

Monitoring Perkpolder

Jaarrapportage 2020



Monitoring Perkpolder

Jaarrapportage 2020

Auteur(s)

Wouter van der Star

Rianne van den Meiracker

Marien Harkes

Monitoring Perkpolder

Jaarrapportage 2020

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

Documentgegevens

Versie	2.0
Datum	27-01-2021
Projectnummer	11203217-005
Document ID	11203217-005-BGS-0004
Pagina's	87
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Wouter van der Star	
	Rianne van den Meiracker	
	Marien Harkes	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Wouter van der Star Rianne van den Meiracker Marien Harkes	Gerard van Meurs	Rob Nieuwenhuis	
1.2-	Wouter van der Star Rianne van den Meiracker Marien Harkes	Gerard van Meurs	Rob Nieuwenhuis	
2.0	Wouter van der Star Rianne van den Meiracker Marien Harkes	Gerard van Meurs	Rob Nieuwenhuis	

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+NAP. In de terp is aan de noordzijde een kering verwerkt. 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. 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 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. De toplaag van deelgebied D, de locatie van de verholen waterkering op het voormalige Veerplein, bestaat voornamelijk uit zand en voldoet aan de achtergrondwaarde, met uitzondering van een locatie waar op grond van het gehalte aan zink de bodemgebruiksklasse industrie geldt. De toplaag voldoet voor PFAS aan de functieklassen 'Landbouw/Natuur' en op één locatie aan de functieklassen 'Wonen/Industrie'. De grasbekleding is op de meeste plekken goed aangesloten, maar is nog sterk in ontwikkeling en heeft te lijden gehad onder de droogte gedurende de afgelopen drie jaar. De toplaag van de deelgebieden A en C bestaat uit klei.

Een analyse van de opbouw van de ondergrond onder de locaties waar de TGG is toegepast in deelgebied A (de zuidelijke afsluiting van het buitendijkse natuurgebied) en deelgebied C (de westelijke begrenzing daarvan) geeft aan dat in de bovenste 10 meter een waterremmende laag (bestaande uit klei/veen) aanwezig is, behalve op de locatie waar beide dijken op elkaar aansluiten. Nader onderzoek zal uitwijzen of uitlogende stoffen afkomstig van de TGG de zoetwaterbel kunnen bedreigen op de locatie waar beide dijken op elkaar aansluiten.

In de uitgevoerde risicoanalyse kwam deze locatie (waar beide dijken op elkaar aansluiten en de eventuele optredende uitlozing) als toprisico naar voren gekomen. Andere risico's hebben betrekking op de continuïteit in het beheer van de kwelvoorziening, de kwaliteit van de grasbekleding en een enkele locatie waar de dikte van de leeflaag onvoldoende is.

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 binnendijs	15
2.4	Kwelvoorziening	16
2.5	Buitendijs natuurgebied	17
3	Aanpak onderzoek	19
3.1	Onderdelen van de periodieke monitoring	19
3.1.1	Oppervlaktewater intergetijdengebied en kwelsloot	19
3.1.2	Waterbodem kwelsloot	19
3.1.3	Grondwater in de omgeving van de TGG	20
3.1.4	Onderzoeksvragen grondwater, waterbodem en oppervlaktewater	20
3.1.5	Grasonderzoek	20
3.2	Onderdelen aanvullend onderzoek	20
3.2.1	Milieukundig onderzoek toplaag Deelgebied D	21
3.2.2	Nadere analyse waterremmende kleilaag	21
3.2.3	Analyse afstroming naar kwelsloot	21
3.2.4	Analyse zoutsporen op het fietspad	22
3.3	Analyses en onderzoekslocaties periodieke monitoring	22
3.3.1	Meetlocaties	22
3.3.2	Bemonstering	27
3.3.3	Tijdstip	27
3.3.4	Meetpakketten	28
3.3.4.1	Oppervlaktewater intergetijdengebied en kwelsloot	28
3.3.4.2	Analyses Grondwater	29
3.3.4.3	Analyses Grondwater (beperkt) -incidenteel-	29
3.3.4.4	Analyses Waterbodem kwelsloot	29
3.3.4.5	Analyses milieu-hygiënische onderzoek toplaag	30
3.4	Normen	30
3.4.1	Normen voor grondwater	30
3.4.2	Normen voor waterbodem	32
3.4.3	Normen voor oppervlaktewater	33
4	Resultaten periodieke monitoring 2020	34

4.1	Monitoring grondwater, oppervlaktewater en waterbodem	34
4.1.1	Toetsing	34
4.1.2	Resultaten	36
4.1.2.1	Leeswijzer resultaten	36
4.1.2.2	pH	36
4.1.2.3	NTU	36
4.1.2.4	Anionen	37
4.1.2.5	Verschil opgelost en totaal voor metalen	41
4.1.2.6	Arseen	41
4.1.2.7	Chroom	43
4.1.2.8	Vanadium	44
4.1.2.9	Molybdeen	45
4.1.2.10	Zink	46
4.1.2.11	Vluchtige aromatische koolwaterstoffen	47
4.1.2.12	PFAS	48
4.1.3	Conclusie	49
4.2	Grasbekledingsonderzoek	49
4.2.1	Inleiding	50
4.2.2	Toetsing	51
4.2.3	Resultaten	51
4.2.4	Conclusie	51
5	Resultaten aanvullend onderzoek 2020	52
5.1	Milieukundig onderzoek toplaag deelgebied D	52
5.1.1	Inleiding	52
5.1.2	Toetsing	52
5.1.3	Resultaten en conclusies	53
5.1.3.1	Bodemopbouw	53
5.1.3.2	Zoutgehalte en metalen	53
5.1.3.3	PFAS	53
5.2	Nadere analyse waterremmende kleilaag	54
5.2.1	Inleiding	54
5.2.2	Resultaten	55
5.2.3	Conclusie	56
5.3	Analyse afstroming naar kwelsloot	56
5.3.1	Inleiding	56
5.3.2	Resultaten	56
5.3.3	Conclusie	58
5.4	Analyse zoutsporen op het fietspad	58
5.4.1	Inleiding	58
5.4.2	Resultaten	59
5.4.3	Conclusie	59
6	Risico analyse	61
7	Discussie en aanbevelingen	63
7.1	Discussie	63
7.2	Aanbevelingen	64
8	Bronnen	66

A	Monitoring grondwater, oppervlaktewater en waterbodem	68
A.1	Monitoringsrapportages Antea	68
A.1.1	Meetronde 1/1.1 (rapportage meetresultaten Antea)	68
A.1.2	Meetronde 2 (rapportage meetresultaten Antea)	68
A.1.3	Meetronde 3 (rapportage meetresultaten Antea)	68
A.2	Grondwater: Overzicht stoffen en toetsing per peilfilter en per meetronde	69
A.3	Oppervlaktewater: Overzicht stoffen en toetsing per locatie	70
A.4	Waterbodem: Overzicht stoffen en toetsing	71
A.5	Normen	72
A.6	Meetpunten	75
A.7	PFAS: gemeten verbindingen	76
A.8	Grondwater en oppervlaktewater: Overzicht stoffen en toetsing per peilfilter en per meetronde	80
B	Grasonderzoek	81
C	Toplaagonderzoek deelgebied D	82
D	Analyse bodemopbouw en doorlatendheid ondergrond onder TGG in Perkpolder	83
E	Uitloging naar kwelsloot	84
F	Risico analyse	85
G	Analyse zoutsporen op fietspad in deelgebied A	86

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. 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, waterbodembodem 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 in 2023 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 deelgebied A en C ligt ca 9 meter TGG, waarvan in enkele gevallen ca 1 meter onder het grondwater ligt. Op de voormalige veerpleinlocatie (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 evenwichtsdampspanning van de verontreinigende stof hoger is dan één atmosfeer. In de praktijk wordt de verdamping gerealiseerd bij atmosferische druk. Indien de evenwichtsdampspanning 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.

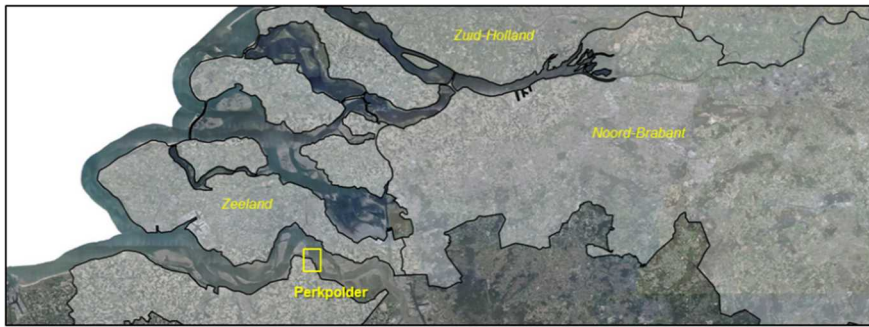
Verdere informatie over toepassingsgebied, validatie en kosten kunnen geraadpleegd worden op <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/d-verwerken-van-grond/d2-thermische-reiniging/factsheet-thermische-reiniging-grond>.

1.2

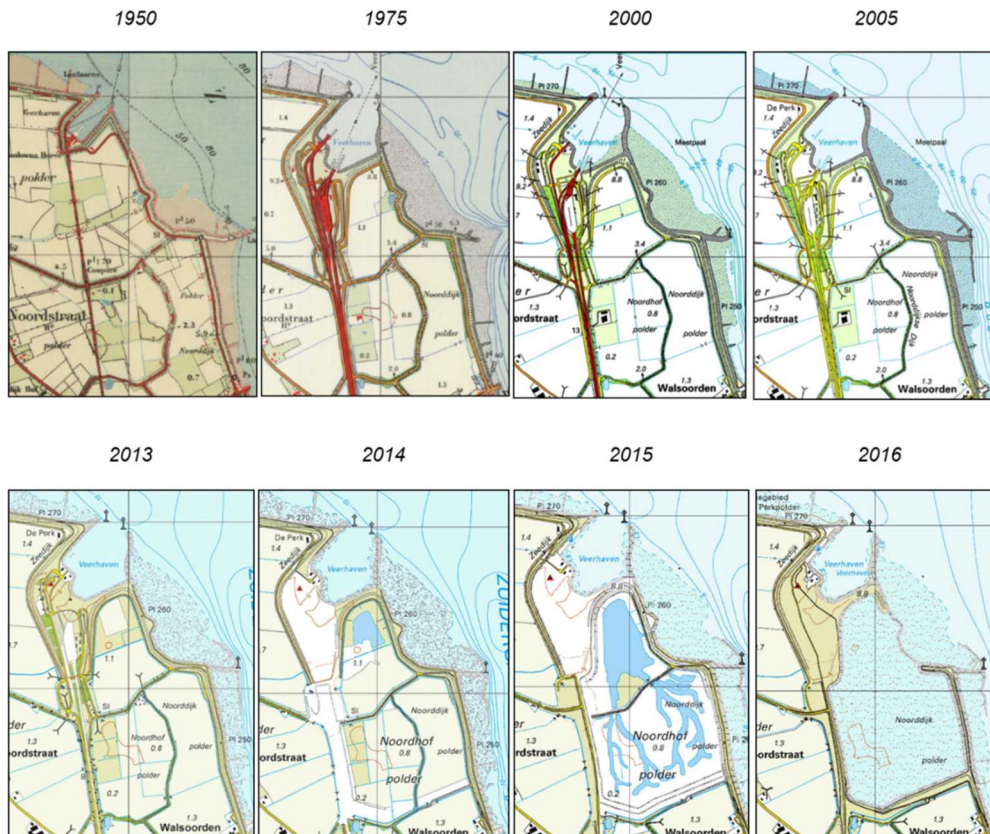
Historie

In het project Natuurcompensatie Perkpolder is een getijdengebied ingericht in de Oostelijke Perkpolder, gelegen in de gemeente Hulst (Zeeuws-Vlaanderen). 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>.



Figuur 1. Locatie Perkpolder in Zeeland



Figuur 2. Locatie en kaarten van Perkpolder voor de periode 1950-2016 (overgenomen van <http://topotijdreis.nl/>). Het satellietbeeld is afkomstig van <https://satellietdataportaal.nl/>

In een deel van deze nieuwe zeedijk is in de kern thermisch gereinigde grond⁴ (TGG) gebruikt. De TGG is afgedekt met een toplaag. Voor Deelgebied A en C bestaat deze toplaag uit klei⁵, die is vrijgekomen tijdens de realisatie van het natuurgebied. Voor Deelgebied D bestaat de toplaag uit een asfaltbekleding met daar bovenop zand. De toplaag is aan de bovenzijde steeds voorzien van een graszode.

⁴ Verontreinigde grond kan gereinigd worden door behandeling bij een hoge temperatuur. Vluchtige verontreinigende stoffen dampen daarbij uit en worden verbrand. Wat over blijft is thermisch gereinigde grond (TGG), dat na toetsing van de milieukundige en geotechnische kwaliteit als ophoogmateriaal bij civiele werken mag worden toegepast als grond.

⁵ Op een enkele plek wordt ook zand aangetroffen. Zie hiervoor Bijlage D.

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.

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. Deze bronnen zijn ook terug te vinden in hoofdstuk 8 Bronnen.

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)
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)^[65]. Zie deze rapportage voor meer details.

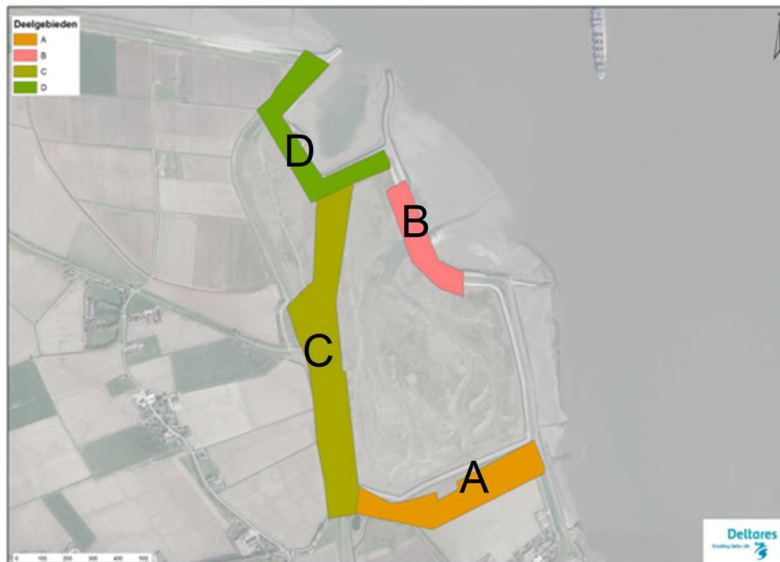
2.1 Omstandigheden gebied

Het gebied bestaat uit de voormalige veerhaven van het veer Kruijningen – 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.

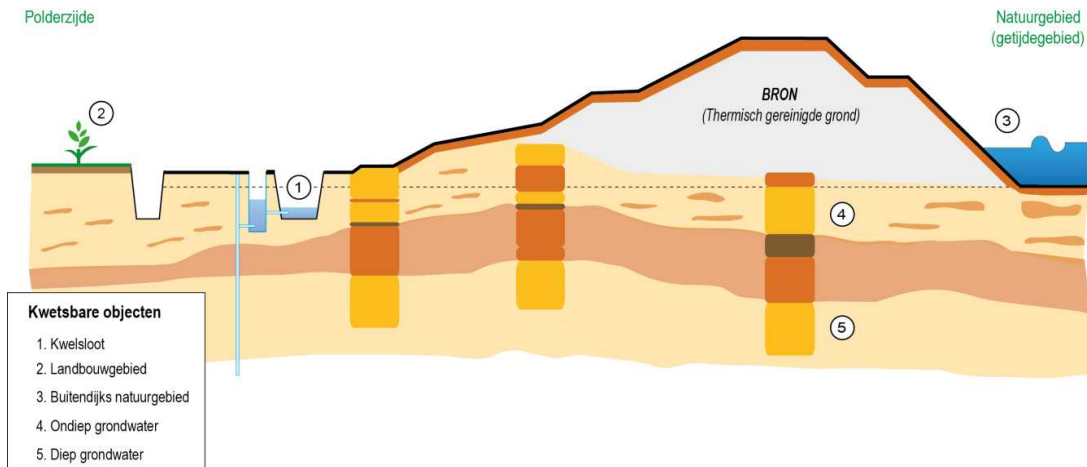
In het nieuw aangelegde natuurgebied moest, voor de bescherming van het achterland, een nieuwe dijk (primaire kering) worden aangelegd. TGG is gebruikt als kernmateriaal in twee nieuwe dijken. Ook voor het verbeteren van een bestaande dijk is TGG als kernmateriaal toegepast. In de dijken waarin TGG is toegepast, is de TGG vervolgens afgedekt conform de regels die horen bij een grootschalige bodemtoepassing (GBT). 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, C en D. Deelgebied B betreft de voormalige zeedijk die bij de ontpoldering is verwijderd.

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 toegepast⁶, 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.

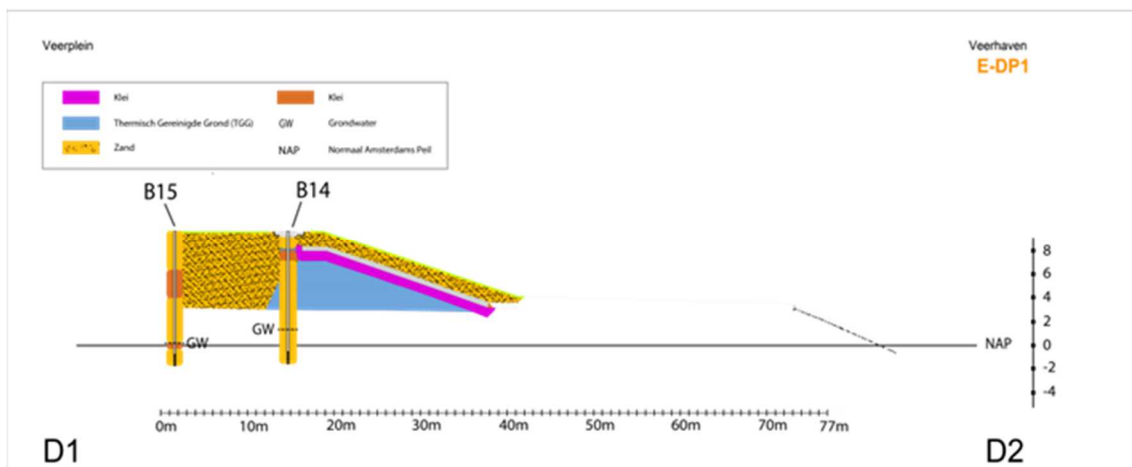


Figuur 5. Schematische weergave van de zeedijk in deelgebieden A en C, de locaties van de kwetsbare objecten (zie paragraaf 1.3), de aanwezigheid van thermisch gereinigde grond (TGG) en grondlagen: geel = zand, rood-bruin = klei en donkerbruin = veen. De bodemopbouw ter plaatse van de intensere kleuren is afgeleid op basis van uitgevoerde boringen.

⁶ Zie hoofdstuk 5.3: het gaat hier om de locatie in de zuidwesthoek: waar deelgebied A en C bij elkaar komen zijn indicaties dat de zandige onderlaag ontbreekt.

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 3.2) is een kleilaag aangetroffen van ongeveer 0,10 tot 6,40 m dik (op de diepte 0-10 m -NAP). In handboringen van een profiel loodrecht op de westelijke TGG dijk (Deelgebied C in Figuur 3.2) 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.. .

2.3 Hydrologie binnendijks

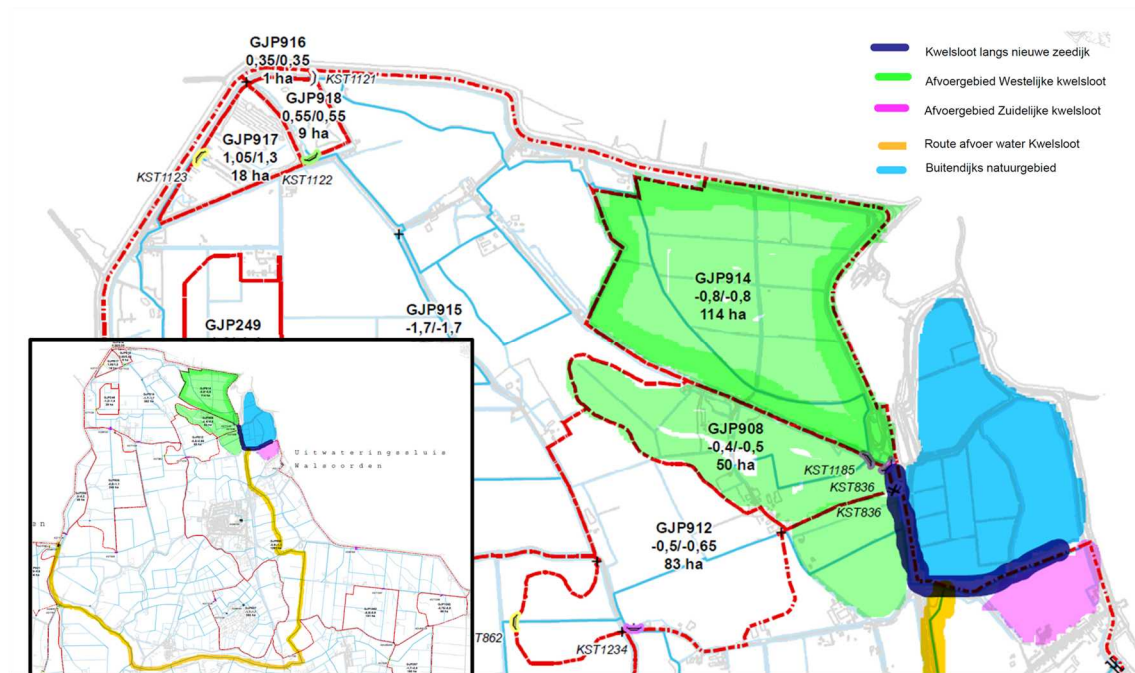
Bij de nieuwe zeedijk ter hoogte van deelgebied A ligt binnendijks een kwelsloot. Deze zuidelijke kwelsloot behoort tot het noordelijk deel van Peilgebied GJP903 (Waterschap Scheldestromen, 2016).

De westelijke kwelsloot loopt parallel aan de nieuwe zeedijk in Deelgebied C en ligt ook in het noordelijk deel van Peilgebied GJP903⁷. 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).

⁷ TGG is ook toegepast aan de noordzijde van het Veerplein (Deelgebied D), maar hier is geen kwelsloot aanwezig .

TGG is ook toegepast aan de noordzijde van het Veerplein (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.

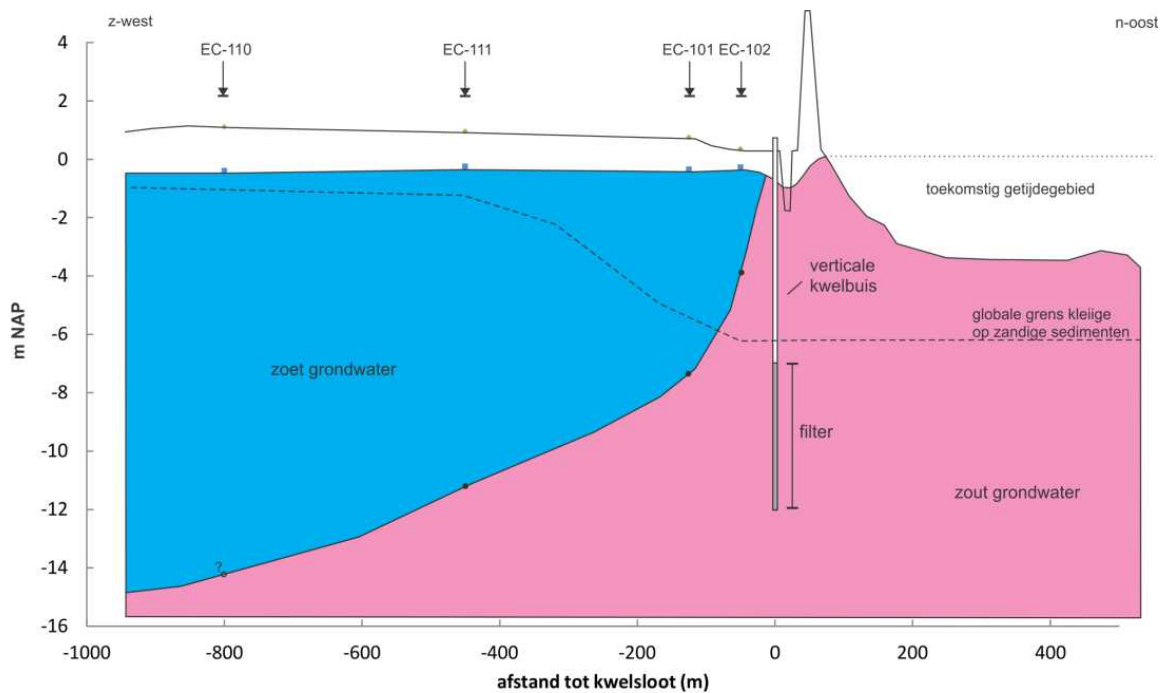


Figuur 7. Afwaterend oppervlak (groen) via kwelsloot (donker blauw). De route van de afwatering van het hele gebied is naar de Westerschelde (inzet, route in geel). Het ontpolderde gebied is weergegeven in licht blauw.

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 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 kwelvoorziening⁸ 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.

⁸ Strikt gesproken is de kwelsloot ook een kwelvoorziening. In deze rapportage wordt met de term kwelvoorziening echter alleen het kwelscherm aangeduid.



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. 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).

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 krekken 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 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 (viermaandelijkse) 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 onderzoek aan de afdekkende toplaag in Deelgebied D
- Eenmalig controleboringen tbv aantonen mogelijke verkitting⁹

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:

- Analyse van de aanwezigheid van een waterremmende laag in de ondergrond
- Nadere analyse afstroming uit TGG logend materiaal naar de kwelsloot
- Onderzoek zoutsporen in Deelgebied A.

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).

3.1 Onderdelen van de periodieke monitoring

Het periodieke onderzoeksprogramma richt zich op oppervlaktewater, waterbodem, 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.

3.1.1 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.

3.1.2 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.

⁹ Niet uitgevoerd in 2020 en daarom niet verder toegelicht. Dit staat gepland in 2022.

3.1.3 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;
- 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.

3.1.4 Onderzoeksvragen grondwater, waterbodembodem 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 waterbodembodem;
- 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.

3.1.5 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. Nu zijn op de dijkstrekking 11 locaties onderzocht, inclusief de 4 locaties die in 2018 zijn bezocht (Bijlage I van bijlaggerapport B, (Deltares, 2019b)). 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. In 2020 is ook een landbouwkundige analyse gedaan van de toplaag (Spurway analyse van de bovenste 10 centimeter). De analyse is beschreven in hoofdstuk 6.

3.2 Onderdelen aanvullend onderzoek

In 2020 zijn, naast de periodieke monitoring, enkele aanvullende werkzaamheden uitgevoerd die niet jaarlijks terugkomen maar wel in het plan van aanpak staan, of die zijn uitgevoerd naar aanleiding van tijdens dit project opgekomen vragen. Deze werkzaamheden worden hieronder kort toegelicht.

3.2.1 Milieukundig onderzoek toplaag Deelgebied D

In de deelgebieden A en C is eerder onderzoek uitgevoerd naar de milieu-hygiënische kwaliteit van de leeflaag: de laag grond die boven de TGG is aangebracht (Bijlage D van bijlagerapport B (2019b)). In 2020 is milieukundig onderzoek uitgevoerd naar de leeflaag aangebracht in Deelgebied D. De resultaten zijn beschreven in bijlage C van deze rapportage. In hoofdstuk 5 worden de resultaten kort besproken. Dit onderzoek is in het Plan van Aanpak beschreven.

3.2.2 Nadere analyse waterremmende kleilaag

In 2020 is een bureau studie uitgevoerd naar de aanwezigheid van een waterremmende kleilaag in de ondiepe ondergrond onder de dijk gelegen boven het eerste watervoerende pakket (ondiep grondwater). Deze laag voorkomt dat uittredend grondwater aan de onderzijde van de TGG niet of slechts zeer beperkt naar het diepere grondwater kan sijpelen.

Het is echter niet duidelijk of deze kleilaag overal daadwerkelijk aanwezig is. Rijkswaterstaat heeft Deltares daarom gevraagd om te analyseren of deze kleilaag aanwezig is in deelgebied A en C direct onder de aanwezige TGG en welke mogelijkheden voor uitloging bestaan. Daartoe zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- Is de slecht doorlatende laag overal onder de TGG aanwezig?
- Is direct onder de TGG altijd een zandlaag of zijn zandlenzen aanwezig?
- Zijn er locaties of omstandigheden waardoor een risico bestaat dat aanwezige stoffen in de zoetwaterbel terecht kunnen komen.

De resultaten van dit onderzoek zijn verwerkt in een Deltares memo (Deltares, 2020a). Dit memo is opgenomen in Bijlage E. In Hoofdstuk 7 van dit rapport worden de resultaten van de analyse kort besproken.

Dit onderzoek is uitgevoerd naar aanleiding van vragen over de aanwezigheid van een waterremmende laag overal in deelgebieden A en C. Het gaat hier om een extra onderzoek.

3.2.3 Analyse afstroming naar kwelsloot

Tijdens de reguliere jaarlijkse monitoring is bij de eerste monitoringsronde (in januari 2020) op de locatie O8 in de kwelsloot een verhoogde bromide-chloride-verhouding vastgesteld (0,0061 mg/l). Op locatie O3 wordt ook een licht verhoogde bromide-chloride verhouding waargenomen (0,0038 mg/l). Vervolgens heeft Rijkswaterstaat aan Deltares gevraagd om:

- Vast te stellen of dit over de gehele kwelsloot het geval was.
- Mogelijke oorzaken te identificeren.
- Hydrologische analyse van de kwelsloot uit te voeren.

Daartoe zijn in mei 2020 watermonsters genomen uit de kwelsloot, en uit het gebied bovenstrooms en benedenstrooms daarvan. Tevens is het ondiepe grondwater in peilfilters direct naast de kwelsloot bemonsterd. De resultaten van dit onderzoek zijn verwerkt in een Deltares memo (Deltares, 2020c). De memo is bijgevoegd in Bijlage C van dit rapport. Omdat de bemonstering voor de analyse van afstroming naar de kwelsloot is meegenomen tijdens de reguliere periodieke bemonstering zijn de resultaten ook in Hoofdstuk 4 besproken.

Dit onderzoek is uitgevoerd naar aanleiding van de in begin 2020 vastgestelde verhoogde bromide-chloride verhouding op locaties O8 en O3. Het gaat hier om een aanvullend onderzoek ten opzichte van het Plan van Aanpak.

3.2.4 Analyse zoutsporen op het fietspad

Begin maart 2020 zijn door een fietser witte sporen aangetroffen op het fietspad langs de nieuwe zeedijk bij Walsoorden. Vanwege de toepassing van TGG in de zeedijk ontstond twijfel over de herkomst van de sporen en is een mogelijke relatie gelegd met de TGG, de weg loopt namelijk langs de zone waar TGG als kernmateriaal in de dijk is toegepast. RWS heeft aan Deltares gevraagd het bovengenoemde verschijnsel te onderzoeken en een mogelijke relatie met de TGG te bekijken en eventueel te duiden. De resultaten van dit onderzoek zijn verwerkt in een Deltares memo (Deltares, 2020b). Het memo is opgenomen in Bijlage G. In paragraaf 5.4 van dit rapport worden de resultaten van het onderzoek kort besproken.

Dit onderzoek is uitgevoerd naar aanleiding van het aantreffen van witte sporen op het fietspad langs de nieuwe zeedijk bij Walsoorden. Het gaat hier om een aanvullend onderzoek ten opzichte van het Plan van Aanpak.

3.3 Analyses en onderzoekslocaties periodieke monitoring

3.3.1 Meetlocaties

Tussen 2020 en 2023 vindt jaarlijks monitoring van de kwaliteit van het oppervlaktewater van de binnendijkse sloot plaats. Het gaat daarbij om drie meetlocaties, waarvan één als referentie op enige afstand, stroomopwaarts van de toegepaste TGG, en één in het zeewater. Daarnaast vindt monitoring plaats van het grondwater op in totaal zeven locaties (vijf meetlocaties in het gebied en twee referenties: 1 ondiep en 1 diep).

De locaties zijn weergegeven in Figuur 10, Figuur 11 en Figuur 12. 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 (Tabel 4-1). Bovenstaande informatie is conform het Plan van Aanpak (Deltares, 2020).

Tabel 2. Locaties ingezet in de reguliere periodieke bemonstering

Nummer	Locatie	Type monster	Frequentie [per jaar] ¹⁰	Metingen in 2020	Specificatie
1	Kwelsloot O3¹¹	Oppervlaktewater	3	3	Bij deelgebied C
2	Kwelsloot O8¹²	Oppervlaktewater	3	3	Bij deelgebied A
3	Watergang O20-2¹³ (referentie)	Oppervlaktewater	3	3	Referentie (westelijke perkpolder)
4	Zeewater O4c¹⁴	Zeewater	3	2 ¹⁵	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

¹⁰ Regulier bemonsteringscampagne

¹¹ In de rapportage van 2019 genaamd 4b

¹² In de rapportage van 2019 genaamd b12

¹³ In de eerste meting is punt O20 bemonsterd, dat niet representatief bleek.

¹⁴ In de rapportage van 2019 genaamd 4c

¹⁵ Abusievelijk in de eerste meetronde niet bemonsterd

8	B8 (3,5-4,5 m-MV)	Grondwater	3	3	Direct naast kwelsloot deelgebied A
9	Pb2a (11,0-12,0 m-MV) (referentie diep)	Grondwater	3	3	Net buiten kwelsloot
10	Pb2a (8,0-9,0 m-MV)¹⁶ (referentie ondiep)	Grondwater	3	2 ¹⁷	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 S20-2¹⁸ (referentie)	Waterbodem	1	1	Gelijk aan O20-2
15	Regelput kwelscherm Dp4¹⁹	Kwelscherm	3	3	Regelput bij westelijk kwelscherm
16	B7 (2,00-3,00 m-MV)	Grondwater	0	1 ²⁰	Direct naast kwelsloot deelgebied C
17	B9 (4,00-5,00 m-MV)	Grondwater	0	1 ²⁰	Ondiep grondwater tussen dijk en kwelsloot deelgebied A
18	B10 (3,00-4,00 m-MV)	Grondwater	0	1 ²⁰	Ondiep grondwater tussen dijk en kwelsloot deelgebied A
19	B11 (1,5-2,5 m-MV)	Grondwater	0	1 ²⁰	Ondiep grondwater tussen dijk en kwelsloot deelgebied C
Totaal aantal monsters			39		

In Tabel 2 staan alle bemonsterde locaties beschreven, inclusief het soort monitoring waarvoor deze locatie is bemonsterd. De locaties 1 t/m 15 zijn opgenomen in de reguliere jaarlijkse monitoring, de overige locaties zijn incidenteel bemonsterd naar aanleiding van specifieke onderzoeksbehoeften.

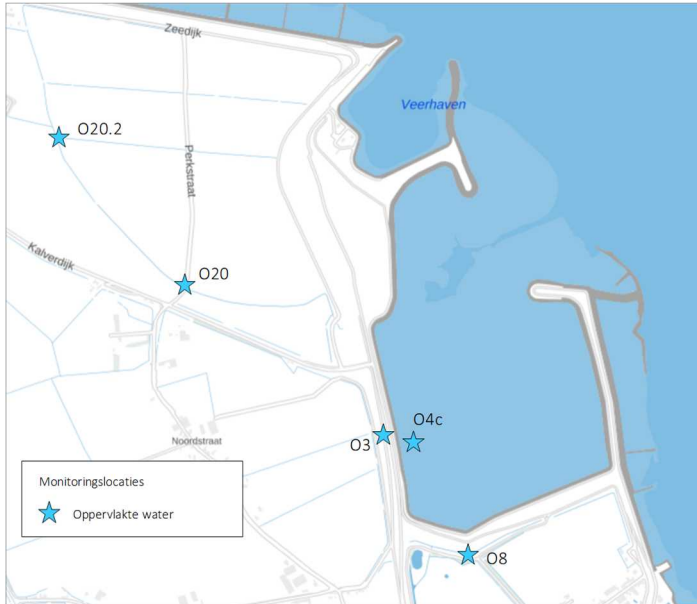
¹⁶ In de Antea rapportage is deze locatie aangeduid als Pb2a (6-7)

¹⁷ Bij de eerste bemonsteringsronde nog niet geïdentificeerd.

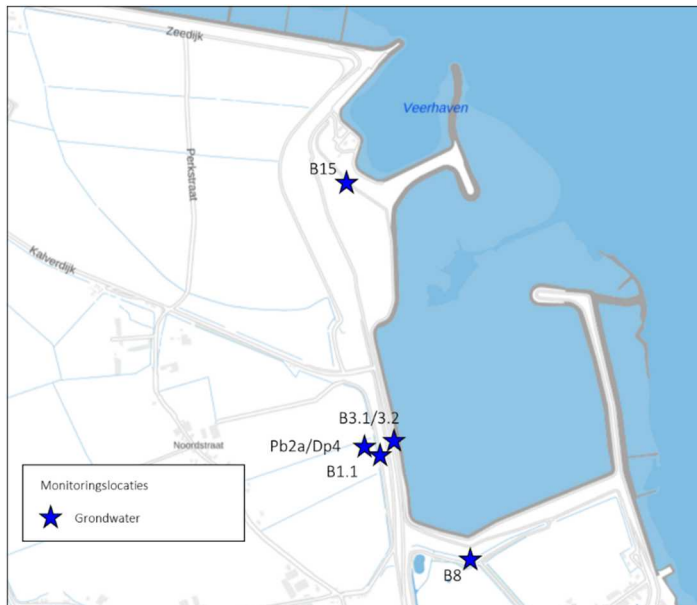
¹⁸ In de eerste meting is punt O20 bemonsterd, dat niet representatief bleek.

¹⁹ 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.

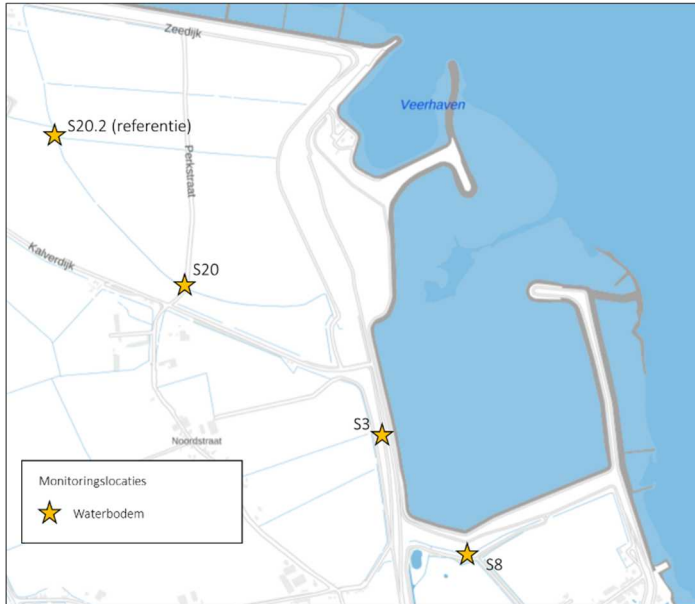
²⁰ Incidentele bemonstering tijdens de 2^e bemonsteringsronde t.b.v. onderzoek naar de kwelsloot



Figuur 10. Monitoringslocaties voor oppervlaktewater.

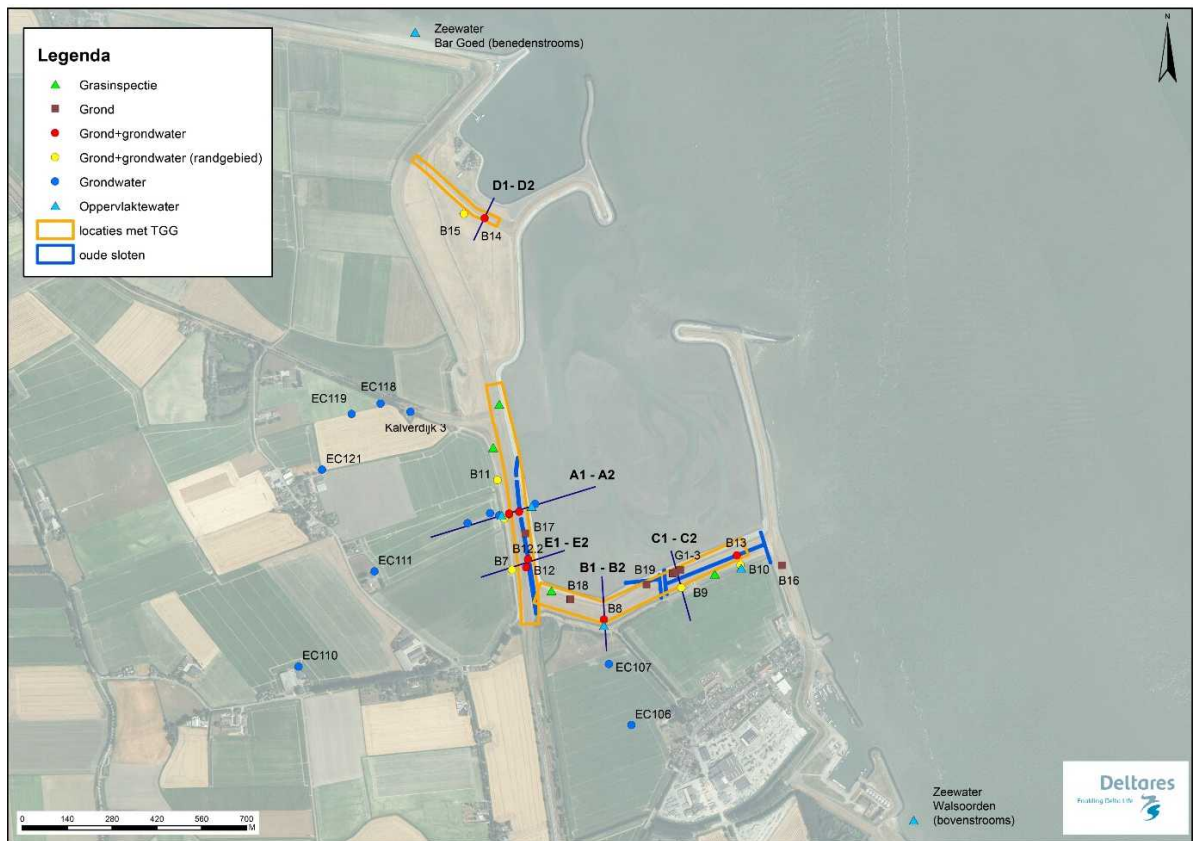


Figuur 11. Reguliere monitoringslocaties voor grondwater.

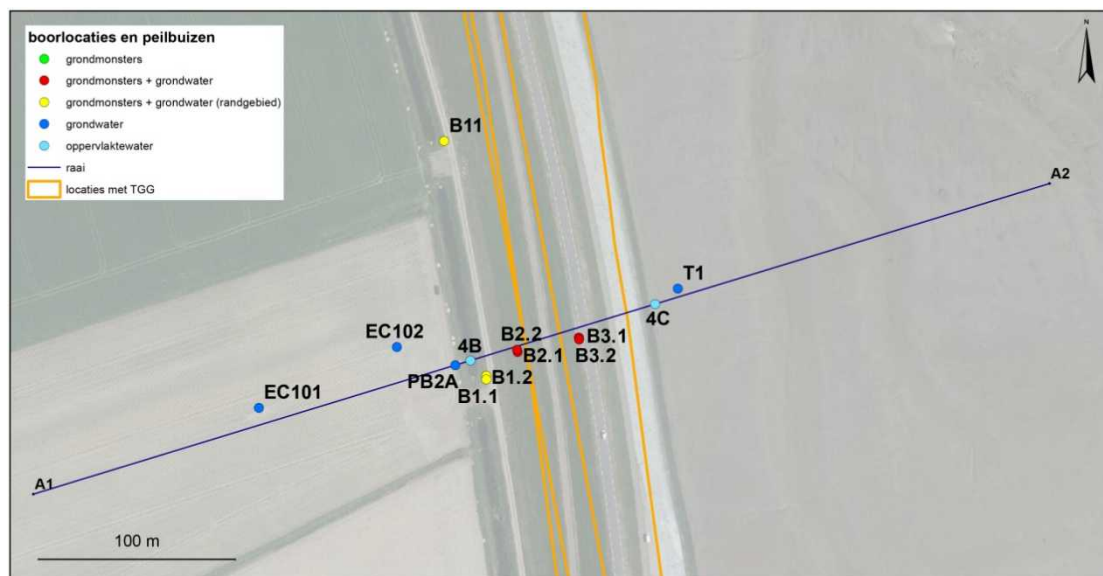


Figuur 12. Reguliere monitoringslocaties voor waterbodemb (locatie S20 is in het onderzoek vervangen door S20-2 omdat S20 niet representatief bleek).

Naast de reguliere locaties zijn ook incidentele metingen gedaan op andere locaties voor grondwater en oppervlaktewater. Een totaaloverzicht meetlocaties is daarom weergegeven in Figuur 13, Figuur 14 en Figuur 15.



Figuur 13. Reguliere, incidentele meetlocaties en overige peilfilters voor monitoring van grondwater (boven).



Figuur 14. detailinformatie van meetraai A1-A2 grondwater).



Figuur 15. Meetlocaties voor oppervlaktewater en peilfilters direct naast de kwelsloot: met uitvergrotingen van de westelijke (linksonder) en zuidelijke kwelsloot (rechtsboven).

3.3.2 Bemonstering

Bemonstering vindt plaats conform de daarvoor geldende systematiek. Dat betekent dat grondwater conform de BRL2000 (incl 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).

3.3.3 Tijdstip

De reguliere jaarlijkse monitoring rondes 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 2020 plaatsvonden. De activiteiten zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3. 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		Milieu- hygiënische kwaliteit deelgebied D 10/11-jun					
Incidenteel onderzoek			Zoutsporen op fietspad Deelgebied A 3-apr	Hydrologisch onderzoek 7-mei		Analyse bodem- opbouw en door- latendheid (desk study)					
Audits	audit eerste reguliere bemonstering 13-jan				audit milieu- hygiënische kwaliteit 10-jun	Projectaudit RWS 21-jul					

3.3.4 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:

3.3.4.1 Oppervlaktewater intergetijdengebied 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);
- PFAS²¹ (tabel A-2 in Bijlage A.7);
- pH, turbiditeit (NTU) en geleidbaarheid (veldmetingen²²);
- Chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- en hexa-)²⁴
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium)

²¹ Tevens is in de eerste monitoringsronde GenX gemeten. Dit is niet aangetroffen en daarom vervallen.

²² Waar de geleidbaarheid boven de 20 mS/cm is in de veldmeting (en dus boven het meetbereik gaat), wordt een labmeting aangevraagd.

3.3.4.2 Analyses Grondwater

Het pakket voor het onderzoeken van de samenstelling van het *grondwater* bestaat, zoals bepaald in het Plan van Aanpak (Deltares, 2020), uit²³:

- 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);
- 8 vluchtige aromatische koolwaterstoffen: benzeen, toluen, ethylbenzeen, som-xylenen (som o-, m-, p-), styreen, naftaleen en fenol, cresolen (o-, m-, p-);
- GENX²¹ en PFAS (zie ook tabel A-2 in Bijlage A.7);
- pH, turbiditeit (NTU) en geleidbaarheid (veldmetingen);
- Chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- en hexa-)²⁴
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium)

3.3.4.3 Analyses Grondwater (beperkt) -incidenteel²⁵

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

- 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).

3.3.4.4 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 (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);
- 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 A.7);
- pH, turbiditeit en elektrische geleidbaarheid (veldmetingen);
- Organische stofgehalte en lutumgehalte;
- Droge stofgehalte en gloeirest;
- Chloorbenzenen (mono, di, tri)²⁶;
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium).

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.

²³ 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: dichloorethenen (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))

²⁴ Het plan van Aanpak noemt alleen mono-, di- en trichloorbenze(en)(en). Trichloorbenzenen worden uitgevoerd als onderdeel van het pakket "chloorbenzenen (minder vluchtig)", waarin ook de overige chloorbenzenen zijn meegenomen.

²⁵ 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).

²⁶ In de eerste bemonsteringsronde is gebruik gemaakt van een voorlopig pakket waarbij wel de minder vluchtige chloorbenzenen (trichloorbenzenen, tetrachloorbenzenen, pentachloorbenzenen en hexachloorbenzenen), maar niet mono- en dichloorbenzenen zijn meegenomen.

3.3.4.5 Analyses milieu-hygiënische onderzoek toplaag

Het pakket voor het onderzoeken van de samenstelling van de toplaag boven de TGG in deelgebied D bestaat 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);
- BTEX: benzeen, toluen, ethylbenzeen, som-xylenen (o-, m-, p-);
- pH (grond-pH_{CaCl2});
- Organische stofgehalte en lutumgehalte;
- Droge stofgehalte;
- GenX en PFAS (zie ook tabel A-1 in Bijlage A.7);
- Minerale olie;
- polychloorbifenylen (PCB som 7): PCB 101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180, PCB28 en PCB 52;
- polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK 10): Naftaleen, antraceen, fenantreen, fluoranteen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(k)fluoranteen, benzo(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen en indeen(1,2,3-cd)pyreen; Chloorbenzenen (chloorbenzeen, dichloorbenzenen, trichloorbenzenen, tetrachloorbenzenen, pentachloorbenzeen, hexachloorbenzeen).

3.4 Normen

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

3.4.1 Normen voor grondwater

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

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. Voor grond wordt dan gesproken over de achtergrondwaarde. Als, door menselijke activiteiten, de interventiewaarde wordt overschreden dan is sprake van een geval met mogelijke ernstige bodemverontreiniging.

Het overschrijden van de interventiewaarde vormt een signaal dat er iets aan de hand is.

Aanvullend onderzoek moet uitwijzen of er risico's verbonden zijn aan de verontreiniging op de specifieke locatie. Daarna kan overgegaan worden op het ontwerpen, en vervolgens uitvoeren, van een saneringsmaatregel.

Bij een nader onderzoek worden drie risico's onderscheiden. Deze risico's zijn verbonden aan de gevonden bodemverontreiniging. Het gaat daarbij om het humane risico, het ecologische risico en het verspreidingsrisico. Bij humane risico's wordt gekeken naar de verschillende 'paden' waarlangs mensen verontreinigingen zouden kunnen opnemen. Te denken valt daarbij aan eventueel direct contact met de TGG en indirect contact. Bij dat laatste gaat het bijvoorbeeld om geteelde groente in een moestuin waar de wortels tot in de TGG reiken en waarbij door menselijke consumptie van deze groente, opgenomen verontreinigingen door de groente vervolgens naar de mens worden overgedragen.

Bij ecologische risico's gaat het om de effecten van de verontreiniging op de flora (bloemen, planten struiken en bomen) en fauna (dieren). Konijnen, mollen en muizen kunnen bij het graven van gangen en holen eventueel in contact komen met de TGG. De wortels van vegetatie kunnen bij een dunne afdeklaag reiken tot in de TGG en daarmee verontreinigingen opnemen. De volgende stap is dat grazende dieren deze verontreiniging opnemen.

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

PFAS in grondwater

PFAS, de afkorting van de groep poly- en perfluoralkylstoffen, zijn stoffen die van nature niet in het milieu voorkomen. Voor stoffen die van nature niet in het grondwater voorkomen en waarvoor geen streefwaarde voor grondwater vanuit Integrale Normstelling Stoffen beschikbaar is, kan de bepalingsgrens als streefwaarde worden gebruikt. Bij een overschrijding van de bepalingsgrens, is er formeel sprake van een verontreiniging. Ook bij het aantreffen van niet-genormeerde stoffen kan er sprake zijn van een geval van ernstige verontreiniging (art. 29 Wbb). Voor het bepalen van de ernst van een verontreiniging met PFAS zijn door het RIVM Indicatieve Niveaus voor Ernstige Verontreiniging (INEV) voor PFOS, PFOA en GenX in grondwater afgeleid (RIVM, 2020), die in Bijlage A.5. zijn opgenomen. Deze INEV's zijn voorlopige interventiewaarden, omdat er op dit moment nog onvoldoende informatie is om een interventiewaarde vast te stellen. De beschermdoelen en -niveaus die gehanteerd worden voor de onderbouwing van de INEV's zijn hetzelfde als die van de interventiewaarden. De INEV's kunnen dus net als interventiewaarden gebruikt worden om de ernst van een grondwaterverontreiniging te beoordelen.

Tabel 4: Samenvatting Indicatieve Niveaus voor ernstige verontreiniging voor PFOS, PFOA en GenX.

Stofnaam	INEV grondwater (inclusief drinkwater) (µg/l)	INEV grondwater (exclusief drinkwater) (µg/l)
PFOS	0.20	56
PFOA	0.39	170
GenX	0.66	140

3.4.2 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 2020 gemeten stoffen zijn weergegeven in Bijlage A.5.

PFAS in waterbodem

Op 2 juli 2020 is het Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie gepubliceerd en zijn de normen van PFOS, PFOA en overige PFAS-verbindingen geactualiseerd (RIVM, 2020b). De toepassingsnormen van grond en baggerspecie boven grondwaterniveau zijn in onderstaande tabel opgenomen. Met toepassingswaarden voor PFAS worden alle overige PFAS verbindingen bedoeld, te toetsen per stof (dus niet gesommeerd). PFOS en PFOA worden getoetst door de concentraties lineair en vertakt te sommeren. Op de waarden uit deze tabel hoeft geen bodemtypecorrectie te worden toegepast als het gehalte van organische stof lager is dan 10%, tenzij een lokale maximale waarde is vastgesteld (zie paragraaf 5 van het Tijdelijk handelingskader).

Tabel 5: overzicht toepassingsnormen grond en baggerspecie boven en onder grondwaterniveau.

Bodemkwaliteitsklasse	Toepassingswaarde ²⁷ [$\mu\text{g}/\text{kg ds}$]		
	PFOA	PFOS	overige PFAS
Bodemkwaliteitsklasse: Wonen of industrie, Bodemfunctieklasse: Wonen of industrie	7	3	3
Bodemkwaliteitsklasse: Landbouw/natuur Bodemfunctieklasse: Wonen of industrie	1.9	1.4	1.4
Bodemkwaliteitsklasse: Landbouw/natuur, wonen of industrie Bodemfunctieklasse: Landbouw/natuur	1.9	1.4	1.4
verspreiden baggerspecie op aangrenzend perceel of weilanddepot (Artikel 35f, BBK)	7	3	3
Verspreiden van baggerspecie in hetzelfde oppervlaktewaterlichaam ²⁸	Toepasbaar (wel meten/toetsen op uitschieters)		
Toepassen in een ander oppervlaktelichaam (uitgezonderd diepe plas): verspreiden (Artikel 35g, BBK), toepassen in waterbouwkundige constructies (Artikel 35d, BBK)	0.8	3.7 ²⁹ 1.1 ³⁰	0.8

²⁷ Voor de berekening van het gestandaardiseerde gehalte waaraan wordt getoetst wordt bij een organische stofgehalte van minder dan 10% geen bodemtypecorrectie toegepast.

²⁸ of aansluitende (sedimentdelende) stroomafwaarts gelegen oppervlaktewaterlichamen (BBK, art. 35g), BBK (verspreiden van baggerspecie in zoet of zout oppervlaktewater).

²⁹ Rijkswateren

³⁰ Overige wateren

3.4.3 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)

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. 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.

PFAS in oppervlaktewater

Momenteel bestaan er alleen voor perfluorooctansulfonzuur en zijn derivaten (PFOS) waterkwaliteitsnormen, zoals vastgelegd in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 (Rijksoverheid, 2009)). Deze stof is met ingang van 22 december 2015 voor het eerst aangewezen als prioritaire gevaarlijke prioritaire stof.

Tabel 6: overzicht oppervlaktewaterkwaliteitsnormen voor PFOS.

Stofnaam	JG-MKE (land) (µg/l)	JG-MKE (overig) (µg/l)	MAC-MKE (land) (µg/l)	MAC-MKE (overig) (µg/l)
PFOS	6.5 10 ⁻⁴	1.3 10 ⁻⁴	36	7.2

4 Resultaten periodieke monitoring 2020

In dit hoofdstuk worden de analyses en resultaten van de jaarlijkse monitoring van grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodem toegelicht. Daarnaast worden de resultaten van het jaarlijkse grasonderzoek besproken. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van het aanvullende onderzoek in 2020 besproken.

4.1 Monitoring grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodem

4.1.1 Toetsing

De meetresultaten (en voor waterbodembodem ook gestandaardiseerde gehalten) zijn weergegeven in Bijlage A.3, A.4 en A.5, 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. 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 7, Tabel 8 en Tabel 9.

Tabel 7. Overschrijdingen van de JG-MKE en MAC-MKE in oppervlaktewater.

Monsterpunt	Meetronde 1, januari 2020		Meetronde 2, mei 2020		Meetronde 3, september 2020		Jaargemiddelde 2020
	Overschrijdingen > JG-MKE	> MAC-MKE	Overschrijdingen > JG-MKE	> MAC-MKE	Overschrijdingen > JG-MKE	> MAC-MKE	Overschrijdingen > JG-MKE
O3	niet gemeten	niet gemeten	Totaal: Chroom*, Koper*, Kwik*, Zink*, Som PFOS	Opgelost: Arseen, Kobalt**	Opgelost: Chroom*, Koper*, Kwik*, Zink	Opgelost: Arseen*, Kobalt*	Opgelost: Arseen, Zink Totaal: Som PFOS
O4C	Opgelost: Chroom*, Koper, Kwik*, Zink Totaal: som PFOS	Opgelost: Arseen**, Kobalt**	Opgelost: Chroom*, Koper, Kwik*, Zink* Totaal: som PFOS	Opgelost: Arseen**, Kobalt**	Opgelost: Chroom*, Koper, Kwik*, Zink Totaal: som PFOS	Opgelost: Arseen*, Kobalt*	Opgelost: Koper, Zink Totaal: Som PFOS
O8	Opgelost: Chroom*, Koper*, Kwik*, Zink Totaal: som PFOS	Opgelost: Arseen**, Kobalt**	Opgelost: Chroom, Koper*, Kwik*, Zink* Totaal: Som PFOS	Opgelost: Arseen, Kobalt**	Opgelost: Chroom, Koper*, Kwik*, Zink Totaal: Som PFOS	Opgelost: Arseen*, Kobalt*, Seleen	Opgelost: Arseen, Chroom, Seleen, Zink Totaal: Som PFOS
O20	Opgelost: Koper, Kwik*, Zink* Totaal: som PFOS	Opgelost: Arseen**, Kobalt**	niet gemeten	niet gemeten	niet gemeten	niet gemeten	niet gemeten
O20.2	niet gemeten	niet gemeten	Opgelost: Chroom*, Koper*, Kwik*, Zink Totaal: Som PFOS	Opgelost: Arseen**, Kobalt**	Opgelost: Chroom*, Koper*, Kwik*, Zink Totaal: Som PFOS	Opgelost: Arseen**, Kobalt**	Opgelost: Zink Totaal: Som PFOS
*	onder rapportagegrens, rapportagegrens hoger dan JG-MKE						
**	onder rapportagegrens, rapportagegrens hoger dan MAC-MKE						

Tabel 8. Overschrijdingen van de achtergrondwaarde in waterbodemmonsters (meetronde januari).

Monsterpunt	Klasse A	Klasse B	Conclusie
S3	Minerale olie	Trichlooretheen*, Tetrachlooretheen*	Klasse B**
S8		Tetrachlooretheen*	Klasse B**
S20	Molybdeen	Molybdeen, Tetrachlooretheen*	Klasse B
S20.2			Klasse A

* Gehalte was onder rapportagegrens. Toetsing wordt uitsluitend veroorzaakt door toetsing van rapportagegrens*0.7 aan de norm.

**Toetsing wordt uitsluitend veroorzaakt door toetsing van gehalten onder de rapportagegrens. Anders zou de conclusie "Klasse A" hebben geluid.

Tabel 9. Overschrijdingen van de streefwaarde, INEV en interventiewaarde in grondwater.

Peilbuis (filter, m -mv)	monitoringsronde 1, januari 2020			monitoringsronde 1.1, februari 2020****			monitoringsronde 2, mei 2020			monitoringsronde 3, september 2020		
	Overschrijdingen		Conclusie	Overschrijdingen		Conclusie	Overschrijdingen		Conclusie	Overschrijdingen		Conclusie
	>S	>I		>S	>I		>S	>I		>S	>I	
B1.1 (2.5-3.5) Ondiep	Arseen, Chloride, Fenol***, Cresolen***	-	Overschrijding streefwaarde	Arseen, Chloride, Fenol***, Cresolen***	-	Overschrijding streefwaarde	Arseen, Chloride, Fenol***, Cresolen***	Kwik***	Overschrijding interventiewaarde	Arseen, Chloride, Fenol***, Cresolen***	-	Overschrijding streefwaarde
B3.1 (9.9-10.9) Ondiep	Barium, Chroom, Kwik, Zink, Chloride, Fenol, Cresolen***	Arseen	Overschrijding interventiewaarde	Kwik, Chloride	Arseen	Overschrijding interventiewaarde	Barium, Chroom, Molybdeen, Chloride, Fenol, Cresolen***	Arseen	Overschrijding interventiewaarde	Barium, Chroom, Molybdeen, Nafaleen, Chloride, Fenol***, Cresolen***	Arseen	Overschrijding interventiewaarde
B3.1 (16.5-17.5) Ondiep	Barium, Chroom, Chloride, Fenol***, Cresolen***	-	Overschrijding streefwaarde	Barium, Chroom, Chloride	-	Overschrijding streefwaarde	Barium, Chroom, Chloride, Fenol***, Cresolen***	-	Overschrijding streefwaarde	Barium, Chroom, Nafaleen, Chloride, Fenol***, Cresolen***	Kwik***	Overschrijding interventiewaarde
B.7 (2.0-3.0) Ondiep	niet gemeten			niet gemeten			Arseen, Barium, Chloride	-	Overschrijding streefwaarde	niet gemeten		
B.8 (3.5-4.5) Ondiep	Molybdeen, Chloride, Fenol***, Cresolen***	-	Overschrijding streefwaarde	Molybdeen, Chloride	-	Overschrijding streefwaarde	Molybdeen, Chloride, Fenol***, Cresolen***	-	Overschrijding streefwaarde	Arseen, Barium, Cadmium, Chroom, Koper, Molybdeen, Nikkel, Lood, Zink, Chloride, Fenol***, Cresolen***	Vanadium*	Overschrijding streefwaarde
B9 (4.0-5.0) Ondiep	niet gemeten			niet gemeten			Chroom, Chloride	-	Overschrijding streefwaarde	niet gemeten		
B10 (3.0-4.0) Ondiep	niet gemeten			niet gemeten			Chroom, Chloride	-	Overschrijding streefwaarde	niet gemeten		
B11 (1.5-2.5) Ondiep	niet gemeten			niet gemeten			Molybdeen, Chloride	Arseen	Overschrijding interventiewaarde	niet gemeten		
B15.1 (11.0-12.0) Ondiep	Barium, Chroom, Chloride, Fenol***, Cresolen***	Arseen	Overschrijding interventiewaarde	Barium, Kwik, Chloride	Arseen	Overschrijding interventiewaarde	Barium, Chroom, Chloride, Fenol, Cresolen	Arseen	Overschrijding interventiewaarde	Barium, Chloride, Chroom, Fenol***, Cresolen***	Arseen	Overschrijding interventiewaarde
PB2a (8.0-9.0) Ondiep	niet gemeten			niet gemeten			Barium, Chroom, Chloride, Fenol***, Cresolen***	-	Overschrijding streefwaarde	Barium, Chroom, Nikkel***, Chloride, Fenol***, Cresolen***	Kwik***	Overschrijding interventiewaarde
PB2a (11.0-12.0) Diep	Chroom, Vanadium*, Antimoon***, Chloride	-	Overschrijding streefwaarde	Antimoon***, Vanadium*, Chloride	-	Overschrijding streefwaarde	Antimoon***, Vanadium*, Chloride**	-	Overschrijding streefwaarde	Chroom, Koper, Lood, Antimoon***, Tin***, Vanadium*, Zink, Chloride	Kwik***	Overschrijding interventiewaarde
DP4 (regelput) Diep	Antimoon***, Vanadium*, Chloride	-	Overschrijding streefwaarde	niet gemeten			Chroom, Antimoon***, Vanadium*, Chloride	Arseen	Overschrijding interventiewaarde	Cadmium***, Antimoon***, Vanadium*, Chloride	Kwik***	Overschrijding interventiewaarde

* Voor deze stof is geen interventiewaarde vastgesteld, maar wordt het indicatief niveau voor een ernstige verontreiniging (INEV) overschreden.
 ** Opgemerkt wordt dat bij de laboratoriumanalyse voor chloride uit PB2a (11.00-12.00m -mv) vermoedelijk sprake is van een verdunningsfout. Het gemeten gehalte chloride (2100 mg/L) wijkt dermate af van de voorgaande monitoringsronde dat dit resultaat niet betrouwbaar wordt geacht. Vanwege onvoldoende beschikbaar monstermateriaal was her-analyse niet mogelijk.
 *** Concentratie was onder rapportagegrens. Overschrijding wordt uitsluitend veroorzaakt door overschrijding rapportagegrens.
 **** Dit wordt veroorzaakt door een matrixstoring of een te hoge rapportagegrens.
 ***** Ingevoegde meetronde vanwege ontbreken van enkele bepalingen (chlorobenzenen). Daarbij zijn ook metalen en anionen geanalyseerd.
 S Streefwaarde
 I Interventiewaarde

4.1.2 Resultaten

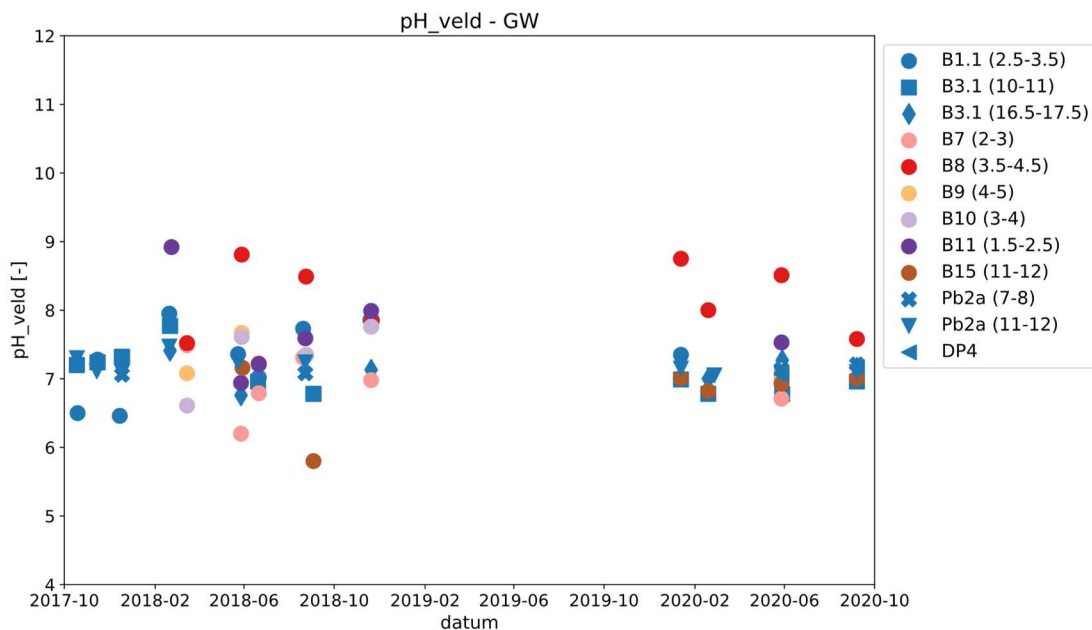
De metingen zijn allemaal weergegeven in de monitoringsrapportages (Bijlage A.1-A.4) en grafisch weergegeven gecombineerd met de metingen in de periode 2017-2018 in bijlage A.8. In deze paragraaf worden alleen de meest relevante stoffen nader besproken.

4.1.2.1 Leeswijzer resultaten

In de figuren wordt steeds de meetwaarden en de geldende norm weergegeven met gesloten symbolen (bijv. ● ■ ◆ ◇ ● ●). Indien een stof niet is waargenomen, wordt de rapportagegrens weergegeven met de corresponderende open symbolen (bijv. ■ wordt dan □). Voor grondwater geldt dat in de figuren in dit hoofdstuk de naamgeving is aangehouden met locatienummer en diepte in meters ten opzichte van het maaiveld (bijv. B7 (2-3)). In de beschrijving is echter de dieptebeschrijving weggelaten indien op deze locatie maar op 1 diepte is gemeten (B7 (2-3) wordt dan beschreven als B7). Met name voor locaties waar geen gehalten worden gemeten, maar de rapportagegrens wordt weergegeven, is niet altijd ieder individueel meetpunt zichtbaar. Voor een compleet overzicht van metingen die in de figuren mogelijk “overlappen”, wordt verwezen naar de meetgegevens in de bijlagen.

4.1.2.2 pH

Ondanks dat de pH in de TGG erg hoog is (circa 11), is de pH in de peilfilters in de directe omgeving dicht bij de neutraal (Figuur 16). Alleen meetpunt B8 (gelegen naast de kwelsloot, maar direct onder de TGG) is een duidelijk verhoogde pH meetbaar van circa 8. In het oppervlaktewater is geen verhoogde pH zichtbaar (tussen 8 en 9)

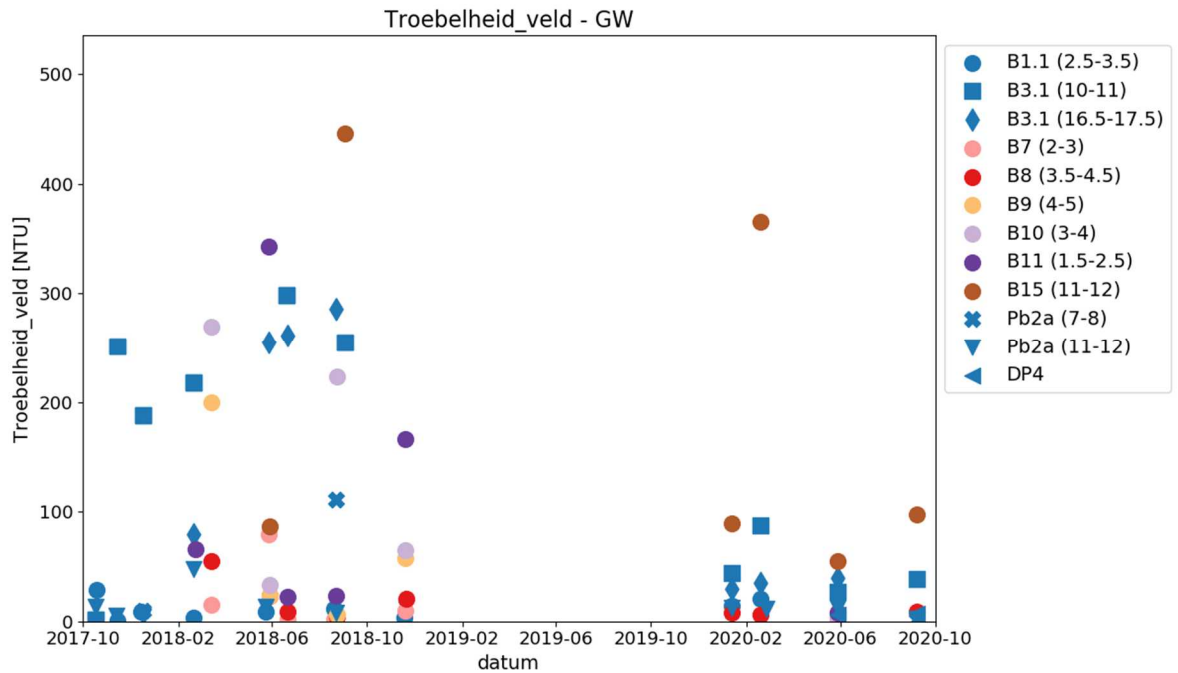


Figuur 16. pH in grondwater (gemeten in het veld)

4.1.2.3 NTU

Op meerdere locaties is bij het bemonsterde grond- en oppervlaktewater een verhoogde troebelheid van > 10 NTU vastgesteld. 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. In 2020 werden met name op locatie B3.1 (beide dieptes), B8 en B15 verhoogde NTU waarden in het grondwater vastgesteld (Figuur 17). In oppervlaktewater is de troebelheid ook verhoogd, maar niet zo sterk als in grondwater. Een dergelijke verhoging kan storend werken op diverse organische parameters. Alvorens op metalen te analyseren, wordt het watermonster gefiltreerd om geen beïnvloeding door aanwezige zwevende vaste deeltjes

(troebelheid) te krijgen. Zwevende vaste deeltjes zorgen voor een verhoging van het analyse resultaat en dat is dan niet representatief voor de waterfase.

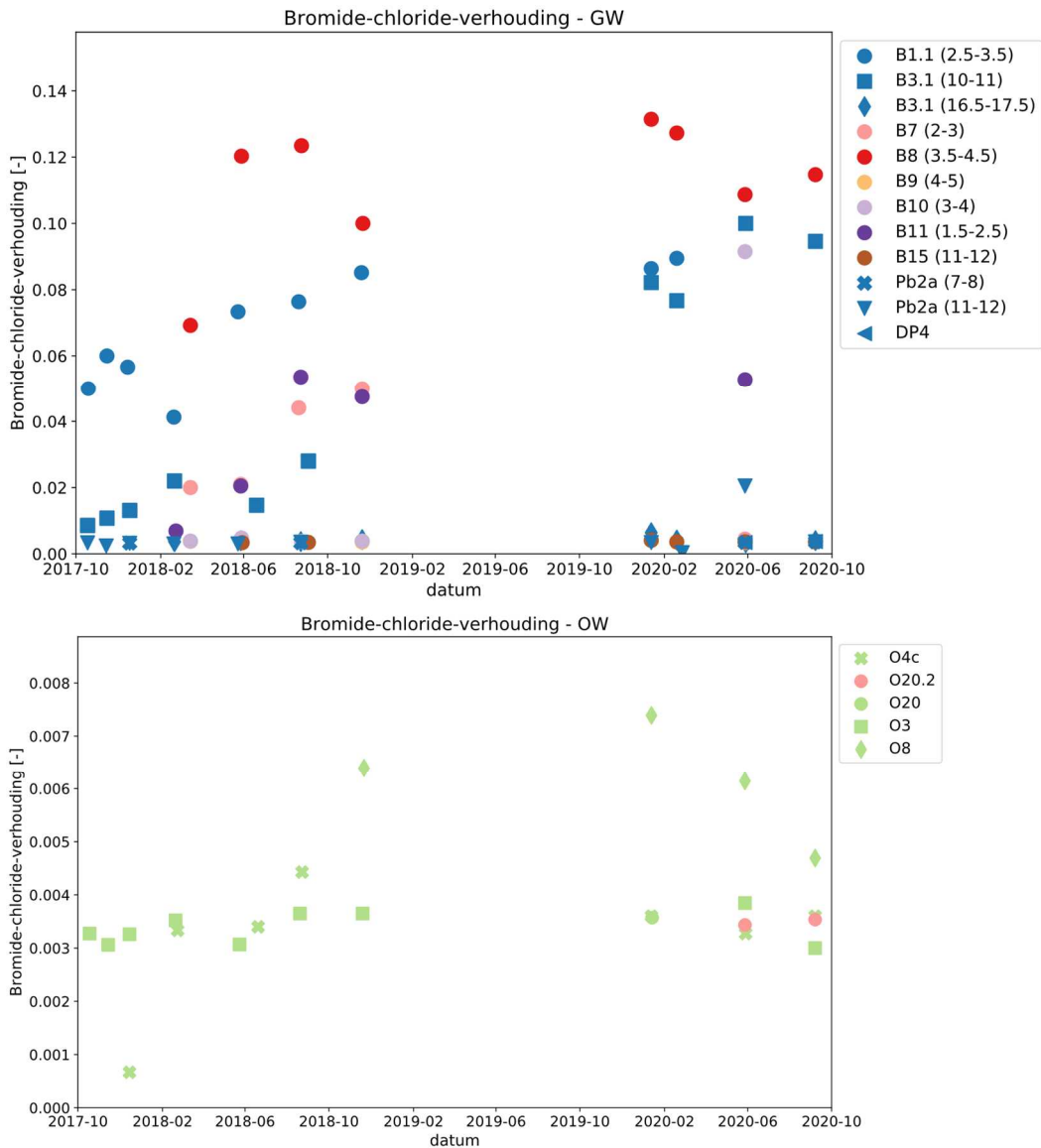


Figuur 17. Troebelheid in grondwater (gemeten in het veld).

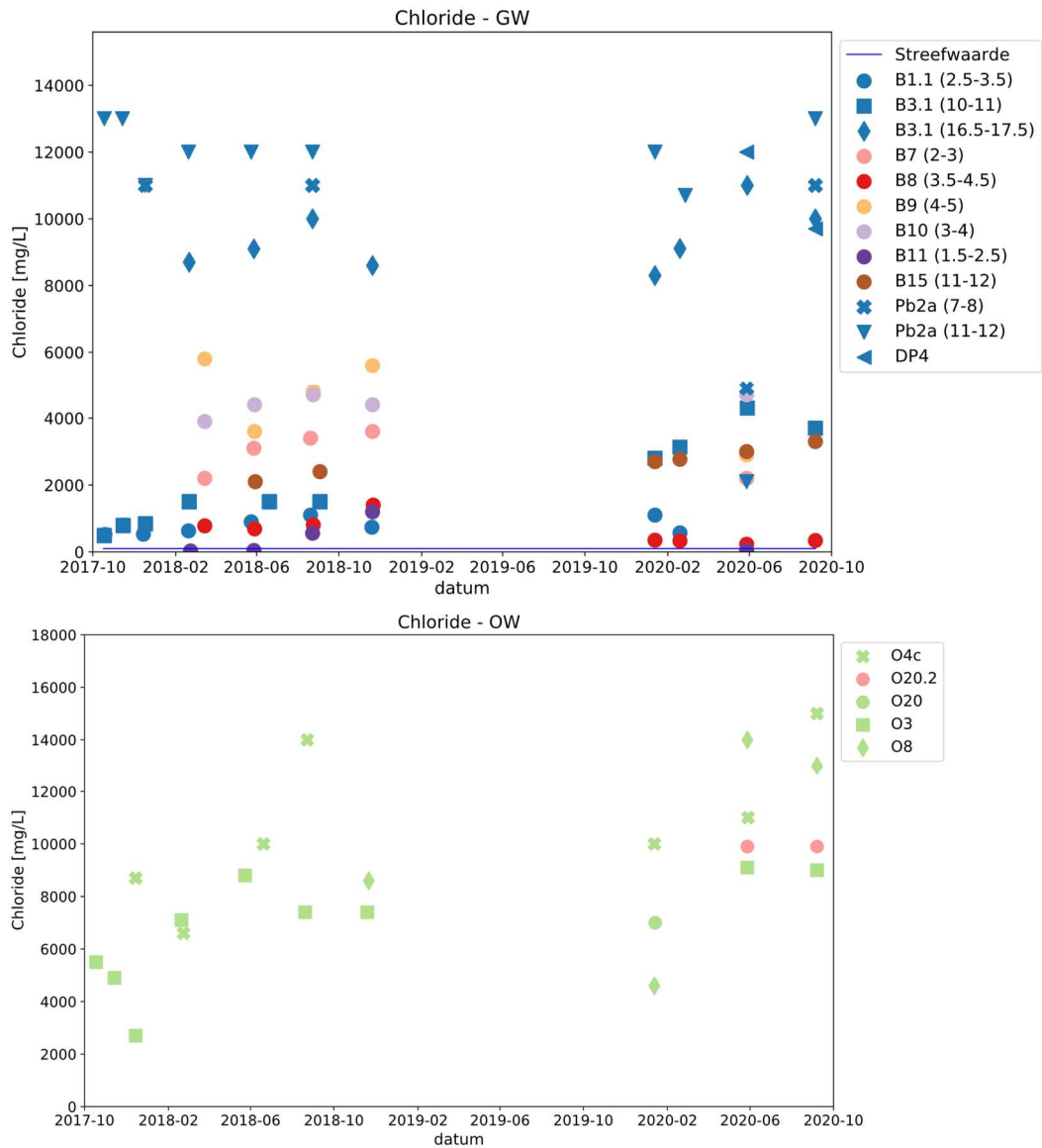
4.1.2.4 Anionen

Bromide, chloride en sulfaat in het gebied zijn afkomstig van twee bronnen: het zeewater (via de Westerschelde) en de grootschalige bodemtoepassing. 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.

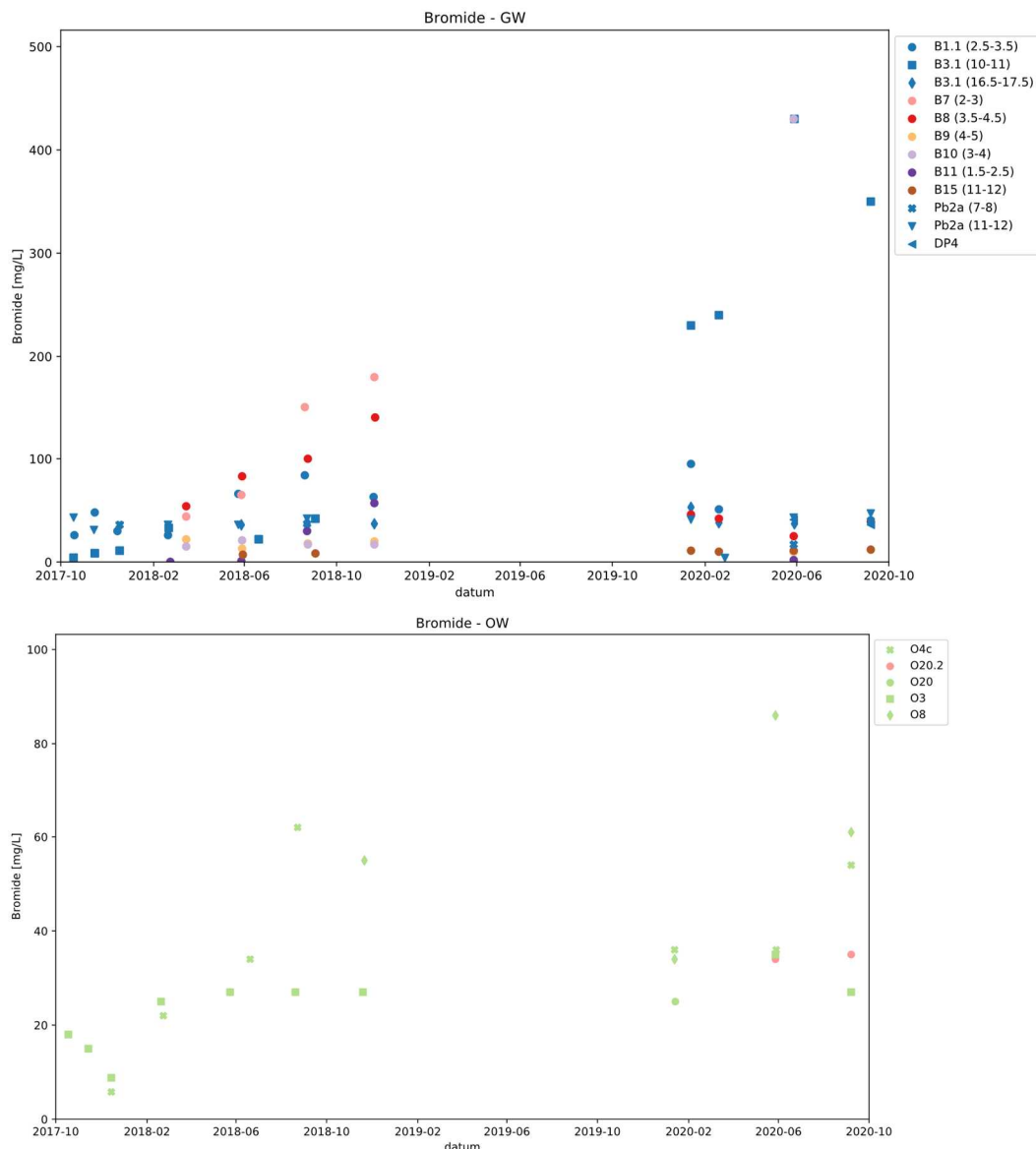
De chloride-gehalten, bromide-gehalten en bromide-chlorideverhouding zijn voor grondwater en oppervlaktewater weergegeven in de Figuur 18 Figuur 19 en Figuur 21.



Figuur 18. Bromide-chlorideverhouding voor grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).



Figuur 19. Chlorideconcentratie in grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).



Figuur 20. Bromideconcentratie in grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).

De chloridegehalten in grondwater en oppervlaktewater zijn overal boven de normale waarden voor zoet water en bevestigen de status van de kwelsloot als een zoute kwelsloot. De overschrijding van de streefwaarde is voor chloride dan ook niet van betekenis. Duidelijk te zien is dat het oppervlaktewater dat de kwelsloot instroomt (O20 en O20.2) zout is, en dat (gezien de bromide/chloride-verhouding van ca 0.0035 g/g zeewater de oorsprong is. In peilfilters naast de kwelsloot (B1.1, B8, B10) is invloed van de TGG merkbaar door een verhoogde bromide-chloride verhouding (tot > 0.12 g/g) of concentraties boven de normale gehalten voor zeewater (25-50 mg/L), waardoor geconcludeerd kan worden dat water uit de TGG uitlooft naar de kwelsloot. De chloride gehalten zijn op deze locaties relatief laag (en opzichte van de andere meetpunten). Bij B7 is dit niet geval. Voor peilfilter B11 kan uitlofting uit de TGG niet uit deze meting worden bepaald.

Gezien het -ten opzichte van doorstroming- beperkte debiet waarmee de uitstroming in de sloot plaatsvindt (omdat het hier om uitloging vanuit het grondwater gaat), is het effect daarvan op de locatie van O3 zeer beperkt. Van het oppervlaktewatermeetpunt op locatie O8 is de invloed van de TGG zichtbaar (vanwege de verhoogde bromide-chloride-verhouding). In dit gedeelte van de kwelsloot (de zuidelijke kwelsloot) is weinig doorstroming omdat er maar een klein landoppervlak op afwatert (zie ook paragraaf 2.3). Bromide en chloride zijn verder geanalyseerd op diverse punten in de kwelsloot. Zie daarvoor paragraaf 5.3.

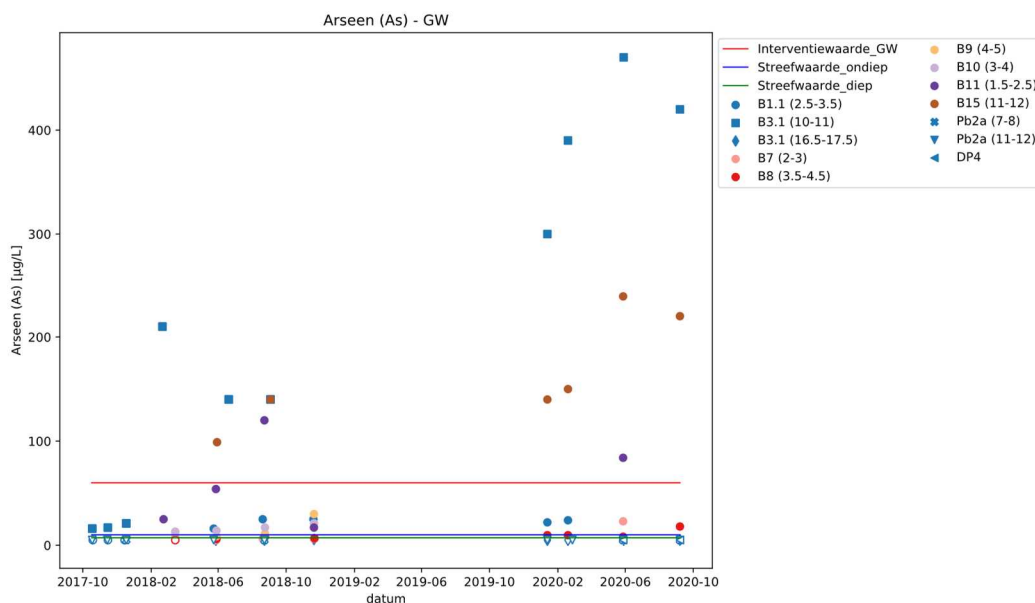
Opvallend is verder het hoge sulfaatgehalte in B8, zeker omdat chloride op deze locatie erg laag is. Verhoogde sulfaatgehalten (ca 1.8 g/L) zijn ook aangetroffen in de toplaag van deelgebied A, maar meer westelijk van deze locatie (zie paragraaf 5.4).

4.1.2.5 Verschil opgelost en totaal voor metalen

In oppervlaktewater wordt zowel de opgeloste concentratie metaal als de totale concentratie metaal gemeten. Op sommige plekken is de concentratie opgelost metaal hoger is dan de concentratie totaal metaal. Dit kan te maken hebben met heterogeniteit van het monster. Indien dit verschil voorkomt in combinatie met een verhoogde concentratie opgelost metaal dan is dat hieronder per aangegeven.

4.1.2.6 Arseen

Arseen wordt aangetroffen in verhoogde waarden in het ondiepe grondwater op vrijwel alle meetlocaties. Bij meetpunt B3.1 (10-11)³¹ (direct onder de TGG) en B15 (naast de TGG op het voormalige veerplein) wordt de interventiewaarde structureel overschreden en zijn de waarden in 2020 veel hoger dan in 2017-2018. Ook bij B11 (die eenmalig is gemeten in het kader van de analyse van de kwelsloot) wordt een interventiewaarde-overschrijding vastgesteld.



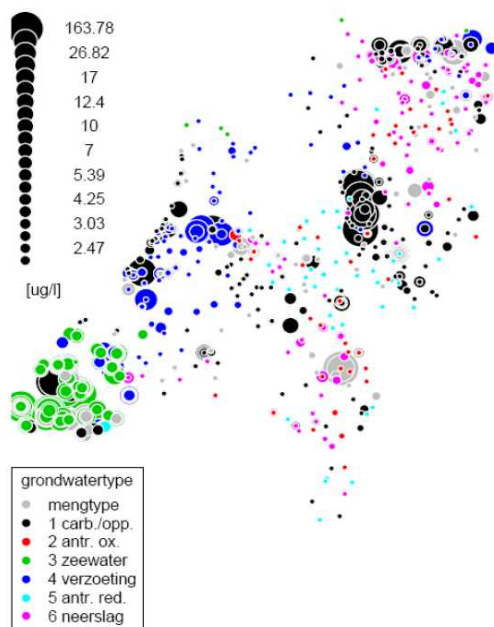
Figuur 21. Arseen in grondwater per meetpunt in de periode 2017-2020.

Arseen komt van nature in de Zeeuwse bodem voor in waarden die soms boven de interventiewaarde liggen (zie Figuur 22), maar de waarden van 200-400 µg/L die bij B15 (11-12) en B3.1 (10-11) worden aangetroffen liggen ook boven deze verhoogde grondwaterconcentraties. Bij B3.1 (10-11) wordt het gehalte aan arseen veroorzaakt door uitloging uit de TGG omdat hier de

³¹ In de figuren (en daarom in dit hoofdstuk) wordt B3.1 (10-11) aangehouden voor het meetpunt B3.1 (9.90-10.90). In een volgende versie zal dat worden gecorrigeerd.

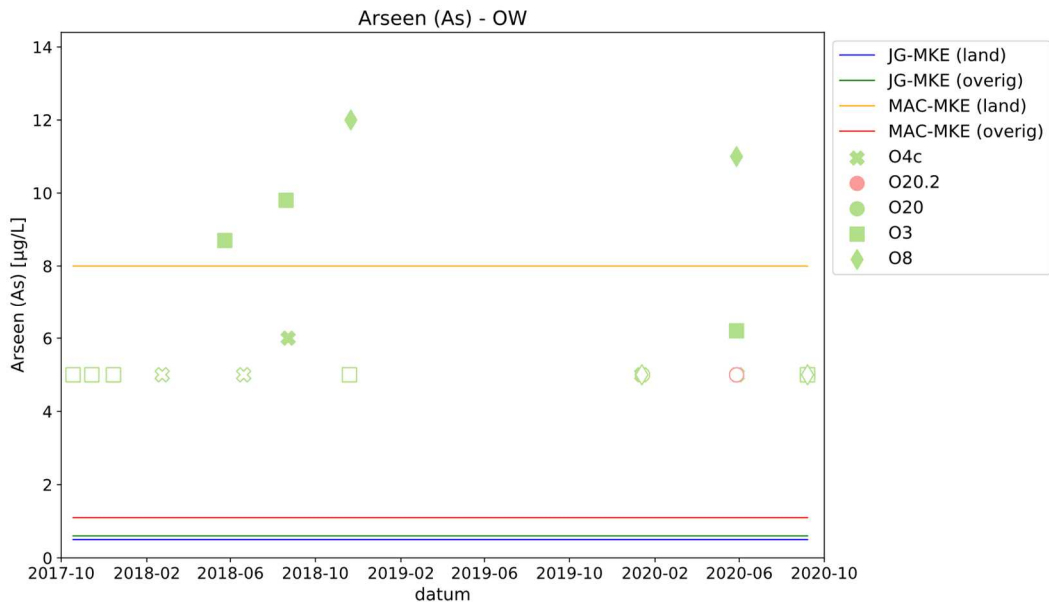
grondwaterlocatie direct onder de TGG ligt. De genoemde locaties zijn echter ook erg troebel en dit zou (met name bij B8 en B15) tot een overschatting kunnen leiden van de daadwerkelijke concentraties.

Bovendien is ook de bromide-chloride-verhouding hier sterk verhoogd. Voor locatie B15 (11-12) is niet vast te stellen op basis van deze gegevens wat de oorzaak is. De locatie ligt op 10-20 meter afstand van de TGG en hier is de bromide-chlorideverhouding niet verhoogd.



In het Figuur 22. Kaart van Nederland met type bron en concentratie van arseen in grondwater. De maximumwaarde is 164 $\mu\text{g/L}$ (RIVM, 2008).

In oppervlaktewater wordt arseen meestal niet aangetroffen boven de rapportagegrens van 5 $\mu\text{g/L}$. Op de locatie O8 (de zuidelijke kwelsloot) wordt echter wel een verhoogde waarde (boven de MAC-MKE) aangetroffen in 1 van de meetpunten. Opvallend bij deze meting is dat de concentratie opgelost arseen (11 $\mu\text{g/L}$) hoger is dan de totale concentratie arseen (<5 $\mu\text{g/L}$), waardoor een meetfout niet valt uit te sluiten. Bij de toetsing van arseen, kan de achtergrondconcentratie (AC) worden afgetrokken van de meetwaarde. In de kwelsloot is geen goede achtergrondconcentratie bekend, maar uitgaande van het arseengehalte in de Westerschelde (de bron van de kwel die de voornaamste voeding is van deze sloot in droogweeperperiodes) kan -indicatief- van 2-4 $\mu\text{g/L}$ worden uitgegaan. In dat geval wordt de MAC-MKE waarde benaderd, of met ca 2 $\mu\text{g/L}$ overschreden.

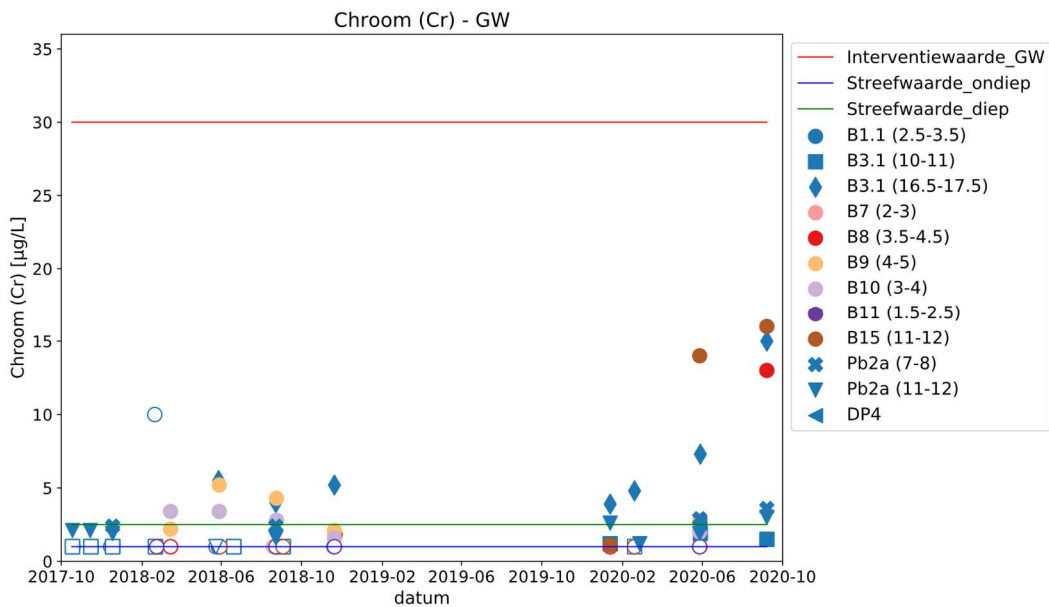


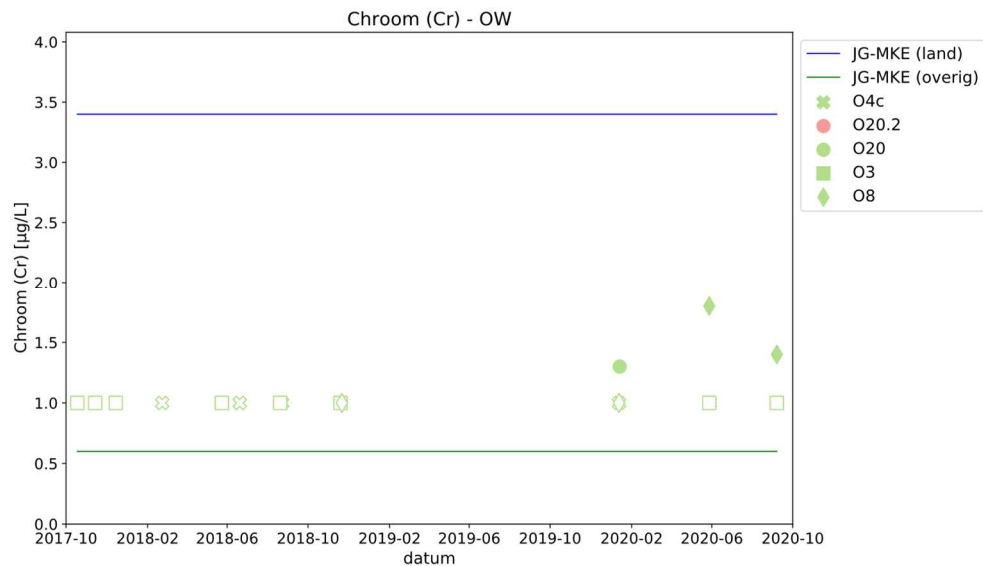
Figuur 23. Arseen in oppervlaktewater per meetpunt in de periode 2017-2020.

4.1.2.7

Chroom

concentraties in het grondwater zijn in 2020 hoger gemeten dan in 2018/2019 voor de locaties B8, B3.1 (16.5-17.5) en B15 (Figuur 24, boven). De reden van de stijging is onduidelijk: indien het gaat om uitloging uit de TGG zou ook het meetpunt direct onder de TGG (B3.1 (10-11)) een verhoogde waarde laten zien. Aan de andere kant is locatie B8 een locatie waar invloed van uitloging vanuit de TGG is vastgesteld. In het oppervlaktewater is chroom onder de rapportagegrens, behalve bij locatie O20 (Westelijke Perkpolder) en O8 (Figuur 24, onder). Bij die laatste locatie is enige invloed van uitlogend water afkomstig van de TGG waargenomen, en bestaat dus de mogelijkheid dat de verhoogde waarde daaraan kan worden toegeschreven. In de tijd gezien blijven de gehalten echter rond de JG-MKE.

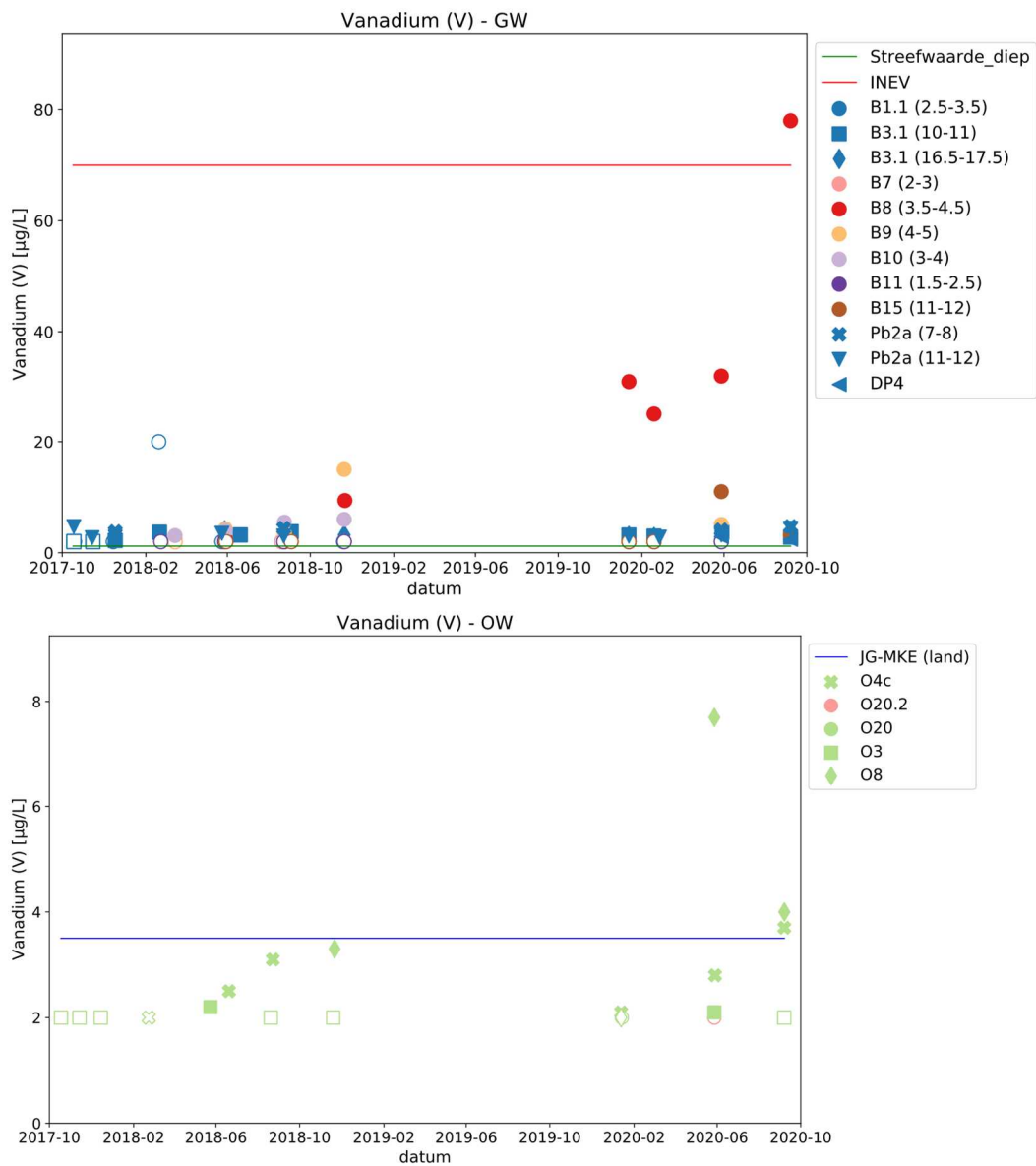




Figuur 24. Chroom in grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).

4.1.2.8 Vanadium

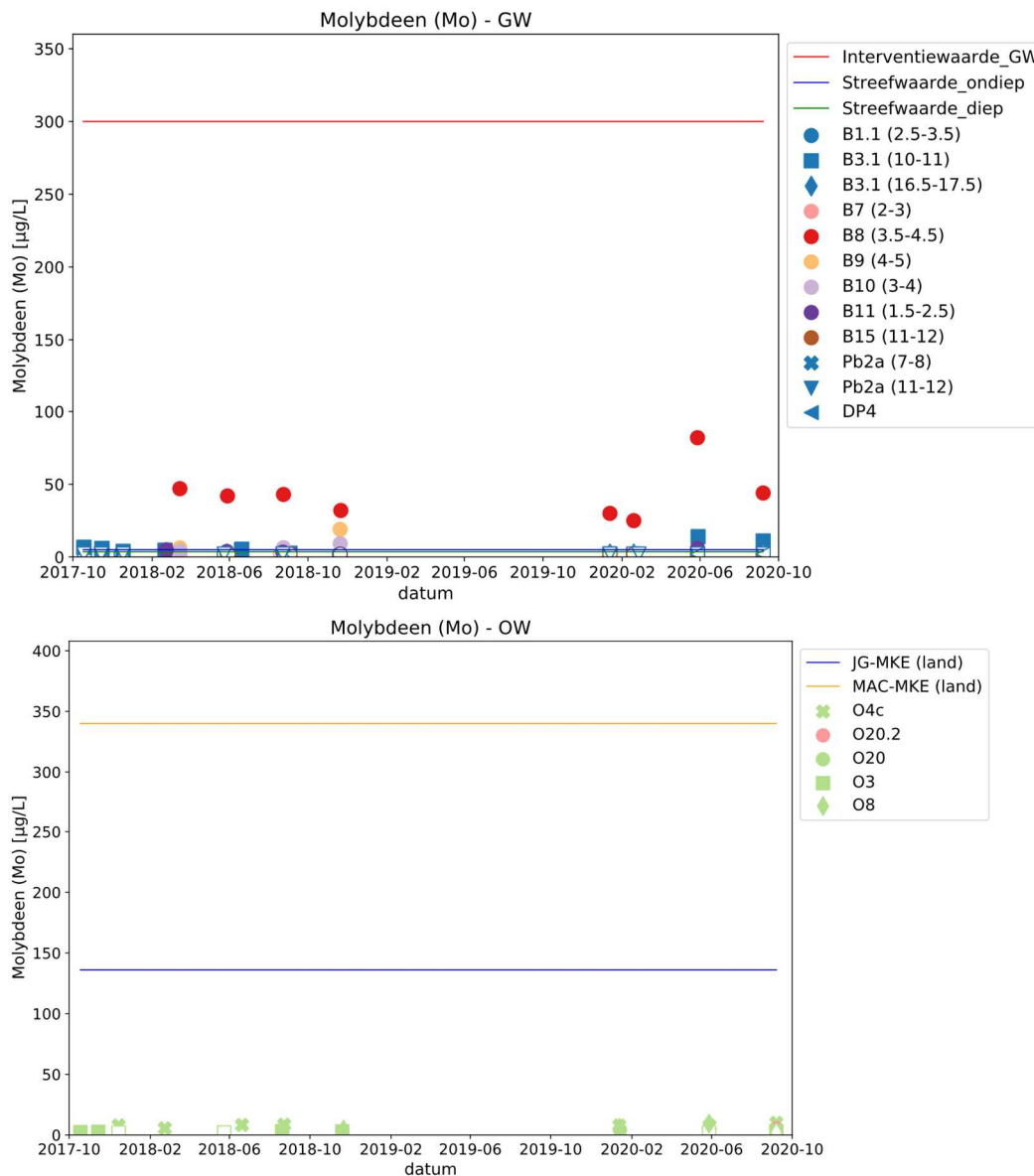
De vanadiumconcentraties in het grondwater zijn sterk verhoogd in locatie B8, en zijn in de laatste meetronde boven de indicatieve interventiewaarde gekomen. De waarden zijn ook sterk gestegen ten opzichte van de meetresultaten in 2017 en 2018. Vanadium is een stof die sterker uitlooft uit alkalische bouwstoffen. Ook in het oppervlaktewater zijn vanadiumwaarden verhoogd ter hoogte van locatie O8. Ook de waarde in het buitendijkse natuurgebied (O4c) is verhoogd, al is -gezien de sterke verdunning- niet te zeggen of de bron daarvoor in de TGG gelegen is.



Figuur 25. Vanadium in grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).

4.1.2.9 Molybdeen

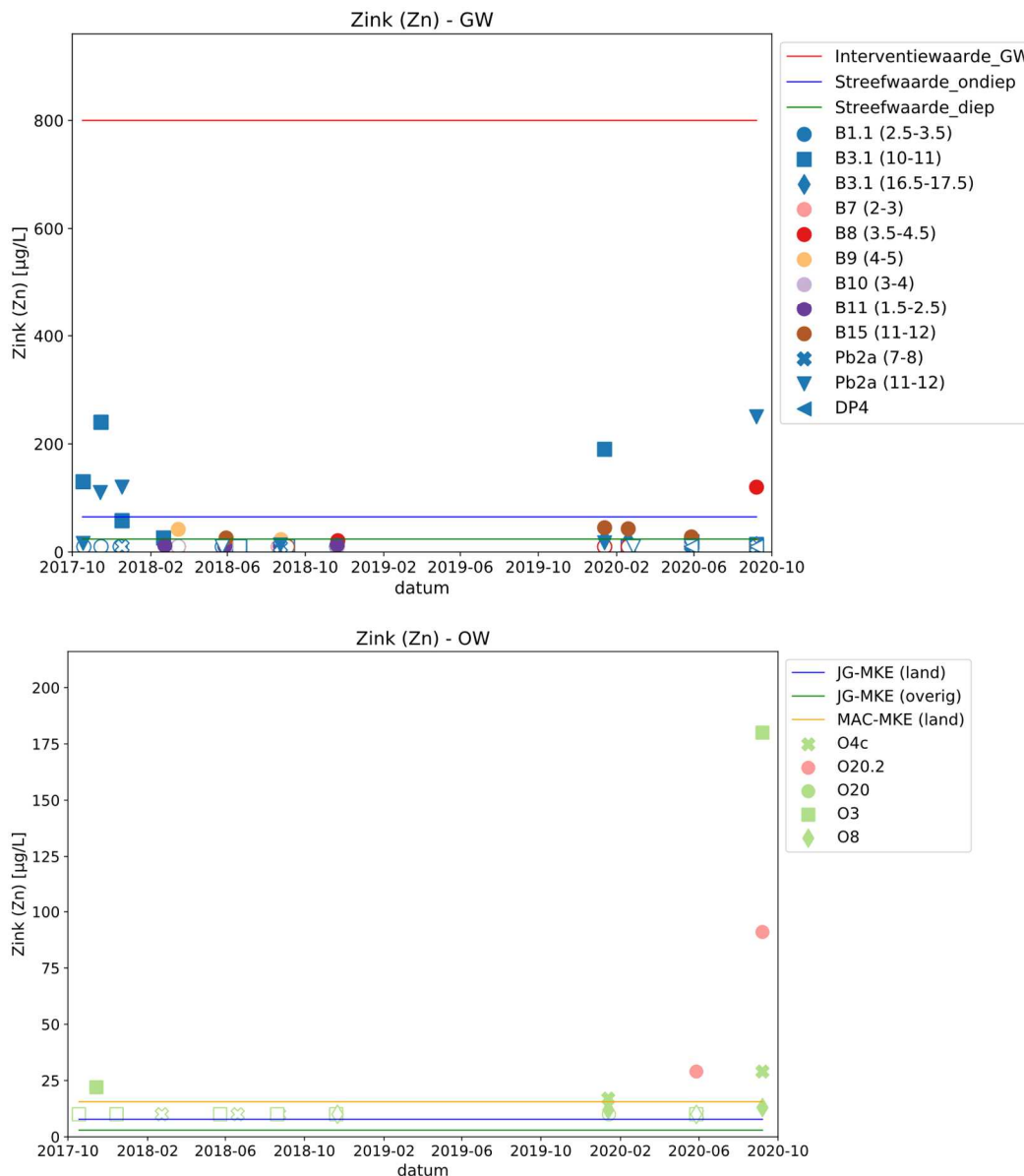
Molybdeen wordt in het algemeen niet aangetroffen. Bij B8 worden vanaf het begin van het monitoringsprogramma de hoogste waarden aangetroffen en ook bij B3.1 (10-11) wordt het aangetroffen. Van molybdeen is bekend dat het uitloopt uit bij verhoogde pH, en B8 is het meetpunt waar de pH het hoogste is.



Figuur 26. Molybdeen in grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).

4.1.2.10 Zink

De zinkgehalten in grondwater zijn licht verhoogd voor locaties B3.1 (10-11), Pb2a (11-12) en B8 (telkens in 1 meting). In het oppervlaktewater zijn sterk verhoogde waarden zichtbaar voor O3 (Bij deelgebied C, alleen in de laatste meting) O4c (het buitendijks natuurgebied) en O20.2 (referentie in de Westelijke Perkpolder). De plotselinge zeer sterke stijging wat betreft deze laatste twee waarden deed hier een meetfout vermoeden. Overleg met Eurofins geeft geen aanleiding daartoe in hun kwaliteitssysteem. De trend van de metingen van de komende jaren zal uitwijzen of hier sprake is van een eenmalige uitschieter. Opvallend is ook dat de concentratie opgelost zink soms hoger is dan de totale concentratie zink, zo is tijdens de tweede monitoring ter plaatse van O20.2 een opgeloste concentratie zink van 29 µg/L aangetroffen, terwijl de totale concentratie 10 µg/L betrof. Dit verschil kan te maken hebben met heterogeniteit van het monster.



Figuur 27. Zink in grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).

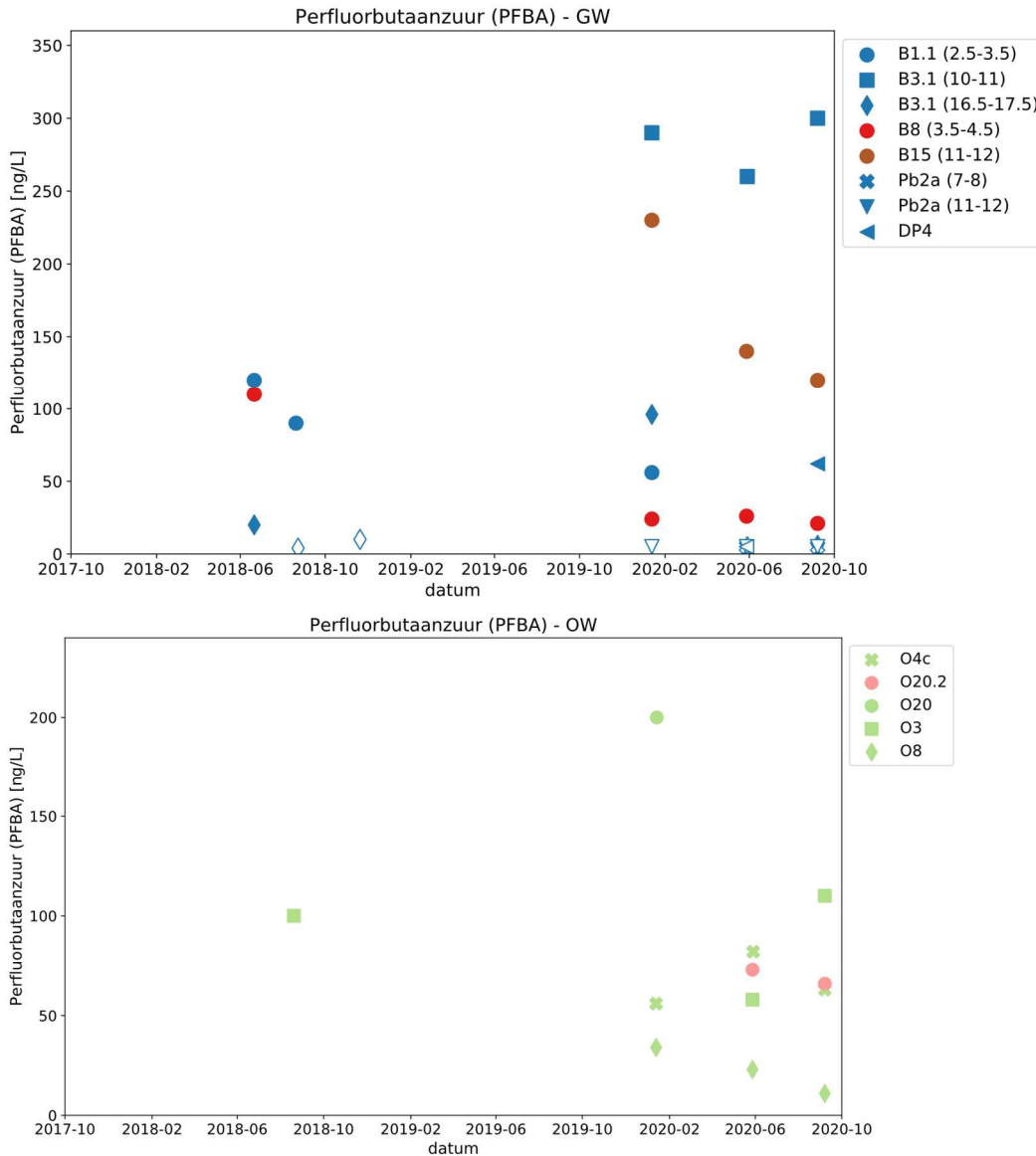
4.1.2.11 Vluchtige aromatische koolwaterstoffen

In het grondwater is tevens de BTEX-groep gemeten (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen), vanwege het voorkomen van enkele van deze componenten (benzeen en toluen) in de TGG. Geen van deze stoffen is in 2020 echter aangetroffen. Naftaleen, fenol en xylenen worden meestal niet aangetroffen, maar bij locatie B3.1 (9-10) (direct onder de TGG) en B3.1 (16.5-17.5) zijn in de derde meetronde respectievelijk concentraties van 52 en 36 µg/L naftaleen aangetroffen. Op locatie B3.1 (9-10) is een verhoogde troebelheid vastgesteld met een NTU van 39,1, dit kan mogelijk leiden tot een overschatting van de concentratie naftaleen. Op locatie B3.1 (16.5-17.5) is een NTU vastgesteld van 6, de verhoogde naftaleen concentratie kan hier dus niet verklaard worden door middel van verhoogde troebelheid. Fenol wordt aangetroffen in de tweede meetronde, wederom in locatie B3.1 (9-10) (twee van de drie metingen) en B15 (1 meting), deze locaties hebben een verhoogde NTU van >25. Cresolen (som) wordt aangetroffen bij locatie B15 (meetronde 2) en B1.1 (meetronde 3). Op locatie B1.1 is de troebelheid niet verhoogd. Alleen een trendmatige analyse over een langere periode kan wellicht meer duidelijkheid geven over de status van deze metingen en over de oorzaak van de overschrijdingen.

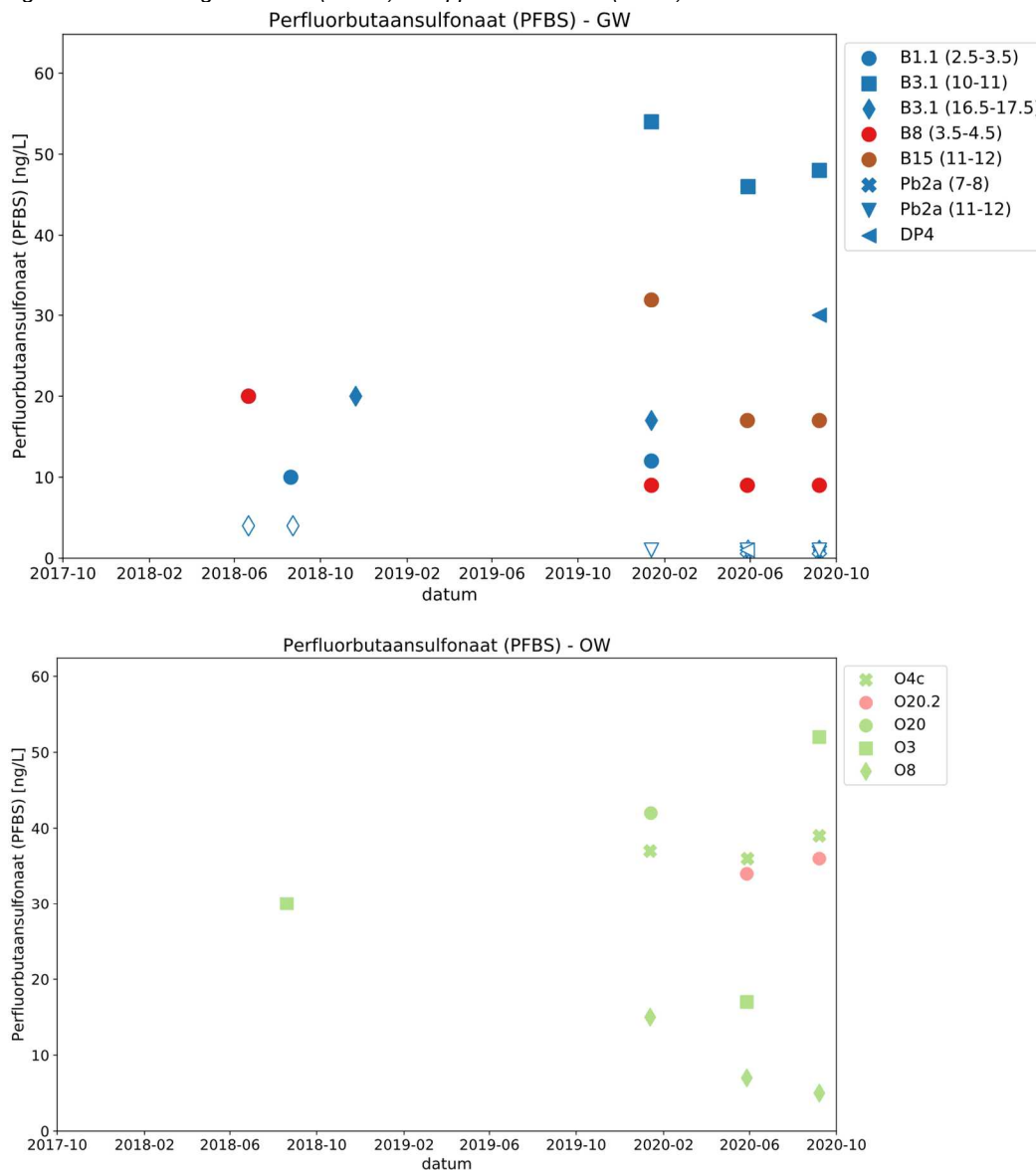
4.1.2.12 PFAS

Van de groep PFAS (per- en polyfluoralkylstoffen) wordt PFBA (perfluorbutaanzuur, Figuur 28), en PFBS (perfluorbutaansulfonaat, Figuur 29) in de hoogste concentraties (in ng/L) in grondwater en oppervlaktewater aangetroffen. Dat geldt zowel voor de referentielocatie als voor de locaties in de buurt van de TGG. De waarden in het oppervlaktewater vallen in de range van PFBA waarden in de Westerschelde (meetpunt Schaar van Ouden Doel) en zijn daarmee waarschijnlijk sterk beïnvloed door het zeewater. De hoogste waarden in het grondwater worden aangetroffen bij locatie B3.1 (10-11) dat direct onder de TGG ligt en waarde bromide-chlorideverhouding verhoogd is. Daarmee is waarschijnlijk dat PFAS op deze locatie wel beïnvloed wordt door de TGG.

In de waterbodemmonsters liggen PFBS en PFBA onder de rapportagegrens (0.1 µg/kg ds).



Figuur 28. PFBA in grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).



Figuur 29. PFBS in grondwater (boven) en oppervlaktewater (onder).

4.1.3 Conclusie

Het reguliere onderzoek bevestigt het beeld van 2018 wat betreft stoffen waarvoor bijzondere aandacht moet zijn (bromide, arseen, vanadium, molybdeen). De waardes lijken verhoogd in 2020, maar alleen een langere meetreeks zal kunnen aantonen of hier sprake is van een trendbreuk. De hoogste concentratie komen voor in het gebied direct onder de TGG, of direct naast de kwelsloot (aan de dijkzijde). In het diepere grondwater is geen effect van de TGG waar te nemen. In de kwelsloot is dat effect wel waar te nemen, maar wordt de waterkwaliteit voornamelijk beïnvloed door het bovenstrooms gelegen Westelijke Perkpolder, en de uittredende water bij de kwelvoorziening.

4.2 Grasbekledingsonderzoek

De resultaten van dit onderzoek, zie 2.3.3, zijn verwerkt in een memo, dat is bijgevoegd als Bijlage E van dit rapport.

4.2.1 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 2020 is vergeleken met de inspectie in 2018.

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.

4.2.2 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. Op 7 locaties zijn bodemonsters gestoken en geanalyseerd op de granulaire samenstelling van de toplaag, de pH, koolzure kalk, organische stof, microbiële activiteit en enkele macronutriënten (N, P en K). De grasmat is beoordeeld volgens de methode van het WBI2017 (ILT, 2017).

4.2.3 Resultaten

Het aantal geïdentificeerde soorten varieert per locatie van 9-33, de grasbekleding varieert daarmee van relatief soortenrijk tot soortenarm. De grasbekleding varieert van slecht ontwikkeld tot gesloten graszoden met dichte doorworteling. De microbiële activiteit is wisselend en het organisch stofgehalte plaatselijk laag. Op een locatie worden relatief hoge gehalten van ijzer, borium en mangaan aangetroffen.

4.2.4 Conclusie

De grasbekleding van de dijk is nog steeds in ontwikkeling en de kwaliteit varieert per locatie. Het lutumgehalte is zowel op het binnen- als buitentalud aan de lage kant. Over het algemeen is er sprake van een gesloten graszode met een dichte doorworteling, zoals gedefinieerd in het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI 2017). Alleen daar waar Rood zwenkgras de grasbekleding domineert (zij het in lage bedekkingen) is de grasbekleding visueel open en de doorworteling open tot soms fragmentarisch. Dit speelt met name op de brede berm van de Zuidelijke dijk. Afhankelijk van de kans op belasting van deze strekkingen door golfoverslag, kan dit een probleem zijn bij de veiligheidsbeoordeling van de dijk en maatregelen in het beheer noodzakelijk maken. Naast de enkele zoutminnende vegetatiesoorten in de teen van de Zuidelijke dijk zijn geen bijzonderheden aangetroffen. 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.

5 Resultaten aanvullend onderzoek 2020

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het aanvullende onderzoek in 2020 besproken. Het gaat hier zowel om incidenteel onderzoek conform het plan van aanpak (paragraaf 5.1) als onderzoek waartoe in een later stadium is besloten. In hoofdstuk 4 zijn de analyses en resultaten van de periodieke monitoring van grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodem en het jaarlijkse grasonderzoek reeds toegelicht.

5.1 Milieukundig onderzoek toplaag deelgebied D

5.1.1 Inleiding

Conform het Plan van Aanpak (Deltares, 2020) is in 2020 onderzoek gedaan naar de milieuhygiënische kwaliteit van de kleilaag op de nieuwe zeedijk. Dit onderzoek heeft alleen betrekking op het deelgebied D dat nog niet eerder is onderzocht (zie Figuur 4 voor de locaties van de deelgebieden): de TGG aangebracht aan de noordzijde van het voormalige veerplein. Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek wordt beoordeeld in hoeverre op stofniveau sprake is van afwijkingen in concentraties die in verband gebracht kunnen worden met effecten ten gevolge van uitloging van stoffen uit de TGG die in de dijk is toegepast.

Dijkvlakken A en C zijn eerder onderzocht (zie Bijlage D van Bijlagerapport B (Deltares, 2019b)). Daarnaast zijn in 2017 en 2018 twee locaties onderzocht (grond en grondwater) die in deelgebied D liggen, namelijk de bemonsteringslocaties B14 en B15 (Deltares, 2019; Deltares, 2019b), zie voor de locaties Figuur 13. In Figuur 30 is aangegeven waar in dijkvlak D TGG is toegepast en waar monsters zijn genomen. Het onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van de toplaag van deelgebied D is opgenomen in Bijlage C.



Figuur 30. Deelgebied D, waarbij indicatief het gebied waarin de TGG is aangebracht is gearceerd en het boorplan is weergegeven.

5.1.2 Toetsing

Boringen zijn geplaatst tot maximaal 1,5 meter en bij de samenstelling van mengmonsters is een onderscheid gemaakt tussen de toplaag (eerste halve meter) en de laag daaronder. Om en zo goed mogelijk beeld te krijgen van de milieuhygiënische kwaliteit en de dikte van de toplaag zijn de boringen verricht in 8 raaien van 4 boringen.

Daarnaast wordt aan de hand van boorprofielen inzicht verschaft in de aanwezigheid van een leeflaag.

5.1.3 Resultaten en conclusies

5.1.3.1 Bodemopbouw

Van alle 32 boringen zijn profielen van de ondergrond (boorprofielen) opgesteld. Uit de boorprofielen blijkt dat de bovenste 0,5 meter grotendeels uit zand en soms plaatselijk uit klei bestaat. De dikte van de toplaag varieert van 1,5-1,0 m -mv, waarbij de dunste toplaag wordt aangetroffen in het zuidelijke deel van de dijk. Plaatselijk zijn bijmengingen aan baksteen aangetroffen. Antea Group concludeert, conform de NEN 5707, dat de aannahme 'onverdacht', zoals gesteld in het vooronderzoek van kracht blijft omdat er geen aanwijzingen zijn voor bodembelastende activiteiten en geen asbesthoudend materiaal aanwezig is.

De aanwezigheid van een leeflaag of afdeklaag van 50 cm is vanuit het Besluit bodemkwaliteit (Rijksoverheid, 2007) verplicht bij een grootschalige toepassing. Het materiaal waaruit een leeflaag moet bestaan wordt niet gedefinieerd, maar gezien de eis van erosiebestendigheid is de aanwezigheid van een kleilaag of een harde afdichting gewenst. Uit de boorprofielen van Antea blijkt dat deze kleilaag niet overal aanwezig is. Aangezien de TGG in deelgebied D vrijwel overal is afgedekt met een asfaltbekleding zou dat ook niet noodzakelijk zijn. Direct ten zuiden van de asfaltbekleding is echter (volgens de as built tekening, zie linkerzijde van Figuur 6) nog steeds TGG aanwezig. Hier is de TGG dus niet afgedekt met een asfaltlaag. De dikte van de laag is daar echter naar alle waarschijnlijkheid meer dan 2 meter.

5.1.3.2 Zoutgehalte en metalen

Het berekende "geotechnische"³² zoutgehalte (in g NaCl per liter bodemvocht) varieert van 0,04-0,74 g/l en ligt daarmee in alle mengmonsters van de grond ruim onder de maximale begrenzing van 4 g/l bodemvocht.

In een mengmonster is zink aangetroffen boven de achtergrondwaarde, het mengmonster voldoet hiermee aan de kwaliteitsklasse industrie.

5.1.3.3 PFAS

In alle mengmonsters is PFAS aangetoond met een bepalingsgrens van 0.1 µg/kg d.s. Conform de Wet bodembescherming is de bepalingsgrens van 0.1 µg/kg d.s de toepassingsnorm voor PFAS. Formeel gezien is hierdoor sprake van een bodemverontreiniging met PFAS in de bovengrond. Uit de toetsing aan de normen van het Tijdelijk handelingskader PFAS volgt dat de toplaag voldoet aan de functieklassen 'Landbouw/Natuur' en op één locatie aan de functieklassen 'Wonen/Industrie' (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020).

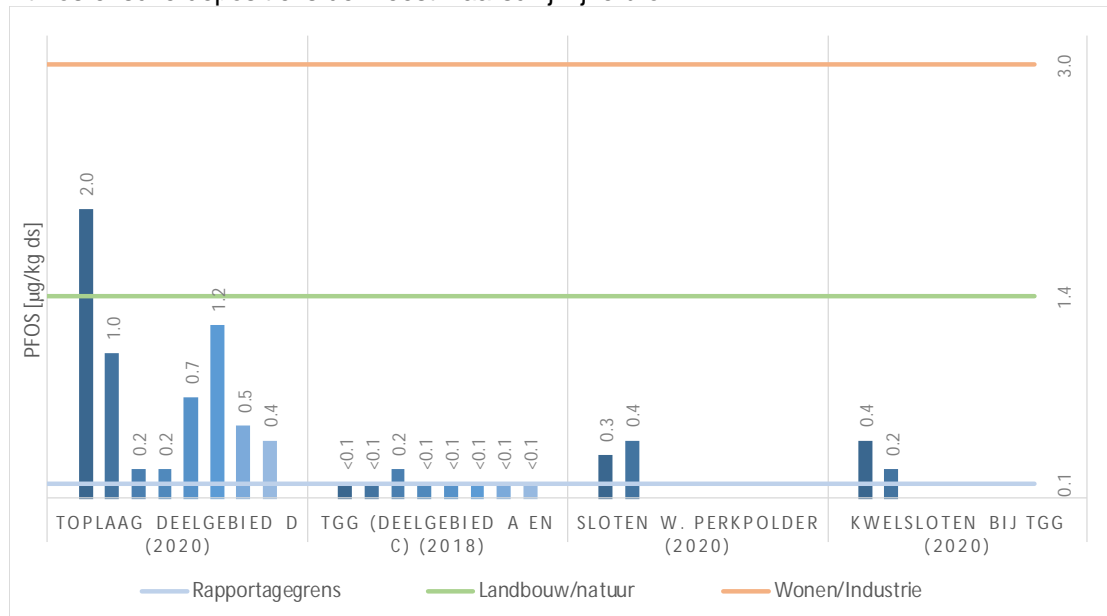
Verhoogde waarden van PFAS zijn eenmaal aangetroffen in de toplaag. PFOS wordt eenmaal aangetroffen boven de in Zeeland vastgestelde achtergrondwaarde (1,2 µg/kg ds)³³ en boven de 95-percentielwaarde voor Zeeuws Vlaanderen (1,4 µg/kg ds) (Marmos, 2020).

De waarden voor PFOS zijn steeds onder de maximumwaarde voor wonen en industrie. Opvallend is dat de aangetroffen concentraties PFOS hoger dan in de TGG zelf in deelgebied A en C en hoger dan in de waterbodembodem (zowel naast de TGG als in de Westelijke Perkpolder). Een overzicht van PFOS metingen in bodem, TGG en slib is weergegeven in Figuur 31. Daarmee is het zeer

³² Berekend op basis van het chloridegehalte en watergehalte en daarmee vergelijkbaar met de in dijkenbouw gebruikte methode (TAW, 1996)

³³ Deze provinciale achtergrondwaarden zijn hoger dan de voorlopige achtergrondwaarden uit het tijdelijk handelingskader uit november 2019, maar lager dan de definitieve achtergrondwaarden uit het tijdelijk handelingskader PFAS van 2 juli 2020

onwaarschijnlijk dat de PFAS waarden in de toplaag van Deelgebied D afkomstig zijn uit de TGG. Atmosferische depositie is de meest waarschijnlijke bron.



Figuur 31. PFOS (som vertakt en lineair) in grond/slib aangetroffen op verschillende locaties in relatie tot de rapportagegrens en de maximale waarden voor de bodemfunctieklassen landbouw/natuur en wonen en industrie.

PFOA wordt aangetroffen in gehalten tussen de 0.2 en de 0.6 $\mu\text{g}/\text{kg ds}$, onder de maximum waarden voor wonen/natuur en onder de achtergrondwaarde voor Zeeland (Marmos, 2020). Andere PFAS worden niet aangetroffen of in gehalten onder de 0.4 $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ en voldoen daarmee ook aan het tijdelijk handelingskader.

5.2 Nadere analyse waterremmende kleilaag

De resultaten van dit onderzoek, zijn opgenomen in Bijlage D en vormen de basis van dit hoofdstuk. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de analyse kort besproken.

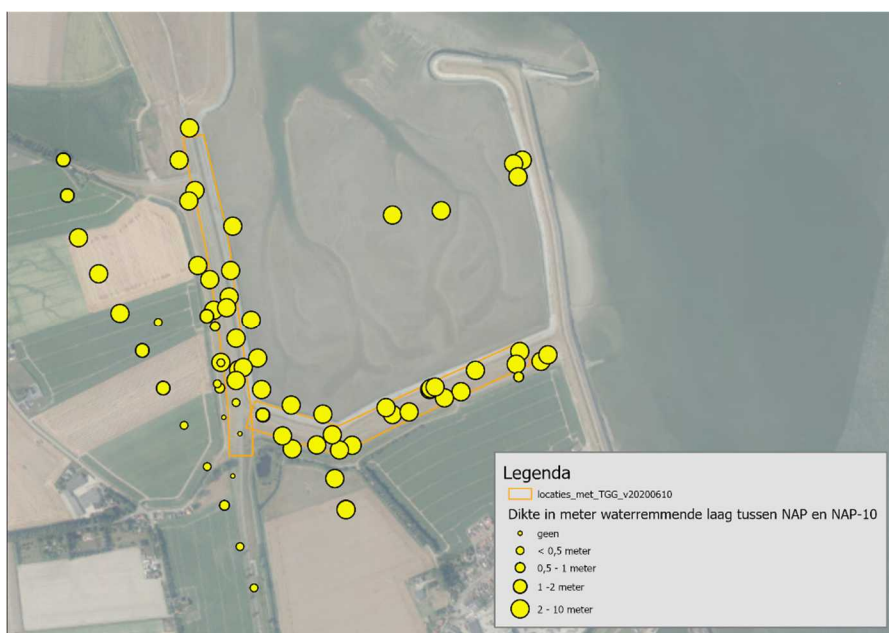
5.2.1 Inleiding

Onderzoek in 2017 en 2018 (Deltares, 2019) naar de bij Perkpolder toegepaste TGG laat zien dat de TGG een verhoogde pH heeft, hoge sulfaat- en bromidegehalten en -op specifieke plekken- concentraties van diverse stoffen van boven de maximale waarden voor de aanleg zijn aangetroffen. Om te voorkomen dat infiltrerend regenwater bij uitloging geen effect heeft op de waterkwaliteit van de gedefinieerde kwetsbare objecten, met name de zoetwaterbel onder het landbouwgebied, is bij de ontpoldering een kwelsysteem aangelegd bestaande uit diepe putten, waarmee de kweldruk wordt weggenomen. Het gedraineerde kwelwater wordt geloosd op de, aan de binnenteen gelegen, kwelsloot (ligt gedurende het grootste gedeelte van de dag lager dan het peil in de Westerschelde). Het kwelsysteem leidt er ook toe dat water dat uittreedt uit de TGG wordt afgevangen. In de ondiepe ondergrond (0-10 m -NAP, al is over deze diepte altijd ook zand aanwezig) onder de dijk is een slecht doorlatende laag klei en veen aanwezig. De aanwezigheid van deze lagen leidt ertoe dat aan de onderzijde uit de TGG tredend water niet of slechts zeer beperkt naar het diepere grondwater kan sijpelen. Deze beschrijving leidt tot een schematisatie van de ondergrond zoals weergegeven in Figuur 5 eerder in dit rapport. De schematisatie is gebaseerd op de boringen die tijdens de uitvoering van het project zijn gezet, en op de analyse van de stijghoogte(variaties) gemeten in peilbuizen. Er zijn echter twijfels of de ondoorlatende laag daadwerkelijk overal aanwezig is. Daarom zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- Is de slecht doorlatende laag overal onder de TGG aanwezig?
- Is direct onder de TGG altijd een kleilaag of zijn zandlenzen aanwezig?
- Zijn er locaties of omstandigheden waardoor een risico bestaat dat aanwezige stoffen in de zoetwaterbel terecht kunnen komen.

5.2.2 Resultaten

De eerste 5 meter van de ondergrond onder de dijkvakken in deelgebied A en C geven een gemengd beeld waarin klei, veen en zand elkaar afwisselen. Daarmee is sprake van een waterremmende laag. Dit is verklaarbaar vanuit de geologische opbouw van het gebied en dat blijkt uit de uitgevoerde boringen en sonderingen, en wordt bovendien bevestigd door de grondwaterdrukmetingen die continue zijn uitgevoerd. De dikte van de waterremmende laag tussen 0 en 10 m -NAP is weergegeven in Figuur 32.



Figuur 32. Dikte van klei- en veenlagen in de ondiepe ondergrond. In de zuidwesthoek is de overgang naar de kreekrug duidelijk zichtbaar aan de beperkte laagdikte van veen en kleipakketten.

De eerder weergegeven schematisatie van Deelgebieden A en C (zoals bij weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6) zijn daar passend, al kan niet gesproken worden van een continue zandlaag direct onder het maaiveld, zodat het effect op migratie van stoffen afkomstig uit de TGG beperkter is dan de figuur suggereert. Wel is op een gedeelte van het traject een drainagelaag, een laag waarin drainage plaats kan vinden, direct onder de TGG aanwezig waardoor afstroming in de ondiepe ondergrond naar de kwelsloot kan plaatsvinden.

In de Zuidwesthoek is echter een gebied dat duidelijk zandiger is vanwege de overgang naar de kreekrug en de daarin gelegen zoetwaterbel. Hier is de waterremmende laag dus niet of nauwelijks aanwezig. Interpretatie van de boringen en de gemeten stijghoogteprofielen geeft aan dat het wel gaat om zand met bijmenging van veen en klei, waardoor er desalniettemin sprake kan zijn van een beperkte laagscheiding. Sonderingen geven in dit gebied minder informatie dan boringen, omdat juist het effect van bijmenging niet goed zichtbaar is in een sondering.

5.2.3 Conclusie

Alleen door een nadere analyse in de zuidwesthoek kan beoordeeld worden of er effecten zijn te verwachten voor de aanwezige kwetsbare objecten (met name de zoetwaterbel). Dat kan worden bereikt door een beoordeling van de daadwerkelijke bodemopbouw en de verticale doorlatendheid gedetailleerder in beeld te brengen in relatie tot het risico van het kwetsbare object. Daarbij is informatie nodig over de bodemopbouw, de grondwaterstand en de stroomrichting van het grondwater. Bovendien is van belang of er locaties zijn waar de TGG direct op een uitsluitend zanderige ondergrond is aangebracht. Een dergelijke locatie is in de huidige monitoring namelijk niet in beeld³⁴. Ten slotte kan de zanderige locatie B7 als voorbeeld dienen om te bepalen of daar uitloging van stoffen afkomstig uit de TGG naar het diepere grondwater plaatsvindt. Deze vaststelling kan gebeuren door het uitvoeren van analyses van de grondwaterkwaliteit bemonsterd uit het diepe en ondiepe filter van B7.

5.3 Analyse afstroming naar kwelsloot

De resultaten van dit onderzoek, zijn verwerkt in een Deltares memo, dat is bijgevoegd als Bijlage E van dit rapport. De metingen van de peilfilters zijn opgenomen binnen de reguliere bemonstering.

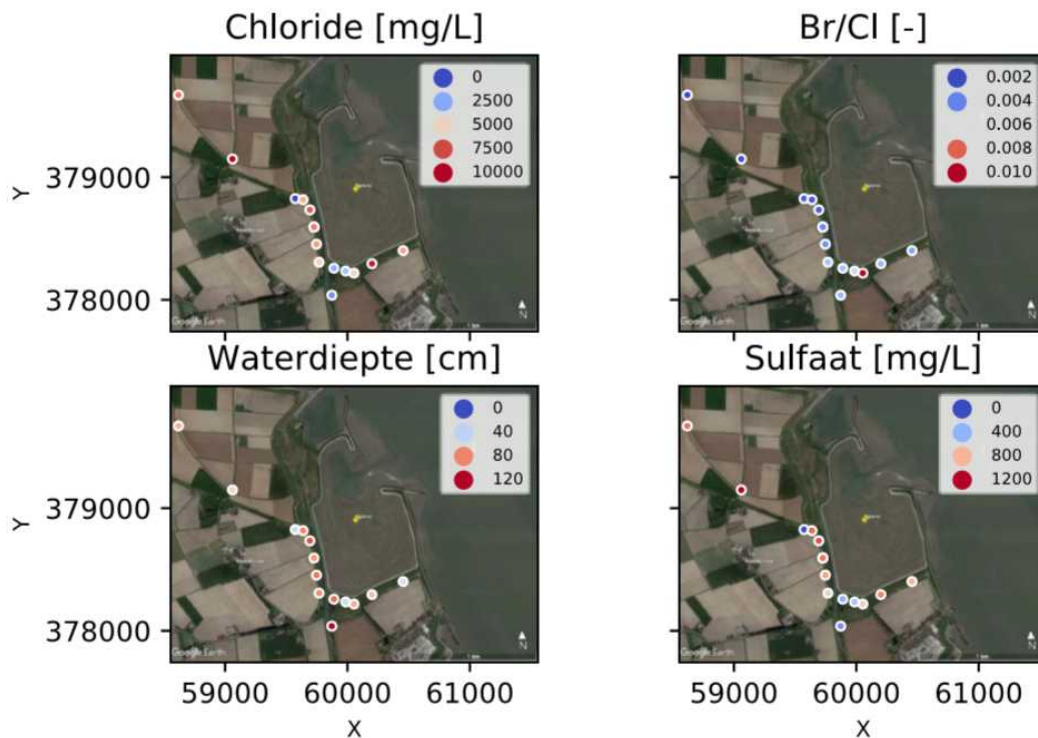
5.3.1 Inleiding

Tijdens de jaarlijkse monitoring van januari 2020 is op één locatie (O8) een verhoogde bromide-chloride verhouding vastgesteld in het oppervlaktewater. Aanvullend onderzoek is vervolgens uitgevoerd om vast te stellen of de verhoogde bromide-chloride verhouding over de gehele kwelsloot aangetroffen werd en om mogelijke oorzaken te identificeren. Daarnaast is ter ondersteuning van de interpretatie van het onderzoek een hydrologische analyse van de kwelsloot uitgevoerd.

5.3.2 Resultaten

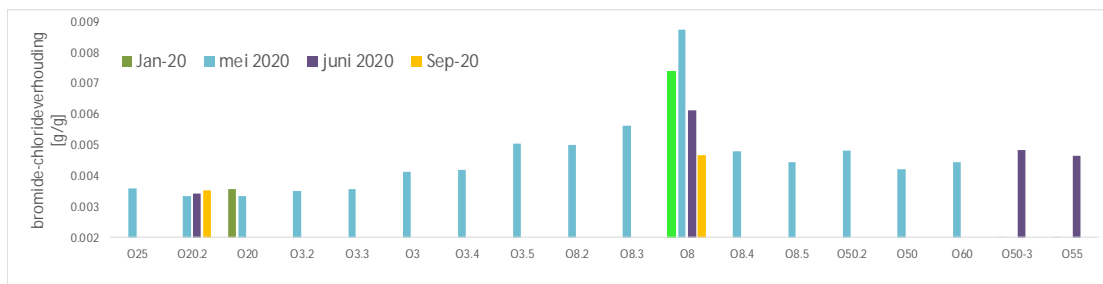
Hieronder zijn de meest relevante parameters, zoals gemeten in het oppervlaktewater, weergegeven. Het hoge zoutgehalte (zowel chloride als sulfaat) in de Westelijke Perkpolder is opvallend en wordt verklaard door de droogte, waardoor de toevoer vrijwel volledig wordt veroorzaakt door (zoute) kwel die in de gehele westelijke Perkpolder voorkomt. Dit zoutgehalte is vergelijkbaar met het zoutgehalte van de kwel die via de kwelvoorziening in de kwelsloot terecht komt.

³⁴ Nader onderzoek op deze locatie is inmiddels in uitvoering. De resultaten daarvan zijn in 2021 beschikbaar.



Figuur 33: Chloride, bromide-chloride-verhouding, waterdiepte en sulfaatgehalte in het oppervlaktewater.

De bromide-chloride-verhouding is bovenstrooms (in de Westelijke perkpolder) en benedenstrooms rond de te verwachten waarde voor zeewater (0.0035 g/g). In de kwelsloot is deze iets verhoogd (ca 0.0045 g/g). Ter hoogte van monsterpunt O8 is de verhoging sterker (0.0087 g/g). Nadere analyse toonde in de zuidelijke kwelsloot de aanwezigheid aan van een niet afgedopte drainagebuis. In de reguliere bemonstering is de chloride/bromide verhouding inmiddels sterk gedaald (zie Figuur 34 voor een overzicht).



Figuur 34. Analyse van oppervlaktewater bromide-chloride verhouding tijdens de extra (blauw) en jaarlijkse meetcampagne

In het grondwater van peilfilters direct naast de kwelsloot is op diverse plaatsen een verhoogde bromide-chloride-verhouding aangetroffen, wat duidt op beïnvloeding door uit de TGG logend grondwater. Aangezien deze peilfilters direct naast de kwelsloot staan moet daarmee aangenomen worden dat ook uitloging naar de kwelsloot plaatsvindt. Het is daarmee waarschijnlijk de bron voor de verhoogde bromide-gehaltenes in de kwelsloot.

In het grondwater is tevens op diverse locaties arseen aanwezig. Deze stof is van nature in zout-zoete overgangsgebieden in hogere waarden aanwezig, maar ook aanwezigheid van de TGG leidt tot een verhoging. Van de onderzochte peilbuizen wordt bij B11 de interventiewaarde overschreden. De chloridegehaltenes zijn in alle punten boven de streefwaarde (100 mg/L), wat verklaart wordt door de zoute kwel in dit gebied.

5.3.3 Conclusie

De resultaten van het aanvullende onderzoek laten zien dat de hoogste bromide-chloride verhouding inderdaad in de buurt van locatie O8 in de zuidelijke kwelsloot wordt aangetroffen. Deze waarde kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan uit de TGG logend water. Mogelijk is het verhoogde gehalte daarmee (deels) toe te schrijven aan een niet afgedopte drainagebuis waarmee drainagewater afkomstig van de TGG direct de kwelsloot instroomde. De betreffende drainagebuis (D8) is inmiddels afgedopt. Arseen -hoogstwaarschijnlijk afkomstig uit de TGG- is aanwezig in het ondiepe grondwater ter plaatse van B11 in de westelijke kwelsloot. Of de lichte verhoging van de arseengehalten in de kwelsloot daar ook toe te schrijven is, kan alleen beantwoord worden door analyse van de fluctuatie van de arseenconcentratie in het oppervlaktewater in de afgelopen jaren. De hoge zoutgehalten in de kwelsloot worden veroorzaakt door zoute kwel afkomstig uit het de bovenstrooms gelegen Westelijke Perkpolder (via het oppervlaktewater) en afkomstig van opwellend water (direct richting kwelsloot, als door de kwelvoorziening).

Aanbevolen wordt om:

- In de volgende monitoringsronde te beoordelen of de bromide-chlorideverhouding inderdaad verlaagd is als gevolg van het afdoppen van de drainagebuis.
- Het meetpunt B7 in de reguliere bemonstering mee te nemen, gezien de hoge arseengehalten.
- Op een moment dat net gemaaid is nogmaals een schouw uit te voeren of nog meer niet afgedopte drainagebuizen aanwezig zijn, met drainagewater afkomstig uit de zeedijk.

5.4 Analyse zoutsporen op het fietspad

De resultaten van dit onderzoek, zie 7.3.1, zijn verwerkt in een memo, dat is opgenomen in Bijlage G. In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek kort besproken.

5.4.1 Inleiding

Begin maart 2020 zijn door een fietser zoutsporen aangetroffen op het fietspad langs de nieuwe zeedijk bij Walsoorden. Vanwege de toepassing van TGG in de zeedijk is twijfel ontstaan over de herkomst van de uitloogsporen en is een mogelijke relatie gelegd met de TGG, de weg loopt namelijk langs de zone waar TGG als kernmateriaal in de dijk is toegepast. RWS heeft aan Deltares gevraagd het bovengenoemde verschijnsel te onderzoeken en een mogelijke relatie met de TGG te bekijken en eventueel te duiden. De locatie is weergegeven in Figuur 35.



Figuur 35: Dijkvakken waarin TGG is toegepast (geel omrand), en de locatie waar de sporen zijn gevonden is groen omcirkeld.

5.4.2 Resultaten

Uit analyse van de weergegevens van weerstations nabij de zeedijk blijkt dat slechts eenmaal een kleine regenbui is gevallen met een hoeveelheid van 0.2 mm/uur (30 maart) in Vlissingen en dat in Westdorpe geen regen is geregistreerd. De waargenomen natte plek kan dus niet verklaard worden door een recente regenbui. Ook is zichtbaar dat de temperatuur (gemeten op 1.5 m hoogte) schommelde tussen een minimale temperatuur van -2 °C en een maximale temperatuur van 13,5 °C. De temperatuur is bij Westdorpe 's-nachts enkele keren gedaald tot onder het vriespunt. Mogelijk is de witte neerslag een resultaat van precipitatie veroorzaakt door (lichte) vorst. Vorming van korrels kan echter niet door vorst veroorzaakt worden.

Uit de analyses van de vaste stof-monsters genomen van de sporen op het fietspad monsters blijkt het hoofdbestanddeel van de bemonsterde witte sporen op het wegdek te bestaan uit sulfaat en natrium (natriumsulfaat). Uit de analyses van de watermonsters blijkt dat er chloride, sulfaat, natrium en in mindere mate kalium, magnesium en calcium zijn aangetroffen in de natte delen van de grasbekleding. Ook in deze monsters zijn natrium en sulfaat de hoofdbestanddelen.

5.4.3 Conclusie

Uit de resultaten van de bemonstering en uitgevoerde analyses van de witte sporen en van het water van de dijk, blijkt dat de hoofdcomponent van de genomen monsters bestaat uit natriumsulfaat; een zout. Deze stof is ook aangetroffen in de toplaag en vermoedelijk uitgespoeld. Echter, niet kan worden uitgesloten dat dit zout afkomstig is uit de korrels die zijn aangetroffen op het gras. Uit deze resultaten blijkt geen aanleiding te bestaan om uitloging vanuit de TGG te veronderstellen, aangezien dan een hoger gehalte aan bromide en chloride in de monsters verwacht zou worden maar niet zijn aangetroffen.

Navraag bij het Waterschap Scheldestromen leert dat weliswaar regelmatig kunstmest wordt gestrooid, maar ook bij de beheerder is de inschatting dat dit niet overeenkomt met reguliere kunstmest. Het verdient aanbeveling om te beoordelen of het aanwezig zijn van natriumsulfaat op deze plaats structureel van aard is (door een her-analyse over enkele weken, of door beoordeling van sulfaat tijdens Spurway³⁵ analyses) en de bron van de korrels te achterhalen.

De natte plek, zo'n lange tijd na de laatste regenbui, is een indicatie dat de drainage niet optimaal functioneert. Bij vorst kan er daardoor lokaal gladheid ontstaan. Het verdient aanbeveling de oorzaak van de natte plek te achterhalen en maatregelen te overwegen.

³⁵ Deze Spurway analyses zijn uitgevoerd en beschreven bij het grasonderzoek.

6 Risico analyse

Als onderdeel van de vervolgmonitoring in dit project heeft Rijkswaterstaat aan Deltares gevraagd maatregelen te inventariseren bij het optreden van ongewenste gebeurtenissen als gevolg van de TGG in de dijk. De resultaten van deze risico analyse, gehouden met Deltares en RWS experts op 4 juni 2020 zijn verwerkt in een memo, dat te vinden is in bijlage F. De inhoud van de memo en de belangrijkste bevindingen worden hier besproken.

De top 5 ongewenste gebeurtenissen is in Tabel 10 -sterk verkort- weergegeven. Verdere informatie en de overige ongewenste gebeurtenissen en bijbehorende maatregelen zijn weergegeven in Bijlage F waar de volledige memo van de risico analyse is opgenomen.

De tabel is via het volgende proces tot stand gekomen:

-Op basis van het risicodossier van Deltares is een basislijst aangelegd, die de deelnemers aan de workshop konden aanvullen.

-De sessie is gestart met een inleidende presentatie (Bijlage C van bijlage F).

-Op basis van deze aangevulde tabel heeft op 4 juni per Skype een risico- en maatregeleninventarisatie plaatsgevonden en zijn de risico's gezamenlijk beoordeeld op 5 criteria (Bijlage B):

- Kans op optreden (Kans: schaal 0-5)
- Effecten wat betreft Geld (Geld: schaal 0-5)
- Effecten wat betreft Tijd (Tijd: schaal 0-5)
- Effecten wat betreft Kwaliteit (Effecten op milieukwaliteit) (Kwaliteit: schaal 0-5)
- Effecten wat betreft Imago (Imago: schaal 0-5)

-Vervolgens is een risicowaarde berekend (tussen 0 en 100%) waarbij de Kans op optreden en het geheel van de genoemde effecten even zwaar meewegen:

$$Risicowaarde [\%] = \left[\frac{Kans + \frac{Geld + Tijd + Kwaliteit + Imago}{4}}{2} \right] \cdot 100\%$$

-Tenslotte zijn preventieve en correctieve maatregelen beschreven.

Tabel 10. Overzicht ongewenste gebeurtenissen en maatregelen

Top	Code	Ongewenste gebeurtenis	Preventieve maatregelen	Correctieve maatregelen
1	S9	De scheidende kleilaag tussen ondiepe en diepe grondwater is lokaal Afwezig.	P9.1) Tijdens de monitoring hier alert op zijn. Eventueel uitbreiding van meetpunten.	S9.1) Kwelputten bijplaatsen. S9.2) Kwelsloot verleggen. S9.3) Bodeminjecties van waterremmend materiaal.
2 ³⁶	S1	Kwelvoorziening functioneert niet naar behoren.	P1.1) Eigenaarschap en verantwoordelijkheid borgen en betrokkenen trainen	S1.1) Kwelvoorziening herstellen (verstoppingen oplossen, hoogteregeling repareren). S1.2) Uitbreiding aantal regelputten buiten systeem. S1.3) Kwelbuizen bijplaatsen.
2	S2	De kwaliteit van de grasmat is niet voldoende.	P2.2) De kwaliteit van de grasmat voldoende inspecteren en beoordelen. Is ook onderdeel van het monitoringsprogramma.	S2.1) beheer wijzigen na grasadvies/inzaaien? S2.2) Leeflaag aanpassen (andere grond in de top laag). S2.3) Kijken naar andere grassoorten.
2	S15	Water stroomt over wegdek fietspad ter hoogte van deelgebied A.	(optredend risico) P15.1) Aanvullend onderzoek uitvoeren om de oorzaak te achterhalen.	S15.1) Wellicht combineren met S12 (indien beperkte drainage onder de dijk de oorzaak is): drainage/grindkoffer. S15.2) indien het fietspad+fietspadonderbouw de oorzaak is: drainage aanbrengentussen dijk en fietspad (grind/buizen).
5 ³⁷	S3	Leeflaag van 50 cm blijkt niet overal aanwezig of van slecht erosiebestendig materiaal.	P3.1) De aanwezigheid en kwaliteit van de leeflaag voldoende inspecteren en beoordelen. Advisering van herstelmaatregelen.	S3.1 klei aanbrengen en inzaaien
5	S8	Grondwater uit TGG leidt tot verspreiding verontreiniging.	P8.1) afvoeren naar kwelsloot vergemakkelijken (drainagebuizen openen, zand onder TGG direct aansluiten op kwelsloot) P8.2) De landsadvocaat voert eerst in opdracht van Bureau RWS-advocaten een juridische analyse uit van de interpretatie van art. 13 Wbb en art 7 BBK	S8.1) natuurlijk afvoer kwelsloot stimuleren (drains/zand). S8.2) ter plaatse van de grondwater-/bodemverontreiniging de kern van de dijk saneren en de dijk opnieuw opbouwen met goed kernmateriaal.

³⁶ Drie ongewenste gebeurtenissen hebben dezelfde risicoscore en zijn dus allen als nummer 2 weergegeven.

³⁷ Twee ongewenste gebeurtenissen hebben dezelfde risicoscore en zijn dus beide als nummer 5 weergegeven.

7 Discussie en aanbevelingen

7.1 Discussie

In deze rapportage is gekeken naar de status van het milieu (grond, grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodem) direct naast de locaties waar thermisch gereinigde grond (TGG) in enkele dijken is verwerkt. Net als in de periode 2017-2018, ligt het gebied dat wordt beïnvloed door uitlozend water afkomstig van de TGG, direct onder de TGG en bestaat uit het ondiepe grondwater direct naast de kwelsloot.

Aangezien de direct naast de kwelsloot gelegen peilfilters het grondwater representeren dat afstroomt naar de kwelsloot, was daarmee al eerder duidelijk dat uitlozend grondwater afkomstig van de TGG in de kwelsloot terecht komt. Het effect daarvan op de samenstelling van het oppervlaktewater is in de westelijke kwelsloot niet direct zichtbaar. De reden is dat door kwel (zowel "natuurlijk" kwellend zeewater als via de kwelvoorziening) en doorstroming van brak of zout water afkomstig vanuit de Westelijke Perkpolder een veel grotere invloed had op de samenstelling. In de Zuidelijke kwelsloot echter, is de doorstroming veel lager omdat er slechts een klein gebied op afwatert. Hier is dan ook een meetbaar effect van uitlozend water afkomstig van de TGG zichtbaar: de bromide-chloride verhouding is verhoogd en enkele zware metalen die in het grondwater ter plekke (locatie B8) zijn verhoogd, zijn ook verhoogd in het oppervlaktewater. Daarbij zal de droge zomer (van 2020), het feit dat de TGG hier in de teen van de dijk ligt bovenop een zandlaag, en de aanwezigheid van een onder de TGG gelegen drain die niet afgedopt bleek te zijn, een belangrijke rol spelen. De metingen in de komende winterperiode (bij hogere regenval) is daarom belangrijk om te zien in hoeverre er sprake is van een trend van stijgende gehalten of van een seizoenseffect.

De waterbodembodem wordt niet beïnvloed door de TGG. De daarin optredende verhogingen zijn niet aan de TGG te relateren en (gedeeltelijk) ook aanwezig op de referentielocatie. Ook in het buitendijks gelegen natuurgebied wordt -waarschijnlijk door de in- en uitstroom als gevolg van de getijbeweging- geen invloed van uit de TGG logend grondwater waargenomen.

De meest relevante stoffen zijn niet zozeer bromide en chloride (die komen immers ook voor in een zout watermilieu), maar wel een aantal zware metalen. Daarbij springt arseen in het grondwater er in negatieve zin uit: de waardes in 2020 zijn structureel hoger dan in de periode 2017-2018 en op enkele plekken liggen de waardes ver boven de interventiewaarde.

In het water van de kwelsloot leidt het ook tot een verhoging, maar deze verhoogde waarde is wel van een geheel andere orde en vergelijkbaar met de achtergrondwaarde in de kwelsloot (waar arseen, net als in de rest van Zeeland verhoogd voorkomt). In hoeverre de verhoging sterk is ten opzichte van de reguliere variatie in het water van de kwelsloot kan wellicht worden bekeken door de waarden te vergelijken met de langere meetserie van deze stof. Andere metalen waarvan de verhoogde waarde in het grondwater duidelijk gerelateerd is aan de TGG zijn vanadium (waarvan bekend is dat het sterk uitloopt bij hoge pH) en chroom, terwijl van andere stoffen (zoals zink en molybdeen) in deze fase niet kan worden vastgesteld wat de oorzaak is. Ook voor meetbare gehalten (vaak eenmaal in een of twee meetpunten) van enkele organische stoffen (cresolen, naftaleen, fenol) is dat niet na te gaan. Hier kan (gezien de hoge troebelheid) in dit stadium (1 jaar na de start van de metingen) een matrixverstoring (en dus een meetfout) niet worden uitgesloten.

Op zichzelf is de uitloging vergelijkbaar met de resultaten in de periode 2018 en 2019, en komen de uitlopende componenten overeen met uitloging uit de TGG op andere locaties. Gestandaardiseerde uitloogproeven (NEN7383 en NEN7373) geven echter geen aanleiding om sterke uitloging te veronderstellen. Het uitlogingsmechanisme en daarmee de voorspelbaarheid van de uitloging is daarom beperkter dan bij uitloging uit reguliere grond, mogelijk als gevolg van de thermische behandeling en van de hoge pH.

De grasmat is in het algemeen goed gesloten maar vertoont wel de kenmerken van een nog niet volgroeid systeem. Daarbij speelt ook de impact van de droogte gedurende de afgelopen drie jaar nog een rol. Een effect van TGG op de grasmat kon niet worden vastgesteld. Desalniettemin valt het nodige te winnen door te experimenteren met maai-beheer en stimulatie van geschikte soorten begroeiing.

De systeemanalyse in de eindrapportage van 2019 ging uit van een waterremmende laag (klei en/of veen) in de ondiepe ondergrond. Op de locatie waar Deelgebied A en Deelgebied C bij elkaar komen is dat waarschijnlijk niet het geval. Dat betekent ook dat daar opnieuw gekeken zal moeten worden of grondwater afkomstig uit de TGG mogelijk naar het landbouwgebied erachter kan stromen. Aanvullend onderzoek was tijdens deze rapportage al ingezet, maar is nog niet afgerond. Het is daarom in deze analyse niet meegenomen.

7.2 Aanbevelingen

De monitoring van grondwater, oppervlaktewater en waterbodem is gebaat bij een consistent meetpakket gedurende een langere tijdperiode. Aanbevolen wordt daarom om de metingen ongewijzigd voort te zetten. Bij de evaluatie eind 2021 kan wellicht worden overwogen om het meetpakket aan te passen. Het ligt dan voor de hand om te kijken of het pakket beperkt kan worden door enkele organische componenten die niet aangetroffen worden, te laten vervallen.

Tijdens de uitgebreidere meetronde is incidenteel ook locatie B11 meegenomen. Hoewel dit meetpunt wellicht niet door TGG wordt beïnvloed (het zoutgehalte is te laag om conclusies te trekken over de herkomst op basis van de bromide-chlorideverhouding) is ook hier de arseenconcentratie boven de interventiewaarde. Aanbevolen wordt om dit meetpunt in ieder geval eenmaal mee te nemen in de reguliere periodieke monitoring en op basis daarvan te besluiten of het structureel opgenomen dient te blijven.

Op diverse locaties wordt een verhoogde troebelheid aangetroffen, die de metingen kan verstoren. Het wordt aanbevolen om het effect hiervan in beeld te brengen (bij voorbeeld door in de volgende monitoringsronde ook gefilterde monsters te analyseren voor metalen), en/of te overwegen de filters te reinigen (spoelen of airliften). Indien dat geen soelaas biedt, zou -zeker op de locatie B8- overwogen kunnen worden een nieuw peilfilter te plaatsen.

De analyse van de effecten op de locatie waar geen waterremmende laag in de bodem is aangetroffen, kan aanleiding geven om de reguliere periodieke monitoring uit te breiden op deze locatie. Daarbij zouden peilfilters kunnen worden geplaatst op die locatie(s) waar een groot risico op grondwaterstroming naar het landbouwgebied verwacht wordt.

Op dit moment kunnen geen effecten worden vastgesteld op het buitendijks natuurgebied. Door de effecten van eb en vloed zal een beperkte hoeveelheid uitlopend grondwater afkomstig van de TGG niet snel leiden tot een significant effect op de samenstelling van het oppervlaktewater in dit natuurgebied. Of er echter wel enige uitloging plaatsvindt, kan op basis van de monitoring van de samenstelling van het oppervlaktewater niet worden vastgesteld. Daarvoor zou een peilfilter geplaatst moeten worden in het grondwater direct naast de dijk, of in de buitenteen van de dijk.

De uitgevoerde risicoanalyse heeft een aantal risico's en mogelijke oplossingen geïdentificeerd. De impact en haalbaarheid van dergelijke oplossingen is echter nog niet helder. Geadviseerd wordt om de risicoanalyse regelmatig te updaten en meer inzicht te krijgen in de haalbaarheid en impact van diverse maatregelen.

- 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 Restauration*.
- 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. (2020a). 11203217-007-BGS-0003 *Analyse bodemopbouw en doorlatendheid ondergrond onder TGG in Perkpolder*.
- Deltares. (2020b). 11203217-006-BGS-0003 *Analyse zoutsporen op fietspad bij Perkpolder*.
- Deltares. (2020c). 11203217-006-BGS-0004 *Uitloging naar kwelsloot*.
- 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). *Ontwerpnotitie Natuurcompensatie Perkpolder (NCP)*. Opgehaald van https://www.projectenportfolio.nl/images/a/a1/Bind_2_-_Ontwerpnota_Natuurcompensatie_Perkpolder_Com_1.0.pdf
- Marmos. (2020). *P19-15. Bodemkwaliteitskaart PFAS Zeeuws Vlaanderen*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2020). *Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie*.
- NEN. (2019). *NEN 6600-2:2019. Water - Sampling - Part 2: Surface water*.
- Rijksoverheid. (2007). Besluit van 22 november 2007, houdende regels inzake de kwaliteit van de bodem. *Staatsblad*(469).
- Rijksoverheid. (2007a). Nota van Toelichting op het Besluit bodemkwaliteit. *Staatsblad*, 469, 37.
- Rijksoverheid. (2009). *Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009*. laatst gewijzigd 2017.
- Rijksoverheid. (2010). *Regeling monitoring kaderrichtlijn water*. laatst gewijzigd 2015.
- Rijkswaterstaat. (2019). *Toelichting op de zoute ecotopenkaart Westerschelde 2018*.
- RIVM. (2008). *Briefrapport 607300009/2008. Arseen in Nederlands grondwater. Oorzaak verhoogde arseenconcentraties*.
- 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*.
- TAW. (1996). *Technisch Rapport Klei voor Dijken*.

Van Oord. (2014a). 154425-WPL-GST-00008. Grondstromenplan. Natuurcompensatie Perkpolder.
Waterschap Scheldestromen. (2016). Hydrologisch onderzoeksrapport Campen, rapport 016031239.

A Monitoring grondwater, oppervlaktewater en waterbodem

A.1 Monitoringsrapportages Antea

A.1.1 Meetronde 1/1.1 (rapportage meetresultaten Antea)

Noot³⁸

A.1.2 Meetronde 2 (rapportage meetresultaten Antea)

Noot³⁸

A.1.3 Meetronde 3 (rapportage meetresultaten Antea)

Noot³⁸

³⁸ De bijlages van deze rapporten bevatten ook de toetsing en de analysecertificaten. De ge-actualiseerde versie van meetwaarden en toetsing zijn te vinden in Bijlages A.2 (grondwater), A.3 (oppervlaktewater) en A.4 (waterbodem).

A.2 Grondwater: Overzicht stoffen en toetsing per peilfilter en per meetronde

69 van 87	Monitoring Perkpolder 11203217-005-BGS-0004, 27 januari 2021
-----------	---

A.3 Oppervlaktewater: Overzicht stoffen en toetsing per locatie

A.4 Waterbodem: Overzicht stoffen en toetsing

A.5 Normen

Normwaarden grond en baggerspecie

actueel op 1 oktober 2020

Stofnaam (meting)	Eenheid	Achtergrond-waarde			Maximale waarden Bodemfunctieklaas- / Kwaliteitsklasse		Bodemfunctie-klasse Landbouw of natuur	Verspreiden in ander oppervlakte-water (noot 1)	
		(AW)	Klasse A	Klasse B	Wonen	Industrie		Bron	
Arseen (As)	mg/kg ds	20	29	85	27	76		RBK (2020)	
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	0.6	4	14	1.2	4.3		RBK (2020)	
Kobalt (Co)	mg/kg ds	15	25	240	35	190		RBK (2020)	
Chroom (Cr)	mg/kg ds	55	120	380	62	180		RBK (2020)	
Koper (Cu)	mg/kg ds	40	96	190	54	190		RBK (2020)	
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0.15	1.2	10	0.83	4.8		RBK (2020)	
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	1.5 *	5	200	88	190		RBK (2020)	
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	35	50	210	39	100		RBK (2020)	
Lood (Pb)	mg/kg ds	50	138	580	210	530		RBK (2020)	
Antimoon (Sb)	mg/kg ds	4 *	15	15	15	22		RBK (2020)	
Tin (Sn)	mg/kg ds	6.5			180	900		RBK (2020)	
Vanadium (V)	mg/kg ds	80			97	250		RBK (2020)	
Zink (Zn)	mg/kg ds	140	563	2000	200	720		RBK (2020)	
Benzeen	mg/kg ds	0.2 *	1	1	0.2	1		RBK (2020)	
Tolueen	mg/kg ds	0.2 *	130	130	0.2	1.25		RBK (2020)	
Ethylbenzeen	mg/kg ds	0.2 *	50	50	0.2	1.25		RBK (2020)	
Xylenen (som)	mg/kg ds	0.45 *	25	25	0.45	1.25		RBK (2020)	
Styreen	mg/kg ds	0.25 *			0.25	2.5		RBK (2020)	
Trichloorbenzenen (som)	mg/kg ds	0.015 *			0.015	5		RBK (2020)	
Tetrachloorbenzenen (som)	mg/kg ds	0.0090 *			0.0090	2.2		RBK (2020)	
Pentachloorbenzenen	mg/kg ds	0.0025	0.007		0.0025	5		RBK (2020)	
Hexachloorbenzenen	mg/kg ds	0.0085	0.044		0.027	1.4		RBK (2020)	
Chloorbenzenen (som)	mg/kg ds	2 *		30				RBK (2020)	
Fenol	mg/kg ds	0.25		40	0.25	1.25		RBK (2020)	
Som 16 aromatische oplosmiddelen	mg/kg ds	2.5			2.5	2.5			
Cresolen (som)	mg/kg ds	0.3 *		5	0.3	5		RBK (2020)	
Minerale olie (som)	mg/kg ds	190	1250	5000	190	500		RBK (2020)	
Tetrachloormethaan	mg/kg ds	0.30 *		1	0.30	0.7		RBK (2020)	
1,2-Dichloorethaan	mg/kg ds	0.20 *		4	0.20	4		RBK (2020)	
1,1,1-Trichloorethaan	mg/kg ds	0.25 *		15	0.25	0.25		RBK (2020)	
1,1,2-Trichloorethaan	mg/kg ds	0.30 *		1	0.30	0.30		RBK (2020)	
Trichlooretheen	mg/kg ds	0.25 *		60	0.25	2.5		RBK (2020)	
Tetrachlooretheen	mg/kg ds	0.30 *		4	0.15	4		RBK (2020)	
Tribroommethaan	mg/kg ds				0.2	0.2		RBK (2020)	
(som) PFOA	µg/kg ds				7	7	1.9	0.8 THK PFAS (2020)	
(som) PFOS	µg/kg ds				3	3	1.4	1.1 THK PFAS (2020)	
GenX	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluor-n-butaanzuur (PFBA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluoropentaanzuur (PFPeA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluor-n-hexaanzuur (PFHxA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluor-n-heptaanzuur (PFHpA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluor-n-nonaanzuur (PFNA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluor-n-decaanzuur (PFDeA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorundecaanzuur (PFUnDA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluordodecaanzuur (PFDoDA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluortridecaanzuur (PFTrDA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluortetradecaanzuur (PFTeDA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorohexadecaanzuur (PFHxDA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorooctadecaanzuur (PFODDA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorbutaansulfonaat (PFBS)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluoropentaansulfonaat (PFPeS)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorhexaansulfonaat (PFHxS)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorheptaansulfonaat (PFHpS)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluordecaansulfonaat (PFDS)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
4:2 Fluortelomeer sulfonzuur	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
6:2 Fluortelomeer sulfonzuur	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
8:2 Fluortelomeer sulfonzuur (8:2)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
10:2 Fluortelomeer sulfonzuur	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorocataansulfonamide (PFOSA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
7H-Perfluorheptaanzuur (HPFHpa)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
8:2 Fluortelomeer onverzadigd carbonzuur	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
8:2 Fluortelomeer fosfaat diester (8:2 diPAP)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
F53B (9Cl-PF3ONS)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
ADONA	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
N-Ethyl perfluorocataansulfonamide (EIFOSA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorocataansulfonamide(N-ethyl)acetaat (EIFOSAA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
N-methylperfluorbutaansulfonamide (MeFBSA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
N-methylperfluorocataansulfonamide acetaat	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluor-3,7-dimethyloctaanzuur	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorbutaan sulfonamide (PFBSA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
N-methylperfluorocataansulfonamide (MeFOSA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	
Perfluorbutaansulfonamide(N-methyl)acetaat (MeFBSAA)	µg/kg ds				3	3	1.4	0.8 THK PFAS (2020)	

Nooten, afkortingen en bronnen

RBK (2020) Regeling bodemkwaliteit, geldend vanaf 09-06-2020
 THK PFAS (2020) Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (Geactualiseerde versie 2 juli 2020)
 Noot 1 met uitzondering van rijkswateren

* De Streefwaarden grondwater voor een aantal stoffen zijn lager dan de vereiste rapportagegrens in AS3000. Voor het beoordelen van meetwaarden beneden de bepalingsgrens, wordt verwezen naar bijlage G onderdeel IV van de Regeling bodemkwaliteit.

Normwaarden grondwater

actueel op 1 oktober 2020

Stofnaam (meting)	Eenheid	Streefwaarde (ondiep)	Streefwaarde (diep)	Streefwaarde	Interventiewaarde	INEV	Bron
Arseen (As)	µg/L	10	7.2		60		Circulaire bodemsanering (2013)
Barium (Ba)	µg/L	50	200		625		Circulaire bodemsanering (2013)
Beryllium (Be)	µg/L		0.05			15	Circulaire bodemsanering (2013)
Cadmium (Cd)	µg/L	0.4	0.06		6		Circulaire bodemsanering (2013)
Kobalt (Co)	µg/L	20	0.7		100		Circulaire bodemsanering (2013)
Chroom (Cr)	µg/L	1	2.5		30		Circulaire bodemsanering (2013)
Koper (Cu)	µg/L	15	1.3		75		Circulaire bodemsanering (2013)
Kwik (Hg)	µg/L	0.05	0.01		0.3		Circulaire bodemsanering (2013)
Molybdeen (Mo)	µg/L	5	3.6		300		Circulaire bodemsanering (2013)
Nikkel (Ni)	µg/L	15	2.1		75		Circulaire bodemsanering (2013)
Lood (Pb)	µg/L	15	1.7		75		Circulaire bodemsanering (2013)
Antimoon (Sb)	µg/L		0.15		20		Circulaire bodemsanering (2013)
Seleen (Se)	µg/L		0.07			160	Circulaire bodemsanering (2013)
Tin (Sn)	µg/L		2.2		50		Circulaire bodemsanering (2013)
Tellurium	µg/L					70	Circulaire bodemsanering (2013)
Thallium	µg/L		2		7		Circulaire bodemsanering (2013)
Vanadium (V)	µg/L		1.2			70	Circulaire bodemsanering (2013)
Zilver (Ag)	µg/L					40	Circulaire bodemsanering (2013)
Zink (Zn)	µg/L	65	24		800		Circulaire bodemsanering (2013)
Benzeen	µg/L			0.2	30		Circulaire bodemsanering (2013)
Toluene	µg/L			7	1000		Circulaire bodemsanering (2013)
Ethylbenzeen	µg/L			4	150		Circulaire bodemsanering (2013)
Xylenen (som)	µg/L			0.2	70		Circulaire bodemsanering (2013)
Styreen	µg/L			6	300		Circulaire bodemsanering (2013)
Som 16 aromatische oplosmiddelen	µg/L					150	Circulaire bodemsanering (2013)
Monochloorbenzeen	µg/L			7	180		Circulaire bodemsanering (2013)
Som dichloorbenzenen	µg/L			3	50		Circulaire bodemsanering (2013)
Som trichloorbenzenen	µg/L			0.01	10		Circulaire bodemsanering (2013)
Som tetrachloorbenzenen	µg/L			0.01	2.5		Circulaire bodemsanering (2013)
Pentachloorbenzeen	µg/L			0.003	1		Circulaire bodemsanering (2013)
Hexachloorbenzeen	µg/L			0.0009*	0.5		Circulaire bodemsanering (2013)
Minerale olie totaal (C10-C40)	µg/L			50	600		Circulaire bodemsanering (2013)
alfa-HCH	µg/L			0.033			Circulaire bodemsanering (2013)
beta-HCH	µg/L			0.008			Circulaire bodemsanering (2013)
gamma-HCH	µg/L			0.009			Circulaire bodemsanering (2013)
Heptachloor	µg/L			0.3			Circulaire bodemsanering (2013)
Aldrin	µg/L			0.00009			Circulaire bodemsanering (2013)
Dieldrin	µg/L			0.0001			Circulaire bodemsanering (2013)
alfa-Endosulfan	µg/L			0.0002	5		Circulaire bodemsanering (2013)
Drins (som)	µg/L				0.1		Circulaire bodemsanering (2013)
DDX (som)	µg/L			0.00004	0.01		Circulaire bodemsanering (2013)
Chlooraan (som)	µg/L			0.00002	0.2		Circulaire bodemsanering (2013)
Pentachlooraniline	µg/L				1		Circulaire bodemsanering (2013)
som dichlooranilines	µg/L					100	Circulaire bodemsanering (2013)
som monochlooranilinen	µg/L				30		Circulaire bodemsanering (2013)
som trichlooranilinen	µg/L					10	Circulaire bodemsanering (2013)
som tetrachlooranilinen	µg/L					10	Circulaire bodemsanering (2013)
Naftaleen	µg/L			0.01	70		Circulaire bodemsanering (2013)
Fenanthreen	µg/L			0.003*	5		Circulaire bodemsanering (2013)
Anthraceen	µg/L			0.0007*	5		Circulaire bodemsanering (2013)
Fluorantheen	µg/L			0.003	1		Circulaire bodemsanering (2013)
Benzo(a)anthraceen	µg/L			0.0001*	0.5		Circulaire bodemsanering (2013)
Chryseen	µg/L			0.003	0.2		Circulaire bodemsanering (2013)
Benzo(k)fluorantheen	µg/L			0.0004*	0.05		Circulaire bodemsanering (2013)
Benzo(a)pyreen	µg/L			0.0005*	0.05		Circulaire bodemsanering (2013)
Benzo(ghi)peryleen	µg/L			0.0003	0.05		Circulaire bodemsanering (2013)
Indeno(123-cd)pyreen	µg/L			0.0004*	0.05		Circulaire bodemsanering (2013)
Chloride	mg/L			100			Circulaire bodemsanering (2013)
PCB (som 7)	µg/L			0.01	0.01		Circulaire bodemsanering (2013)
Fenol	µg/L			0.2	2000		Circulaire bodemsanering (2013)
Cresolen (som)	µg/L			0.2	200		Circulaire bodemsanering (2013)
PFOS	µg/L					56	RIVM (2020)
PFOA	µg/L					170	RIVM (2020)
GenX	µg/L					140	RIVM (2020)

Noten, afkortingen en bronnen

* De Streefwaarden grondwater voor een aantal stoffen zijn lager dan de vereiste rapportagegrens in AS3000. Voor het beoordelen van meetwaarden beneden de bepalingsgrens, wordt verwezen naar bijlage G onderdeel IV van de Regeling bodemkwaliteit.

INEV	Indicatief niveau voor een ernstige verontreiniging
Circulaire bodemsanering (2013)	Circulaire bodemsanering per 1 juli 2013, geldend vanaf 01-07-2013
RIVM (2020)	RIVM, 2020. Indicatieve niveaus voor ernstige bodem- en grondwaterverontreiniging (INEV's) voor de stoffen PFOS, PFOA en GenX.

A.6 Meetpunten

Locaties meetpunten

Locatie	Meetpunt	X	Y	Type monster	Diepte peilfilter (tbv toetsing)	Bovenkant peilbuis (mNAP)	Maaveld (mNAP)	bovenkant filter (m-mv)	onderkant filter (m-mv)	Diepte bovenkant filter (mNAP)	Diepte onderkant filter (mNAP)
B1.1	B1.1 (2.5-3.5)	59739	378554	Grondwater	ondiep	0.895	0.965	2.5	3.5	-1.535	-2.535
B3.1	B3.1 (10-11)	59786	378573	Grondwater	ondiep	9.071	9.112	9.9	10.9	-0.888	-1.888
B3.1	B3.1 (16.5-17.5)	59786	378572	Grondwater	ondiep	9.002	9.112	16.5	17.5	-7.388	-8.388
B7	B7 (2-3)	59764	378392	Grondwater	ondiep	0.995	1.036	2	3	-0.964	-1.964
B8	B8 (3.5-4.5)	60051	378237	Grondwater	ondiep	3.174	3.214	3.5	4.5	-0.286	-1.286
B9	B9 (4-5)	60292	378337	Grondwater	ondiep	1.107	1.157	4	5	-2.843	-3.843
B10	B10 (3-4)	60477	378407	Grondwater	ondiep	1.117	1.154	3	4	-1.846	-2.846
B11	B11 (1.5-2.5)	59718	378672	Grondwater	ondiep	0.906	0.956	1.5	2.5	-0.544	-1.544
B15	B15 (11-12)	59613	379505	Grondwater	ondiep	10.003	10.054	11	12	-0.946	-1.946
Pb2a	Pb2a (7-8)	59724	378562	Grondwater	ondiep	0.34	0.22	7	8	-6.78	-7.78
Pb2a	Pb2a (11-12)	59724	378562	Grondwater	diep	0.31	0.22	11	12	-10.78	-11.78
DP4	DP4	59724	378562	Kwelschermpuit	diep			12			
O4c	O4c	59824	378590	Zeewater natuurgebied							
O20.2	O20.2	58619	379671	Slootwater							
O20	O20	59060	379149	Slootwater							
O3	O3	59726	378594	Slootwater							
S20.2	S20.2	58619	379671	Waterbodem							
S20	S20	59060	379149	Waterbodem							
S3	S3	59726	378594	Waterbodem							
S8	S8	60053	378218	Waterbodem							

A.7 PFAS: gemeten verbindingen

Voor PFAS en GenX zijn diverse pakketten beschikbaar binnen dit project voor oppervlaktewater, grond, grondwater en waterbodembodem. Het voor waterbodembodem toegepaste pakket is hieronder beschreven.

Tabel A-1: Rapportagegrenzen voor grondwater en waterbodem.

Component	waterbodem [µg/kg ds]
ADONA	0.1
perfluorbutaanzuur (PFBA)	0.1
perfluorbutaansulfonaat (PFBS)	0.1
perfluorpentaanzuur(PFPeA)	0.1
perfluorpentaansulfonaat (PFPeS)	0.1
perfluorhexaanzuur (PFHxA)	0.1
perfluorhexaansulfonaat (PFHxS)	0.1
perfluorheptaanzuur (PFHpA)	0.1
perfluorheptaansulfonaat (PFHpS)	0.1
perfluoroctaanzuur (PFOA)	0.1
perfluoroctaansulfonaat (PFOS)	0.1
perfluornonaanzuur (PFNA)	0.1
perfluordecaanzuur (PFDA)	0.1
perfluordecaansulfonaat (PFDS)	0.1
perfluorundecaanzuur (PFUnDA)	0.1
perfluordodecaanzuur (PFDoDA)	0.1
perfluortridecaanzuur (PFTrDA)	0.1
perfluortetradecaanzuur (PFTeDA)	0.1
perfluorhexadecaanzuur (PFHxDA)	0.1
perfluoroctadecaanzuur (PFODA)	0.1
N-ethyl perfluoroctaansulfonamide (EtFOSA)	0.1
perfluoroctaansulfonylamide(N-ethyl)acetaat	0.4
7H-perfluorheptaanzuur (HPFHpa)	0.4
N-methylperfluorbutaansulfonylamide (MeFBSA)	0.4
perfluorbutaansulfonylamide(N-methyl)acetaat	0.1
N-methyl perfluoroctaansulfonamide (MeFOSA)	0.1
N-methyl perfluoroctaansulfonamide acetaat	0.1
perfluorbutaansulfonamide (FBSA)	0.1
perfluoroctaansulfonamide (FOSA)	0.1
perfluor-3,7-dimethyloctaanzuur (P37DMOA)	1
10:2 fluortelomeer sulfonzuur (10:2 FTS)	0.1
2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur	0.4
4:2 fluortelomeer sulfonzuur (4:2 FTS)	0.1
6:2 fluortelomeer sulfonzuur (6:2 FTS)	0.1
8:2 fluortelomeer fosfaat diester (8:2 diPAP)	0.1
8:2 fluortelomeer sulfonzuur (8:2 FTS)	0.1
8:2 fluortelomeer onverzadigd carbonzuur	0.4
F-53B (9CI-PF3ONS)	0.1

Voor oppervlaktewater en grondwater is gekozen voor verlaagde rapportagegrenzen en geldt dus een iets ander pakket:

Tabel A-2: Rapportagegrenzen voor oppervlaktewater en grondwater (verlaagde rapportagegrenzen).

Cas nr	Rapp.naam	Rapp.grenswaarde	Eenheid
120226-60-0	10:2 fluortelomeer sulfonzuur (10:2 FTS)	4	ng/l
757124-72-4	4:2 fluortelomeer sulfonzuur (4:2 FTS)	10	ng/l
34598-33-9	2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur (4H-PFUnDA)	2	ng/l
27619-97-2	6:2 fluortelomeer sulfonzuur (6:2 FTS)	25	ng/l
39108-34-4	8:2 fluortelomeer sulfonzuur (8:2 FTS)	2	ng/l
70887-84-2	8:2 fluortelomeer onverzadigd carbonzuur	2	ng/l
678-41-1	8:2 fluortelomeer fosfaat diester (8:2 diPAP)	2	ng/l
73606-19-6	F-53B (9CI-PF3ONS)	1	ng/l
958445-44-8	ADONA	1	ng/l
375-22-4	perfluorbutaanzuur (PFBA)	5	ng/l
375-73-5	perfluorbutaansulfonaat (PFBS)	1	ng/l
2706-90-3	perfluoropentaanzuur (PFPeA)	2	ng/l
2706-91-4	perfluoropentaansulfonaat (PFPeS)	1	ng/l
307-24-4	perfluorhexaanzuur (PFHxA)	1	ng/l
355-46-4	perfluorhexaansulfonaat (PFHxS)	1	ng/l
375-85-9	perfluorheptaanzuur (PFHpA)	1	ng/l
375-92-8	perfluorheptaansulfonaat (PFHpS)	1	ng/l
335-67-1	perfluorocetaanzuur (PFOA)	1	ng/l
	perfluorocetaanzuur (PFOA) vertakt	1	ng/l
1763-23-1	perfluorocetaansulfonaat (PFOS)	1	ng/l
	perfluorocetaansulfonaat (PFOS) vertakt	1	ng/l
375-95-1	perfluormonaanzuur (PFNA)	1	ng/l
335-76-2	perfluordecaanzuur (PFDA)	1	ng/l
335-77-3	perfluordecaansulfonaat (PFDS)	1	ng/l
2058-94-8	perfluorundecaanzuur (PFUnDA)	1	ng/l
307-55-1	perfluordodecaanzuur (PFDoDA)	1	ng/l
72629-94-8	perfluortridecaanzuur (PFTrDA)	1	ng/l
376-06-7	perfluortetradecaanzuur (PFTeDA)	1	ng/l
67905-19-5	perfluorhexadecaanzuur (PFHxDA)	1	ng/l
16517-11-6	perfluorocetadecaanzuur (PFODA)	2	ng/l
4151-50-2	N-ethyl perfluorocetaansulfonamide (EtFOSA)	2	ng/l
2991-50-6	perfluorocetaansulfonamide(N_ethyl)acetate	4	ng/l
1546-95-8	7H-perfluorheptaanzuur (HPFHpA)	10	ng/l
31506-32-8	N-methyl perfluorocetaansulfonamide (MeFOSA)	2	ng/l
2355-31-9	N-methyl perfluorocetaansulfonamide acetaat	4	ng/l
172155-07-6	perfluor-3,7-dimethyloctaanzuur (P37DMOA)	10	ng/l
30334-69-1	perfluorbutaansulfonamide (FBSA)	2	ng/l
754-91-6	perfluorocetaansulfonamide (FOSA)	1	ng/l

Voor het milieuhygiënisch onderzoek wordt de advieslijst PFAS aangehouden:

Tabel A-3: Rapportagegrenzen en meetpakket voor PFAS voor het milieuhygiënische onderzoek

#	Compound	Acronym
1	perfluoro-n-butanoic acid	PFBA
2	perfluoro-n-pentanoic acid	PFPeA
3	perfluoro-n-hexanoic acid	PFHxA
4	perfluoro-n-heptanoic acid	PFHpA
5	perfluoro-n-octanoic acid(lineair) (1)	PFOA
6	perfluoro-n-octanoic acid(branched)(1)	PFOAvertakt
7	perfluoro-n-nonanoic acid	PFNA
8	perfluoro-n-decanoic acid	PFDA
9	perfluoro-n-undecanoic acid	PFUnDA
10	perfluoro-n-dodecanoic acid	PFDoA
11	perfluoro-n-tridecanoic acid	PFTTrDA
12	perfluoro-n-tetradecanoic acid	PFTeDA
13	perfluoro-n-hexadecanoic acid	PFHxDA
14	perfluoro-n-octadecanoic acid	PFODA
15	perfluoro-1-butane sulfonic acid	PFBS
16	perfluoro-1-pentane sulfonic acid	PFPeS
17	perfluoro-1-hexane sulfonic acid	PFHxS
18	perfluoro-1-heptane sulfonic acid	PFHpS
19	perfluoro-1-octane sulfonic acid (lineair)(1)	PFOS
20	perfluoro-1-octane sulfonic acid (branched)(1)	PFOSvertakt
21	perfluoro-1-decane sulfonic acid	PFDS
22	4:2 fluorotelomer sulfonic acid	4:2 FTS
23	6:2 fluorotelomer sulfonic acid	6:2 FTS
24	8:2 fluorotelomer sulfonic acid	8:2 FTS
25	10:2 fluorotelomer sulfonic acid	10:2 FTS
26	N-methylperfluorooctane sulfonamidoacetic acid	N-MeFOSAA
27	N-ethylperfluorooctane sulfonamidoacetic acid	N-EtFOSAA
28	perfluoro-1-octanesulfonamide	PFOSA
29	N-methylperfluorooctanesulfonamide	N-MeFOSA
30	8:2 polyfluoroalkyl phosphate diester	8:2 diPAP

A.8 Grondwater en oppervlaktewater: Overzicht stoffen en toetsing per peilfilter en per meetronde

B Grasonderzoek

C Toplaagonderzoek deelgebied D

D Analyse bodemopbouw en doorlatendheid ondergrond onder TGG in Perkpolder

E Uitloging naar kwelsloot

F Risico analyse

G Analyse zoutsporen op fietspad in deelgebied A

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

Deltares

www.deltares.nl