

Monitoring Perkpolder

Jaarrapportage 2021



Monitoring Perkpolder Jaarrapportage 2021

Auteur(s)

de heer W.R.L. van der Star
mevrouw R. van den Meiracker
de heer . M.E. Meshkati Shahmirzadi

Monitoring Perkpolder

Jaarrapportage 2021

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Programma's Projecten en Onderhoud
Contactpersoon	E. Mostert
Referenties	3112622
Trefwoorden	Thermisch Gereinigde Grond, Perkpolder

Documentgegevens

Versie	2.0
Datum	03-05-2022
Projectnummer	11203217-000
Document ID	11203217-000-BGS-0014
Pagina's	65
Classificatie	
Status	definitief

Samenvatting

In Perkpolder is in 2015 een nieuw buitendijks natuurgebied aangelegd ter grootte van 55 hectare. Als gevolg van de aanleg is de zeedijk landinwaarts komen te liggen. Bij de aanleg van de nieuwe zeedijk is thermisch gereinigde grond (TGG) verwerkt als kernmateriaal. De dijk is afgedekt met een leeflaag.

Naast het natuurgebied is -op het voormalige veerplein- een terp aangelegd tot een hoogte van 10 m boven NAP. In de terp is aan de noordzijde een kering verwerkt ter hoogte van de Koppeldijk. In de kern van deze kering is eveneens TGG verwerkt. De kering is afgedekt met een harde asfaltbekleding waarop een leeflaag is aangebracht.

In 2018 en 2019 is onderzoek naar (het gedrag van) de TGG uitgevoerd. Uit deze onderzoeken blijkt dat het materiaal een hoge pH heeft en op diverse plekken verhoogde gehalten aan diverse zware metalen en vluchtige verbindingen (zoals benzeen en toluen) bevat. Uitloging uit de TGG leidt tot verhoogde waarden in het grondwater direct onder de TGG, en tot zijwaartse afstroming in de richting van de kwelsloot.

In 2020 is een meerjarig monitoringsprogramma gestart waarin de waterbodem van de kwelsloot, het grondwater (in de directe omgeving van de dijk), de grasbekleding en het oppervlaktewater (de kwelsloot en het buitendijks natuurgebied) periodiek worden gemonitord. In 2021 is het meetnet uitgebreid met extra peilfilters zodat over 7 raaien het grondwater en oppervlaktewater in de directe omgeving van de dijk kan worden gemonitord. Tevens is een aantal incidentele bemonsteringen en analyses uitgevoerd.

Op basis van een verhoogd bromide-gehalte (in zoetwater) of een verhoogde bromide-chlorideverhouding (in zout water) kan worden vastgesteld welke locaties door de TGG zijn beïnvloed. Het grondwater direct onder de TGG en direct naast de kwelsloot (aan de dijkzijde) worden beïnvloed door de TGG. Dat blijkt uit verhoogde bromide-gehalten en een verhoogde bromide-chloride verhouding op deze locaties. De aanwezigheid van TGG leidt hier tot hoge arseengehalten en tot verhoogde gehalten aan vanadium, molybdeen en chroom. De hoge waarden van arseen in het grondwater zijn opvallend want deze waarden zijn in 2020 en 2021 structureel hoger dan vastgesteld in de periode 2017-2018 en op enkele plekken ver boven de interventiewaarde.

Van andere locaties of componenten is niet direct duidelijk of ze kunnen worden toegeschreven aan de aanwezigheid van de TGG. In de waterbodem van de kwelsloot, het diepere grondwater en het buitendijks natuurgebied is geen effect van de aanwezigheid van de TGG waargenomen.

Op de bij de boringen vrijkomende TGG is samenstellings- en uitloogonderzoek uitgevoerd. Dit bevestigt het beeld dat van de TGG bij Perkpolder bestaat. Diverse zware metalen zijn aanwezig binnen de klasse industrie en ook zijn diverse vluchtige componenten (benzeen, toluen, α - en β -HCH, 1,2,4-trimethylbenzeen) regelmatig in meetbare gehalten aanwezig. De pH is 8.5-9.0. Door deze pH, kan ondanks het hoge calciumgehalte geen chemische verkitting van de TGG optreden. Analyses op boringen in alle drie de dijkvakken bevestigen dat. Het materiaal is een mengsel van een grove fractie (fractie > 2 mm is ruim 20%) en een grote fijne fractie. De grove fractie bestaat zowel uit ronde als hoekig materiaal.

Piëzometer metingen op diverse plekken direct onder de TGG bevestigen dat de TGG grotendeels boven de grondwaterspiegel ligt. Op diverse plekken ligt echter een gedeelte eronder. Het grondwater dat daar direct met de TGG in aanraking komt is echter maar beperkt beïnvloed door het getij, waardoor er geen dagelijkse cycli van vernatting optreden die uitloging kunnen versnellen.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Aanleiding, achtergrond en doel onderzoek	9
1.1	Aanleiding	9
1.2	Historie	10
1.3	Doel	12
1.4	Bestaande rapportages	12
2	Gebiedsomschrijving	13
2.1	Omstandigheden gebied	13
2.2	Bodemopbouw	14
2.3	Hydrologie binnendijks	16
2.4	Kwelvoorziening	16
2.5	Buitendijks natuurgebied	18
3	Meetnet	19
3.1	Wijzigingen meetnet	19
3.2	Meetlocaties	19
3.2.1	Oorspronkelijk meetlocaties	19
3.2.2	Aanvullende locaties	20
3.2.2.1	Zuidelijke dijk	26
3.2.2.2	Westelijke dijk	26
3.2.2.3	Koppeldijk	27
3.2.2.4	Natuurgebied	28
3.2.2.5	Grondwater buiten kwelsloot	28
3.2.2.6	Oppervlaktewater benedenstreams	29
4	Aanpak onderzoek	32
4.1	Benadering	32
4.2	Onderdelen van de periodieke monitoring	32
4.2.1	Oppervlaktewater intergetijdengebied en kwelsloot	33
4.2.2	Waterbodem kwelsloot	33
4.2.3	Grondwater in de omgeving van de TGG	33
4.2.4	Onderzoeksvragen grondwater, waterbodem en oppervlaktewater	33
4.2.4.1	Landbouwgebied en buitendijksgebied	34
4.2.4.2	Bovenstreams en benedenstreams oppervlaktewater	34
4.2.5	Grasonderzoek	34
4.3	Bemonstering en analyses en periodieke monitoring	34
4.3.1	Bemonstering	34
4.3.2	Tijdstip	34
4.3.3	Meetpakketten	35
4.3.3.1	Oppervlaktewater intergetijdengebied en kwelsloot	35

4.3.3.2	Analyses Grondwater	36
4.3.3.3	Analyses Grondwater (beperkt) -incidenteel-	36
4.3.3.4	Analyses Waterbodem kwelsloot	36
4.4	Onderdelen incidenteel onderzoek	37
4.4.1	Samenstellings- en uitlogingsonderzoek	37
4.4.2	Onderzoek vaststellen grens TGG	38
4.4.3	Verkittingsonderzoek	38
4.4.4	Onderzoek naar waterstand TGG	38
4.5	Normen	38
4.5.1	Normen voor grondwater	38
4.5.2	Normen voor waterbodem	39
4.5.3	Normen voor grond in grootschalige bodemtoepassing	39
4.5.4	Normen voor oppervlaktewater	39
5	Resultaten periodieke monitoring 2021	41
5.1	Toetsing	41
5.2	Resultaten	47
5.2.1	Zuidelijke dijk	48
5.2.1.1	Grondwater	48
5.2.1.2	Oppervlaktewater	48
5.2.2	Westelijke dijk	49
5.2.2.1	Grondwater	49
5.2.2.2	Oppervlaktewater	50
5.2.3	Koppeldijk	51
5.2.3.1	Grondwater	51
5.2.4	Natuurgebied	52
5.2.4.1	Grondwater	52
5.2.4.2	Oppervlaktewater	52
5.2.5	Grondwater buiten kwelsloot	52
5.2.6	Oppervlaktewater benedenstrooms	53
5.2.7	Waterbodem	53
5.3	Conclusie	53
6	Grasbekledingsonderzoek	54
6.1	Inleiding	54
6.2	Toetsing	54
6.3	Resultaten	54
6.4	Conclusie	54
7	Resultaten aanvullend onderzoek	56
7.1	Samenstellings- en uitlogingsonderzoek	56
7.1.1	Inleiding	56
7.1.2	Resultaten	57
7.1.3	Conclusie	58
7.2	Onderzoek vaststellen grens TGG	58
7.2.1	Inleiding	58
7.2.2	Resultaten	58
7.2.3	Conclusie	58

7.3	Verkittingsonderzoek en geofysische samenstelling	59
7.3.1	Inleiding	59
7.3.2	Resultaten	60
7.3.3	Conclusie	61
7.4	Onderzoek naar waterstand TGG	61
7.4.1	Inleiding	61
7.4.2	Resultaten	62
7.4.3	Conclusie	63
8	Aanbevelingen	64
9	Bronnen	65

1 Aanleiding, achtergrond en doel onderzoek

1.1 Aanleiding

In 2015 is in Perkpolder een nieuwe zeedijk aangelegd. In de kern van deze dijk is Thermisch Gereinigde Grond (TGG)¹ toegepast: grond waaruit door verhitting verontreinigingen zijn verwijderd. Deltares heeft in voorgaand verkennend onderzoek (Deltares, 2016) en uitgebreider onderzoek (Deltares, 2019) gekeken naar de effecten van het gebruik van de TGG op deze locatie.

Uit het onderzoek is gebleken dat de TGG, in vergelijking met de omgeving, verhoogde waardes bevat aan diverse zware metalen, sulfaat en bromide. Ook worden meetbare concentraties van diverse vluchtige organische verbindingen aangetroffen en is de pH hoger dan in de omgeving. Verkitting van de TGG is daarbij tot dusverre niet waargenomen.

De TGG ligt grotendeels² boven het grondwater en in veel gevallen blijkt een klei-, veenlaag onder de TGG aanwezig te zijn, die als weerstandsbiedende laag fungeert. Uit geohydrologisch onderzoek is gebleken dat het ondiepe grondwater voornamelijk richting de kwelsloot stroomt en een eventuele verspreiding van stoffen afkomstig van de TGG beperkt lijkt tot de kwelsloot en de ondiepe ondergrond direct onder de TGG.

De monitoring van het grondwater naar milieuvreemde stoffen, heeft in het kader van het Deltares-onderzoek van 2017-2018, plaatsgevonden over een relatief korte tijdsperiode van 2 jaar. Mede gezien deze korte tijdsperiode zijn (nog) geen sterke trends in de tijd waar te nemen. Wel zijn verhoogde waardes aangetroffen in het grondwater in het gebied direct onder de dijk. De verhoogde waardes kunnen gerelateerd worden aan de aanwezigheid van TGG in de dijk.

Rijkswaterstaat heeft daarop besloten om de monitoring uit voorzorg door te zetten. Het project "Vervolg monitoring Perkpolder" loopt tot 2024 en bestaat uit de monitoring van grondwater, oppervlaktewater, waterbodem en de grasbekleding op de dijk. Tevens wordt de grond die boven de TGG ligt, in dit rapport de toplaag genoemd, onderzocht in een gebied waar nog niet eerder onderzoek heeft plaatsgevonden, namelijk deelgebied D. Tot slot zullen in 2023 nog een drietal boringen worden geplaatst om te beoordelen of verkitting heeft opgetreden.

¹ Zie kader voor een algemene beschrijving van TGG. De hier gebruikte TGG was een mengsel van TGG en TAG (teerhoudend asfaltgranulaat). Voor de helderheid wordt hier de term TGG gebruikt. Mogelijk is tevens extractief gereinigde grond toegepast in de nieuwe zeedijk. Daarop richt dit onderzoek zich niet.

² In de zuidelijke (deelgebied A) en westelijke dijk (deelgebied C) ligt ca 9 meter TGG, waarvan in enkele gevallen ca 1 meter onder het grondwater ligt. Ter plaatse van de Koppeldijk (Deelgebied D) ligt de TGG altijd enkele meters boven het grondwater.

Thermisch gereinigde grond

Verontreinigde grond kan gereinigd worden door behandeling bij een hoge temperatuur. Vluchtige stoffen dampen daarbij uit en worden verbrand. Wat over blijft is thermisch gereinigde grond (TGG), dat -na certificatie- als grond in ophoogmateriaal bij civiele werken mag worden toegepast.

Principe van de techniek³

De werking van thermische grondreiniging berust op de verwijdering van water in de drogersectie van de installatie en vervolgens van de verontreinigende stoffen vanaf/vanuit de bodembestanddelen in de verdampingssectie. Deze verwijdering wordt tot stand gebracht door de temperatuur in beide secties te verhogen tot boven de temperatuur waarbij de evenwichts-dampspanning van de verontreinigende stof hoger is dan één atmosfeer. In de praktijk wordt de verdamping gerealiseerd bij atmosferische druk. Indien de evenwichts-dampspanning boven één atmosfeer komt is de verdamping onafhankelijk van de concentratie in de gasfase en zal alle verontreinigende stof verdampen.

De organische verontreinigende stoffen worden via de gasfase verwijderd uit de grond en vervolgens op hoge temperatuur volledig verbrand tot de atmosferische componenten koolzuur en water en sporen overige componenten. De verontreinigende stoffen in deze verbrandingsgassen worden verwijderd in een rookgasreiniger, evenals het nog aanwezige stof. De gereinigde verwarmde grond wordt gekoeld en bevochtigd en is na eindcontrole gereed voor hergebruik in een nuttige toepassing.

Thermische reiniging is geschikt voor reiniging van alle organische verontreinigende stoffen, evenals enkele anorganische stoffen zoals cyaniden, kwik en kwikverbindingen. Thermische reiniging is in staat vastgestelde eindconcentraties te bereiken onafhankelijk van de ingangconcentraties, maar is niet in staat alle verontreinigingen te verwijderen.

Verdere informatie over toepassingsgebied, validatie en kosten kunnen geraadpleegd worden op <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/d-verwerken-van-grond/d2-thermische-reiniging/factsheet-thermische-reiniging-grond>.

1.2 Historie

In het project Natuurcompensatie Perkpolder is een getijdengebied ingericht in de Oostelijke Perkpolder, gelegen in de gemeente Hulst (Zeeuws-Vlaanderen), zie Figuur 1. Voor deze herinrichting van het gebied is de zeedijk binnenwaarts verplaatst. Het inrichten van een getijdengebied als mitigerende maatregel komt voort uit verplichtingen rondom de tweede verdieping van de Westerschelde. Afspraken hierover zijn vastgelegd in het Natuurcompensatieprogramma Westerschelde uit 1998 (Kramer, 2008). Op 25 juni 2015 is de bestaande dijk doorgestoken en is het getijdegebied in werking getreden (Figuur 2). In deze figuur staat de ontwikkeling van het gebied weergegeven gedurende de periode 1950 tot 2016.

³ Overgenomen van <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/d-verwerken-van-grond/d2-thermische-reiniging/factsheet-thermische-reiniging-grond>.

1.3 Doel

Het doel van het onderzoek 'vervolgmonitoring Perkpolder' is om inzicht te krijgen in de lange termijn effecten van de toegepaste TGG op de kwetsbare objecten in de omgeving: het natuurgebied, het binnendijkse watersysteem en het (grond)water. Hiervoor is een meerjarig monitoringsplan (2020-2023) opgesteld in opdracht van Rijkswaterstaat. Na twee jaar volgt een tussenevaluatie en wordt de strategie van monitoring voor daaropvolgende jaren (2022-2023) bepaald. Dit rapport betreft de tussenevaluatie en beschrijft, onder andere, aanpassingen in het oorspronkelijke meetnet.

1.4 Bestaande rapportages

In de afgelopen jaren zijn diverse rapportages verschenen over Perkpolder, waar in deze rapportage naar wordt verwezen. Voor het overzicht zijn de betreffende rapportages in Tabel 1 weergegeven.

Tabel 1. Overzicht rapportages (tot 2020) gerelateerd aan Perkpolder.

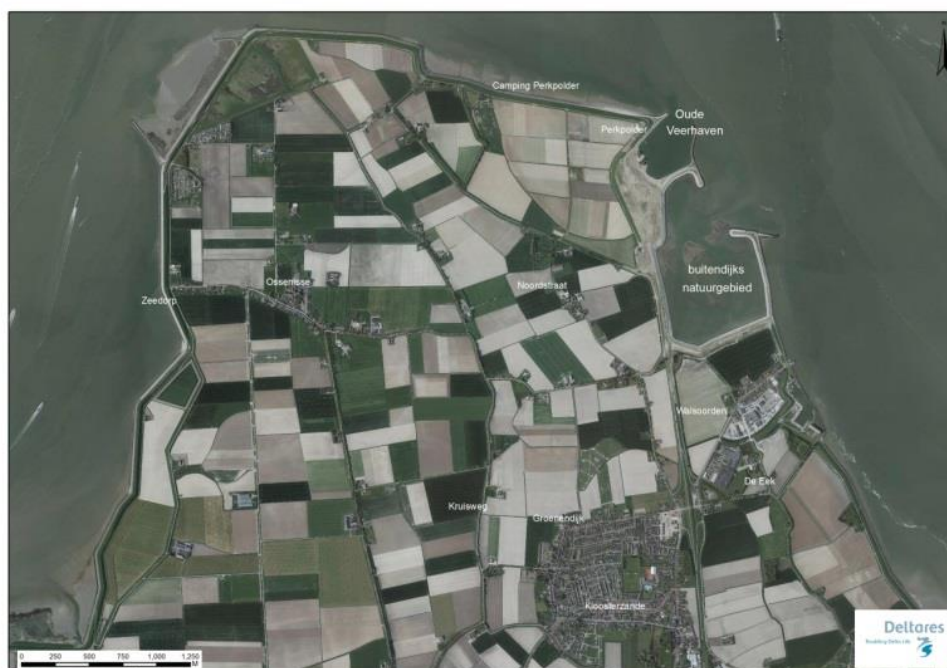
Titel	Ondertitel	Rapport nummer	Datum verschijnen	Partij	Citatie
Thermisch gereinigde grond Natuurcompensatie Perkpolder		1209989-000-GEO-0003	Mei 2014	Deltares	(Deltares, 2014)
Analyse TGG Perkpolder	Eindrapportage	1220438-000-GEO-0012	Mei 2016	Deltares	(Deltares, 2016)
Onderzoek naar effecten aanwezigheid van TGG in dijken van de Perkpolder	Eindrapportage	11200482-000-GEO-0022_v3.0	April 2019	Deltares	(Deltares, 2019)
Monitoring Perkpolder	Jaarrapportage 2020	11203217-005-BGS-0004	Januari 2021	Deltares	(Deltares, 2021)
Grondwateronderzoek primaire kering Perkpolder	<i>Bijlagerapport A</i> bij Eindrapportage TGG in dijken Perkpolder	11200482-013-GEO-0002	April 2019	Deltares	(Deltares, 2019a)
Milieuchemische analyses Perkpolder	<i>Bijlagerapport B</i> bij Eindrapportage TGG Perkpolder	11200482-000-GEO-0015	April 2019	Deltares	(Deltares, 2019b)
Onderzoeksresultaten geotechnische analyses TGG-materiaal Perkpolder	<i>Bijlagerapport C</i> bij Eindrapportage TGG Perkpolder	11200482-000-GEO-0008	April 2019	Deltares	(Deltares, 2019c)
Vervolgmonitoring Perkpolder	Plan van Aanpak	11203217-005-BGS-0002	April 2020	Deltares	(Deltares, 2020)
Perkpolder Tidal Restoration	Final report		April 2019	COE Delta Technology	(Centre of Expertise Delta Technology (COE), 2019)
Risicobeoordeling van het gebruik van thermisch gereinigde grond in Perkpolder (Zeeland)		2018-0063	Juni 2018	RIVM	(RIVM, 2018)

2 Gebiedsomschrijving

De hieronder uitgewerkte gebiedsomschrijving is gebaseerd op de uitwerking in het Deltares rapport uit 2019 (Deltares, 2019). Zie deze rapportage voor meer details.

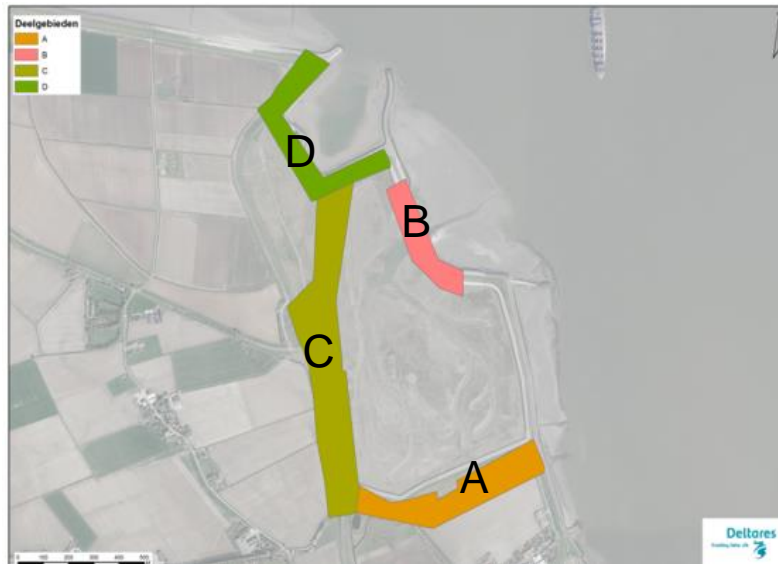
2.1 Omstandigheden gebied

Het gebied bestaat uit de voormalige veerhaven van het veer Kruiningen – Perkpolder, en een nieuw aangelegd (buitendijks) natuurgebied. Het natuurgebied staat in verbinding met het open water van de Westerschelde omdat een deel van de oorspronkelijke bodem, maar ook een dijk, is afgegraven en een nieuwe dijk is aangelegd. Het natuurgebied staat nu onder invloed van het getij, want de Westerschelde is een getijwater en het natuurgebied overstroomt tweemaal per dag met zout water (Figuur 3).



Figuur 3. Ligging van het gebied van de oude veerhaven en het buitendijkse natuurgebied.

In het nieuw aangelegde natuurgebied moest, voor de bescherming van het achterland, een nieuwe dijk (primaire kering) worden aangelegd. TGG is gebruikt als kernmateriaal in twee nieuwe dijken. Ook voor het verbeteren van een bestaande dijk is TGG als kernmateriaal toegepast. In de dijken waarin TGG is toegepast, is de TGG vervolgens afgedekt conform de regels die horen bij een grootschalige bodemtoepassing (GBT). Naast het natuurgebied is op het voormalige veerplein een terp aangelegd waarin aan de noordzijde ter hoogte van de Koppeldijk een kering is verwerkt. In de kern van deze kering is eveneens TGG verwerkt. De kering is afgedekt met een harde asfaltbekleding waarop een leeflaag is aangebracht. De dijkvakken waarin TGG is toegepast, liggen in Deelgebied A, Deelgebied C en Deelgebied D (Figuur 4). Deelgebied B is afgegraven om het natuurgebied in contact te brengen met de Westerschelde.



Figuur 4. Dijkvakken waarin TGG is toegepast, liggen in de Deelgebieden A (zuidelijke dijk), C (westelijke dijk) en D (Koppeldijk). Deelgebied B betreft de voormalige zeedijk die bij de ontpoldering is verwijderd.

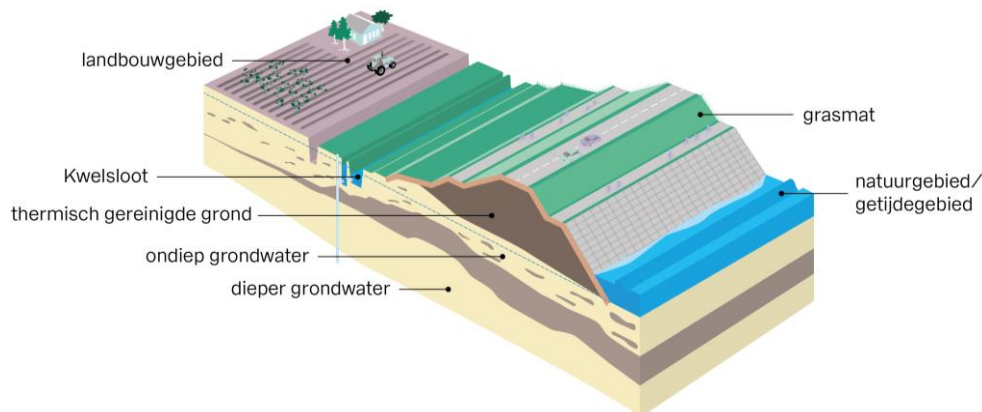
In dit rapport worden de resultaten besproken aan de hand van verschillende objecten, zoals beschreven in paragraaf 3.2.2. De naamgeving is echter in de loop der tijd gewijzigd, en door verschillende partijen zijn verschillende terminologieën gebruikt. Om duidelijk te maken hoe de verschillende gebieden zich tot elkaar verhouden is hieronder een overzicht van de benamingen van de verschillende gebieden opgenomen, daarbij zijn voor de volledigheid ook de benamingen van Van Oord gebruikt.

Tabel 2: Overzicht benamingen gebieden Perkpolder.

Objectnaam	Aanduiding voor aanleg en in Deltares rapportages (Deelgebieden)	Aanduiding tijdens aanleg (Van Oord, 2014)
Zuidelijke dijk	A	B
Westelijke dijk	C	C en D
Koppeldijk	D	E en F
Natuurgebied		
Gebied buiten kwelsloot		
Benedenstrooms gebied		

2.2 Bodemopbouw

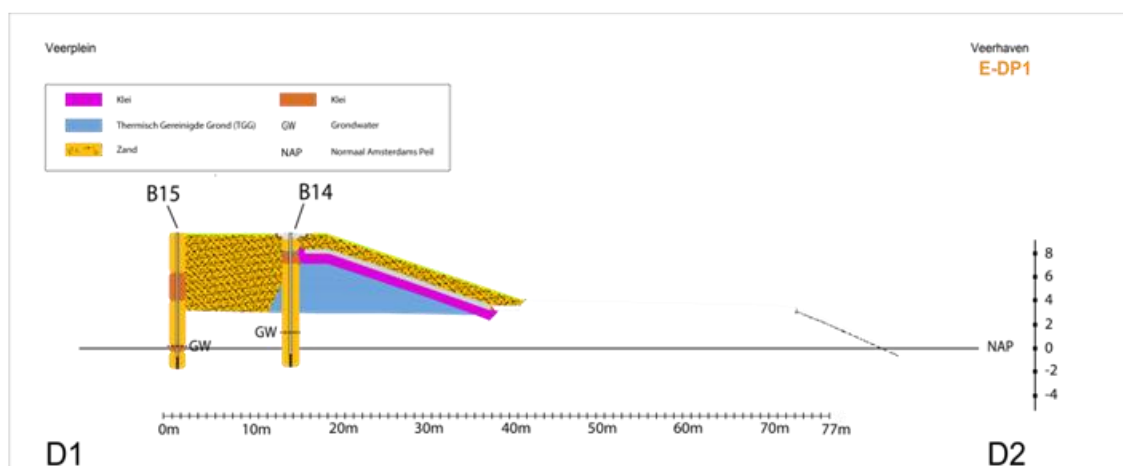
De ondergrond van de deelgebieden A en C bestaat uit een afwisseling van zand, klei en veen, zoals blijkt uit de boringen die genomen zijn in deze deelgebieden. Zie de schematisatie van de bodemlagen in de ondergrond van deelgebieden A en C hieronder (Figuur 5). Onder de TGG is, waarschijnlijk in een groot gebied waarin de TGG is toegepast, een ondiepe laag, bestaande uit voornamelijk klei en hier en daar veen, te zien. Deze laag is slecht waterdoorlatend en zal de reistijd van in water oplosbare stoffen vertragen. De aanleg van de nieuwe dijk zorgt voor belasting van de bodemlagen in de ondergrond. De klei en veenlagen zullen door deze belasting ook zetting ondergaan.



Figuur 5. Schematische weergave van de zeedijk bij de zuidelijke en westelijke dijk met de locaties van de kwetsbare objecten, de aanwezigheid van thermisch gereinigde grond (TGG) en grondlagen: geel = zand, rood-bruin = klei en donkerbruin = veen.

Grontmij (2008) en Fugro (2012) hebben grondonderzoek uitgevoerd voorafgaand aan aanleg van de dijk, waarin relevante informatie is opgedaan over de bodemopbouw. Voor dit grondonderzoek zijn zowel handboringen als mechanische boringen uitgevoerd en een aantal van deze boringen bevinden zich op de locaties waar later TGG is toegepast. Direct onder de zuidelijke TGG dijk (Deelgebied A in Figuur 4) is een kleilaag aangetroffen van ongeveer 0,10 tot 6,40 m dik (op de diepte 0-10 m onder NAP). In handboringen van een profiel loodrecht op de westelijke TGG dijk (Deelgebied C in Figuur 4) treffen we ook een kleilaag aan van 0,15–0,20 m dik. Uit enkele boringen in het noordelijke deel van Deelgebied C blijkt echter dat op sommige locaties geen kleilaag aanwezig is. Op deze locaties grenst het TGG materiaal mogelijk aan een zandpakket. Deze locatie is nader geanalyseerd in hoofdstuk 5 en Bijlage D.

In Deelgebied D is de bodemopbouw anders. Hier is TGG aangebracht als onderdeel van de waterkering aan de noordzijde van een eveneens in 2015 aangelegde terp. De TGG ligt hier op circa 4-9 m boven NAP, afgedekt aan de bovenkant met een asfaltbekleding. De asfaltbekleding is vervolgens afgedekt met zand en een grasbekleding. Een schematische weergave van de bodemopbouw op deze locatie is weergegeven in Figuur 6. In 2020 is de toplaag en de aanwezigheid van waterremmende lagen boven de hoogstgelegen zandlaag in deelgebied D onderzocht, de resultaten van dit onderzoek worden besproken in hoofdstuk 5 en Bijlage C.



Figuur 6. Schematische weergave TGG bij deelgebied D met aan de noordzijde (D2) de haven en aan de zuidzijde de nieuw aangelegde terp op het voormalige veerplein. Direct boven de TGG is een kleilaag (paars) en daarboven een asfaltbekleding aangebracht, die is afgedekt met zand.

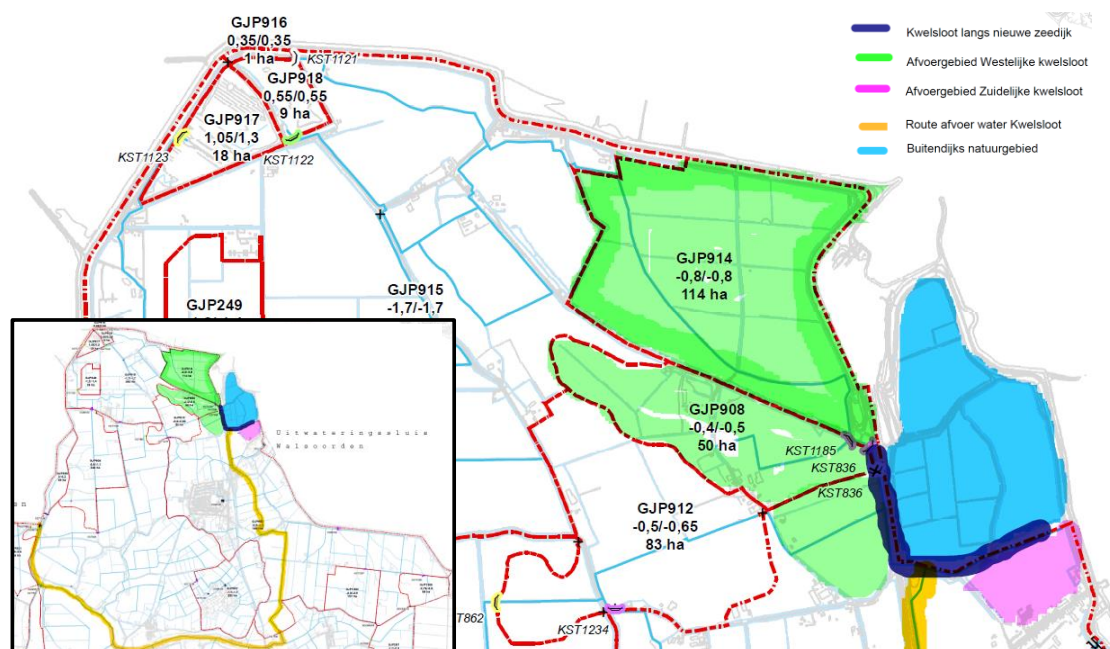
2.3 Hydrologie binnendijks

Bij de nieuwe zeedijk ter hoogte van deelgebied A (Zuidelijke dijk) ligt binnendijks een kwelsloot. Deze zuidelijke kwelsloot behoort tot het noordelijk deel van Peilgebied GJP903 (Waterschap Scheldestromen, 2016).

De westelijke kwelsloot loopt parallel aan de nieuwe zeedijk in Deelgebied C (Westelijke dijk) en ligt ook in het noordelijk deel van Peilgebied GJP903⁵. De sloot wordt gevoed door het peilgebied Westelijke Perkpolder (GJP914), het ten zuiden van de Oostelijke Perkpolder gelegen peilgebied (GJP908) en de landbouwpercelen die direct aan de kwelsloot zijn gelegen. Het totale afwaterende oppervlak is daarmee 197 ha. De ligging van de gebieden is weergegeven in Figuur 7.

De afwatering van beide kwelsloten (Figuur 7) vindt plaats in de zuidwesthoek en loopt via gemaal Dreefken, via natuurgebied De Vogel uiteindelijk naar uitwateringsgemaal Campen (Waterschap Scheldestromen, 2016).

TGG is ook toegepast aan de noordzijde van het Veerplein (Koppeldijk, Deelgebied D), maar hier is geen kwelsloot aanwezig, omdat hier door de bodemopbouw en de afstand tussen het landbouwgebied en de Westerschelde geen kwelsysteem nodig is.



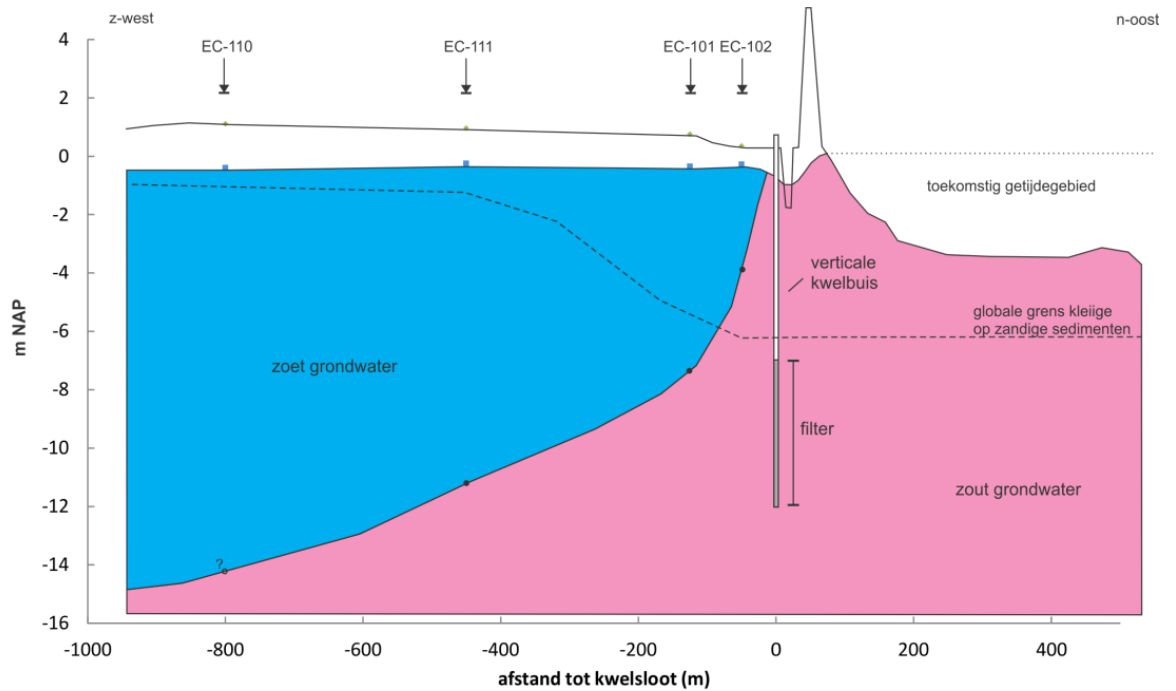
Figuur 7. Afwaterend oppervlak (groen) via kwelsloot (donker blauw). De route van de afwatering van het hele gebied is naar de Westerschelde (inzet, route in geel). Het ontpolderde gebied is weergegeven in licht blauw.

2.4 Kwelvoorziening

Het gebied van de Perkpolder grenst aan de Westerschelde. Het oppervlaktewater van de Westerschelde is zout. Het waterpeil in de sloten van de landbouwpercelen, gelegen in de Perkpolder, ligt lager dan het peil in de Westerschelde en dus vindt kwel van zout grondwater plaats. Het water in de watergang naast de dijk waarin TGG is toegepast is dus zout en niet geschikt voor veedrenking of beregening van agrarische gronden. De watergang fungeert

⁵ TGG is ook toegepast aan de noordzijde van het Veerplein (Koppeldijk; Deelgebied D), maar hier is geen kwelsloot aanwezig .

daarom ook als een kwelsloot. Als aanvullende bescherming voor de landbouw (die zoet grondwater nodig heeft) is direct naast de dijk een kwelscherm, ook wel kwelvoorziening⁶ genoemd, gerealiseerd. Het kwelscherm bestaat uit verticale putten voor het draineren van zout grondwater en een kwelsloot (Figuur 8). Het gedraineerde (zoute) water wordt onder vrij verval afgevoerd naar de kwelsloot.



Figuur 8. Bij deelgebied C is voor het landbouwgebied een schets gemaakt van de verdeling tussen zoet (blauw) en zout (roze) grondwater, inclusief de verticale kwelbuis van de kwelvoorziening, waarmee de kweldruk wordt verlaagd en de horizontale afstroming naar het zoete grondwater wordt verhinderd. Links is het landbouwgebied en rechts het getijdegebied. Deze schets is gebaseerd op metingen uitgevoerd in verschillende peilfilters (dieptelocaties niet aangegeven) in deelgebied C in 2018. De op de meeste plekken aanwezige klei/veenlaag is met een stippellijn indicatief aangegeven.

De ontwikkeling van het getijdegebied heeft ervoor gezorgd dat deze zoetwaterbel dicht bij de nieuwe zeedijk is komen te liggen en is daardoor kwetsbaar geworden voor verzilting. Het kwelscherm is in 2015 geïnstalleerd en is aanwezig over de gehele lengte van Deelgebied A en Deelgebied C (Figuur 7) waar TGG onder andere is toegepast in de Perkpolder. Bij Deelgebied D is de afstand tussen landbouwgebied en Westerschelde groter en is een kwelvoorziening niet nodig, daarom is deze hier niet aanwezig.

Uit voorgaande metingen van 2014 en 2015 blijkt dat de effecten van het nieuwe getijdegebied zich duidelijk manifesteren in de stijghoogte op de rand van het landbouwgebied, op korte afstand van het getijdegebied (< 100 m) en dat de kwelvoorziening goed werkt. Dagelijkse getijden en tweewekelijkse springtij-doodtij cycli hebben een grote invloed op de stijghoogte in de omgeving van het getijdegebied. De grondwaterstroming kan daarmee zeer dynamisch zijn en binnen een dag sterk variëren (Deltares, 2016a).

⁶ Strikt gesproken is de kwelsloot ook een kwelvoorziening. In deze rapportage wordt met de term kwelvoorziening echter alleen het kwelscherm aangeduid.

2.5 Buitendijks natuurgebied

Het buitendijks natuurgebied is ontstaan door de ontgraving van de bestaande zeedijk in Deelgebied B in 2015. Het is een zout intergetijdengebied met een omvang van 65 ha, dat tweemaal per dag overstroomt. Enkele kreken vallen met eb in het algemeen niet droog (Figuur 9). Het gebied is inmiddels opgenomen in de ecotopenkaart van Zeeland (Rijkswaterstaat, 2019).



Figuur 9. Het intergetijdengebied bij laag water, waarin de kreken duidelijk zichtbaar zijn.

3 Meetnet

3.1 Wijzigingen meetnet

Tussen 2020 en 2023 vindt jaarlijks monitoring van de kwaliteit van het oppervlaktewater van de binnendijkse sloot en het grondwater plaats. Voor de monitoring van grondwater worden tijdens elke monitoringsronde voor de monsternamen de grondwaterstanden gemeten. Om variatie over seizoenen en tussen natte en droge periodes te onderzoeken, wordt de monitoring drie keer uitgevoerd. Daarnaast wordt eenmaal per jaar ook gemonitord in de waterbodem. In 2021 zijn enkele wijzigingen doorgevoerd in de meetlocaties van het meetnet, deze zullen hieronder toegelicht worden.

3.2 Meetlocaties

3.2.1 Oorspronkelijk meetlocaties

Het oorspronkelijke meetnet, conform het Plan van Aanpak (Deltares, 2020), bestond uit vier oppervlaktewaterlocaties (waaronder een referentie en een in zeewater), zeven grondwaterlocaties (vijf meetlocaties in het gebied en twee referenties: 1 ondiep en 1 diep), locatie van het kwelscherm en drie waterbodem locaties gelijk aan de oppervlaktewaterlocaties (waterbodem is niet gemeten op bij de zeewaterlocatie). Het referentiepunt voor oppervlaktewater (O20) en waterbodem (S20) bleek niet representatief, daarom is vanaf de eerste monitoring locatie O20.2 en S20.2 als referentiepunt opgenomen. De locaties zijn weergegeven in Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5. In Tabel 3 staan alle bemonsterde locaties beschreven, inclusief het soort monitoring (oppervlaktewater, grondwater, waterbodem) waarvoor deze locatie is bemonsterd.

Tabel 3. Locaties oorspronkelijk meetnet conform Plan van Aanpak.

Nummer	Locatie	Type monster	Frequentie [per jaar] ⁷	Metingen in 2021	Specificatie
1	Kwelsloot O3 ⁸	Oppervlaktewater	3	3	Bij deelgebied C
2	Kwelsloot O8 ⁹	Oppervlaktewater	3	3	Bij deelgebied A
3	Watergang O20-2 ¹⁰ (referentie)	Oppervlaktewater	3	3	Referentie (westelijke perkpolder)
4	Zeewater O4c ¹¹	Zeewater	3	3	Intergetijdennatuurgebied
5	B3.1 (16,5-17,5 m-MV)	Grondwater	3	3	Ca 6 m onder TGG
6	B3.1 (9,90-10,90 m-MV)	Grondwater	3	3	Direct onder TGG
7	B1.1 (2,50-3,50 m-MV)	Grondwater	3	3	Direct naast kwelsloot deelgebied C
8	B8 (3,5-4,5 m-MV)	Grondwater	3	3	Direct naast kwelsloot deelgebied A

⁷ Regulier bemonsteringscampagne

⁸ In de rapportage van 2019 genaamd 4b

⁹ In de rapportage van 2019 genaamd b12

¹⁰ In de eerste meting is punt O20 bemonsterd, dat niet representatief bleek.

¹¹ In de rapportage van 2019 genaamd 4c

9	Pb2a (11,0-12,0 m-MV) (referentie diep)	Grondwater	3	3	Net buiten kwelsloot
10	Pb2a (8,0-9,0 m-MV) ¹² (referentie ondiep)	Grondwater	3	2 ¹³	Net buiten kwelsloot
11	B15 (11,0-12,0 m-MV)	Grondwater	3	3	Deelgebied D, direct naast TGG
12	Waterbodem kwelsloot S3	Waterbodem	1	1	Gelijk aan O3
13	Waterbodem kwelsloot S8	Waterbodem	1	1	Gelijk aan O8
14	Waterbodem S20-2 ¹⁴ (referentie)	Waterbodem	1	1	Gelijk aan O20-2
15	Regelput kwelscherm Dp4 ¹⁵	Kwelscherm	3	3	Regelput bij westelijk kwelscherm
	Totaal aantal monsters		39		

3.2.2 Aanvullende locaties

Vanaf 2021 is locatie B11 toegevoegd aan het meetnet om eventuele uitloging in de Westelijke Perkpolder te monitoren. B11 betreft een grondwaterlocatie tussen de westelijke dijk en kwelsloot in deelgebied C. Tussen de tweede en derde monitoring van 2021 is daarnaast een extra monitoringsronde uitgevoerd, waarbij een zeer uitgebreid meetnet is gemeten, bestaande uit 15 oppervlaktewaterlocaties, 33 grondwaterlocaties en 2 horizontale drains. Tijdens de derde en laatste monitoringsronde van 2021 zijn alle aanvullende locaties opnieuw bemonsterd, inclusief de oorspronkelijke locaties. In Tabel 4 is een overzicht van de in 2021 bemonsterde locaties weergegeven.

Het doel van het onderzoek 'vervolgmonitoring Perkpolder' is om inzicht te krijgen in de lange termijn effecten van de toegepaste TGG op de kwetsbare objecten in de omgeving: het natuurgebied, het binnendijkse watersysteem en het (grond)water. Om de situatie van de verschillende objecten beter in beeld te krijgen is het meetnet verder uitgebreid. Voor boorstaten van deze locaties, zie bijlage E.4.

Alle meetpunten zijn gekoppeld aan een object, namelijk: de westelijke dijk, zuidelijke dijk, koppeldijk, natuurgebied, oppervlaktewater benedenstrooms en grondwater buiten de kwelsloot. Zie Figuur 5 voor meer informatie over de verschillende kwetsbare objecten. In Figuur 10 is een overzichtskaart weergegeven met de locaties van de grondwater- en oppervlaktewaterlocaties. Figuur 11 betreft een ingezoomde kaart van de grondwater- en oppervlaktewater locaties, inclusief de meetraaien en locatie van de verschillende objecten. In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de zes verschillende objecten.

¹² In de Antea rapportage is deze locatie aangeduid als Pb2a (6-7)

¹³ Bij de eerste bemonsteringsronde nog niet geïdentificeerd.

¹⁴ In de eerste meting is punt O20 bemonsterd, dat niet representatief bleek.

¹⁵ Bij deze regelput wordt geen water onttrokken uit een filter, maar is een monster genomen van het water dat stroomt uit het kwelscherm naar de kwelsloot (bij vloed). Hij wordt getoetst als diep grondwater.

Tabel 4: Overzicht bemonsterde monitoringslocaties in 2021, locaties met een frequentie zijn onderdeel van het reguliere meetnet.

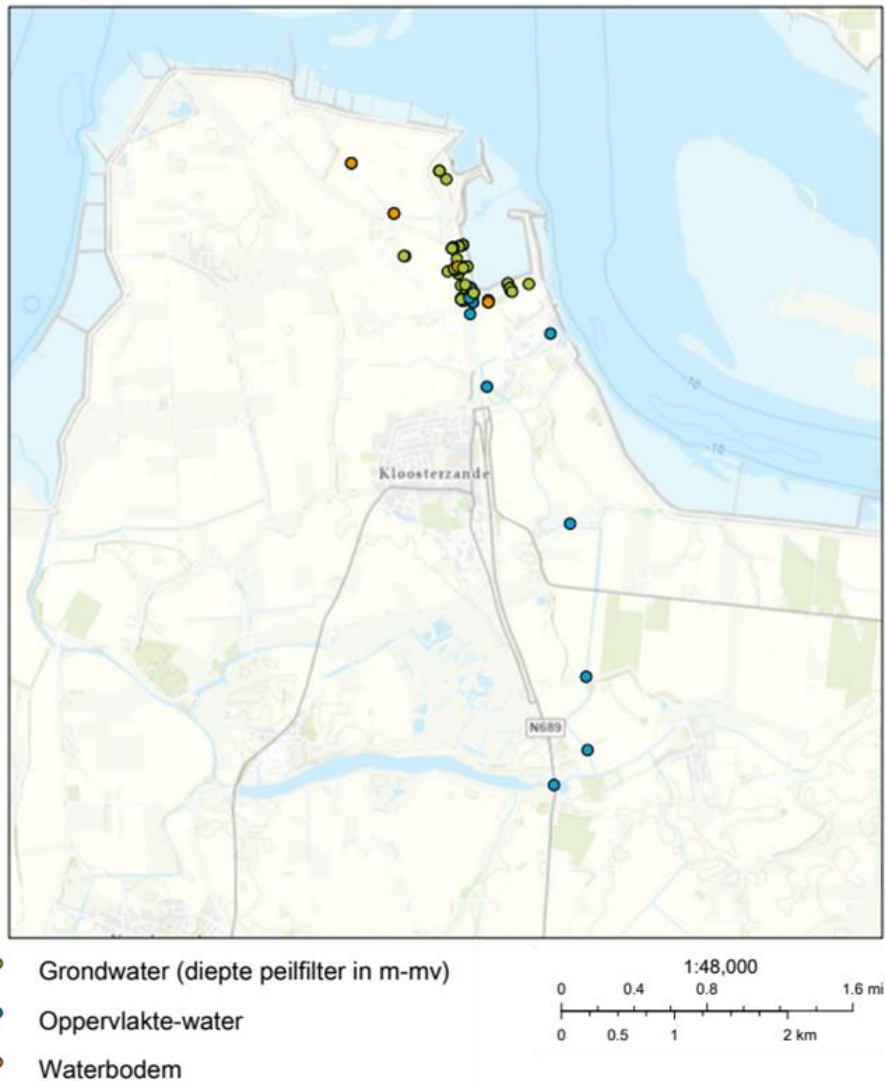
Num-mer	Locatie	Type monster	Frequentie [per jaar] ¹⁶	Metingen in 2021	Specificatie	Gebiedsindeling
1	O3	Oppervlaktewater	3	3	Bij deelgebied C	Westelijke dijk
2	O3.3A	Oppervlaktewater		2	Kwelsloot	Westelijke dijk
3	O3.5A	Oppervlaktewater		2	Kwelsloot	Westelijke dijk
4	O4C	Oppervlaktewater	3	3	Intergetijdennatuurgebied	Natuurgebied
5	O8	Oppervlaktewater	3	3	Bij deelgebied A	Zuidelijke dijk
6	O9	Oppervlaktewater		2	Kwelsloot	Zuidelijke dijk
7	O20.2	Oppervlaktewater	3	3	Referentie (westelijke Perkpolder)	Referentie
8	O33	Oppervlaktewater		2	Getijdegebied	Natuurgebied
9	O39	Oppervlaktewater		2	Getijdegebied	Natuurgebied
10	O43	Oppervlaktewater		2	Getijdegebied	Natuurgebied
11	O50.4	Oppervlaktewater		2	west van Oude rijksweg, zuid van Kalversdijk Noordstraat	Benedenstrooms gebied
12	O50.5	Oppervlaktewater		2	oost van oude rijksweg zuid van Mariadijk Walsoorden	Benedenstrooms gebied
13	O50.6	Oppervlaktewater		2	Gemaal Walsoorden (landzijde)	Benedenstrooms gebied
14	O50.7	Oppervlaktewater		2	Bovenstrooms rwzi Kloosterzande	Benedenstrooms gebied
15	O50.8	Oppervlaktewater		2	kr waterloop met Kruisdorpsdijk	Benedenstrooms gebied
16	O50.9	Oppervlaktewater		2	Kr waterloop met Baudeloodijk	Benedenstrooms gebied
17	O55	Oppervlaktewater		2	Weeltje	Benedenstrooms gebied
18	O60	Oppervlaktewater		2	Kruising waterloop met Dreefken	Benedenstrooms gebied
19	O70	Oppervlaktewater		2	Brug Kuitaert	Benedenstrooms gebied
20	B1.1 (2.5-3.5)	Grondwater	3	3	Direct naast kwelsloot deelgebied C	Westelijke dijk
21	B1.4 (2.0-3.0)	Grondwater		2	Na kwelsloot (landbouwgebied)	Buiten kwelsloot
22	B1.4 (7.0-8.0)	Grondwater		2	Na kwelsloot (landbouwgebied)	Buiten kwelsloot
23	B3.1 (9.9-10.9)	Grondwater	3	3	Direct onder TGG	Westelijke dijk
24	B3.1 (16.5-17.5)	Grondwater	3	3	Ca 6 m onder TGG	Westelijke dijk
25	B8 (3.5-4.5)	Grondwater	3	3	Direct naast kwelsloot deelgebied A	Westelijke dijk

¹⁶ Regulier bemonsteringscampagne

Num-mer	Locatie	Type monster	Frequentie [per jaar] ¹⁶	Metingen in 2021	Specificatie	Gebiedsindeling
26	B9 (4.0-5.0)	Grondwater		2	Ondiep grondwater tussen dijk en kwelsloot deelgebied A	Zuidelijke dijk
27	B9 (8.0-9.0)	Grondwater		2	Voor kwelsloot	Zuidelijke dijk
28	B11 (1.5-2.5)	Grondwater	3	3	Ondiep grondwater tussen dijk en kwelsloot deelgebied C	Westelijke dijk
29	B15.1 (11.0-12.0)	Grondwater	3	3	Deelgebied D, direct naast TGG	Koppeldijk
30	Pb2a (7.0-8.0)	Grondwater	3	3	Net buiten kwelsloot	Buiten kwelsloot
31	Pb2a (11.0-12.0)	Grondwater	3	3	Net buiten kwelsloot	Buiten kwelsloot
32	DP4	Kwelscherm/Grondwater	3	3	Regelput bij westelijk kwelscherm	Buiten kwelsloot
33	B22 (10.0-11.0)	Grondwater		2	Zuidwesthoek	Westelijke dijk
34	B23 (3.0-4.0)	Grondwater		2	Voor kwelsloot	Westelijke dijk
35	B23 (11.0-12.0)	Grondwater		2	Voor kwelsloot	Westelijke dijk
36	B33 (1.7-2.7)	Grondwater		2	Getijdegebied	Natuurgebied
37	B34B (12.0-13.0)	Grondwater		2	Kruin	Westelijke dijk
38	B35 (7.5-8.5)	Grondwater		2	Voor kwelsloot	Westelijke dijk
39	B35 (2.0-3.0)	Grondwater		2	Voor kwelsloot	Westelijke dijk
40	B36 (1.5-2.5)	Grondwater		2	Na kwelsloot (landbouwgebied)	Buiten kwelsloot
41	B36 (7.0-8.0)	Grondwater		2	Na kwelsloot (landbouwgebied)	Buiten kwelsloot
42	B37 (1.1-2.1)	Grondwater		2	Getijdegebied	Buiten kwelsloot
43	B39 (1.6-2.6)	Grondwater		2	Getijdegebied	Natuurgebied
44	B40C (12-13)	Grondwater		2	Kruin	Zuidelijke dijk
45	B40C (16.2-17.2)	Grondwater		2	Kruin	Zuidelijke dijk
46	B41 (2.0-3.0)	Grondwater		2	Voor kwelsloot	Zuidelijke dijk
47	B41 (7.5-8.5)	Grondwater		2	Voor kwelsloot	Zuidelijke dijk
48	B42 (2.0-3.0)	Grondwater		2	Na kwelsloot (bomenrij)	Buiten kwelsloot
49	B42 (7.0-8.0)	Grondwater		2	Na kwelsloot (bomenrij)	Buiten kwelsloot
50	B43 (2.0-3.0)	Grondwater		2	Getijdegebied	Natuurgebied

Num-mer	Locatie	Type monster	Frequentie [per jaar] ¹⁶	Metingen in 2021	Specificatie	Gebiedsindeling
51	B44B (7.0-8.0)	Grondwater		2	Binnenberm (alternatief voor Kruin)	Zuidelijke dijk
52	B44 (16.2-17.2)	Grondwater		2	Binnenberm (alternatief voor Kruin)	Zuidelijke dijk
53	B45 (7.0-8.0)	Grondwater		2	Na kwelsloot (landbouwgebied)	Buiten kwelsloot
54	B46 (9.0-10.0)	Grondwater		2	Koppeldijk	Koppeldijk
55	B46 (16.5-17.5)	Grondwater		2	Koppeldijk	Koppeldijk
56	B49 (2.0-3.0)	Grondwater		2	Landbouwgebied	Buiten kwelsloot
57	B49 (6.5-7.5)	Grondwater		2	Landbouwgebied	Buiten kwelsloot
58	EC101 (3.5-4.5)	Grondwater		2	Landbouwgebied	Buiten kwelsloot
59	EC102 (3.5-4.5)	Grondwater		2	Landbouwgebied	Buiten kwelsloot
60	EC102 (9.0-10.0)	Grondwater		2	Landbouwgebied	Buiten kwelsloot
61	R3.1 ¹⁷	Horizontale drain		0	horizontale drain	Buiten kwelsloot
62	R3.2	Horizontale drain		0	horizontale drain	Buiten kwelsloot
63	S3	Waterbodem	1	1	Westelijke dijk (deelgebied C)	Westelijke dijk
64	S8	Waterbodem	1	1	Zuidelijke dijk (deelgebied A)	Zuidelijke dijk
65	S20.2	Waterbodem	1	1	Referentie (westelijke Perkpolder)	Referentie

¹⁷ Jaarlijks bemonsteren



Figuur 10: Overzichtskaart Perkpolder met grondwater-, oppervlaktewater en waterbodemplacaties. (voor benaming placaties bij de verschillende objecten, zie volgende figuren).



Figuur 11: Overzichtskaart Perkpolder met grondwater- en oppervlaktewater locaties, meetraaien, hoogteprofiel (dijk is zichtbaar in oranje) en benaming van de verschillende objecten in het gebied (namen horen bij de meetraaien).

3.2.2.1 Zuidelijke dijk

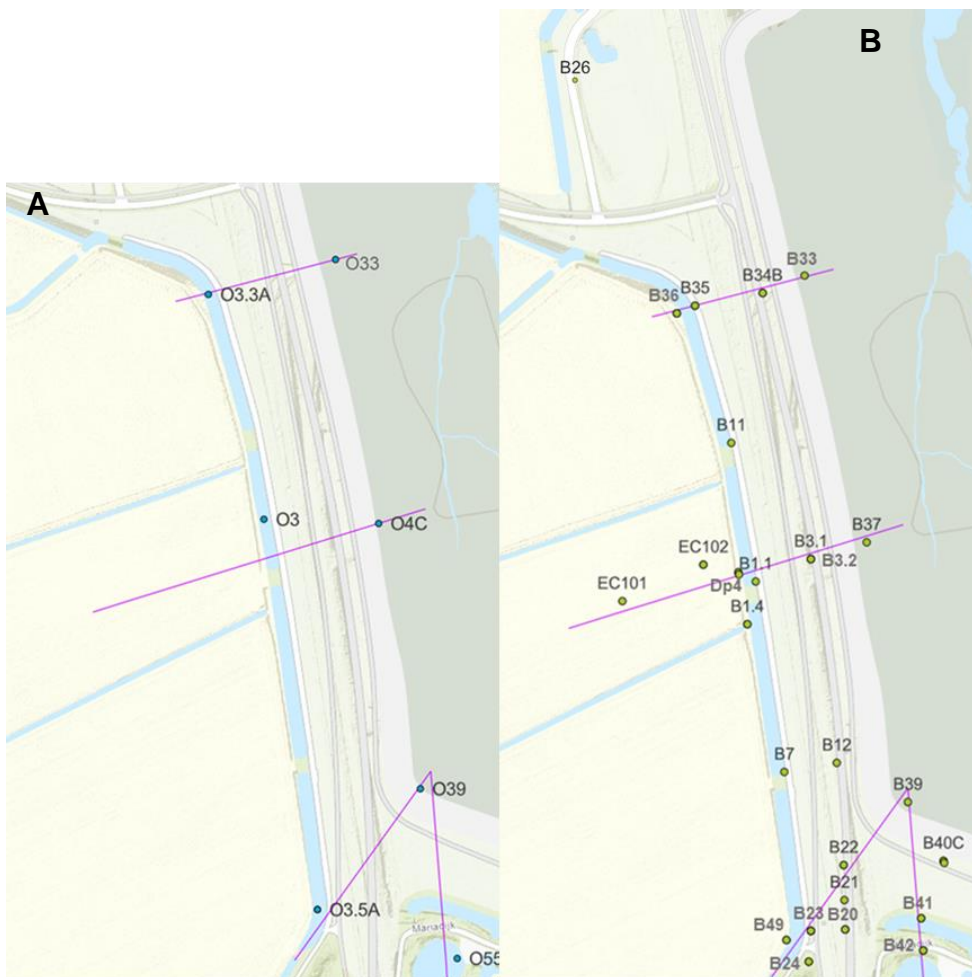
De zuidelijke dijk is het deel van de dijk gelegen in deelgebied A. In dit dijkvlak zijn twee meetraaien geplaatst, welke in de figuur hieronder met paarse lijnen zijn aangegeven. De raaien lopen van het getijdegebied tot in het zoetwaterlandbouwgebied. Alleen die locaties die tussen het natuurgebied en de buitenzijde van de kwelsloot liggen worden gerekend tot de westelijke dijk.



Figuur 12A en B: Overzicht monitoringslocaties op de zuidelijke dijk. Grondwaterlocaties zijn aangegeven in groen in A, oppervlaktewater locaties zijn aangegeven in blauw in B. In paars zijn de verschillende meetraaien weergegeven.

3.2.2.2 Westelijke dijk

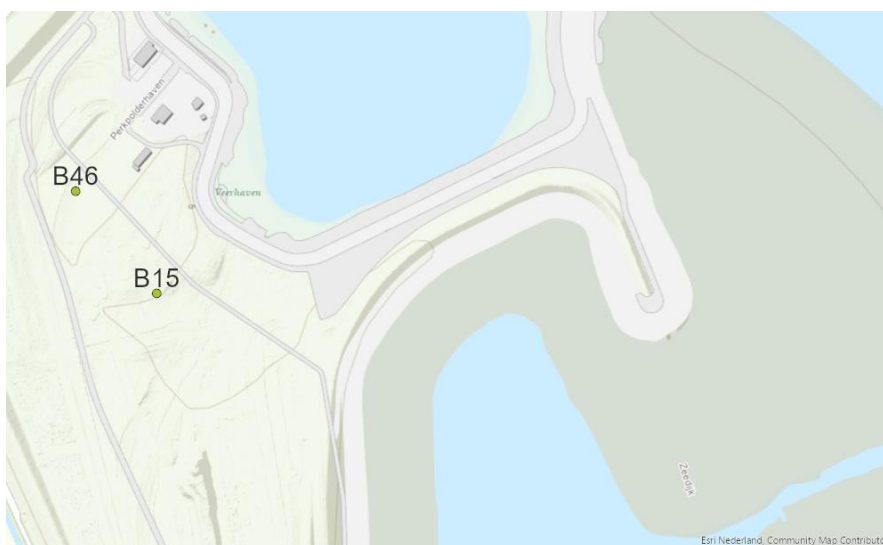
De westelijke dijk is het deel van de dijk gelegen in deelgebied C. In dit dijkvlak zijn drie meetraaien geplaatst, welke in de figuur hieronder met paarse lijnen zijn aangegeven. De raaien lopen van het getijdegebied tot in het zoetwaterlandbouwgebied. Alleen die locaties die tussen het natuurgebied en de buitenzijde van de kwelsloot liggen worden gerekend tot de westelijke dijk.



Figuur 13A en B: Overzicht monitoringslocaties op de westelijke dijk. Grondwaterlocaties zijn aangegeven in groen in A, oppervlaktewater locaties zijn aangegeven in blauw in B. In paars zijn de verschillende meetraaien weergegeven.

3.2.2.3 Koppeldijk

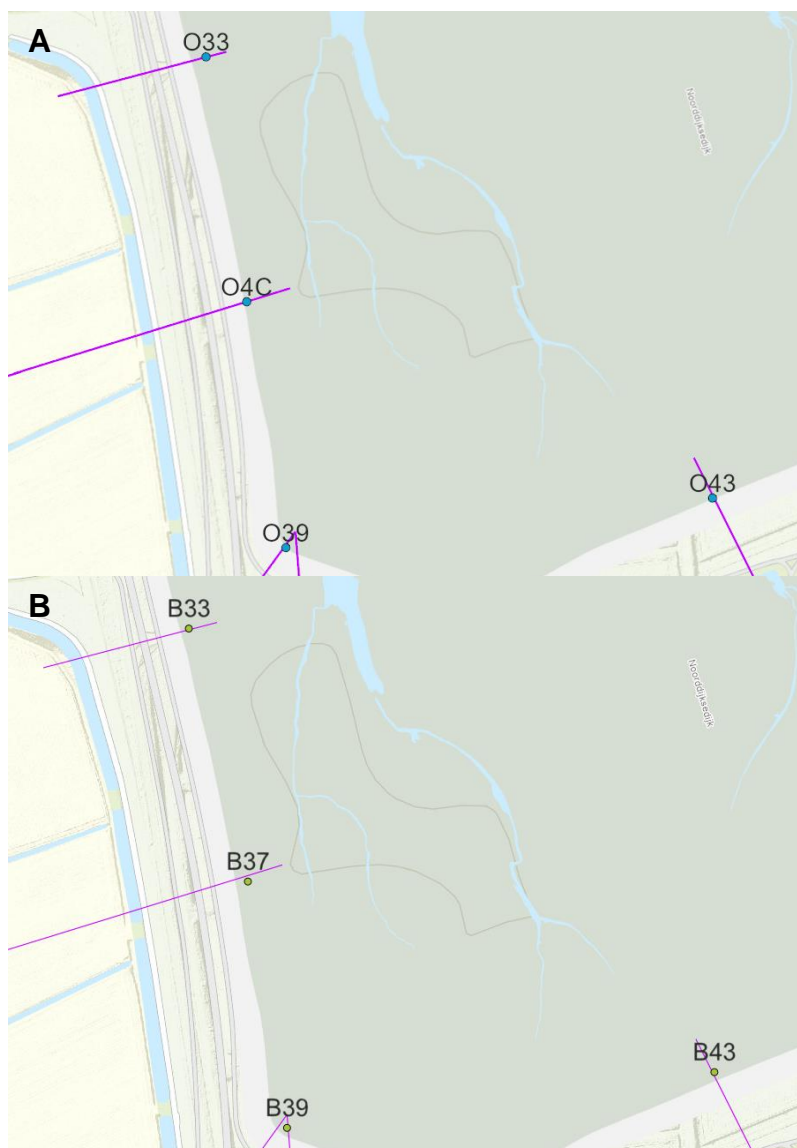
De koppeldijk is het deel van de dijk gelegen in deelgebied D. Het vormt de noordzijde van de terp die is aangelegd boven het voormalige veerplein.



Figuur 14: Overzicht grondwater monitoringslocaties op de koppeldijk.

3.2.2.4 Natuurgebied

Het natuurgebied betreft het getijdegebied omsloten door de koppeldijk, westelijke dijk en zuidelijke dijk. Het betreft in totaal vier locaties waar zowel grondwater als oppervlaktewater is gemonitord.



Figuur 15A en B: Overzicht monitoringslocaties in het getijdegebied. Grondwaterlocaties zijn aangegeven in groen in A, oppervlaktewater locaties zijn aangegeven in blauw in B.

3.2.2.5 Grondwater buiten kwelsloot

Verschillende locaties buiten de kwelsloot die de koppeldijk, westelijke dijk en zuidelijke dijk omsluit wordt gemonitord om eventuele uitloging van de dijk in beeld te krijgen. Een deel van deze locaties bevindt zich in het zoetwaterlandbouwgebied.

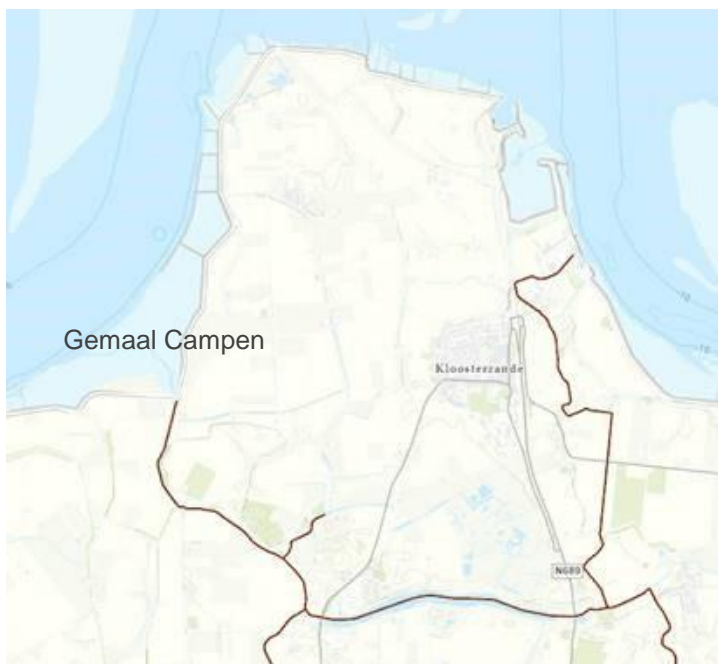
Locaties R3.1 en R3.2 betreffen de uitstroompunten van landbouwdrains die in gebruik zijn voor beregening. Ze worden alleen bemonsterd indien er voor de bemonstering beregend is. Dat was in meetrondes 2 en 3 van dit jaar niet het geval en daarom zijn deze locaties niet bemonsterd.



Figuur 16: Overzicht monitoringslocaties in grondwater buiten kwelsloot..

3.2.2.6 Oppervlaktewater benedenstreams

Om eventuele effecten in het oppervlaktewater benedenstreams van de dijk bij Perkpolder te monitoren is een aantal oppervlaktewater-locaties geselecteerd tussen Perkpolder, het Weeltje en natuurgebied De Vogel, waarmee het in verbinding staat. Natuurgebied De Vogel is een vrij nieuw natuurgebied benedenstreams Perkpolder, aangelegd aan de zuidkant van de Vogelkreek. Het Weeltje is een kleine plas gelegen ten zuidwesten van de zuidelijke dijk. Nabij Perkpolder ligt ook het KRW-lichaam Campen. Hoewel de kwelsloot die langs de Zuidelijke en Westelijke dijk loopt daar nog geen deel van uitmaakt, stroomt het water uit deze watergang naar dit KRW lichaam. Het water van KRW-lichaam Campen wordt afgevoerd naar de Westerschelde via gemaal Campen, zie ook Figuur 17. Ook natuurgebied De Vogel hoort tot het KRW-waterlichaam



Figuur 17: KRW-lichaam Campen, inclusief gemaal Campen.



Figuur 18: Overzicht monitoringslocaties oppervlaktewater benedenstrooms, inclusief de locatie van het natuurgebied De Vogel en locaties nabij het Weeltje in meer detail.

4 Aanpak onderzoek

De aanpak van het onderzoek is beschreven in het Plan van Aanpak (Deltares, 2020). De verschillende onderdelen worden hieronder weergegeven en in de volgende paragrafen kort toegelicht.

- Periodieke (viermaandelijks) oppervlaktewatermetingen (kwelsloot en intergetijden natuurgebied)
- Periodiek (jaarlijks) waterbodemonderzoek van de kwelsloot
- Viermaandelijks grondwateronderzoek (onder de TGG en in de directe omgeving; ondiep en diep, waaronder ook de regelput kwelscherm)
- Periodiek (Jaarlijks) grasbekledingsonderzoek
- Eenmalig controleboringen t.b.v. aantonen van mogelijke verkitting¹⁸

Naast de in het Plan van Aanpak beschreven onderdelen kunnen er ook incidentele onderzoeken uitgevoerd worden. Dat is het geval voor de volgende onderzoeken in 2020:

- Samenstellings- en uitloogonderzoek naar TGG, dat bemonsterd is tijdens de plaatsing van extra peilbuizen
- Analyse van de zuidelijke begrenzing van de TGG

Deze analyses zijn niet vooraf in het Plan van Aanpak opgenomen.

Bij de aanpak en de analyse wordt voortgeborduurd op diverse onderzoeken die plaats hebben gevonden in de afgelopen jaren (zie ook Tabel 1).

4.1 Benadering

Als benadering wordt de bron-pad-object benadering toegepast. De bron is de TGG, dat via het pad (de ondiepe en wellicht diepere ondergrond direct onder de TGG) zich verplaatst naar de kwelsloot. Tevens wordt gekeken naar kwetsbare objecten in de omgeving: het buitendijks intergetijdennatuurgebied, het landbouwgebied, en het oppervlaktewater benedenstrooms van de kwelsloot. Omdat TGG een complexe chemische samenstelling heeft, en het uitlooggedrag afwijkt van grond, wordt uit voorzorg een uitgebreid monitoringspakket gekozen gebaseerd op de stoffen die (soms) in de TGG voorkomen en daar uitlogen. Het gaat dan met name om metalen (en meer in het bijzonder arseen, molybdeen en vanadium), vluchtige stoffen (met name benzeen, toluen, alfa- en beta HCH), zouten (met name bromide en sulfaat) en PFAS (met name PFBA). Voor diverse stoffen geldt dat ze in de omgeving ook al voorkomen en dat dus uit de analyse van een aantal stoffen samen moet blijken in hoeverre ze beïnvloed worden door de TGG. Daarbij wordt ook gebruik gemaakt van de bromide-chloride-verhouding en de sulfaat-chloride-verhouding. Deze verhouding is in zout zeewater namelijk zeer constant (0.0035 g/g)

4.2 Onderdelen van de periodieke monitoring

Het periodieke onderzoeksprogramma richt zich op oppervlaktewater, waterbodemonderzoek, grondwater en de grasbekleding en bestaat uit monitoring met een frequentie van 1 tot 3 maal per jaar met als doel het ontdekken van trendontwikkelingen. De doelen van elk van de waterlichamen zijn hieronder beschreven.

¹⁸ Ten opzichte van de oorspronkelijke scope is het aantal analyses hiervan uitgebreid.

4.2.1 Oppervlaktewater intergetijdengebied en kwelsloot

Het oppervlaktewater wordt gemonitord in de directe omgeving van de TGG. Het gaat hier om de kwelsloot (de zuidelijke: O8 en de westelijke: O3) en het intergetijdengebied (O4c). Het voorgaand onderzoek heeft uitloging aangetoond naar de kwelsloot van in ieder geval bromide en arseen, maar niet is aangetoond dat dat heeft geleid tot verhoogde concentraties in de kwelsloot. Door het oppervlaktewater te monitoren wordt gekeken of de waterkwaliteit inderdaad niet negatief wordt beïnvloed. Daarbij wordt gekeken of normoverschrijdingen plaatsvinden, en -indien dat het geval is- deze kunnen worden toegeschreven aan uitloging uit de TGG. Als referentie wordt een locatie aangehouden in de westelijke perkpolder, bovenstrooms van de kwelsloot (O20-2). De resultaten worden beschreven in hoofdstuk 4.

4.2.2 Waterbodem kwelsloot

De hoofdvraag bij het waterbodemonderzoek is de (ontwikkeling) van de kwaliteit van de sliblaag. Door eventuele uitloging uit de TGG kan ook de waterbodemkwaliteit worden beïnvloed. Daarom wordt de kwaliteit van het slib gemeten en getoetst. Daarvoor zijn in de zuidelijke (S8) en de westelijke (S3) kwelsloot bemonsteringslocaties vastgesteld. Als referentie wordt dezelfde locatie aangehouden als voor het oppervlaktewater (S20-2). De resultaten worden beschreven in hoofdstuk 4.

4.2.3 Grondwater in de omgeving van de TGG

Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat het grondwater vlak onder de dijk en het grondwater tussen de dijk en de kwelsloot verhoogde concentraties aan bepaalde stoffen bevat die ook zijn aangetroffen zijn in de TGG (o.a. arseen, barium en bromide). Hydro-geologisch onderzoek toont aan dat het ondiepe grondwater voornamelijk richting de kwelsloot stroomt. Om de lange termijn effecten te monitoren wordt het grondwater op de volgende locaties te bemonsteren:

1. ondiep onder de dijk (zie Figuur 5): om uitloging uit de TGG te monitoren aangezien hier de hoogste concentraties van o.a. arseen zijn aangetroffen. In de TGG zelf zijn geen peilfilters geplaatst die te bemonsteren zijn, omdat uit deze lagen grondwater slecht toestroomt en ze grotendeels boven het grondwater zijn gelegen.

2. diep onder de dijk (zie Figuur 5): om te onderzoeken of er op lange termijn daadwerkelijk geen en/of beperkt transport naar het diepe grondwatersysteem plaatsvindt;

3. ondiep voor de kwelsloot: om het transport van stoffen in de TGG richting de kwelsloot in kaart te brengen. Indien er grondwater uitloopt uit de TGG naar de kwelsloot zal op deze locatie een verhoging worden aangetroffen.

4. diep na de kwelsloot: als referentiepunt voor grondwater niet beïnvloed door de toegepaste TGG.

5. regelput kwelscherm: om mogelijk transport naar diep grondwater te onderzoeken en zo de bescherming van de zoetwaterbel en het diepere (zoute) grondwater te monitoren.

Grondwatermonitoring ter hoogte van deelgebied D is tevens van belang om de risico's te beoordelen als er geen kwelsloot aanwezig is. Zonder kwelsloot zal de neerwaartse stroming, en daarbij verspreiding van stoffen naar het diepe grondwatersysteem, een grotere rol spelen. De resultaten worden beschreven in hoofdstuk 4.

4.2.4 Onderzoeksvragen grondwater, waterbodem en oppervlaktewater

In het plan van aanpak zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd wat betreft Perkpolder. Omdat deze vragen vaak een relatie hebben met meerdere metingen, worden ze hieronder gezamenlijk weergegeven. De vragen kunnen niet allemaal in de jaarlijkse monitoring beantwoord worden, omdat daarvoor langjarige meetreeksen nodig zijn.

- Wat zijn de effecten van TGG op ondiep en diep grondwater (o.a. om de bescherming van de zoetwaterbel te monitoren, zie uitleg regelput kwelscherm hierboven);
- Wat zijn de effecten van TGG op oppervlaktewater (kwelsloot en zeewater);

- Welke chemische processen en interactie is er tussen de kwelsloot en de waterbodem;
- In hoeverre moeten er maatregelen getroffen worden op basis van de gemeten effecten .
- Bestaat de mogelijkheid dat stoffen uitgelogen via het diepe grondwater onder de kwelsloot door.

4.2.4.1 Landbouwgebied en buitendijksgebied

Aan de westelijke en zuidelijke dijk grenzen landbouwgebieden. Tussen deze gebieden en de dijk is een kwelvoorziening en een weg aanwezig. Over 1 raai is ook in het landbouwgebied gemonitord, om op die manier ook eventuele effecten buiten de dijk in beeld te brengen.

4.2.4.2 Bovenstrooms en benedenstrooms oppervlaktewater

Het oppervlaktewater is dat langs de westelijke dijk stroomt is afkomstig vanuit de Westelijke Perkpolder. Om die reden is daar (bovenstrooms) een referentiepunt voor oppervlaktewater aanwezig (O20-2). Om te zien of effecten van uit de TGG logend grondwater in het oppervlaktewater te zien, is een aantal monsterpunten aanwezig benedenstrooms van de dijk. Het betreft reguliere meetpunten van het waterschap, die in de 4-maandelijke oppervlaktewatermetingen zijn meegenomen. Het meest benedenstroomse punt ligt bij Natuurgebied de Vogel.

4.2.5 Grasonderzoek

De dijk is afgedekt met een grasbekleding die na aanleg is ingezaaid. Bij eerder onderzoek was te zien dat de grasmat nog jong was en vanwege droogte onvolkomenheden vertoonde. Daarom is het onderzoek doorgezet met een jaarlijkse inspectie van de grasbekleding. In 2021 zijn op de dijkstrekking 11 locaties onderzocht, aangevuld met twee proefvakken nabij locatie 11 (op binnen- en buitentalud). Er is gekeken naar de voorkomende gras- en kruidensoorten in samenhang met substraat, beheervorm en de ontwikkelfase van de grasmat. Ook is de grasmat beoordeeld volgens de methode van het WBI2017 (Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium, (ILT, 2017)), zowel visueel als het op enkele plekken steken van een plag voor de beoordeling van het wortelnet.

4.3 Bemonstering en analyses en periodieke monitoring

4.3.1 Bemonstering

Bemonstering vindt plaats conform de daarvoor geldende systematiek. Dat betekent dat grondwater conform de BRL2000 (inclusief protocol 2002) plaatsvindt (BRL2000, 2013) (BRL2002, 2013). Voor waterbodemmonsters wordt een monster genomen door steken op 1 locatie door middel van een zuigerboor van de bovenste 20 cm, waarbij zorg wordt gedragen dat geen onderliggend zand wordt meegenomen bij de bemonstering. Gewerkt wordt verder conform BRL2000 (inclusief protocol 2003).

Oppervlaktewaterbemonstering vindt plaats conform NEN6600 (NEN, 2019).

4.3.2 Tijdstip

De reguliere jaarlijkse monitoringsrondes voor oppervlaktewater en grondwater zijn uitgevoerd in januari, mei en september en het jaarlijkse grasonderzoek in mei. Verder zijn nog een aantal onderzoeken uitgevoerd die alleen in 2021 plaatsvonden. De activiteiten zijn weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5. Overzicht activiteiten

Gerapporteerde activiteiten 2020											
Categorie	Januari	Februari	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
Reguliere bemonstering oppervlaktewater	Bemonstering 1 van 12 13/14-jan			Bemonstering 2 van 12 28/29-mei				Bemonstering 3 van 12 7-9-2020			
Reguliere bemonstering grondwater	Bemonstering 1 van 12 13/14-jan	Bemonstering 1.1 19/27-feb		Bemonstering 2 van 12 28/29-mei				Bemonstering 3 van 12 7-9-2020			
Reguliere bemonstering waterbodembodem	Bemonstering 1 van 4 13/14-jan			Bemonstering (S20.2) 28/29-mei							
Aanvullend onderzoek volgens PVA				Gras-onderzoek 1 van 4 13-mei							
Incidenteel onderzoek			Zoutsporen op fietspad Deelgebied A 3-apr	Hydrologisch onderzoek 7-mei			Analyse bodem-opbouw en doorlatendheid (desk study)				
Audits	audit eerste reguliere bemonstering 13-jan				audit milieu-hygiënische kwaliteit 10-jun	Projectaudit RWS 21-jul					

4.3.3 Meetpakketten

De meetpakketten voor grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodem zijn samengesteld op basis van de in de TGG en het grondwater in eerder onderzoek aangetroffen stoffen. In de eerdere rapportage (Deltares, 2019b) is met een veel uitgebreider pakket gestart. Stoffen die niet zijn aangetroffen in de TGG, of niet toegeschreven konden worden aan de TGG (zoals chloorfenolen, dioxines en PAK's) zijn hier niet opgenomen.

Bovendien zijn enkele meetmethode-specifieke metingen opgenomen die bij de interpretatie of toetsing van belang zijn (zoals organische stofgehalte in de waterbodembodem).

De pakketten zijn hieronder weergegeven:

4.3.3.1 Oppervlaktewater intergetijdgebied en kwelsloot

Het pakket voor het onderzoeken van de samenstelling van het oppervlaktewater bestaat, zoals bepaald in het Plan van Aanpak (Deltares, 2020), uit:

- 15 Metalen (totaal en opgelost) (Antimoon (Sb), Arseen (As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Chroom (Cr), Kobalt (Co), Koper (Cu), Kwik (Hg), Nikkel (Ni), Molybdeen (Mo), Lood (Pb), Seleen (Se), Tin (Sn), Vanadium (V), Zink (Zn));
- Anionen (chloride, bromide, sulfaat, fluoride);
- PFAS¹⁹ (tabel A-2 in Bijlage **Error! Reference source not found.**);
- pH, turbiditeit (NTU) en geleidbaarheid (veldmetingen²⁰);
- Chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- en hexa-)²³;
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium)

¹⁹ Tevens is in de eerste monitoringsronde GenX gemeten. Dit is niet aangetroffen en daarom vervallen.

²⁰ Waar de geleidbaarheid boven de 20 mS/cm is in de veldmeting (en dus boven het meetbereik gaat), wordt een labmeting aangevraagd.

4.3.3.2 Analyses Grondwater

Het pakket voor het onderzoeken van de samenstelling van het grondwater bestaat, zoals bepaald in het Plan van Aanpak (Deltares, 2020), uit²¹:

- 15 Metalen (totaal²² en opgelost) (Antimoon (Sb), Arseen (As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Chroom (Cr), Kobalt (Co), Koper (Cu), Kwik (Hg), Nikkel (Ni), Molybdeen (Mo), Lood (Pb), Seleen (Se), Tin (Sn), Vanadium (V), Zink (Zn));
- Anionen (chloride, bromide, sulfaat, fluoride);
- 8 vluchtige aromatische koolwaterstoffen: benzeen, toluen, ethylbenzeen, som-xylenen (som o-, m-, p-), styreen, naftaleen en fenol, cresolen (o-, m-, p-);
- PFAS (zie ook tabel A-2 in Bijlage **Error! Reference source not found.**)
- pH, turbiditeit (NTU) en geleidbaarheid (veldmetingen);
- Chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- en hexa-)²³
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium)

4.3.3.3 Analyses Grondwater (beperkt) -incidenteel-²⁴

Incidenteel zijn extra metingen uitgevoerd die niet tot de reguliere metingen behoorden. Daarvoor is een beperkt pakket gebruikt, dat hieronder is weergegeven:

- 15 Metalen (opgelost) (Antimoon (Sb), Arseen (As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Chroom (Cr), Kobalt (Co), Koper (Cu), Kwik (Hg), Nikkel (Ni), Molybdeen (Mo), Lood (Pb), Seleen (Se), Tin (Sn), Vanadium (V), Zink (Zn)),
- Anionen (chloride, bromide, sulfaat, fluoride).

4.3.3.4 Analyses Waterbodem kwelsloot

Het pakket voor het onderzoeken van de samenstelling van de *waterbodem* bestaat, zoals bepaald in het Plan van Aanpak (Deltares, 2020), uit:

- 15 metalen (Antimoon (Sb), Arseen (As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Chroom (Cr), Kobalt (Co), Koper (Cu), Kwik (Hg), Nikkel (Ni), Molybdeen (Mo), Lood (Pb), Seleen (Se), Tin (Sn), Vanadium (V), Zink (Zn));
- anionen (chloride, bromide, sulfaat, fluoride);
- 8 vluchtige aromatische koolwaterstoffen: benzeen, toluen, ethylbenzeen, som-xylenen (som o-, m-, p-), styreen, naftaleen, en fenol, cresolen (o-, m-, p-);
- GENX en PFAS (zie ook tabel A-1 in Bijlage **Error! Reference source not found.**);
- pH, turbiditeit en elektrische geleidbaarheid (veldmetingen);
- Organische stofgehalte en lutumgehalte;
- Droge stofgehalte en gloeirest;
- Chloorbenzenen (mono, di, tri)²⁵;
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium).

²¹ In de eerste meetronde is met een voorlopig meetpakket gewerkt, aangezien het Plan van Aanpak nog niet definitief was vastgesteld. Daarbij is tevens de klasse vluchtige organische halogeenkoolwaterstoffen gemeten: dichloorethanen (1,1 en 1,2), dichloorethenen (1,1, cis-1,2 en trans-1,2), trichloorethaan (1,1,1 en 1,1,2), trichlooretheen, tetrachlooretheen, dichloorpropanen (1,1, 1,2 en 1,3))

²² Bij de overschakeling van meting van metalen gefiltreerd (opgelost) en ongefiltreerd (totaal) is abusievelijk in meetronde 3 (2020) en 4 (2021) voor grondwater alleen ongefiltreerd bemonsterd. De toetsing vindt echter alleen plaats op gefiltreerde monsters voor metalen.

²³ Het plan van Aanpak noemt alleen mono-, di- en trichloorbenze(e)n(en). Trichloorbenzenen worden uitgevoerd als onderdeel van het pakket "chloorbenzenen (minder vluchtig)", waarin ook de overige chloorbenzenen zijn meegenomen.

²⁴ Dit pakket is toegepast bij extra analyses van enkele bij de kwelsloot aanwezige peilfilters (hoofdstuk 7.2) en als extra analyse in februari van de van de reguliere grondwaterlocaties (meetronde 1.1).

²⁵ In de eerste bemonsteringsronde is gebruik gemaakt van een voorlopig pakket waarbij wel de minder vluchtige chloorbenzenen (trichloorbenzenen, tetrachloorbenzenen, pentachloorbenzeen en hexachloorbenzeen), maar niet mono- en dichloorbenzeen zijn meegenomen.

Tijdens de eerste monitoringsronde zijn per abusievelijk tevens gehalogeneerde koolwaterstoffen gemeten. Deze zijn echter niet opgenomen in de analysepakketten en zullen in latere monitoringsrondes dan ook niet gemeten worden.

4.4 Onderdelen incidenteel onderzoek

Onderzoeken die alleen in 2021 zijn uitgevoerd zijn hieronder nader beschreven.

4.4.1 Samenstellings- en uitlogingsonderzoek

In 2021 is het meetnet uitgebreid door plaatsing van extra peilfilters. Waar voor deze uitbreiding boringen moesten worden gemaakt door de Thermische Gereinigde Grond, is ook samenstellingsonderzoek en uitlogingsonderzoek uitgevoerd op het uitkomende materiaal. Dat geldt ook voor 1 locatie op de Zuidelijke Dijk waar extractief gereinigd zand is toegepast. Het samenstellingsonderzoek is uitgevoerd op de volgende parameters. Het pakket is gebaseerd

- 15 metalen (totaal) (Antimoon (Sb), Arseen (As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Chroom (Cr), Kobalt (Co), Koper (Cu), Kwik (Hg), Nikkel (Ni), Molybdeen (Mo), Lood (Pb), Seleen (Se), Tin (Sn), Vanadium (V), Zink (Zn));
- anionen (chloride, bromide, sulfaat, fluoride en fosfaat);
- vluchtige aromatische koolwaterstoffen: benzeen, toluen, ethylbenzeen, som-xylenen (som o-, m-, p-), styreen, naftaleen, en fenol, cresolen (o-, m-, p-), dimethylfenolen (2,4 2,5 2,6 en 3,4), ethylfenol (o- en m), thymol, 2,3/3,5 dimethylfenol en 4-ethylfenol²⁶.
- Chloorfenolen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, en 4-chloor-3-methylfenol)
- PFAS (zie ook tabel A-3 in Bijlage **Error! Reference source not found.**);
- Organische stofgehalte en lutumgehalte;
- Minerale olie
- Chloorbenzenen (mono, di, tri)²⁷;
- Polygebromeerde difenylethers (BDE)²⁸
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium).
- pH (CaCl₂)
- PAK (Naftaleen, Fenanthreen, Anthraceen, Fluorantheen, Benzo(a)anthraceen, Chryseen, Benzo(k)fluorantheen, Benzo(a)pyreen, Benzo(ghi)peryleen en Indeno(123-cd)pyreen)
- PCB (PCB28, PCB52, PCB101, PCB 118, PCB138, PCB153 en PCB180)
- Organochloorbestedingsmiddelen (OCB): hexachloorhexaan (HCH: α , β , γ en δ), heptachloor, heptachloorexpoide (cis- en trans-), hexachloorbutadieen, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, telodrin, endosulfan (α , β), endosulfanaat, chloordaan (α en γ), DDT/DDE/DDD (o,p'- en p,p'-)
- Asbest (conform NEN5898)²⁹

Uitlogingsonderzoek is uitgevoerd conform NEN7383 op

- 15 metalen (totaal) (Antimoon (Sb), Arseen (As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Chroom (Cr), Kobalt (Co), Koper (Cu), Kwik (Hg), Nikkel (Ni), Molybdeen (Mo), Lood (Pb), Seleen (Se), Tin (Sn), Vanadium (V), Zink (Zn));
- anionen (chloride, bromide, sulfaat, fluoride);

²⁶2,3/3,5 dimethylfenol en 4-ethylfenol worden gezamenlijk gemeten en gerapporteerd.

²⁷ In de eerste bemonsteringsronde is gebruik gemaakt van een voorlopig pakket waarbij wel de minder vluchtige chloorbenzenen (trichloorbenzenen, tetrachloorbenzenen, pentachloorbenzeen en hexachloorbenzeen), maar niet mono- en dichloorbenzeen zijn meegenomen.

²⁸ BDE17, BDE28, BDE47, BDE49, BDE66, BDE71, BDE77, BDE85, BDE99, BDE100, BDE119, BDE126, BDE138, BDE153, BDE154, BDE156, BDE183, BDE184, BDE191, BDE196, BDE197, BDE206, BDE207 en BDE209.

²⁹ Slechts locaties, omdat niet overal voldoende materiaal voorhanden was.

Tevens is voor twee uitkomende fracties (LS1 en LS10) geleidbaarheid en pH bepaald.

Zie voor meer informatie paragraaf 7.1.

4.4.2 **Onderzoek vaststellen grens TGG**

Aan de noordzijde van het voormalige veerplein (Koppeldijk) is een verholten waterkering aanwezig (een waterkering van asfalt, met daarbovenop een afdeklaag van grond) die de begrenzing vormt van een in 2004 en 2005 aangelegde terp. In die kering is thermisch gereinigde grond (TGG) toegepast. In 2020 en 2021 is onderzoek uitgevoerd om vast te stellen of zich op de bestemmingsplangrens nabij deze toepassing en direct ten zuiden daarvan nog TGG bevindt, door middel van volle avegaarboringen. De resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in een memo, zie Bijlage **Error! Reference source not found..** In dit rapport is een samenvatting van de memo opgenomen in paragraaf 7.2.

4.4.3 **Verkittingsonderzoek**

In 2021 is onderzoek uitgevoerd naar de (mate van) verkitting in de TGG toegepast bij Perkpolder. Het nemen van ongestoorde monsters is lastig in TGG, voornamelijk vanwege de aanwezigheid van hoekig materiaal met een grote diameter in combinatie met zeer fijn materiaal. Met behulp van holle Avegaar boringen konden zo veel mogelijk ongestoorde monsters genomen van TGG tot 2-3 meter. Op verschillende wijze is gekeken of verkitting kon worden aangetoond:

- Visueel in het veld en in boorbuizen
- Door het materiaal in water te plaatsen en het gedrag te observeren
- Door microscopische analyse

Verder is een aantal indirecte parameters gebruikt om verkitting te beoordelen: zoals de pH en het calcium-gehalte. Tevens is een korrelgrootteanalyse inclusief rondheidsanalyse (Powers) uitgevoerd..

Zie voor meer informatie paragraaf 7.3.

4.4.4 **Onderzoek naar waterstand TGG**

In 2021 is er met behulp van uitgehangen piëzometers onderzoek gedaan naar de grondwaterstand op locaties waar TGG is toegepast om uit te zoeken of de TGG soms in contact komt met (grond)water. Daarvoor zijn piëzometers (Diver) afgehangen, met een logfrequentie van 6 per uur.

Uit de metingen blijkt dat de TGG op sommige locaties soms in contact komt met water. Zie voor meer informatie paragraaf 7.4.

4.5 **Normen**

In deze paragraaf worden de voor grondwater, oppervlaktewater en waterbodembegane normen toegelicht. In hoofdstuk 4 worden de monitoringsgegevens van 2020 getoetst aan deze normen.³⁰

4.5.1 **Normen voor grondwater**

Een toetsing is uitgevoerd om de gemeten concentraties te beoordelen. .

³⁰ Omdat voor PFAS de wettelijke basis van de normen vaak afwijkend is van andere stoffen, is deze apart vermeld in Bijlage **Error! Reference source not found..**

Voor grondwater wordt getoetst aan de hand van de circulaire bodemsanering uit 2013 (Circulaire Bodemsanering, 2013) en wordt de toetsing uitgevoerd met behulp van de Bodem Toets- en Validatieservice (BoToVa). Bij de toetsing worden gemeten concentraties vergeleken met wettelijk vastgestelde grenswaarden.

Bij grondwater worden de volgende normen onderscheiden:

- Streefwaarde (SW).
- Interventiewaarde (IW).

De streefwaarde geeft de overgang weer tussen 'schoon' grondwater (niet beïnvloed door menselijke activiteiten) en een verontreinigde grondwater.

4.5.2 Normen voor waterbodem

In het besluit bodemkwaliteit zijn Maximale Waarden gekoppeld aan de klassen A en B. De Maximale Waarden voor klasse A zijn afgeleid van het herverontreinigingsniveau van de Rijntakken. Hiermee wordt een onderscheid gemaakt tussen het huidige licht verontreinigde sediment en het oudere zwaarder verontreinigde sediment. Bij waterbodem worden de volgende normen onderscheiden (Tabel 2 van Bijlage B, Regeling Bodemkwaliteit):

- Achtergrondwaarde (AW).
- Klasse A.
- Klasse B/Interventiewaarde.

Naast deze normen zijn er ook normwaarden voor toepassen van baggerspecie op landbodem. Voor deze categorie gelden onder anderen de maximumwaardes voor de bodemfunctieklasse/kwaliteitsklasse Wonen en Industrie (Tabel 1 van Bijlage B, Regeling Bodemkwaliteit). De toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa. De normen voor de in 2021 gemeten stoffen zijn weergegeven in Bijlage A.5.

4.5.3 Normen voor grond in grootschalige bodemtoepassing

De TGG is toegepast als grootschalige bodemtoepassing. Dat betekent dat de stoffen moeten voldoen aan de eisen voor bodemkwaliteitsklasse industrie. Bij overschrijding van de emissie toetswaarden (ETW), voldoet de grond uitsluitend als die voldoet aan de emissiewaarde (EW). Bij de toetsing is gebruik gemaakt van Pais via BoToVa voor samenstellingsanalyse. Daarbij is ook aangegeven indien stoffen onder achtergrondwaarde of de bodemkwaliteitsklasse wonen blijven. De emissie is voor alle stoffen getoetst aan de maximale emissiewaarden via BoToVa.

Een overzicht van de geldende normen is weergegeven in Bijlage A.5.

4.5.4 Normen voor oppervlaktewater

Voor oppervlaktewater wordt getoetst aan het Besluit kwaliteitseisen monitoring water 2009 (Rijksoverheid, 2009) en de regeling monitoring kaderrichtlijn water (Rijksoverheid, 2010). Daarbij worden twee normen onderscheiden:

- Jaargemiddelde Milieukwaliteitseis (JG-MKE)
- Maximaal aanvaardbare concentratie milieukwaliteitseis (MAC-MKE)

Voor metalen gaat het hier om gefilterde monsters, voor overige parameters om ongefilterde monsters.

Daarbij wordt het zeewater en de kwelsloot gekwalificeerd als "andere oppervlaktewateren". De keuze voor deze indeling (en niet: land oppervlaktewateren) komt omdat het zout water gedomineerde wateren zijn en landoppervlaktewateren daar minder op van toepassing zijn. Ook het KRW lichaam Campen waar het water in uitstroomt is brak: het gehele waterlichaam

wordt getoetst als "licht brak" (M30), met delen (met name bij de stuw bij Dreefken) die als sterk brak (M31) zouden kunnen worden beoordeeld. De normen voor de in 2020 gemeten stoffen zijn weergegeven in Bijlage A.5. De toetsing vindt plaats door het vergelijken van elke meetwaarde met de MAC-MKE, en de gemiddelde meetwaarde (meestal dus het gemiddelde over 3 meetrondes) met de JG-MKE. Gemakshalve is ook getoetst aan de MAC-MKN.

5 Resultaten periodieke monitoring 2021

In dit hoofdstuk worden de analyses en resultaten van de jaarlijkse monitoring van grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodem toegelicht aan de hand van verschillende objecten. Daarbij wordt steeds gekeken naar de gemeten waarden en waar die aan TGG te relateren zijn op basis van de benadering beschreven in paragraaf 4.1.

Daarnaast worden de resultaten van het jaarlijkse grasonderzoek besproken. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van het aanvullende onderzoek in 2021 besproken.

5.1 Toetsing

De meetresultaten (en voor waterbodembodem ook gestandaardiseerde gehalten) zijn weergegeven in Bijlages **Error! Reference source not found.**, **Error! Reference source not found.** en **Error! Reference source not found.**, met de toetsing aan de in de vorige paragrafen genoemde normen. Bij de toetsing van de regelput in het kwelscherm (DP4) is getoetst aan grondwater, omdat dat de bron is van het uitstromende water. De overschrijdingen van de normen van de grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodemmonsters aan de in bovengenoemde paragrafen genoemde normen is (per monitoringsronde) samengevat weergegeven in respectievelijk Tabel 6, Tabel 8 en Tabel 9. In Tabel 6 zijn ook stoffen weergegeven waarbij de overschrijding uitsluitend wordt veroorzaakt door toetsing van de rapportagegrens. Deze stoffen zijn weergegeven in een lichte grijze kleur en aangegeven met **. Deze stoffen zijn niet daadwerkelijk aangetroffen.

In november 2021 zijn locaties B1.4 en B49 herbemonsterd, vanwege sterk afwijkende bromide gehalten. De overschrijdingen van de streefwaarde en interventiewaarde van deze herbemonstering zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 6: Overschrijdingen van de streefwaarde en interventiewaarde in grondwater.

Peilbuis (filter, m - mv)	monitoringsronde 4, februari 2021			monitoringsronde 5, mei/juni 2021			monitoringsronde 6, september 2021		
	Overschrijdingen		Conclu- sie	Overschrijdingen		Conclu- sie	Overschrijdingen		Conclu- sie
	> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk		> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk		> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk	
B1.1 (2,5-3,5)	Arseen, Chloride, Fenol**, Chresolen (som)**		>SW	Arseen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B1.4 (2,0-3,0)				Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B1.4 (7,0-8,0)				Barium, Cadmium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Cadmium, Chroom, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B3.1 (9,9-10,9)	Barium, Molybdeen, Zink, Chloride, Fenol, Cresolen (som)** Nikkel	Arseen, Chroom	>IW	Barium, Chroom, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Barium, Chroom, Molybdeen, Nikkel, Zink, Chloride, Fenol, Cresolen (som)**	Arseen	>IW
B3.1 (16,5-17,5)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Naftaleen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Naftaleen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B8 (3,5-4,5)	Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)** Molybdeen		>SW	Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Antimoon	>IW	Kwik, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B9 (4,0-5,0)	niet gemeten			Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Chroom, Kwik, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B9 (8,0-9,0)	niet gemeten			Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Kwik, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B11 (1,5-2,5)	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW
B15.1 (11,0-12,0)	Barium, Lood, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)** Nikkel	Arseen, Chroom	>IW	Barium, Cadmium, Nikkel, Lood, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen, Chroom	>IW	Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW
Pb2a (8,0-9,0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Nikkel, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Kwik**	>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
Pb2a (11,0-12,0)	Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
DP4	Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Seleen**, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW

Peilbuis (filter, m - mv)	monitoringsronde 4, februari 2021			monitoringsronde 5, mei/juni 2021			monitoringsronde 6, september 2021		
	Overschrijdingen		Conclusie	Overschrijdingen		Conclusie	Overschrijdingen		Conclusie
	> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk		> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk		> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk	
B20 (9,0-10,0)	Barium, Chloride		>SW	niet gemeten			niet gemeten		
B20 (15,0-16,0)	Barium, Chloride, Zink		>SW	niet gemeten			niet gemeten		
B21 (10,0-11,0)	Barium, Chloride		>SW	niet gemeten			niet gemeten		
B22 (10,0-11,0)	Barium, Chloride, Zink		>SW	Barium, Chroom, Kwik, Nikkel, Lood, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B23 (3,0-4,0)	Arseen, Chloride		>SW	Arseen, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B23 (11,0-12,0)	Barium, Chroom, Zink, Chloride		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B24 (3,0-4,0)	Chloride		>SW	niet gemeten			niet gemeten		
B24 (11,0-12,0)	Barium, Chroom, Chloride		>SW	niet gemeten			niet gemeten		
B26 (3,0-4,0)	Arseen, Chloride		>SW	niet gemeten			niet gemeten		
B33 (1,7-2,7)	niet gemeten			Arseen, Barium, Cadmium, Chroom, Lood, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B34B (12,0-13,0)	niet gemeten			Arseen, Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B35 (7,5-8,5)	niet gemeten			Arseen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B35 (2,0-3,0)	niet gemeten			Arseen, Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)** Arseen		>IW
B36 (1,5-2,5)	niet gemeten			Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B36 (7,0-8,0)	niet gemeten			Arseen, Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B37 (1,1-2,1)	niet gemeten			Barium, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW

Peilbuis (filter, m - mv)	monitoringsronde 4, februari 2021			monitoringsronde 5, mei/juni 2021			monitoringsronde 6, september 2021		
	Overschrijdingen		Conclu- sie	Overschrijdingen		Conclu- sie	Overschrijdingen		Conclu- sie
	> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk		> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk		> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk	
B39 (1,6-2,6)	niet gemeten		Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Kobalt, Chroom, Molybdeen, Nikkel, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	
B40C (12,0- 13,0)	niet gemeten		Arseen, Barium, Molybdeen, Nikkel, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Arseen, Barium, Chroom, Nikkel, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B40C (16,6- 17,6)	niet gemeten		Barium, Kobalt, Nikkel, Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Kobalt, Nikkel, Seleen**, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B41 (2,0-3,0)	niet gemeten		Barium, Kobalt, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B41 (7,5-8,5)	niet gemeten		Barium, Chroom, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B42 (3,0-4,0)	niet gemeten		Arseen, Barium, Chroom, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B42 (7,0-8,0)	niet gemeten		Barium, Chroom, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B43 (2,0-3,0)	niet gemeten		Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Arseen, Chroom, Nikkel, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B44B (7,0- 8,0)	niet gemeten		Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Arseen, Barium, Chroom, Molybdeen, Nikkel, Benzeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B44 (16,2- 17,2)	niet gemeten		Barium, Kobalt, Chroom, Nikkel, Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Chroom, Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B45 (7,0-8,0)	niet gemeten		Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B46 (9,0- 10,0)	niet gemeten		Barium, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B46 (16,5- 17,5)	niet gemeten		Barium, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	

Peilbuis (filter, m - mv)	monitoringsronde 4, februari 2021			monitoringsronde 5, mei/juni 2021			monitoringsronde 6, september 2021		
	Overschrijdingen		Conclu- sie	Overschrijdingen		Conclu- sie	Overschrijdingen		Conclu- sie
	> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk		> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk		> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk	
B49 (2,0-3,0)	niet gemeten		Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
B49 (6,5-7,5)	niet gemeten		Kobalt, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Barium, Cadmium, Kwik, Nikkel, Lood, Zink, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Chroom, Koper	>IW	
EC101 (3,5- 4,5)	niet gemeten		Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
EC102 (3,5- 4,5)	niet gemeten		Koper, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	
EC102 (9,0- 10,0)	niet gemeten		Koper, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	

** Overschrijding wordt uitsluitend veroorzaakt door toetsing van de rapportagegrens. De stof is niet daadwerkelijk aangetroffen

Tabel 7: Overschrijdingen van de streefwaarde en interventiewaarde in grondwater bij de herbemonstering van locaties B1.4 en B49 in november 2021.

Peilbuis (filter, m - mv)	monitoringsronde 6.1, november 2021		
	Overschrijdingen		Conclusie
	> S (i <= 0,5) licht	> I (i > 1) sterk	
B1.4 (2,0-3,0)	Barium, Chroom, Chloride		>SW
B1,4 (7,0-8,0)	Barium, Chroom, Chloride		>SW
B49 (2,0-3,0)	Chloride		>SW
B49 (6,5-7,5)	Chloride		>SW

Tabel 8: Overschrijdingen van de JG-MKE en MAC-MKE in oppervlaktewater.

Monsterpunt	monitoringsronde 4, februari 2021		monitoringsronde 5, mei/juni 2021		monitoringsronde 6, september 2021		Jaargemiddelde 2021
	Overschrijdingen > JG- MKE	> MAC- MKE	> JG- MKE	> MAC- MKE	Overschrijdingen > JG-MKE	> MAC- MKE	Overschrijdingen > JG-MKE
O3	Opgelost: Zink, PFAS		PFAS	Opgelost: Arseen	PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Zink, PFAS
O3.3A	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Koper, Zink, PFAS		PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Koper, Zink, PFAS
O3.5A/O50.4	<i>niet gemeten</i>		PFAS	Opgelost: Arseen	PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, PFAS
O4C	Opgelost: Koper, Zink, PFAS		Opgelost: Zink, PFAS		Opgelost: Koper, PFAS		Opgelost: Koper, Zink, PFAS
O8	Opgelost: Koper, Zink, PFAS	Opgelost: Seleen	PFAS		PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Koper, Seleen, Zink, PFAS
O9	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Koper, Zink, PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Chroom, PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Chroom, Koper, Zink, PFAS
O20.2	Opgelost: Zink, PFAS		Opgelost: Zink, PFAS		PFAS		Opgelost: Zink, PFAS
O33	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Koper, PFAS		Opgelost: Koper, PFAS		Opgelost: Koper, PFAS
O39	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Koper, Zink, PFAS		Opgelost: Koper, PFAS		Opgelost: Koper, Zink, PFAS
O43	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Koper, Zink, PFAS		Opgelost: Koper, PFAS		Opgelost: Koper, Zink, PFAS
O50.5	<i>niet gemeten</i>		PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: som trichloorbenzenen, PFAS		Opgelost: Arseen, som trichloorbenzenen, PFAS
O50.6	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Koper, PFAS		Opgelost: Koper, PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Koper, PFAS
O50.7	<i>niet gemeten</i>		PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: som trichloorbenzenen, PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, som trichloorbenzenen, PFAS
O50.8	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Koper, Zink, PFAS		PFAS		Opgelost: Koper, Zink, PFAS
O50.9	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Zink, PFAS		PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Zink, PFAS
O55	<i>niet gemeten</i>		PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: som trichloorbenzenen, PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, som

Monsterpunt	monitoringsronde 4, februari 2021		monitoringsronde 5, mei/juni 2021		monitoringsronde 6, september 2021		Jaargemiddelde 2021
	Overschrijdingen > JG- MKE	> MAC- MKE	> JG- MKE	> MAC- MKE	Overschrijdingen > JG-MKE	> MAC- MKE	Overschrijdingen > JG-MKE
							trichloorbenzenen, PFAS
O60	<i>niet gemeten</i>		PFAS	Opgelost: Arseen	PFAS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, PFAS
O70	<i>niet gemeten</i>		Opgelost: Chroom, PFAS		Opgelost: Arseen, Vanadium, PFAS		Opgelost: Arseen, Chroom, Vanadium, PFAS

Tabel 9: Overschrijdingen van de achtergrondwaarde in waterbodemmonsters (meetronde februari 2021).

Monsterpunt	Klasse A	Klasse B
S3		
S8	Molybdeen	
S20.2	Molybdeen	
S50.3	Arseen, Cadmium, Kwik, Molybdeen, Lood, Zink	Tin

5.2 Resultaten

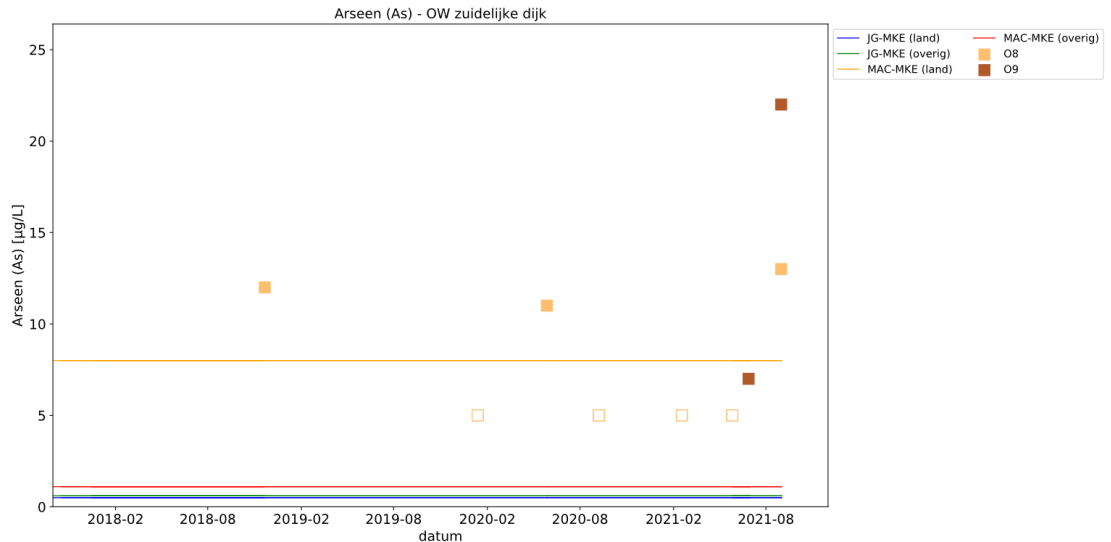
In de volgende paragrafen zijn de resultaten per object toegelicht, daarbij zijn alleen opvallende observaties, zoals overschrijdingen of verhoogde concentraties/waarden toegelicht. Naast het voorkomen van stoffen is onder andere gekeken naar de pH, de troebelheid van het water en de verhouding van bromide en chloride. Hieronder worden deze parameters verder toegelicht.

Bromide, chloride en sulfaat in het gebied zijn afkomstig van twee bronnen: het zeewater (via de Westerschelde) en de grootschalige bodemtoepassing (TGG). Het zeewater manifesteert zich via instroming in het buitendijks natuurgebied, en door zoute kwel. Eventuele uitloging van stoffen afkomstig uit de TGG is af te leiden uit de peilfilters die gezet zijn in het grondwater direct onder de TGG en direct naast de kwelsloot. Omdat sprake is van twee verschillende bronnen van deze stoffen, wordt het maken van onderscheid bemoeilijkt. Onderscheidend voor de in Perkpolder toegepaste TGG is echter de hoeveelheid bromide ten opzichte van de chloride. Daarom wordt de bromide-chloride-verhouding ten opzichte van deze verhouding in zeewater gebruikt als een indicatie van de bron. Bij zeewater is de verhouding 0.0035 g/g, terwijl deze veel hoger is in de TGG. Indien de bromide-chloride verhouding ruim hoger is dan 0.0035 g/g wijst dat zeer waarschijnlijk op verontreiniging vanuit de TGG. In zoet water kunnen bromide-gehalten zo laag zijn, dat de bromide-chlorideverhouding geen betekenis heeft. In dat geval wordt naar de absolute waarde van het bromide-gehalte gekeken.

Een verhoogde troebelheid kan in sommige gevallen leiden tot een overschatting van de gehalten aan PAK, PCB, OCB, dioxines of andere matig/slecht oplosbare organische parameters. Op een aantal plaatsen is bij de zware metalen zowel ongefiltreerd en als

monsters van de zuidelijke dijk wordt PFAS aangetroffen in concentraties boven de JG-MKE. Verder worden opgelost chroom, koper en zink boven de JG-MKE aangetroffen.

In het oppervlaktewater van het getijdegebied wordt eenmaal een verhoogde NTU van >10 waargenomen op locatie O8. De bromide-chloride verhouding is vergelijkbaar met zeewater (0,035 g/g), wel worden regelmatig hoge gehalten bromide aangetroffen.



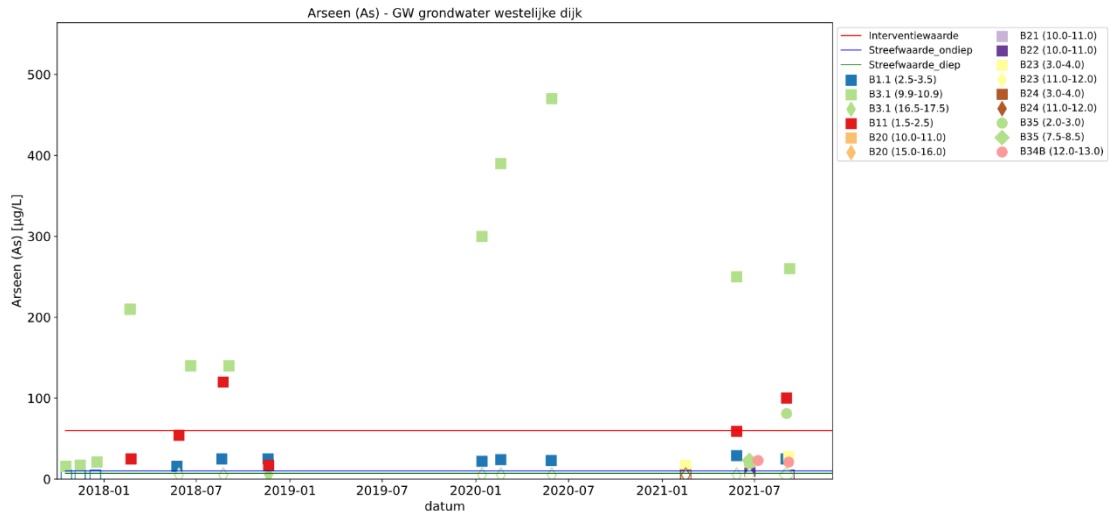
Figuur 20: Arseen in oppervlaktewater van de zuidelijke dijk (ingekleurde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, niet ingekleurde iconen geven de rapportagegrens weer).

5.2.2 Westelijke dijk

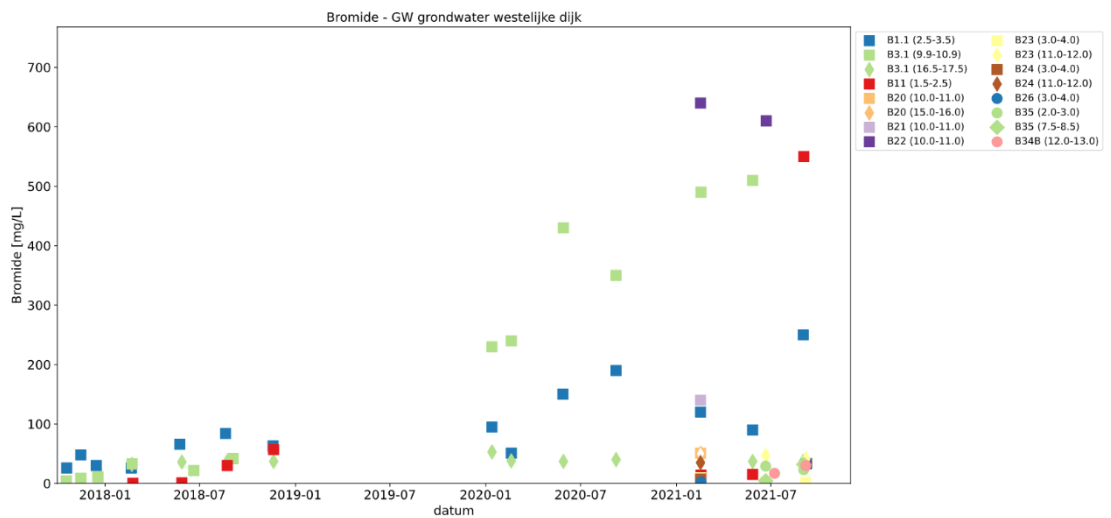
5.2.2.1 Grondwater

In het grondwater van de westelijke dijk zijn op locaties B3.1 (9.9-10.9) en B11 (1.5-2.5) bij elke meetronde overschrijdingen van de interventiewaarde door arseen geobserveerd, zie Figuur 21. Bij de 4^e meetronde (1^e meetronde van 2021) is bij locatie B3.1 (9.9-10.9) ook een overschrijding van de interventiewaarde door chroom geobserveerd. Bij de 5^e meetronde (2^e meetronde van 2021) is overschreed antimonium de interventiewaarde. Verder zijn er op verschillende locaties overschrijdingen van de streefwaarde waargenomen door arseen, barium, chroom, chloride, lood, molybdeen, nikkel en zink.

De pH van het grondwater van de westelijke dijk schommelt rond de 7 met op locatie B35 (7.5-8.5) een uitschieter naar een pH van 8. Op meerdere locaties is bij het bemonsterde grondwater een verhoogde troebelheid van > 10 NTU vastgesteld. In 2021 werd met name op locaties B20 (10-11), B21 (10-11) en B22 (10-11) een sterk verhoogde troebelheid waargenomen. De bromide-chloride verhouding ligt rond de 0.035 op de meeste plekken, wel worden regelmatig hoge gehalten bromide aangetroffen, zie Figuur 22. Op locaties B3.1 (9.9-10.9), B11 (1.5-2.5) en B22 (10-11) worden bromide concentraties waargenomen van >300 mg/L en is de verhouding bromide-chloride zodanig hoog dat dit duidt op invloed van TGG.



Figuur 21: Arseen in grondwater van de westelijke dijk (ingekleurde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, niet ingekleurde iconen geven de rapportagegrens weer).

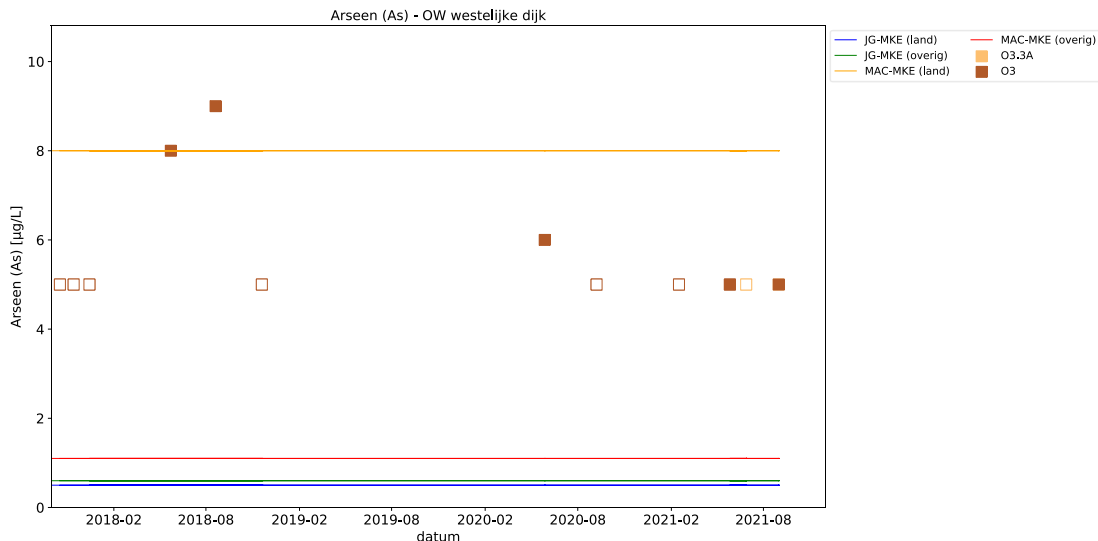


Figuur 22: Bromide gehalte in het grondwater (ingekleurde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, niet ingekleurde iconen geven de rapportagegrens weer).

5.2.2.2 Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater op locatie O3 overschrijdt bij de 5^e en 6^e meetronde (2^e en 3^e meetronde van 2021) de MAC-MKE voor opgelost arseen, zie Figuur 23. Opgelost arseen wordt ook boven de MAC-MKE aangetroffen op locatie 3.3A bij de 6^e meetronde. In alle oppervlaktewater monsters van de westelijke dijk wordt PFAS aangetroffen in concentraties boven de JG-MKE. Verder wordt opgelost zink tweemaal aangetroffen in een concentratie boven de JG-MKE en wordt opgelost koper eenmaal aangetroffen boven de JG-MKN.

De bromide-chloride verhouding ligt iets boven de 0.035 g/g en is daarmee verhoogd, zodat er invloed van uitloging uit TGG wordt aangenomen.

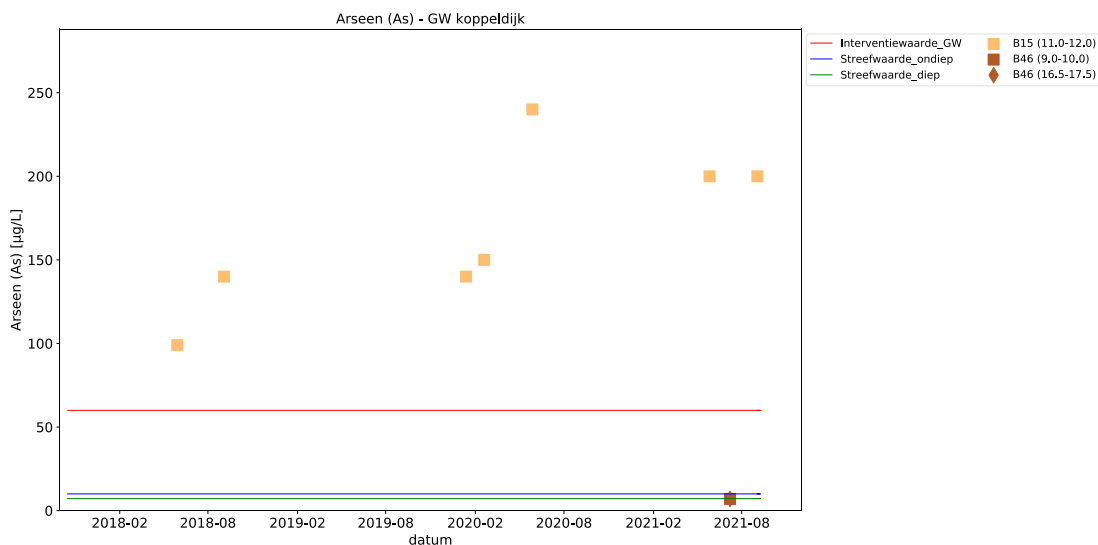


Figuur 23: Arseen in oppervlaktewater van de westelijke dijk (ingekleurde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, niet ingekleurde iconen geven de rapportagegrens weer).

5.2.3 Koppeldijk

5.2.3.1 Grondwater

Arseen zorgt op locatie B15 bij alle meetrondes van 2021 voor een overschrijding van de interventiewaarde, zie Figuur 24. De waardes lijken ook te stijgen. Locatie B46 is vanaf de 5^e meetronde gemonitord. Op beide dieptes van locatie B46 wordt de streefwaarde overschreden door barium, chloride en molybdeen.



Figuur 24: Arseen in grondwater van koppeldijk (ingekleurde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, niet ingekleurde iconen geven de rapportagegrens weer).

Op locatie B15 ligt de pH rond de 7, op locatie B46 is de pH ligt de pH rond de 8. De bromide-chloride verhouding ligt rond de 0.0035 en is daarmee niet verhoogd. Daarmee kan ook niet gezegd worden of de arseenwaardes aan uitloging van TGG kunnen worden toegeschreven.

5.2.4 Natuurgebied

5.2.4.1 Grondwater

Het grondwater in het getijdegebied is vanaf de 5^e meetronde (2^e meetronde van 2021) gemonitord. Op locatie B39 wordt bij de laatste meetronde van 2021 een overschrijding van de interventiewaarde door arseen geobserveerd, maar op de andere 2 locaties is dat niet het geval. Op alle locaties wordt de streefwaarde overschreden voor één of meer stoffen. Het gaat om arseen, barium, cadmium, chloride, chroom, lood, molybdeen, nikkel en zink overschrijden op ten minste een locatie de streefwaarde voor grondwater.

De pH in het natuurgebied schommelt rond de 6, met een verhoging tot een pH van 7 en 8 op locatie B39. Op alle grondwater locaties is in 2021 een verhoogde troebelheid waargenomen (NTU >10). De troebelheid was in 2021 maximaal rond de 150 NTU. De bromide-chloride verhouding ligt rond de 0.0035, zowel in het grondwater als in het oppervlaktewater.

5.2.4.2 Oppervlaktewater

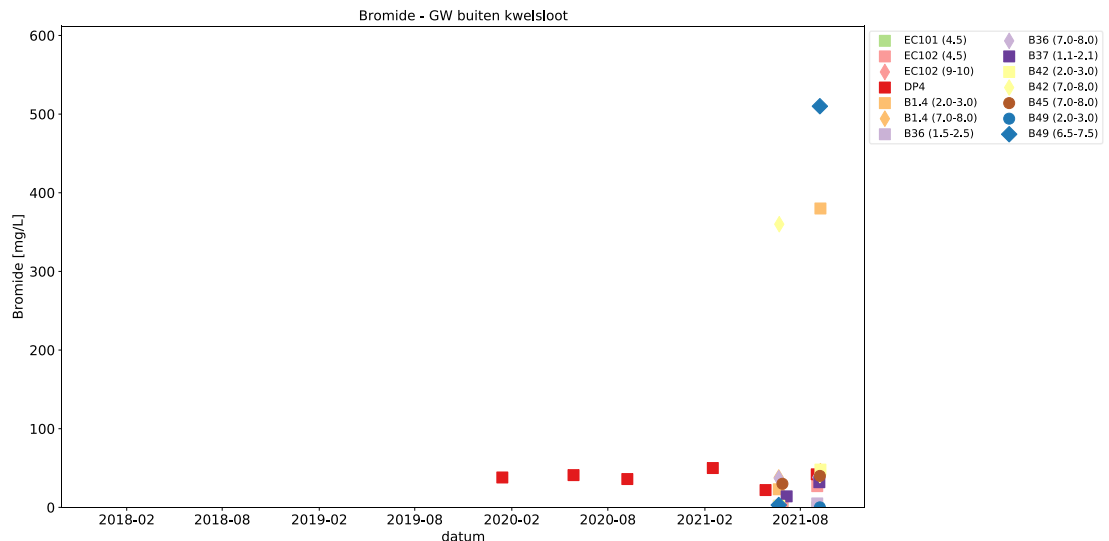
Er worden in het oppervlaktewater van het getijdegebied geen overschrijdingen van de MAC-MKE aangetroffen. In alle oppervlaktewater monsters van het natuurgebied wordt PFAS aangetroffen in concentraties boven de JG-MKE. Dat is consistent met verhoogde concentraties in de gehele Westerschelde. Opgelost koper wordt het gehele jaar op bijna alle locaties ook boven de JG-MKE aangetroffen. Ook zink wordt af en toe boven de JG-MKE aangetroffen.

De pH in oppervlaktewater van het getijdegebied lag halverwege 2021 rond de 7, maar later werd een pH gemeten van ruim 8. In het oppervlaktewater van het getijdegebied wordt eenmaal een verhoogde NTU van >10 waargenomen op locatie O43.

5.2.5 Grondwater buiten kwelsloot

Op locatie B49 wordt bij de laatste meetronde een overschrijding van de interventiewaarde door chroom en koper waargenomen.

De pH van grondwater locaties buiten de kwelsloot schommelt rond de 7, met een kleine uitschieter naar een pH van 8 op locatie EC101. Op veel grondwater locaties buiten de kwelsloot is een verhoogde NTU waargenomen, met uitschieters tot wel 700 NTU. De hoogste NTU waarden worden aangetroffen op locatie B36 (1.5-2.5) en B37 (1.1-2.1). De bromide-chloride op zoute locaties ligt rond de 0.0035, wel worden er uitschieters tot ruim 500 mg/L bromide aangetroffen. De hoogste bromide concentraties zijn waargenomen op locaties B49 (6.5-7.5) en B1.4 (2-3), zie Figuur 25. Vanwege de sterk verhoogde bromide gehalten zijn locaties B49 en B1.4 opnieuw bemonsterd in november 2021. Bij de herbemonstering is geen verhoogd bromide gehalte waargenomen. De metingen in oktober worden toegeschreven aan een meetfout, al is een tijdelijk effect gerelateerd aan de recente plaatsing van de peilfilters ook niet uitgesloten.



Figuur 25: Bromide in het grondwater buiten de kwelsloot.

5.2.6 Oppervlaktewater benedenstrooms

Op locaties A3.5A, O50.5, O50.7, O50.9, O55, en O60 wordt opgelost arseen bij ten minste een meetronde boven de MAC-MKE aangetroffen. Op alle oppervlaktewater locaties benedenstrooms wordt PFAS aangetroffen boven de JG-MKN. Bij locatie O50.5, O50.7 en O55 (het Weeltje) is de som concentratie opgeloste trichloorbenzenen boven de JG-MKE. Verder worden opgelost koper, zink en vanadium op ten minste een locatie boven de JG-MKE aangetroffen.

De pH van oppervlaktewaterlocaties benedenstroom ligt rond de 7. Op locaties O50.9 en O70 is een pH van rond de 8 waargenomen. De bromide-chloride verhouding ligt rond de 0.0035 en is daarmee niet verhoogd. Daarmee is geen invloed meetbaar van TGG op de waterkwaliteit benedenstrooms.

5.2.7 Waterbodem

Tin wordt op locatie S50.3 (het Weeltje) aangetroffen boven de maximale waarden van klasse B. De waterbodem nabij Perkpolder is in 2021 eenmaal gemonitord. Bij deze monitoring werd op drie van de vier locaties molybdeen aangetroffen boven de achtergrondwaarde: zowel in de bovenstroomse referentie (S20.2), de zuidelijke kwelsloot (S8) en het Weeltje (S50.3). Verder zijn op locatie S50.3 overschrijdingen van de maximale waarden van klasse A voor arseen, cadmium, kwik, lood en zink aangetroffen.

5.3 Conclusie

De situatie is niet wezenlijk gewijzigd ten opzichte van 2020: arseen wordt vaak hoog aangetroffen in het grondwater direct onder de TGG, maar dat is zeker niet overal het geval. In de kwelsloot is de invloed van TGG zichtbaar vanuit een lichte verhoging van de bromide-chloride-verhouding. Dat geldt te meer in de peilfilters direct naast de TGG. Of de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater negatief wordt beïnvloed door de TGG kan niet direct worden aangenomen: het gaat immers om zout/brak oppervlaktewater dat enigszins zouter wordt. Een effect van arseen in het oppervlaktewater is wellicht wel toe te schrijven aan de TGG, maar dat kan niet worden vastgesteld. Arseen komt vaak voor in dit gebied (ook in deze gehaltenes), bij voorbeeld door pyriet oxidatie. Bovendien zou de overgang van zoet naar zout als gevolg van de ontpoldering een rol kunnen spelen.

Het landbouwgebied, en het oppervlaktewater benedenstrooms wordt niet beïnvloed door de TGG.

6 Grasbekledingsonderzoek

De resultaten van dit onderzoek, zie 4.2.5, zijn verwerkt in een memo, dat is bijgevoegd als Bijlage C van dit onderzoek.

6.1 Inleiding

Conform het Plan van Aanpak zal er in de periode van 2020-2023 jaarlijkse een visuele inspectie worden uitgevoerd om de kwaliteit en sterkte van de grasmat op het dijklichaam in kaart te brengen. Door middel van deze inspectie wordt in kaart gebracht in hoeverre sprake is van scheurvorming in de toplaag en afwijkingen in de ontwikkeling van de grasmat. De inspectie van 2021 is vergeleken met de inspectie in 2018 en 2020.

Uit het onderzoek uit 2018, bijlage I van bijlagerapport B (Deltares, 2019b) blijkt dat de ontwikkeling van de grasmat niet significant afwijkt van de normale situatie van gras op een relatief nieuwe dijk. Er is vrijwel overal sprake van een gesloten graszode, met uitzondering van enkele zandige plekken. Geconcludeerd wordt dat de jonge grasmat lijdt onder de droogte. De inspectie werd uitgevoerd in de droge zomer van 2018 (midden juli). De monitoring van 2020 vond plaats in mei, net voor dat er gemaaid werd, omdat onder deze omstandigheden de inspectie het meest effectief is. Daarbij zijn ook enkele bodemonsters genomen. De resultaten worden hieronder besproken en zijn in detail weergegeven in bijlage F.

6.2 Toetsing

Voor het grasonderzoek zijn 11 locaties onderzocht, waaronder de 4 locaties die in 2018 ook onderzocht zijn. Op zeven van de elf locaties zijn de voorkomende gras- en kruidensoorten in samenhang met substraat zijn onderzocht door middel van een vegetatieopname. Aanvullend zijn vegetatieopnamen genomen in twee nieuwe proefvakken. De grasmat is beoordeeld volgens de methode van het WBI2017 (ILT, 2017).

6.3 Resultaten

Het aantal geïdentificeerde soorten varieert per locatie van 15-38, de grasbekleding varieert daarmee van relatief soortenrijk tot soortenarm. De grasbekleding varieert van slecht ontwikkeld tot gesloten graszoden met dichte doorworteling.

6.4 Conclusie

De grasbekleding van de dijk is nog steeds in ontwikkeling en bestaat voor een steeds kleiner deel uit voornamelijk rood zwenkgras (afkomstig uit inzaaimengsel D2). Hoog opgaande grassoorten, die horen bij het toegepaste maaibeheer (tweemaal maaien met afvoer van het maaisel), spelen een steeds grotere rol in de dijkvegetatie. De grasbekleding lijkt zich te ontwikkelen richting glanshaverhooiland waarin glanshaver de dominante grasoort is. Het lutumgehalte is zowel op het binnen- als buitentalud aan de lage kant waardoor de mogelijkheid zich voordoet om hier de soortenrijke variant van het glanshaverhooiland te ontwikkelen. Indien geschikte zaadbronnen in de directe omgeving aanwezig zijn kan deze ontwikkeling zich spontaan voltrekken. Indien geschikte zadenbronnen ontbreken kan worden overwogen om een bij de grondsoort passend zadenmengel door te zaaien. Dit zadenmengsel kan bestaan uit louter kruiden of een combinatie van grassen en kruiden. Over het algemeen is er sprake van een gesloten graszode met een dichte doorworteling (conform WBI2017). Alleen op een aantal kleine plekken waar de grasbekleding relatief

slecht ontwikkeld is als gevolg van uitval door verdroging of door zoutspray (?) is de grasbekleding visueel open en de doorworteling open tot soms fragmentarisch. Afhankelijk van de kans op belasting van deze strekkingen door golfloop of door golfoverslag, kan dit een probleem zijn bij de veiligheidsbeoordeling van de dijk en maatregelen in het beheer noodzakelijk maken. In 2021 zijn geen zoutminnende plantensoorten meer aangetroffen. De enige locatie waar die in 2020 nog wel werden aangetroffen ligt nu onder een dikke laag slootbagger. Er zijn geen bijzonderheden in de dijkvegetatie aangetroffen die duiden op een negatieve invloed van de thermisch gereinigde grond in de kern van de dijk, zoals zoutminnende vegetatie.

7 Resultaten aanvullend onderzoek

7.1 Samenstellings- en uitlogingsonderzoek

7.1.1 Inleiding

In 2017 en 2018 is op diverse momenten uitlogings- en samenstellingsonderzoek uitgevoerd op TGG en omliggende grond. Waar bij het plaatsen van nieuwe peilbuizen door TGG is geboord, is ook samenstellings- en uitloogonderzoek uitgevoerd. Op deze manier kan worden vastgesteld welke stoffen aanwezig zijn en beoordeeld worden in welke mate deze stoffen mobiel kunnen zijn. Het stoffenpakket is gebaseerd op die groepen waarvoor ook in 2017/2018 overschrijdingen werden aangetroffen, of die -tegen de verwachting voor thermisch gereinigde grond- toch werden aangetroffen. Bovendien is het pakket aangevuld met PFAS (dat in 2018 maar beperkt werd geanalyseerd) en polygebromeerde difenylethers (BDE), een stofgroep die niet eerder in TGG werd geanalyseerd, maar waarvoor het denkbaar is dat het wordt aangetroffen³².

³² BDE worden vaak gebruikt als brandvertragers, en wordt vaak aangetroffen in vervuilde grond na brand. Daarmee is het denkbaar dat ze ook voor thermische reiniging worden aangeboden en zo in de TGG terecht komen.

7.1.2 Resultaten

Samenstellingsanalyse en uitloogonderzoek van 9 TGG monsters laat de volgende overschrijdingen zien:

Tabel 10: Toetsing TGG monsters³³

Naam	Achtergrond-waarde	Klasse Wonen	Klasse Industrie	Niet toepasbaar
6:2 FTS				1
Antimoon (Sb) (uitloging)				2
Nikkel (Ni)			9	
Zink (Zn)			9	
β-HCH	4		5	
Chroom (Cr)	6		3	
Benzeen	6		3	
Tolueen	8		1	
α-HCH	8		1	
Kobalt (Co)		9		
Tin (Sn)		9		
Lood (Pb)		8	1	
Molybdeen (Mo)	2	7		
Koper (Cu)		6	3	
Vanadium (V)	1	6	2	
Kwik (Hg)	5	5	4	
Cadmium (Cd)	4	4	5	
Antimoon (Sb)	7	2		
Som PAK (10)	7	1		

De resultaten zijn zeer vergelijkbaar met eerdere samenstellingsanalyse van deze TGG (Deltares, 2019b):

- Toetsing als klasse industrie (nikkel, zink, cadmium³⁴) of wonen (kobalt, tin, lood³⁵, molybdeen) op basis van diverse zware metalen
- Meetbare gehalten vluchtige stoffen (benzeen 3 maal, tolueen 1 maal, α-HCH 1 maal, β-HCH 2 maal, 1,2,4-trichloorbenzeen 5 maal).
- Overschrijding van de maximale emissiewaarde (EW) voor antimoon in 2 gevallen.
- Een ten opzichte van normale grond verhoogde pH (8.4-9.0)
- Hoge sulfaat- (2800-6300 mg/kg ds), bromide- (tot 54 mg/kg ds) en calciumgehalten (38-67 g/kg ds)

Enmaal werd een hoog gehalte 6:2 FTS gemeten van 5.6 µg/kg ds³⁶, terwijl in de andere monsters het gehalte onder de rapportagegrens van 0.1 µg/kg ds. Deze stof werd in TGG bij

³³ Ook diverse chloorfenol-sommen worden getoetst als klasse wonen of industrie. Het gaat hier echter om berekende waarden op basis van rapportagegrenzen: in geen van de monsters is een chloorfenol boven de rapportagegrens aangetroffen.

³⁴ Ook 4 maal klasse wonen

³⁵ Ook 1 maal klasse industrie

³⁶ Bij heranalyse werd 5.2 µg/kg ds gemeten.

Perkpolder niet eerder aangetroffen, maar wordt incidenteel aangetroffen in andere partijen TGG (Ten Kate, pers comm).

Opvallend is dat in het geval van antimoon de emissiewaarde 2 maal wordt overschreden, terwijl de emissietoetswaarde (ETW) voor antimoon niet wordt overschreden. Wellicht wordt dat veroorzaakt door de mobilisering vanwege de hoge pH en EC van het oxyanion $\text{Sb}(\text{OH})_6$.

Deze ETW is juist vastgesteld als “signaalwaarde” voor uitloogrisico’s: pas als deze overschreden is wordt uitloogonderzoek voorgeschreven. Als bij dit onderzoek ook deze systematiek was gevolgd, zou geen aanleiding zijn geweest tot uitlogingsonderzoek, waar die wel tot een overschrijding leidde. Dit is een extra reden voorzichtig te zijn met de interpretatie van milieukundig onderzoek waar het TGG betreft: aangezien de matrix zodanig afwijkt van “natuurlijke grond” kan ook bij de voorspelling van (uitloog)gedrag minder worden vertrouwd op gedrag van stoffen zoals dat voor grond is vastgesteld.

7.1.3 Conclusie

De samenstelling van de TGG is zeer vergelijkbaar met de eerdere samenstellingsmetingen uit 2017 en 2018. Getoetst als grootschalige toepassing in de bodem voldoen 6 van de 9 monsters: 2 monsters zijn niet toepasbaar vanwege overschrijding van de emissiewaarde voor antimoon, en 1 vanwege het gehalte 6:2 FTS.

7.2 Onderzoek vaststellen grens TGG

7.2.1 Inleiding

Aan de noordzijde van het voormalige veerplein (de Koppeldijk) te Perkpolder is een verholten waterkering aanwezig (een waterkering van asfalt, met daarbovenop een afdeklaag van grond) die de begrenzing vormt van een in 2004 en 2005 aangelegde terp. In die kering is thermisch gereinigde grond (TGG) toegepast. Rijkswaterstaat heeft Deltares verzocht boringen uit te laten voeren om vast te stellen of zich op de bestemmingsplangrens nabij deze toepassing en direct ten zuiden daarvan nog TGG bevindt.

Daartoe is in oktober 2020 een indicatieve boring uitgevoerd, gevolgd door aanvullende boringen in januari 2021. Tijdens de uitbreiding van het meetnet zijn tevens 2 extra boringen uitgevoerd. Tot slot zijn grondradar metingen uitgevoerd.

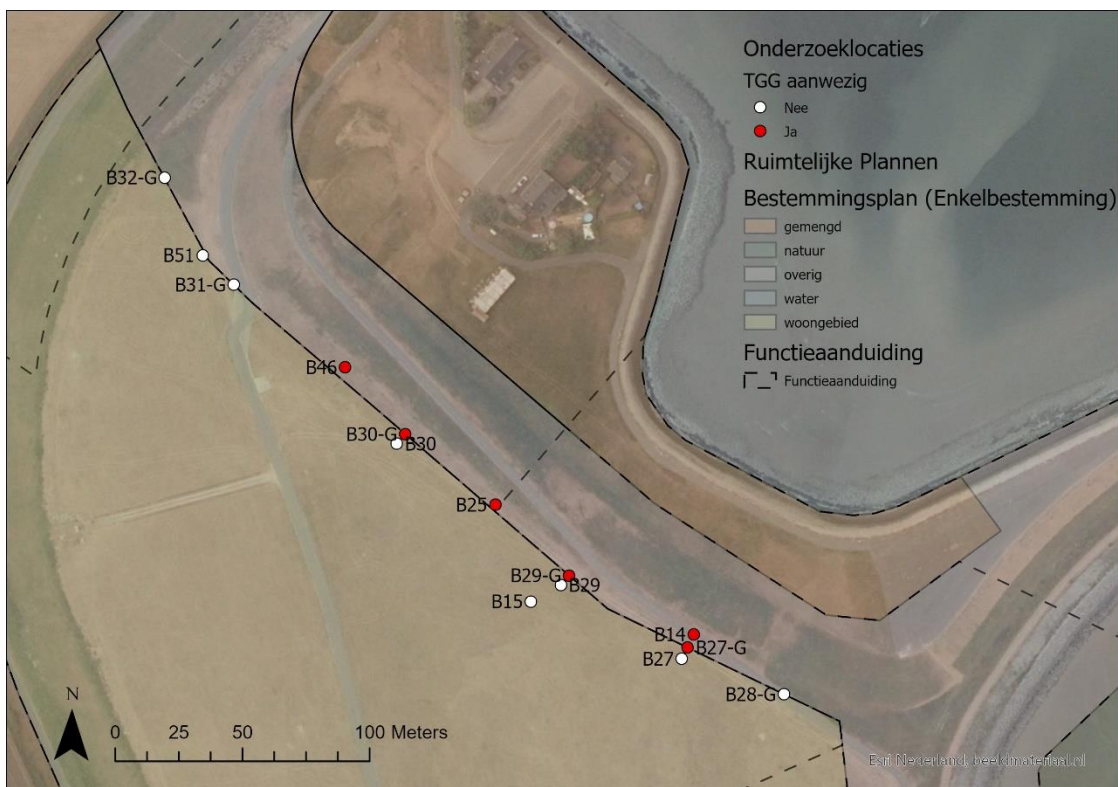
7.2.2 Resultaten

Op de bestemmingsplangrens werd op 4 locaties TGG aangetroffen en op 3 locaties (waaronder de twee randen van de TGG-toepassing) niet. De boringen 5 meter ten zuiden van deze grens bevatten geen TGG-laag. Wel werden op één locatie in een zandlaagje van 10 cm sporen TGG aangetroffen.

De grondradar metingen zo zijn zo uitgevoerd, dat ze over locaties liepen waar door de boringen bekend was wat de TGG dikte was. Hier werd echter geen TGG gedetecteerd, waardoor moet worden geconcludeerd dat grondradar niet geschikt is als detectiemethode. Dit kan te maken hebben met de aanwezigheid van zout in de laag boven de TGG.

7.2.3 Conclusie

TGG is op diverse plekken aanwezig op de bestemmingsplangrens “wonen”. Daarmee kan het niet anders dan dat ook ten zuiden van deze grens nog TGG bevindt. Op geen van de locaties werd 5 meter ten zuiden van de grens een TGG-laag aangetroffen. Wel werden op één locatie sporen van TGG in een 10 cm dikke zandlaag aangetroffen. Een overzicht is weergegeven in Figuur 26.



Figuur 26. Locatie van de boringen met (rood) en zonder (wit) TGG op de koppeldijk ten opzichte van de bestemmingsplan-grens.

Om de grens beter in kaart te brengen is grondradar ongeschikt, maar er zijn een aantal mogelijkheden beschikbaar, ieder met hun eigen voor en nadelen:

- Extra boringen of sonderingen. Daarbij kan ook overwogen worden om met een magneet-conus te sonderen om de TGG te detecteren.
- Analyse van satellietfoto's tijdens de aanleg kunnen eveneens (zeker nu de precieze locatie van de TGG bekend is met boringen op enkele plekken) mogelijk een preciezer beeld geven.

7.3 Verkittingsonderzoek en geofysische samenstelling

7.3.1 Inleiding

Verkitting, het aan elkaar vastplakken van TGG, is eerder als risico gedefinieerd direct na de aanleg. Verkitting kan leiden tot monolietvorming (een verkit lichaam) in de dijk, waardoor op de overgang tussen zo'n monoliet en het losse materiaal verschilzettingen kunnen ontstaan en daarmee de stabiliteit van de dijk wordt aangetast. De meest voor de hand liggende vorm is de vorming van calciumcarbonaat (CaCO_3).

Om aan te tonen of verkitting heeft plaatsgevonden moeten zo veel mogelijk ongestoorde monsters worden genomen. Aangezien monsternamen in de TGG moeilijk verloopt (zeker op grotere diepte), wordt bij boringen de TGG zodanig verstoord dat een eventuele verkitting tijdens de monsternamen zou kunnen worden verbroken. Daarom is hier bij monsternamen gekozen voor de holle avegaar: daarmee wordt een boorbuis binnenin een avegaarboring ongestoord genomen. Steeds is 1 of 2 monsters binnen 1 boring geanalyseerd in elke dijk: de Koppeldijk (B46), de Westelijke dijk (B34, noordelijke raai), en de Zuidelijke dijk (B44, westelijke raai).

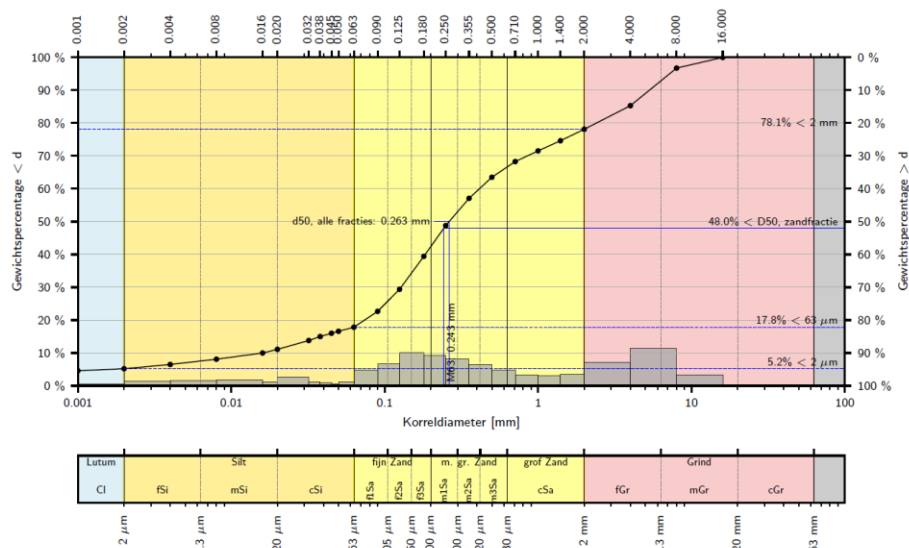
Verder is gekeken naar de fysische samenstelling door middel van een korrelgrootteverdeling, analyse van rondheid (roundness), -indicatieve- microscopische analyse van het materiaal en is het soortelijk gewicht bepaald om tot een zo compleet mogelijke fysische beschrijving te komen van het materiaal.

7.3.2 Resultaten

Visueel werd geen verkitting waargenomen. Het materiaal was allemaal los, hoewel het soms moeilijk uit de boorbuis was te halen. Dat op zichzelf zou een aanwijzing voor verkitting kunnen zijn. In het laboratorium is een vijftal monsters in water geplaatst, waarna het gedrag werd geobserveerd. Ook dat leidde niet tot aanwijzingen voor verkitting.

Ook indirecte aanwijzingen voor verkitting zijn er niet. Het samenstellingsonderzoek gaf hoge calciumgehalten (en dat is een noodzakelijke voorwaarde voor verkitting door CaCO_3), maar een grond-pH van maximaal 9. Dat is weliswaar verhoogd ten opzichte van grond, maar zeker 2 eenheden te laat om risico op verkitting te laten bestaan. Omdat de pH naar verwachting zal afnemen in de loop der tijd, wordt het verkittingsrisico steeds lager.

De korrelgrootteverdeling heeft een duidelijke knik, wat duidt op menging van verschillende partijen. Een karakteristieke verdeling is hieronder weergegeven.



Figuur 27: Korrelgrootteverdeling van TGG bij B46 (6.0-7.0 m)

De Grind/Zand/Silt/Lutum-fracties en de rondheid (Powers) is in onderstaande tabel samengevat (zie Bijlage E.3):

Tabel 11: Korrelverdeling en rondheid van TGG

Boring	Diepte (mv)		Fractieverdeling				Korrelvorm volgens Powers (1953)		
	van	tot	>2 mm	63µm-2 mm	2 µm-63 µm	<2 µm	bolvormigheid	rondheid	R
	[m]	[m]	[%]	[%]	[%]	[%]			[-]
B34	1	2	21.6	63	9.7	5.7	zeer bolvormig	matig rond	0.4
B44	2	3	19.6	58.1	17.5	4.8	zeer bolvormig	matig rond	0.4
B44	4	5	28.1	50.5	16.9	4.5	zeer bolvormig	matig hoekig	0.3
B46	4	5	22.5	59.3	13.7	4.5	zeer bolvormig	matig rond	0.4
B46	6	7	21.9	60.3	12.6	5.2	zeer bolvormig	matig rond	0.4

De rondheidswaardes zijn in dit geval niet erg duidelijk en daarom zijn de monsters nader geanalyseerd. Daaruit blijkt dat zowel zeer ronde als hoekige korrels voorkomen, zowel in de grovere als de fijnere fracties. Daarmee kan ook niet worden gezegd dat de grove fractie (>2 mm) uitsluitend uit steenslag bestaat.

Het soortelijk gewicht van het materiaal varieert van 2.59 tot 2.63 kg/L, net iets lagere waarden dan puur (silica)zand. Verschillende korrelgroottefracties geven ook geen grote verschillen in het soortelijk gewicht.

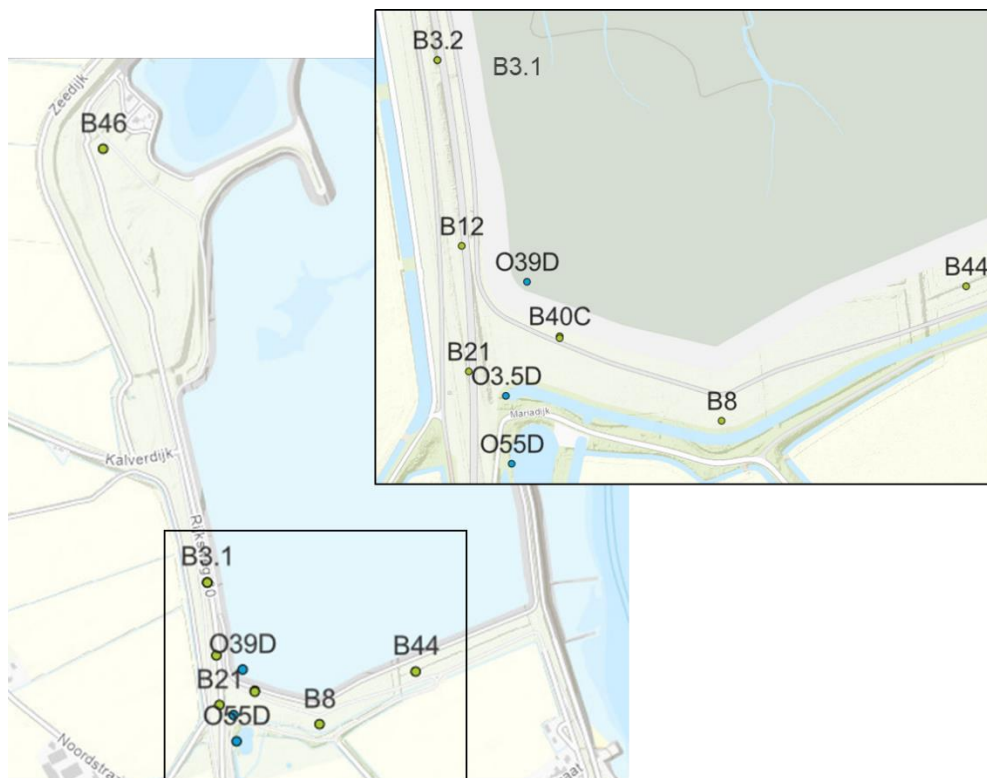
7.3.3 Conclusie

Verkitting op grond van hoge pH is niet waargenomen, en het materiaal bestaat uit los materiaal. Wel kan door indroging enige samenhang worden verkregen door precipitatie van (chloride of sulfaat)-zouten. Het gaat om een menging van grof en fijn materiaal. De grove fractie bestaat uit een menging van rond en hoekig materiaal.

7.4 Onderzoek naar waterstand TGG

7.4.1 Inleiding

In 2021 zijn op enkele locaties piëzometers uitgehangen om gedurende een periode van drie maanden de waterstand te meten. Het doel van dit onderzoek was uitzoeken of in de dijk toegepaste TGG in contact komt met het aanwezige grondwater. Aanvullend zijn drie piëzometers uitgehangen in oppervlaktewater in het getijdegebied (O39D), het Weeltje (O55D) en kwelsloot (O3.5D) om te kijken naar fluctuaties in de waterhoogte. In Figuur 28 zijn de locaties van piëzometers weergegeven.



Figuur 28: Locaties van piëzometers, in groen de grondwaterlocaties en in blauw de oppervlaktewaterlocaties. Het zwarte vierkant is ingezoomd in de locaties in de zuidwesthoek van de dijk.

7.4.2 Resultaten

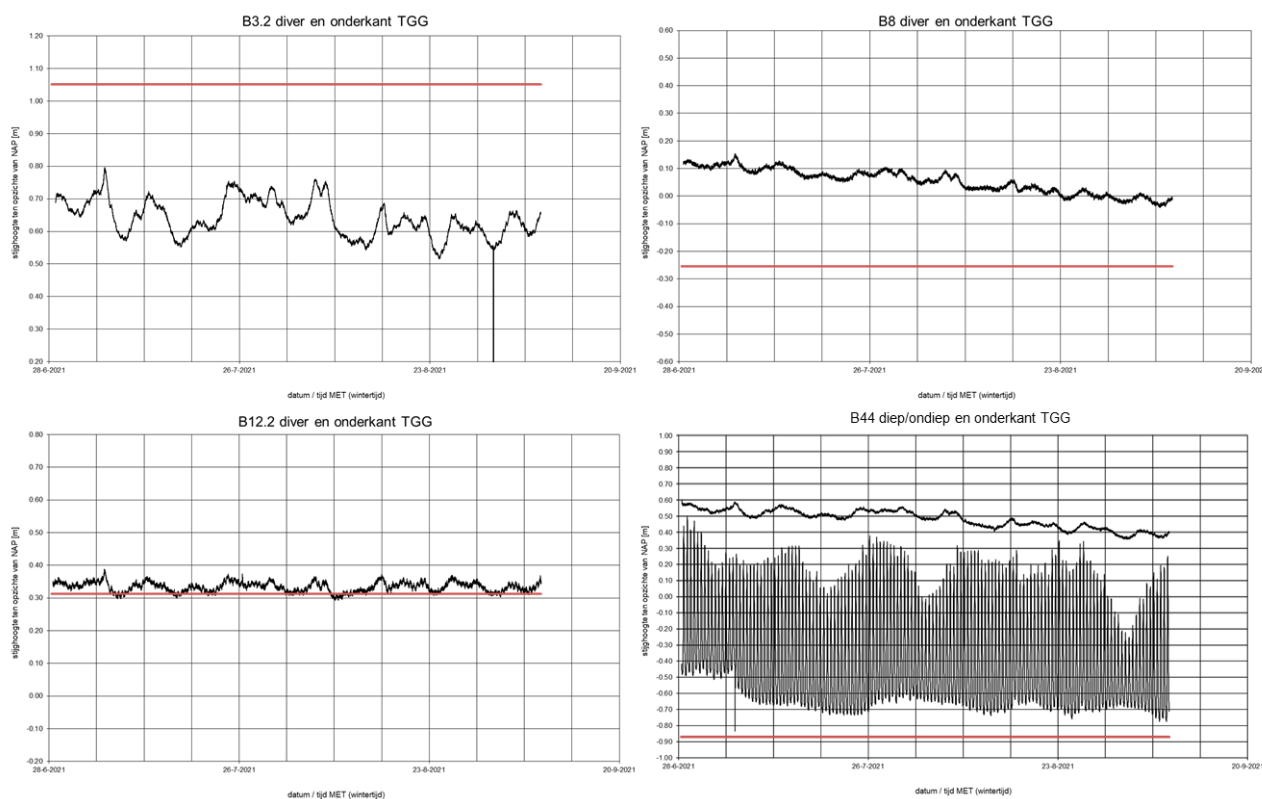
In totaal zijn 10 piëzometers uitgehangen op grondwaterlocaties. Zie Tabel 12 voor de locaties van piëzometers, de hoogte van TGG per locatie en of de TGG in contact komt met het grondwater. In Figuur 29 zijn de resultaten van het onderzoek naar de waterstand en de hoogte van de TGG weergegeven voor een viertal locaties. Daarnaast zijn drie piëzometers op oppervlaktewaterlocaties in het getijdegebied (O39D), Weeltje (O55D) en kwelsloot (O3.5D).

Bij B44 is te zien dat de hogere waterdruk ondiep een indicatie is dat water afstroomt naar het diepere grondwater. Dat diepere grondwater staat in verbinding met de zandlagen onder het natuurgebied en zijn dus sterk onderhevig aan getij. Het ondiepere grondwater is dat veel minder. Het verschil in gedrag is een indicatie (naast de bodemopbouwgegevens ter plekke) dat hier een waterremmende laag aanwezig is.

In Bijlage D zijn de resultaten van alle locaties (grondwater en oppervlaktewater) weergegeven.

Tabel 12: Conclusies hoogte TGG tov grondwater

Locatie	Hoogte TGG t.o.v. NAP (m)	TGG in contact met grondwater
B3.1 (midden westelijke dijk)	1,07	Nee (peilbuis staat droog)
B3.2 (midden westelijke dijk)	1,05	Nee
B8 (westen zuidelijke dijk)	-0,25	Ja
B12.2 (zuiden westelijke dijk)	0,31	Ja
B21 (zuiden westelijke dijk)	1,10	Nee
B40C (westen zuidelijke dijk)	-1,34	Nee
B44 diep (oosten westelijke dijk)	-0,87	Ja
B44 ondiep (oosten westelijke dijk)	-0,87	Ja
B47 (oosten westelijke dijk)	-1,12	Ja



Figuur 29: Grondwaterstand en hoogte TGG op locaties B3.2, B8, B12.2 en B44 (zowel diep als ondiep).

7.4.3

Conclusie

Uit het uitgevoerde onderzoek naar de waterstand op locaties waar TGG is toegepast blijkt dat de TGG op sommige plekken aan de onderkant onder water staat. De getijbeweging in die onderkant is echter beperkt, waardoor dit grensvlak niet 2 maal per dag geïnundeerd wordt. De observatie is van belang omdat juist waar de TGG gedeeltelijk in het water staat meer uitloging van daarin aanwezige stoffen zal plaatsvinden.

8 Aanbevelingen

Deze rapportage beschrijft de resultaten van de monitoring in 2021. Deze kunnen uiteraard niet los worden gezien van eerdere metingen, en daarom worden die in de resultaten waar mogelijk meegenomen. In de Trendanalyse Perkpolder van de jaren 2017-2021 (in voorbereiding) wordt uitgebreider ingegaan op de verschillende trends die waargenomen worden in het gebied rondom de nieuwe zeedijk bij Perkpolder, conclusies en discussiepunten worden daarom hier niet opgenomen, wel zijn hieronder enkele aanbevelingen opgenomen:

- In 2022 is het meetnet rondom de nieuwe zeedijk bij Perkpolder sterk uitgebreid. Vooralsnog geeft dat nu nog geen uitgebreide informatie, maar wel inzicht in variaties. Vanwege consistentie en omwille van het vaststellen van mogelijke trends in de tijd wordt het aangeraden om in 2022 de metingen volgens het uitgebreide meetnet voort te zetten. Daarna kan er opnieuw beoordeeld worden welke locaties met welke analysepakketten gemonitord moeten worden.
- De ontwikkeling van de grasmat gaat goed, maar het is belangrijk om de ontwikkeling te blijven monitoren in 2022.
- Het is belangrijk om te blijven monitoren, met name op zware metalen. Bij de PFAS verbindingen moet speciale aandacht besteed worden aan 6:2 fluortelomeer sulfonzuur (6:2 FTS), deze stof in verhoogde concentraties gemeten in de TGG, maar vanwege de hoge rapportagegrens (25 µg/l) wordt de stof nu nog nergens gemeten.
- Vanwege mogelijke waterbodemp Problemen bij het Weeltje moet overwogen worden om te baggeren in verband met de kwaliteit van het slib.
- Of TGG “bodenvreemd materiaal” is kan op basis van de huidige resultaten niet worden vastgesteld. Aanvullend onderzoek is daarom aan te raden.

9 Bronnen

- BRL2000. (2013). *Beoordelingsrichtlijn Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek*. SIKB, versie 5, 12 december 2013.
- BRL2002. (2013). *Protocol Het nemen van Grondwatermonsters*, SIKB. versie 4, 12 december 2013.
- Centre of Expertise Delta Technology (COE). (2019). *Perkpolder Tidal Restoration*. Circulaire Bodemsanering. (2013). 1 juli 2013.
- Deltares. (2014). 1209989-000-GEO-0003. *Thermisch gereinigde grond Natuurcompensatie Perkpolder*.
- Deltares. (2016). 1220438-000-GEO-0012. *Analyse TGG Perkpolder. Eindrapportage*.
- Deltares. (2016a). *Metingen grondwatersysteem Perkpolder en werking kwelvoorziening - rapportage meetjaren 2014 en 2015*. Rapport, 1210613-000-BGS-00 15, definitief, 25 januari 2016, 45 bladzijden.
- Deltares. (2019). 11200482-000-GEO-0022 *Onderzoek naar effecten aanwezigheid van TGG in dijken van de Perkpolder. Eindrapportage*.
- Deltares. (2019a). 11200482-013-GEO-0002. *Grondwateronderzoek primaire kering Perkpolder. Bijlagerapport A bij Eindrapportage TGG in dijken Perkpolder*.
- Deltares. (2019b). 11200482-000-GEO-0015. *Milieuchemische analyses Perkpolder, Bijlagerapport B bij Eindrapportage TGG Perkpolder*.
- Deltares. (2019c). 11200482-000-GEO-0008. *Onderzoeksresultaten geotechnische analyses TGG-materiaal Perkpolder. Bijlagerapport C bij Eindrapportage TGG Perkpolder*.
- Deltares. (2020). 11203217-005-BGS-0002. *Vervolgmonitoring Perkpolder. Plan van Aanpak*.
- Deltares. (2021). 11203217-005-BGS-0004. *Monitoring Perkpolder. Jaarrapportage 2020*.
- Fugro. (2012). *Geotechnisch onderzoek betreffende Natuurcompensatie Perkpolder, ref. 6011-0232-001*.
- Grontmij. (2008). *Milieukundig- en geotechnisch grondonderzoek Perkpolder*. Rapport, 13/99083862?VC, revisie D1, 20 maart 2008, 61 bladzijden.
- ILT. (2017). *Wettelijk Beoordelings Instrumentarium 2017 Handboek voor de toezichthouder*.
- Kramer, M. G. (2008). *Ontwerpnote Natuurcompensatie Perkpolder (NCP)*. Opgehaald van https://www.projectenportfolio.nl/images/a/a1/Bind_2_-_Ontwerpnote_Natuurcompensatie_Perkpolder_Com_1.0.pdf
- NEN. (2019). *NEN 6600-2:2019. Water - Sampling - Part 2: Surface water*.
- Rijksoverheid. (2009). *Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009*. laatst gewijzigd 2017.
- Rijksoverheid. (2010). *Regeling monitoring kaderrichtlijn water*. laatst gewijzigd 2015.
- Rijksoverheid. (2021). *Handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (versie december 2021)*.
- Rijkswaterstaat. (2019). *Toelichting op de zoute ecotopenkaart Westerschelde 2018*.
- RIVM. (2018). *Risicobeoordeling van het gebruik van thermisch gereinigde grond in Perkpolder (Zeeland)*. doi:10.21945/RIVM-2018-0063
- RIVM. (2020). *Indicatieve niveaus voor ernstige bodem- en grondwaterverontreiniging (INEV's) voor de stoffen PFOS, PFOA en GenX*.
- RIVM. (2020b). *Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie*.
- Van Oord. (2014). 154425-TEK-UO-0065.02-001 UO. *Uitvoeringsontwerp. Natuurcompensatie Perkpolder*.
- Waterschap Scheldestromen. (2016). *Hydrologisch onderzoeksrapport Campen, rapport 016031239*.