

Verwijdering van fosfaat met ijzerzanddrain

Veldproef Noordwijkerhout 2021-2023



Verwijdering van fosfaat met ijzerzanddrain

Veldproef Noordwijkerhout 2021-2023

Auteur(s)
Stefan Jansen

Verwijdering van fosfaat met ijzerzanddrain

Veldproef Noordwijkerhout 2021-2023

Opdrachtgever	Hoogheemraadschap van Rijnland
Contactpersoon	Martin Goosens en Jasperien de Weert (Hoogheemraadschap van Rijnland)
Referenties	
Trefwoorden	Fosfaat, ijzerzand, drainage

Documentgegevens	
Versie	0.1
Datum	09-02-2024
Projectnummer	11207558-000
Document ID	-
Pagina's	74
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)		
	Stefan Jansen	

Gebruik van deze tabel is voor de controle van de juiste uitvoering door Deltares van de opdracht. Ieder ander klantgebruik en externe verspreiding is niet toegestaan.

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord
0.1	Stefan Jansen	Joachim Rozemeijer	Sophie Moinier

Samenvatting

IJzerzanddrains bieden potentie voor het verwijderen van fosfaat uit drainagewater, en daarmee voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Deze maatregel is aantrekkelijk voor bollenteeltbedrijven in de Bollenstreek vanwege hoge concentraties fosfaat in het drainagewater en de geschiktheid voor drainage.

Eerder praktijkonderzoek naar de verwijdering van fosfaat door ijzerzanddrains bij bedrijven in de bollenstreek suggereerde dat de ijzerzanddrains fosfaat verwijderden, maar dat deze verwijdering varieerde over de tijd (o.a. Deltares, 2021). Gezien de beperkte omvang van dit onderzoek waren er nog vragen onbeantwoord. Daarom is met veldproeven bij een in oktober 2021 aangelegd drainagesysteem met ijzerzand gedurende twee jaar aanvullend onderzoek gedaan. De resultaten hiervan worden in dit rapport beschreven.

De belangrijkste vragen van dit onderzoek waren:

- Hoe gedraagt de verwijderingsefficiëntie van P door de ijzerzanddrains zich over langere tijd (twee jaar)?
- Wat is de invloed van omgevingsparameters zoals redoxpotentiaal en grondwatersamenstelling op de verwijderingsefficiëntie de verwachte levensduur van de ijzerzanddrains?
- Wat zijn de effecten van de ijzerzanddrains op het oppervlaktewater (aan de hand van de bovengenoemde gegevens en informatie over waterafvoer en waterstanden)?

Het drainagesysteem is aangelegd op een bedrijf in Noordwijkerhout. Op twee percelen zijn om en om zowel drains aangelegd met een omhulling van schelpen als van ijzerzand, om het effect van ijzerzand te kunnen bepalen ten opzichte van de referentiesituatie met schelpen. De drains kwamen via verzameldrains uit in pompputten, waar het drainwater op een gecontroleerde manier naar de sloot weggepompt kon worden. Wekelijks is de waterkwaliteit bij de uitstroom van deze drains gemeten. Daarnaast zijn op verschillende momenten in het jaar veldmetingen uitgevoerd van diverse relevante chemische en hydrologische parameters.

Hoe gedraagt de verwijderingsefficiëntie van P door de ijzerzanddrains zich over langere tijd (twee jaar)?

De verwijderingsefficiëntie van P varieert. Er zijn perioden wanneer de verwijdering zeer laag is (<20%) en perioden waarin de verwijdering fluctueerde tussen ca. 20 - 60%. Gedurende perioden met stabiele waterafvoer in het drainageseizoen (winter) was de verwijdering gemiddeld ca. 50%.

Er zijn verschillen te zien over de tijd, maar ook tussen de twee onderzochte percelen. De verschillen tussen de twee percelen zijn moeilijk te verklaren: de grondwaterchemie en grondwaterstanden in de twee percelen verschilden niet veel. Deels kan het aan/uitstaan van de pompen effect hebben: in periodes waarin de pompen regelmatig aan stonden leek de verwijdering stabiel en efficiënter.

Over de tijd fluctueerde de verwijderingsefficiëntie van de ijzerzanddrains in beide percelen. Er was geen dalende of stijgende trend te zien. Na twee jaar was de verwijderingsefficiëntie in beide percelen niet afgenomen.

De effecten van zomer of winter zijn moeilijk in te schatten omdat in de zomer de drains meestal omlaag stonden en daardoor de gemeten concentraties een vertekend beeld gaven, ook wanneer de pompen enige tijd gelopen hadden. Het lijkt er op dat de ijzerzanddrains ook in die periode fosfaat konden verwijderen. Het effect van de ijzerzanddrains is in deze periode ook minder relevant omdat de omvang van de emissie minder groot is door de kleinere afvoer. Na de zomer was de verwijderingsefficiëntie niet afgenomen.

Wat is de invloed van omgevingsparameters zoals redoxpotentiaal en grondwatersamenstelling op de verwijderingsefficiëntie de verwachte levensduur van de ijzerzanddrains?

De redoxpotentiaal en andere grondwatereigenschappen hadden geen duidelijke invloed op de verwijderingsefficiëntie. De redoxpotentiaal leek wel invloed te hebben op het ijzerzand: in het drainwater van de ijzerzanddrains werden verhoogde concentraties mangaan (Mn) gemeten, wat er op duidt dat door de verlaagde redoxpotentiaal mangaan uit het ijzerzand oplost. Dit gedraagt zich als een buffer voor het oplossen van ijzer (Fe) uit het ijzerzand. In het drainwater van drains die voor een eerdere studie in 2018 aangelegd waren, waren zowel de concentratie mangaan als ijzer verhoogd: blijkbaar is er na 5 jaar wel enige oplossing van ijzer uit het ijzerzand. Dit lijkt echter nog niet geleid te hebben tot vermindering van de verwijderingsefficiëntie van fosfaat, waarschijnlijk omdat de hoeveelheid ijzeroxide in het ijzerzand nog zo hoog is dat er nog veel fosfaat wordt gebonden. Hoe lang het duurt voordat de verwijderingsefficiëntie hierdoor afneemt is niet bekend; hiervoor zijn langere-termijn experimenten nodig.

Effecten van ijzerzanddrains op het oppervlaktewater

Met behulp van de tijden waarin de pompen liepen kan ingeschat worden welke hoeveelheden water verpompt zijn. Gemiddeld komt het debiet neer op 2,5 m³/uur (zowel voor de drains met ijzerzand als met schelpen, voor beide percelen). Uitgaande van 100 dagen per jaar waarin verpompt wordt, schatten we in dat ca 6 kg fosfaat-P per jaar per ha verwijderd wordt. De invloed op de waterkwaliteit is lastig te berekenen. Hiervoor is niet alleen het volume van de drainage en de hoeveelheid P die daaruit verwijderd wordt nodig, maar ook de hoeveelheid water waarmee het drainagewater verdund wordt. Maar aangezien de waterkwaliteit in de sloten in hoge mate wordt beïnvloed door het drainwater, is te verwachten dat een reductie van de fosfaatemissie met 50% een significant effect kan hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Eindconclusies en perspectief

Deze studie bevestigt de fosfaatverwijdering door ijzerzanddrains die eerder was aangetoond. De lange duur van de experimenten (twee jaar) en de proefopzet met referentiedrains dragen extra bij aan de betrouwbaarheid van de resultaten. De resultaten laten zien dat er gedurende twee jaar significante verwijdering van fosfaat plaatsvindt (ca 50%), dat de verwijderingsefficiëntie niet verslechtert met de tijd en dat er geen verstopping optreedt. Dit geeft potentie voor verdere doorontwikkeling en toepassing van deze techniek. Daarbij blijft aandacht nodig voor langere-termijn effecten en we adviseren om de verwijderingsefficiëntie en drainafvoer ook na langere tijd te blijven volgen.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
2	Materiaal en methoden	11
3	Resultaten	16
3.1	Water- en grondbeheer	16
3.2	Resultaten veldmetingen	16
4	Conclusies	31
Literatuur		34
Bijlage A: Ontwerp pompputten		35
Bijlage B: Partijkeuring ijzerzand		36
Bijlage C: Logboek veldactiviteiten		62
Bijlage D: Concentraties totaal opgelost zwavel (S), calcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K) en natrium (Na) in drainwater en oppervlaktewater bij monsterpunt dam.		65
Bijlage E: Diver gegevens		67
Bijlage F: Informatiesheet ijzerzand		71

Achtergrond

IJzerzanddrains bieden potentie voor het verwijderen van fosfaat uit drainagewater, en daarmee voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Deze maatregel is aantrekkelijk voor bollenteeltbedrijven in de Bollenstreek vanwege hoge concentraties fosfaat in het drainagewater en de geschiktheid voor drainage.

In 2018 is op twee percelen (JUB Holland, Noordwijkerhout; Hulsebosch, Vogelenzang) een drainagesysteem aangelegd met een ijzerzand-omhulling om fosfaat uit drainagewater te verwijderen. Tussen 2018 en 2020 hebben Deltares en Delphy hier de waterkwaliteit van drain- en grondwater gemeten om een indruk te krijgen van de effectiviteit van de fosfaatverwijdering, alsmede van een aantal parameters die dit kunnen beïnvloeden, of die iets kunnen zeggen over de stabiliteit van het ijzerzand. Dit onderzoek suggereerde dat de ijzerzanddrains fosfaat verwijderden, maar dat deze verwijdering varieerde over de tijd (Deltares, 2021). Gezien de beperkte omvang van de monitoring tussen 2018 en 2020 waren er nog vragen onbeantwoord. Daarom is met veldproeven tussen oktober 2021 en november 2023 aanvullend onderzoek gedaan. Hieronder beschrijven we eerst hoe de ijzerzanddrains in de Bollenstreek werken, welke factoren mogelijk van invloed zijn, resulterend in de vragen van dit onderzoek.

IJzerzanddrains in de Bollenstreek: hoe werkt het, welke factoren zijn van invloed, en welke vragen waren er nog?

IJzerzand is een restproduct uit de drinkwaterbereiding uit grondwater. Bij deze vorm van drinkwaterbereiding worden zandfilters gebruikt om ijzer en mangaan uit het grondwater te verwijderen. Na verloop van tijd zijn de zandkorrels uit deze filters beladen met een laag ijzer- en mangaanoxide.

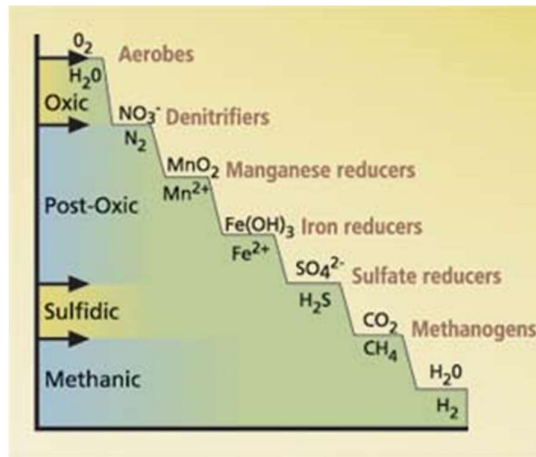
IJzerzand is geschikt voor de verwijdering van fosfaat omdat fosfaat sterk gebonden wordt aan het ijzeroxide in de ijzerzandkorrels. Door deze sterke binding kan fosfaat in het water tot zeer lage concentraties worden verlaagd en komt het gebonden fosfaat niet gemakkelijk vrij. Het principe van fosfaatverwijdering is in het lab en in het veld eerder gedemonstreerd (o.a. Groenenberg et al., 2015). Maar ondanks het feit dat de methode veelbelovend is en er inmiddels meerder lab- en veldresultaten zijn, zijn er ook nog vragen onbeantwoord. Hieronder beschrijven we de achtergrond van deze vragen specifiek voor toepassing in de Bollenstreek in wat meer detail. Daarvoor is het goed eerst in te gaan op de ligging van de ijzerzanddrains in de Bollenstreek.

De ijzerzanddrains liggen onder het grondwaterniveau. Het grondwater in de Bollenstreek heeft vaak een lage redoxpotentiaal. Dit houdt in dat onder deze condities geoxideerde stoffen zoals zuurstof, nitraat, en geoxideerd ijzer omgezet kunnen worden naar meer gereduceerde stoffen (Figuur 1-1). Hoe lager de redoxpotentiaal, hoe meer stoffen gereduceerd kunnen worden. De lage redoxpotentiaal in het grondwater in de Bollenstreek wordt voor een deel veroorzaakt door snelle afbraak van organisch materiaal en deels door dieper grondwater met lage redox potentiaal. In Figuur 1-2 is schematisch de ligging van de ijzerzanddrains in de Bollenstreek in relatie tot de redoxprocessen weergegeven.

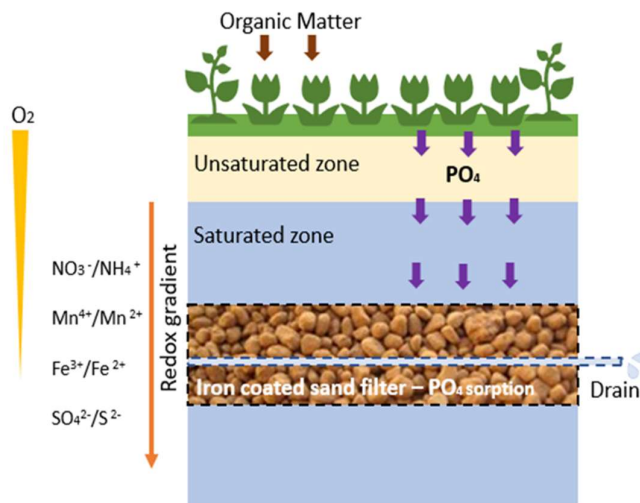
De lage redoxpotentiaal in het grondwater kan een risico vormen voor ijzerzanddrains omdat het de stabiliteit van ijzeroxide kan beïnvloeden. Bij lage redoxpotentiaal wordt geoxideerd ijzer in het ijzeroxide gereduceerd naar gereduceerd ijzer. Gereduceerd ijzer is oplosbaar, dus bij lage redoxpotentiaal bestaat het risico dat ijzeroxide, met het daaraan gebonden fosfaat, in oplossing gaat.

Naast ijzer bevat ijzerzand mangaan in de vorm van mangaanoxide, wat ook gereduceerd kan worden en kan oplossen bij lage redoxpotentiaal. Dit gebeurt echter bij iets hogere

redoxpotentiaal dan voor ijzeroxide, waardoor het mangaanoxide in het ijzerzand een buffer kan vormen voor het oplossen van ijzeroxide. In eerder veldonderzoek is ook gevonden dat mangaan eerder begint uit te spoelen dan ijzer (Groenenberg et al., 2015). In ander onderzoek (Barcala et al., 2023) is onder gecontroleerde omstandigheden onderzocht wat het effect van gereduceerde condities is op de uitspoeling van ijzer, mangaan en fosfaat uit ijzerzand. Uit dit onderzoek bleek dat er weliswaar ijzer gereduceerd wordt en kan uitspoelen, maar dat dit nauwelijks effect had op de fosfaatconcentratie omdat de overgebleven hoeveelheid ijzeroxide dusdanig groot was dat er nog voldoende bindingscapaciteit voor fosfaat over was. Wel blijft het de vraag hoe lang deze buffer tegen gereduceerde condities kan standhouden.



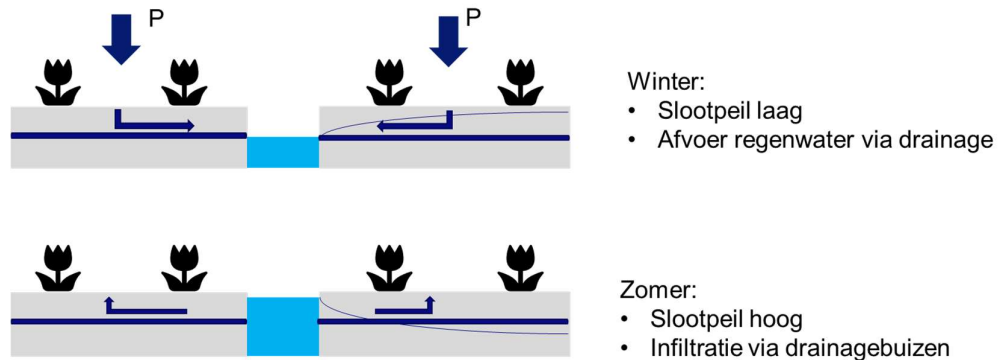
Figuur 1-1: Schematische illustratie redoxreacties (Gao et al., 2003).



Figuur 1-2: Schematische weergave van ligging ijzerzanddrains in grondwater in de Bollenstreek en de bijbehorende redoxgradiënt (Barcala et al., 2023).

Naast de lage redoxpotentiaal kan het verschil in waterstand en de bijhorende verschillen in afvoer effect hebben op de ijzerzanddrains. In de Bollenstreek worden over het jaar heen twee peilen gehanteerd (Figuur 1-3): een winter- en zomerpeil. In de winter staat het slootpeil laag, zodat regenwater van de percelen afgevoerd kan worden. In de zomer wordt het slootpeil hoger gezet. Via de drains kan in deze periode slootwater het perceel in stromen.

Gedurende de winter vindt voornamelijk afvoer van regenwater via drainage plaats. In deze periode is de verwijdering van fosfaat door de ijzerzanddrains het meest gewenst, omdat gedurende deze periode het meeste water wordt afgevoerd. Tijdens de zomerperiode vindt voornamelijk infiltratie van slootwater het perceel in plaats. Gedurende deze periode is verwijdering van fosfaat via de ijzerzanddrains minder relevant omdat er minder afvoer en invloed op de oppervlaktewaterkwaliteit is. Wel is het de vraag wat het slootwater dat infiltreert doet met het ijzerzand. In het slootwater is veel organische materiaal aanwezig, die kan leiden tot verschillende reacties met het ijzeroxide. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot vermindering van de verwijderingsefficiëntie voor fosfaat of zelfs verstopping.



Figuur 1-3: Schematische weergave van sloot- en grondwaterpeil in zomer en winter.

Zoals aangegeven is de werking van ijzerzanddrains tot nu toe gedurende relatieve beperkte tijdsduur in het veld gemonitord. Een belangrijke vraag is, in hoeverre de ijzerzanddrains ook gedurende langere tijd effectief blijven in het verwijderen van fosfaat. Idealiter blijft de drainerende werking en de verwijdering van fosfaat op peil gedurende de normale levensduur van drains (tussen de 15 en 20 jaar). Vragen met betrekking tot het functioneren van de ijzerzand over langere termijn zijn:

- Wat is de invloed van de lage redoxpotentiaal op de ijzerzanddrains? Leidt dit tot oplossen van ijzeroxide en daardoor tot vermindering van de effectiviteit, of tot andere effecten?
- Treedt er vermindering van de waterdoorlatendheid en de drainafvoer over de tijd op?
- Wat is het effect van fluctuaties in de wateraanvoer en -afvoer over de seizoenen?

Dit onderzoek

In het najaar 2021 is bij JUB een nieuw drainagesysteem aangelegd. Vanwege de voordelige effecten op de waterkwaliteit en de bovengenoemde vragen is besloten hierbij ijzerzanddrains aan te leggen en de effecten hiervan op de waterkwaliteit te monitoren. Om een goede beoordeling te maken van het effect van het ijzerzand op het uitstromende drainwater is een drainagesysteem aangelegd met ijzerzand, en eenzelfde drainagesysteem zonder ijzerzand maar met schelpen als omhulling, dat als referentiesysteem dient (Van der Geest, 2021).

Dit rapport beschrijft de resultaten van de monitoring van deze systemen gedurende twee jaar (najaar 2021 tot najaar 2023).

Doelen van de monitoring waren:

- bepalen van de verwijderingsefficiëntie van P door de ijzerzanddrains in vergelijking met referentiedrains gedurende twee jaar op verschillende tijdstippen in het jaar (vnl. aan de hand van opgelost P in uitstromend drainagewater bij ijzerzand- en referentiedrains).

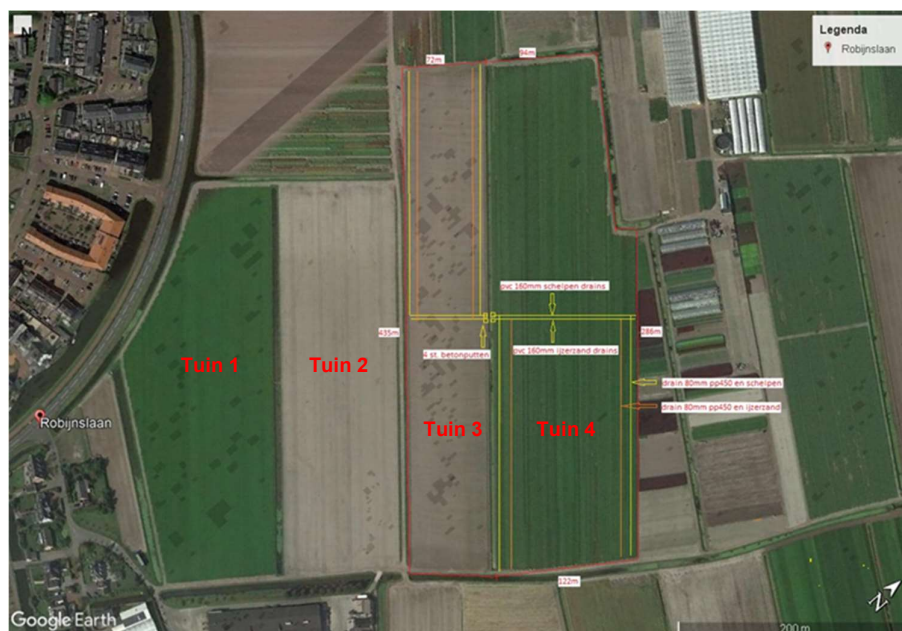
- bepalen van een aantal parameters die van invloed zijn op de verwijderingsefficiëntie (m.n. redoxpotentiaal, pH, EC, macro-ionen) en van een aantal parameters die een indruk geven van het gedrag van het ijzerzand (m.n. Fe, Mn). Dit geeft inzicht in oorzaken voor eventuele veranderingen in de verwijderingsefficiëntie en verwachte levensduur van de ijzerzanddrains.
- inschatten van de effecten van de ijzerzanddrains op het oppervlaktewater (aan de hand van de bovengenoemde gegevens en informatie over waterafvoer en waterstanden).

2 Materiaal en methoden

Locatie

De veldproef is uitgevoerd op twee percelen van JUB in Noordwijkerhout (tuin 3 en 4, resp ca 3 en 4 ha) (Figuur 2-1). Op twee andere percelen van dit bedrijf zijn in 2018 ook ijzerzanddrains aangelegd om het effect op fosfaatverwijdering te onderzoeken (tuin 1 en 2, elk ca 3 ha) (Deltares, 2021). De locatie JUB ligt in de Hogeveensepolder (peilvak 2.3; infiltratie ca. 1-2 mm/dag). Het maaiveld ligt op ca. -0,2 m t.o.v. NAP. Het oppervlaktewaterpeil is in de winter ca. -0,82 m t.o.v. NAP en in de zomer -0,7 m t.o.v. NAP (Informatie Hoogheemraadschap voor Rijnland).

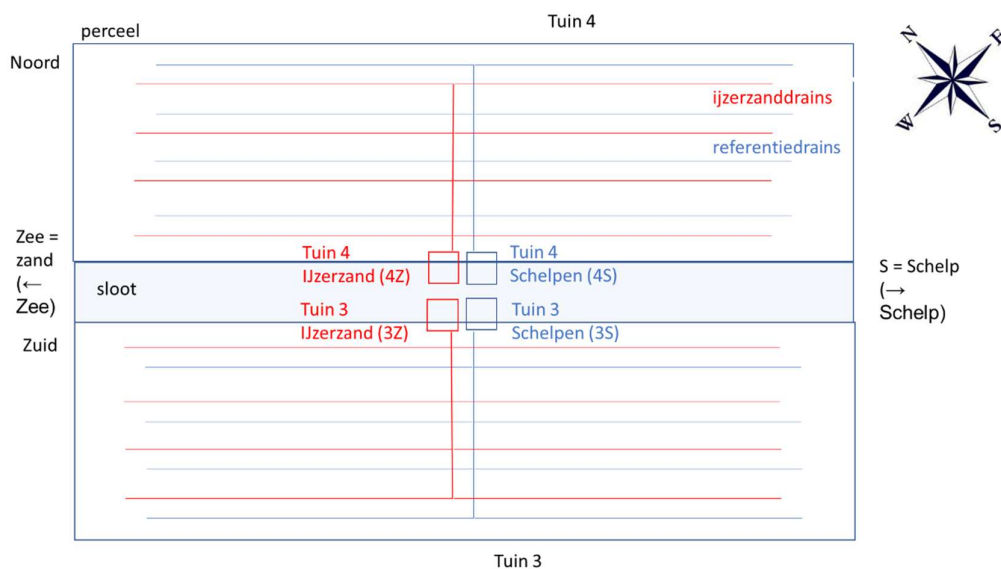
Op de percelen zijn tijdens deze proef verschillende gewassen geteeld, zoals hyacinth, narcis en peen (Bijlage C).



Figuur 2-1: Ligging percelen praktijkproef ijzerzanddrains.



Figuur 2-2: Weergave drainagesysteem en pompputten op proefpercelen (satellietbeeld).



Figuur 2-3: Schematische weergave drainagesysteem en pompputten.

Proefopzet

De proef is in tweevoud uitgevoerd op twee percelen die op dezelfde sloot afwateren: tuin 3 (noord) en tuin 4 (zuid) (Figuur 2-2 en Figuur 2-3). Op beide percelen zijn om en om drains met schelpen en met ijzerzand aangelegd (Figuur 2-2 en Figuur 2-3). De afstand tussen de drains is 9 meter. De drains met ijzerzand dienen om te onderzoeken in hoeverre het ijzerzand fosfaat verwijdert. De drains met schelpen dienen als vergelijking: hoeveel fosfaat spoelt er uit de drains zonder ijzerzand. Er is voor schelpen gekozen omdat dit normaal als omhulling van de drains wordt gebruikte. Uit eerder onderzoek is gebleken dat schelpen nauwelijks fosfaat uit het drainagewater binden. De drains zijn om en om aangelegd, zodat beide typen drains evenredig over de percelen verdeeld zijn en het zelfde soort water afvoeren. Er treden zo geen verschillen op in de kwaliteit van het instromende water doordat drains met verschillende typen omhullingen beide in delen van het perceel liggen die verschillen in fosfaatconcentratie of andere relevante factoren. De drains komen uit in

verzamel drains, die het water naar een pompput afvoeren. Per perceel is er een aparte verzamel drain voor de drains omhuld met ijzerzand en voor de drains omhuld met schelpen, die allen in een aparte pompput uitkomen. Op die manier kan de afvoer van de drains omhuld met ijzerzand en met schelpen apart gemonitord worden. De pompputten zijn aangeduid met het tuinnummer (3 of 4) en schelpen of zand (S of Z): 3S: tuin 3, schelpen, 3Z: tuin 3, ijzerzand, 4S: tuin 4: schelpen en 4Z: tuin 4, ijzerzand. Het ontwerp van de pompputten is weergegeven in Bijlage A: Ontwerp pompputten. Bij afvoer (winterhalfjaar) kan water hieruit worden weggepompt met een pomp en niveauregelaar; bij infiltratie vanuit de sloot (zomerhalfjaar) kan de put in open verbinding met de sloot worden gebracht, waardoor water kan infiltreren vanuit de sloot de drains in.

De drains zijn op een diepte van 90 cm t.o.v. maaiveld aangelegd. De grondwaterstand wordt meestal op ca. 60 cm beneden maaiveld gehouden, maar dit kan variëren afhankelijk van seizoenen, teelt, etc. In de resultaten wordt aangegeven wat de grondwaterstanden tijdens de proef ongeveer is.

Het ijzerzand is geleverd door Aquaminerals. Op de gebruikte partij is een partijkeuring uitgevoerd conform de BRL SIKB 1000, protocol 1002

Monsterneming voor partijkeuringen Niet-Vormgegeven bouwstoffen (versie 9.0, 1 februari 2019). De korrelgrootte van het ijzerzand is ca 8 mm. Uit de keuring bleek dat het ijzerzand aan de eisen voldoet voor toepassing als niet-vormgegeven bouwstof (zie Bijlage B: Partijkeuring ijzerzand).

Aanleg

Op 30 september 2021 zijn de drainagesystemen en pompputten aangelegd (Figuur 2-4). De drains zijn in een sleufbreedte van ca 24 cm aangelegd en omhuld met respectievelijk schelpen of ijzerzand (tot een hoogte van ca 17 cm). De drains hadden een diameter van 8 cm. Hierdoor was een laag ijzerzand of schelpen rond de drains aanwezig van ca 5-8 cm. De hoeveelheid toegepast ijzerzand komt neer op ca 4m³/100 meter drainage (persoonlijke mededeling draineur Herman van der Geest).



Figuur 2-4: Aanleg ijzerzanddrain.

Monitoring

Wekelijks zijn monsters genomen van water uit alle pompputten (3Z, 3S, 4Z, 4S). Deze monsters zijn gefilterd ($0,20\ \mu\text{m}$) en aangezuurd tot $0,14\ \text{M HNO}_3$. Van deze monsters is elementanalyse gedaan met ICP-OES, waarmee o.a. het totaalgehalte fosfor, ijzer, mangaan en een groot aantal andere elementen is bepaald. Wanneer de drains niet liepen (o.a. in de zomer wanneer het slootpeil hoog stond en via de drains direct in verbinding stond met het grondwater) zijn deze monsters niet altijd genomen of geanalyseerd: in de bespreking van de resultaten wordt aangegeven wanneer dit het geval was.

Tijdens de eerste maanden van de proef zijn naast de monsters uit de pompputten ook monsters genomen van slootwater bij de dam bij de ingang van het bedrijf (aangeduid als 'Dam'). Op dit punt komt oppervlaktewater uit de omgeving het perceel van JUB binnen. Deze watermonsters geven dus een indruk van de waterkwaliteit voordat deze door emissies van de velden van JUB wordt beïnvloed.

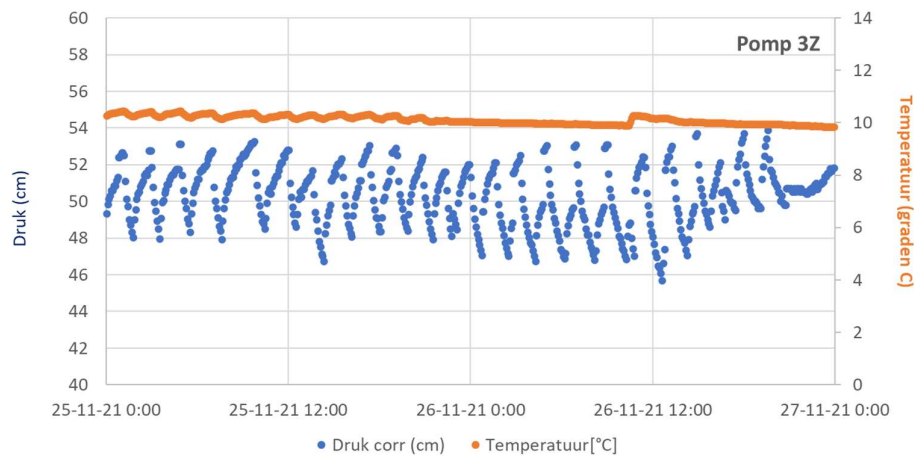
In maart en april 2023 zijn aanvullend monsters genomen bij de uitstroom van ijzerzanddrains die in een eerder project zijn aangelegd (2019). Doel van deze metingen was om na te gaan in hoeverre de ijzerzand-drains na enkele jaren nog invloed hadden op de verwijdering van fosfaat.

Door de teler is bijgehouden wanneer de uitstroomopeningen van de pompput omhoog of omlaag stonden en wanneer de pompen liepen of uitstonden. Ook zijn door de teler andere relevante gebeurtenissen bijgehouden, zoals bemesting, acties aan het gewas, aanbrengen van organische stof en acties met machines (ploegen, etc). Een uitgebreid overzicht hiervan is gegeven in Bijlage 1; een kort overzicht wordt gegeven in de Resultaten.

Op zeven momenten verspreid over de tweejarige looptijd van de proef zijn aanvullende veldmetingen en bemonsteringen gedaan door Deltares (veldmetingen) en Aquon (analyses). Doel van deze metingen was om ook parameters te bepalen die met de wekelijkse monsternamen niet bepaald konden worden. De metingen betroffen:

- anionen/kationen (o.a. ortho-fosfaat (in aanvulling op totaal fosfor), diverse vormen van stikstof (nitraat, nitriet, ammonium, etc)) (Aquan)
- opgelost organisch koolstof (Dissolved Organic Carbon, DOC) (TOC analyse, Aquon)
- pH, redoxpotentiaal en elektrische conductiviteit (EC) (veldmetingen, Deltares).

Tijdens de veldmetingen is ook de waterstand op verschillende punten gemeten (grondwater, pompputten, slootwater). Dit is gedaan door directe meting van de waterdiepte, maar ook door middel van zogenaamde divers. Divers zijn meters waarmee automatisch de druk, temperatuur en in sommige gevallen ook elektrische geleidbaarheid (elektrische conductiviteit, EC) gemeten kunnen worden. De divers kunnen op een bepaalde diepte worden opgehangen en geprogrammeerd om op vaste tijdsintervallen metingen te doen en op te slaan. Wanneer divers onder water worden gehangen, kan uit de druk de waterdiepte worden berekend. De divers in de pompputten hadden als bijkomende functie dat hiermee bepaald kon worden of de pompen aanstonden en hoeveel water ongeveer werd weggepompt. Dit was namelijk zichtbaar in verandering van de waterdiepte in de pompput: bij een lopende pomp is bij elke pompcyclus te zien hoe het waterpeil eerst toeneemt bij volstromen van de put en vervolgens afneemt bij leegpompen van de put (zie Figuur 2-5). Ook eventuele veranderingen in de waterstand, bijvoorbeeld bij het veranderen van de stand van de vlotters, is te zien in de data van deze divers.



Figuur 2-5: Voorbeeld van meetresultaten waterpeil in pompput tijdens pompcyclus zoals gemeten met divers. Blauw: waterstand; oranje: temperatuur.

De veldmetingen zijn behalve in de pompputten en het slootwater ook uitgevoerd in twee peilbuizen (in elke tuin één) (Tabel 2-2). Vanwege werkzaamheden in het veld (zoals ploegen) moesten deze peilbuizen op een aantal momenten verwijderd worden; daarom is er niet voor de gehele duur van de proef data van deze peilbuizen. In de bespreking van de resultaten is aangegeven wanneer deze peilbuizen aanwezig waren.

Veldbemonstering is uitgevoerd op 3 dec 2021, 9 maart 2022, 14 juni 2022, 8 november 2022, 28 februari 2023, 13 juni 2023 en 14 november 2023 (Tabel 2-1).

Tabel 2-1: Veldactiviteiten (samenvatting)

Datum	Actie
26-10-2021	Aanleg pompputten
2-11-2021	Installatie peilbuizen en divers
3-12-2021	Veldmetingen Deltares en Aquon
9-3-2022	Veldmetingen Deltares en Aquon
14-6-2022	Veldmetingen Deltares en Aquon
8-11-2022	Veldmetingen Deltares en Aquon
11-1-2023	Divers uitlezen
28-2-2023	Veldmetingen Deltares en Aquon
13-6-2023	Veldmetingen Deltares en Aquon
14-11-2023	Veldmetingen Deltares en Aquon

Tabel 2-2: Informatie peilbuizen

Peilbuis	Diepte filter (m onder maaiveld)
Peilbuis 1 (tuin 3)	1,5 - 0,6
Peilbuis 2 (tuin 4)	1,5 - 0,6

3 Resultaten

3.1 Water- en grondbeheer

Om de resultaten gemakkelijker te begrijpen, beschrijven we hieronder eerst het water- en grondbeheer.

- Slooppeil: in het gebied worden twee peilen gehanteerd: winter- en zomerpeil. In de winter staat het slooppeil laag, zodat regenwater van de percelen afgevoerd kan worden. In de zomer wordt het slooppeil hoger gezet. Via de drains kan in deze periode sloopwater het perceel in stromen.
- Uitstroomopening pompput hoog/laag
De uitstroomopeningen van de pompputten is mede gerelateerd aan de hierboven beschreven variatie in het slooppeil. In de winter wordt de uitstroomopening over het algemeen omhoog gezet, zodat water met de pomp kan worden afgevoerd. In de zomer staat de uitstroomopening omlaag, zodat water vanuit de sloot het perceel in kan stromen.
- Stand vlotter
Afhankelijk van de behoeften van de teler kan het grondwaterpeil in het veld worden aangepast aan de hand van de vlotter in de pompput.

In Bijlage C: Logboek veldactiviteiten zijn de relevante acties weergegeven met betrekking tot water- en bodembeheer op basis van de gegevens die wekelijks door de teler zijn bijgehouden.

Wanneer de pompput in verbinding stond met het sloopwater (uitstroomopening omlaag), geven eventuele monsters uit de pompput geen toegevoegde waarde omdat dit niet de kwaliteit van het water uit de drains geeft, maar dat van het sloopwater. In een aantal gevallen is voor monsternamen de uitstroomopening omhoog gezet, de pomp enige tijd aangezet en zijn daarna pas monsters genomen om te voorkomen dat in plaats van drainwater sloopwater bemonsterd werd.

3.2 Resultaten veldmetingen

P-totaal

De resultaten van de wekelijkse analyse van P-totaal (gefiltreerd) zijn weergegeven in Figuur 3-1. Hierin zijn duidelijke verschillen te zien tussen de tuinen, maar ook met het verloop van de tijd.

Tijdens de eerste uitspoelingsperiode (oktober 2021 – april 2022) lag de concentratie P-totaal van de ijzerzanddrains in veld 3 lager dan die van de drains omhuld met schelpen in hetzelfde veld, wat wijst op verwijdering door ijzerzand. Deze verwijdering fluctueerde gedurende deze periode tussen ca. 20 - 60%.

Op sommige momenten was er een duidelijke invloed te zien van het grondwaterbeheer. Op 19 november 2021 zijn de instellingen van de vlotters in de pompputten anders ingesteld, waardoor de grondwaterstand in zowel tuin 3 als 4 ca 25 cm hoger kwam te staan. Vrijwel gelijktijdig met deze verandering steeg de verwijdering van P-totaal in tuin 3 van ca 25 % naar ca 60 %. De oorzaak hiervan is niet zeker, maar mogelijk leidt een hogere grondwaterstand tot gelijkmatigere toestroming naar de drains.

Tijdens dezelfde periode lieten de drains in tuin 4 veel minder P-totaal-verwijdering zien: de P-totaal-verwijdering begon bij 40%, maar daalde na het verhogen van de grondwaterstand tot vrijwel nul. In maart en april 2022 steeg de P-totaal-verwijdering weer tot ca. 50%. We moeten hierbij wel opmerken dat de berekende P-totaalverwijdering het resultaat is van

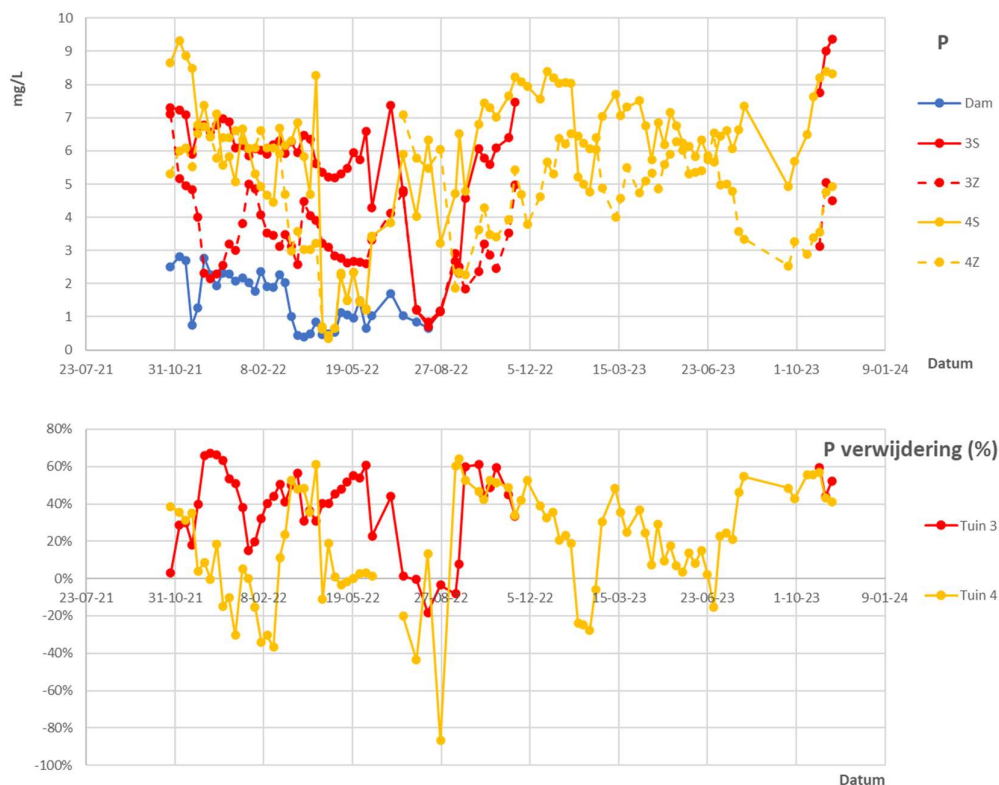
gemeten concentraties in pompput van de drains met ijzerzand en die met schelpen. Het is theoretisch ook mogelijk dat veranderingen in de berekende P-totaalverwijdering vooral veroorzaakt worden door verandering in de concentratie in een van beiden en niet door verandering in de efficiëntie van P-totaalverwijdering. Zo is het opvallend dat bij de verhoging van het grondwaterpeil op 19 november 2021 de concentratie P-totaal in de drains met schelpen afneemt, maar de concentratie in de drains met ijzerzand gelijk blijven. De oorzaak hiervan is onbekend.

In de eerste fase zijn ook de concentraties P-totaal bij de dam gemeten, die de waterkwaliteit weerspiegelen voordat het beïnvloed was door eventuele emissies van de bollenpercelen van JUB ('Dam'). De concentraties P-totaal in deze monsters ligt lager dan de concentraties in de pompputten (1-2 mg/l bij de Dam, 4-8 mg/l in de pompputten). Dit geeft aan dat de concentraties P-totaal in het slootwater bij JUB niet door aanvoer uit de omgeving verklaard kunnen worden.

Na het uitspoelseizoen van oktober 2021 – april 2022 is in april 2022 het waterpeil omhoog gezet. In de hierop volgende periode zijn de P-totaal-concentraties in de pompputten van tuin 3 en 4 wel gevolgd door eerst enige tijd te pompen en daarna monsters te nemen, maar deze resultaten zijn moeilijk te interpreteren. Niet alleen is onbekend hoeveel tijd precies nodig is om de drains leeg te laten lopen, maar ook spelen zich gedurende die periode ongedefinieerde processen af in de drains, doordat het water een groot deel van de tijd stilstaat. Maar misschien het belangrijkste is, dat er gedurende deze periode weinig tot geen afvoer is, waardoor eventuele uitstroom van fosfaat niet relevant is. Op sommige momenten gedurende deze periode is de concentratie in het drainwater dicht bij dat in het slootwater, wat mogelijk te maken heeft met direct contact tussen sloot- en drainwater in deze periode (bijvoorbeeld: tuin 4, april 2022, tuin 3, augustus 2022).

In de hierop volgende uitspoelperiode (september 2022 – april 2023) is tuin 3 slechts een deel van de tijd gevolgd. De reden hiervoor wat het feit dat tuin 3 een groot deel van deze tijd braak lag en daarom niet gedraineerd hoefde te worden. Tuin 4 is wel deze gehele periode gevolgd en liet het grootste gedeelte van deze periode een verwijdering zien van ca 20 – 60 %. In een korte, erg natte periode tussen januari en februari 2023 zakte de verwijdering in tuin 4 flink in. De oorzaak hiervoor is niet duidelijk. Mogelijk leidt de kortere verblijftijd in het ijzerzand onder natte condities tot lagere verwijdering.

Tijdens de zomerperiode van april 2023 – september 2023 zijn minder monsters genomen. In de daarop volgende uitspoelperiode (september 2023 – februari 2024) is de P-totaal verwijdering in zowel tuin 3 als in tuin 4 aanzienlijk (40-60%). De verwijdering door de ijzerzanddrains in tuin 4 heeft blijkbaar tijd nodig om zich te stabiliseren.



Figuur 3-1: Concentratie opgelost P-totaal (boven) in drainwater met omhulling van schelpen en ijzerzand van perceel 3 en 4 en oppervlaktewater bij monsterpunt dam. P verwijdering door ijzerzand voor perceel 3 en 4 (onder) is berekend via: $P \text{ verwijdering} = (P(\text{schelpen}) - P(\text{ijzerzand})) / P(\text{schelpen})$.

De wekelijks genomen monsters geven niet alleen informatie over P-totaal, maar ook over een groot aantal andere elementen. Deze resultaten zijn weergegeven in Figuur 3-2 en Bijlage D.

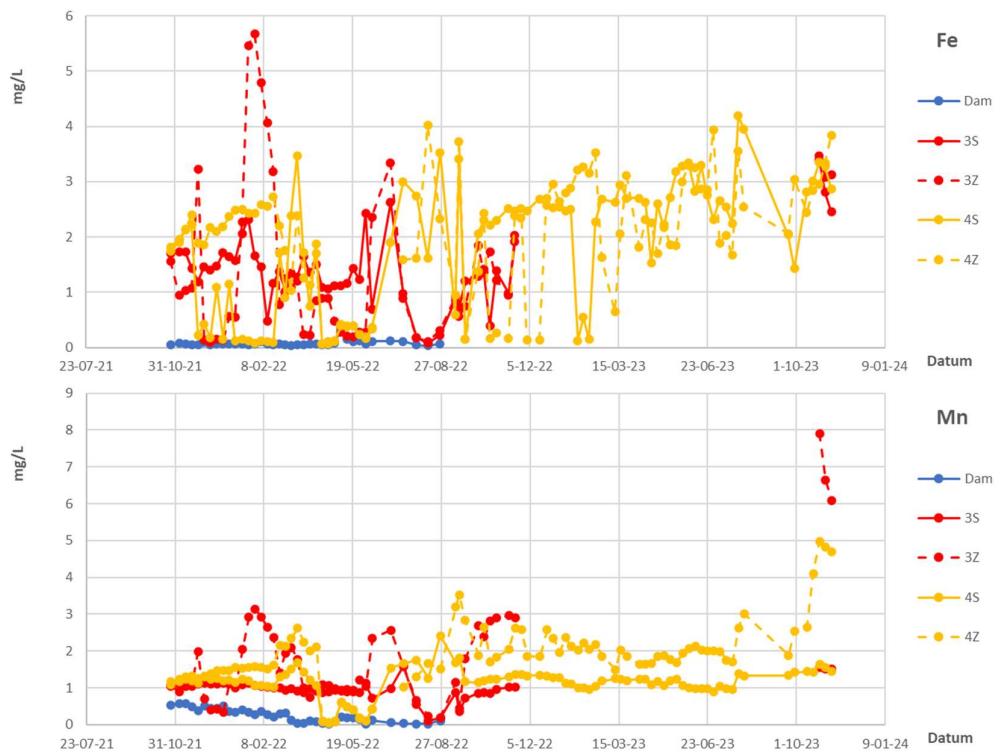
Ijzer (Fe) en mangaan (Mn)

Figuur 3-2 laat het verloop zien van ijzer (Fe) en mangaan (Mn). Deze elementen hebben we hier samen gepresenteerd omdat ze zijn belangrijke bestanddelen van het ijzerzand zijn (in de vorm van ijzer- en mangaanoxide). Daarnaast heersen er in het grondwater in de Bollenstreek vaak condities waarbij ijzer- en mangaanoxide op kunnen lossen (lage redoxpotentiaal (zie Figuur 3-8)). In de drainwatermonsters blijkt de ijzerconcentratie op sommige momenten wel iets verhoogd te zijn, maar niet niet zoveel dat dit op korte termijn leidt tot een significante vermindering van het ijzergehalte van de ijzerzandkorrels en een afname van de fosfaatbinding.

Dit geldt in iets mindere mate voor mangaan. De uitspoelende concentraties zijn in de drains met ijzerzand ca twee keer zo hoog als in die met schelpen. Opvallend is ook dat de concentraties mangaan na twee jaar (september – november 2023) nog verder toenemen. Dit lijkt er op te wijzen dat de buffer tegen het oplossen van mangaan verder aan het afnemen is. In eerder onderzoek is ook gevonden dat mangaan eerder begint uit te spoelen dan ijzer (Groenenberg et al., 2015). Doordat mangaan van nature geneigd is iets eerder gereduceerd te worden dan ijzer, biedt het een buffer tegen uitspoeling van ijzer. In ander onderzoek (Barcala et al., 2023) is onder gecontroleerde omstandigheden onderzocht wat het effect van gereduceerde condities is op de uitspoeling van ijzer, mangaan en fosfaat uit ijzerzand. Uit dit onderzoek bleek dat er weliswaar ijzer gereduceerd wordt en kan uitspoelen, maar dat dit nauwelijks effect had op de fosfaatconcentratie omdat de overgebleven

hoeveelheid ijzeroxide dusdanig groot was dat er nog voldoende bindingscapaciteit voor fosfaat over was. Wel blijft het de vraag hoe lang deze buffer tegen gereduceerde condities kan standhouden.

Het verdient de aanbeveling om de uitspoeling van ijzer en mangaan over langere tijd te volgen, om te bepalen of deze uitspoeling over langere tijd toeneemt en de fosfaatbinding zou kunnen beïnvloeden.

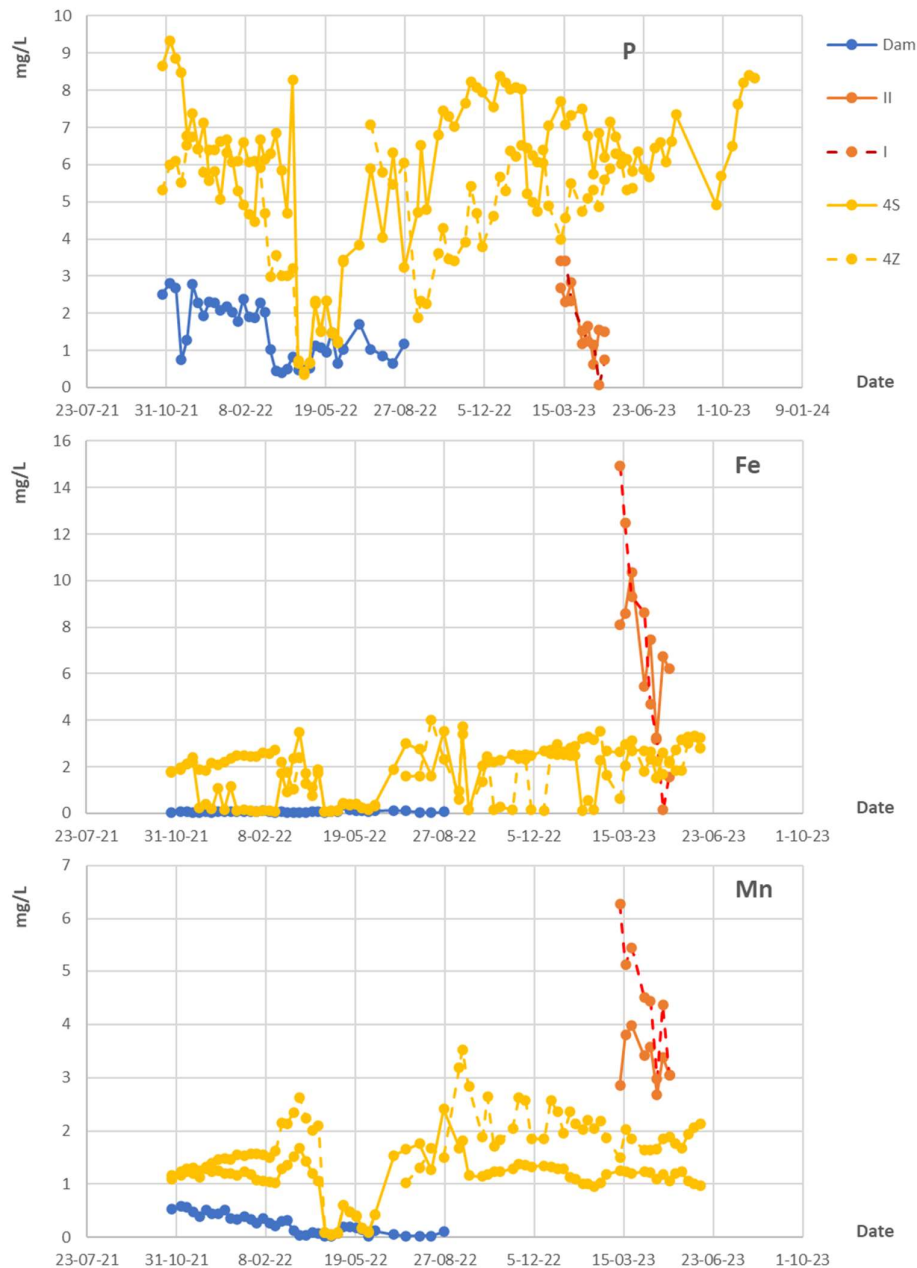


Figuur 3-2: Concentraties totaal opgelost ijzer (Fe) en mangaan (Mn) in drainwater met omhulling van schelpen en ijzerzand van perceel 3 en 4 en oppervlaktewater bij monsterpunt dam.

Om het lange-termijn gedrag van ijzer, mangaan en het gebonden fosfaat te bepalen zijn op een aantal momenten in 2023 ook monsters geanalyseerd van het uitstromende water uit drains met ijzerzand die in 2018 zijn geïnstalleerd (Figuur 3-3, aangeduid met I en II). Ter vergelijking zijn hierin ook de waarden voor de ijzerzand- en schelpendrainen in tuin 4 en bij de dam weergegeven. Tuin 1 en 2 liggen naast tuin 3 en 4 en hebben naar verwachting vergelijkbare bodem- en grondwaterkarakteristieken.

De concentratie P-totaal ligt bij beide ijzerzanddrains uit 2019 lager dan zowel de drains met ijzerzand als met schelpen in tuin 4. We hebben geen concentraties voor grondwater in de tuin met de oude ijzerzand drains, maar op basis van de gegevens uit 2019-2021 en de gegevens van tuin 3 en 4 verwachten we dat deze hoger ligt dan de concentraties in het drainwater van I en II. Dit wijst er op dat deze oudere ijzerzanddrains nog steeds fosfaat verwijderen. De verwijderingsefficiëntie in de oude drains lijkt zelf hoger te liggen dan in de nieuwe drains. Hiervoor hebben we geen verklaring, maar we moeten ook voorzichtig zijn met deze conclusie omdat tuin 1 en 2 niet opnieuw de grondwaterconcentratie gemeten is. Wel lijken de data aan te geven dat er ook in de oude drains nog steeds fosfaat verwijderd wordt. De concentraties ijzer (Fe) en mangaan (Mn) zijn in tuin 1 en 2 hoger dan de concentraties in het drainwater van de drains met ijzerzand en met schelpen van tuin 4. Dit suggereert dat er meer ijzer en mangaan uitspoelt. Dit komt overeen met de verwachting dat

er na verloop van tijd meer ijzer en mangaan gaat uitspoelen. Maar blijkbaar heeft dit nog niet geleid tot minder fosfaatverwijdering door deze drains. Op langere termijn zou er in theorie wel zoveel ijzer op kunnen lossen dat dit zou leiden tot minder binding van fosfaat of weer vrijkomen van fosfaat. Of en op welke termijn dit kan gebeuren is niet bekend; hier is langere-termijnonderzoek voor nodig.



Figuur 3-3: Concentraties P-totaal, Fe, Mn in uitstroom ijzerzanddrains die in 2018 geïnstalleerd waren (1 en 2). Ter vergelijking zijn ook de waarden voor de ijzerzand- en schelpendrains in tuin 4 en bij de dam weergegeven.

Overige elementen

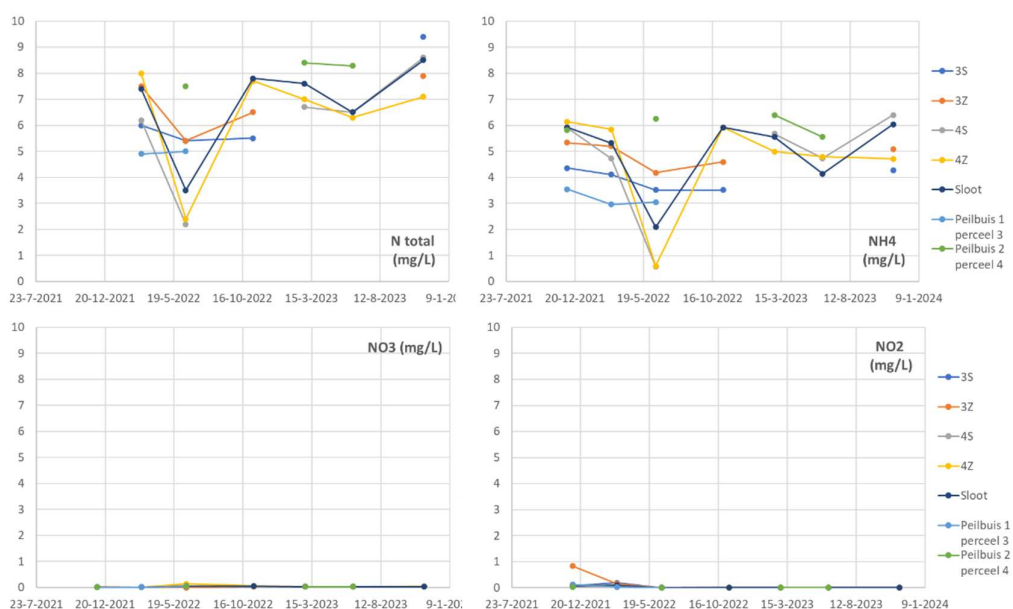
Het verloop zien van de overige elementen die in aanzienlijke concentraties in het drainwater aanwezig zijn: zwavel (S), calcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K) en natrium (Na) is

weergegeven in Bijlage D. Deze elementen laten voor de meeste monsters geen duidelijk verschil zien tussen de ijzerzand- en schelpendrainen, wat ook te verwachten was omdat ze op basis van theorie geen relatie hebben met de samenstelling of werking van de ijzerzanddrains.

Veldmetingen en analyses Aquon

In aanvulling op de wekelijkse monsters zijn zeven keer gedurende de tweejarige proef ook monsters in het veld genomen en geanalyseerd om een beeld te krijgen van het gedrag van de verschillende vormen van N en P, opgelost organisch koolstof (Dissolved Organic Carbon, DOC) en chemische milieucondities (pH, EC, redox potentiaal).

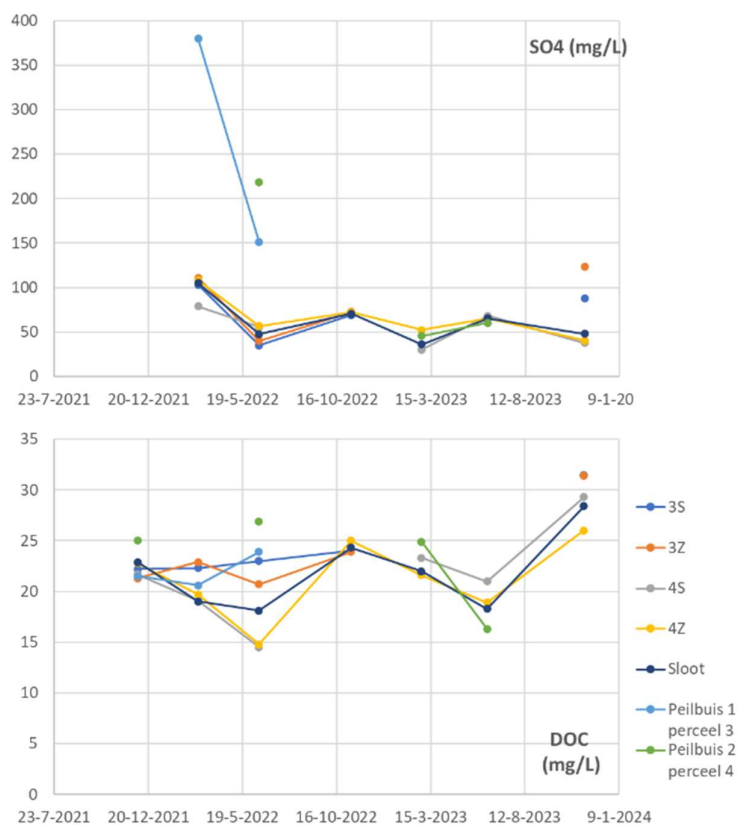
Figuur 3-4 geeft het de concentratie weer van de verschillende vormen van stikstof die aanwezig zijn: N-totaal, ammonium (NH_4), nitraat (NO_3) en nitriet (NO_2). Twee conclusies komen hierbij naar boven. Ten eerste is stikstof vooral aanwezig als ammonium, hetgeen begrijpelijk is omdat dit de vorm is die onder gereduceerde condities het meeste voorkomt. Ten tweede hebben de ijzerzanddrains nauwelijks invloed op stikstof. Ook dit is te verwachten, omdat bekend is dat ijzerzand fosfaat bindt, maar geen invloed heeft op verwijdering van stikstof.



Figuur 3-4: Concentraties totaal N, ammonium (NH_4), nitraat (NO_3) en nitriet (NO_2) in drainwater met omhulling van schelpen en ijzerzand van perceel 3 en 4, slootwater en grondwater uit de peilbuizen van perceel 3 en 4.

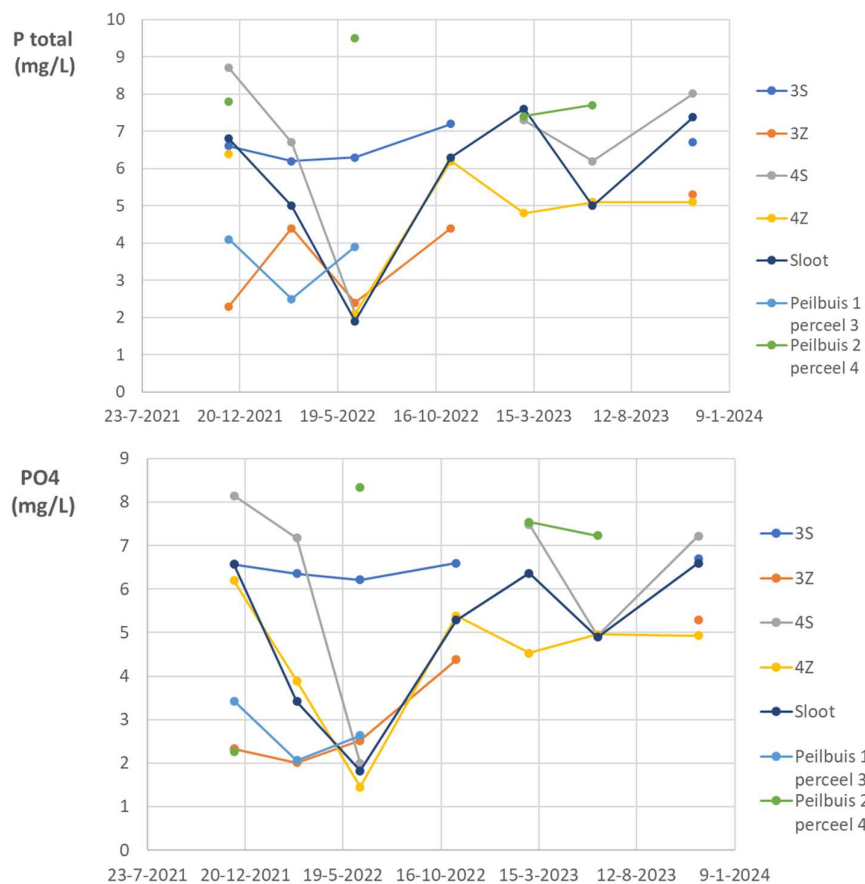
Figuur 3-5 laat het verloop zien van opgelost sulfaat en opgelost organisch koolstof (Dissolved Organic Carbon, DOC). Sulfaat is een van de vormen van zwavel die ook met ICP-OES was gemeten. Omgerekend naar zwavel komen de resultaten van de ICP-OES metingen overeen met de resultaten van Aquon. De metingen van DOC laten vrij constante concentratie zien voor alle monsterpunten: er zijn weinig verschillen, zowel over de tijd als over tussen de verschillende drains.

Ijzer en mangaan waren ook gemeten met ICP-OES (data niet weergegeven), en deze metingen komen daarmee overeen. Opvallend is ook in deze data dat er voor ijzer geen significant verschil is tussen de drains met ijzerzand en met schelpen, terwijl mangaan in de drains met ijzerzand toeneemt tijdens de laatste monsternamen in november 2023.

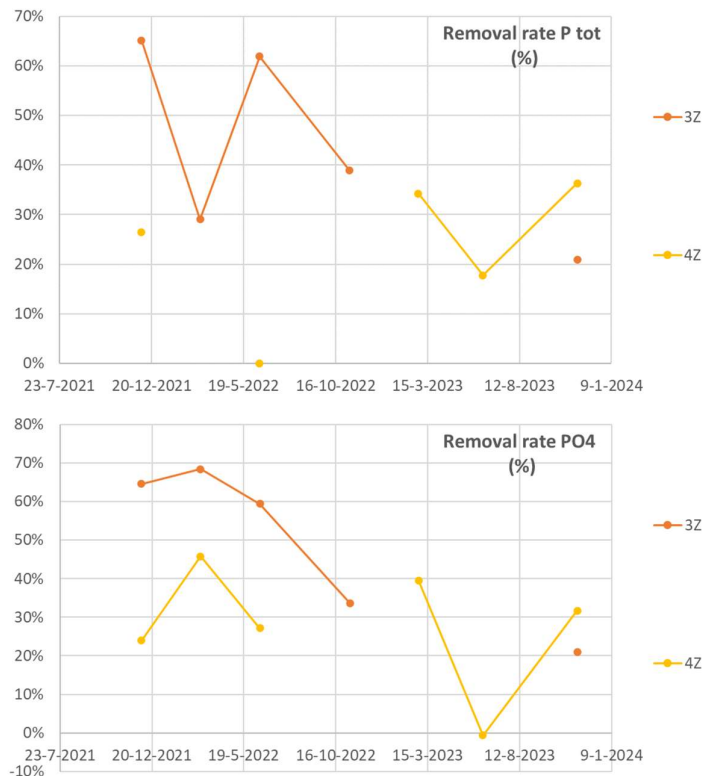


Figuur 3-5: Concentraties sulfaat (SO₄) en opgelost organisch koolstof (Dissolved Organic Carbon, DOC) in drainwater met omhulling van schelpen en ijzerzand van perceel 3 en 4, slootwater en grondwater uit de peilbuizen van perceel 3 en 4.

Voor fosfor zijn zowel P-totaal als ortho-fosfaat gemeten (Figuur 3-6). Deze metingen hebben ten opzichte van de metingen met ICP-OES toegevoegde waarde omdat daarbij alleen naar totaal P (na filtratie) werd gekeken en dus niet bekend was in welke vorm het P aanwezig was. Deze metingen laten duidelijk zien dat het grootste deel (gemiddeld 89%) van het P-totaal aanwezig is als ortho-fosfaat. Dit is gunstig voor verwijdering door ijzerzand, want deze vorm wordt het meest effectief gebonden. Voor verdere effecten van tijd en type drain op fosfaatconcentratie geven de ICP-OES metingen een beter beeld. Wanneer op basis van de waarden voor P-totaal en ortho-fosfaat uit Figuur 3-6 verwijderingspercentages berekend worden (Figuur 3-7), komt hieruit een vergelijkbaar beeld naar boven als op basis van de wekelijkse ICP-OES data: de verwijderingspercentages liggen in dezelfde orde-grootte en kunnen sterk fluctueren. Wel zijn er soms opvallende verschillen tussen de berekende verwijderingsefficiëntie op basis van totaal P en fosfaat. Dit is waarschijnlijk terug te voeren op de rekenmethode in combinatie met de onnauwkeurigheid in de meetdata. De verwijderingsefficiëntie wordt berekend op basis van het verschil tussen de concentratie in drains met schelpen en drains met ijzerzand. Wanneer het verschil tussen deze waarden klein is en de meetfout groot, wordt de relatieve meetfout vergroot. Dit kan leiden tot grote afwijkingen in de berekende verwijderingsefficiëntie.



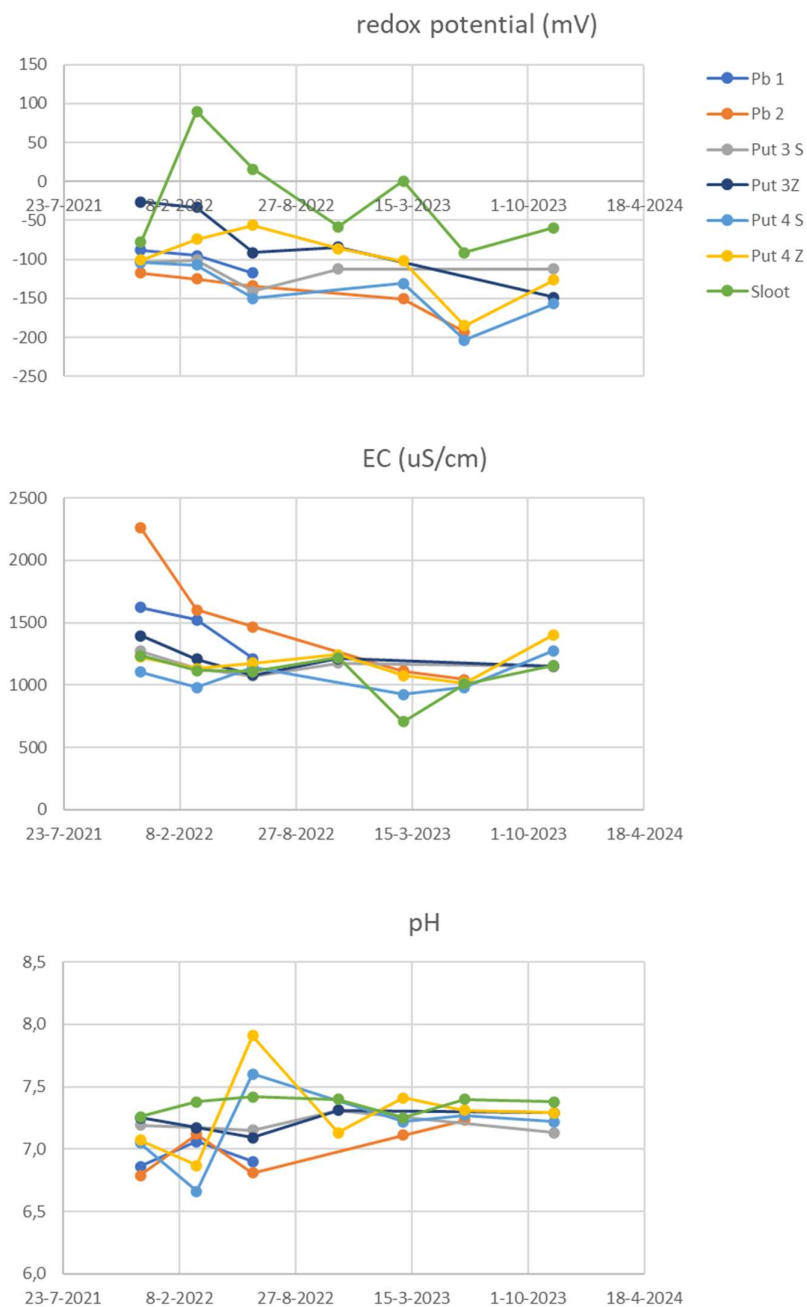
Figuur 3-6: Concentraties P-totaal en fosfaat (PO₄) in drainwater met omhulling van schelpen en ijzerzand van perceel 3 en 4, slootwater en grondwater uit de peilbuizen van perceel 3 en 4.



Figuur 3-7: Verwijderingspercentage van P totaal en fosfaat (PO₄) door ijzerzanddrains op perceel 3 (3Z) en op perceel 4 (4Z).

In alle vier de pompputten, de sloot en in de peilbuizen in tuin 3 en 4 zijn zowel redoxpotentiaal, elektrische conductiviteit (EC) en pH gemeten (Figuur 3-8). Vooral de redoxpotentiaal laat interessante resultaten zien. In alle pompputten en peilbuizen is de redoxpotentiaal op de meeste tijdstippen negatiever dan in het slootwater. Dit bevestigt de verwachting dat in het grondwater gereduceerde condities voorkomen. In de meeste gevallen komt de redoxpotentiaal tussen de -100 en -200 mV uit. IJzerreductie kan plaatsvinden bij redoxpotentialen lager dan ca 0 mV (Klaren, 2011), dus bij de aanwezige redoxpotentiaal in het grondwater waaraan de ijzerzanddrains zijn blootgesteld kan ijzerreductie plaatsvinden.

De elektrische conductiviteit en de pH laten geen opvallende patronen zien.



Figuur 3-8: Redox potentiaal (mV), pH, EC (mS/cm) in drainwater met omhulling van schelpen en ijzerzand van perceel 3 en 4, slootwater en grondwater uit de peilbuizen van perceel 3 en 4 (resp aangeduid met pb1 en pb2).

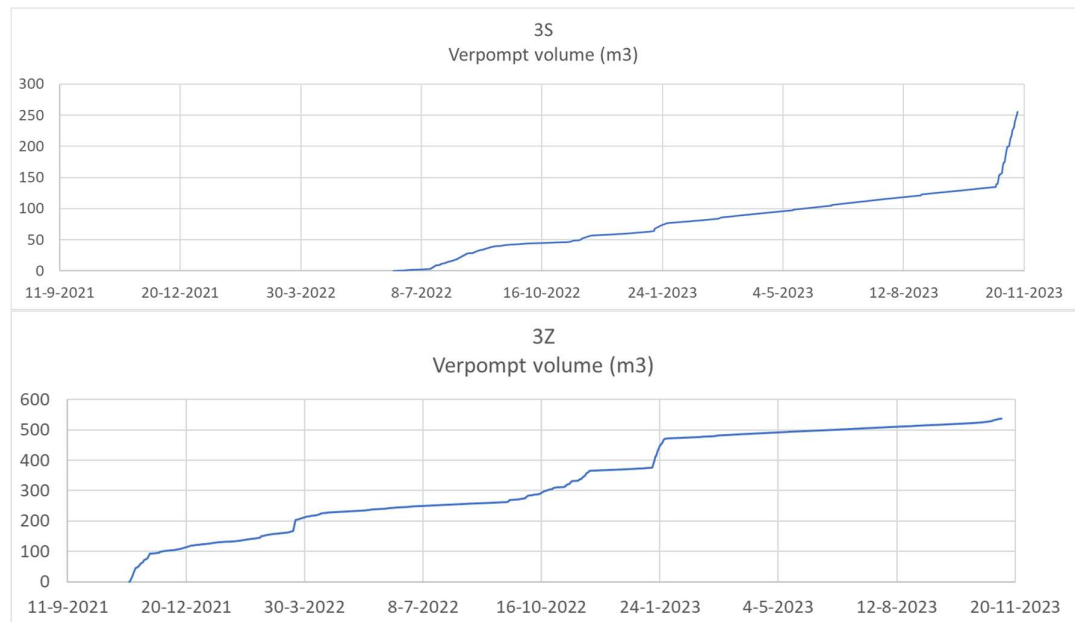
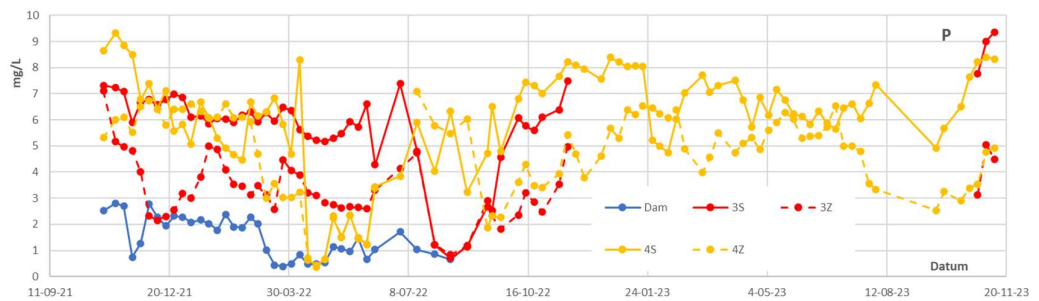
Verpompte volumes per pompput

In elke pompput zijn divers geplaatst die de waterdruk, temperatuur en in sommige putten ook de elektrische geleidbaarheid maten. Uit de verandering in waterdruk kon het verpompte volume (Figuur 3-9 voor pompput 3S en 3Z, Figuur 3-11 voor pompput 4S en 4Z) en het debiet (Figuur 3-10 voor pompput 3S en 3Z, Figuur 3-12 voor pompput 4S en 4Z) bepaald worden. Ter vergelijking is ook de P-concentratie en de daaruit berekende P-verwijdering, en informatie over de pompen en slootpeil (pompen aan/uit, slootpeil hoog/laag, uitstroomopening pompen hoog/laag) weergegeven.

Uit de figuren wordt duidelijk dat een indruk kan worden verkregen van de verpompte volumes water. Er zijn duidelijk verschillen te zien tussen periodes waarin veel water verpompt werd (drainageseizoen, winter) en periodes waarin weinig tot geen water verpompt werd (zomer). Verder is voor tuin 3 duidelijk de periode te zien waarin de pompputten niet tot nauwelijks aan stonden van 25 november 2022 tot november 2023: toen na deze periode de pompen weer aan gingen, was dit direct te zien in de gegevens van de divers. Aan de andere kant zijn er ook dingen aan de resultaten van de divers die minder gemakkelijk te begrijpen zijn. Zo zijn er periodes waarin een van de twee pompputten van hetzelfde perceel wel pompt en de andere niet (bijvoorbeeld: maart-mei 2023, put 4S/4Z).

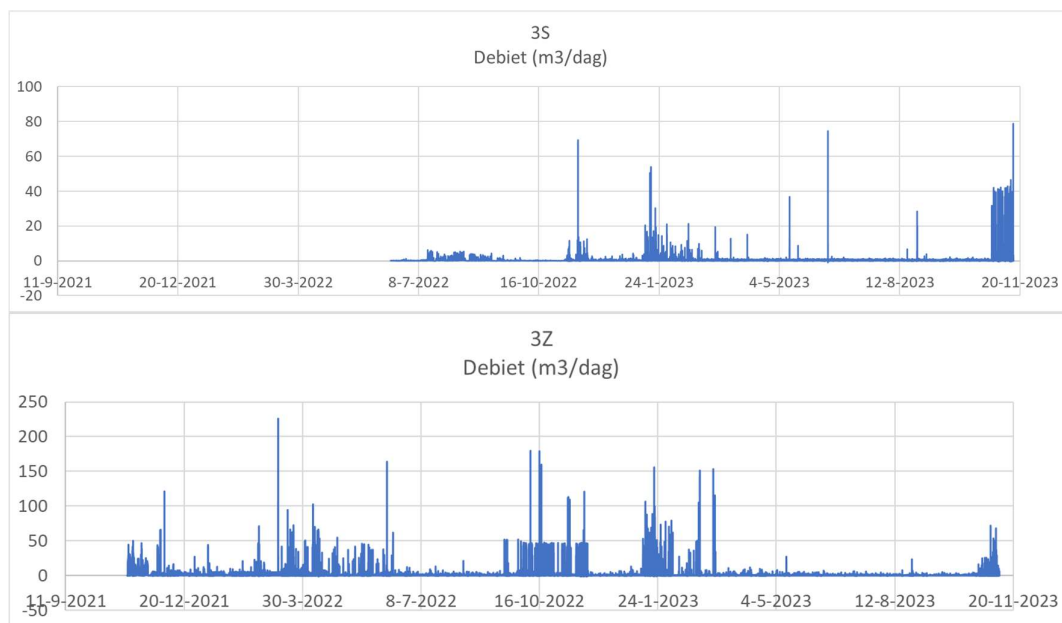
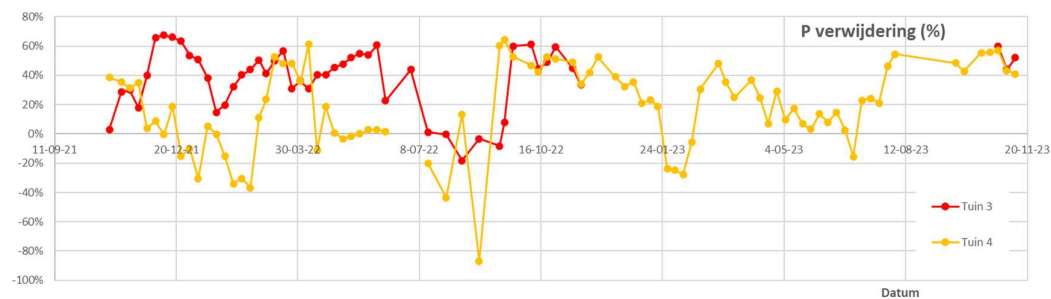
De meetgegevens laten geen grote verschillen zien tussen de afvoer door de drains met ijzerzand en de drains met schelpen.

Uit de data lijkt duidelijk te komen dat in periodes van regelmatige afvoer een gemiddeld debiet van 50 m³/dag wordt afgevoerd. Om een inschatting te maken van de hoeveelheid afgevoerd water en de daarbij behorende afgevoerd P stellen we daarom voor deze hoeveelheid als gemiddelde afvoer gedurende deze afvoerperiode aan te nemen.



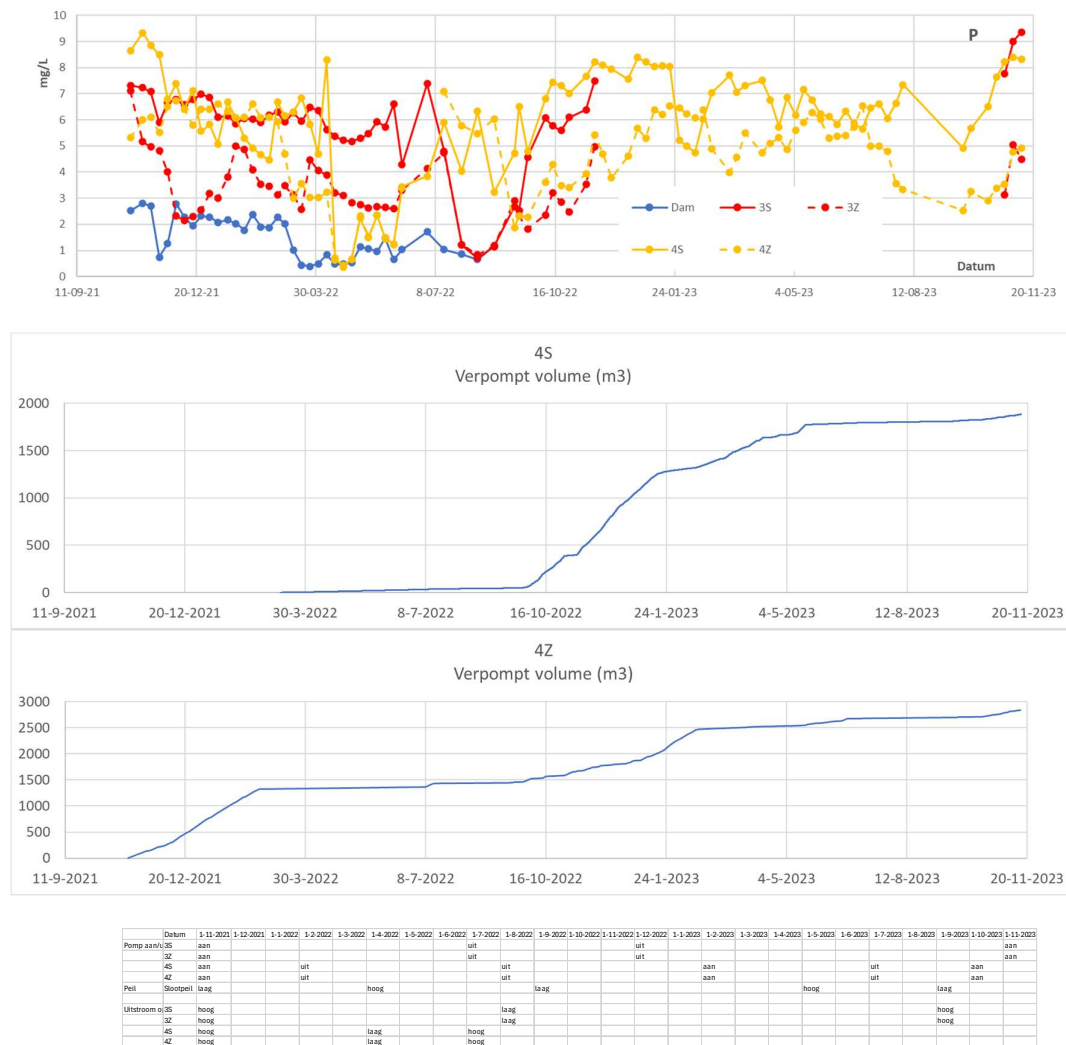
Datum	1-11-2021	1-12-2021	1-1-2022	1-2-2022	1-3-2022	1-4-2022	1-5-2022	1-6-2022	1-7-2022	1-8-2022	1-9-2022	1-10-2022	1-11-2022	1-12-2022	1-1-2023	1-2-2023	1-3-2023	1-4-2023	1-5-2023	1-6-2023	1-7-2023	1-8-2023	1-9-2023	1-10-2023	1-11-2023
Pomp aan/3S	aan								uit					uit										aan	aan
3Z	aan								uit					uit										aan	aan
4S	aan		uit							uit					aan									aan	aan
4Z	aan		uit							uit					aan									aan	aan
Pell	Stootpel	laag				hoog					laag							hoog		uit			laag		
Uitstroom o/3S	hoog									laag													hoog		
3Z	hoog									laag													hoog		
4S	hoog					laag			hoog	laag													hoog		
4Z	hoog					laag			hoog	laag													hoog		

Figuur 3-9: Verpompt volume (m^3) voor pompput 3S en 3Z. In pompput 3S is op 9 maart 2022 een diver geplaatst; daarom zijn er voor die pompput alleen gegevens vanaf dat tijdstip. Ter vergelijking zijn bovenaan de concentraties P en onderaan de gegevens van de pompen weergegeven.

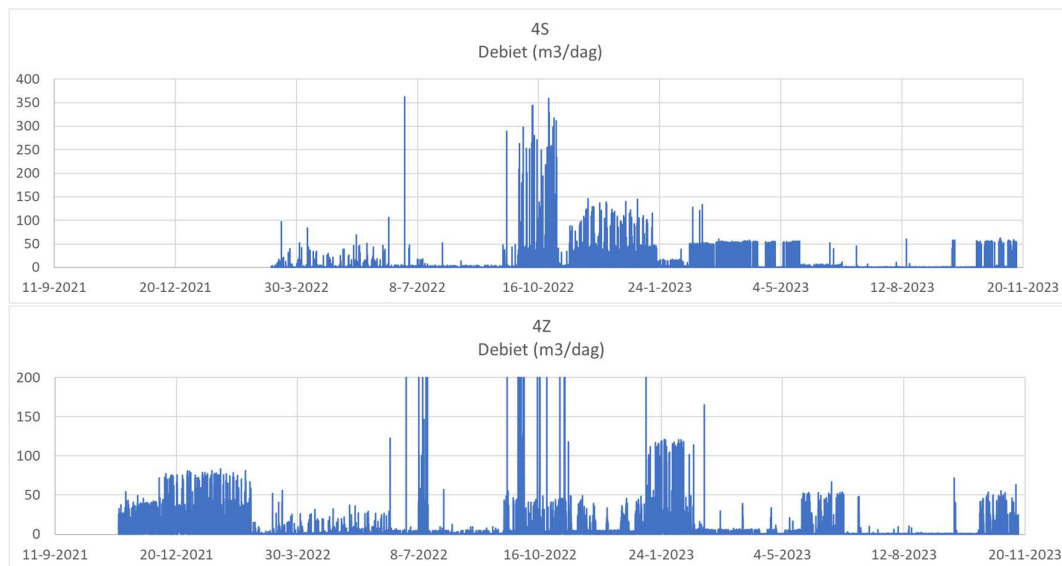
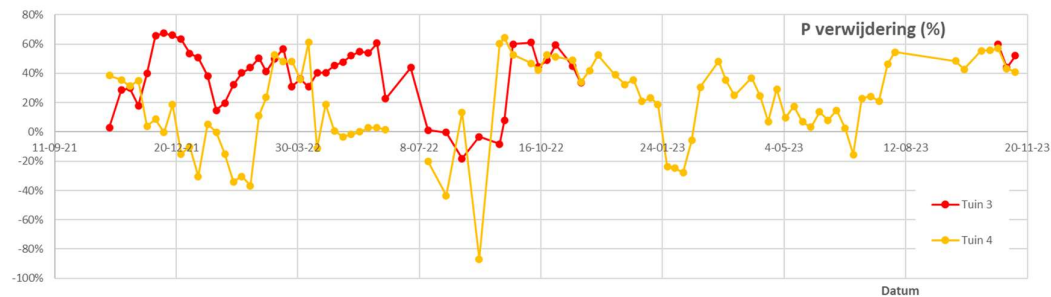


Datum	1-11-2021	1-12-2021	1-1-2022	1-2-2022	1-3-2022	1-4-2022	1-5-2022	1-6-2022	1-7-2022	1-8-2022	1-9-2022	1-10-2022	1-11-2022	1-12-2022	1-1-2023	1-2-2023	1-3-2023	1-4-2023	1-5-2023	1-6-2023	1-7-2023	1-8-2023	1-9-2023	1-10-2023	1-11-2023
Pomp aan/3S	aan								uit					uit										aan	aan
3Z	aan								uit					uit										aan	aan
4S	aan								uit					uit										aan	aan
4Z	aan								uit					uit										aan	aan
Pel	laag								hoog					laag										aan	aan
Uitstroom 3S	hoog								laag					laag										aan	aan
3Z	hoog								laag					laag										aan	aan
4S	hoog								laag					laag										aan	aan
4Z	hoog								laag					laag										aan	aan

Figuur 3-10: Debiet (m^3/dag) voor pompputten 3S en 3Z. In pompput 3S is op 14 juni 2022 een diver geplaatst; daarom zijn er voor die pompput alleen gegevens vanaf dat tijdstip. Ter vergelijking zijn bovenaan de verwijderingsrendementen voor P en onderaan de gegevens van de pompen weergegeven.



Figuur 3-11: Verpompt volume (m³) voor pompputten 4S en 4Z. In pompput 4S is op 9 maart 2022 een diver geplaatst; daarom zijn er voor die pompput alleen gegevens vanaf dat tijdstip. Ter vergelijking zijn bovenaan de concentraties P en onderaan de gegevens van de pompen weergegeven.



Datum	1-11-2021	1-12-2021	1-1-2022	1-2-2022	1-3-2022	1-4-2022	1-5-2022	1-6-2022	1-7-2022	1-8-2022	1-9-2022	1-10-2022	1-11-2022	1-12-2022	1-1-2023	1-2-2023	1-3-2023	1-4-2023	1-5-2023	1-6-2023	1-7-2023	1-8-2023	1-9-2023	1-10-2023	1-11-2023
Pomp aan/uit	aan	aan						uit	uit			uit		uit		aan				uit		aan	aan		
	aan	aan		uit					uit					aan		aan				uit		aan	aan		
	aan	aan		uit					uit					aan		aan				uit		aan	aan		
Pel	Stoortpel	laag			hoog					laag								hoog				laag	aan		
Uitstroom	aan	hoog							laag													hoog	aan		
	aan	hoog							laag													hoog	aan		
	aan	hoog			laag	laag			hoog													hoog	aan		
	aan	hoog			laag	laag			hoog													hoog	aan		
	aan	hoog			laag	laag			hoog													hoog	aan		

Figuur 3-12: Debiet (m^3/dag) voor pompputten 4S en 4Z. In pompput 4S is op 9 maart 2022 een diver geplaatst; daarom zijn er voor die pompput alleen gegevens vanaf dat tijdstip. Ter vergelijking zijn bovenaan de verwijderingsrendementen voor P en onderaan de gegevens van de pompen weergegeven.

4 Conclusies

De belangrijkste vragen van dit onderzoek waren:

- Hoe gedraagt de verwijderingsefficiëntie van P door de ijzerzanddrains zich over langere tijd (twee jaar)?
- Wat is de invloed van omgevingsparameters zoals redoxpotentiaal en grondwatersamenstelling op de verwijderingsefficiëntie de verwachte levensduur van de ijzerzanddrains?
- Wat zijn de effecten van de ijzerzanddrains op het oppervlaktewater (aan de hand van de bovengenoemde gegevens en informatie over waterafvoer en waterstanden)?

Hoe gedraagt de verwijderingsefficiëntie van P door de ijzerzanddrains zich over langere tijd (twee jaar)?

De verwijderingsefficiëntie van P varieert. Er zijn perioden wanneer de verwijdering zeer laag is (<20%) en perioden waarin de verwijdering fluctueerde tussen ca. 20 - 60%. Gedurende perioden met stabiele afvoer was de verwijdering gemiddeld ca 50%.

Er zijn verschillen te zien over de tijd, maar ook tussen de twee percelen. De verschillen tussen de twee percelen zijn moeilijk te verklaren: de grondwaterchemie en grondwaterstanden in de twee percelen verschilde niet veel. Deels kan het aan/uitstaan van de pompen effect hebben: in periodes waarin de pompen regelmatig aan stonden leek de verwijdering stabiel en efficiënter.

Over de tijd fluctueerde de verwijderingsefficiëntie van de ijzerzanddrains in beide percelen. Er was geen dalende of stijgende trend te zien. Na twee jaar was de verwijderingsefficiëntie in beide percelen niet afgenomen. Bij de drains in tuin 4 leek de fosfaatverwijdering zelfs te stabiliseren in het tweede jaar. Ook in het drainwater van de drains die in 2018 waren geïnstalleerd werden nog steeds verlaagde fosfaatconcentraties gemeten, hetgeen aangeeft dat de drains ook na 5 jaar nog fosfaat verwijderden.

De effecten van zomer of winter zijn moeilijk in te schatten omdat in de zomer de drains meestal omlaag stonden en daardoor de gemeten concentraties een vertekend beeld gaven, ook wanneer de pompen enige tijd gelopen hadden. Het lijkt er op dat de ijzerzanddrains ook in die periode fosfaat konden verwijderen. Het effect van de ijzerzanddrains is in deze periode ook minder relevant omdat de omvang van de emissie minder groot is door de kleinere afvoer. Bij het op gang komen van de afvoer na de zomer was de verwijderingsefficiëntie niet afgenomen.

Wat is de invloed van omgevingsparameters zoals redoxpotentiaal en grondwatersamenstelling op de verwijderingsefficiëntie de verwachte levensduur van de ijzerzanddrains?

De redoxpotentiaal en andere grondwatereigenschappen hadden geen duidelijke invloed op de verwijderingsefficiëntie. De redoxpotentiaal leek wel invloed te hebben op het ijzerzand: in het drainwater van de ijzerzanddrains werden verhoogde concentraties mangaan (Mn) gemeten, wat er op duidt dat door de verlaagde redoxpotentiaal mangaan uit het ijzerzand oplost. Dit gedraagt zich als een buffer voor het oplossen van ijzer (Fe) uit het ijzerzand. In het drainwater van de drains die in 2018 aangelegd waren, waren zowel de concentratie mangaan als ijzer verhoogd: blijkbaar is er na 5 jaar wel enige oplossing van ijzer uit het ijzerzand. Dit lijkt echter nog niet geleid te hebben tot vermindering van de verwijderingsefficiëntie van fosfaat, waarschijnlijk omdat de hoeveelheid ijzeroxide in het ijzerzand nog zo hoog is dat er nog veel fosfaat wordt gebonden. Dit is in overeenstemming met recent onderzoek (Barcala, 2023). Hoe lang het duurt voordat de verwijderingsefficiëntie hierdoor afneemt is niet bekend; hiervoor zijn langere-termijn experimenten nodig. Het lijkt er

wel op dat het ijzerzand en het vastgelegde fosfaat op de langere termijn (decennia) weer vrijkomt.

Effecten van ijzerzanddrains op het oppervlaktewater

De besproken resultaten laten vooral concentraties zien. Wanneer het debiet bekend is, kan hieruit ook de vracht berekend worden en daarmee het effect op de waterkwaliteit van het oppervlaktewater. Het debiet kan worden ingeschat met behulp van de gegevens van de pompen. De resultaten van de divers kunnen worden gebruikt om in te schatten wanneer de pompen hebben gelopen. Op basis van de snelheid waarmee de pompputten volliepen en leeggepompt werden kan het debiet worden berekend. Het is ingewikkeld om dit over de gehele tijdsduur van de proef te doen. In plaats daarvan kan het ook eenvoudiger worden ingeschat. Aan het begin van de proef is gemeten hoe snel de pompputten leeggepompt werden en hoe snel ze volliepen. Dit kan worden omgerekend naar een debiet. Met behulp van de tijden waarin de pompen liepen kan ingeschat worden welke hoeveelheden water verpompt zijn (Tabel 4-1). Gemiddeld komt het debiet neer op 2,5 m³/uur per pompput. Wanneer we uitgaan van een verwijdering van ca 3 mg/l fosfaat-P (op basis van een concentratie van 6 mg/l fosfaat-P en een verwijdering van ca 50%), komt dit bij het eerder genoemde debiet neer op 7,5 g/uur fosfaat-P = 0,18 kg/dag per pompput. Wanneer we uitgaan van 100 dagen per jaar waarin verpompt wordt, komt dat neer op ca. 18 kg fosfaat-P per jaar per pompput. Uitgaande van één pompput met ijzerzanddrains voor 3 ha komt dit neer op ca 6 kg fosfaat-P per ha. De aanvoer van P kan komen door stro en champost. De exacte hoeveelheid die daaruit vrij komt is niet bekend. Uitgaande van de gebruiksnorm voor bouwland van 50 kg P/ha zou er per perceel van ca 3 ha maximaal 150 kg P wordt aangevoerd, wat meer is dan er met of zonder ijzerzand uitspoelt (18 kg P). Een goede vergelijking is niet te maken, onder meer omdat een deel van de aangevoerde P naar het gewas gaat en een deel uitspoelt via andere routes dan de drainage. Voor een volledige vergelijking zou de volledige balans van P-aan- en -afvoer op perceelsniveau moeten worden gemaakt. Wel blijft het zo dat de ijzerzanddrains een significant effect hebben op de afvoer van P.

De invloed op de waterkwaliteit is lastig te berekenen. Hiervoor is niet alleen het volume van de drainage en de hoeveelheid P die daaruit verwijderd wordt nodig, maar ook de hoeveelheid water waarmee het drainagewater verdund wordt. Maar aangezien de waterkwaliteit in de sloten in hoge mate wordt beïnvloed door het drainwater, is te verwachten dat een reductie van de fosfaatemissie met 50% een significant effect kan hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Tabel 4-1: Berekening verpompt debiet uit pompen.

	Tijd pomp aan	Tijd pomp uit	Peil begin pompen	Peil eind pompen	Verschil	Debiet uit pompen	Debiet grond water instroom	Netto pomp debiet
Pomp put	(sec)	(sec)	(m)	(m)	(m)	(m ³ /uur)	(m ³ /uur)	(m ³ /uur)
3Z	92	157	0,87	1,035	0,165	4,1	1,5	1,5
3S	98	82	0,91	1,05	0,14	4,5	2,5	2,5
4Z	79	105	0,985	1,14	0,155	5,0	2,1	2,1
4S	102	85	0,895	1,13	0,235	7,3	4,0	4,0

Eindconclusies en perspectief

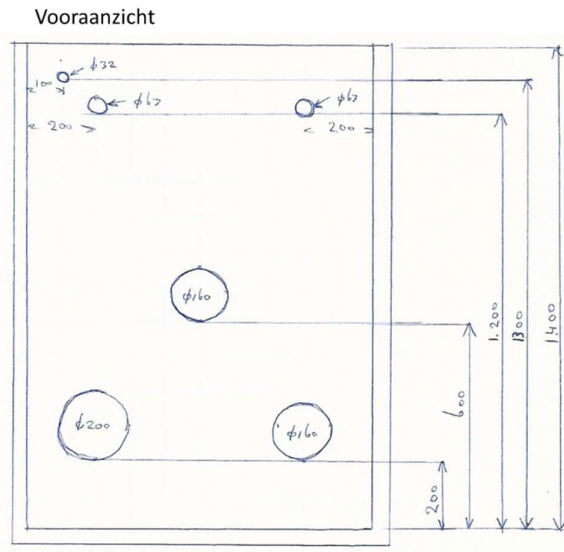
Deze studie bevestigt de fosfaatverwijdering door ijzerzanddrains die eerder was aangetoond. De lange duur van de experimenten (twee jaar) en de proefopzet met

referentiedrains dragen extra bij aan de betrouwbaarheid van de resultaten. De resultaten laten zien dat er gedurende twee jaar significante verwijdering van fosfaat plaatsvindt (ca 50%), dat de verwijderingsefficiëntie niet verslechtert met de tijd en dat er geen verstopping optreedt. Dit geeft potentie voor verdere doorontwikkeling en toepassing van deze techniek. Daarbij blijft aandacht nodig voor langere-termijn effecten en we adviseren om de verwijderingsefficiëntie en drainafvoer ook na langere tijd te blijven volgen. Een laatste kanttekening is, dat door de ijzerzanddrains weliswaar fosfaat wordt vastgelegd, maar niet volledig wordt verwijderd. Toepassingen waarbij ijzerzand kan worden vervangen (bijvoorbeeld in een filterbed aan het einde van de drains) zouden hier een oplossing voor kunnen bieden.

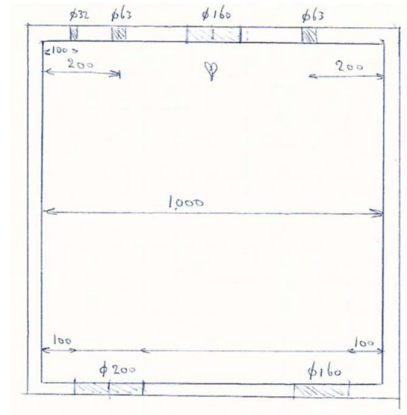
Literatuur

- Barcala et al., 2023, Phosphorus adsorption on iron-coated sand under reducing conditions. J. Env. Qual., vol. 52, iss 1, p. 74-87.
- Deltares, 2021, Resultaten monitoring ijzerzanddrains Noordwijkerhout en Vogelenzang 2019-2020. Deltares rapport 11205635.
- Hoogheemraadschap van Rijnland, 2014, Pilot effectgerichte verwijdering fosfaat Bollenstreek; Resultaten veldpilot Voorhout in synthese diverse maatregelen.
- Klaren, C. (2011). Kan de waterbodem een waterkwaliteitsverbetering geven na een (geforceerde) tijdelijke droogval? <https://edepot.wur.nl/180908>.
- Lisa van Kruijl, 2019, Phosphate losses from agricultural soils to surface water in the bulb region of the Netherlands. MSc Internship report Utrecht University 2019.
- J.E. Groenenberg, W.J. Chardon en P.J.M. Vreeburg, 2015, Vermindering van de fosfaatbelasting oppervlaktewater met P-bindende drain; Rapportage monitoring veldpilot en onderzoek naar praktische inpasbaarheid van de maatregel. Alterra-rapport 2678.

Bijlage A: Ontwerp pompputten



Bovenaanzicht



Figuur 0-1: Ontwerp pompputten.

Bijlage B: Partijkeuring ijzerzand

Rapportage partijkeuring

Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019

Opdrachtgever : Koers Research B.V.
Contactpersoon : dhr. P. de Boer

Certicon rapportnummer : P2019-1106

Ede, 21 augustus 2019

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	3
2	UITVOERING WERKZAAMHEDEN	5
3	TOETSING EN BEOORDELING	7
4	CONCLUSIE	8

BIJLAGEN

- Monsternemingsplan en -formulier
- Locatiekaart
- Foto's
- Situatieschets
- Tabel toevalsgetallen
- Formulier bepaling dichtheid
- Analysecertificaten

1 INLEIDING

In opdracht van Koers Research B.V. heeft Certicon Kwaliteitskeuringen B.V. een partijkeuring uitgevoerd conform de BRL SIKB 1000 (versie 9.0, 1 februari 2019), protocol 1002 Monsterneming voor partijkeuringen Niet-Vormgegeven bouwstoffen (versie 9.0, 1 februari 2019).

Het betreft een partij ijzerzand 2-8 mm met projectnaam: Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019. Bij Certicon is deze opdracht bekend onder projectnummer P2019-1106.

De partij heeft een grootte van circa 1.728 ton en ligt in depot op het terrein van Koers aan de Grietmanswijk 5 te Bovensmilde. De keuring is uitgevoerd op 8 juli 2019.

Deze keuring heeft tot doel het vaststellen van de kwaliteit van het ijzerzand om zo te kunnen beoordelen wat de gebruiksmogelijkheden van het materiaal zijn.

Het kenmerk van de partij is GRW-C-01 - batch: 29052019.

De partij heeft betrekking op filtergrind met gradatie 2-8 mm. Het materiaal is gewassen in de wasstraat van Koers op de Grietmanswijk 5 te Bovensmilde. Het filtergrind is afkomstig uit drinkwaterzuiveringsinstallaties. Gezien de herkomst van het materiaal is het vrijwel onmogelijk dat er asbest aanwezig zal zijn in het materiaal.

Filtergrind kan men beschouwen als grond of als bouwstof. Het materiaal komt vrij bij het zuiveren van grondwater. Het grondwater kan onder meer veel ammonium bevatten, een natuurlijk afbraakproduct van veen, dat biologisch omgezet moet worden in de grindfilters in het zogenaamde nitrificatieproces. Het grondwater kan zoveel ammonium bevatten dat de filters met grind droog en met geforceerde beluchting worden bedreven, om voldoende zuurstof toe te voeren voor het nitrificatieproces.

Tijdens het zuiveren van grondwater verandert het filtergrind in de loop van de tijd. Aanvankelijk bestaat filtergrind vrijwel geheel uit silicaten maar tijdens maanden van zuivering groeien deze korrels met afzettingen uit het water. Deze aangroei bestaat vooral uit ijzer met wisselende hoeveelheid van andere stoffen, zoals mangaan en fosfaat. Dit zijn stoffen uit het grondwater die ook in het filter verwijderd worden. De vraag is of "aangegroeid" filtergrind een samenstelling heeft in een verhouding en met een structuur zoals deze in de bodem van nature wordt aangetroffen. Is dat namelijk niet het geval, dan zal het gebruikte materiaal gezien moeten worden als bouwstof. Bepaalde materiaalstromen zullen dus 'aan de randen' van de definitie van grond zitten en daar kan in de uitvoeringspraktijk discussie over ontstaan.

Bij deze keuring is sprake van "aangegroeid" filtergrind. Het materiaal is sterk ijzerhoudend en heeft geen samenstelling in een verhouding en met een structuur zoals deze in de bodem van nature wordt aangetroffen en wordt daarom gezien als bouwstof.

Het procescertificaat (BRL SIKB 1000, certificaatnummer K14093) van Certicon en het hierbij behorende kwaliteitskeurmerk zijn uitsluitend van toepassing op de activiteiten inzake de monsterneming en de overdracht van de monsters, inclusief de daarbij behorende veldwerkregistratie, aan een erkend laboratorium of de opdrachtgever.

Tussen Certicon en de opdrachtgever is geen sprake van een relatie die de onafhankelijkheid en integriteit van Certicon zou beïnvloeden en/of haar werkzaamheden zou kunnen belemmeren.

De keuring van de partij betreft een momentopname. Certicon is niet verantwoordelijk voor de toepassing van het materiaal.

2 UITVOERING WERKZAAMHEDEN

▪ Partijdefinitie

De omvang (m^3) van de partij is handmatig ingemeten. Tevens is de dichtheid bepaald. Op basis van deze gegevens is de partijgrootte van circa 1.728 ton vastgesteld. Door middel van een zintuiglijke waarneming is de korrelgrootte (D_{95}) bepaald op 8 mm. De bepaling van de dichtheid is opgenomen in de bijlagen. Tevens zijn in de bijlagen foto's van de partij opgenomen.

De partij ligt aaneengesloten in depot op het terrein van Koers aan de Grietmanswijk 5 te Bovensmilde (zie locatiekaart).

▪ Werkwijze

Het monsternemingsplan en -formulier zijn opgenomen in de bijlagen. De partij is ingedeeld in 12 gelijksoortige bemonsteringsvakken met lengte X en breedte Y. De X- en Y-coördinaten van de bemonsteringspunten zijn per vak bepaald met behulp van een toevalsgetallen-generator. Vervolgens is per vak met deze generator de Z-coördinaat bepaald, gerekend vanaf de bovenzijde (oppervlakte) van de partij ter plaatse van de X-, Y-coördinaat. Op deze wijze zijn vanaf de bovenzijde van de partij conform protocol 1002 gestratificeerd aselekt 12 boringen uitgevoerd. Per boring is 1 greep genomen. Daarbij is gebruik gemaakt van een graafmachine. De grepen zijn aselekt aan twee monsters toegekend.

De minimale greep- en monstergrootte zijn afhankelijk van de maximale korrelgrootte (D_{95}), de soortelijke massa van het materiaal en de bulkdichtheid in de partij. Bij deze partij is de korrelgrootte (D_{95}) zintuiglijk vastgesteld op 8 mm en de bulkdichtheid van de partij is bepaald op $1,5 \text{ kg/dm}^3$. Hieruit volgt een greepgrootte van minimaal 1,5 kg en een monstergrootte van minimaal 9 kg.

Bij de bemonstering is gelet op de aanwezigheid van asbestverdacht materiaal (AVM) op het depot en in de grepen. Hierbij is geen AVM aangetroffen.

De partij, de monsterpunten en de verdeling van de grepen staan op de situatieschets (zie bijlage). De coördinaten van de boorpunten, de toevalsgetallen en de verdeling van de grepen over de monsters zijn weergegeven in een bijlage bij de situatieschets.

▪ Bijzonderheden en afwijkingen

Er zijn geen bijzonderheden te melden. De werkzaamheden zijn conform het monsternemingsplan uitgevoerd.

▪ Analysepakket

De grepen zijn aselekt aan twee monsters (M1-1 en M1-2) toegekend. Deze monsters zijn aangeboden aan het AP04-geaccrediteerde laboratorium SYNLAB te Hoogvliet (RT) en zijn conform AP04 voorbehandeld en geanalyseerd op PAK(10-VROM), minerale olie, en PCB's. Tevens zijn op beide monsters conform AP04 kolomproeven uitgevoerd bij $L/S=10$ met eluaatanalyses op de 19 anorganische parameters (15 metalen en 4 anionen) uit het Besluit bodemkwaliteit.

Aanvullend zijn twee mengmonsters van elk 6 grepen samengesteld (M1-3 en M1-4) en aangeboden aan Synlab voor de bepaling van het gehalte aan ijzer conform RvA.

▪ **Resultaten en toetsing**

De analysecertificaten zijn opgenomen in de bijlagen. De AP04-analyseresultaten zijn door Certicon getoetst aan de normen uit de Regeling bodemkwaliteit. De toetsingsresultaten zijn opgenomen in hoofdstuk 3.

3 TOETSING EN BEOORDELING

Toetsingstabel Besluit Bodemkwaliteit, Niet Vormgegeven Bouwstoffen

RF 21.3f sept. 2016

Projectnaam	: Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019
Projectnummer	: -
Certicon-projectnummer	: P2019-1106
Keuring conform	: protocol 1002
Materiaalsoort	: ijzerzand
Aantal monsters	: 2
Beoordelingsdatum	: 21 August 2019

Maximale emissiewaarden Anorganische parameters				
Verontreinigingstypen	NV-Bouwstof (mg/kg.ds LS=10)	IBC-Bouwstof (mg/kg.ds LS=10)	Gemeten emissie (mg/kg.ds LS=10)	Beoordeling #
Antimoon	0.32	0.7	< 0,009	NV-Bouwstof
Arseen	0.9	2	< 0,2	NV-Bouwstof
Barium	22	100	< 0,6	NV-Bouwstof
Cadmium	0.04	0.06	< 0,007	NV-Bouwstof
Chroom	0.63	7	< 0,1	NV-Bouwstof
Kobalt	0.54	2.4	< 0,07	NV-Bouwstof
Koper	0.9	10	< 0,1	NV-Bouwstof
Kwik	0.02	0.08	< 0,005	NV-Bouwstof
Lood	2.3	8.3	< 0,3	NV-Bouwstof
Molybdeen	1	15	< 0,05	NV-Bouwstof
Nikkel	0.44	2.1	< 0,2	NV-Bouwstof
Seleen	0.15	3	< 0,009	NV-Bouwstof
Tin	0.4	2.3	< 0,02	NV-Bouwstof
Vanadium	1.8	20	< 0,3	NV-Bouwstof
Zink	4.5	14	< 0,7	NV-Bouwstof
Bromide	20	34	< 0,8	NV-Bouwstof
Chloride	616	8,800	< 100	NV-Bouwstof
Fluoride	55	1,500	1.4	NV-Bouwstof
Sulfaat	2,430	20,000	< 300	NV-Bouwstof

M1-1	M1-2	spreiding
<0,009	<0,009	-
<0,2	<0,2	-
<0,6	<0,6	-
<0,007	<0,007	-
<0,1	<0,1	-
<0,07	<0,07	-
<0,1	<0,1	-
<0,005	<0,005	-
<0,3	<0,3	-
<0,05	<0,05	-
<0,2	<0,2	-
<0,009	<0,009	-
<0,02	<0,02	-
<0,3	<0,3	-
<0,7	<0,7	-
<0,8	<0,8	-
<100	<100	-
1.4	1.4	1.0
<300	<300	-

Maximale samenstellingswaarden Organische parameters			
Verontreinigingstypen	Maximale waarde (mg/kg.ds)	Gemeten waarde (mg/kg.ds)	Beoordeling #
Naftaleen	5	0.02	NV-bouwstof
Antraceen	10	< 0,01	NV-bouwstof
Fenantreen	20	0.04	NV-bouwstof
Fluoranteen	35	< 0,01	NV-bouwstof
Benzo(a)pyreen	10	0.04	NV-bouwstof
Chryseen	10	0.04	NV-bouwstof
Benzo(a)antraceen	40	< 0,01	NV-bouwstof
Benzo(ghi)peryleen	40	< 0,01	NV-bouwstof
Benzo(k)fluoranteen	40	0.04	NV-bouwstof
Indeno(1,2,3cd)pyreen	40	< 0,01	NV-bouwstof
PAK-10 (VROM)	50	0.12	NV-bouwstof
Minerale olie	500	< 20	NV-bouwstof
PCB's (som)	0.5	< 0,014	NV-bouwstof

M1-1	M1-2	spreiding
0.02	0.02	1.0
<0,01	<0,01	-
0.03	0.04	1.3
<0,01	<0,01	-
0.01	<0,01	1.0
<0,01	0.01	1.0
<0,01	<0,01	-
<0,01	<0,01	-
<0,01	0.01	1.0
<0,01	<0,01	-
0.109	0.122	1.1
<20	<20	-
<0,014	<0,014	-

de toetsingsresultaten zijn overeenkomstig de resultaten van BoToVa

CONCLUSIE:

Deze partij voldoet in het kader van het Besluit Bodemkwaliteit aan de eisen voor toepassing als niet-vormgegeven bouwstof.

Deze beoordeling is uitsluitend van toepassing op de gemeten parameters. Certicon is niet verantwoordelijk voor toepassing van het materiaal.

Conform Besluit Bodemkwaliteit

4 CONCLUSIE

Deze partij voldoet in het kader van het Besluit Bodemkwaliteit aan de eisen voor toepassing als niet-vormgegeven bouwstof.

BIJLAGEN

- **Monsternemingsplan en monsternemingsformulier**
- **Locatiekaart**
- **Foto's**
- **Situatieschets**
- **Tabel toevalsgetallen**
- **Formulier bepaling dichtheid**
- **Analysecertificaten**

MONSTERNEMINGSPLAN

Projectgegevens

RF99f Plan 5022019

Opdrachtnummer Certicon	: P2019-1106
Projectnaam	: Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019
Projectnummer	: -
Keuringslocatie	: Grietmanswijk 5 te Bovensmilde
Contactpersoon locatie	: Willem Koning (weegmeester)
Telefoon contactpersoon	: 0592-414295
Naam opdrachtgever	: Koers Research B.V.
Contactpersoon opdrachtgever	: Dhr. drs. P.J. de Boer
Adres opdrachtgever	: Rijksweg 198, 9423 PE HOOGERSMILDE
Telefoon opdrachtgever	: 0592-430305
Opdrachtgever is	: Intermediair
Doel monsterneming	: Het verkrijgen van een kwalitatief goed monster uit een statische partij, waarmee een zo betrouwbaar mogelijke uitspraak kan worden gedaan over het gehalte en/of het uitloggedrag van de te onderzoeken parameters in de gehele partij.

Uitvoerende organisatie : Certicon Kw aliteitskeuringen BV

Partijgegevens

Partijnummer	: GRW-C-01 batch 29052019 (code 5270)
Partijgrootte (totaal)	: 1700 ton
Aantal deelpartijen	: 1
Maximale deelpartijgrootte	: Vrij
Deelpartij indeling	: n.v.t
Vorm van de partij / diepte van de partij	: Bepalen door opmeten in het veld
Wijze waarop materiaal beschikbaar is	: depot
Materiaal	: ijzerzand (filtergrind)
Verwachte korrelgrootte D95<	: 8 mm gradatie 2-8 mm
Verwachte bulk dichtheid	: 1.5 kg/dm³
Bijzonderheden partij	: Betreft aangegroeid filtergrind, sterk ijzerhoudend Het materiaal heeft geen samenstelling in een verhouding en met een structuur zoals deze in de bodem van nature wordt aangetroffen en wordt daarom gezien als bouwstof.
Bijzonderheden materiaal	
Bijmengingen verwacht	: Nee
Verwachte kw aliteit van elke voldoet aan klasse	: NV-bouw stof
Veiligheidsklasse	: Geen alleen werken met basishygiëne

Monsterneming

Type keuring	: Protocol 1002
Aantal grepen per (deel)partij	: 2*6
Minimale greepgrootte AP04	: 1,5 kg
Minimale monstergrootte AP04	: 9 kg
Apparatuur	: Graafmachine 100 cm en Riverside 10 cm
Onderzoeksoepzet	: Conform BBK
Wijze monsterneming	: Gestratificeerd aselekt
Foto's nemen	: Ja, minimaal 3 stuks
Monstercodering	: M1-1 M1-2 M1-3 M1-4
Monsterverpakking	: Emmer 10 liter
Monstertransport en opslag	: Gekoeld in depot
Monsters aanleveren bij (binnen 24 uur na monsternaming)	: Depot laboratorium
Bijzonderheden	: Geen
Aanleveren aan lab	Monster Analysepakket
SYNLAB	M1-1 (AP04) Bouwstoffen (PAK, Olie, PCB's), kolomproef en eluaatanalyses 15 metalen 4 anionen
SYNLAB	M1-2 (AP04) Bouwstoffen (PAK, Olie, PCB's), kolomproef en eluaatanalyses 15 metalen 4 anionen
SYNLAB	M1-3 (RvA) ijzer (± 1kg)
SYNLAB	M1-4 (RvA) ijzer (± 1kg)

Kwalitering monsternemingsplan

Naam	Handtekening	Datum
Projectleider	P.M. Dekker	6/25/2019
Monsternemer(s)	C. Nap	7/8/2019

MONSTERNEMINGSFORMULIER

Projectgegevens

RF99f Plan 5022019

Opdrachtnummer Certicon : P2019-1106
 Projectnaam : Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019
 Projectnummer opdrachtgever : -
 Keuringslocatie : Grietmanswijk 5 te Bovensmilde
 Contactpersoon locatie : Willem Koning (weegmeester)
 Telefoon contactpersoon : 0592-414295
 Naam opdrachtgever : Koers Research B.V.
 Contactpersoon opdrachtgever : Dhr. drs. P.J. de Boer
 Telefoon opdrachtgever : 0592-430305
 Uitvoerende organisatie : Certicon Kw aliteitskeuringen BV

Partijgegevens

Partijnummer : GRW-C-01 batch 29052019 (code 5270)
 Partijgrootte (totaal) : 1728 ton
 Partijgrootte bepaald door : Opmeting in het veld
 Deelpartij indeling : n.v.t.
 Aanduiding in veld achtergelaten : Nee
 Maximale korrelgrootte D95< : 8 mm bepaald door zintuigelijk
 Bijzonderheden partij : Geen
 Bijmengingen aangetroffen : Geen
 Vorm partij : depot
 Veiligheidsklasse conform plan : Ja namelijk Geen alleen werken met basishygiëne

Monsterneming

Type keuring : Protocol 1002
 Wijze van monsterneming : Gestratificeerd aselekt
 Minimale greepgrootte AP04 : 1,5 Kg
 Minimale monstergrootte AP04 : 9 Kg
 Minimale greepgrootte Asbest : n.v.t.
 Minimale monstergrootte Asbest : n.v.t.
 Is er asbestverdacht materiaal aangetroffen? : Nee
 Vochtpercentage : 20% geschat
 Foto's : 3 foto's gemaakt van de partij
 Monstertransport en opslag : Gekoeld in depot
 Monsters aanleveren bij (binnen 24 uur na monsterneming) : Depot laboratorium

Uitvoering monsterneming conform plan?

deelpartijnaam	conform plan	motivatie afwijking
1	Ja	n.v.t.

Deelpartij-informatie

dp.naam	grootte	tonnage	s.g	aantal grepen	grondsoort/materiaal
	m³	ton	kg/dm³		
1	1152	1728	1,50	12	ijzerzand

dp.naam	apparatuur 1	diameter	apparatuur 2	diameter
		(cm)		(cm)
1	Graafmachine	120	Schep	30

Monsterinformatie

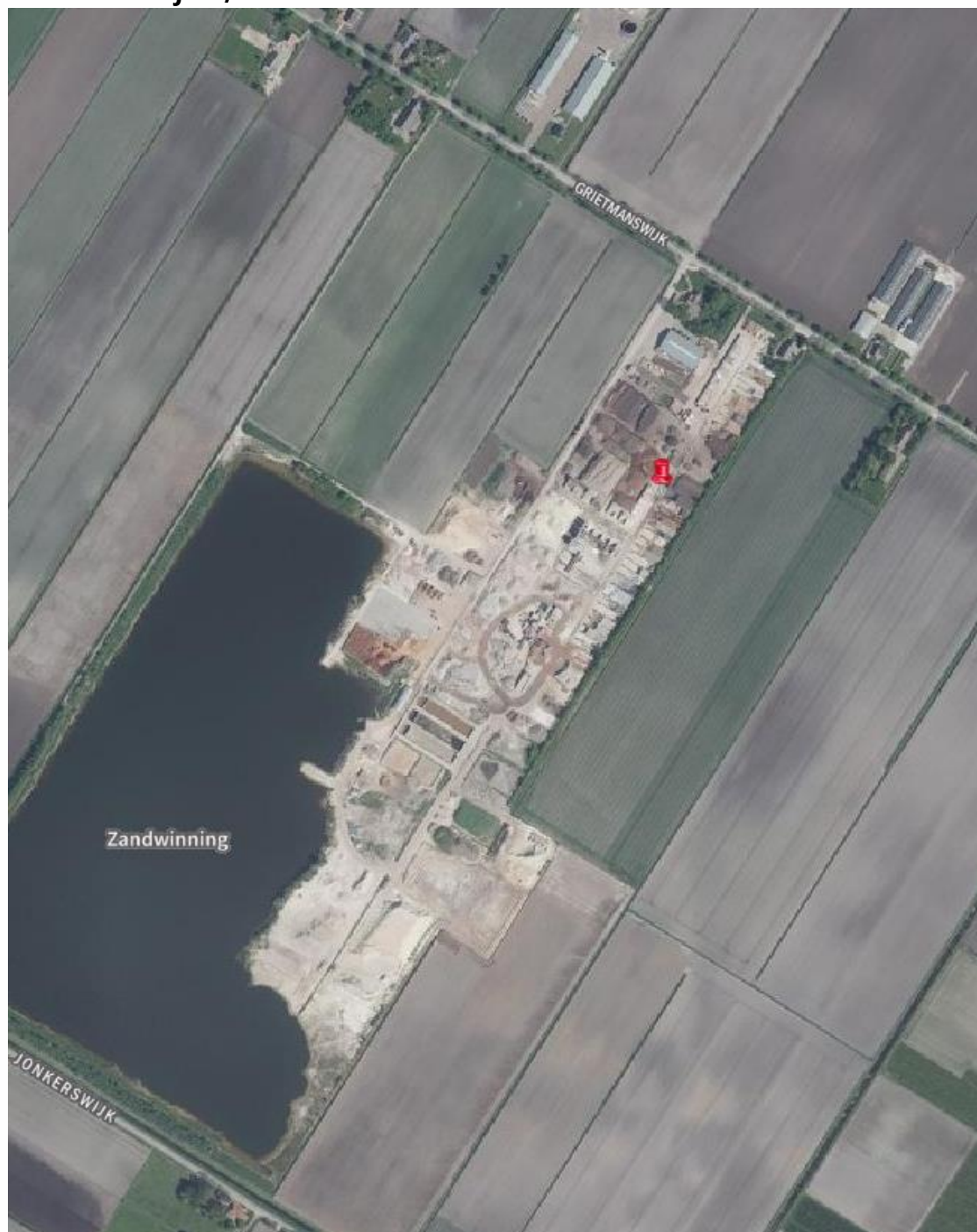
dp.naam	monster	gewicht	monsterverpakking	barcode	datum	analysepakket
1	M1-1	10 kg	emmer	E1786147	8-7-2019	(AP04) Bouwstoffen (PAK, Olie, PCB's), kolomproef en eluataalyses 15 metalen 4 anionen
	M1-2	10 kg	emmer	E1786148	8-7-2019	
	M1-3	2 kg	emmer	E1786149	8-7-2019	
	M1-4	2 kg	emmer	E1786150	8-7-2019	(RvA) ijzer (± 1kg)

Kwalitering monsternemingsformulier en verificatie t.o.v. monsternemingsplan

	Naam	Handtekening	Datum
Monsternemer(s)	C. Nap		8-7-2019
Projectleider	P.M. Dekker		10-7-2019

LOCATIEKAART

Grietmanswijk 5, Bovensmilde



FOTO'S



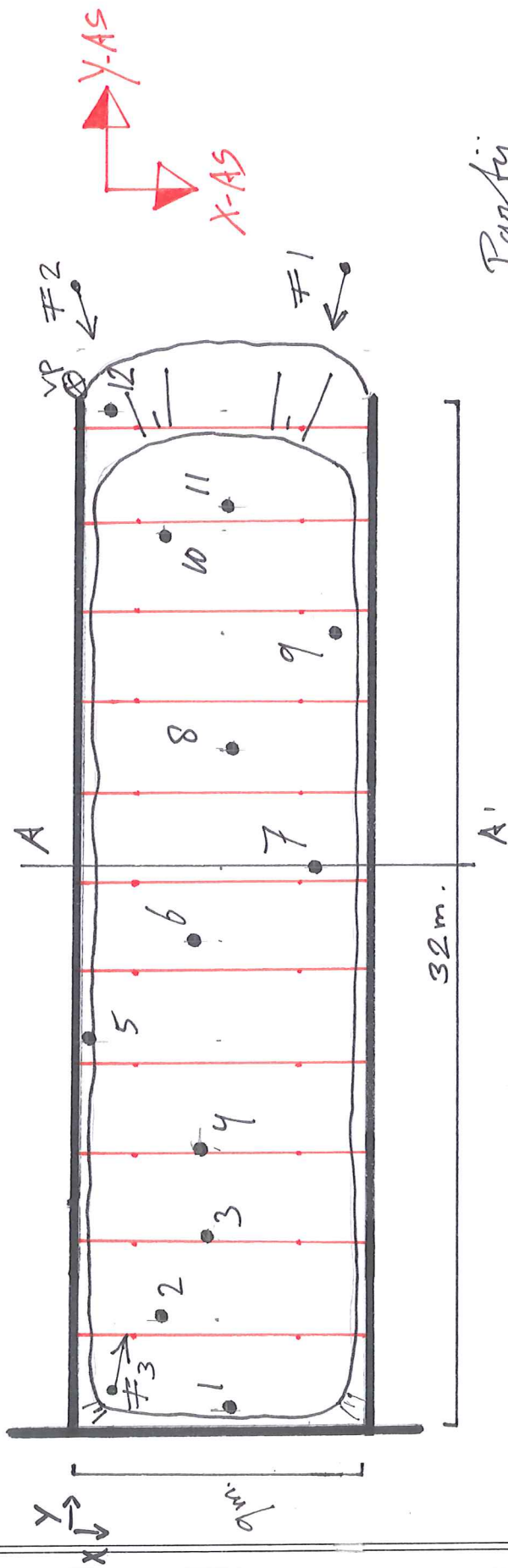
P2019-1106, Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019, foto F1



P2019-1106, Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019, foto F2



P2019-1106, Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019, foto F3



Partij
 $32 \times 9 \times 4 = 1152 \text{ m}^3$
 SG 1,5
 Ton 1728

Partijgegevens:	
m ³ :	1152
S.g.:	1,5
Tonnage:	1728
Grepn:	12
Vak:	12
Gew. mo. 1:	10 Kg
Gew. mo. 2:	10 Kg
Gew. mo. 3:	2 Kg
Gew. mo. 4:	2 Kg
Monstercode:	
M1.1 + M1.2	
Vocht:	20 %
Min. monstergrootte:	9 Kg
Min. greepgrootte:	1,5 Kg
Bijzonderheden:	
Type Bouwstof:	Lilleguinol
Kwarteren ob:	NVT7312
Ja-Nee, N.v.t.	
Begin gew.:	kg
Eind gew.:	kg

Opdrachtgever:	Kaers Research bv	Projectnaam:	Yzerzand Bath 24052019	Handtekening:	
Opdrachtnummer:	P2019-1106	Tekenaar:	C. nap	Tekn.:	1
Projectnummer:	"	Versie tek.:			
Soort onderzoek:	Protocol	Aankomst:	730	Vertrek:	1030
Uitvoering:	8-7-19				
Aangewezen door:	Willems				
Certicon Kwaliteitskeuringen BV, Keplerlaan 14, 6716 BS Ede Tel: 0318-545000					
RF17g.A4L					



Toevalsgetallen, bijlage bij tekening

Project nummer: P2019-1106
Projectnaam: Partijkeuring ijzerzand - Batch 29052019
Deelpartij: 1
Protocol: Protocol 1002
Monstercode: M1-1 t/m M1-4
Datum: 8-7-2019

RF99f Plan 5022019

Bemonsteringsvakken op basis van: oppervlakte

Opdeling: 1x12

TOEVALSGETALLEN

Greep nr.	Max. X (m)	X-coördinaat (m)	Max Y (m)	Y-coördinaat (m)	Max Z (m)	Z-coördinaat (m)	in mengmonster
1	9	4,7	2,8	0,5	4,0	3,6	1
2	9	2,5	2,8	0,5	4,0	3,2	1
3	9	4,1	2,8	0,1	4,0	2,2	1
4	9	3,8	2,8	0,1	4,0	1,4	1
5	9	0,2	2,8	0,7	3,8	1,9	1
6	9	3,6	2,8	1,0	4,0	2,6	2
7	9	7,4	2,8	0,5	4,0	1,2	2
8	9	4,8	2,8	1,4	4,0	2,5	2
9	9	7,9	2,8	2,2	4,0	0,6	2
10	9	2,6	2,8	2,6	4,0	0,9	2
11	9	4,7	2,8	0,5	4,0	1,0	2
12	9	0,8	2,8	0,6	2,0	1,8	1

Toevalsgetallen, bijlage bij tekening

Formulier uitvoering zeefproef en bepaling dichtheid

RF99b 01-05-2017

Algemene informatie			
Projectnummer Certicon		P2019-1106	
Keuringslocatie		Grietmanswijk 5 te Bovensmilde	
Type keuring	Protocol 1002	Aantal deelpartijen	1
Uitvoerende Organisatie		Certicon Kwaliteitskeuringen BV	

Monsterneming	
Bepaling soortelijke dichtheid	
Gewicht inhoud 2 emmer's	30,00 kg = A
Volume emmer	10,00 liter = B
Dichtheid (kg/dm ³)	1,50 kg/dm ³ = A/B 2de decimaal afgerond op 0 of 5
D95 van?	8 mm
Voldoet dichtheid aan onderstaand tabel?	Ja

Ter bepaling van de grondeigenschappen c.q. de omvang van een partij dienen de volgende uitgangspunten te worden gehanteerd

Hoofdbestanddeel		ca. massa in ton/m ³	
Menggranulaat		1,8-2,0	Wijze van Monsterneming
Betongranulaat		1,8-2,1	
Granulight		0,9-1,1	
Hoogovenslak		1,7-2,0	Conform plan
Staalslak		1,9-2,2	
filtergrind	X	1,4-1,8	
AEC-Bodemas		1,6-1,8	Minimale greepgrootte (kg)
E-Bodemas		1,3-2,0	
Asfalt granulaat		1,9-2,1	Minimale Monstergrootte (kg)
Vormzand		1,3-1,6	
Sorteerzeefzand		1,5-1,9	Terug te kwarteren tot minimaal (kg)
Gebroken puin		1,6-2,0	
Grind > 63mm		1,5-1,8	n.v.t
Rubbergranulaat		0,5-1,8	
Spoorballast		1,6-1,9	
Lava		1,0-1,3	

Opmerking: bij bepaling van de soortelijke dichtheid dient ook het vochtgehalte van het materiaal in acht te worden genomen.

Het s.g van relatief nat materiaal kan immers 10% hoger zijn dan dat van droog materiaal

Uitvoering Zeefproef over 20 mm	
Gewicht inhoud 2 emmer's	nvt kg
Gewicht op zeef 20mm	- kg
Percentage > 20mm	- %
Percentage < 20mm	- %

Uitgevoerd door	naam	handtekening	Datum
Monsternemer(s)	C. Nap		8-7-2019

Certicon Kwaliteitsk. BV

Dhr. G. Bulthuis

Keplerlaan 14

6716 BS EDE

Blad 1 van 6

Uw projectnaam : Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
Uw projectnummer : P2019-1106
SYNLAB rapportnummer : 13066575, versienummer: 1
Rapport-verificatienummer : P5JMNFAJ

Rotterdam, 12-08-2019

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw project P2019-1106. Het onderzoek werd uitgevoerd conform uw opdracht. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op de geteste monsters. De door u aangegeven omschrijvingen voor de monsters en het project zijn overgenomen in dit analyserapport.

Het onderzoek is uitgevoerd door SYNLAB Analytics & Services B.V., gevestigd aan de Steenhouwerstraat 15 in Rotterdam (NL). Indien het onderzoek is uitgevoerd door derden of het SYNLAB laboratorium in Frankrijk (99-101 Avenue Louis Roche, Gennevilliers) is dit in het rapport aangegeven.

Dit analyserapport bestaat inclusief bijlagen uit 6 pagina's. In geval van een versienummer van '2' of hoger vervallen de voorgaande versies. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Mocht u vragen en/of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit rapport, bijvoorbeeld als u nadere informatie nodig heeft over de meetonzekerheid van de analyseresultaten in dit rapport, dan verzoeken wij u vriendelijk contact op te nemen met de afdeling Customer Support.

Wij vertrouwen er op u met deze informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,



Jaap-Willem Hutter
Technical Director

Projectnaam Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
Projectnummer P2019-1106
Rapportnummer 13066575 - 1

Orderdatum 08-07-2019
Startdatum 08-07-2019
Rapportagedatum 12-08-2019

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie		
001	Bouwst.niet vorm	M1-1		
002	Bouwst.niet vorm	M1-2		

Analyse	Eenheid	Q	001	002
droge stof	gew.-%	Q	89.3	89.1
aangeleverd monster	kg		10	10
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN				
naftaleen	mg/kgds	Q	0.02	0.02
antraceen	mg/kgds	Q	<0.01	<0.01
fenantreen	mg/kgds	Q	0.03	0.04
fluoranteen	mg/kgds	Q	<0.01	<0.01
benzo(a)antraceen	mg/kgds	Q	<0.01	<0.01
chryseen	mg/kgds	Q	<0.01	0.01
benzo(a)pyreen	mg/kgds	Q	0.01	<0.01
benzo(ghi)peryleen	mg/kgds	Q	<0.01	<0.01
benzo(k)fluoranteen	mg/kgds	Q	<0.01	0.01
indeno(1,2,3-cd)pyreen	mg/kgds	Q	<0.01	<0.01
pak-totaal (10 van VROM) (0.7 factor)	mg/kgds	Q	0.109 ¹⁾	0.122 ¹⁾
POLYCHLOORBIFENYLEN (PCB)				
PCB 28	µg/kgds	Q	<2	<2
PCB 52	µg/kgds	Q	<2	<2
PCB 101	µg/kgds	Q	<2	<2
PCB 138	µg/kgds	Q	<2	<2
PCB 153	µg/kgds	Q	<2	<2
PCB 180	µg/kgds	Q	<2	<2
PCB 118	µg/kgds	Q	<2	<2
som PCB (7) (0.7 factor)	µg/kgds	Q	9.8 ¹⁾	9.8 ¹⁾
MINERALE OLIE				
fractie C10-C12	mg/kgds		<5	<5
fractie C12-C22	mg/kgds		<5	<5
fractie C22-C30	mg/kgds		<5	<5
fractie C30-C40	mg/kgds		<5	<5
totaal olie C10 - C40	mg/kgds	Q	<20	<20
KOLOMPROEF				
datum start	-	Q	11-07-2019	11-07-2019
datum einde	-	Q	02-08-2019	02-08-2019
L/S=1	ml/g	Q	1.0	1.0
L/S=9	ml/g	Q	9.0	9.0
L/S=10 cumulatief	ml/g	Q	10.0	10.0
eind ph na LS1	-	Q	8.26	8.30
eind ph na LS10	-	Q	8.39	8.40
EC (25°C) na LS1	µS/cm	Q	472	461
EC (25°C) na LS10	µS/cm	Q	253	249

De met Q gemerkte analyses zijn geaccrediteerd door de RvA.

Paraaf :



Projectnaam Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
Projectnummer P2019-1106
Rapportnummer 13066575 - 1

Orderdatum 08-07-2019
Startdatum 08-07-2019
Rapportagedatum 12-08-2019

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie
001	Bouwst.niet vorm	M1-1
002	Bouwst.niet vorm	M1-2

Analyse	Eenheid	Q	001	002
ELUAAT METALEN				
antimoon (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.009	<0.009
arseen (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.2	<0.2
barium (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.6	<0.6
cadmium (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.007	<0.007
kobalt (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.07	<0.07
chrom (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.1	<0.1
koper (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.1	<0.1
kwik (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.005	<0.005
lood (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.3	<0.3
molybdeen (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.05	<0.05
nikkel (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.2	<0.2
seleen (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.009	<0.009
tin (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.02	<0.02
vanadium (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.3	<0.3
zink (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.7	<0.7
antimoon na LS10	µg/l	Q	<0.9	<0.9
arseen na LS10	µg/l	Q	<20	<20
barium na LS10	µg/l	Q	<60	<60
cadmium na LS10	µg/l	Q	<0.7	<0.7
chrom na LS10	µg/l	Q	<10	<10
kobalt na LS10	µg/l	Q	<7	<7
koper na LS10	µg/l	Q	<10	<10
kwik na LS10	µg/l	Q	<0.5	<0.5
lood na LS10	µg/l	Q	<30	<30
molybdeen na LS10	µg/l	Q	<5	<5
nikkel na LS10	µg/l	Q	<20	<20
seleen na LS10	µg/l	Q	<0.9	<0.9
tin na LS10	µg/l	Q	<2.00	<2.00
vanadium na LS10	µg/l	Q	<30	<30
zink na LS10	µg/l	Q	<70	<70
ELUAAT DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN				
fluoride (E l/s 10)	mg/kgds	Q	1.4	1.4
bromide (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<0.8	<0.8
chloride (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<100	<100
sulfaat (E l/s 10)	mg/kgds	Q	<300	<300
fluoride na LS10	mg/l	Q	0.14	0.14
bromide na LS10	mg/l	Q	<0.08	<0.08
chloride na LS10	mg/l	Q	<10	<10
sulfaat na LS10	mg/l	Q	<30	<30

De met Q gemerkte analyses zijn geaccrediteerd door de RvA.

Paraaf :



Projectnaam Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
Projectnummer P2019-1106
Rapportnummer 13066575 - 1

Orderdatum 08-07-2019
Startdatum 08-07-2019
Rapportagedatum 12-08-2019

Monster beschrijvingen

001 * Het laboratoriumonderzoek is uitgevoerd in het kader van het Besluit Bodemkwaliteit.
002 * Het laboratoriumonderzoek is uitgevoerd in het kader van het Besluit Bodemkwaliteit.

Voetnoten

1 De sommatie na verrekening van de 0.7 factor voor <-waarden volgens BoToVa.

Projectnaam Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
Projectnummer P2019-1106
Rapportnummer 13066575 - 1

Orderdatum 08-07-2019
Startdatum 08-07-2019
Rapportagedatum 12-08-2019

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
droge stof	Bouwst.niet vorm	Conform AP04-SB-I en conform NEN-EN 15934
naftaleen	Bouwst.niet vorm	Conform AP04-SB-III
antraceen	Bouwst.niet vorm	Idem
fenantreen	Bouwst.niet vorm	Idem
fluoranteen	Bouwst.niet vorm	Idem
benzo(a)antraceen	Bouwst.niet vorm	Idem
chryseen	Bouwst.niet vorm	Idem
benzo(a)pyreen	Bouwst.niet vorm	Idem
benzo(ghi)peryleen	Bouwst.niet vorm	Idem
benzo(k)fluoranteen	Bouwst.niet vorm	Idem
indeno(1,2,3-cd)pyreen	Bouwst.niet vorm	Idem
PCB 28	Bouwst.niet vorm	Conform AP04-SB-IV
PCB 52	Bouwst.niet vorm	Idem
PCB 101	Bouwst.niet vorm	Idem
PCB 138	Bouwst.niet vorm	Idem
PCB 153	Bouwst.niet vorm	Idem
PCB 180	Bouwst.niet vorm	Idem
PCB 118	Bouwst.niet vorm	Idem
totaal olie C10 - C40	Bouwst.niet vorm	Conform AP04-SB-V (meting conform NEN-EN-ISO 16703)
eind ph na LS1	Bouwst.niet vorm Eluaat	conform NEN-EN-ISO 10523 en conform AP04-U-IV
eind ph na LS10	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
EC (25°C) na LS1	Bouwst.niet vorm Eluaat	Conform AP04-U-V, conform NEN-ISO 7888 en conform NEN-EN 27888
EC (25°C) na LS10	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
antimoon (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Conform AP04-E-I, -II, -III, -IV, -V, -VI, -VII, -IX, -X, -XI, -XII, -XIII, -XIV, en -XV en conform NEN-EN-ISO 17294-2
arseen (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
barium (E l/s10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
cadmium (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
kobalt (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
chrom (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
koper (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
kwik (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Conform AP04-E-VIII en conform NEN-EN-ISO 17852
lood (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Conform AP04-E-I, -II, -III, -IV, -V, -VI, -VII, -IX, -X, -XI, -XII, -XIII, -XIV, en -XV en conform NEN-EN-ISO 17294-2
molybdeen (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
nikkel (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
seleen (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
tin (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
vanadium (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
zink (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
kwik na LS10	Bouwst.niet vorm Eluaat	Conform AP04-E-VIII en conform NEN-EN-ISO 17852
fluoride (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	conform AP04-E-XVII,-XVIII en conform NEN-EN-ISO 10304-1
bromide (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
chloride (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
sulfaat (E l/s 10)	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem
sulfaat na LS10	Bouwst.niet vorm Eluaat	Idem

Paraaf :



Analyserapport

Projectnaam Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
Projectnummer P2019-1106
Rapportnummer 13066575 - 1

Orderdatum 08-07-2019
Startdatum 08-07-2019
Rapportagedatum 12-08-2019

Analyse		Monstersoort	Relatie tot norm	
Kolomtest conform NEN7383		Bouwst.niet vorm	Conform AP04-U-I en conform NEN 7383	
Monster	Barcode	Aanlevering	Monstername	Verpakking
001	E1786147	08-07-2019	08-07-2019	ALC291
002	E1786148	08-07-2019	08-07-2019	ALC291

Paraaf :



Certicon Kwaliteitsk. BV

Dhr. G. Bulthuis

Keplerlaan 14

6716 BS EDE

Blad 1 van 3

Uw projectnaam : Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
Uw projectnummer : P2019-1106
SYNLAB rapportnummer : 13066571, versienummer: 1
Rapport-verificatienummer : VN2LN35J

Rotterdam, 14-07-2019

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw project P2019-1106. Het onderzoek werd uitgevoerd conform uw opdracht. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op de geteste monsters. De door u aangegeven omschrijvingen voor de monsters en het project zijn overgenomen in dit analyserapport.

Het onderzoek is uitgevoerd door SYNLAB Analytics & Services B.V., gevestigd aan de Steenhouwerstraat 15 in Rotterdam (NL). Indien het onderzoek is uitgevoerd door derden of het SYNLAB laboratorium in Frankrijk (99-101 Avenue Louis Roche, Gennevilliers) is dit in het rapport aangegeven.

Dit analyserapport bestaat inclusief bijlagen uit 3 pagina's. In geval van een versienummer van '2' of hoger vervallen de voorgaande versies. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Mocht u vragen en/of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit rapport, bijvoorbeeld als u nadere informatie nodig heeft over de meetonzekerheid van de analyseresultaten in dit rapport, dan verzoeken wij u vriendelijk contact op te nemen met de afdeling Customer Support.

Wij vertrouwen er op u met deze informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,



Jaap-Willem Hutter
Technical Director

Projectnaam Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
 Projectnummer P2019-1106
 Rapportnummer 13066571 - 1

Orderdatum 08-07-2019
 Startdatum 08-07-2019
 Rapportagedatum 14-07-2019

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie
001	Diversen (vast)	M1-3
002	Diversen (vast)	M1-4

Analyse	Eenheid	Q	001	002
droge stof	gew.-%		89.5	90.9
<i>METALEN</i>				
ijzer	mg/kgds		100000	98000

Paraaf :



Projectnaam Partijkeuring ijzerzand - GRW-C-01 batch 29-05-2019 (code 5270)
Projectnummer P2019-1106
Rapportnummer 13066571 - 1

Orderdatum 08-07-2019
Startdatum 08-07-2019
Rapportagedatum 14-07-2019

Analyse		Monstersoort	Relatie tot norm	
droge stof		Diversen (vast)	Conform NEN-ISO 11465 / CMA 2/II/A.1	
ijzer		Diversen (vast)	Eigen methode	
Monster	Barcode	Aanlevering	Monstername	Verpakking
001	E1786149	08-07-2019	08-07-2019	ALC291
002	E1786150	08-07-2019	08-07-2019	ALC291

Paraaf :



Bijlage C: Logboek veldactiviteiten

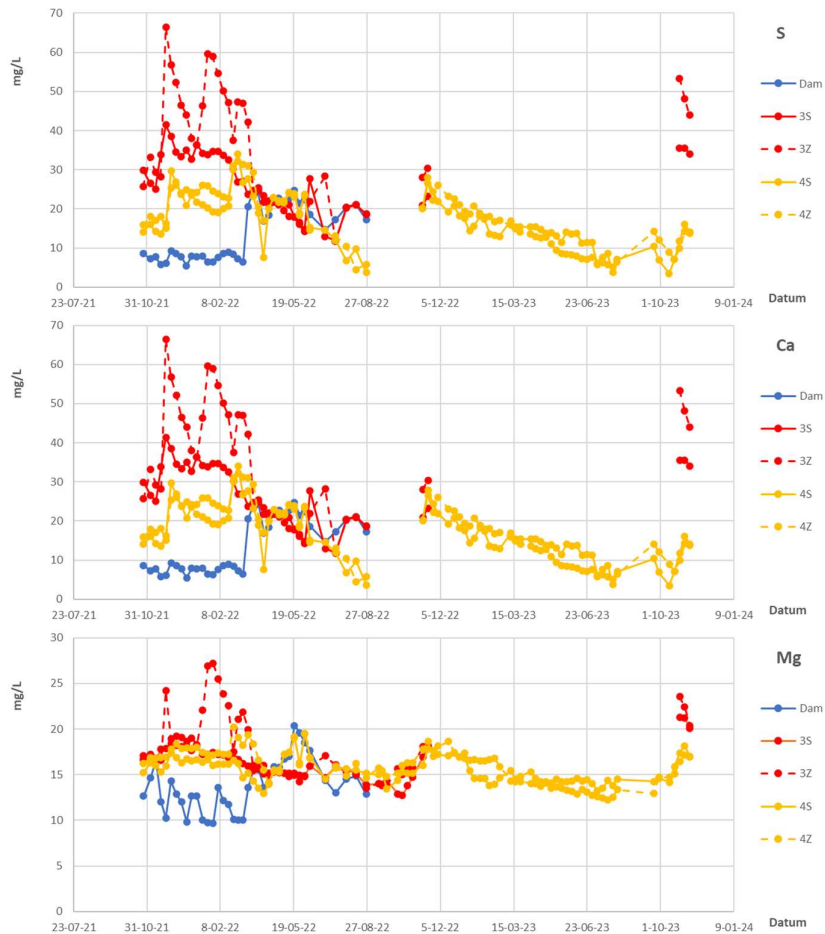
Tabel 0-1: Logboek activiteiten

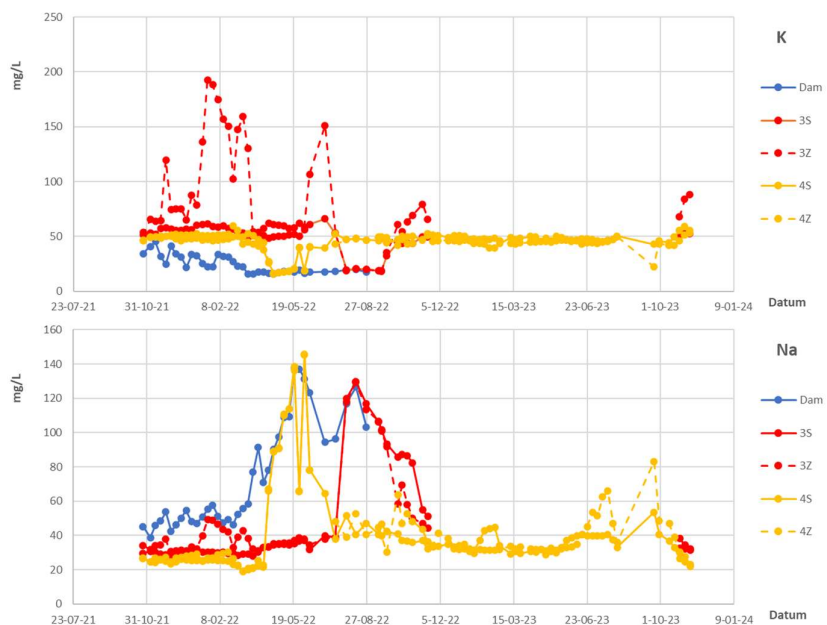
Datum	Pomp aan/uit	Uitstroomopening omlaag/omhoog	Aantekeningen
30-9-2021			Aanleg drains en pompputten
26-10-2021	aan	omhoog	Slootpeil tov put 4: 57 cm; week ervoor zijn gewassen geplant: jub3: hyacint; jub4: narcis
5-11-2021	aan	omhoog	
12-11-2021	aan	omhoog	
19-11-2021	aan	omhoog	vlosters 25 cm verhoogd naar ca 80 cm onder bovenkant pompput
26-11-2021	aan	omhoog	
3-12-2021	aan	omhoog	extra strodek JUB3 hyacint
10-12-2021	aan	omhoog	KAS gestrooid
17-12-2021	aan	omhoog	
24-12-2021	aan	omhoog	
31-12-2021	aan	omhoog	
7-1-2022	aan	omhoog	Pompen 3Z en 4S handmatig laten stromen
14-1-2022	aan	omhoog	Pompen 3Z en 4S handmatig laten stromen; 14-1 Roundup gespoten 3 l/ha + 100 cc zipper (=hechter); kali salpeter 350 kg/ha gestrooid
21-1-2022	aan	omhoog	Pompen 3Z en 4S handmatig laten stromen; 17-1 KAS gestrooid (210 kg/ha)
28-1-2022	aan	omhoog	Pompen 3Z en 4S handmatig laten stromen
4-2-2022	aan	omhoog	Pompen 3Z en 4S handmatig laten stromen
11-2-2022	aan	omhoog	Pompen 3Z en 4S handmatig laten stromen
18-2-2022	aan	omhoog	Pompen 4S en 4Z uitgezet; 3Z en 4S handmatig laten stromen
25-2-2022	3 aan 4 uit	omhoog	3Z handmatig; 4S en 4Z aangezet/handmatig; 25/2/2022 4 liter Stomp gespoten (p/ha)
4-3-2022	3 aan 4 uit	omhoog	3S automatisch, rest handmatig
11-3-2022	3 aan 4 uit	omhoog	3Z handmatig; 4S en 4Z aangezet/handmatig
18-3-2022			slootpeil omhoog (ca 20 cm in 2 stappen)
19-3-2022	3 aan 4 uit	omhoog	4S + 4Z handmatig aangezet
25-3-2022	3 aan 4 uit	omhoog	3Z, 4S, 4Z handmatig aangezet; 3Z vuil/drek in put
1-4-2022	3 aan 4 uit	3S was naar beneden, weer omhoog gedaan, rest was omhoog	4S, 4Z handmatig aangezet. 3 liep (waarschijnlijk) door lage uitstroom
8-4-2022	3 aan 4 uit	uitstroomopening 4 na monsternamen naar beneden gezet	4 en 3Z handmatig aangezet
15-4-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	3Z + 4 handmatig
22-4-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	3Z + 4 handmatig

29-4-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	alles handmatig
7-5-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	alles handmatig
13-5-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	alles handmatig
20-5-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	alles handmatig
27-5-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	alles handmatig; 4 tijdens monstername omhooggezet om instroom slootwater te voorkomen 23-5: rudis 0,35 l/ha; agricultuurplus 2,5 l/ha
3-6-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	alles handmatig; 4 tijdens monstername omhooggezet om instroom slootwater te voorkomen
10-6-2022	3 aan 4 uit	3 hoog 4 laag	alles handmatig; 4 tijdens monstername omhooggezet om instroom slootwater te voorkomen
1-7-2022		3Z handmatig. Pomp hoek 4 dinsdag 28-6 weer aangezet	
8-7-2022	aan	hoog	3S, 3Z en 4S handmatig. 's avonds 8-7-2022 pomp 3 uitgezet
15-7-2022	3 uit 4 aan	3 laag 4 hoog	3S, 3Z, 4S handmatig. Na monstername 4 ook uitgezet
22-7-2022	alles uit	3 laag 4 hoog	3Z vlotter alsnog omhoog moeten halen om pomp te laten lopen. 4S donker water. Tijdens monstername uitstroom 3 omhoog gezet
30-7-2022	alles uit	3 laag 4 hoog	alles handmatig
5-8-2022	uit	3 laag 4 hoog	alles handmatig
12-8-2022	uit	3 laag 4 hoog	alles handmatig
19-8-2022	uit	3 laag 4 hoog	4Z handmatig, rest stroomde na aanzetten pomp
26-8-2022	uit	3 laag 4 hoog	4Z, 3S handmatig
2-9-2022	uit	4 hoog 3 laag	31-8: ruige mest + champost gestrooid op JUB4
19-9-2022			Slootpeil 20 cm omlaag
25-11-2022			vanaf nu pomp 3 uitgezet: land is leeg
24-2-2023	3 uit 4 aan	hoog	
11-3-2023	3 uit 4 aan	hoog	extra monsters JUB I en JUB II, pomp JUB 3 aan, pompen JUB I en II aan
17-3-2023	aan	hoog	extra monsters JUB I en JUB II, uitstroom hoog, JUB I en II en 3 pompen uitgezet na monstername. 14/3 champost en ruige mest gestrooid
24-3-2023	3 uit 4 aan	hoog	extra monsters JUB I en JUB II, pompen staan uit, aangezet voor monsters, uitstroom hoog
7-4-2023	3 uit 4 aan	hoog	extra monsters JUB I en JUB II, pompen staan uit, aangezet voor monsters, uitstroom hoog, vorige week geen monsters ivm weer en tijd
14-4-2023	3 uit 4 aan	hoog	extra monsters JUB I en JUB II, pompen staan uit, aangezet voor monsters, uitstroom hoog
21-4-2023	3 uit 4 aan	hoog	extra monsters JUB I en JUB II, pompen uit, uitstroom hoog
28-4-2023	3 uit 4 aan	hoog	extra monsters JUB I en JUB II, pompen uit, uitstroom hoog

5-5-2023	3 uit 4 aan	hoog	extra monsters JUB I en JUB II, pompen uit, uitstroom hoog. Waterpeil polder omhoog
12-5-2023	3 uit 4 aan	hoog	pompen 3 aangezet ivm veel regen. S middags weer uitgezet
19-5-2023	3 uit 4 aan	hoog	
26-5-2023	3 uit 4 aan	3 laag 4 hoog	alleen monsters JUB 4 en dam ivm uitstroom laag JUB 3
2-6-2023	3 uit 4 aan	3 laag 4 hoog	alleen monsters JUB 4 en dam ivm uitstroom laag JUB 3
9-6-2023	3 uit 4 aan	3 laag 4 hoog	alleen monsters JUB 4 en dam ivm uitstroom laag JUB 3
16-6-2023	3 uit 4 aan	3 laag 4 hoog	alleen monsters JUB 4 en dam ivm uitstroom laag JUB 3
23-6-2023	3 uit 4 aan	3 laag 4 hoog	pomp 4 uitgezet na monstername, uitstroom nog hoog. Hyacinthen hoek 4 worden gerooid
30-6-2023	3 uit 4 aan	3 laag 4 hoog	peen gezaaid op JUB4. Na monstername pomp 4 uitgezet en uitstroom laag
7-7-2023	uit	3 laag 4 hoog	woensdag 5-7 pomp aangezet, uitstroom hoog. Donderdag 6-7 pomp uitgezet
14-7-2023	uit	3 laag 4 hoog	alleen monsters JUB 4
21-7-2023	uit	3 laag 4 hoog	alleen monsters JUB 4
28-7-2023	uit	3 laag 4 hoog	alleen monsters JUB 4
3-8-2023	uit	3 laag 4 hoog	alleen monsters JUB 4
18-8-2023	uit	3 laag 4 hoog	11-8 geen monsters ivm vakantie. Uitstroom 3 weer omhoog gezet 16-8, maar water in drains is waarschijnlijk slootwater. Water is zwart, geen monsters nog genomen
22-9-2023	3 uit 4 aan	hoog	22 sept pomp 4 weer aangezet (hoek peen)
13-10-2023	3 uit 4 aan	hoog	
20-10-2023	3 uit 4 aan	hoog	
27-10-2023	3 uit 4 aan	hoog	3 aangezet en monsters genomen
3-11-2023	aan	hoog	
10-11-2023	aan	hoog	laatste monsters

Bijlage D: Concentraties totaal opgelost zwavel (S), calcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K) en natrium (Na) in drainwater en oppervlaktewater bij monsterpunt dam.

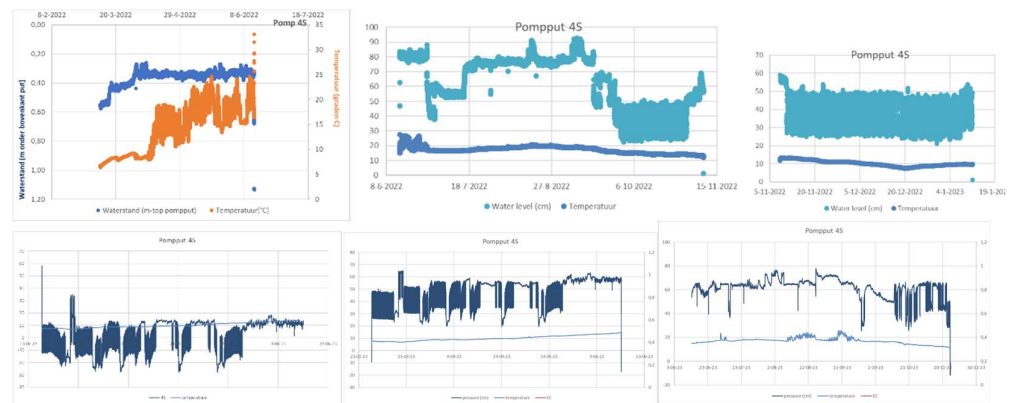




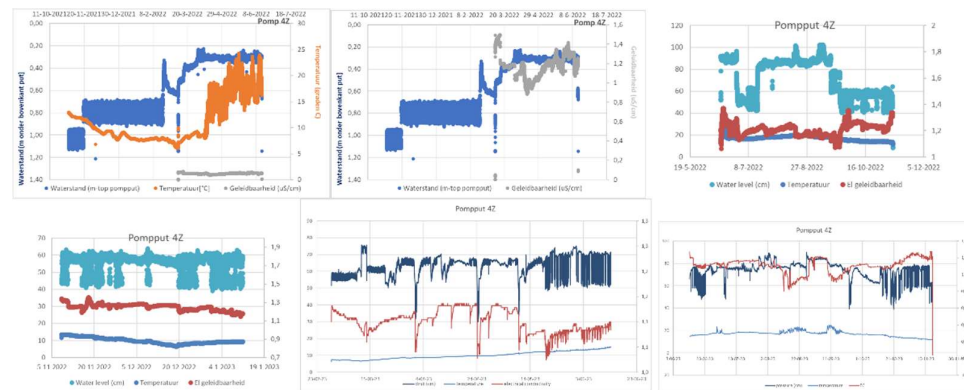
Figuur 0-1: Concentraties totaal opgelost zwavel (S), calcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K) en natrium (Na) in drainwater met omhulling van schelpen en ijzerzand van perceel 3 en 4 en oppervlaktewater bij monsterpunt dam.

Bijlage E: Diver gegevens

Pompput 4S

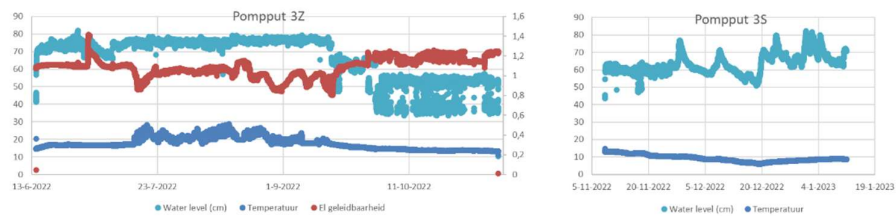


Pompput 4Z

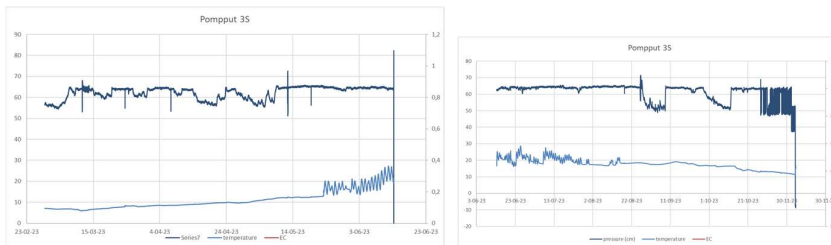


Pompen stonden continu aan. Soms werd er ca 20 cm water weggepompt, soms minder.

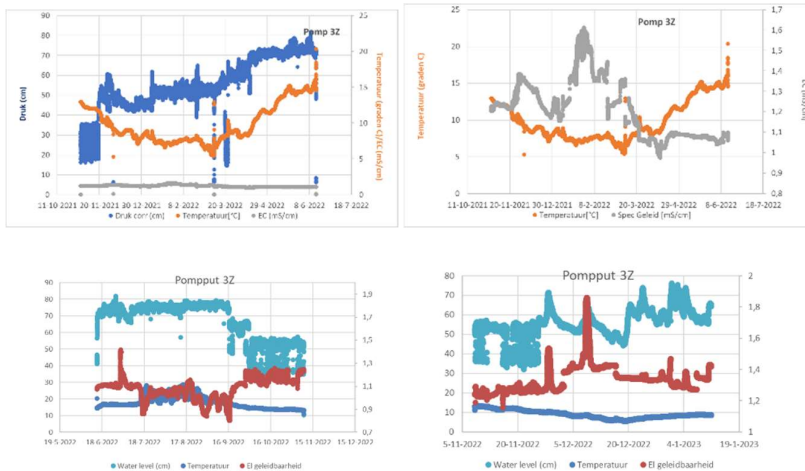
Pompput 3S



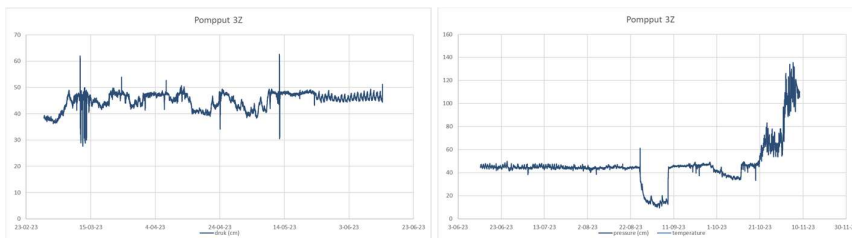
Pompen stonden aan tot 25/11
Daarna pompen uit

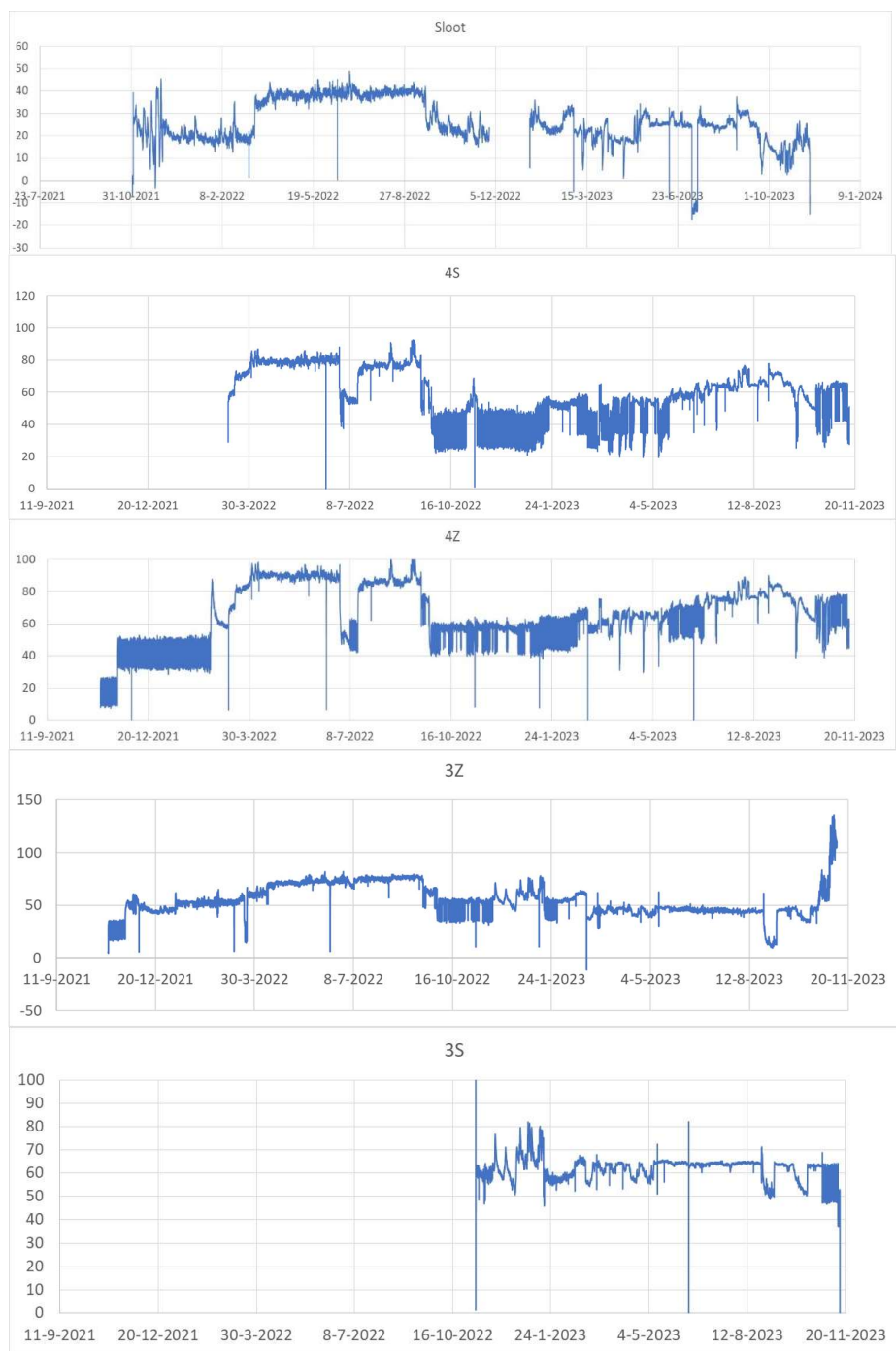


Pompput 3Z



Meestal pompen tot 25/11
Daarna pompen uit

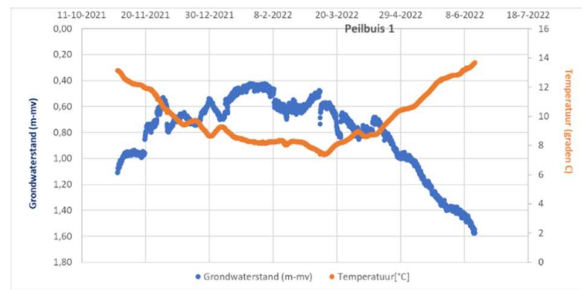




Peilbuis 1

Okt 2021 – juni 2022.

Vanaf juni 2022: geen data: peilbuis weg.

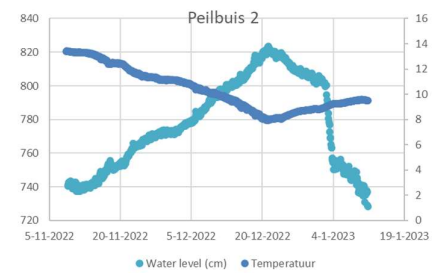
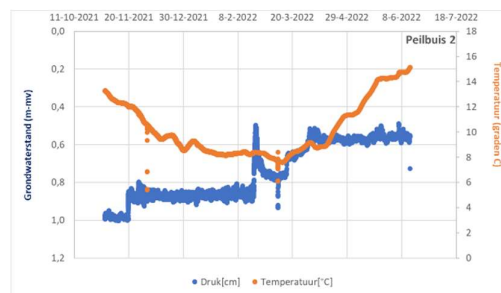


Peilbuis 2

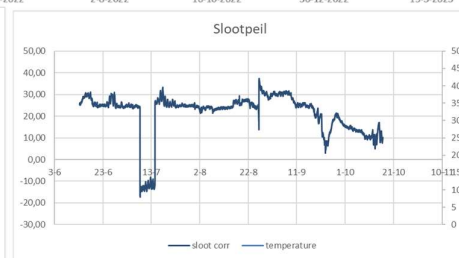
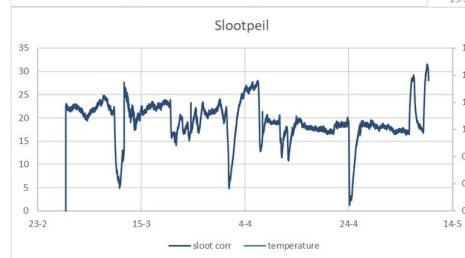
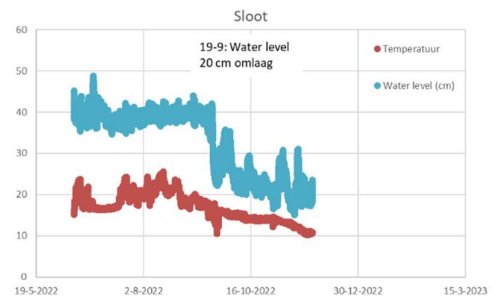
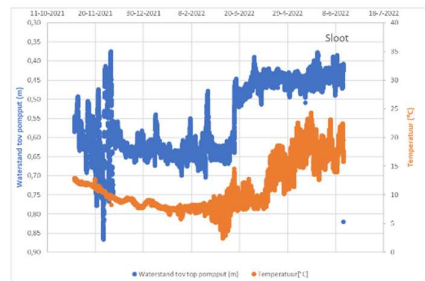
Okt 2021 – juni 2022

Juni 2022 – nov 2022: geen data: peilbuis weg

Nov 2022 – jan 2023: onbetrouwbare data



Sloot



Bijlage F: Informatiesheet ijzerzand

IJzerzand is een bijproduct van de waterproductie uit grondwater. Het is afkomstig van zandfilters die worden gebruikt voor het verwijderen van ijzer uit grondwater. Het materiaal bevat grote hoeveelheden ijzeroxide, waardoor fosfaat sterk gebonden wordt. De doorlaatbaarheid van het ijzerzand kan verschillen, afhankelijk van het materiaal (Figuur 0-1). In de filters voor de drinkwaterproductie wordt zowel fijn als grof materiaal gebruikt, wat resulteert in fijn en grof zand (Chardon et al., 2012; Groenenberg et al., 2013; Nuredrain; Barcala, 2023).

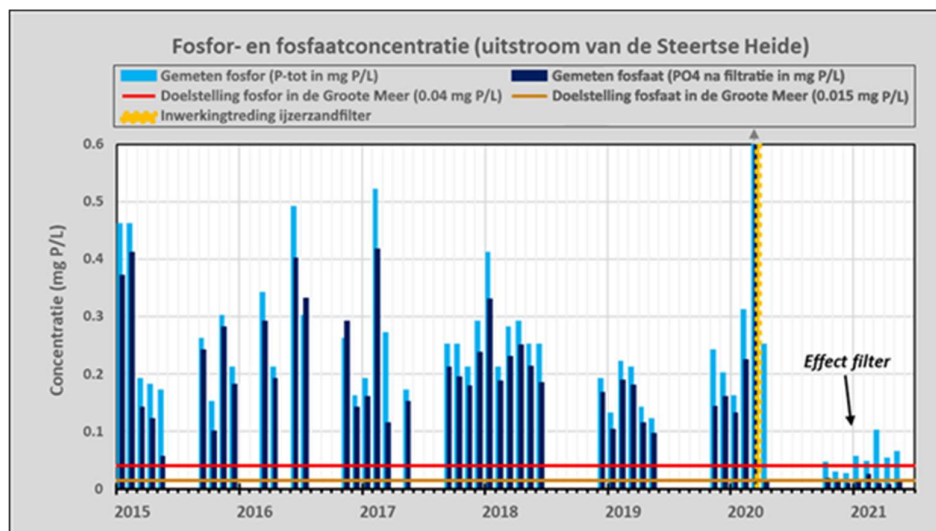


Figuur 0-1: : IJzerzand in verschillende korrelgroottes.

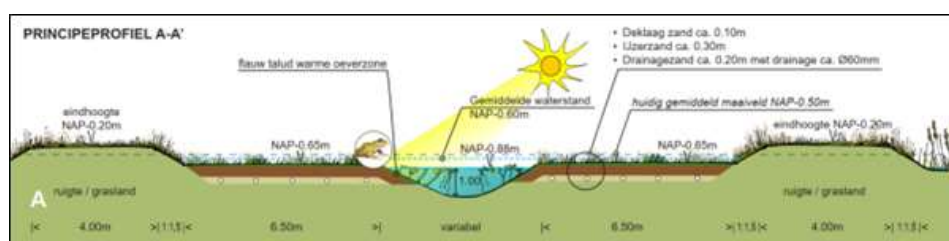
In Nederland is recent op diverse plaatsen ervaring opgedaan met deze methode: bij bollentelers in Egmond (Groenenberg, 2016) en Voorhout (Rijnland, 2013), bij De Grootte Meer in Brabant (Van Heemskerk, 2021), bij het Paterswoldsemeer (Lieverse et al., 2023) en bij Waternet (H2O, 2023), zie ook respectievelijk Figuur 0-2 t/m Figuur 0-5.



Figuur 0-2: IJzerzandfilter bij Grootte Meer in Brabant.



Figuur 0-3: Effect van ijzerzandfilter bij Grootte Meer op fosfor- en fosfaatconcentratie (H2O, 2021).



Figuur 0-4: Doorsnede van ijzerzandfilter bij Paterswoldsemeer (H2O, 2023).



Figuur 0-5: Drie vormen van fosfaatverwijdering met ijzerzand getest bij een bollenteler in Voorhout: (1) Drain omhuld met ijzerzand; (2) Behandeling met een ijzerzandfilter langs de oever; en (3) Reactor met ijzerzand.

Meer lezen:

Groenenberg et al. 2015, Vermindering van de fosfaatbelasting oppervlaktewater met P-bindende drain; Rapportage monitoring veldpilot en onderzoek naar praktische inpasbaarheid van de maatregel. Alterra-rapport 2678.

Van Heemskerk et al., 2021, Eerste grootschalige toepassing ijzerzandfilter een succes. H2O online, 16 juli 2021.

Lieverse et al., 2023, IJzerzandfilter als KRW-maatregel: puzzelstuk in een integrale systeemoplossing. H2O online, 15 maart 2023.

H2O actueel, 2023, Hoogheemraadschap zuivert water in Het Twiske met ijzerzandfilter. H2O actueel, 13 juli 2023.

Nuredrain, 2020, Inline P-filter fact sheet.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl