een groot deel van het maalpand voorzien van PWIS. Door het meten van de volledige waterbalans is de verwachting dat hieruit mogelijk de extra benodigde water-aanvoer (modelmatig) afgeleid kan worden. Op 6 locaties wordt water aangevoerd op het maal-pand. Uit de metingen blijkt dat er een grote meetonnauwkeurigheid aanwezig kan zijn op elke inlaatlocatie. Daarom is in het waterinfiltratieproject Kortrijk Portengen een alternatieve meetopstelling ingericht met kleinere meetonzekerheden, zie hieronder.

7.1.2 Extra watervraag door PWIS in Kortrijk Portengen (debietmeten)

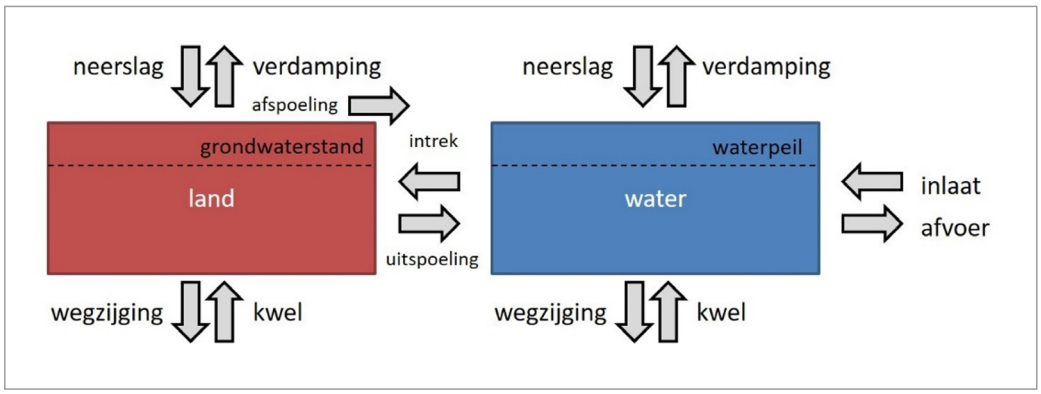
In de polder Kortrijk Portengen is met debietmetingen (type H-ADCP) inzichtelijk gemaakt hoeveel water er het gebied in- en uitgaat. Samen met andere componenten van de waterbalans is geprobeerd om in deze polder een antwoord te vinden op de (extra) watervraag van PWIS.

Op onderstaande afbeelding is te zien waar de debietmeters zijn geplaatst. Er is gemeten in de periode 2022 tot heden.



Figuur 41. Kaart van het gebied met daarop de twee onderzoeksgebieden (peilgebieden) en de locatie van de H-ADCPs.

De waterbalans maakt inzichtelijk hoeveel water een systeem inkomt en verlaat (zie figuur 42). De aanvoer bestaat uit neerslag, kwel, aanvoer vanuit andere peilgebieden (inlaatwater) en berging. De afvoer bestaat uit verdamping, wegzijging, afvoer vanuit het oppervlaktewater-systeem naar andere gebieden en berging. Voor beide peilgebieden is een waterbalans opgesteld.



Figuur 42. Schematische weergave van de waterbalans componenten (Bron: STOWA 'Rekentool Waterbalans')

7.1.3 Extra watervraag en waterafvoer door AWIS/PWIS, modellering SWAP (grondwatermodel)

Met het model SWAP is de watervraag en waterafvoer doorgerekend voor enkele percelen uit de polders Spengen (AWIS) en Lange Weide (PWIS). Metingen van grondwaterstanden, pompput-peilen en debieten zijn gebruikt bij de validatie. In de berekening zijn droge jaren (2018, 2019) en natte of gemiddelde jaren meegenomen (2020, 2021).

Een stagiair bij HDSR heeft het model opgezet voor het doorrekenen van de watervraag. Vervolgens is in 2022 door de WenR een review uitgevoerd, en is de simulatieperiode verlengd met een focus op de waterafvoer[23].

7.1.4 Proces gezamenlijk sturen dynamisch waterpeil in Lange Weide (proces)

In 2019 is gestart met het voeren van dynamisch peilbeheer door de 'Begeleidingsgroep dynamisch peilbeheer'. De begeleidingsgroep bestaat uit enkele agrariërs, Staatsbosbeheer en de gebiedsbeheerder vanuit HDSR. Binnen een vastgestelde marge is het oppervlaktewaterpeil in het peilgebied aangepast op basis van weersverwachting, actuele grondwaterstandmetingen en praktijkervaringen. De besluitvorming moet snel kunnen plaatsvinden, daarom is er contact via een speciaal ingerichte Whatsappgroep.

[23] P.E. Dik, 2022. Effecten waterinfiltratie op afvoer, Spengen en Lange Weide. Review, verbetering en toepassing SWAP model bij drukdrainage en onderwaterdrainage. Wageningen, Wageningen Environmental research, Rapport 3213

Toekomstige onderzoeken

In dit kader worden de onderzoeken beschreven die recent gestart zijn, of in de toekomst gestart worden.

Toekomst: Verdampingstekort watervraag waterinfiltratie Oud Kamerik Oost

De (extra) watervraag door waterinfiltratie is op perceelniveau in te schatten door aan alle in- en uitgaande waterbalansposten te meten. De uitgaande post verdamping bepaald een groot deel van de watervraag op perceelniveau. Het meten aan de actuele verdamping is in het verleden een grote uitdaging geweest. Recent is er nieuwe meetapparatuur op de markt gekomen waarmee de actuele verdamping nauwkeurig en kostenefficiënt gemeten kan worden.

In dit onderzoek wordt in de polder Oud Kamerik Oost een waterbalans op perceelniveau gemeten, van een perceel met actieve waterinfiltratie en een perceel zonder waterinfiltratie. Naast de verdamping worden ook gemeten: grondwaterstanden diep en ondiep, bodemvocht, straling, greppelafvoer etc.

Het onderzoek start naar verwachting in het voorjaar van 2026.

Toekomst: Praktijkonderzoek waterinfiltratie, peilopzet en wateroverlast Oud Kamerik Oost

In de polder Oud Kamerik Oost is de kans op wateroverlast door aanleg van AWIS groter geworden. De extra wateroverlast mag niet afgewenteld worden op een lagergelegen peilgebied. Met een wijziging van de peilregeling van de afvoerende stuw kan het oppervlaktewaterpeil stijgen waardoor wateroverlast ontstaat.

Vanuit de praktijk wordt wateroverlast anders ervaren dan vanuit de wateroverlastnormen waaraan het waterschap verplicht is te toetsen. Deze wateroverlastnormen zijn gekoppeld aan een herhalingstijd bij inundatie vanuit het oppervlaktewater op het perceel. In de praktijk wordt wateroverlast ook op andere manieren ervaren. Bijvoorbeeld grote hoeveelheden plasvorming en zeer hoge grondwaterstanden met weinig draagkracht.

In samenwerking met de belanghebbenden wordt het oppervlaktewaterpeil opgezet om te onderzoeken waar en hoeveel wateroverlast er dan ontstaat. De wateroverlast wordt in beeld gebracht met inundatiebeelden vanuit satellieten, ervaringen van agrariërs in de praktijk, dronebeelden en metingen van oppervlaktewater- en grondwaterstanden.

Het onderzoek start naar verwachting in het voorjaar van 2025.

Toekomst: Praktijkonderzoek wateroverlast polderbreed verschillende typen waterinfiltratie Meijepolder

In de Meijepolder is de kans op wateroverlast door aanleg van AWIS groter geworden.
Er zijn verschillende typen AWIS aangelegd:

1. AWIS op polderpeil
2. PWIS in een onderbemaling aangestuurd door een pomp,
3. PWIS aangesloten op afgedamde watergangen aangestuurd met een pomp,
4. PWIS aangesloten op watergang peilafwijking/opmaling waarbij oppervlaktewaterpeil onder vrij verval kan worden verhoogd,

De wateroverlast wordt op dezelfde wijze in beeld gebracht als in praktijkonderzoek Oud Kamerik, met aanvullend modellering en beoordeling van de opbrengstderving door een schade-expert.

Het onderzoek start naar verwachting in het voorjaar van 2025.

7.1.5 Overzicht methode watervraag en wateroverlast

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de meetmethode voor het beantwoorden van de kennisvragen voor het thema 'watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer'.

Tabel 20: Overzicht methode watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer

Titel	Methode	Locatie	Frequentie	Aanvang	Einde
Extra watervraag door PWIS Lange Weide	Stuwen met peilverschil	Lange Weide	15 min	2019	2023
	Inlaat met debietmeter				
Extra watervraag door AWIS/ PWIS Kortrijk Portengen	ADCP in watergangen, peilgebied met en zonder waterinfiltratie	Kortrijk Portengen	15 min	2022	2025
Extra watervraag en waterafvoer door AWIS/PWIS, modellering SWAP	SWAP model, metingen voor kalibratie en validatie	Spengen, Lange Weide		2018	2021
Verdampingstekort watervraag waterinfiltratie Oud Kamerik Oost	Waterbalans perceelniveau	Oud Kamerik Oost	Varieert	2026	2027
Praktijkonderzoek waterinfiltratie, peilopzet en wateroverlast Oud Kamerik Oost	Waterstandsmeting, dronebeelden, inundatiebeelden, fotografie, expertoordeel	Oud Kamerik Oost	Eenmalig in voorjaar en najaar	2025	2028
Praktijkonderzoek wateroverlast polderbreed verschillende typen waterinfiltratie Meijepolder	Waterstandsmeting, dronebeelden, inundatiebeelden, fotografie	Meijepolder	Eenmalig in voorjaar en najaar	2025	N.t.b.

7.2 Resultaten

7.2.1 Extra watervraag door PWIS Lange Weide (debietmeten)

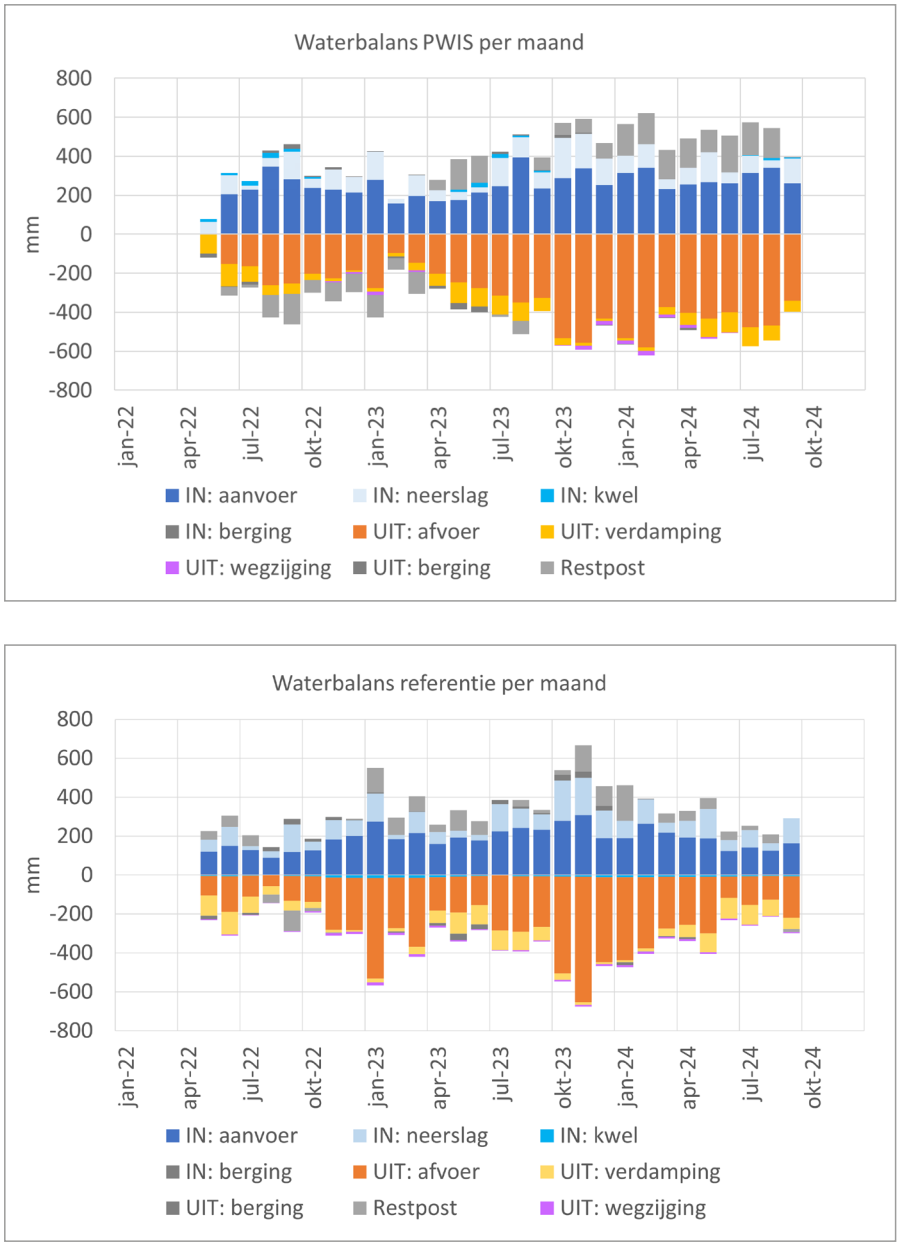
Zie '7.1.1 Extra watervraag door PWIS Lange Weide' voor toelichting.

7.2.2 Extra watervraag door PWIS Kortrijk Portengen (debietmeten)

Onderstaand zijn de hoofdresultaten beschreven van het onderzoek naar de (extra) watervraag van PWIS.

Waterbalans

In de onderstaande figuur is de waterbalans weergeven op maandbasis. Op de positieve as zijn alle ingaande posten geplaatst, op de negatieve as de uitgaande. De balans wordt sluitend door toevoeging van de restpost (deze is gemiddeld 11% van de totaalbalans).



Figuur 43. De twee waterbalansen weergegeven in een grafiek, gebaseerd op de maandtotalen van de balansposten.

Op basis van de waterbalansen is de retentie (aanvoerdebiet minus afvoerdebiet) bepaald voor het hoogtepunt van de zomer in het derde kwartaal, zie de onderstaande tabel.

Tabel 21: Gemiddelde aan- en afvoer 2022-2024 van het derde kwartaal voor WIS en referentie

Titel	2022 (droog)		2023		2024	
Q3 gemiddelde waarden (mm/dag)	WIS	REF	WIS	REF	WIS	REF
Aanvoer	9,4	3,7	9,6	7,7	10,4	4,7
Afvoer	7,4	3,2	10,9	9,1	10,1	5,3
Retentie	+2	+0,5	-1,3	-1,4	+0,3	-0,6

In het derde kwartaal van de zeer warme en zonnige zomer van 2022 is er in beide gebieden meer water aangevoerd dan afgevoerd. De retentie in het PWIS gebied was in 2022 183 mm over de zomerperiode (2,0 mm/dag). In dezelfde periode was de retentie in het referentiegebied 47 mm (0,5 mm/dag). Er is dus in het PWIS gebied 136 mm meer water nodig in deze zomerperiode (1,5 mm per dag meer). Daarbij is de grondwaterstand met PWIS gemiddeld 18 cm hoger in het derde kwartaal. De berekende kwel in de zomermaanden in het PWIS gebied is maximaal 0,85 mm/dag, en ongeveer 0 mm/dag in het referentiegebied.

Een belangrijke kanttekening is de onzekerheid in de bepaling van de kwel en wegzijging. Het is bekend dat de polder onder invloed van het Amsterdam Rijnkanaal kwel ontvangt. De volgende uitgangspunten zijn gebruikt:

- Weerstand deklaag: op basis van een verbeterde versie ondergrondmodel GEOTOP, gebruikt voor de hertoetsing van het HDSR watersysteem (weerstand deklaag referentie 933 dagen, WIS 285 dagen)
- Freatische grondwaterstanden: gemiddelde per peilgebied op basis van gemeten grondwaterstanden van het HDSR grondwatermeetnet
- Stijghoogte 1ste watervoerend pakket: voor het referentie peilgebied is een lokale diepe grondwater peilbuis gebruikt, voor het WIS peilgebied zijn meerdere diepe grondwater peilbuizen beschikbaar vanuit het HDSR meetnet. Er is een duidelijke relatie zichtbaar in de metingen tussen de stijghoogte 1ste watervoerend pakket en de afstand tot het Amsterdam Rijnkanaal. De stijghoogte neemt af bij een grotere afstand. Daarom is een gemiddelde afstand tot het Amsterdam Rijnkanaal berekend, en zijn de metingen van het dichtst op die afstand gelegen diepe peilbuis gebruikt.

7.2.3 Extra watervraag en waterafvoer door AWIS/PWIS, modellering SWAP (grondwatermodel)

Uit de modelresultaten volgt een watervraag op basis van 2019 en 2020 voor de AWIS in Spengen van 395 mm, en voor de PWIS in Lange Weide van 280 mm. Dit is een toename van de watervraag in Spengen van 45-85%, en voor Lange Weide 37-68% (dit is een indicatie op perceelniveau, en niet vergelijkbaar met de watervraag op polderniveau).

Voor de waterafvoer is onderscheid gemaakt in een natte en droge uitgangssituatie. Bij T=10 neerslag treden er geen verschillen op in afvoer tussen WIS en referentie, ondanks de uitgangssituatie. Bij een droge situatie leidt WIS na 2 dagen tot iets meer afvoer, echter is dit slechts een kleine afvoer vergeleken met een natte situatie. In een natte situatie zijn de afvoeren veel groter, maar is de toename van afvoer met WIS minimaal. Op basis van deze berekeningen is de toename van wateroverlast vermoedelijk klein.

Peilstrategieën om grondwaterstanden in veengebieden te verhogen

In 2023 is met grond- en oppervlaktewatermodellen (MODFLOW-MetaSWAP, SOBEK) onderzoek gedaan naar de effecten van grootschalige peilverhoging en/of aanleg van WIS op de grondwaterstand, gewasopbrengst (Waterwijzer), wateroverlast en wateraanvoer*.

Met het opzetten van oppervlaktewaterpeilen en WIS kunnen de grondwaterstanden verhoogd worden. De grondwaterstand in de zomer komt daarmee niet binnen de bandbreedte van 20-40 cm onder maaiveld zoals genoemd in de kamerbrief 'Water en Bodem sturend'. De hogere grondwaterstanden leiden tot extra risico's op wateroverlast. De watervraag neemt toe met 37% tussen mei en september. Tijdens de drie droogste zomer weken verdubbeld de watervraag (van gemiddeld 3 m^3/s naar 6 m^3/s).

** www.kbf.nl/assets/uploads/2024/10/H2O-Online_240221_Peilstrategieen_HDSR.pdf*

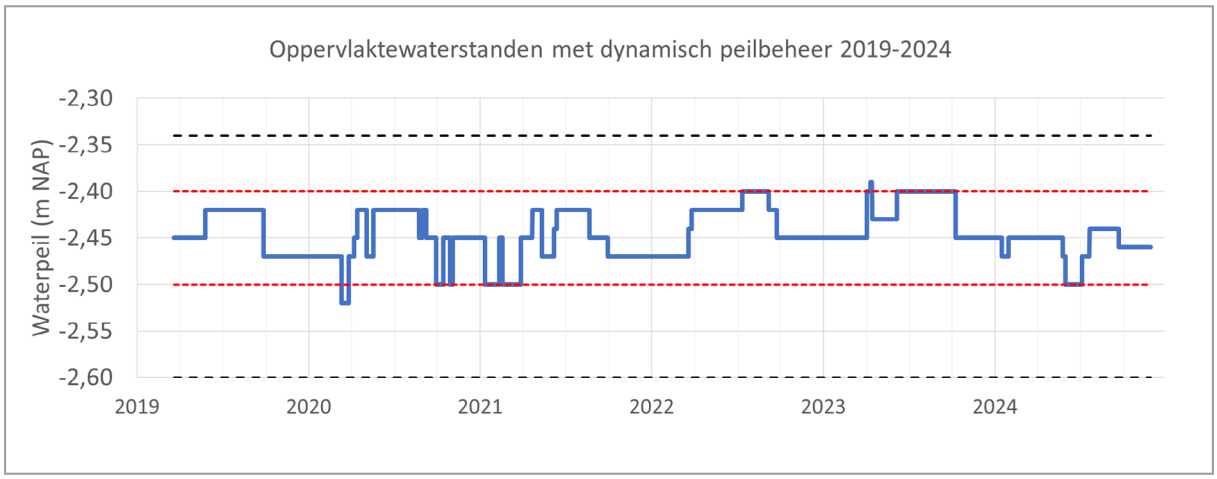
7.2.4 Grondwaterstand effect door dynamisch(er) peilbeheer PWIS Lange Weide (proces)

Het peilbeheer is door de begeleidingsgroep in de eerste jaren elke 3 maanden geëvalueerd. Het uitgangspunt is een vast oppervlaktewaterpeil. Ten opzichte van dit vaste peil zijn de oppervlaktewaterpeilen in kleine stappen van 2-3 centimeter per keer aangepast. De belangrijkste leerpunten voor het proces en praktijk zijn uit de eerste jaren 2020 en 2021 zijn beschreven in een eerdere rapportage[24]. Deze leerpunten worden in de recentere jaren nog steeds gebruikt (peilaanpassing in kleine stappen 2-3 cm, solidair met laagst gelegen percelen, snel reactie op peilvoorstel, verhang in watersysteem etc.).

In het droge jaar 2022 zijn de oppervlaktewaterpeilen langdurig hoger gehouden, en is een hoger zomerpeil dan de voorgaande jaren toegepast. In 2023 is dit hogere peil langere periode aangehouden. Door veel neerslag in 2024 is langdurig een lager peil aangehouden.

In de metingen is geen duidelijk verband aangetroffen tussen aanpassing van het oppervlaktewaterpeil en de grondwaterstand.

[24] De Jong et al., mei 2022, Toekomstbestendige polder Lange Weide, Samenvatting bevindingen en inzichten 2020-2021, HDSR.



Figuur 44. Oppervlaktewaterstanden met dynamisch peilbeheer 2019-2024 Lange Weide PWIS

Wateroverlast inzichtelijk met optische satellietbeelden

Voor de toekomstige onderzoeken naar wateroverlast in de praktijk (Oud Kamerik en Meijepolder) is een verkennend onderzoek uitgevoerd om optische satellietbeelden te gebruiken voor het ruimtelijk in beeld brengen van de locaties met wateroverlast op maaiveld.

Door de bewolking is de kans op een bruikbaar satellietbeeld binnen 2 dagen na een neerslagevenement 30%, terwijl de kans binnen 3 dagen stijgt naar 40%. De bruikbare satellietbeelden kunnen geanalyseerd worden door visuele inspectie (luchtfoto), gebruik van infraroodbanden (water zichtbaar als donker vlak) en de Normalized Difference Water index (specifieke index voor waterdetectie).

7.3 Conclusie

Hieronder staan de conclusies uit voorgaande paragraven beschreven.

- **Extra watervraag door PWIS Kortrijk Portengen**
  Het is gelukt om een waterbalans te maken (11% restpost gemiddeld) voor een peilgebied met en zonder PWIS. In het derde kwartaal van de zeer warme en zonnige zomer van 2022 is er in het PWIS peilgebied 1,5 mm/dag (136 mm totaal) meer retentie nodig dan in het referentie peilgebied. Belangrijke kanttekening hierbij is de invloed van kwel en wegzijging, welke lastig is om nauwkeurig in te schatten.
- **Extra watervraag en waterafvoer door AWIS/PWIS, modellering SWAP**
  Op perceelniveau neemt de watervraag in 2019 en 2020 toe met maximaal 85% in Spengen AWIS (395 mm), en maximaal 68% (280 mm) in Lange Weide PWIS. De berekende toename van wateroverlast is klein.
- **Grondwaterstand effect door dynamisch(er) peilbeheer PWIS Lange Weide, proces**
  In 2023 is een hoger oppervlaktewaterpeil langdurig aangehouden, in 2024 is langdurig lager gestuurd door zeer natte omstandigheden.

8 Thema: Agrarische bedrijfsvoering

Dit hoofdstuk gaat in op het onderzoek naar agrarische bedrijfsvoering. Het beschrijft de (verschillende) onderzoeksmethode(n) die hierbij worden gebruikt. Per onderzoek locatie worden de resultaten en conclusies beschreven.

8.1 Methode

8.1.1 Effect AWIS op agrarische bedrijfsvoering (praktijkervaringen)

Spengen

Op basis van logboeken van boeren, keukentafelgesprekken en meerdere gezamenlijke avonden zijn de ervaringen rondom het gebruik en de effecten van AWIS onderzocht. Voor de agrarische bedrijfsvoering zijn de volgende onderdelen van belang:

- Gewaskwaliteit en gewasgroei
- Bodemvocht
- Draagkracht
- Vochtigheid greppels
- Pompsturing

Vlist

De boeren met een AWIS houden contact via een app-groep. Ervaringen over het gebruik van de pompen, praktijkervaringen in het veld en technische gebreken worden hierin met elkaar besproken.

8.1.2 Effect PWIS op agrarische bedrijfsvoering (praktijkervaringen)

Lange Weide

De praktijkervaringen van de boeren zijn in de eerste paar jaar van de proef elke 3 maanden besproken. Daarna zijn praktijkervaringen uitgewisseld tijdens bedrijfsbezoeken voor het uitlezen van de grondwaterstanden (de relevante onderdelen staan hierboven genoemd bij het onderdeel Spengen, exclusief de pompsturing).

Vlist

Er zijn twee studiegroep avonden geweest over de aanleg en monitoring van PWIS waarbij de agrariërs, een adviesbureau en het waterschap aanwezig waren. Daarbij ging het onder andere over de ervaringen van de aanleg, de resultaten van de monitoring en de bedrijfsvoering. Specifiek voor AWIS is een appgroep opgericht waarbij ervaringen onderling worden gedeeld.

Kortrijk Portengen

In Kortrijk Portengen zijn de praktijkervaringen in 2025 kleinschalig geïnventariseerd. Daarbij ging het om praktijkervaringen met aanleg, agrarische bedrijfsvoering en geschiktheid van percelen voor agrarisch gebruik in de toekomst.

8.1.3 Relatie PWIS, bodemstructuur en kleine drooglegging (praktijkervaringen)

In het project Lange Weide PWIS hebben de laagste percelen met PWIS een drooglegging van ongeveer 30 cm. Door een combinatie van omstandigheden (o.a. kleine drooglegging, plasvorming en ganzen) is de draagkracht hier regelmatig zeer beperkt. Tijdens de natte winter van 2023-2024, en de zeer natte lente van 2024 zijn de problemen met beperkte draagkracht toegenomen (de eerste snede was pas in juni mogelijk).

Door adviesbureau Aequator is daarom in juli 2024 onderzoek gedaan naar de bodemstructuur op de zes laagst gelegen PWIS percelen in Lange Weide. Daarbij is met grondboringen, profielkuilen en grondwaterstanden de bodemstructuur beoordeeld. Ook is de mogelijke relatie tussen de draagkracht problemen en de PWIS onderzocht.

8.1.4 Overzicht methode agrarische bedrijfsvoering

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de meetmethode voor het beantwoorden van de kennisvragen voor het thema 'agrarische bedrijfsvoering'.

Tabel 22: Overzicht methode agrarische bedrijfsvoering

Titel	Methode	Aanvang	Einde
Spengen AWIS	Logboeken, keukentafelgesprekkken, gezamenlijke avonden	2017	2022
Vlist AWIS	App groep, bijeenkomst	2021	N.t.b.
Vlist PWIS	Gezamenlijke avonden	2021	2024
Lange Weide PWIS	Studiegroep bijeenkomsten, bedrijfsbezoeken	2018	2022
Kortrijk Portengen PWIS	Inventarisatie	2025	N.t.b.

8.2 Resultaten

8.2.1 Effect AWIS op agrarische bedrijfsvoering (praktijkervaringen)

De hieronder beschreven praktijkervaringen bij Spengen AWIS zijn al eerder beschreven in de eindrapportage van het project[25]. Voor de volledigheid worden deze hieronder nogmaals herhaald.

Spengen

- **Gewaskwaliteit en gewasgroei:** na langdurige droogte herstelden percelen met AWIS sneller na regenval. Na extreme droogte, zoals in 2018, is er geen verschil in gewasopbrengst ervaren. In seizoenen met meer regenval is er geen verschil in gewaskwaliteit en -groei.
- **Bodemvocht:** de meeste boeren ervaren vochtigere percelen met AWIS tijdens het groei-seizoen. Bij regenval na een droge periode raakten de AWIS percelen sneller verzadigd. Daardoor was de weidegang op die percelen niet mogelijk gedurende enkele dagen.
- **Draagkracht:** de draagkracht bij AWIS percelen lijkt, vooral tijdens drogere voorjaren, iets beter waardoor percelen enkele dagen eerder begaanbaar waren. In het najaar is de draagkracht op deze percelen echter kleiner dan de referentiepercelen.

[25] Hoekstra et al., 2022, Bedrijvenproef Spengen 2017-2021, eindrapportage mei 2022

- **Vochtigheid greppels:** door de AWIS sturing op hoge grondwaterstanden waren veel greppels nat tijdens het eerste proefjaar. Dit is onwenselijk door vertrapping, extra onderhoud en rijsporen naast de greppel. Daarna is de sturing bij enkele deelnemers aangepast om natte greppels te voorkomen.
- **Pompsturing:** de pompsturing van de AWIS is deels bepalend voor het effect op de grondwaterstand. Externe factoren zijn ook hierbij ook bepalend: weersomstandigheden, proactief of reactief sturen, snelheid van infiltreren en draineren tijdsinzet en perceel-eigenschappen.

Vlist

- **Aanleg:** het aanbrengen van de drainslangen met een machine met een recht mes heeft bij sommige deelnemers voor scheuren in de bodem gezorgd in de zomer. De ervaringen met aanleg met een schuin mes zijn positiever. Verder is er een nieuwe eindbuisconstructie ontworpen, onder andere om de eindbuis te beschermen tegen slootvuil en tijdens het mestrijden met de sleepslang.
- **Draagkracht:** de ervaringen verschillen tussen de deelnemers. De één ervaart een betere draagkracht in het voorjaar, de andere juist een verminderde draagkracht. Dat uit zich soms ook in greppels die langer nat blijven. In de zomer wordt qua draagkracht geen verschil ervaren, waarschijnlijk omdat de draagkracht dan sowieso voldoende is.
- **Pompsturing:** in het begin van het project bleek het lastig om de pompen autonoom goed te laten functioneren, er waren veel storingen en er was geen monitoring om op afstand de werking van de pompen te controleren. Na verbeteringen in de constructie en het installeren van een pompuren logger en automatische niveaumeting is dit verbeterd. Een belangrijke wijzing aan de opstelling was de zogenaamde bypass, hiermee werd voorkomen dat de pomp niet restrictief werd bij het uitpompen van grote hoeveelheid water (met name in winter en na buien). Verder bleek uit de ervaringen dat drainafstand en hoogte van de put ook bepalen hoe effectief een pompsysteem is. De resultaten met 4 m drainafstand en een hoger geplaatste put waren duidelijk beter dan normale drainafstand van 6 m en lage put. Een gedeelde ervaring met het effect van de AWIS op het perceel waren vaak drassige greppels na regen. Maar dat was voor de introductie van de bypass. De algemene ervaring was ook dat de percelen met AWIS er groener bijstonden, met name in de zomer. Later in het project is er naast een app-groep ook een bijeenkomst geweest waarbij de praktijk ervaringen zijn gedeeld. Het gebruik van de pomp in combinatie met afwisselend landgebruik (weidevogelbeheer, beweiding, maaien) is toen verder toegelicht door één van de agrariërs.

8.2.2 Effect PWIS op agrarische bedrijfsvoering (praktijkervaringen)

Lange Weide

De hieronder beschreven praktijkervaringen bij Lange Weide PWIS zijn al eerder beschreven in de voortgangsrapportage van het project[26]. Voor de volledigheid worden deze hieronder nogmaals herhaald.

- **Gewaskwaliteit en gewasgroei:** er is geen verschil in duur van maai- en weideseizoen ervaren door de deelnemers. De percelen met PWIS lijken na langdurige droogte sneller te herstellen.

[26] De Jong et al., mei 2022, Toekomstbestendige polder Lange Weide, Samenvatting bevindingen en inzichten 2020-2021, HDSR

Verschillen in grasgroei tijdens droogte tussen hoge en lage percelen veranderen door PWIS niet.

- **Bodemvocht:** er is door de deelnemers geen duidelijk drainerende werking ervaren van de PWIS. De lager gelegen natste percelen zijn na aanleg van PWIS nog steeds relatief nat.
- **Draagkracht:** er zijn geen verschillen in draagkracht ervaren als gevolg van de PWIS. Op de laagstgelegen percelen geldt nog steeds dat er door de hoge grondwaterstanden na neerslag niet te snel gemaaid moeten, ook na de aanleg van PWIS.
- **Vochtigheid greppels:** enkele deelnemers ervaren vaker en langer vochtige of natte greppels met PWIS. er zijn geen verschillen in vochtigheid van de greppels ervaren als gevolg van de PWIS.
- **Zorgen over geschiktheid van percelen voor PWIS op lange termijn:** op de laagste percelen met kleine drooglegging van 35 cm ontstaat er in natte perioden snel natschade. Greppels raken vertrapt, er ontstaat plasvorming waardoor ook grote hoeveelheden ganzen worden aangetrokken die de bovengrond vertrappen[27]. De PWIS remt de bodemdaling, maar stopt deze niet geheel. Daardoor kunnen risico's op wateroverlast door afnemende drooglegging in de toekomst toenemen.
- **Aanleg tijdens te droge periode:** op enkele percelen is de PWIS tijdens een te droge periode aangelegd. Daardoor zijn lokaal percelen niet goed hersteld en zijn er ongewenste hobbels in het maaiveld ontstaan. Op veel locaties waar bij aanleg gegraven is voor de verzamelput is na enkele jaren veel grond aangevoerd om het perceel te herstellen na zetting of nazakken.

Kortrijk Portengen

- **Aanleg:** de aanleg is goed verlopen. Op lager gelegen percelen was het achteraf gezien mogelijk beter geweest om de aanlegdiepte wat te vergroten. Met de huidige aanlegdiepte wordt in de praktijk na neerslag op de lage percelen sneller wateroverlast ervaren. Meer aandacht voor aanlegdiepte is belangrijk.
- **Gewaskwaliteit en groei**: er is weinig verschil in de groei en kwaliteit van het gewas ervaren. Een sneller hersteltijd na droogte met PWIS is niet ervaren.
- **Draagkracht:** lager gelegen percelen hebben een beperktere draagkracht na perioden met neerslag. Op die momenten is er door koeien sneller vertrapping door de eerste wortellaag heen. De beweiding moet daarop aangepast worden. De draagkracht leek in het voorjaar iets te verbeteren, maar is mogelijk ook gerelateerd aan het lagere winterpeil.
- **Bodemvocht en vochtigheid greppels:** op lagere percelen zijn langer natte greppels ervaren.
- **Onderhoud:** er is regelmatig onderhoud nodig om de eindbuis in de sloot vrij te houden van vegetatie.

Vlist

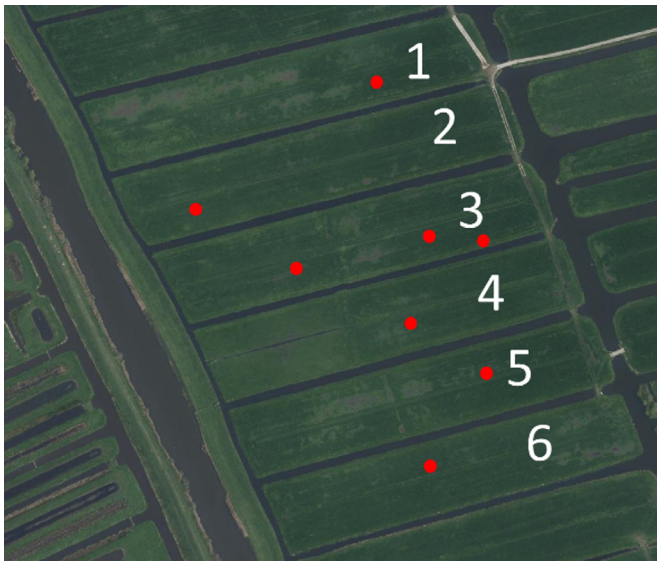
- **Aanleg:** door de inzet van een relatief onervaren draineur is er veel geleerd door praktijervaring tijdens de aanleg. Verzamelputten in percelen zijn in sommige gevallen met elkaar verbonden door een blinde buis om het aantal instroompunten (en het risico bij slootonderhoud) te beperken.
- **Gewaskwaliteit, groei, draagkracht:** door de relatief grote drooglegging van de meeste percelen is er over het algemeen weinig verschil ervaren in de agrarische bedrijfsvoering op de PWIS percelen.

[27] Van Berkum, 2024, Aequator Groen+Ruimte bv, Bodemstructuur in WIS percelen Driebruggen

8.2.3 Relatie PWIS, bodemstructuur en kleine drooglegging (praktijkervaringen)

Op onderstaande kaart zijn de onderzochte percelen weergegeven. Perceel 1, 2, 5 en 6 (gemaaid op 10 juni) ervaren relatief gezien minder draagkrachtproblemen dan percelen 3 en 4 (gemaaid op 21 juni)[28]. Tijdens uitvoering van het veldwerk op 15 juli 2024 liepen koeien voor het eerst buiten. De vertrapping was zelfs op dit late moment in het jaar nog zodanig ernstig dat de koeien dezelfde dag weer in de stal zijn gezet.

Op de meetlocaties is een bovengrond van humusrijke/venige klei aangetroffen van ongeveer 45 cm dikte. Daaronder is veraard kleiig veen aanwezig en vanaf 65 cm is het veen gereduceerd (permanent verzadigd). De hoge graswortel intensiteit in de bovenste 15-25 cm is opvallend. Deze laag met hoge wortel intensiteit is het dikste nabij de slootoever (25 cm) en dunner op de overige locaties (15-20 cm). De bewortelingsdiepte varieert van 15 tot 45 cm. De bodemstructuur nabij de slootoever is sterk beworteld, duidelijk poreus, iets vochtig stevig en draagkrachtig. Ook de toplaag van het kleiig veen is poreus.



Figuur 45. *Kaart onderzochte percelen bodemstructuur, luchtfoto geeft een indicatie van de locaties met draagkrachtproblemen (rood=meetlocatie bodemstructuurbeoordeling)*

Op alle andere meetpunten buiten de slootoevers is bovenlaag van 15 cm drassig of er staat nog water op maaiveld (zie figuur 46). De graswortels zitten voornamelijk in deze laag, daaronder is het humusrijke/venige klei 'droog', compact en nauwelijks doorlatend. De gemeten grondwaterstand ligt op 35-40 cm onder maaiveld.

Het regenwater blijft langdurig aanwezig in de bovenlaag. Interne verslemping ontstaat door het verweken van de humus en klei vanaf de graswortels. De laag onder de bovenlaag heeft een beperkte doorlatendheid door veel minder wortels en poriën. Daardoor kan deze laag niet verweken of het vocht vanuit de bovenlaag afvoeren. Het gewicht van het water op het maaiveld zorgt vervolgens lokaal voor verdere verdichting van de bovenlaag. Op deze manier ontstaat er een vicieuze cirkel.

[28] Van Berkum, 2024, Aequator Groen+Ruimte bv, Bodemstructuur in WIS percelen Driebruggen

Er is geen directe relatie gelegd tussen de PWIS en de beperkte draagkracht. De bovenlaag van 15 cm is zeer drassig, vervolgens is 20-25 cm 'droog' met een grondwaterstand op 35-40 cm onder maaiveld. Dit is een normale grondwaterstand voor een PWIS in een dergelijke situatie. Door de droge tussenlaag is het niet aannemelijk dat de PWIS de vochtproblemen aan maaiveld heeft veroorzaakt.

Volgens de boer zijn de graslanden na een lange periode weer hersteld. De bewortelingsdiepte op de onderzochte locaties buiten de slootkant is weer toegenomen na het opdrogen van de bovenlaag.

Figuur 46. Bodem profielkuilen met zeer vochtige bovengrond (15 cm, rode lijn) daaronder 'droog' tot aan grondwaterstand 35/40 cm (bron: Van Berkum, 2024, Aequator Groen+Ruimte bv, Bodemstructuur in WIS percelen Driebruggen)

8.3 Conclusie

Hieronder staan de conclusies uit voorgaande paragraven beschreven.

- **Spengen AWIS**
  Er is door de AWIS over het algemeen geen verbetering in gewaskwaliteit en gewasgroei. Tijdens het groeiseizoen zijn de percelen vochtiger dan de referentie. De draagkracht lijkt iets beter tijdens drogere voorjaren, en iets slechter in het najaar. Door te hoge sturing kunnen natte greppels ontstaan. Externe factoren zijn naast de pompsturing bepalend voor het effect op de grondwaterstand.
- **Vlist AWIS**
  Een schuin mes van de draineermachine en een goede bescherming van de eindbuis bij het mestrijden met de sleepslang zijn belangrijk. Draagkrachtervaringen verschillen tussen deelnemers. Een hoger geplaatste pompput met drainafstand van 4 m is effectiever voor grondwaterstandverhoging dan een lagere pompput met grotere drainafstand van 6 m.

- **Vlist PWIS**
  Veel geleerd tijdens de aanleg door een relatief onervaren draineur. Verzamelputten in percelen zijn in sommige gevallen onderling verbonden om het aantal instroompunten in de sloot te beperken. Door de relatief grote drooglegging zijn over het algemeen weinig tot geen verschillen ervaren voor de agrarische bedrijfsvoering.
- **Kortrijk PWIS/AWIS**
  Variatie in aanlegdiepte op basis van de maaiveldhoogte van percelen is wenselijk. De draagkracht op lager gelegen percelen is beperkter door de nattere omstandigheden. Er is regelmatig onderhoud nodig om de eindbuizen in de sloot vrij te houden van vegetatie.
- **Lange Weide PWIS**
  Er is door de PWIS over het algemeen geen verbetering in gewaskwaliteit, gewasgroei, drainerende werking en draagkracht ervaren. Sommige deelnemers ervaren vaker en langer vochtige greppels. Er zijn zorgen over toenemende wateroverlast door bodemdaling in de toekomst op laag gelegen percelen met PWIS, in combinatie met vertrapping van greppels en door ganzen. Aanleg tijdens te droge perioden kan leiden tot ongewenste scheurvorming (schade) aan een perceel. Er is veel grond nodig voor herstel van graafwerkzaamheden.
- **Relatie PWIS, bodemstructuur en kleine drooglegging**
  Er is op percelen met PWIS en kleine drooglegging (<35 cm) geen relatie gevonden tussen de ervaren beperkte draagkracht en PWIS. Door interne verslemping van de kleiige toplaag is tijdelijk een zeer beperkte draagkracht ontstaan.

9 Thema: Techniek (door)ontwikkeling, innovaties en beheer

Dit hoofdstuk gaat in op het onderzoek naar technische (door)ontwikkeling, innovaties en beheer. Het beschrijft de (verschillende) onderzoeksmethode(n) die hierbij worden gebruikt. Per onderzoek locatie worden de resultaten en conclusies beschreven.

9.1 Methode

9.1.1 Praktijktoepassing greppelinfiltratie (peilbuizen, oppervlakte-waterstanden)

In onderstaand figuur is de opzet van de meetopstelling weergegeven zoals globaal toegepast op de 3 onderzoek locaties. Waar mogelijk is in de greppel de waterstand gemeten en daarnaast de grondwaterstand op 1.5, 5 en 8 meter afstand tot de greppel. Bij elke locatie is ook een referentie situatie bemeten zonder dat daar actief water wordt geïnfiltreerd.

Figuur 47. Schematische opzet van meetopstellingen bij greppelinfiltratie

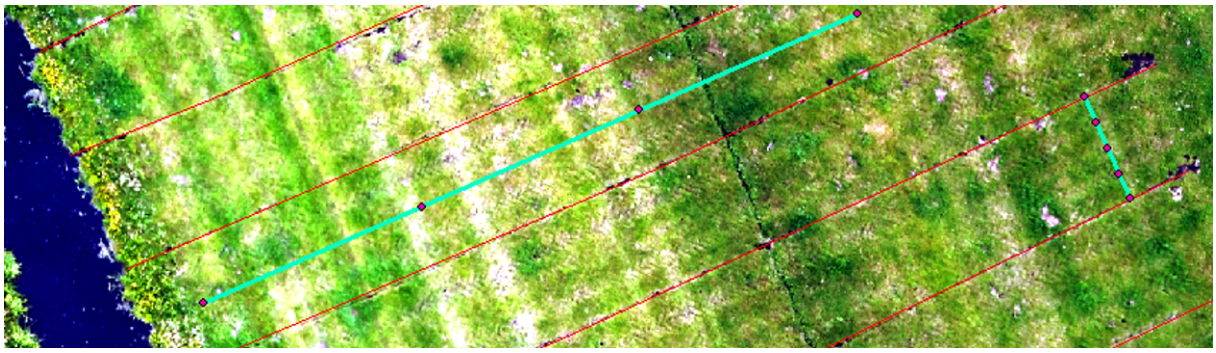
9.1.2 Praktijktoepassing lisdoddeteelt (met greppelinfiltratie, peilbuizen en oppervlaktewaterstand)

In Papekop experimenteert een agrariër met de teelt van lisdodde in een greppel die hij actief vernat met een pomp. Het hoofddoel van deze pilot is de combinatie van een vernattings-maatregel met teelt van veevoer. Over de werking, effecten en het gebruik van de lisdodden en de greppelinfiltratie is met de agrariër meermaals per jaar een veldbezoek en overleg.

9.1.3 Praktijktoepassing moldrainage (peilbuizen, oppervlaktewaterstanden)

In augustus 2023 zijn 43 tijdelijke peilbuizen geplaatst voor de gerichte opname grondwater op de moldrainage percelen bij twee bedrijven. De meetlocaties zijn in lengte- en dwaarsraaien geplaatst tussen de moldrainage gangen (zie bijvoorbeeld figuur 48).

Ook is er een meetnet van in totaal 9 vaste peilbuizen geplaatst voor het meten van de grondwaterstandeffecten van moldrainage.



Figuur 48. De meetlocaties tijdelijke peilbuizen (paarse bollen) worden vooraf bepaald op basis van de moldrainage (rode lijnen)

9.1.4 Duurzame materialen waterinfiltratie (biodegradeerbare infiltratiebuis, peilbuizen)

Biologisch afbreekbare PWIS Lange Weide

In Lange Weide PWIS is in 2023 het perceel met biologisch afbreekbare waterinfiltratie onderzocht. Door een draineur is de doorstroming gecontroleerd, en zijn verstoppingen opgegraven.

Biologisch afbreekbare PWIS Kortrijk Portengen

Op 10 agrarische bedrijven in Kortrijk Portengen is in 2020 en 2021 op één perceel biodegradeerbare infiltratiebuis aangelegd. Met enkele peilbuizen wordt het effect op de grondwaterstanden gemeten, en vergelijken met het effect van reguliere kunststof PWIS en AWIS. (In 2025 volgt een camera inspectie om de toestand van de biodegradeerbare infiltratie te beoordelen).

Toekomstige onderzoeken

In dit kader worden de onderzoeken beschreven die recent gestart zijn, of in de toekomst gestart worden.

Toekomst: Biobased en biologisch afbreekbare PWIS met afbreekbare vezel

In 2025 start op één perceel nabij Bodegraven een onderzoek naar de praktijkervaringen bij aanleg van biologisch afbreekbare PWIS. Gedurende 2 jaar worden de technische staat en effecten op grondwaterstanden gemeten. In het onderzoek worden ook reguliere kunststof PWIS met een sisal omhulling of biologisch afbreekbare omhulling gebruikt.

9.1.5 Beheer, onderhoud en inspectie WIS systemen (opgraven, camera inspectie)

Om het beheer en onderhoud van WIS te bepalen is er inzicht nodig in de technische toestand en werking van een WIS. Met een camera-inspectie kan de huidige staat van WIS beoordeeld worden.

In Spengen AWIS is in 2022 door een rioolinspectiebedrijf een camera inspectie uitgevoerd van 15 infiltratieslangen.

In Lange Weide PWIS is in 2023 een camera inspectie uitgevoerd van 4 verzamelputten en 13 infiltratieslangen. Het onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research, waarbij dezelfde beoordelingsmethodiek is gebruikt als gelijkwaardig onderzoek bij WIS op de proefboerderij Zegveld.

Figuur 49. *Camera inspectie PWIS Lange Weide*

9.1.6 Overzicht methode techniek (door)ontwikkeling, innovaties en beheer

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de meetmethode voor het beantwoorden van de kennisvragen voor het thema 'techniek (door)ontwikkeling, innovaties en beheer'.

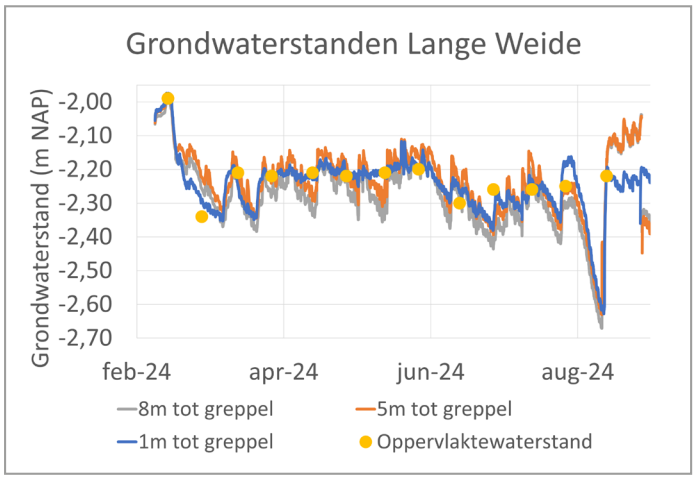
Tabel 23: Overzicht methode techniek (door)ontwikkeling, innovaties en beheer

Titel	Methode	Aanvang	Einde
Praktijktoepassing greppelinfiltratie	Peilbuizen	2023	N.t.b.
Praktijktoepassing lisdoddeteelt (met greppelinfiltratie)	Peilbuizen	2023	N.t.b.
Praktijktoepassing moldrainage	Peilbuizen, tijdelijke peilbuizen	2023	N.t.b.
Duurzame materialen waterinfiltratie	Biologisch afbreekbare waterinfiltratie met biologisch afbreekbare vezel vanuit biobased materialen, peilbuizen, opgraven en inspectie, laboratoriumtest	2025	N.t.b.
Beheer, onderhoud en inspectie WIS systemen	Camera inspectie, opgraven	2022	N.t.b.

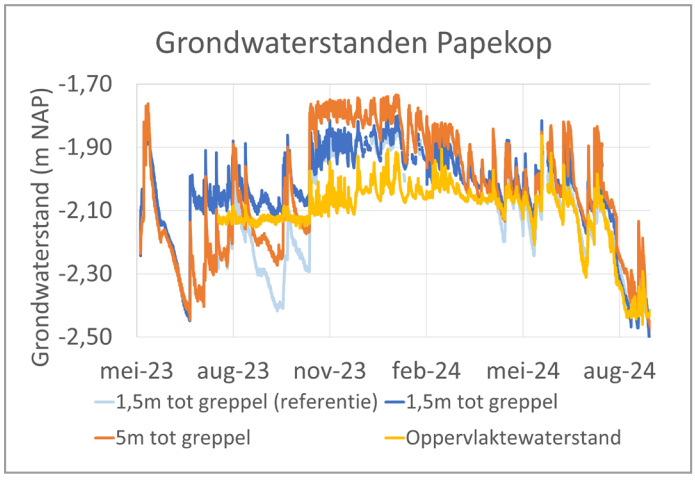
9.2 Resultaten

9.2.1 Praktijktoepassing greppelinfiltratie (peilbuizen, oppervlaktewaterstanden)

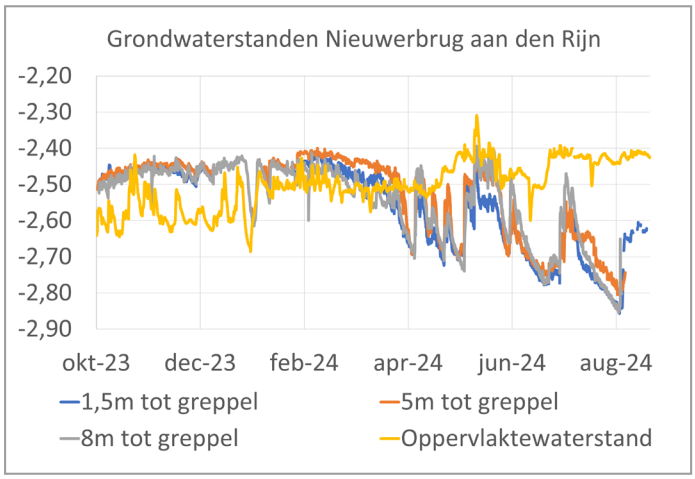
De gemeten grond- en oppervlaktewaterstanden zijn weergegeven in figuur 50, figuur 51 en figuur 52.



Figuur 50. Grondwaterstand en oppervlaktewaterstand greppelinfiltratie Lange Weide



Figuur 51. Grondwaterstand en oppervlaktewaterstand greppelinfiltratie Papekop



Figuur 52. *Grondwaterstand en oppervlaktewaterstand greppelinfiltratie Nieuwerbrug aan den Rijn*

Op de locaties Papekop en Lange Weide is er over het algemeen een invloed van de greppel op de grondwaterstand tot 5 meter er vandaan. Vooral bij weinig neerslag zijn er iets hogere grondwaterstanden nabij de greppel. In vergelijking met een referentieperceel zijn de grondwaterstanden op 5 meter afstand van de greppel hoger, vooral in droge perioden.

Op de locatie Nieuwerbrug is geen verschil gevonden tussen de grondwaterstanden van de greppelinfiltratie en de referentie (niet weergegeven). Waarschijnlijk omdat de omstandigheden hier op dit moment niet gunstig waren voor greppelinfiltratie.

(In de polder Spengen is in 2019 en 2020 een pilot met greppelinfiltratie uitgevoerd, zie de eindrapportage Bedrijvenproef Spengen[29]. Daarbij lijkt greppelinfiltratie een effectieve maatregel met verhoging van de grondwaterstand tot ongeveer maximaal 20 cm ten opzichte van de referentie.)

9.2.2 Praktijktoepassing lisdoddeteelt (met greppelinfiltratie, peilbuizen en oppervlaktewaterstand)

De gemeten grondwaterstanden van greppelinfiltratie in combinatie met lisdoddeteelt zijn in de vorige paragraaf weergegeven. De opbrengst van de kleinschalige lisdoddeteelt wordt na maaien gebruikt als bijmenging in het voer van geiten. De agrariër ervaart in droge perioden dat de stroken naast de greppel groener blijven.

Na de succesvolle teelt in een enkele greppel zijn lisdodden uitgeplant in meerdere greppels. Wanneer de eerste lisdodden beginnen te groeien breidt de plant zich snel uit binnen de greppel. Het aanslaan van de lisdoddeplanten lijkt soms enigszins willekeurig te gebeuren. Het is belangrijk om te voorkomen dat de greppel geheel dichtgroeit waardoor water zich niet meer in de greppel kan verspreiden.

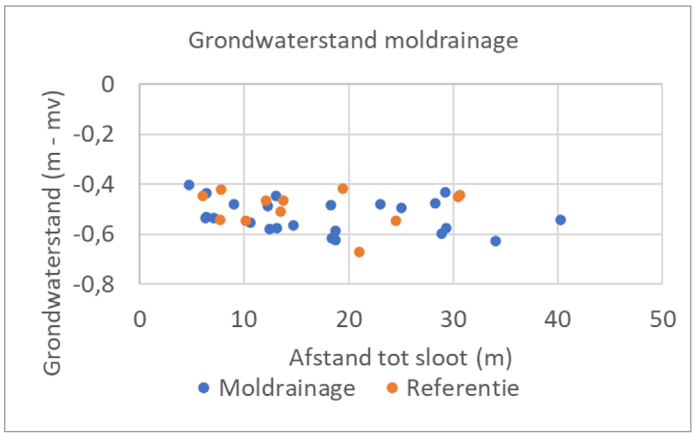
Figuur 53. *Greppelinfiltratie met lisdoddeteelt*

[29] Hoekstra et al., 2022, HDSR, Sturen met grondwater, Bedrijvenproef Spengen 2017-2021, Eindrapportage mei 2022

9.2.3 Praktijktoepassing moldrainage

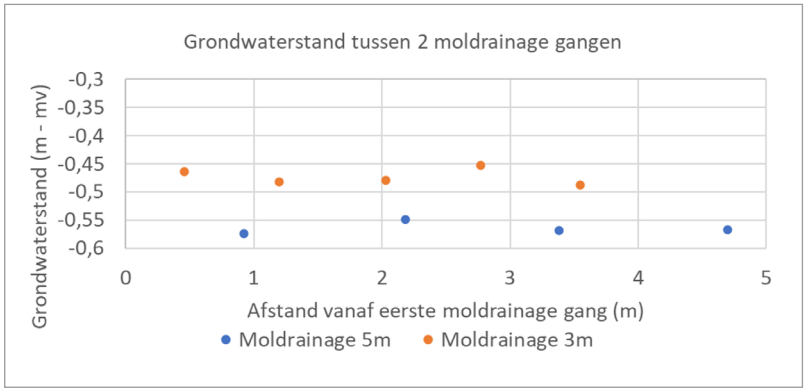
De resultaten van de gerichte grondwaterstandopname met tijdelijke peilbuizen uit augustus 2023 zijn weergegeven in figuur 54. De grondwaterstanden zijn gemeten midden tussen twee moldrainage gangen.

(De resultaten van het vaste meetnet met peilbuizen is niet weergegeven omdat hier nog enige onduidelijkheden in zitten over het effect van de moldrainage en de interpretatie van de grondwaterstanden.)



Figuur 54. Grondwaterstand midden tussen 2 moldrainage gangen met variabele afstand tot sloot

Alle grondwaterstanden zijn hoger dan de aanleghoogte van de moldrainage (0,7 m-mv) en bij een aantal metingen ook boven het oppervlaktewaterpeil (0,45 m-mv). De relatief vlakke grondwaterstand valt op. Er lijkt geen sprake te zijn van uitzakking of opbolling midden in het perceel (tussen de 15 en 25 meter). Er is geen duidelijk verschil tussen de grondwaterstanden tussen de percelen met of zonder moldrainage.



Figuur 55. Grondwaterstand tussen 2 moldrainage gangen met variabele afstand tot moldrainage gang

In bovenstaande grafiek is de grondwaterstand uitgezet tegen de afstand vanaf de eerste moldrain in de meetraai. Er is een verschil in grondwaterstand tussen de moldrains die om de 3 m zijn aangelegd en de moldrains om de 5 m. De grondwaterstand is wel opvallend vlak, de maximale spreiding is 2 cm. Wat verder opvalt is dat de metingen die dichtbij een moldrainage gang liggen niet hoger of lager zijn ten opzichte van de andere metingen, waar dit wel werd verwacht bij een

goede werking van de moldrain. Ten opzichte van de referentiemetingen (niet weergegeven) is er echter maar een kleine verhoging waarneembaar op de meetlocatie met moldrainage afstand 3 m, en zelfs een verlaging op de meetlocatie met moldrainage afstand 5 m.

Over het algemeen wordt geconcludeerd dat er bij de moldrainage geen duidelijk grondwaterstand verhogend effect is gemeten.

9.2.4 Duurzame materialen waterinfiltratie (biodegradeerbare infiltratiebuis, peilbuizen)

Biologisch afbreekbare PWIS Lange Weide

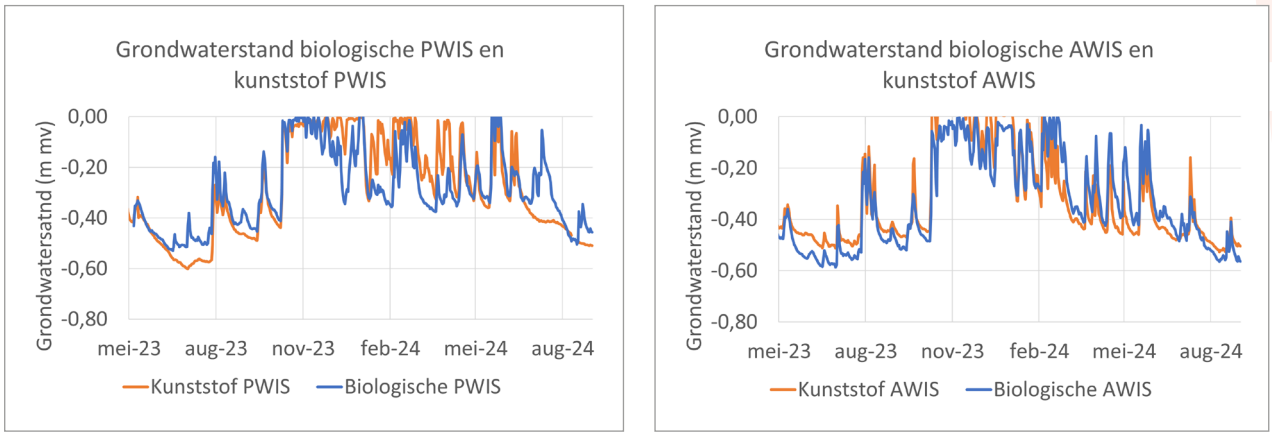
In 2018 is in Lange Weide in een perceel PWIS aangelegd bestaande uit biologisch afbreekbare buizen welke ook worden toegepast als tijdelijke bewateringsvoorziening bij bomen. In augustus 2023 is het perceel onderzocht op verstoppingen en zijn een aantal locaties met verstopte infiltratiebuizen opgegraven. Onderstaand zijn een aantal foto's van de opgraving weergegeven.

Op een deel van het perceel is de afbreekbare PWIS in zeer slechte staat aangetroffen. De buizen waren zeer slap en geheel samengedrukt. Waterstroming is nauwelijks meer mogelijk en de PWIS werkt zeer waarschijnlijk niet meer om de grondwaterstand te verhogen. Aan de andere zijde van het perceel is de afbreekbare PWIS wel in goede staat aangetroffen. Het is onduidelijk waardoor deze verschillen in technische staat veroorzaakt worden. Mogelijk heeft het te maken met lokale samendrukking van buizen door een kleidek en relatief veel klei in de ondergrond.

Figuur 56. Links biologisch afbreekbare PWIS in slechte staat, midden in goede staat, rechts verzamelput en sleuf

Biologisch afbreekbare PWIS Kortrijk Portengen

In onderstaand figuur zijn de grondwaterstanden weergegeven bij biologisch afbreekbare PWIS en AWIS, met een nabijgelegen kunststof PWIS ter vergelijking.



Figuur 57. Grondwaterstanden biologisch afbreekbare PWIS en AWIS vergeleken met kunststof PWIS en AWIS

Bij de biologisch afbreekbare PWIS en AWIS zijn de grondwaterstanden grotendeels ongeveer gelijk aan de grondwaterstanden bij de kunststof varianten. Tijdens een (iets) drogere periode tussen mei en augustus 2023 valt op dat de grondwaterstanden bij de biologische PWIS hoger zijn dan de kunststof variant. In dezelfde periode zijn de grondwaterstanden bij de biologische AWIS juist lager dan de kunststof variant. De grondwaterstanden geven nog geen indicatie van verminderde werking van de biologische WIS.

9.2.5 Beheer, onderhoud en inspectie WIS systemen (camera-inspectie)

Spengen AWIS

In de eindrapportage bedrijvenproef Spengen[30] is een camera inspectie van de AWIS Spengen beschreven. Voor de volledigheid worden hierna kort de hoofdpunten opnieuw herhaalt. Tijdens de camera inspectie van 15 infiltratieslangen is geen roestvorming gevonden. Bij 7 van de 15 slangen is enige vervorming aangetroffen, wat waarschijnlijk geen invloed heeft op de werking. Bij enkele slangen zijn luchtbellen gevonden, de slibdikte is 1-2 cm welke waarschijnlijk via het omhulsel de slang is ingestroomd. Er is 1 levende rivierkreeft in een buis gevonden.

Lange Weide

Tijdens de camera inspectie zijn 13 infiltratieslangen verdeeld over 4 verzamelputten onderzocht[31]. De technische staat is beoordeeld op luchtbellen, dikte sliblaag, vervorming en materiaal in de buis (zie tabel 24).

Luchtbellen groter dan een halve buisdiameter kunnen de werking van de PWIS beperken (++ in de tabel). Bij beoordeling van de slibdikte is dezelfde aanname gedaan.

Over het algemeen functioneren de geïnspecteerde buizen naar behoren. Slib in de infiltratie-slangen is vooral aanwezig in 10-15 m vanaf de verzamelput. Op 15-30 m vanaf de verzamelput is in de meeste gevallen relatief weinig slib aangetroffen.

[30] Hoekstra et al., 2022, HDSR, Sturen met grondwater, Bedrijvenproef Spengen 2017-2021, Eindrapportage mei 2022

[31] Van de Craats, 2023, WENR, Waterinfiltratiesystemen in Lange Weide- verkennend onderzoek naar de conditie van de WIS na 4 jaar

In 1 van de 4 verzamelputten is veel slib aanwezig. Dit reikt vanaf de bodem van de verzamelput tot boven de onderzijde van de infiltratieslang. De slibophoping in de infiltratieslangen is bij deze put het grootste.

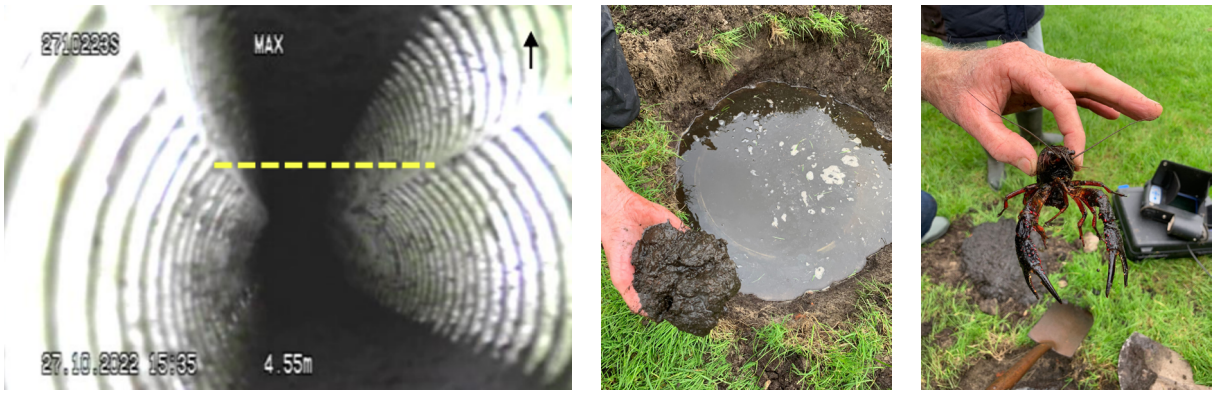
Drie verzamelputten liggen langs dezelfde watergang waarbij enkele jaren na aanleg van de PWIS is gebaggerd met een duwboot. Het is aannemelijk dat er bagger de inlaatbuizen van de PWIS is ingeduwd. Van de 3 verzamelputten is er namelijk 1 afgedopt geweest tijdens het baggeren. Uit de camera inspectie blijkt dat de infiltratieslangen opvallend schoner zijn de andere verzamelputten.

Bij 2 van de verzamelputten zijn er luchtbellen aangetroffen in de infiltratieslangen aan de kopse kant van het perceel direct langs de slootkant. Dit kan veroorzaakt worden door een boom in de ondergrond die tijdens de aanleg door de drainmachine de bodem ingedrukt wordt, en vervolgens omhoogkomt met een variabele slanghoogte als gevolg. Daarnaast zijn er mogelijk verschillen in bodemeigenschappen tussen de (grootste deel van het jaar) hogere grondwaterstanden in de slootkant vergeleken met de rest van het perceel.

Over het algemeen is het functioneren van de PWIS als positief beoordeeld. Op enkele locaties kan het nodig zijn om in de komende paar jaar de infiltratieslangen door te spuiten.

Tabel 24: Beoordeling technische toestand PWIS infiltratieslangen Lange Weide

Onderdeel	Put 1			Put 2				Put 3				Put 4	
	3	6	9	2	4	9	11	2	4	8	10	4	8
Luchtbel voorin	+	?	+	--	--	--	+	--	++	--	++	--	--
Luchtbel verderop	+	0	+	-	0	0	++	++	--	+	++	--	0
Dikte luchtbellen	+	+	0	-	0	+	++	++	+	0	++	--	++
Dikte slib voorin	0	++	0	++	++	++	-	--	0	0	--	+	+
Dikte slib achterin	-	0	-	+	+	+	--	--	-	?	--	0	0
Hechting wanden	-	0	-	++	++	++	--	-	0	?	-	+	++
Vervorming	--	--	--	--	--	--	--	++	--	?	--	--	--
Wortels	--	-	-	--	--	--	--	--	-	--	--	--	--
Aquatisch leven	--	--	--	--	--	--	0	--	--	--	-	--	--
Functioneren	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	?	+



Figuur 58. Links voorbeeld van een infiltratiebuis met fijne slibvorming aan de onderzijde, luchtbel aan de bovenzijde boven de gele stippellijn (onderzijde is de bodem van de buis), midden slib in de verzamelput, rechts rivierkreeft in de verzamelput

9.3 Conclusie

Hieronder staan de conclusies uit voorgaande paragraven beschreven.

- **Praktijktoepassing greppelinfiltratie**
  Op 2 van de 3 meetlocaties is er een invloed van de greppel op verhoging van de grondwaterstand tot een afstand van 5 m.
- **Praktijktoepassing lisdoddeteelt**
  Greppelinfiltratie kan gecombineerd worden met kleinschalige lisdoddeteelt, waarbij voorkomen moet worden dat de greppel geheel dichtgroeit waardoor water zich niet kan verspreiden in de greppel.
- **Praktijktoepassing moldrainage**
  Over het algemeen is er geen duidelijk grondwaterstand verhogend effect gemeten.
- **Duurzame materialen waterinfiltratie**
  Een deel van de biologisch afbreekbare PWIS in Lange Weide is in zeer slechte staat aangetroffen. De grondwaterstanden bij biologisch afbreekbare PWIS en AWIS in Kortrijk Portengen zijn ongeveer gelijk aan de kunststof variant, en geven geen indicatie van mogelijk verminderde werking.
- **Beheer, onderhoud en inspectie WIS systemen**
  In Spengen AWIS is beperkt vervorming en slib in de infiltratieslangen aangetroffen welke de werking vermoedelijk niet negatief beïnvloeden. Bij Lange Weide PWIS is op enkele locaties relatief veel slib aangetroffen in 10-15 m van de infiltratieslangen vanaf de verzamelput (vermoedelijk veroorzaakt door bagger onderhoud).

10 Thema: Broeikasgasemissies

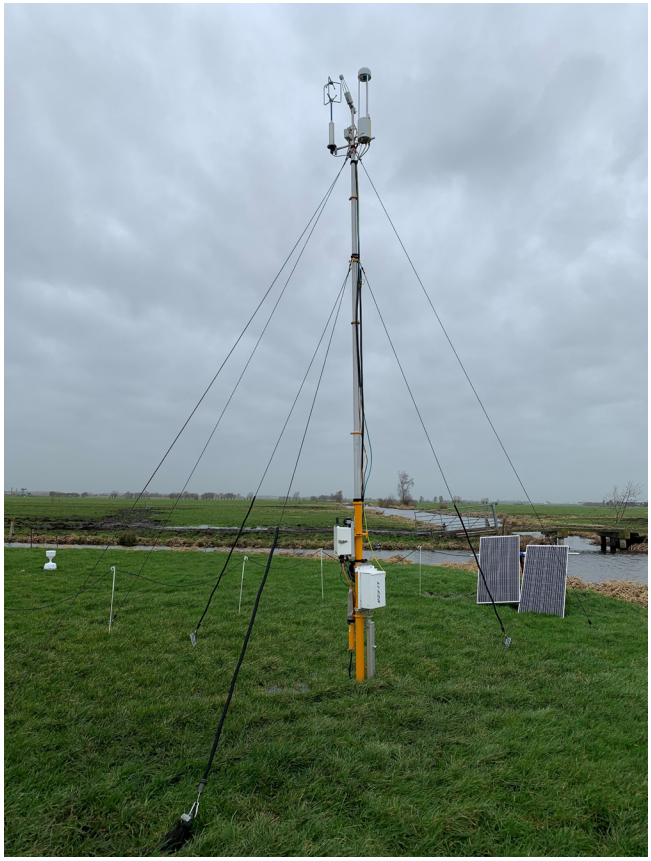
Dit hoofdstuk gaat in op het onderzoek naar broeikasgasemissies. Het beschrijft de (verschillende) onderzoeksmethode(n) die hierbij worden gebruikt. Per onderzoek locatie worden de resultaten en conclusies beschreven.

10.1 Methode

10.1.1 Emissiereductie effect door gemeten grondwaterstandsverhoging (rekenregel)

In het Nationaal Onderzoek Broeikasgassen Veenweide (NOBV) is op meetlocaties in Nederland onderzoek gedaan naar de emissiereductie bij vernattingsmaatregelen. Op basis van dit onderzoek is een rekenregel opgesteld voor de schatting van de emissiereductie op basis van de zomer grondwaterstand (2,4 ton CO_2 per hectare per jaar per 10 cm zomer grondwaterstandverhoging, de zomer bestaat uit het 2de en 3de kwartaal)[32]. Een kanttekening bij de rekenregel is de relatief grote onzekerheid van de geschatte emissiereductie door de grote spreiding in metingen.

Voor de vernattingspilots in HDSR is de emissiereductie geschat op basis van gemeten grondwaterstanden en de hiervoor genoemde rekenregel.



Figuur 59. *Meetlocatie NOBV emissie broeikasgassen bij PWIS Lange Weide*

[32] Aben et al., CO_2 emissions of drained coastal peatlands in the Netherlands and potential emission reduction by water infiltration systems, Biogeosciences 21, 4099-4118, https://doi.org/10.5194/bg-21-4099-2024, 2024

10.2 Resultaten

10.2.1 Emissiereductie effect door gemeten grondwaterstandsverhoging (rekenregel)

In het hoofdstuk over grondwater zijn de metingen van het grondwater in de polders met een meetnet al uitgebreid besproken (zie hoofdstuk 5 Thema: Grondwater). De belangrijkste uitkomsten van de zomergemiddelde grondwaterstand (2de en 3de kwartaal) zijn hierbij als input gebruikt voor deze berekeningen, zie onderstaande tabel.

Tabel 25: Verhoging zomergemiddelde grondwaterstand verhoging polder

	Zomergemiddelde grondwaterstand (cm)*				Emissie (ton CO_2/ha/jr			
	Droog		Gemiddeld/nat		Droog		Gemiddeld/nat	
Polder	WIS	Referentie	WIS	Referentie	WIS	Referentie	WIS	Referentie
Spengen AWIS	48	69	35	49	11,7	16,7	8,5	12,0
Lange Weide PWIS	47	64	37	41	11,4	15,6	9,1	10,1
Vlist PWIS	61	68	45	53	14,9	16,5	11,0	12,9
Vlist AWIS	53	68	42	53	12,9	16,5	10,4	12,9
Kortrijk Portengen PWIS	42	56	31	29	10,1	13,6	7,7	7,2
Kortrijk Portengen AWIS	-	56	43	29	-	13,6	10,6	7,2

**=zomer bestaat uit het 2de en 3de kwartaal*

Met de vuistregel van 2.4 ton CO_2 per hectare per jaar reductie per 10 cm verhoging van de zomer grondwaterstand zijn vervolgens de emissiereducties bepaald, zie onderstaande tabel. In de berekening is onderscheidt gemaakt in de gemeten grondwaterstandverhoging in een droog jaar, of een gemiddeld/nat jaar.

Tabel 26: Emissiereductie op basis van gemeten zomergemiddelde verhoging grondwaterstand

	Reductie (ton CO_2/ha/jr)*		Reductie %*	
Polder	Droog	Gemiddeld/nat	Droog	Gemiddeld/nat
Spengen AWIS	5,0	3,5	30	29
Lange Weide PWIS	4,2	1,0	27	10
Vlist PWIS	1,6	1,9	10	14
Vlist AWIS	3,5	2,5	21	19
Kortrijk Portengen PWIS	3,5	-0,5	26	-7
Kortrijk Portengen AWIS	-	-3,4	-	-47

**zomer bestaat uit het 2de en 3de kwartaal*

In droge en warme zomers is met gebruik van de gemeten zomer grondwaterstanden de emissie-reductie maximaal 5,0 ton CO_2 per jaar per hectare. De maximale reductie van de referentie emissies bedraagt in dit geval 30%.

NOBV onderzoek: emissiereductie WIS gemiddeld 7,7 ton CO_2/ha/jr

Op basis van de zomer grondwaterstandmetingen van HDSR is de emissiereductie van WIS bepaald met de NOBV rekenregel. Daarbij is een maximale reductie geschat van 5,0 ton CO_2/ha/jr in een droog jaar bij Spengen AWIS. Dat is lager dan de NOBV geschatte WIS emissiereductie van gemiddeld 7,7 ton CO_2/ha/jr*. De verschillen met de NOBV schattingen worden veroorzaakt door:

- Grote zomer grondwaterstandverhogingen in NOBV metingen bij AWIS (Hoogwaterboerderij Zegveld, Assendelft met 36-55 cm verhoging)
- NOBV metingen vooral in droge jaren 2020 en 2022 uitgevoerd met grote zomer grondwaterstandverhoging, daarnaast weinig normale jaren gemeten
- De gemiddelde NOBV emissiereductie is gebaseerd op meetlocaties met maatregel en referentie meting. Bij het opstellen van de rekenregel voor de zomer grondwaterstand zijn deels andere metingen meegenomen. Bijvoorbeeld zijn er meetlocaties meegenomen waarbij alleen een maatregel of referentie meetlocatie beschikbaar was, zoals Lange Weide PWIS zonder referentie. En is er daardoor ook meer data van het normale jaar 2021 meegenomen. In Vlist PWIS viel op dat er slechts een kleine zomer grondwater-standverhoging is gemeten, maar wel een onverwacht grote emissiereductie.

SOMERS 2.0 emissiemodel: emissiereductie met WIS

Bij het NOBV onderzoek is ook een model opgesteld om de emissiereductie van maatregelen te registreren en de emissiereductie, op grote schaal, te berekenen. Daarbij kunnen geen gemeten grondwaterstanden ingevoerd worden. De berekening wordt uitgevoerd op basis van perceel kenmerken, zoals drooglegging, bodemtype en perceelbreedte. De resultaten van de berekende emissiereductie met gemeten zomergrondwaterstanden, zie de tabel hierboven, vallen in dezelfde ordegrootte als de resultaten van het emissiemodel SOMERS 2.0.

** Zie poster van NOBV congres 2024, Aben, Radboud Universiteit, CO_2-uitstoot uit veenweidegebieden en potentie van uitstootreductie door waterinfiltratiesystemen*

Emissiereductie door vernattingsmaatregelen in beheergebied HDSR met SOMERS 2.0

Met het hiervoor beschreven emissiemodel SOMERS 2.0 zijn ook berekeningen gemaakt om de emissiereductie voor het veengebied binnen het hele HDSR veenweidegebied te berekenen. Bij de berekening is het jaar 2017 als referentiejaar genomen, conform de landelijke aanwijzingen voor registratie van de emissiereductie in veengebieden. Door een verschil tussen gemeten en berekende grondwaterstanden, een nieuwe versie van het hoogtemodel (AHN4) en het gebruik van (verouderde) peilbesluitpeilen wijzigt de drooglegging in de tijd ten opzichte van het referentiejaar 2017. Dit heeft effect op de berekende emissiereductie van het gehele veengebied

binnen HDSR waardoor het totale effect van de gerealiseerde vernattingsmaatregelen relatief beperkt lijkt. Door het effect van de veranderingen in de input gegevens neemt HDSR op dit moment de resultaten van de emissiereductieberekeningen met behulp van SOMERS 2.0 voor het totale beheergebied niet op in deze rapportage. De gerealiseerde emissiereductie door de vernattingsmaatregelen bepalen we aan de hand van de vuistregel van het NOBV '2,4 ton CO_2 reductie per jaar per hectare bij 10 cm zomer grondwaterstandverhoging'.

10.3 Conclusie

Hieronder staan de conclusies uit voorgaande paragraven beschreven.

- **Emissiereductie effect door gemeten zomergrondwaterstand verhoging**
  Met de gemeten grondwaterstand tot eind 2024 is per project in een droog jaar en een nat/gemiddeld jaar de emissiereductie bepaald met een vuistregel van 2,4 ton CO_2 per jaar per hectare reductie per 10 cm zomergrondwaterstandverhoging. In een droog jaar reduceren Spengen AWIS en Lange Weide PWIS meer dan 4 ton CO_2 per jaar per hectare. Vlist AWIS en Kortrijk Portengen AWIS reduceren beide 3,6 ton CO_2 per jaar per hectare. Vlist PWIS reduceert het minste met minder dan 2 ton CO_2 per jaar per hectare.

11. Conclusies en vooruitblik

Hieronder zijn per kennisthema de conclusies beschreven.

Bodembeweging en (lange termijn) bodemdaling
Het is gelukt om in de bedrijvenproef Spengen AWIS een significante bodemdalingtrend te meten. De bodemdalingtrend op een referentieperceel is 7 mm/jaar, op twee AWIS percelen is dit 3-4 mm/jaar (op twee andere AWIS percelen is een voorzichtige trend gevonden van ook 4 mm/jaar).

De maximale gemeten seizoenale bodembeweging bedraagt 100 mm in 2018-2024. De gemeten bodemdaling in projecten Lange Weide PWIS en Vlist PWIS/AWIS is sterk variabel, er is langer onderzoek nodig om een bodemdalingtrend te bepalen.

Opvallend zijn de bodembewegingsverschillen binnen percelen in Lange Weide PWIS en Vlist PWIS. Bodemonderzoek toont aan dat de gemeten bodembeweging anders kan zijn dan op basis van de (diepe) ondergrond verwacht wordt.

De eerste resultaten van de INSAR reflectoren op veen zijn veelbelovend voor het lokaal hoog frequent meten van de bodemdaling.

Grondwater
Met PWIS en AWIS zijn de zomergemiddelde grondwaterstanden in alle projecten binnen HDSR verhoogd. Uit de grondwaterstandmetingen tot eind 2024 volgt een verhoging in een droog jaar met PWIS variërend van 18 cm zomergemiddeld in Lange Weide (24 cm derde kwartaal), 15 cm zomergemiddeld in Kortrijk Portengen (18 cm derde kwartaal) tot 7 cm zomergemiddeld in Vlist (11 cm derde kwartaal).

Met AWIS varieert de gemeten grondwaterstandverhoging van 21 cm zomergemiddeld in Spengen (30 cm derde kwartaal), 15 cm zomergemiddeld in Vlist (18 cm derde kwartaal) tot een verlaging van 14 cm in Kortrijk Portengen (13 cm verlaging in derde kwartaal).

De aanlegdiepte van de PWIS lijkt in Vlist geen invloed te hebben op de gemeten grondwaterstanden.

De gemeten grondwaterstanden op alle AWIS locaties zijn in 2024 ongeveer gelijk. De zomergrondwaterstanden in 2021 tot 2023 zijn het laagste bij PWIS/AWIS Vlist (60 cm onder maaiveld), en het hoogste bij Spengen AWIS, Lange Weide PWIS en Kortrijk Portengen PWIS (<50 cm onder maaiveld).

Tijdens een gerichte grondwaterstandopname zijn in Lange Weide PWIS verschillen in grondwaterstand gemeten van ongeveer 10 cm binnen hetzelfde perceel.

Waterkwaliteit, ecologie en biodiversiteit

In de polder Lange Weide lijken er geen veranderingen in chemie, fytoplankton, diatomeeën en vegetatie te zijn als gevolg van de aanleg van PWIS. Opvallend zijn de sterk variabele fosforconcentraties in het oppervlaktewater binnen de polder. Sulfaatconcentraties in het oppervlaktewater zijn sterk verhoogd na een droge zomer. Het aandeel goudalgen en het totaal aantal soorten diatomeeën, als indicatie van goede waterkwaliteit, is over het algemeen gestegen sinds de start van de metingen. De vegetatie staat sterk onder invloed van (bagger)onderhoud en in 2024 een nat voorjaar met weinig doorzicht.

Het beheer van een perceel heeft een grotere invloed op de biodiversiteit dan de verhoging van de grondwaterstand.

Er is in Vlist PWIS geen relatie gevonden tussen de aanlegdiepte van de PWIS en de uitspoelende fosforconcentratie.

Met een ijzerzandfilter bij AWIS Spengen wordt ongeveer 40% verwijderd van het aanwezige fosfor in het uitgepompte drainagewater.

Watervraag, wateroverlast en water(peil)beheer

Het is gelukt om in Kortrijk Portengen PWIS een grotendeels gemeten waterbalans op te stellen voor een peilgebied met PWIS, en een referentie peilgebied (met een gemiddelde restpost van 11%). In het derde kwartaal van de zeer warme en zonnige zomer van 2022 is de retentie in het PWIS peilgebied 2,0 mm/dag (het aandeel water wat achterblijft in het peilgebied, niet meer afgevoerd wordt en dus vermoedelijk de benodigde wateraanvoer is voor de PWIS). Het referentie peilgebied heeft in deze periode een retentie van 0,5 mm/dag. Daarmee is de toename in retentie in het PWIS peilgebied 1,5 mm/dag (136 mm totaal). Belangrijke kanttekeningen hierbij zijn de onzekerheden in de debietmetingen en bepaling van de kwel en wegzijging.

Verkennende modelberekeningen op perceelniveau resulteren in een toename van de watervraag met maximaal 85% in Spengen AWIS, en maximaal 68% in Lange Weide PWIS. De berekende toename in wateroverlast is klein.

Met het dynamisch(er) peilbeheer in Lange Weide PWIS is in 2023 langdurig een hoger oppervlaktewaterpeil aangehouden, en in 2024 langdurig een lager oppervlaktewaterpeil (door zeer natte omstandigheden).

Agrarische bedrijfsvoering

In alle projecten zijn door de deelnemers over het algemeen geen verbeteringen ervaren in gewaskwaliteit en gewasgroei.

Bij AWIS Spengen zijn over het algemeen iets vochtigere percelen tijdens het groeiseizoen ervaren. De draagkracht lijkt iets beter in droge voorjaren, iets slechter in het najaar.
Externe factoren zijn naast de pompsturing bepalend voor de effecten op grondwaterstand.

Bij Vlist AWIS verschillen draagkrachtervaringen tussen deelnemers. Een hoger geplaatste pompput met kleinere drainafstand werk effectiever voor grondwaterstandverhoging dan een lagere pompput met grotere drainafstand.

Bij Lange Weide PWIS zijn er op de laagst gelegen percelen zorgen over toenemende water-overlast in de toekomst door een combinatie van afnemende drooglegging, vertrapping van greppels, een kleidek en ganzen. Ervaringen met beperkte draagkracht op de laagst gelegen percelen zijn vermoedelijk niet veroorzaakt door de PWIS, maar door de interne verslemping als gevolg van de kleiige toplaag.

Bij Kortrijk Portengen PWIS zijn de lager gelegen percelen met PWIS vochtiger, en is regelmatig onderhoud nodig om de eindbuizen in de sloot vrij te houden van vegetatie.

Techniek (door)ontwikkeling, innovaties en beheer

Bij greppelinfiltratie is er op twee van de drie locaties een invloed van de greppel op de verhoging van de grondwaterstand tot een afstand van 5 m. Bij combinatie met lisdoddeteelt is onderhoud aan de greppel noodzakelijk om de wateraanvoer open te houden.

Bij moldrainage is er over het algemeen geen duidelijk grondwaterstand effect gemeten.

De biologische afbreekbare PWIS op één perceel in Lange Weide is deels in zeer slechte staat aangetroffen.

De gemeten grondwaterstanden bij biologisch afbreekbare PWIS en AWIS zijn ongeveer gelijk aan de kunststof variant, en geven nog geen indicatie van mogelijk verminderde werking.

Uit camera inspecties blijkt dat de AWIS in Spengen in goede staat is aangetroffen met een beperkte hoeveelheid slib. In de Lange Weide PWIS is op enkele locaties relatief veel slib aangetroffen in een klein deel van de PWIS (vermoedelijk veroorzaakt door bagger onderhoud).

Broeikasgasemissies

Per project is met de gemeten grondwaterstand tot eind 2024 de emissiereductie in een droog jaar en een nat/gemiddeld jaar bepaald met een vuistregel van 2,4 ton CO_2 per jaar per hectare reductie per 10 cm zomergrondwaterstandverhoging (vanuit NOBV onderzoek). In een droog jaar reduceren Spengen AWIS en Lange Weide PWIS meer dan 4 ton CO_2 per jaar per hectare. Vlist AWIS en Kortrijk Portegen AWIS reduceren beide 3,6 ton CO_2 per jaar per hectare. Vlist PWIS reduceert het minste met een kleine 2 ton CO_2 per jaar per hectare.

Vooruitblik toekomstig onderzoek

Een groot deel van het onderzoek uit deze rapportage wordt in 2025 en daarna voortgezet. Dit om de meetreeksen te verlengen en daarmee beter onderbouwde conclusies te kunnen trekken. Ook starten er nieuwe onderzoeken voor de kennisthema's, zoals een grootschalige toepassing van ijzerzandfilters bij AWIS, het meten van een waterbalans op perceelniveau

inclusief verdamping, het optreden van wateroverlast door peilopzet, het lokaal meten van bodemdaling met eenvoudige apparatuur en de aanleg van biobased biologisch afbreekbare waterinfiltratie met biobased biologisch afbreekbare vezel.

HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN