

Monitoring Perkpolder

Rapportage Resultaten 2023



Monitoring Perkpolder
Rapportage Resultaten 2023

Monitoring Perkpolder

Rapportage Resultaten 2023

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Contactpersoon	Rien Davidse
Referenties	31126220
Trefwoorden	Thermisch Gereinigde Grond, Perkpolder

Documentgegevens

Versie	3.0
Datum	28-10-2024
Projectnummer	11203217-000
Document ID	11203217-000-BGS-0047
Pagina's	67
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Rianne van den Meiracker	
	Wouter van der Star	
	Kees Wesdorp	
	Kim Gommans	

Samenvatting

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

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

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

In 2020 is een meerjarig monitoringsprogramma gestart waarin de waterbodemplaat van de kwelsloot, het grondwater (in de directe omgeving van de dijk), het oppervlaktewater (de kwelsloot en het buitendijks natuurgebied) en de grasbekleding periodiek worden gemonitord. Dit is de rapportage van het 5^e monitoringsjaar, 2023. In 2021 is het meetnet uitgebreid met extra peilfilters zodat over 7 raaien het grondwater en oppervlaktewater in de directe omgeving van de dijk kan worden gemonitord. In 2023 is het meetnet uitgebreid met één extra locatie, gelegen langs de Zuidelijke dijk, en gemonitord in 3 monitoringsrondes.

Op basis van een verhoogde bromide concentratie, de bromide-chloride verhouding (in zout water) of een verhoogde sulfaat-chlorideverhouding (in zout water) kan worden vastgesteld welke locaties door de TGG zijn beïnvloed. Langs de middelste raai van de westelijke dijk en de linker raai van de zuidelijke dijk wordt het grondwater direct onder de TGG en in de peilbuis direct naast de kwelsloot (aan de dijkzijde) beïnvloed door de TGG, zie Figuur 3.3. Dat blijkt uit verhoogde bromide concentraties en een verhoogde bromide-chloride verhouding op deze locaties. Met name langs de westelijke dijk is een meerjarige trend te zien van steeds hogere bromide-chloridegehalten en bromide concentraties direct onder de TGG.

De aanwezigheid van TGG leidt hier tot hoge arseengehalten en tot verhoogde gehalten aan vanadium, molybdeen en chroom. In 2022 werden zeer hoge waarden van arseen in het grondwater waargenomen (tot 470 µg/L). Tijdens de eerste meetronde van 2023 werden vergelijkbare concentraties waargenomen (440 µg/L), maar later in het jaar waren de concentraties duidelijk lager (61-170 µg/L).

Het binnendijkse oppervlaktewater bij de locaties van de westelijke dijk (de kwelsloten) worden niet of beperkt beïnvloed door TGG, wat te zien is aan een slechts licht verhoogde bromide-chloride verhouding ten opzichte van zeewater. Langs de zuidelijke dijk is in het oppervlaktewater op basis van de bromide-chlorideverhouding een beïnvloeding zichtbaar, die echter niet hoger is dan in eerdere jaren. In 2022 worden voor het eerst structureel verhoogde arseenconcentraties in het oppervlaktewater gemeten, maar deze verhoogde arseen concentraties zetten in 2023 niet door.

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. Ook zijn geen bijzonderheden aangetroffen in de grasbekleding die wijzen op een negatieve invloed van de TGG in de kern van de dijk. De ontwikkeling van de grasmatten verloopt vergelijkbaar als op nieuwe dijken zonder TGG.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Aanleiding, achtergrond en doel onderzoek	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Historie	9
1.3	Doel	11
1.4	Bestaande rapportages	11
2	Gebiedsomschrijving	14
2.1	Omstandigheden gebied	14
2.2	Bodemopbouw	15
2.3	Hydrologie binnendijks	17
2.4	Kwelvoorziening	18
2.5	Buitendijks natuurgebied	19
2.6	Gebiedsontwikkeling najaar 2022	19
3	Meetnet	22
3.1	Wijzigingen meetnet	22
3.2	Meetlocaties	22
4	Aanpak onderzoek	28
4.1	Benadering	28
4.2	Onderdelen van de periodieke monitoring	29
4.2.1	Oppervlaktewater intergetijdengebied, kwelsloot en het Weeltje	29
4.2.2	Waterbodem kwelsloot	29
4.2.3	Grondwater in de omgeving van de TGG	29
4.2.4	Onderzoeksvragen grondwater, waterbodem en oppervlaktewater	30
4.2.4.1	Landbouwgebied en buitendijks gebied	30
4.2.4.2	Bovenstrooms en benedenstrooms oppervlaktewater	30
4.2.5	Grasonderzoek	30
4.3	Bemonstering en analyses en periodieke monitoring	31
4.3.1	Bemonstering	31
4.3.2	Tijdstip	31
4.3.3	Meetpakketten	31
4.3.3.1	Oppervlaktewater intergetijdengebied en kwelsloot	31
4.3.3.2	Analyses Grondwater	32
4.3.3.3	Analyses Waterbodem kwelsloot	32
4.4	Onderdelen incidenteel onderzoek	32
4.4.1	Onderzoek naar waterstand TGG	33
4.5	Normen	33
4.5.1	Normen voor grondwater	33

4.5.2	Normen voor waterbodern	33
4.5.3	Normen voor oppervlaktewater	34
4.5.3.1	PFAS oppervlaktewater	34
4.5.4	Wijzigingen in het kader van de omgevingswet	34
5	Resultaten periodieke monitoring 2023	35
5.1	Toetsing	35
5.2	Resultaten	42
5.2.1	Westelijke dijk	43
5.2.1.1	Oppervlaktewater	43
5.2.1.2	Grondwater	44
5.2.2	Zuidelijke dijk	46
5.2.2.1	Oppervlaktewater	46
5.2.2.2	Grondwater	48
5.2.3	Koppeldijk	49
5.2.3.1	Grondwater	49
5.2.4	Natuurgebied	50
5.2.4.1	Oppervlaktewater	50
5.2.4.2	Grondwater	50
5.2.5	Grondwater buiten kwelsloot	50
5.2.6	Oppervlaktewater benedenstrooms	51
5.2.7	PFAS	52
5.2.8	Waterbodern	55
5.3	Aandachtspunten	55
6	Grasbekledingsonderzoek	56
6.1	Inleiding	56
6.2	Toetsing	56
6.3	Resultaten	57
6.4	Conclusie	58
7	Resultaten aanvullend onderzoek	59
7.1	Onderzoek naar waterstand TGG	59
7.1.1	Inleiding	59
7.1.2	Resultaten	59
7.1.3	Conclusie	63
8	Afsluitend	64
9	Referenties	65

1 Aanleiding, achtergrond en doel onderzoek

1.1 Aanleiding

In 2015 is in Perkpolder een nieuwe zeedijk aangelegd. In de kern van deze dijk is Thermisch Gereinigde Grond (TGG)¹ toegepast: grond waaruit door verhitting organische 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 waarden bevat aan diverse zware metalen, sulfaat en bromide. Deze stoffen worden door verhitting niet afgebroken. Ook worden meetbare concentraties van diverse vluchtige organische verbindingen aangetroffen en is de pH hoger dan in de omgeving. Een bijkomend risico van TGG is dat de mineralen ontstaan zijn bij hoge temperatuur, en door contact met water kunnen ververen. Hierbij kunnen nieuwe mineralen gevormd worden die tot een andere bodemstructuur en verkitting kunnen leiden. Dit beïnvloedt de geotechnische eigenschappen van de dijk. Verkitting van de TGG is tot dusverre niet waargenomen.

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

In het kader van het Deltares onderzoek van 2017-2018 heeft er een monitoring naar milieuvreemde stoffen in het grondwater en oppervlaktewater in de directe omgeving van de dijk plaatsgevonden. De monitoring vond plaats over een tijdperiode van 2 jaar. Tijdens deze monitoring zijn er (nog) geen sterke trends in de tijd waargenomen, maar er zijn wel verhoogde waarden aangetroffen van milieuvreemde stoffen zoals arseen in het grondwater in het gebied direct onder de dijk. Deze verhoogde waarden kunnen worden gerelateerd 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. Inmiddels is de duur van de monitoring zes jaar.

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. Bovendien is extractief gereinigde zand (TGZ) toegepast in de nieuwe zeedijk. Daarop richt dit onderzoek zich niet.

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

Thermisch gereinigde grond

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

Principe van de techniek³

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

De organische verontreinigende stoffen worden via de gasfase verwijderd uit de grond en vervolgens op hoge temperatuur verbrand tot de atmosferische componenten koolzuur en water en sporen overige componenten. De verontreinigende stoffen die nog aanwezig zijn 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 niet langer een afvalstof en gereed voor hergebruik in een nuttige toepassing.

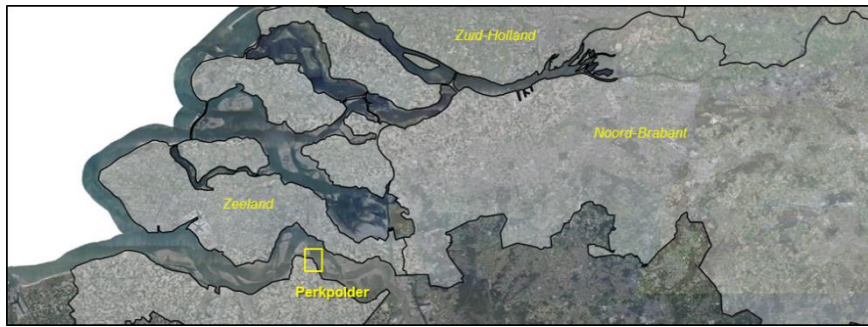
Thermische reiniging is geschikt voor reiniging van alle organische verontreinigende stoffen, evenals enkele anorganische stoffen zoals cyaniden, kwik en kwikverbindingen. Thermische reiniging is in staat vastgestelde eindconcentraties te bereiken onafhankelijk van de ingangconcentraties, maar is niet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

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

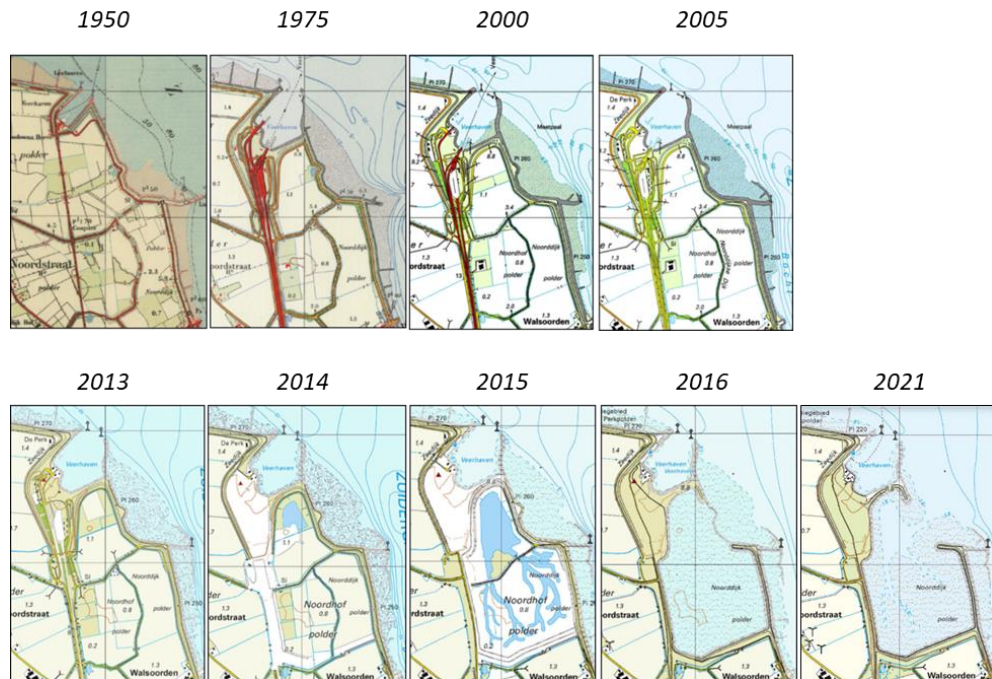
1.2 Historie

In het project Natuurcompensatie Perkpolder is een getijdengebied ingericht in de Oostelijke Perkpolder, gelegen in de gemeente Hulst (Zeeuws-Vlaanderen), zie Figuur 1.1. Voor deze herinrichting van het gebied is de zeedijk binnenwaarts verplaatst. Het inrichten van een getijdengebied als mitigerende maatregel komt voort uit verplichtingen rondom de tweede verdieping van de Westerschelde. Afspraken hierover zijn vastgelegd in het Natuurcompensatieprogramma Westerschelde uit 1998 (Kramer, 2008). Op 25 juni 2015 is de bestaande dijk doorgestoken en is het getijdengebied in werking getreden (Figuur 1.2). In deze figuur staat de ontwikkeling van het gebied weergegeven gedurende de periode 1950 tot 2021.

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



Figuur 1.1. Locatie Perkpolder in Zeeland. (<https://satellietdataportaal.nl/>)



Figuur 1.2: Locatie en kaarten van Perkpolder voor de periode 1950-2021 (overgenomen van <http://topotijdreis.nl/>).

In een deel van deze nieuwe zeedijk is in de kern thermisch gereinigde grond⁴ (TGG) gebruikt, zie voor meer informatie over de TGG paragraaf 2.1 en voor de locaties waar TGG is toegepast Figuur 2.2 op pagina 15. De TGG is afgedekt met een toplaag. Ter hoogte van de zuidelijke en westelijke dijk bestaat deze toplaag uit klei, die is vrijgekomen tijdens de realisatie van het natuurgebied. Ter hoogte van de Koppeldijk 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.

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. Dit rapport betreft de tussenevaluatie over de monitoring van 2023, en vormt met de rapportages uit 2020-2023 de input voor de 5-jarenrapportage (Deltares, 2023). In deze rapportage worden enkel de resultaten uit het jaar 2023 besproken. In de 5-jarenrapportage worden dieper ingegaan op trends en ontwikkelingen in het gebied. De rapportage van 2023 vormt een bijlage van de 5-jarenrapportage.

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 1.1 weergegeven.

Tabel 1.1. Overzicht rapportages gerelateerd aan de zeedijk bij 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)
Risicobeoordeling van het gebruik van thermisch gereinigde grond in Perkpolder (Zeeland)		2018-0063	Juni 2018	RIVM	(RIVM, 2018)
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)
Perkpolder Tidal Restoration	Final report		April 2019	COE Delta Technology	(Centre of Expertise Delta Technology (COE), 2019)
Vervolgmonitoring Perkpolder	Plan van Aanpak	11203217-005-BGS-0002	April 2020	Deltares	(Deltares, 2020)
Vervolgmonitoring Perkpolder	Jaarrapportage 2020	11203217-005-BGS-0004	Maart 2021	Deltares	(Deltares, 2021)
Vervolgmonitoring Perkpolder	Jaarrapportage 2021	11203217-000-BGS-0014	Mei 2022	Deltares	(Deltares, 2022)
Toepassing van thermisch gereinigde grond. Een evaluatie en opties voor een toepassingskader		2021-0168	November 2021	RIVM	(RIVM, 2021)
Milieurendementsonderzoek TGG Perkpolder	Conceptueel model (samenvattend hoofd rapport)	BH7547-MI-RP-220428-1557	Mei 2022	Royal Haskoning DHV	(Royal Haskoning DHV, 2022a)
Milieurendementsonderzoek TGG Perkpolder	Uitwerking maatregelen	BH7547-IB-RP-220404-2202	Mei 2022	Royal Haskoning DHV	(Royal Haskoning DHV, 2022b)
Zicht op de zeedijk	Belevingsonderzoek Zeedijk in Perkpolder	2022-0037	Mei 2022	RIVM	(RIVM, 2022a)
Risicoschatting TGG voor de omgeving van de zeedijk Perkpolder (Zeeland). Evaluatie 2021		2022-0079	Mei 2022	RIVM	(RIVM, 2022b)
Hydrodynamic and morphodynamic response of Perkpolder after a managed realignment	Master's thesis		Mei 2022	TU Delft & Deltares	(TU Delft & Deltares, 2022)
Uitloogbaarheid van extractief gereinigd zand in waterkering Perkpolder			November 2022	Edinsi	(Edinsi, 2022)

Titel	Ondertitel	Rapport nummer	Datum verschijnen	Partij	Citatie
Vervolgmonitoring Perkpolder	Jaarrapportage 2022	11203217-000-BGS-0038	November 2023	Deltares	(Deltares, 2023)
5 jaren rapportage Perkpolder	Monitoring 2019-2023	11203217-000-BGS-0049	2024	Deltares	(Deltares, 2024)

2 Gebiedsomschrijving

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

2.1 Omstandigheden gebied

Het gebied bestaat uit de voormalige veerhaven van het veer Kruiningen – Perkpolder, en een nieuw aangelegd (buitendijks) natuurgebied. Het natuurgebied staat in verbinding met het open water van de Westerschelde omdat een deel van de oorspronkelijke bodem, maar ook een dijk, is afgegraven en een nieuwe dijk is aangelegd. Het natuurgebied staat nu onder invloed van het getij, want de Westerschelde is een getijwater en het natuurgebied overstroomt tweemaal per dag met zout water (Figuur 2.1).



Figuur 2.1. Ligging van het gebied van de oude veerhaven en het buitendijkse natuurgebied.

In het nieuw aangelegde natuurgebied moest, voor de bescherming van het achterland, een nieuwe dijk (primaire kering) worden aangelegd. TGG is gebruikt als kernmateriaal in twee nieuwe dijken. Ook voor het verbeteren van een bestaande dijk is TGG als kernmateriaal toegepast. In de dijken waarin TGG is toegepast, is de TGG vervolgens afgedekt conform de regels die horen bij een grootschalige bodemtoepassing (GBT). Naast het natuurgebied is op het voormalige veerplein een terp aangelegd waarin aan de noordzijde ter hoogte van de Koppeldijk een kering is verwerkt. In de kern van deze kering is eveneens TGG verwerkt. De kering is afgedekt met een harde asfaltbekleding waarop een leeflaag is aangebracht. De dijkdelen waarin TGG is toegepast zijn delen van de Koppeldijk, westelijke dijk en zuidelijke dijk (Figuur 2.2).



Figuur 2.2. TGG is toegepast in delen van de Koppeldijk, westelijke dijk en zuidelijke dijk.

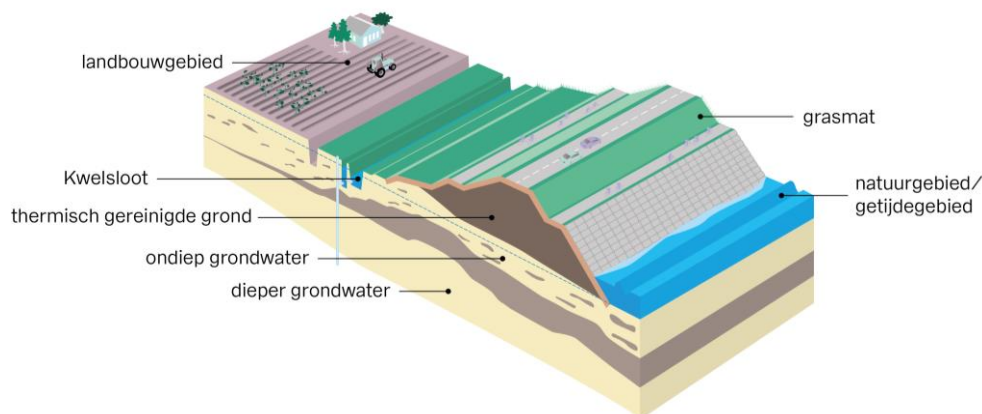
In dit rapport worden de resultaten besproken aan de hand van verschillende objecten, zoals beschreven in paragraaf 3.2. De naamgeving van deze objecten is echter in de loop der tijd gewijzigd, en door verschillende partijen zijn verschillende terminologieën gebruikt. Om duidelijk te maken hoe de verschillende gebieden zich tot elkaar verhouden is hieronder in Tabel 2.1 een overzicht van de benamingen van de verschillende gebieden opgenomen, daarbij zijn voor de volledigheid ook de benamingen van Van Oord gebruikt.

Tabel 2.1. Overzicht benamingen gebieden Perkpolder.

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

2.2 Bodemopbouw

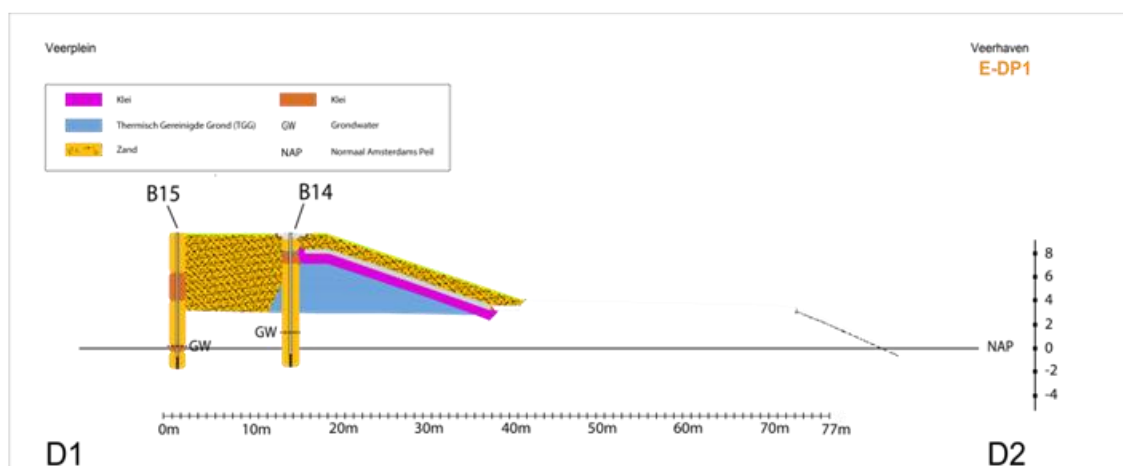
De ondergrond van de zuidelijke en westelijke dijk bestaat uit een afwisseling van zand, klei en veen, zoals blijkt uit de boringen die genomen zijn in deze deelgebieden. Zie de schematisatie van de bodemlagen in de ondergrond van deze dijkdelen hieronder (Figuur 2.3). Onder de TGG is, waarschijnlijk in een groot gebied waarin de TGG is toegepast, een ondiepe laag, bestaande uit voornamelijk klei en hier en daar veen, te zien. Deze laag is slecht waterdoorlatend en zal de reistijd van in water oplosbare stoffen vertragen. De aanleg van de nieuwe dijk zorgt voor belasting van de bodemlagen in de ondergrond. De klei en veenlagen zullen door deze belasting ook zetting ondergaan.



Figuur 2.3. Schematische weergave van de zeedijk bij de zuidelijke en westelijke dijk met de locaties van de kwetsbare objecten, de aanwezigheid van thermisch gereinigde grond (TGG) en grondlagen: geel = zand, rood-bruin = klei en donkerbruin = veen.

Grontmij (2008) en Fugro (2012) hebben grondonderzoek uitgevoerd voorafgaand aan aanleg van de dijk, waarin relevante informatie is opgedaan over de bodemopbouw. Voor dit grondonderzoek zijn zowel handboringen als mechanische boringen uitgevoerd en een aantal van deze boringen bevinden zich op de locaties waar later TGG is toegepast. Direct onder de zuidelijke TGG dijk (zie Figuur 2.2) is een kleilaag aangetroffen van ongeveer 0,10 tot 6,40 m dik (op de diepte 0-10 m onder NAP). In handboringen van een profiel loodrecht op de westelijke TGG dijk (zie Figuur 2.2) treffen we ook een kleilaag aan van 0,15–0,20 m dik. Uit enkele boringen in het zuidelijke deel van westelijke dijk blijkt echter dat op sommige locaties geen kleilaag aanwezig is. Op deze locaties grenst het TGG materiaal mogelijk aan een zandpakket.

Ter hoogte van de Koppeldijk (zie Figuur 2.2) 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 2.4. In 2020 is de toplaag en de aanwezigheid van waterremmende lagen boven de hoogstgelegen zandlaag van de Koppeldijk onderzocht, de resultaten van dit onderzoek zijn besproken in de jaarrapportage van 2020 (Deltares, 2021).



Figuur 2.4. Schematische weergave TGG bij de Koppeldijk met aan de noordzijde (D2) de haven en aan de zuidzijde de nieuw aangelegde terp op het voormalige veerplein. Direct boven de TGG is een kleilaag (paars) en daarboven een asfaltbekleding aangebracht, die is afgedekt met zand.

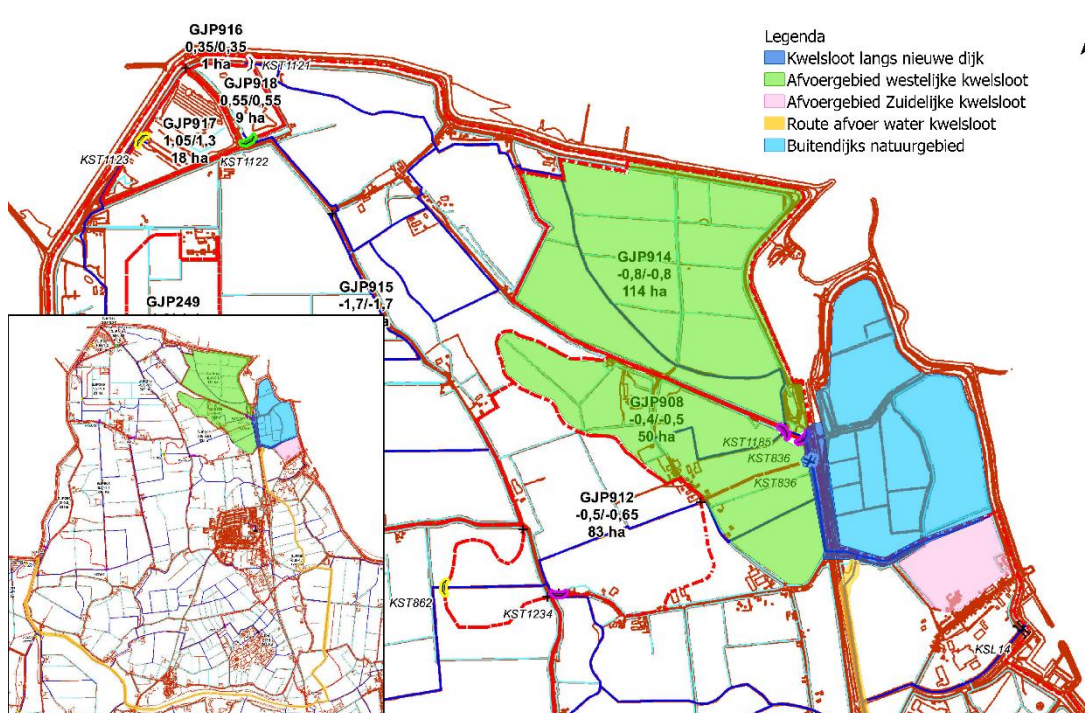
2.3 Hydrologie binnendijs

Bij de nieuwe zeedijk ter hoogte van zuidelijke dijk ligt binnendijs 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 westelijke dijk en ligt ook in het noordelijk deel van Peilgebied GJP903⁵. De sloot wordt gevoed door het peilgebied Westelijke Perkpolder (GJP914), het ten zuiden van de Oostelijke Perkpolder gelegen peilgebied (GJP908) en de landbouwpercelen die direct aan de kwelsloot zijn gelegen. Het totale afwaterende oppervlak is daarmee 197 ha. De ligging van de gebieden is weergegeven in Figuur 2.5.

De afwatering van beide kwelsloten (Figuur 2.5) vindt plaats in de zuidwesthoek en loopt via stuw Dreefken, via natuurgebied De Vogel uiteindelijk naar uitwateringsgemaal Campen (Waterschap Scheldestromen, 2016).

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

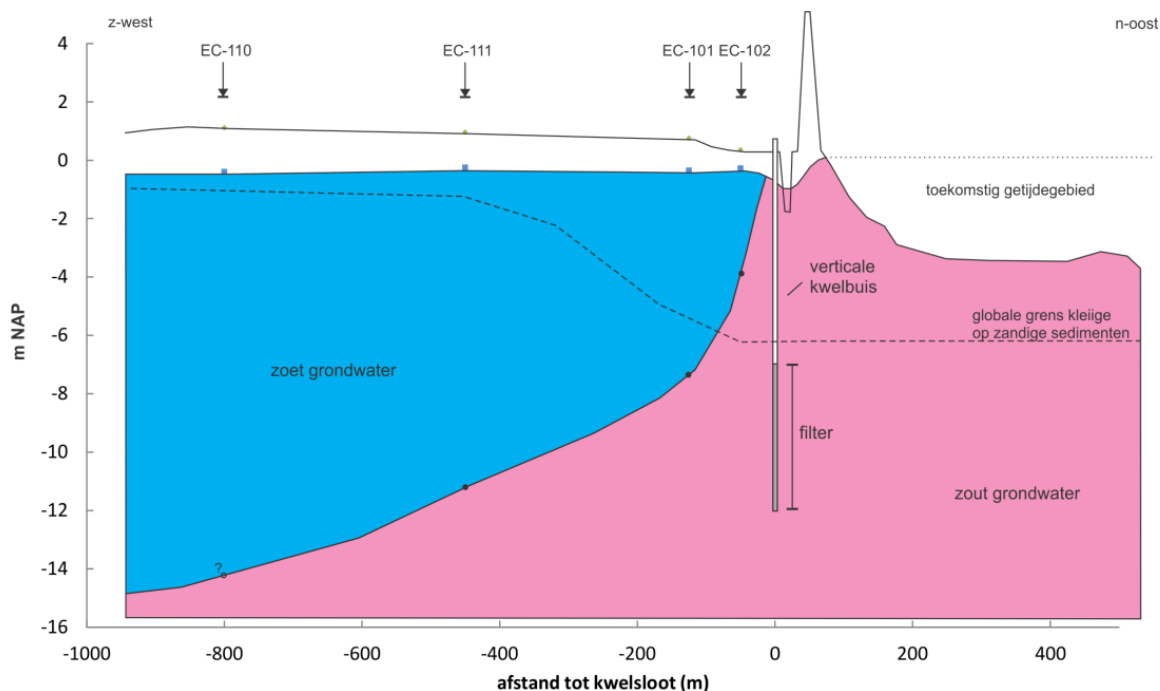


Figuur 2.5. Afwaterend oppervlak (groen) via kwelsloot (donker blauw). De route van de afwatering van het hele gebied is naar de Westerschelde (inzet, route in geel). Het ontpolderde gebied is weergegeven in licht blauw.

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

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 gemiddeld peil in de Westerschelde en dus vindt infiltratie vanuit de Westerschelde en binnendijkse 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 kwelvoorziening⁶ genoemd, gerealiseerd. Het kwelscherm bestaat uit verticale putten voor het draineren van zout grondwater en een kwelsloot (Figuur 2.6). Het gedraineerde (zoute) water wordt onder vrij verval afgevoerd naar de kwelsloot.



Figuur 2.6. Bij de westelijke dijk is voor het landbouwgebied een schets gemaakt van de verdeling tussen zoet (blauw) en zout (roze) grondwater, inclusief de verticale kwelbuis van de kwelvoorziening, waarmee de kweldruk wordt verlaagd en de horizontale afstroming naar het zoete grondwater wordt verhinderd. Links is het landbouwgebied en rechts het getijdegebied. Deze schets is gebaseerd op metingen uitgevoerd in verschillende peilfilters (dieptelocaties niet aangegeven) in de westelijke dijk 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 zuidelijke dijk en westelijke dijk (Figuur 2.5) waar TGG onder andere is toegepast in de Perkpolder. Bij de koppeldijk is de afstand tussen landbouwgebied en Westerschelde groter en is een kwelvoorziening niet nodig, daarom is deze hier niet aanwezig.

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

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), hoewel dit niet het geval is in het ondiepe grondwater op veel delen van de dijk (Deltares, 2022).

2.5 Buitendijks natuurgebied

Het buitendijks natuurgebied is ontstaan door de ontgraving van de bestaande zeedijk in 2015 (zie Figuur 1.2). Het is een zout intergetijdengebied met een omvang van 65 ha, dat tweemaal per dag overstroomt. Enkele kreken vallen met eb in het algemeen niet droog (Figuur 2.7). Het gebied is inmiddels opgenomen in de ecotopenkaart van Zeeland (Rijkswaterstaat, 2019).



Figuur 2.7. Het intergetijdengebied bij hoog (luchtfoto 2022) en laag water, waarin de kreken duidelijk zichtbaar zijn (luchtfoto 2023).

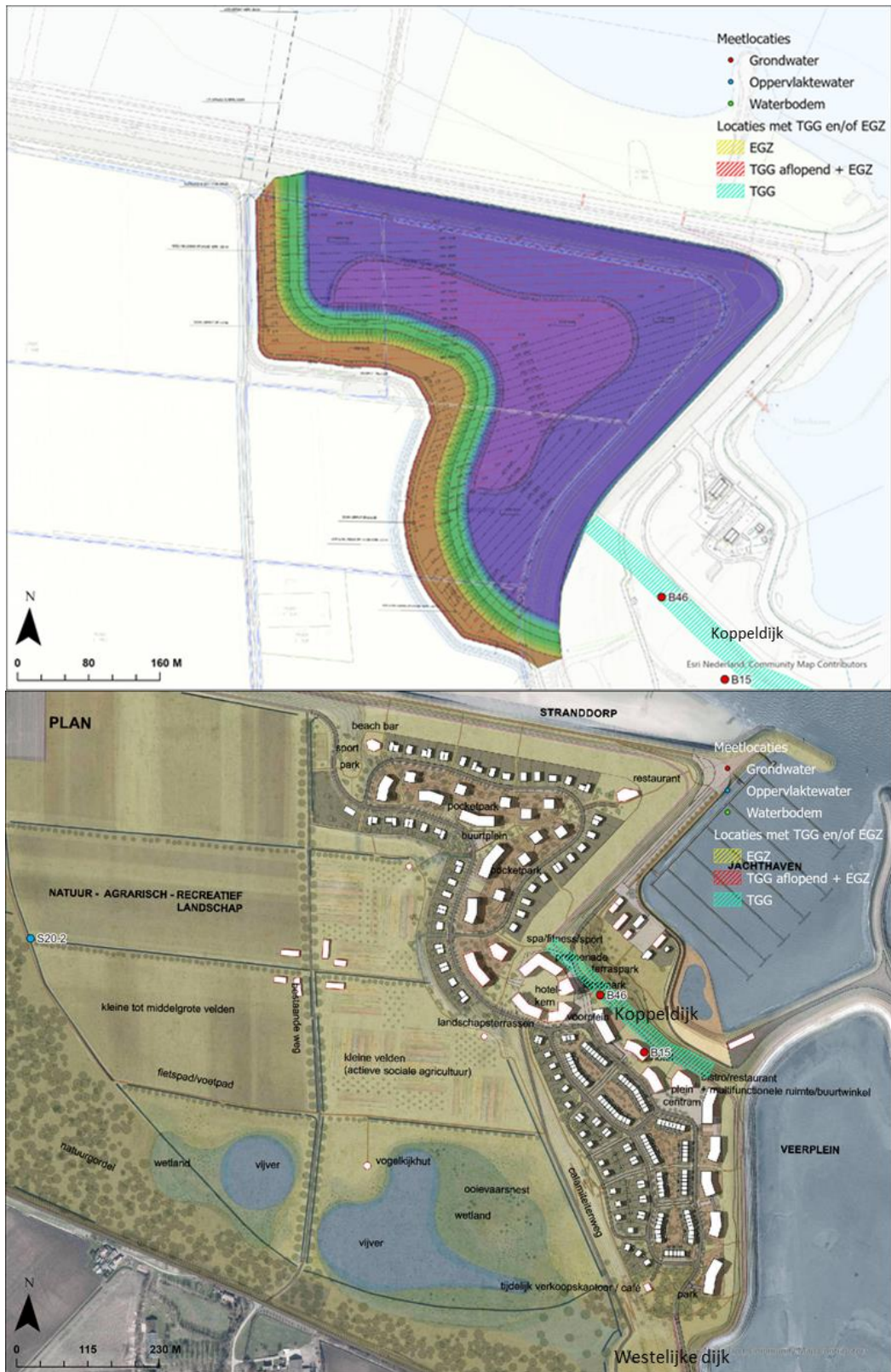
2.6 Gebiedsontwikkeling najaar 2022

Ten noordwesten van het gebied is er een gebiedsontwikkeling gestart in het najaar van 2022: voor het bouwproject 'Waterzande' worden werkzaamheden uitgevoerd in de Westelijke Perkpolder (ophoging tot 12 meter) (Figuur 2.9). Bovendien is gestart met de aanleg van een woonwijk boven het voormalige veerplein (het terrein aangrenzend aan de aanlegzone), zie Figuur 2.8.



Figuur 2.8. Bord bebouwde kom Waterzande met op de achtergrond de werkzaamheden boven het voormalige veerplein.

Er leek interactie te zijn met oppervlaktewater-referentiepunt O20.2, maar dit is tot nu toe niet het geval: voor de ophoging is drainage aangelegd die afwatert naar de noord-oostzijde van de ophoging.

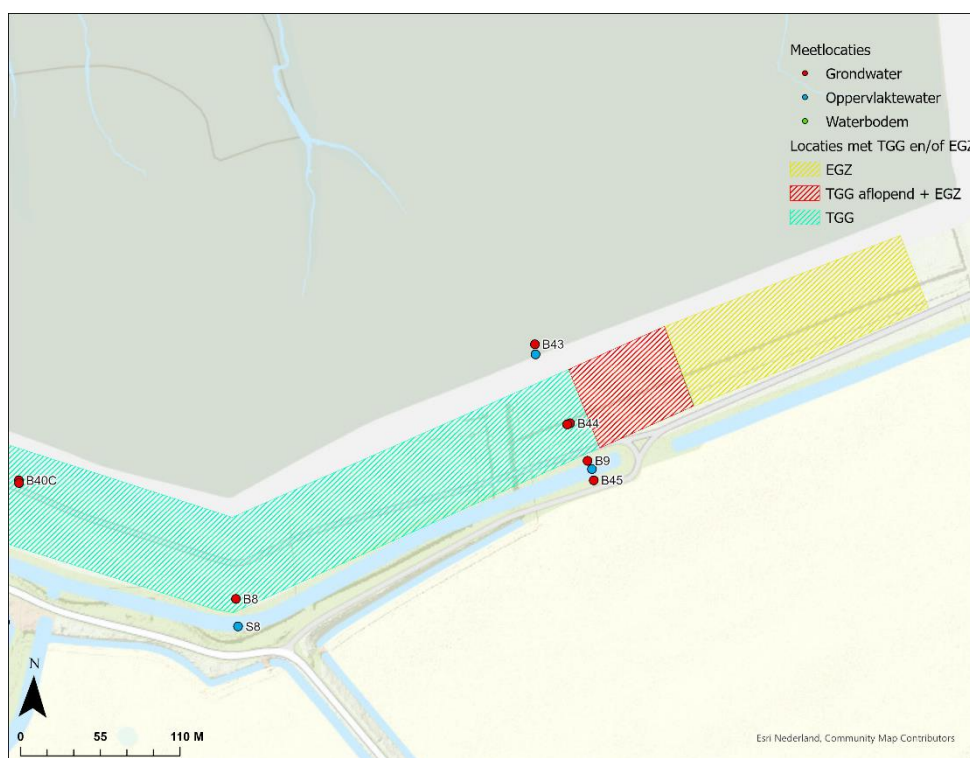


Figuur 2.9. Meetlocaties ten opzichte van de geplande woonwijk (onderste figuur) en ten opzichte van de nieuwe ophogingslocatie in het noord-oostelijke deel daarvan (bovenste figuur) (Waterzande bv, 2021) en (Antea Group, 2022).

3 Meetnet

3.1 Wijzigingen meetnet

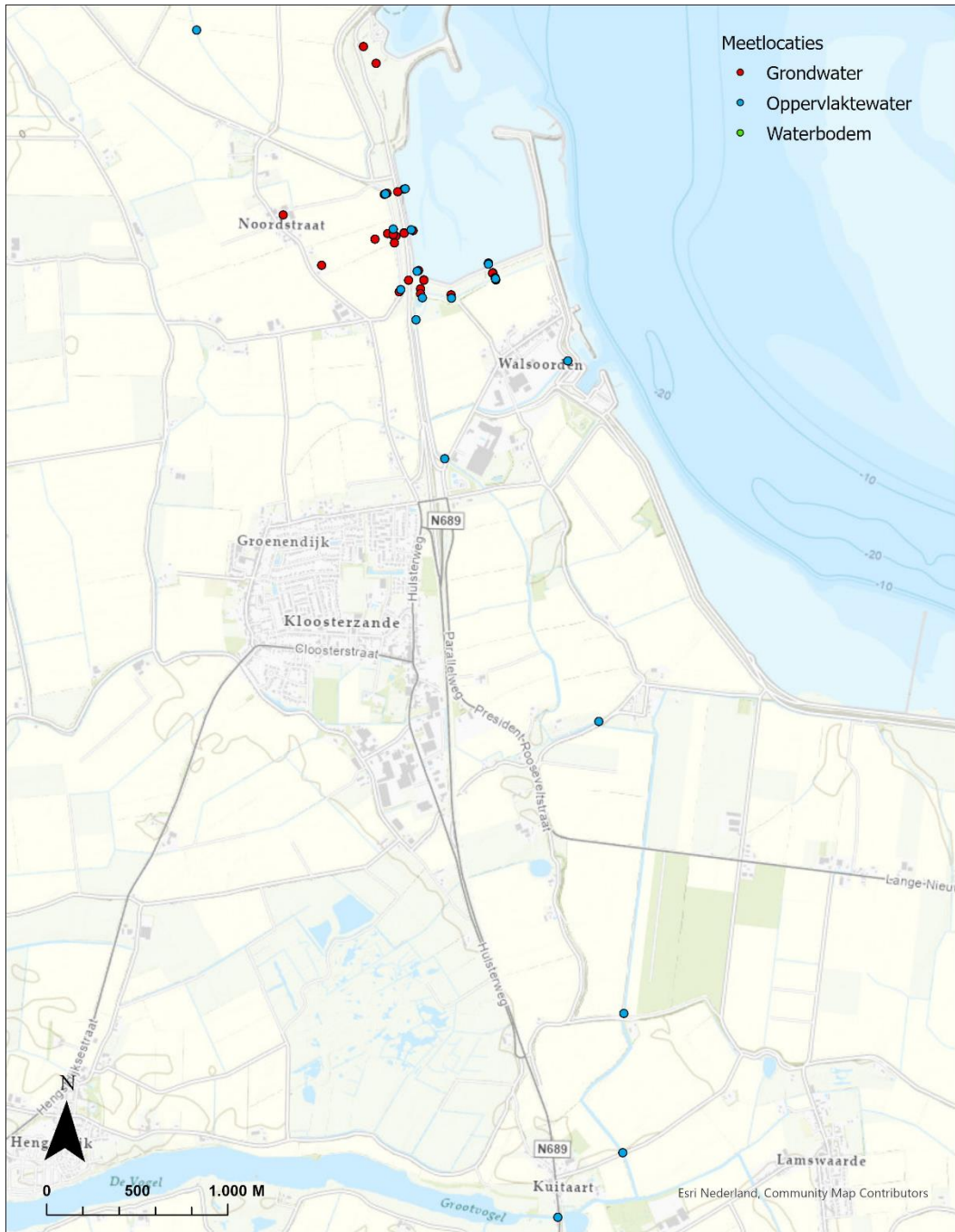
Tussen 2020 en 2023 vond jaarlijks monitoring van de kwaliteit van het oppervlaktewater van de binnendijkse sloot en het grondwater plaats. Voor de monitoring van grondwater werd tijdens elke monitoringsronde voor de monsternamen de grondwaterstanden gemeten. Om variatie over seizoenen en tussen natte en droge periodes te onderzoeken, is de monitoring drie keer uitgevoerd. Daarnaast is eenmaal per jaar ook gemonitord in de waterbodem. In 2021 zijn enkele wijzigingen doorgevoerd in de meetlocaties van het meetnet, deze zijn toegelicht in de jaarrapportage van het jaar 2021 (Deltares, 2022). Locatie B10, gelegen in de kwelsloot van de zuidelijke dijk, is in 2023 tijdens alle reguliere meetrondes aanvullend bemonsterd (Figuur 3.1).



Figuur 3.1. Locatie B10, gelegen in de kwelsloot van de zuidelijke dijk.

3.2 Meetlocaties

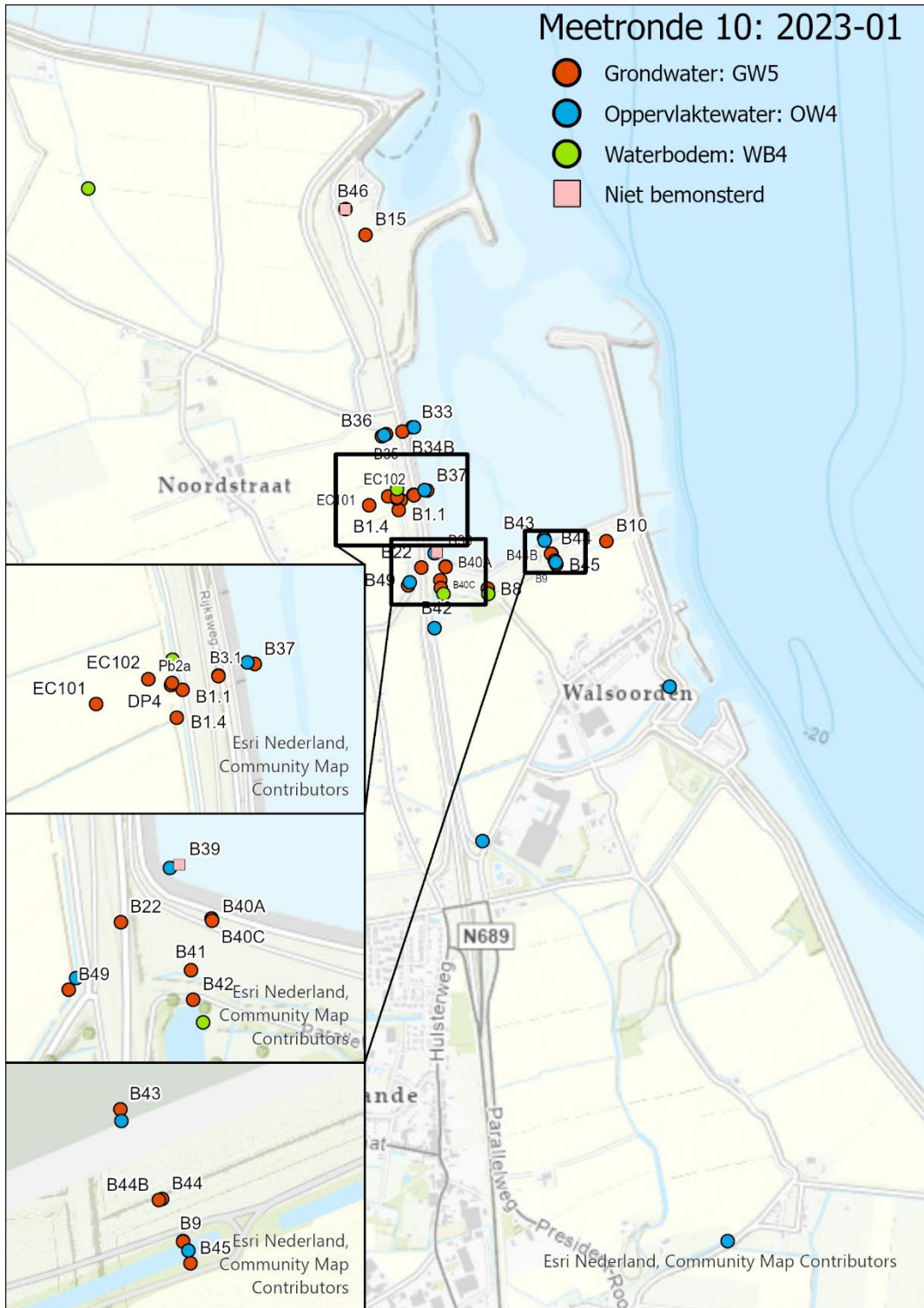
Het doel van het onderzoek 'Vervolgmonitoring Perkpolder' is om inzicht te krijgen in de lange termijn effecten van de toegepaste TGG op de kwetsbare objecten in de omgeving: het natuurgebied, het binnendijkse watersysteem en het (grond)water. Alle meetpunten zijn gekoppeld aan een object, namelijk: de westelijke dijk, zuidelijke dijk, koppeldijk, natuurgebied, oppervlaktewater benedenstrooms en grondwater buiten de kwelsloot (zie Bijlage A.7). Zie Figuur 2.3 voor meer informatie over de verschillende kwetsbare objecten. In Figuur 3.2 is een overzichtskaart weergegeven met de locaties van de grondwater- en oppervlaktewaterlocaties. Figuur 3.3 betreft een ingezoomde kaart van de grondwater- en oppervlaktewater locaties, inclusief de meetraaien en locatie van de verschillende objecten. In Figuur 3.4, Figuur 3.5 en Figuur 3.6 zijn de bemonsterde locaties per meetronde in 2023 weergegeven. In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de zes verschillende objecten.



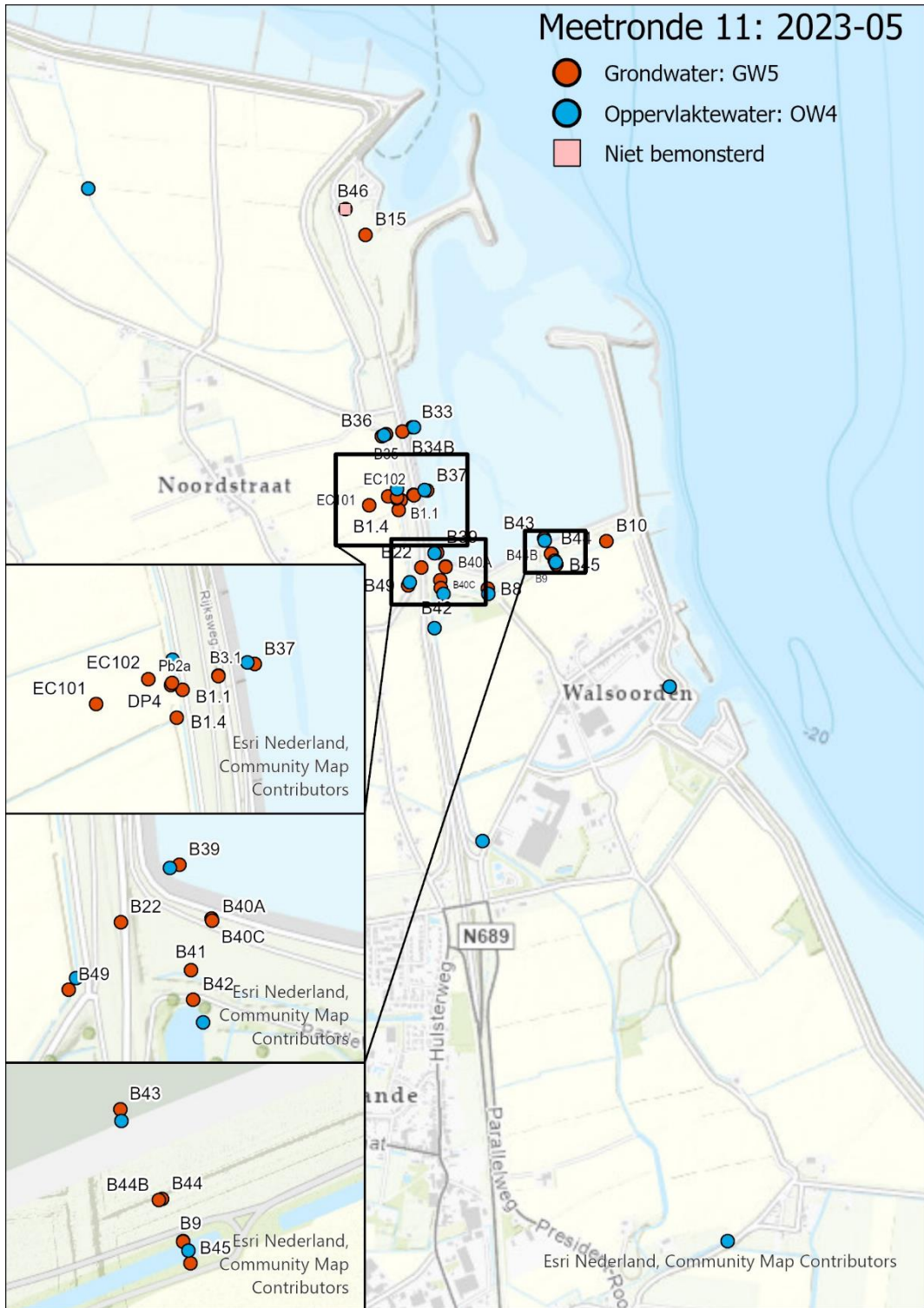
Figuur 3.2: Overzichtskaart Perkpolder met grondwater-, oppervlaktewater en waterbodem locaties. (voor benaming locaties bij de verschillende objecten, zie volgende figuren).



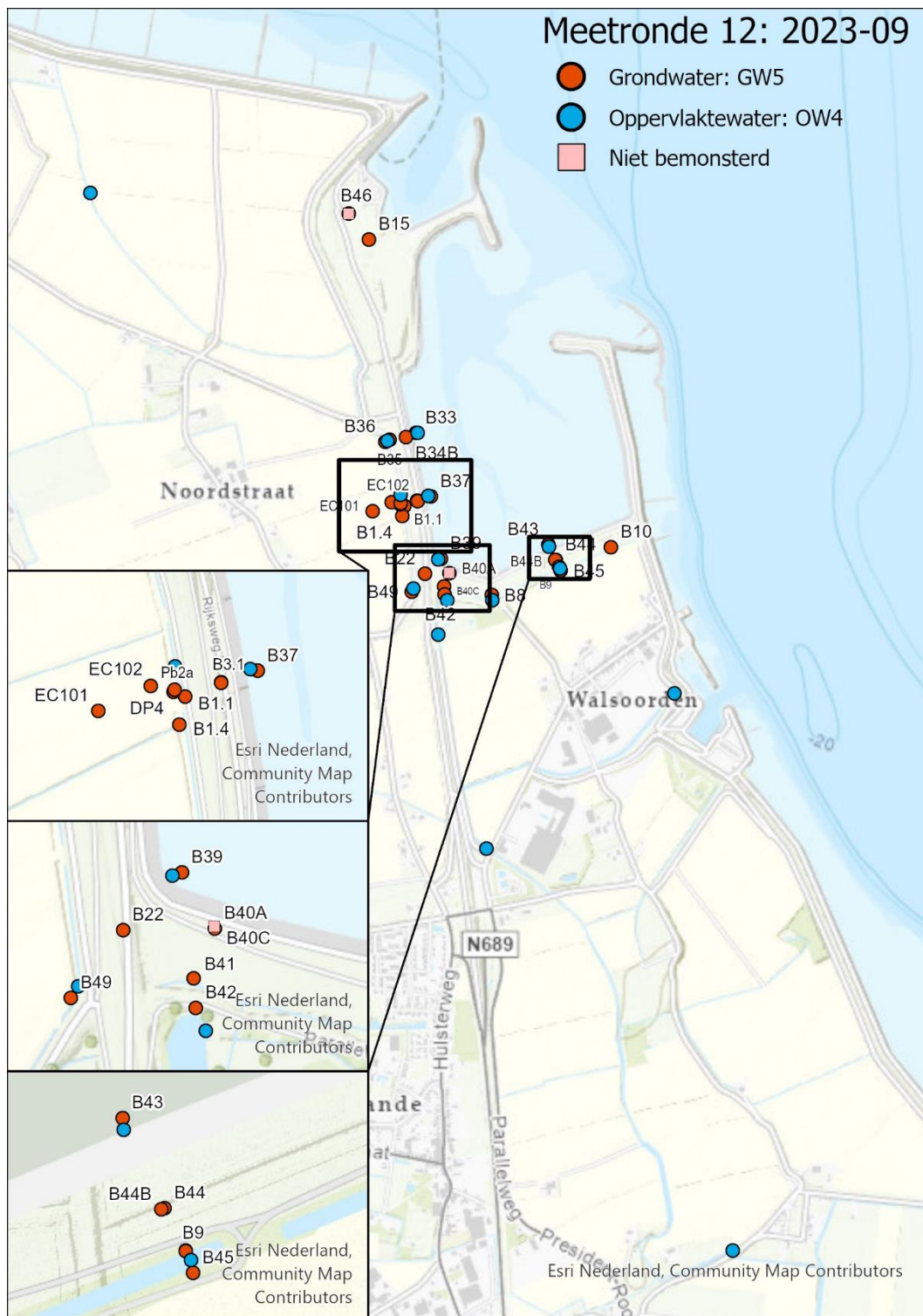
Figuur 3.3: Overzichtskaart Perkpolder met grondwater- en oppervlaktewater locaties, meetraaien, hoogteprofiel (dijk is zichtbaar in oranje) en benaming van de verschillende objecten in het gebied (namen horen bij de meetraaien).



Figuur 3.4. Overzicht meetlocaties meetronda 10 (grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodem). Niet bemonsterde locaties (vanwege omstandigheden) aangegeven in roze.



Figuur 3.5. Overzicht meetlocaties meetronde 11 (grondwater en oppervlaktewater). Niet bemonsterde locaties (vanwege omstandigheden) aangegeven in roze.



Figuur 3.6. Overzicht meetlocaties meetronde 12 (grondwater en oppervlaktewater). Niet bemonsterde locaties (vanwege omstandigheden) aangegeven in roze.

4 Aanpak onderzoek

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

- Periodieke (3 maal per jaar) oppervlaktewatermetingen (kwelsloten en getijden natuurgebied) om effecten van effecten van verschillende perioden in het jaar goed in beeld te krijgen en snel te kunnen acteren bij anomalïën.
- Periodieke (3 maal per jaar) grondwatermetingen (onder de TGG en in de directe omgeving; ondiep en diep, waaronder ook de regelput kwelscherm en kwelsloten) om effecten van effecten van verschillende perioden in het jaar goed in beeld te krijgen en snel te kunnen acteren bij anomalïën.
- Periodiek (jaarlijks) waterbodemonderzoek van de kwelsloten om eventuele invloed van TGG vast te stellen.
- Periodiek (jaarlijks) grasbekledingsonderzoek om te kijken of er invloed is van de TGG op de grasbekleding, en of de bekleding zijn erosiebestendige afschermingsfunctie van de TGG vervult.
- Eenmalig controleboringen (jaar) ten behoeve van het aantonen van mogelijke verkitting⁷

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 2022: Onderzoek naar de waterstand in grond- en oppervlaktewater rondom de dijk. Deze analyses zijn niet vooraf in het Plan van Aanpak opgenomen.

Bij de aanpak en de analyse wordt gebruik gemaakt van de opzet van de diverse onderzoeken die plaats hebben gevonden in de afgelopen jaren (zie ook Tabel 1.1).

4.1 Benadering

Als benadering wordt de bron-pad-object benadering toegepast. De bron is de TGG, dat via het pad (de ondiepe en wellicht diepere ondergrond direct onder de TGG) zich verplaatst naar de kwelsloot. Tevens wordt gekeken naar kwetsbare objecten in de omgeving: het buitendijks intergetijden-natuurgebied, het landbouwgebied, en het oppervlaktewater benedenstrooms van de kwelsloot. Omdat TGG een complexe chemische samenstelling heeft, en het uitlooggedrag afwijkt van grond, wordt uit voorzorg een uitgebreid monitoringspakket gekozen gebaseerd op de stoffen die (soms) in de TGG voorkomen en daar uitloggen. Het gaat dan met name om metalen (en meer in het bijzonder arseen, molybdeen en vanadium), vluchtige stoffen (met name benzeen, toluen, alfa- en beta HCH), zouten (met name bromide en sulfaat) en PFAS (met name PFBA). Voor diverse stoffen geldt dat ze in de omgeving ook al voorkomen en dat dus uit de analyse van een aantal stoffen samen moet blijken in hoeverre ze beïnvloed worden door de TGG. Daarbij wordt ook gebruik gemaakt van de bromide-chloride-verhouding, deze verhouding is in zout zeewater namelijk zeer constant (Magazinovic RS, 2004; Stuyfzand, 1992). Afwijkingen in de bromide-chloride verhouding in zeewater kunnen wijzen op beïnvloeding van het plaatselijke systeem (de TGG is verrijkt in bromide). De verhouding bromide-chloride is in zoet water anders en kan zelfs zo laag zijn, dat de bromide-chlorideverhouding geen betekenis heeft. In dat geval kan er gekeken worden naar de sulfaat-chloride-verhouding (de TGG is tevens verrijkt in sulfaat).

⁷ Ten opzichte van de oorspronkelijke scope is het aantal analyses hiervan uitgebreid.

4.2 Onderdelen van de periodieke monitoring

Het periodieke onderzoeksprogramma richt zich op oppervlaktewater, waterbodembodem, 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.

4.2.1 Oppervlaktewater intergetijdengebied, kwelsloot en het Weeltje

Het oppervlaktewater wordt gemonitord in de directe omgeving van de TGG. Het gaat hier om de kwelsloot (de zuidelijke: O8, O9 en de westelijke: O3.3A, O3 en O3.5), het intergetijdengebied (O4c, O33, O39, O43) en het Weeltje (een wiel ontstaan tijdens een historische dijkdoorbraak), O55. Bovendien wordt een aantal locaties stroomafwaarts gemeten (O50, O50.6, O50.7, O50.8, O50.9, O60 en O70).

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

4.2.2 Waterbodembodem kwelsloot

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

4.2.3 Grondwater in de omgeving van de TGG

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

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

2. diep onder de dijk (zie Figuur 5): om te onderzoeken wat de baseline is mocht en of er gedurende het project daadwerkelijk enig 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. Het grondwater wordt via een regelput van het kwelscherm bemonsterd bij vloed (wanneer het diepe grondwater stroomt van kwelscherm naar de kwelsloot) en zal worden getoetst als (diep) grondwater.

Grondwatermonitoring ter hoogte van de Koppeldijk 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.

Peilfilters zijn grotendeels afgesteld in een goed doorlatend laag. Op sommige locaties is er echter nauwelijks sprake van een zandige lagen, waardoor op een enkele locatie peilfilters in een kleiige/venige laag zijn afgesteld.

4.2.4 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.

4.2.4.1 Landbouwgebied en buitendijks gebied

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

4.2.4.2 Bovenstrooms en benedenstrooms oppervlaktewater

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

4.2.5 Grasonderzoek

De dijk is afgedekt met een grasbekleding die na aanleg is ingezaaid. Bij eerder onderzoek was te zien dat de grasmat nog jong was en vanwege droogte onvolkomenheden vertoonde. Daarom is het onderzoek doorgezet met een jaarlijkse inspectie van de grasbekleding. In 2023 zijn op de dijkstrekking 15 locaties onderzocht. Er is gekeken naar de voorkomende gras- en kruidensoorten in samenhang met substraat, beheervorm en de ontwikkelfase van de grasmat. Ook is de grasmat beoordeeld volgens de methode van het WBI2017 (Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium, (ILT, 2017)), zowel visueel als het op enkele plekken steken van een plag voor de beoordeling van het wortelnet.

4.3 Bemonstering en analyses en periodieke monitoring

4.3.1 Bemonstering

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

Oppervlaktewaterbemonstering vindt plaats conform NEN6600 (NEN, 2019).

4.3.2 Tijdstip

De reguliere jaarlijkse monitoringsrondes voor oppervlaktewater en grondwater zijn uitgevoerd in januari (meetronde 10), mei (meetronde 11) en september (meetronde 12) en het jaarlijkse grasonderzoek in mei. Enkele monsters uit meetronde 11 en 12 zijn opnieuw geanalyseerd (zelfde monster, opnieuw geanalyseerd). Na de heranalyse van enkele monsters van meetronde 12 heeft ook nog een herbemonstering plaatsgevonden op een 4-tal locaties, deze ronde is 12.2 genoemd. In de periode van juni 2021 tot eind 2023 is er met behulp van piëzometers ook data verzameld op enkele locaties in het grond- en oppervlaktewater.

4.3.3 Meetpakketten

De meetpakketten voor grondwater, oppervlaktewater en waterbodemonsters 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 metingen opgenomen die bij de interpretatie of toetsing van belang zijn (zoals organische stofgehalte in de waterbodem). Sinds de start van de monitoring in 2019 zijn enkele aanvullende parameters toegevoegd aan de meetpakketten om meer inzicht te krijgen in de resultaten voor interpretatie, deze zijn dik gedrukt.

De pakketten zijn hieronder weergegeven:

4.3.3.1 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:

- 16 Metalen (totaal en opgelost)⁸ (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), IJzer (Fe), Zink (Zn));
- **IJzer (Fe) (opgelost);**
- Anionen (chloride, bromide, sulfaat, fluoride);
- PFAS⁹ (zie Bijlage **Error! Reference source not found.**);
- Chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- en hexa-)¹⁰;
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium);

⁸ Over een 0,45 µm glasfilter

⁹ Tevens is in de eerste monitoringsronde GenX gemeten. Dit is niet aangetroffen en daarom vervallen.

¹⁰ Het plan van Aanpak noemt alleen mono-, di- en trichloorbenze(n)(en). Trichloorbenzenen worden uitgevoerd als onderdeel van het pakket "chloorbenzenen (minder vluchtig)", waarin ook de overige chloorbenzenen zijn meegenomen.

- pH, turbiditeit (NTU) en geleidbaarheid (veldmetingen¹¹);
- **Fosfaat, ammonium en nitraat;**
- **DOC (dissolved organic carbon).**

4.3.3.2 Analyses Grondwater

Het pakket voor het onderzoeken van de samenstelling van het grondwater bestaat, zoals bepaald in het Plan van Aanpak (Deltares, 2020), uit¹²:

- 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));
- **IJzer (Fe) (opgelost);**
- Anionen (chloride, bromide, sulfaat, fluoride);
- 8 vluchtige aromatische koolwaterstoffen: benzeen, toluen, ethylbenzeen, som-xylenen (som o-, m-, p-), styreen, naftaleen en fenol, cresolen (o-, m-, p-);
- PFAS (zie in Bijlage **Error! Reference source not found.**);
- Chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- en hexa-);¹⁰
- 3 kationen (kalium, natrium, calcium);
- pH, turbiditeit (NTU) en geleidbaarheid (veldmetingen);
- **Geleidbaarheid (labmeting);**
- **Grondwaterstand en diepte onderkant peilfilter;**
- **Fosfaat, ammonium en nitraat;**
- **DOC (dissolved organic carbon).**

4.3.3.3 Analyses Waterbodem kwelsloot

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

- 15 metalen (Antimoon (Sb), Arseen (As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Chroom (Cr), Kobalt (Co), Koper (Cu), Kwik (Hg), Nikkel (Ni), Molybdeen (Mo), Lood (Pb), Seleen (Se), Tin (Sn), Vanadium (V), IJzer (Fe), 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 in Bijlage **Error! Reference source not found.**);
- pH, turbiditeit en elektrische geleidbaarheid (veldmetingen);
- Organische stofgehalte en lutumgehalte;
- Droge stofgehalte en gloeirest;
- Chloorbenzenen (mono, di, tri)¹³;
- 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 zijn in latere monitoringsrondes dan ook niet gemeten.

4.4 Onderdelen incidenteel onderzoek

Onderzoeken die alleen in 2023 zijn uitgevoerd zijn hieronder nader beschreven.

¹¹ Waar de geleidbaarheid boven de 20 mS/cm is in de veldmeting (en dus boven het meetbereik gaat), wordt een labmeting aangevraagd.

¹² In de eerste meetronde is met een voorlopig meetpakket gewerkt, aangezien het Plan van Aanpak nog niet definitief was vastgesteld. Daarbij is tevens de klasse vluchtige organische halogeenkoolwaterstoffen gemeten: dichloorethanen (1,1 en 1,2), dichloorethenen (1,1, cis-1,2 en trans-1,2), trichloorethaan (1,1,1 en 1,1,2), trichlooretheen, tetrachlooretheen, dichloorpropanen (1,1, 1,2 en 1,3)) Deze zijn in 2022 vervallen.

¹³ In de eerste bemonsteringsronde is gebruik gemaakt van een voorlopig pakket waarbij wel de minder vluchtige chloorbenzenen (trichloorbenzenen, tetrachloorbenzenen, pentachloorbenzeen en hexachloorbenzeen), maar niet mono- en dichloorbenzeen zijn meegenomen.

4.4.1 **Onderzoek naar waterstand TGG**

In 2021 (28 juni) zijn er op een aantal locaties waar TGG is toegepast piëzometers (divers) uitgehangen om de waterstand gedurende 2,5 jaar te volgen. Met behulp van deze data is uitgezocht of de TGG in de dijk in contact komt met het grondwater. Aanvullend zijn drie piëzometers uitgehangen in verschillende oppervlaktewateren in het getijdegebied (O39D), het Weeltje (O55D) en kwelsloot (O3.5D) om te kijken naar fluctuaties in de waterhoogte. Zie voor meer informatie paragraaf 7.1.

4.5 **Normen**

In deze paragraaf worden de voor grondwater, oppervlaktewater en waterbodem gehanteerde normen toegelicht. In hoofdstuk 5 worden de monitoringsgegevens van 2023 getoetst aan deze normen.¹⁴

4.5.1 **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.

4.5.2 **Normen voor waterbodem**

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

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

Naast deze normen zijn er ook normwaarden indien baggerspecie wordt toegepast op landbodem en dus het kader voor grond van toepassing is. Voor landbodem gelden onder anderen de maximumwaardes voor de bodemfunctieklasse/kwaliteitsklasse Wonen en Industrie (Tabel 1 van Bijlage B, Regeling Bodemkwaliteit), afhankelijk van de toepassingslocatie.

De toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa. De normen voor de in 2022 gemeten stoffen zijn weergegeven in Bijlage A.5. PFAS worden getoetst volgens het Handelingskader PFAS (Pagina 6 en 7, Handelingskader PFAS).

¹⁴ Omdat voor PFAS de wettelijke basis van de normen vaak afwijkend is van andere stoffen, is deze apart vermeld in Bijlage A7.

4.5.3 Normen voor oppervlaktewater

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

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

Voor metalen gaat het hier om gefilterde monsters⁸, voor overige parameters om ongefilterde monsters.

Bij de toetsing wordt het zeewater en de kwelsloot gekwalificeerd als “andere oppervlaktewateren”. De keuze voor deze indeling (en niet: land oppervlaktewateren) komt omdat het zout water gedomineerde wateren zijn en landoppervlaktewateren daar minder op van toepassing zijn.

Ook het KRW lichaam Campen waar het oppervlaktewater uit de kwelsloot geen onderdeel van uitmaakt, maar waar het water wel in uitstroomt is brak: het gehele waterlichaam wordt getoetst als “licht brak” (M30), met delen (met name bij de stuw bij Dreefken) die als sterk brak (M31) zouden kunnen worden beoordeeld. De normen voor de in 2021 gemeten stoffen zijn weergegeven in Bijlage A.5. De toetsing vindt plaats door het vergelijken van elke meetwaarde met de MAC-MKN, en de gemiddelde meetwaarde (meestal dus het gemiddelde over 3 meetrondes) met de JG-MKE¹⁵. Gemakshalve is ook getoetst aan de MAC-MKE.

4.5.3.1 PFAS oppervlaktewater

Momenteel is enkel voor PFOS, PFOA en GenX een waterkwaliteitsnorm bepaald. Het RIVM heeft in september 2022 daarnaast risicowaarden voor PFAS in oppervlaktewater afgeleid op basis van door EFSA (European Food Safety Authority) bepaalde gezondheidskundige grenswaarde (RIVM, 2022c). Het gaat hier om risicowaarden en dus niet om normen. Vanwege het grote verschil tussen de huidig geldende normen voor (enkele) PFAS verbindingen en de risicogrenswaarden wordt in de resultaten ook hier en daar verwezen naar de risicogrenswaarden. In Tabel 4.1 hieronder is het verschil tussen de geldende JG-MKE en de risicogrenswaarde voor PFOS, PFOA en GenX opgenomen. In het onderzoek rondom Perkpolder is GenX niet in het huidige meetpakket opgenomen, omdat deze stof in eerder onderzoek niet werd aangetroffen.

Tabel 4.1. Verschil tussen de geldende waterkwaliteitsnorm en de nieuw afgeleide risicogrenswaarde voor PFOS, PFOA en GenX.

	JG-MKE (landwateren) (ng/l)	Risicogrenswaarde (ng/l)
PFOS	0,65	0,007
PFOA	48	0,3
GenX	118	10

4.5.4 Wijzigingen in het kader van de omgevingswet

Veel van deze normen zijn afkomstig uit de Regeling Bodemkwaliteit. Deze regeling viel onder het Besluit bodemkwaliteit. Vanaf 1 januari 2024 is de omgevingswet in werking getreden en daarmee is het Besluit bodemkwaliteit vervallen. De Regeling Bodemkwaliteit is wel grotendeels van kracht gebleven, maar valt nu onder het Besluit Activiteiten Leefomgeving (Bal). Omdat deze rapportage over 2023 gaat, zijn de normen en verwijzingen niet verder aangepast.

¹⁵ De normen worden soms ook aangeduid als MKN (milieukwaliteits-norm). Deze term is afkomstig oorspronkelijke versie van de Rmkw (tot 2015) en drukt het karakter van de milieu *norm* beter uit. In de Richtlijn prioritare stoffen (2013/39/EU), de huidige Rmkw en Bkmw gebruiken echter de term MKE. We kiezen in deze rapportage om aan te sluiten bij de wettelijk gebruikte termen.

5 Resultaten periodieke monitoring 2023

5.1 Toetsing

De meetresultaten (en voor waterbodembodem ook gestandaardiseerde gehalten) zijn weergegeven in Bijlages **Error! Reference source not found.**, **Error! Reference source not found.** en **Error! Reference source not found.**, met de toetsing aan de in de vorige paragrafen genoemde normen. Bij de toetsing van de regelput in het kwelscherm (DP4) is getoetst aan grondwater, omdat dat de bron is van het uitstromende water. De overschrijdingen van de normen van de grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodemmonsters aan de in bovengenoemde paragrafen genoemde normen is (per monitoringsronde) samengevat weergegeven in respectievelijk Tabel 5.1, Tabel 5.2 en Tabel 5.3. In Tabel 5.1 zijn ook stoffen weergegeven waarbij de overschrijding uitsluitend wordt veroorzaakt door toetsing van de rapportagegrens. Deze stoffen zijn weergegeven in een lichte grijze kleur en aangegeven met **. Deze stoffen zijn niet daadwerkelijk aangetroffen.

In meetronde 12 zijn er op een aantal locaties extreem hoge concentraties voor verschillende PFAS verbindingen gerapporteerd. Het gaat hier om de locaties B3.1 (9,9-10,9), B3.1 (16,5-17,5), B15 (11,0-12,0), B22 (10,0-11,0) en B46 (9,8-10,8). De gerapporteerde concentraties lagen vaak een factor 10-1000 hoger dan in vorige meetrondes, waarna een heranalyse van de monsters van deze locaties is aangevraagd (dus met hetzelfde monstermateriaal). Bij heranalyse werden op locaties B3.1 (16,5-17,5), B22 (10,0-11,0) en B46 (9,8-10,8) geen afwijkende PFAS concentraties ten opzichte van eerdere metingen waargenomen, waarmee de extreem hoge concentraties niet bevestigd zijn. Op locatie B3.1 (9,9-10,9) was heranalyse niet mogelijk. Op locatie B15 werden bij de heranalyse enkele PFAS verbindingen (HPFHpA en P37DMOA) in hoge concentraties waargenomen. Vanwege de afwijkende concentraties zijn locaties B3.1 (9,9-10,9), B3.1 (16,5-17,5), B15 (11,0-12,0) in december 2023 herbemonsterd. Bij de herbemonstering zijn ook twee oppervlaktewater locaties opnieuw bemonsterd, namelijk O3.3A en O8. De overschrijdingen van de streefwaarde en interventiewaarde van deze herbemonstering zijn weergegeven in Tabel 5.4 en Tabel 5.5.

Tabel 5.1. Overschrijdingen van de streefwaarde (>S) en interventiewaarde (>I) in grondwater. Bij waarden met * is de stof aangetroffen boven de INEV. Bij waarden met ** is de stof niet aangetroffen, maar de rapportagegrens hoger dan de streefwaarde. Deze waarden zijn tevens grijs weergegeven.

Peilbuis (filter, m -mv)	monitoringsronde 10, januari 2023			monitoringsronde 11, juni 2023			monitoringsronde 12, september 2023		
	Overschrijdingen		Con- clusie	Overschrijdingen		Con- clusie	Overschrijdingen		Con- clusie
	> S	> I (i > 1) sterk		> S	> I (i > 1) sterk		> S	> I (i > 1) sterk	
B1.1 (2.5-3.5)	Arseen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B1.4 (2.0-3.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Chloride, Cresolen (som)**	Arseen	>IW
B1.4 (7.0-8.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B3.1 (9.9-10.9)	Barium, Chroom, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**, PFOA*	Arseen	>IW	Barium, Chroom, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Barium, Molybdeen, Chloride, Fenol, Cresolen (som)**	Arseen	>IW
B3.1 (16.5- 17.5)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Molybdeen, Chloride, Fenol, Cresolen (som)**	Arseen	>IW
B8 (3.5-4.5)	Chroom, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B9 (4.0-5.0)	Naftaleen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Chroom, Molybdeen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B9 (8.0-9.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Naftaleen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B10 (3.0-4.0)	Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B10 (6.0-7.0)	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Chloride, Cresolen (som)**		>SW

Peilbuis (filter, m -mv)	monitoringsronde 10, januari 2023			monitoringsronde 11, juni 2023			monitoringsronde 12, september 2023		
	Overschrijdingen		Con- clusie	Overschrijdingen		Con- clusie	Overschrijdingen		Con- clusie
	> S	> I (i > 1) sterk		> S	> I (i > 1) sterk		> S	> I (i > 1) sterk	
B11 (1.5-2.5)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B15 (11.0-12.0)	Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Barium, Chloride, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Barium, Chloride, Cresolen (som)**	Arseen,	>IW
Pb2a (7.0-8.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
Pb2a (11.0- 12.0)	Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Cadmium**, Kobalt**, Chroom**, Koper**, Kwik**, Molybdeen**, Nikkel**, Lood**, Antimoon**, Seleen**, Tin**, Vanadium**, Zink**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Cadmium, Chroom, Seleen**, Vanadium, Zink, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
DP4	Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Cadmium**, Kobalt**, Chroom**, Koper**, Kwik**, Molybdeen**, Nikkel**, Lood**, Antimoon**, Seleen**, Tin**, Vanadium**, Zink**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Seleen**, Zink, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B22 (10.0-11.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW
B23 (3.0-4.0)	Arseen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Arseen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B23 (11.0-12.0)	Barium, Chroom, Xylenen (som)**, Pentachloorbenzee n**, Hexachloorbenzee , Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B33 (1.7-2.7)	Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**	Kwik**	>IW	Barium, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B34B (12.0- 13.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW

Peilbuis (filter, m -mv)	monitoringsronde 10, januari 2023			monitoringsronde 11, juni 2023			monitoringsronde 12, september 2023		
	Overschrijdingen		Con- clusie	Overschrijdingen		Con- clusie	Overschrijdingen		Con- clusie
	> S	> I (i > 1) sterk		> S	> I (i > 1) sterk		> S	> I (i > 1) sterk	
B35 (2.0-3.0)	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Chloride, Cresolen (som)**	Arseen	>IW
B35 (7.5-8.5)	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**	Arseen	>IW	Arseen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B36 (1.5-2.5)	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B36 (7.0-8.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Chroom, Molybdeen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B37 (1.1-2.1)	Molybden, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium**, Chroom**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**	Kwik**	>IW	Chroom, Molybdeen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B39 (1.6-2.6)				Barium, Chroom**, Molybdeen**, Xylenen, Pentachloorbenzeen* , Hexachloorbenzeen** , Chloride, Cresolen (som)**	Kwik**	>IW	Molybdeen, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B40C (12.0-13.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chloride, Cresolen (som)**		>SW			>SW
B40C (16.2-17.2)	Barium, Nikkel, Seleen**, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Molybdeen, Nikkel, Seleen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Nikkel, Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol, Cresolen (som)**		>SW
B41 (2.0-3.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B41 (7.5-8.5)	Barium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**		>SW	Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B42 (2.0-3.0)	Arseen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)** -		>SW	Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**,		>SW	Barium, Chloride, Cresolen (som)**		>SW

Peilbuis (filter, m -mv)	monitoringsronde 10, januari 2023			monitoringsronde 11, juni 2023			monitoringsronde 12, september 2023		
	Overschrijdingen		Con- clusie	Overschrijdingen		Con- clusie	Overschrijdingen		Con- clusie
	> S	> I (i > 1) sterk		> S	> I (i > 1) sterk		> S	> I (i > 1) sterk	
				Chloride, Cresolen (som)**					
B42 (7.0-8.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**	>SW	
B43 (2.0-3.0)	Nikkel, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Arseen**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Nikkel, Chloride, Cresolen (som)**	>SW		Nikkel, Chloride, Cresolen (som)**	>SW	
B44B (7.0-8.0)	Barium, Chroom, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen, Nikkel**, Chloride, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Kwik, Chloride, Cresolen (som)**	>SW	
B44 (16.2-17.2)	Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Cadmium**, Kobalt**, Chroom**, Koper**, Molybdeen**, Nikkel**, Lood**, Seleen**, Vanadium**, Zink**, Pentachloorbenzeen*, Kwik** Hexachloorbenzeen**	>IW		Seleen**, Vanadium, Chloride, Fenol, Cresolen (som)**	>SW	
B45 (7.0-8.0)	Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Arseen**, Barium**, Cadmium**, Chroom**, Kwik**, Molybdeen**, Chloride, Cresolen (som)**	>SW		Chroom, Chloride, Cresolen (som)**	>SW	
B46 (9.8-10.8)	Barium, Molybdeen, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**, PFOS*	>SW		Molybdeen Chloride, Cresolen (som)**	>SW		Chloride, Cresolen (som)**	Arseen	>IW
B49 (2.0-3.0)	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Cresolen (som)**			Chloride, Cresolen (som)**		>SW
B49 (6.5-7.5)	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Chloride, Cresolen (som)**	>SW		Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
EC101 (3.5-4.5)	Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Cresolen (som)**			Zink, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
EC102 (3.5-4.5)	Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Chroom, Chloride, Cresolen (som)**	>SW		Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW
EC102 (9.0-10.0)	Barium, Chroom, Chloride, Fenol**, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**	>SW		Barium, Chroom, Chloride, Cresolen (som)**		>SW

Tabel 5.2: Overschrijdingen van de JG-MKE en MAC-MKE in oppervlaktewater.

Monsterpunt	monitoringsronde 10, januari 2023		monitoringsronde 11, juni 2024		monitoringsronde 12, september 2023		Jaargemiddelde 2023
	Overschrijdingen		Overschrijdingen		Overschrijdingen		Overschrijdingen
	> JG-MKE	> MAC-MKE	> JG-MKE	> MAC-MKE	> JG-MKE	> MAC-MKE	> JG-MKE
O3	Opgelost: Zink, PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Zink, PFOS
O3.3A	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		Opgelost: Zink, PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Zink, PFOS
O3.5A/O50.4	Opgelost: Zink, PFOS		Opgelost: Zink, PFOS		Opgelost: Kwik, PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Kwik, Zink, PFOS
O4C	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		PFOS		Opgelost: Zink, PFOS
O8	PFOS		PFOS		PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, PFOS
O9	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, Zink, PFOS
O20.2	Opgelost: Zink, PFOS		Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		Opgelost: Zink, PFOS
O33	PFOS		PFOS		PFOS		PFOS
O39	PFOS		PFOS		PFOS		PFOS
O43	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		Opgelost: Zink, PFOS	Opgelost: Kwik	Opgelost: Kwik, Zink, PFOS
O50.5	PFOS		PFOS		PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, PFOS
O50.6	PFOS		PFOS		PFOS		PFOS
O50.7	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		PFOS		Opgelost: Zink, PFOS
O50.8	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		Opgelost: Zink, PFOS		Opgelost: Zink, PFOS
O50.9	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		Opgelost: Zink, PFOS		Opgelost: Zink, PFOS
O55	PFOS	Opgelost: Arseen	PFOS		PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, PFOS
O60	Opgelost: Zink, PFOS		PFOS		PFOS		Opgelost: Zink, PFOS
O70	PFOS		PFOS		PFOS	Opgelost: Arseen	Opgelost: Arseen, PFOS

Tabel 5.3: Overschrijdingen van de achtergrondwaarde in waterbodemonsters meetronde 10 (januari 2023).

Monsterpunt	Klasse A	Klasse B
S3		
S8	Molybdeen	
S20.2		Molybdeen
S50.3		

Tabel 5.4: Overschrijdingen van de streefwaarde (>S) en interventiewaarde (>I) in grondwater. Bij waardes met * is de stof aangetroffen boven de INEV (bij waardes met ** is de stof niet aangetroffen, maar de rapportagegrens hoger dan de streefwaarde) in de extra meetronde voor 3 peilfilters.

Peilbuis (filter, m -mv)	monitoringsronde 12.2, december 2023		
	Overschrijdingen		Con- clusie
	> S	> I (i > 1) sterk	
B3.1 (9.8-10.10)	Barium, Chroom, Chloride		>SW
B3.1 (16.4-17.4)	Chroom, Koper, Chloride		>SW
B15 (11.0-12.0)			

Tabel 5.5: Overschrijdingen van de JG-MKE en MAC-MKE in oppervlaktewater in de extra meetronde voor 2 locaties.

Monsterpunt	monitoringsronde 12.2, december 2023	
	Overschrijdingen	
	> JG-MKE	> MAC-MKE
O3.3A		
O8	Opgelost: Zink, PFOS	

5.2 Resultaten

In de volgende paragrafen zijn de resultaten van de monitoring in 2023 per object toegelicht. In deze rapportage zijn alleen opvallende observaties, zoals overschrijdingen of verhoogde concentraties/waarden uit 2023 toegelicht. In de 5-jarenrapportage worden ingegaan op eventuele trends in het voorkomen van stoffen, ontwikkelingen in het gebied en of een relatie met de TGG aannemelijk is. De monitoring in 2023 bestaat uit meetronde 10 t/m 12. Naast het voorkomen van stoffen is onder andere gekeken naar de pH, de troebelheid van het water en de verhouding van bromide en chloride. Hieronder worden deze parameters verder toegelicht.

Bromide, chloride en sulfaat in het gebied kunnen afkomstig zijn van twee bronnen: het zeewater (via de Westerschelde) en de grootschalige bodemtoepassing (TGG). Het zeewater manifesteert zich via instroming in het buitendijks natuurgebied, en door zoute kwel. Eventuele uitloging van stoffen afkomstig uit de TGG is af te leiden uit de peilfilters die gezet zijn in het grondwater direct onder de TGG en direct naast de kwelsloot. Omdat sprake is van twee verschillende bronnen van deze drie stoffen wordt het maken van onderscheid bemoeilijkt. Onderscheidend voor de in Perkpolder toegepaste TGG is echter de hoeveelheid bromide ten opzichte van de chloride. Bij de boringen uitgevoerd in 2021 (Deltares, 2022) was de verhouding tussen deze twee gemiddeld 0,11 g/g. 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 gemiddeld 0,0035 g/g en daarmee ruim 30 keer lager dan die in de TGG (Magazinovic RS, 2004). Indien de bromide-chloride verhouding ruim hoger is dan 0,0035 g/g dan wijst dat daarom mogelijk op verontreiniging vanuit de TGG. Bij een structurele verhoging boven 0,0045 is dat (in zout water) het geval. In zoet water kunnen bromide-gehalten zo laag zijn, dat de bromide-chlorideverhouding geen betekenis heeft. In dat geval wordt naar de absolute waarde van het bromide-gehalte gekeken.

Een verhoogde troebelheid (>10 NTU) kan in sommige gevallen leiden tot een overschatting van de gehalten aan PAK, PCB, OCB, dioxines of andere matig/slecht oplosbare organische parameters. Bij de zware metalen is zowel een ongefiltreerd als ook een gefiltreerd monster geanalyseerd. Bij de beoordeling is uitgegaan van de gefiltreerde monsters (conform de geldende normen).

Voor PFAS geldt dat er nog geen JG-MKE of MAC-MKE normen zijn beschreven, behalve voor PFOS. Wel bestaan risicowaarden die zijn bepaald door het RIVM aan de hand van de EFSA (European Food Safety Authority) (RIVM, 2022c). Daar waar PFOS de JG-MKE overschrijdt, geldt vaak ook dat diverse PFAS de risicogrenswaarden overschrijden.

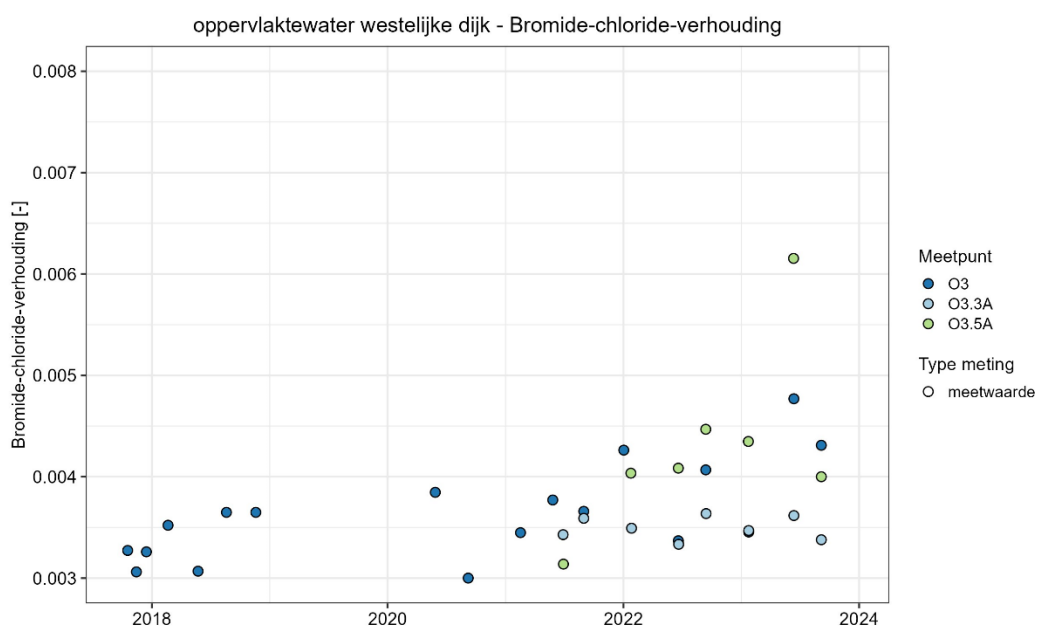
Uitloging vanuit de TGG kan leiden tot een verhoogde pH van tot wel 11 direct uit de TGG. In grond worden dergelijk hoge waardes echter niet of nauwelijks aangetroffen, door bufferende werking en verdunning. De pH van oppervlaktewater varieert van zo'n 4,5-8,5, de pH van zeewater ligt rond de 8.

In deze analyse wordt met name ingegaan op de vraag óf grondwater, oppervlaktewater en waterbodembodem beïnvloed is door de TGG, en of er sprake is van verhoogde waardes. Daarbij wordt met name gekeken naar arseen, vanadium en molybdeen. Waardes waarvoor geen verhoogde waarde wordt aangetroffen, zijn niet besproken. PFAS wordt voor het gehele gebied afzonderlijk besproken in paragraaf 5.2.7.

5.2.1 Westelijke dijk

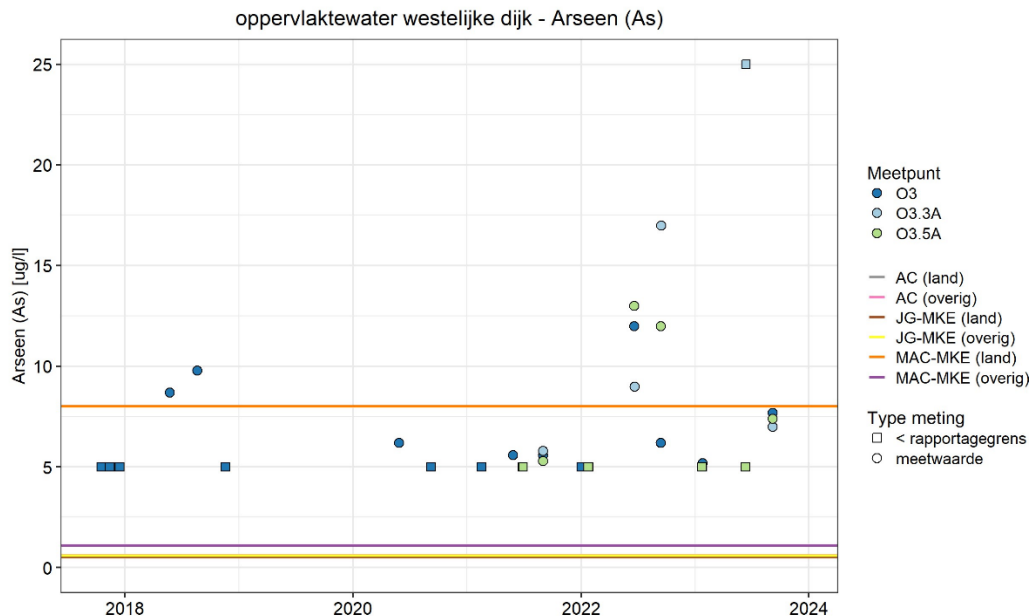
5.2.1.1 Oppervlaktewater

De oppervlaktewater locaties langs de westelijke dijk, welke zich bevinden in de kwelsloot, worden niet of nauwelijks beïnvloed door TGG, dat is te zien aan de bromide-chloride verhouding van rond de 0,004 g/g, zie Figuur 5.1. In 2021 is eenmalig een sterk verhoogde bromide-chloride verhouding aangetroffen van 0,045, deze waarneming is niet weergegeven in de figuur, omdat door deze uitschieter de overige meetdata niet van elkaar te onderscheiden waren. Daarnaast was de chloride concentratie tijdens deze meting erg laag ten opzichte van andere metingen (680 mg/l, overige rondes tussen 2900-7100 mg/l) en de bromide concentratie was vergelijkbaar met overige metingen. Uitloging uit de TGG is daarmee niet aannemelijk (dan zou er naar verwachting juist een sterke verhoging in de bromide concentratie waargenomen moeten zijn). De chloride concentraties variëren bij alle andere metingen tussen de 2500-10000 mg/L, wat bevestigt dat de kwelsloot langs de Westelijke dijk brak tot zout is.



Figuur 5.1: Bromide-chlorideverhouding in oppervlaktewater van de westelijke dijk. Niet weergegeven in deze figuur is een uitschieter van de bromide-chloride verhouding op locatie O3.5A van 0.0456.

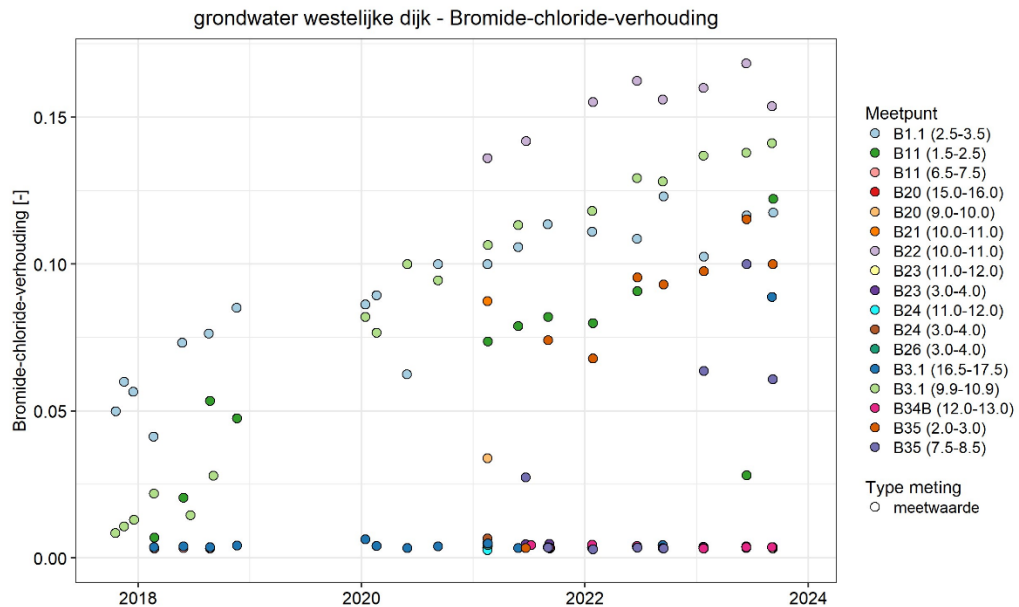
Arseen wordt regelmatig aangetroffen in het oppervlaktewater langs de Westelijke dijk in concentraties boven de geldende milieukwaliteitsnormen, zie Figuur 5.2. In 2022 werden arseen concentraties van boven de MAC-waarde voor landwateren aangetroffen, overschrijdingen van deze norm werden in 2023 niet waargenomen. In 2023 zijn de arseen concentraties lager dan in 2022 en vergelijkbaar met de eerdere jaren 2020 en 2021. In het oppervlaktewater langs de Westelijke dijk wordt daarnaast regelmatig zink aangetroffen in concentraties boven de JG-waarde. In 2023 werd eenmalig kwik aangetroffen in een concentratie boven de JG-waarde (O3.5A tijdens meetronde 12). Kwik werd niet eerder waargenomen in het oppervlaktewater langs de Westelijke dijk.



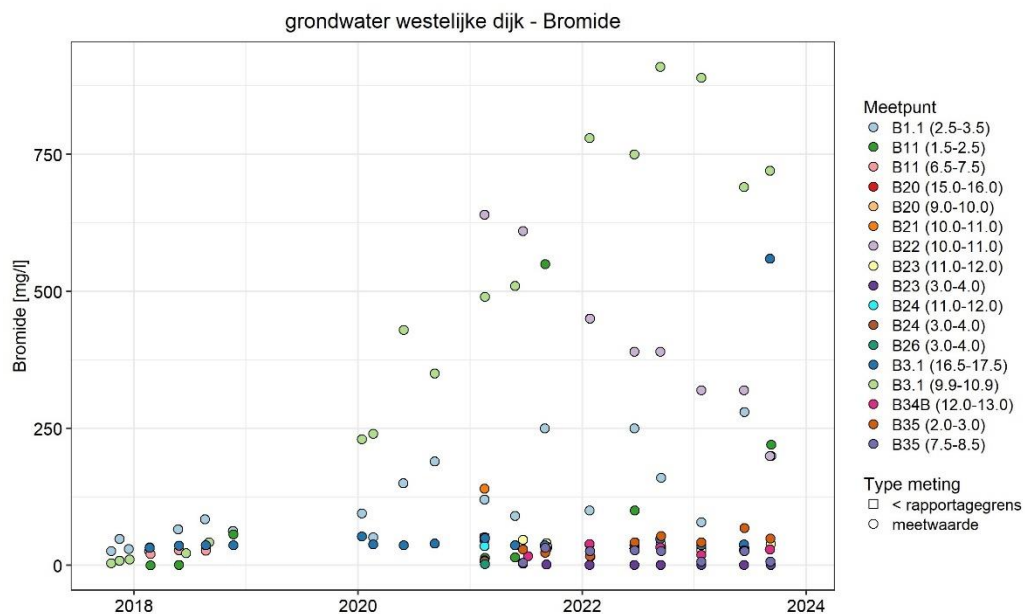
Figuur 5.2: Arseen in oppervlaktewater van de westelijke dijk (ronde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, vierkante iconen geven de rapportagegrens weer), inclusief waterkwaliteitsnormen.

5.2.1.2 Grondwater

Er is op de Westelijke dijk langs drie verschillende meetraaien gemeten, langs een noordelijk gelegen meetraai, een zuidelijk gelegen meetraai en een meetraai daar tussenin (midden). In Figuur 5.3 is de bromide-chlorideverhouding in het grondwater van de Westelijke dijk weergegeven. Met name op locatie B22 (10,0-11,0), gelegen in het ondiepe grondwater direct onder de Zuidwesthoek van de dijk, is de bromide-chlorideverhouding hoog, gemiddeld rond de 0,160. Ook in het ondiepe (B3.1 (9,9-10,9)) en diepere (B3.1 (16,5-17,5)) grondwater direct onder het midden van de Westelijke dijk en in het ondiepe grondwater richting de kwelsloot (B1.1 (2,5-3,5), B11 (1,5-2,5), B35 (2,0-3,0) en B35 (7,5-8,5)) is de bromide-chlorideverhouding verhoogd. Uit de figuur blijkt ook dat de bromide-chloride verhouding de afgelopen jaren toeneemt, wat zou kunnen wijzen op een grotere beïnvloeding van uit de TGG logend materiaal. De bromide concentratie is op veel locaties echter vergelijkbaar als in eerdere jaren, wat een toenemende uitloging uit de dijk tegenspreekt, zie Figuur 5.4. Ook chloride concentraties fluctueren veel, waardoor de bromide-chloride verhouding soms hoog kan uitvallen. Uitzonderingen zijn locatie B3.1 en B22. Op locatie B3.1 (9,9-10,9) lijkt de bromide concentratie in de periode van 2020-2023 wel toe te nemen van rond de 250 mg/L tot waarden van 720-890 mg/L in 2023. Op locatie B3.1 (16,5-17,5) is tijdens meetronde 12 een verhoging van een factor 10 in de bromide concentratie waarneembaar, deze waarneming wordt bevestigd bij de heranalyse op hetzelfde monster. Op locatie B22 lijkt daarentegen juist een afname van de bromide concentratie waarneembaar te zijn: waar in 2021 waarden van rond de 600 mg/L werden waargenomen is de hoogst waargenomen concentratie in 2023 320 mg/L. Door een afname in de chloride concentratie is de bromide-chloride verhouding op locatie B22 ondanks een afname in bromide toch toegenomen. Ook op locaties B1.1 en B11 worden sterk verhoogde bromide concentraties waargenomen van respectievelijk maximaal 280 mg/L (meetronde 11) en 220 mg/L (meetronde 12). Zowel de verhoogde bromide-chloride verhouding als de verhoogde bromide concentratie wijzen op uitloging vanuit de TGG op locaties B1.1 (2,5-3,5), B3.1 (9,9-10,9) en B11 (1,5-2,5), waarbij de uitloging op locatie B3.1 (9,9-10,9) toe lijkt te nemen met de tijd.



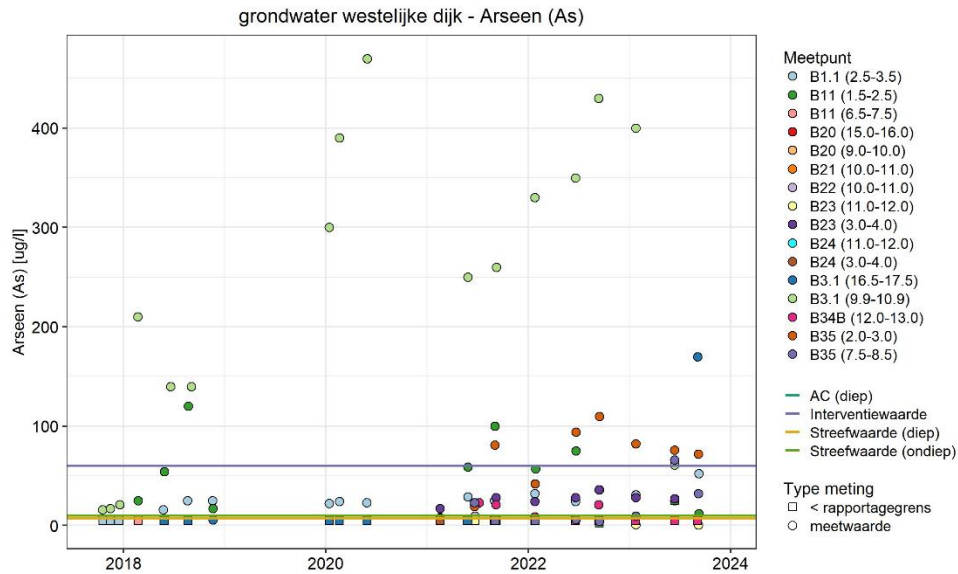
Figuur 5.3: Bromide-chlorideverhouding in grondwater van de Westelijke dijk.



Figuur 5.4: Bromide concentratie in grondwater van de Westelijke dijk.

Op verschillende locaties langs de verschillende raaien worden overschrijdingen van de streefwaarde waargenomen van arseen, barium, chroom en molybdeen. In december 2023 werd op locatie B3.1 (16,5-17,5) ook eenmalig koper boven de streefwaarde aangetroffen. Koper was niet eerder normoverschrijdend in het grondwater van de Westelijke dijk. Op locaties B3.1 en B35 overschrijdt arseen naast de streefwaarde ook regelmatig de interventiewaarde, zie Figuur 5.5. Op locatie B3.1, gelegen langs de middelste meetraai en bovenop de Westelijke dijk, zijn twee peilfilters aanwezig, namelijk B3.1 (9,9-10,9) en B3.1 (16,5-17,5). Op B3.1 (9,9-10,9) wordt arseen het gehele jaar door boven de interventiewaarde aangetroffen, met uitzondering van de herbemonstering in december 2023. In het dieper

geplaatste peilfilter op B3.1 (16,5-17,5) is arseen enkel tijdens de 11^e monitoringsronde boven de interventiewaarde aangetroffen. In eerdere jaren werd arseen op locatie B.1 (9,9-10,9) in concentraties rond de 300-400 µg/L aangetroffen. In 2023 werd arseen enkel tijdens de 10^e monitoringsronde in januari aangetroffen in een vergelijkbare concentratie (400 µg/L) en in de daaropvolgende monitoringsrondes was de concentratie aanzienlijk lager (tot 170 µg/L). Op locatie B35, gelegen langs de noordelijke gelegen meetraai en aan de binnenzijde van de kwelsloot, zijn twee peilfilters aanwezig, namelijk B35 (2,0-3,0) en B35 (7,5-8,5). In alle meetrondes in 2023 werd arseen boven de interventiewaarde aangetroffen in het ondiepe filter van B35. In het dieper gelegen filter op B35 werd arseen in ronde 11 boven de interventiewaarde aangetroffen en in ronde 12 boven de streefwaarde. In eerdere jaren werd op locatie B11 (1,5-2,5) de interventiewaarde van arseen ook nog wel eens overschreden, dat was in 2023 niet het geval.



Figuur 5.5: Arseen in grondwater van de westelijke dijk (ronde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, vierkante iconen geven de rapportagegrens weer), inclusief waterkwaliteitsnormen.

Fenol werd in 2023 op meerdere locaties boven de streefwaarde aangetroffen, namelijk op locatie B3.1 (9,9-10,9) (ronde 11 en 12), B34B (12,0-13,0) (ronde 11), B3.1 (16,5-17,5) (ronde 12) en locatie B22 (11,0-12,0) (ronde 12). Op locatie B22 (11,0-12,0) werd tijdens de 12^e monitoringsronde niet alleen fenol, maar ook p-cresol aangetroffen boven de streefwaarde, terwijl deze waarden eerder onder de rapportagegrens bleven. Op locatie B3.1 (9,9-10,9) werd tijdens de 12^e monitoringsronde naast fenol ook 2,3/3,5-dimethylfenol + 4-ethylfenol, benzeen, toluen, ethylbenzeen, naftaleen en styreen aangetroffen, maar daarbij werden geen normen overschreden. Voor meer informatie over het voorkomen van deze stoffen gedurende de gehele meetperiode en een eventuele relatie met de TGG wordt verwezen naar de 5-jarenrapportage.

5.2.2 Zuidelijke dijk

5.2.2.1 Oppervlaktewater

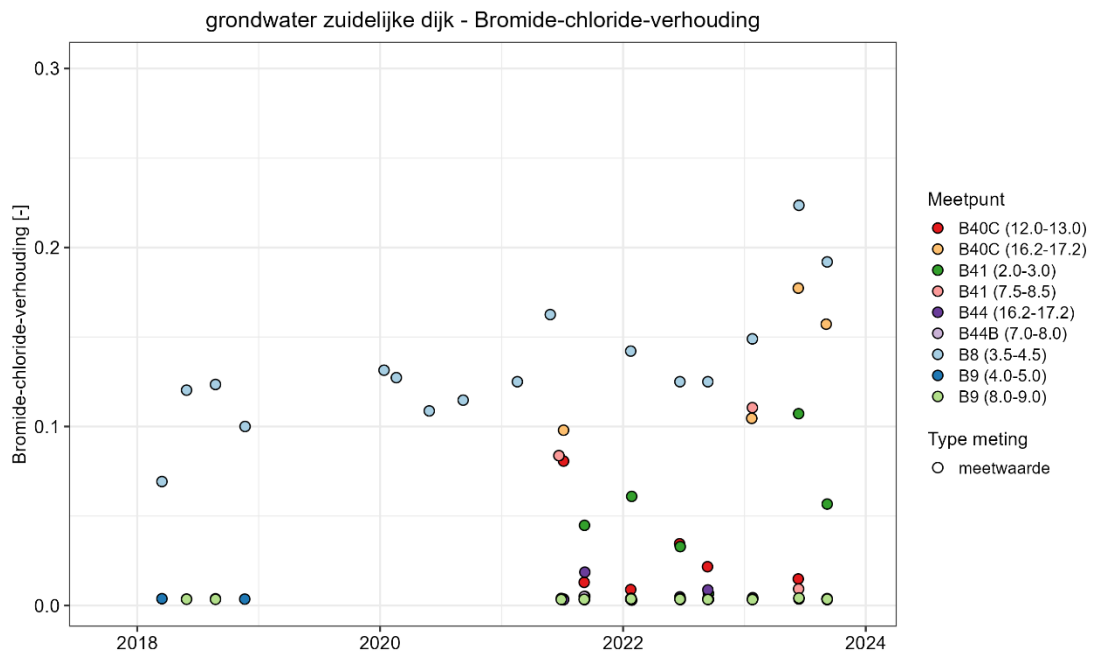
In het oppervlaktewater langs de kwelsloot worden gedurende het gehele jaar door verhoogde bromide-chloride verhoudingen van tussen de 0,006-0,010 waargenomen. Deze verhouding is in 2023 vergelijkbaar met eerdere jaren en lager dan de waardes langs de Westelijke dijk. De chloride concentraties in de kwelsloot van de Zuidelijke dijk variëren van zo'n 2000-9000 mg/L,

waarmee kan de kwelsloot geclassificeerd worden als zout. De pH-waardes in het oppervlaktewater rondom Perkpolder liggen tussen de 6,5-8,5, wat normale waardes zijn voor oppervlaktewater. Af en toe worden ook waardes van boven de 9 waargenomen, zoals op locatie B9 tijdens de 11^e meetronde. Er worden ook pH waardes van boven de 9 waargenomen op benedenstroomse locaties O55, O60 en O70 (natuurgebied de Vogel), eventuele invloed van de TGG op deze locaties op de pH is zeer onwaarschijnlijk. De pH in het grondwater is lager dan in het oppervlaktewater.

Tijdens de 12^e meetronde van 2023 werd arseen op zowel locatie O8 als O9 boven de MAC-waarde voor landoppervlaktewateren aangetroffen. Arseen werd langs de Zuidelijke dijk ook in voorgaande jaren vaker boven de MAC-waarde aangetroffen.

5.2.2.2 Grondwater

Er is op de Zuidelijke dijk langs twee verschillende meettraaien gemeten, langs een westelijk gelegen meetraai en een oostelijk gelegen meetraai. De bromide-chloride verhouding is in het grondwater gedurende het gehele jaar sterk verhoogd op locatie B8 (3,5-4,5), gelegen in het ondiepe grondwater vlak voor de kwelsloot. Daarnaast is de bromide-chloride verhouding verhoogd in het diepere grondwater op locatie B40C (16,2-17,2) en B41 (7,5-8,5) en ook in het ondiepe grondwater op locatie B41 (2,0-3,0), zie Figuur 5.3. Door een eenmalige uitschieter in 2022 is de legenda voor de figuur iets vertekend, waarschijnlijk betrof deze uitschieter een meetfout. Op locatie B8 (3,5-4,5) is de chloride concentratie in 2023 rond de 100 mg/L, waarmee de locatie als zoet bestempeld wordt. Een vergelijking met de bromide-chloride verhouding in zeewater is daarom op locatie B8 (3,5-4,5) niet relevant en om die reden is gekeken naar de absolute bromide concentratie, welke in 2023 14-19 mg/L betrof. De hoogste bromide concentraties werden aangetroffen op locatie B40C (16,2-17,2), B41 (2,0-3,0) en met waarden tot respectievelijk 390 mg/L, 450 mg/L en 420 mg/L. De combinatie van een hoge concentratie bromide en een verhoogde bromide-chloride verhouding is een aanwijzing dat er uitloging uit de TGG plaatsvindt op locaties B40C (16,2-17,2) en B41 (beide filters).



Figuur 5.6: Bromide-chlorideverhouding in grondwater van de Zuidelijke dijk.

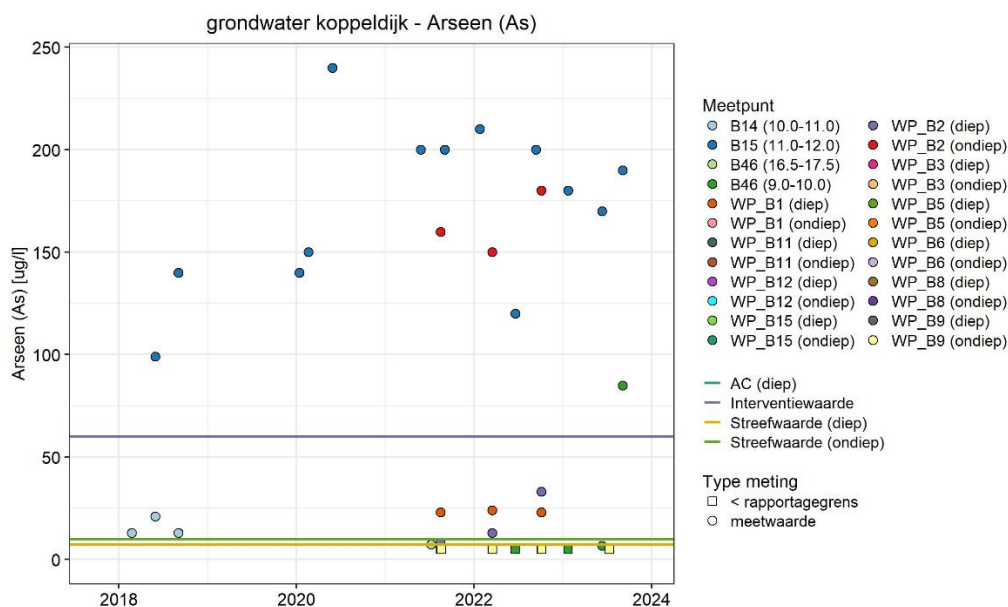
Op verschillende locaties in het grondwater langs de Zuidelijke dijk zijn overschrijdingen van de streefwaarde van barium, chroom en molybdeen waargenomen. Op locatie B40C (16,2-17,2), gelegen in de zuidwesthoek van de dijk, is daarnaast tijdens alle meetrondes van 2023 een streefwaarde overschrijding van nikkel waargenomen. Tijdens de 11^e meetronde werd op locatie B40C (16,2-17,2) ook een overschrijding van de streefwaarde van vanadium waargenomen. Vanadium overschreed tijdens de 10^e en 12^e meetronde ook de streefwaarde op locatie B44 (16,2-17,2). Op locatie B9 (4,0-5,0) werd tijdens meetronde 10 naftaleen aangetroffen boven de streefwaarde. In meetronde 10 werd naftaleen aangetroffen boven de streefwaarde in het diepere filter van locatie B9 (8,0-9,0). Tijdens de 12^e meetronde werd fenol aangetroffen boven de streefwaarde op locatie B40C (16,2-17,2) en B44 (16,2-17,2). Op locatie B44 (16,2-17,2) werd tijdens de 12^e meetronde daarnaast ook p-cresol aangetroffen, waardoor de som cresolen ook de streefwaarde overschreed.

5.2.3 Koppeldijk

5.2.3.1 Grondwater

In 2023 is in het ondiepe grondwater op locatie B15 (11,0-12,0) eenmalig een sterk verhoogd bromide-chlorideverhouding waargenomen van 0,020 g/g. De chloride concentratie tijdens deze meting was echter maar 65 mg/L, wat betekent dat het water zoet was en de verhoogde bromide-chloride verhouding dus geen betekenis heeft. De bromide concentratie was tijdens deze meting 1,3 mg/L. Daarnaast is in het ondiepe grondwater op locatie B46 (9,8-10,8) een verhoogde bromide-chlorideverhouding waargenomen van 0,0083 g/g tijdens meetronde 12. Bij de heranalyse van dit zelfde monster werd een bromide-chlorideverhouding van 0,0049 g/g gemeten, waarmee de verhouding nog steeds licht verhoogd is. De chloride concentratie was in beide metingen zo'n 400 mg/L en de bromide concentratie tussen de 1,8-3,4 mg/L.

Op locatie B15 (11,0-12,0) werd arseen gedurende het gehele jaar 2023 boven de interventiewaarde aangetroffen, zie Figuur 5.7. Op locatie B46 (9,8-10,8) werd arseen daarnaast tijdens de 12^e meetronde ook boven de interventiewaarde aangetroffen. Arseen werd ook in voorgaande jaren vaak boven de interventiewaarde aangetroffen op locatie B15 (11,0-12,0), zoals ook te zien in de figuur hieronder.



Figuur 5.7: Arseen in grondwater van de Koppeldijk (ronde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, vierkante iconen geven de rapportagegrens weer), inclusief waterkwaliteitsnormen.

Barium werd gedurende het gehele jaar boven de streefwaarde aangetroffen op locatie B46 (9,8-10,8) en eenmalig op locatie B15 (11,0-12,0) (ronde 12). Molybdeen is tijdens de 10^e en 11^e monitoringsronde boven de streefwaarde aangetroffen op locatie B15 (11,0-12,0). Tolueen is eenmalig aangetroffen op locatie B46 (9,8-10,8), maar daarbij werden geen normen overschreden.

5.2.4 Natuurgebied

5.2.4.1 Oppervlaktewater

Op basis van de bromide-chloride verhouding is er geen invloed vanuit de TGG waarneembaar in het oppervlaktewater van het natuurgebied. Het natuurgebied staat via de getijdewerking tweemaal per dag in direct contact met de Westerschelde, waar vanuit flinke hoeveelheden water aangevoerd en vervolgens afgevoerd worden. Daarmee is de verwachting ook dat er geen invloed van de TGG waarneembaar zal zijn in dit gebied.

Afgelopen jaar werd kwik eenmalig boven de MAC-waarde aangetroffen. Daarnaast werd zink twee keer aangetroffen boven de JG-waarde.

5.2.4.2 Grondwater

In het grondwater van het natuurgebied is op basis van de bromide-chloride verhouding geen invloed vanuit de TGG waarneembaar. Op locaties B33, B37 en B39 ligt de bromide concentratie rond de 35 mg/L. Op locatie B43 ligt de bromide concentratie een stuk lager.

In het natuurgebied werd in 2023 een aantal keer de streefwaarde voor barium, molybdeen, nikkel en eenmalig chroom overschreden. Tijdens de 11^e meetronde werd eenmalig xyleen aangetroffen boven de streefwaarde.

5.2.5 Grondwater buiten kwelsloot

Het grondwater buiten de kwelsloot is op verschillende locaties langs verschillende meetraaien bemonsterd. In 2022 is aanvullend onderzoek gedaan op enkele locaties langs de Noordstraat en in een tweetal drainagebuizen, allen gelegen in het landbouwgebied. In 2023 zijn deze locaties niet opnieuw bemonsterd. De reguliere meetpunten in het landbouwgebied worden in deze paragraaf toegelicht. De meeste locaties buiten de kwelsloot zijn zout, maar er zijn ook twee zoete locaties, namelijk B49 (2,0-3,0) en EC101 (3,5-4,5), beide met peilfilters in het ondiepe grondwater. Daarnaast zijn er locaties die soms zout en soms zoet zijn, afhankelijk van het aandeel zoet regenwater of zoute kwel in de kwelsloot. De bromide-chloride verhouding ligt meestal rond de verhouding van zeewater, waarmee er geen invloed vanuit de TGG waarneembaar is. Op enkele locaties worden wel verhoogde bromide-chloride verhouding aangetroffen, maar vanwege het zoete karakter van al deze locaties is de bromide-chloride verhouding niet indicatief voor uitloging vanuit de TGG. De hoogste bromide concentraties wordt gemeten op locaties EC102 (9,0-10,0), Pb2a (11,0-12,0) en B42 (7,0-8,0) en betreffen respectievelijk 42, 45 en 46 mg/L.

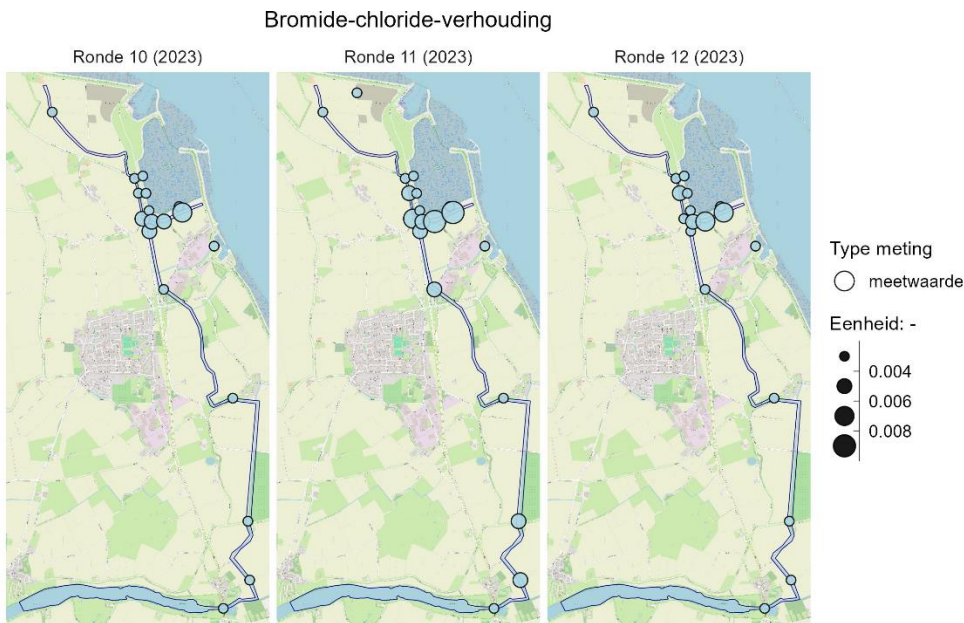
Op verschillende locaties in het grondwater buiten de kwelsloot worden barium en chroom boven de streefwaarde aangetroffen. In het diepere grondwater op locatie Pb2a (11,0-12,0) werd eenmalig cadmium aangetroffen boven de streefwaarde. Molybdeen werd eenmalig aangetroffen boven de streefwaarde op locatie B36 (7,0-8,0), gelegen in het diepere grondwater. Daarnaast werd vanadium aangetroffen boven de streefwaarde op locatie Pb2a (11,0-12,0) (tweemaal) en in het diepe grondwater op locatie DP4 (eenmaal). Zink werd tijdens de laatste meetronde boven de streefwaarde aangetroffen op locaties Pb2a (11,0-12,0), DP4 en EC101 (3,5-4,5). Tolueen werd eenmalig aangetroffen op locatie EC102 (3,5-4,5), maar daarbij werden geen normen overschreden. Locaties EC101 (3,5-4,5) en EC102 (3,5-4,5) bevinden zich in het landbouwgebied. De overige locaties bevinden zich direct aan de buitenzijde van de kwelsloot.

5.2.6 Oppervlaktewater benedenstrooms

Om te zien of effecten van uit de TGG logend grondwater in het oppervlaktewater te zien zijn, is een aantal monsterpunten benedenstrooms van de dijk bemonsterd. Richting natuurgebied de Vogel is een daling in het zoutgehalte waarneembaar, wat goed verklaard kan worden door toestroom van andere wateren in de omgeving, zie Figuur 5.8. Op locatie O8, O9 (beide langs de Westelijke dijk) en O55 (Weeltje) werd gedurende het gehele jaar een iets verhoogde bromide-chloride verhouding waargenomen van tussen de 0,0047-0,0057. De bromide concentratie ligt op deze locaties respectievelijk tussen de 25-47 mg/L, 25-58 mg/L en 15-29 mg/L. Op locatie O3 (Zuidelijke dijk) is tijdens meetronde 11 een wat verhoogde bromide-chloride verhouding waargenomen, de bromide concentratie was toen 31 mg/L.



Figuur 5.8: Chloride concentratie op de verschillende oppervlaktewater locaties in meetronde 10 t/m 12.

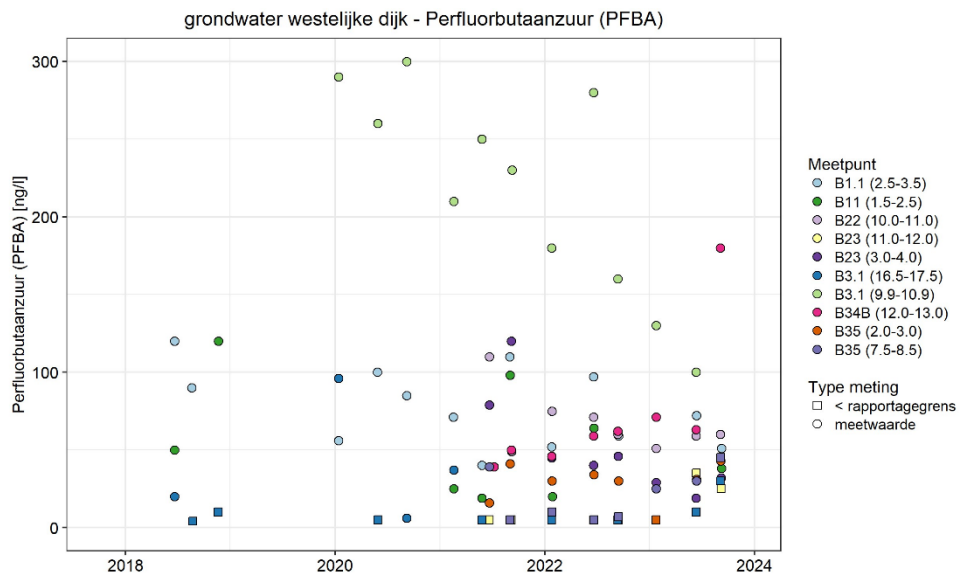


Op verschillende plekken in het benedenstroomse oppervlaktewater worden arseen en zink in concentraties van respectievelijk boven de MAC-waarde en boven de JG-waarde aangetroffen. Op locatie O55 werd in 2023 tweemaal een overschrijding van de MAC-waarde door arseen waargenomen.

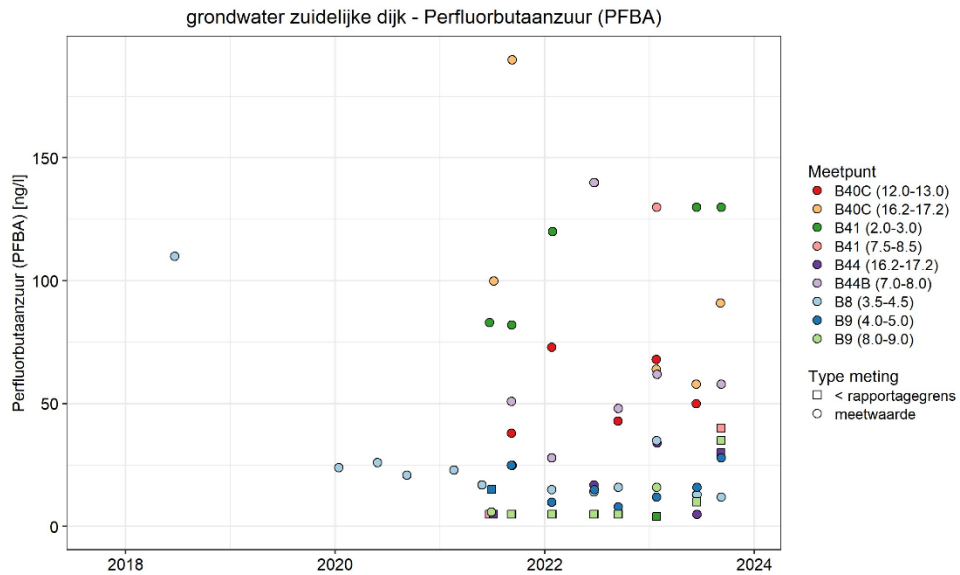
5.2.7 PFAS

Er worden in zowel het grond- als oppervlaktewater rondom Perkpolder verschillende PFAS-verbindingen aangetroffen. Daarbij worden onder andere PFOS, PFBS en PFBA regelmatig in hoge concentraties aangetroffen, zowel in het grond- als oppervlaktewater.

In Figuur 5.9 en Figuur 5.10 zijn de PFBA concentraties in het grondwater langs respectievelijk de westelijke en zuidelijke dijk weergegeven. Uit deze figuren wordt duidelijk dat de PFBA concentratie in het grondwater van de westelijke dijk hoger is dan langs de zuidelijke dijk, waarbij met name op locatie B3.1 (9,9-10,9) de PFBA concentratie hoog is.

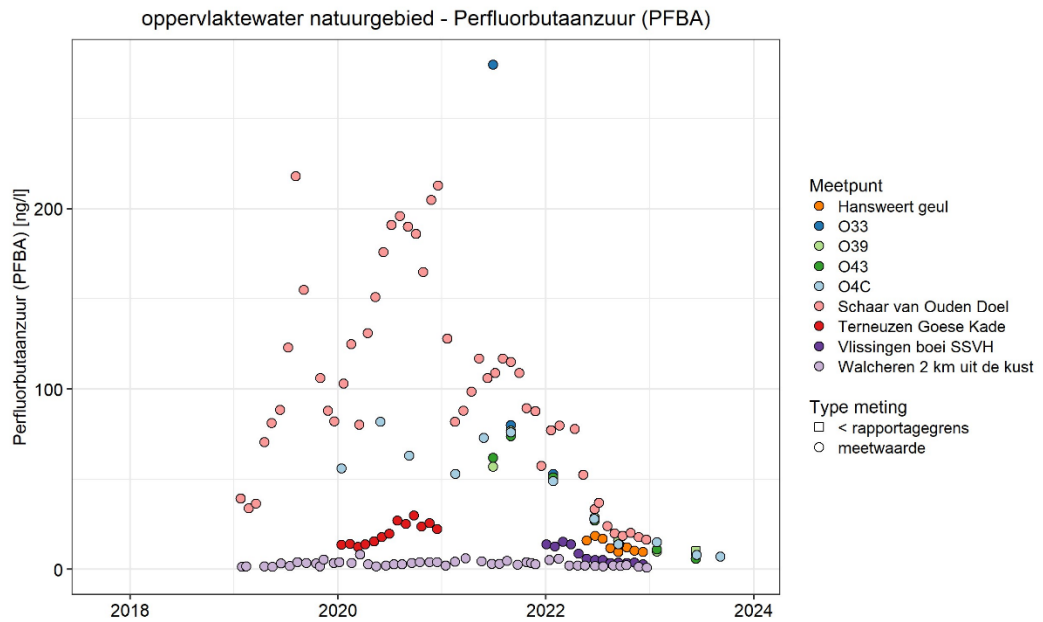


Figuur 5.9: PFBA in grondwater van de westelijke dijk (ronde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, vierkante iconen geven de rapportagegrens weer).

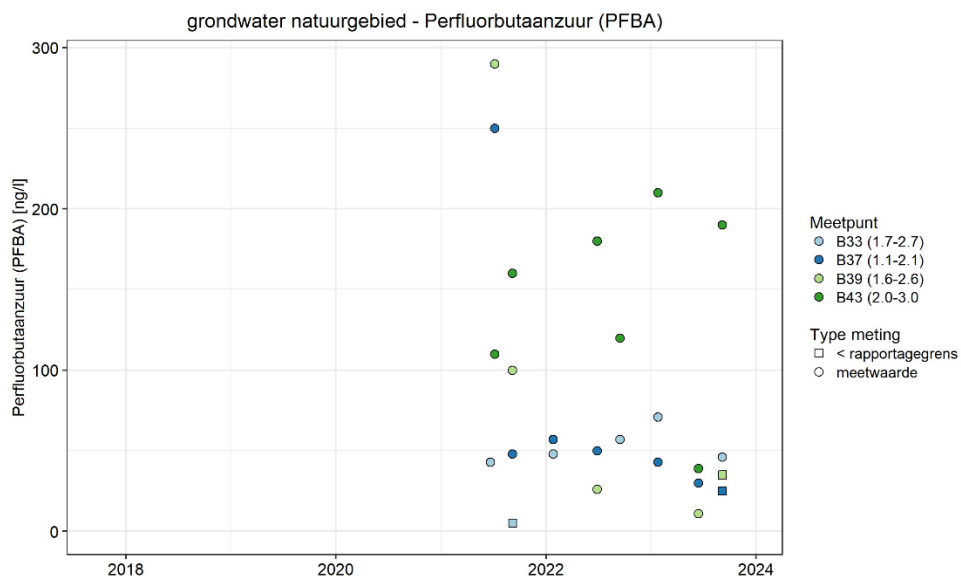


Figuur 5.10: PFBA in grondwater van de zuidelijke dijk (ronde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, vierkante iconen geven de rapportagegrens weer).

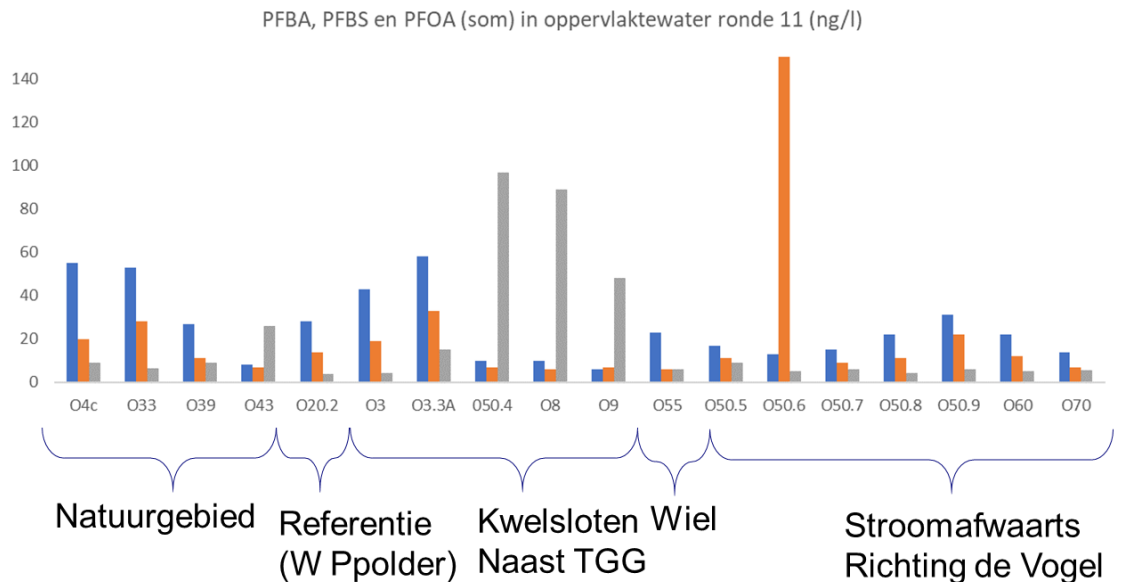
De concentraties van sommige PFAS-verbindingen in het oppervlaktewater van het natuurgebied lijken sinds halverwege 2021 te dalen. Deze daling is niet waarneembaar in het grondwater, zie Figuur 5.11 en Figuur 5.12 voor PFBA. De PFBA concentraties in het grondwater zijn duidelijk hoger dan in het oppervlaktewater. Het natuurgebied staat via het getij tweemaal per dag in direct contact met de Westerschelde en daarmee wordt de samenstelling van het oppervlaktewater zeer sterk beïnvloed door de Westerschelde. Ter referentie is in Figuur 5.10 de RWS jaargemiddelde meetwaarde voor oppervlaktewater (Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel, Terneuzen Goese Kade, Vlissingen boei SSVH en Walcheren 2 km uit de kust) weergegeven.



Figuur 5.11: PFBA in oppervlaktewater van het natuurgebied (ronde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, vierkante iconen geven de rapportagegrens weer).



Figuur 5.12: PFBA in grondwater van het natuurgebied (ingekleurde iconen geven een waarde boven de rapportagegrens aan, niet ingekleurde iconen geven de rapportagegrens weer).



Figuur 5.13: PFBA, PFBS en PFOS (som) in het oppervlaktewater in de 8e meetronde. De volgorde van links naar rechts volgt eerst het buitendijks natuurgebied, en vervolgens de stroomrichting van het water. De PFBS concentratie op locatie O50.6 is vanwege leesbaarheid van de grafiek afgekapt en bedroeg in werkelijkheid 200 ng/L.

5.2.8 Waterbodem

In 2023 is eenmalig op vier verschillende locaties de waterbodem gemonitord. Op drie van de vier locaties werd verhoogd molybdeen aangetroffen. In de zuidelijke kwelstoot en westelijke kwelstoot leidt deze verhoogde concentratie tot een overschrijding van de maximale waarde van klasse A. Op de bovenstroomse referentielocatie S20.2 leidt de verhoogde molybdeen concentratie tot het toetsoordeel Klasse B. Molybdeen wordt vaker aangetroffen op de bovengenoemde locaties. Overige stoffen leiden niet tot overschrijdingen. In de waterbodem van het Weeltje worden geen normoverschrijdingen waargenomen, de meeste stoffen uit het analysepakket waterbodem worden niet boven de rapportagegrens gemeten.

5.3 Aandachtspunten

In eerdere jaarrapportages van het huidige vervolgonderzoek bij Perkpolder werden aan het hoofdstuk over de resultaten van de periodieke monitoring ook paragrafen met discussie en conclusie toegevoegd. Omdat deze jaarrapportage als Bijlagenrapport onderdeel is van een 5-jarenrapportage waar aandacht wordt besteed aan discussiepunten en conclusies over de periode van 2019-2023 worden in deze jaarrapportage geen aparte paragrafen met discussie en conclusie enkel voor 2023 toegevoegd. Wel wordt in deze paragraaf een aantal aandachtspunten benoemd waar in de 5-jarenrapportage onder andere meer aandacht aan wordt besteed, namelijk:

- Algemene trend in bromide-chloride verhouding; waar is uitloging vanuit de TGG op basis van deze verhouding aannemelijk en waar niet;
- Mogelijk bronnen van arseen in het gebied;
- Voorkomen in het gebied van stoffen die ook zijn aangetroffen in de TGG zelf (op basis van samenstellingsanalyse), zoals molybdeen, zink en vanadium;
- Mogelijke bronnen van PFAS;
- Trends in voorkomen PFAS, waarbij o.a. aandacht is voor:
 - Mogelijke trend in natuurgebied;
 - Mogelijke trend buiten het natuurgebied (Westerschelde);
- Verhoogd molybdeen in de waterbodem.

6 Grasbekledingsonderzoek

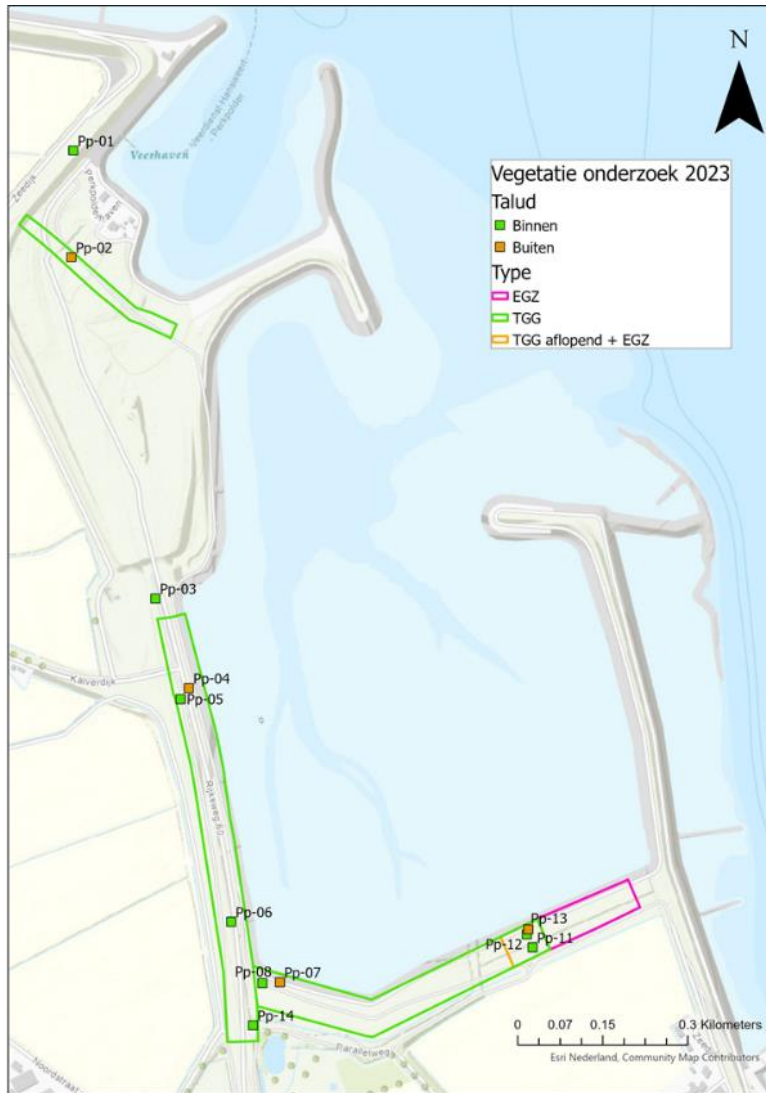
De resultaten van het grasbekledingsonderzoek van mei 2023 zijn verwerkt in een aparte memo, die is bijgevoegd in Bijlage **Error! Reference source not found.** en die tevens dient als een overzichtsrapportage voor het grasonderzoek uit de afgelopen jaren. Hieronder worden de resultaten kort besproken.

6.1 Inleiding

Conform het Plan van Aanpak is 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 2023 is vergeleken met de inspectie in 2018, 2020, 2021 en 2022. 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. De grasmat lijdt op sommige plekken onder de droogte. De monitoring van 2021, 2022 en 2023 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.

6.2 Toetsing

Voor het grasonderzoek zijn in de periode van 2018-2023 15 verschillende proeflocaties onderzocht, zie Figuur 6.1. Op alle locaties is gekeken naar de voorkomende gras- en kruidensoorten, waarbij op 12 van de 15 locaties ook is gekeken naar de samenhang met substraat door middel van een vegetatieopname. De grasmat is beoordeeld volgens de methode van het WBI2017 (ILT, 2017).



Figuur 6.1: locaties grasbekledingsonderzoek 2023.

6.3 Resultaten

De vegetatie op de dijk vertoont een vrij grote variatie, welke ten opzichte van 2018 op de meeste locaties iets toegenomen is. In 2023 werd de vegetatie op het grootste deel van de dijk gedomineerd door enkele hoogopgaande grassoorten. In 2023 was Glanshaver op de meeste onderzoekslocaties de meest voorkomende grassoort, waarmee de dijk zich lijkt te ontwikkelen richting glanshaverhoiland. In 2022 werden twee zeldzamere plantensoorten aangetroffen (Rode Lijst Vaatplanten), namelijk de Bijenorchis (TNB-3) en Klavervreter (KW-6), beide soorten zijn in 2023 niet teruggevonden. In Figuur 6.2 zijn twee foto's weergegeven voor een impressie van de grasmat.



Figuur 6.2: locatie pp-10 met in 2023 veel Gewoon langbaardgras (links) en plekken met Reigersbek en Liggende klaver (rechts) (foto's afkomstig van www.zodenaandedijk.com/Perkpolder).

6.4 Conclusie

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. De ontwikkeling van de grasbekleding verloopt zoals ook op dijken zonder TGG gebeurt. Afwijkingen in de vegetatie in de vorm van een open vegetatie zijn te wijten aan te sterke verdichting, een sterk zandige leeflaag of zoutspray.

Over het algemeen is er sprake van een gesloten graszode met een dichte doorworteling (conform WBI2017). De beperktere ontwikkeling van de vegetatie op enkele locaties is te wijten aan een te sterk verdichte toplaag op een ondergrond bestaande uit zware klei, een te dunne toplaag op een zandige ondergrond of door zoutspray. Deze locaties behoeven ook in de toekomst extra aandacht na droge periodes.

Tussen de teen van de Zuidelijke dijk en een binnendijks gelegen Weeltje bevindt zich een opgaand struweel met een aantal hoge bomen, voornamelijk populieren, waarvan er enkele dood zijn. Het lijkt aannemelijk dat de langdurige, droge perioden in de afgelopen drie jaren (2018-2020) hierbij een rol hebben gespeeld. Minder aanvoer van zoet water vanuit het achterland richting plas en/of (tijdelijke) daling van de waterstand in de plas heeft wellicht geleid tot een iets sterkere toestroom van zout water uit de ondergrond (zoute kwel). Vooral de dieper wortelende, hogere bomen kunnen hiervan last hebben ondervonden waardoor er enkele bomen zijn 2023 afgestorven.

Het huidige beheer, maaien in juli met afvoer van het maaisel, in combinatie met een kunstmestgift en vlakdekkende toepassing van chemisch bestrijdingsmiddelen is niet optimaal voor de ontwikkeling van een duurzame, soortenrijke en sterke grasbekleding met een hoge erosiebestendigheid en een hoge biodiversiteit.

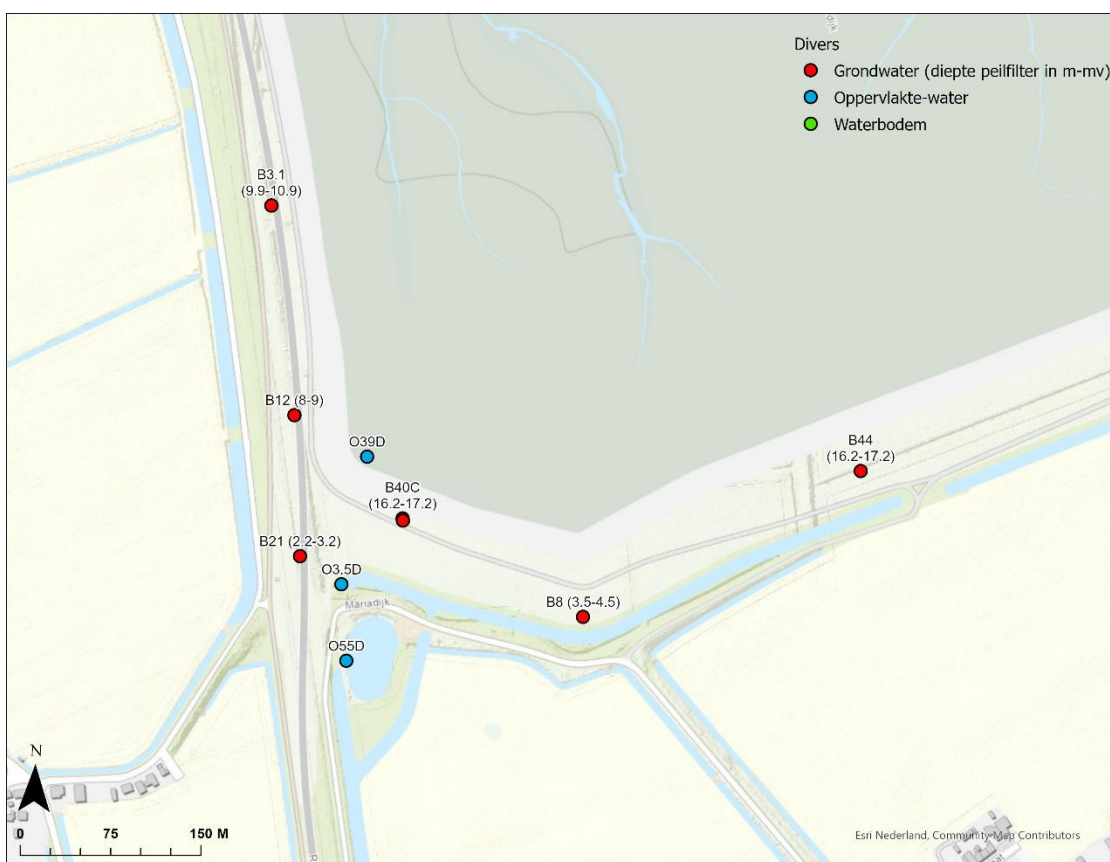
Enkele aanbevelingen met betrekking tot het beheer van de dijk zijn terug te lezen in de memo.

7 Resultaten aanvullend onderzoek

7.1 Onderzoek naar waterstand TGG

7.1.1 Inleiding

In 2021 is er op een aantal locaties waar TGG is toegepast piëzometers (divers) uitgehangen om de waterstand gedurende 2,5 jaar te volgen. Met behulp van deze data is uitgezocht of de TGG in de dijk in mogelijk in contact komt met het grondwater. Aanvullend zijn drie piëzometers uitgehangen in verschillende oppervlaktewateren in het getijdegebied (O39D), het Weeltje (O55D) en kwelsloot (O3.5D) om te kijken naar fluctuaties in de waterhoogte. In Figuur 7.1 zijn de locaties van de piëzometers weergegeven. Meer informatie over de locatie en waar brondata over de locaties beschikbaar zijn, is weergegeven in Tabel 7.2.



Figuur 7.1: Locaties van piëzometers, in rood de grondwaterlocaties en in blauw de oppervlaktewaterlocaties (O39D = getijdegebied, O55D = Weeltje en O3.5D = kwelsloot).

7.1.2 Resultaten

In totaal zijn 9 piëzometers uitgehangen op grondwaterlocaties en 3 piëzometers in oppervlaktewater. Met behulp van de meetdata zijn waterstanden in het oppervlaktewater en stijghoogtes in het grondwater direct onder de TGG (en in een enkel geval dieper) weergegeven. Op 23 januari 2024 zijn de piëzometers definitief opgehaald.¹⁶

¹⁶ Van de meeste divers was het meetgeheugen vol op 17 november 2023, zodat de data tot die datum konden worden gerapporteerd.

Voor Perkpolder geldt dat de stijghoogte van peilfilters in het ondiepe grondwater (en dus direct onder de TGG) een goede indicatie is of de TGG droog staat, of dat er contact is tussen de TGG en grondwater. Daarvoor zijn 4 situaties mogelijk:

Tabel 7.1. Relatie waterstand en contact met TGG in peilfilters direct onder de TGG

Situatie	Bodemopbouw tussen peilfilter en onderkant TGG	Peilfilter tov TGG	Conclusie
Grondwaterstand is hoger dan onderkant TGG	Nvt	Direct onder TGG	TGG is in contact met grondwater
Grondwaterstand is 0-30 centimeter lager dan onderkant TGG	Nvt	Direct onder TGG	TGG is mogelijk in contact door capillaire opstijging
Grondwaterstand is >30 centimeter lager dan onderkant TGG	Zand	Direct onder TGG	TGG is niet in contact met grondwater
Grondwaterstand is >30 centimeter lager dan onderkant TGG	Klei/Veen	Direct onder TGG	Uitspraak over contact met grondwater is niet mogelijk

In Tabel 7.2 is een overzicht opgenomen van de meetperiode van de piëzometers in het grondwater. Daarnaast is in deze tabel een overzicht gegeven van de hoogte van de TGG t.o.v. NAP per locatie, de hoogte van het peilfilter t.o.v. NAP, of de stijghoogte hoger is dan de onderkant van de TGG en of er een effect is van het getij. Bovendien is aangegeven in welke bodemlaag de filters zijn afgesteld, hoe de bodemopbouw tussen de filters en de TGG is en of er een waterremmende laag aanwezig is, zie Tabel 7.2. De boorstaten van de betreffende locaties zijn terug te vinden in eerdere rapportages.¹⁷

¹⁷ Bijlage A.1 van het Bijlagenrapport B van de onderzoeksrapportage uit 2019 (Deltares, 2019b) en Bijlage E.4 van de jaarrapportage uit 2021 (Deltares, 2022).

Tabel 7.2. Conclusies hoogte TGG t.o.v. grondwater, effect van getijden en meetperiode.

Piëzometer	Hoogte onderkant TGG t.o.v. NAP (m)	Hoogte peilfilter t.o.v. NAP (m)	Beschrijving grondlagen tussen peilfilter (met daarin piëzometer) en TGG	Water-remmende laag aanwezig tussen peilfilter en TGG	Stijghoogte grondwater hoger dan onderkant TGG?	Effect van getijden?	Meet-periode
B3.1 (9,9-10,9) (midden westelijke dijk)	1,05	-0,9 tot -1,9	Filter in zandige laag, direct daarboven kleilaag van 90cm en daarboven zit de TGG	Ja, 90 cm klei	Nee	Nee	28-6-2021 t/m 17-11-2023
B3.2 (6,5-7,5) (midden westelijke dijk)	1,07	2,60 tot 1,60	Filter in de TGG	Nee	Nee (peilbuis staat droog)	Nee	28-6-2021 t/m 5-7-2022
B8 (3,5-4,5) (westen zuidelijke dijk)	-0,25	-0,29 tot -1,29	Filter in zandige laag (bovenste 50cm) en kleiige laag (onderste 50cm), direct onder TGG	Nee	Ja	Nee	28-6-2021 t/m 17-11-2023
B12 (8,0-9,0) (zuiden westelijke dijk)	0,31	0,98 tot -0,02	Filter in de TGG	Nee	Ja, meestal	Nee	28-6-2021 t/m 17-11-2023
B21 (10,0-11,0) (zuiden westelijke dijk)	1,10	-2,19 tot -3,19	Filter in zandige laag 3m onder TGG	Nee	Nee	Ja, klein effect	28-6-2021 t/m 17-11-2023
B44 (5,0-6,0) (oosten westelijke dijk)	-0,87	-0,67 tot -1,67	Filter in zandige laag direct onder TGG	Nee	Ja	Nee	28-6-2021 t/m 17-11-2023
B44 (16,2-17,2) (oosten westelijke dijk)	-0,87	-11,92 tot -12,92	Onbekend	Waarsc hijnlijk	Ja	Ja	28-6-2021 t/m 23-12-2021
B47 (9,7-10,7) (oosten westelijke dijk)	-1,12	-0,12 tot -1,12	Filter in de TGG	Nee	Ja	Nee	28-6-2021 t/m 17-11-2023

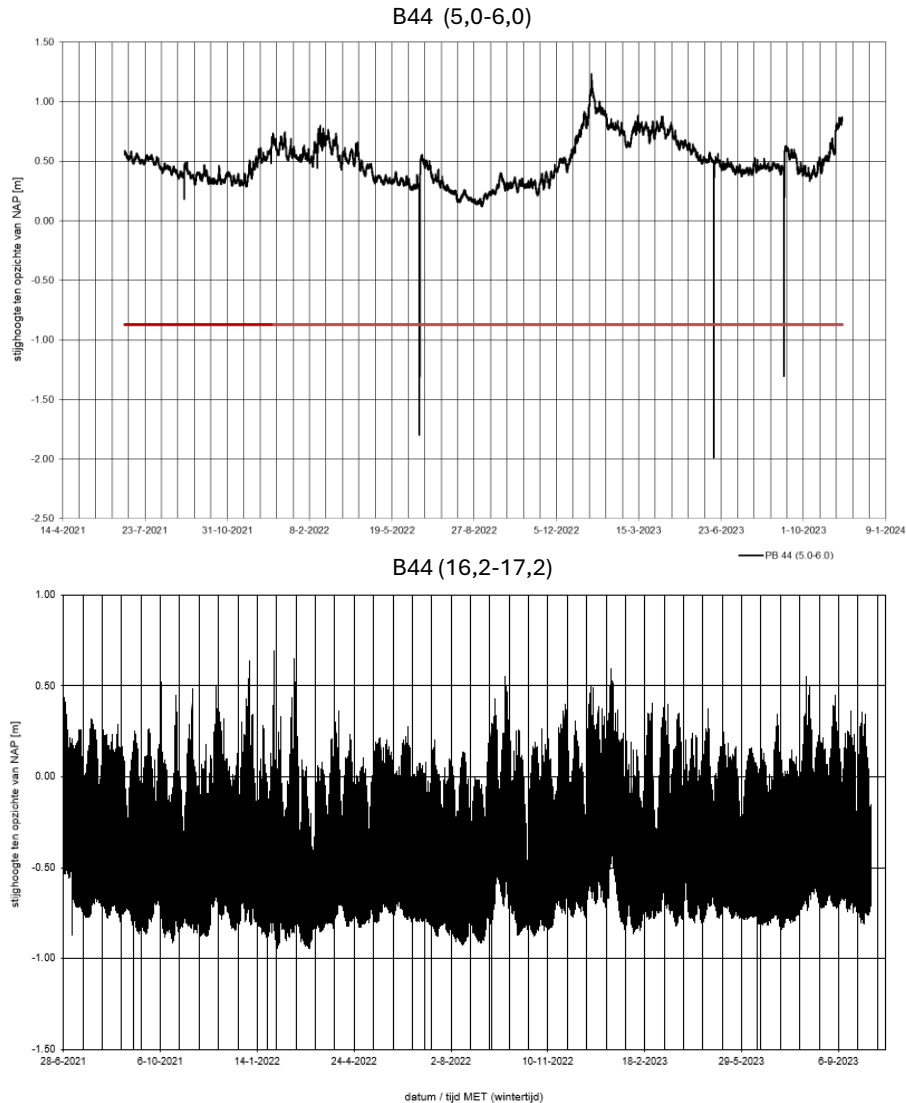
Ondiepe peilfilters

De peilfilters op locaties B8 (3,5-4,5), B12 (8,0-9,0), B44 (5,0-6,0) en B47 (9,7-10,7) zijn of afgesteld in de TGG (B47) of in een zandige laag direct onder de TGG. Als op deze locaties is de stijghoogte hoger ligt dan de onderkant van de TGG, kan worden aangenomen dat de TGG niet altijd droog ligt. Ter hoogte van B8 (3,5-4,5), B44 (5,0-6,0), B44 (16,2-17,2) en B47 (9,7-10,7) is dat altijd het geval. Op locatie B12 (8,0-9,0) fluctueert de grondwaterstand flink en staat de TGG soms onder water en soms niet.

Diepere peilfilter

Op locatie B44 (16,2-17,2) is een duidelijk effect van het getij zichtbaar. De locatie zijn gelegen in het diepere grondwater, waaruit blijkt dat het diepere grondwater in verbinding is met het getijdegebied, zoals ook in eerdere rapportages weergegeven (bij voorbeeld bijlage D van jaarrapportage 2020 (Deltares, 2021))

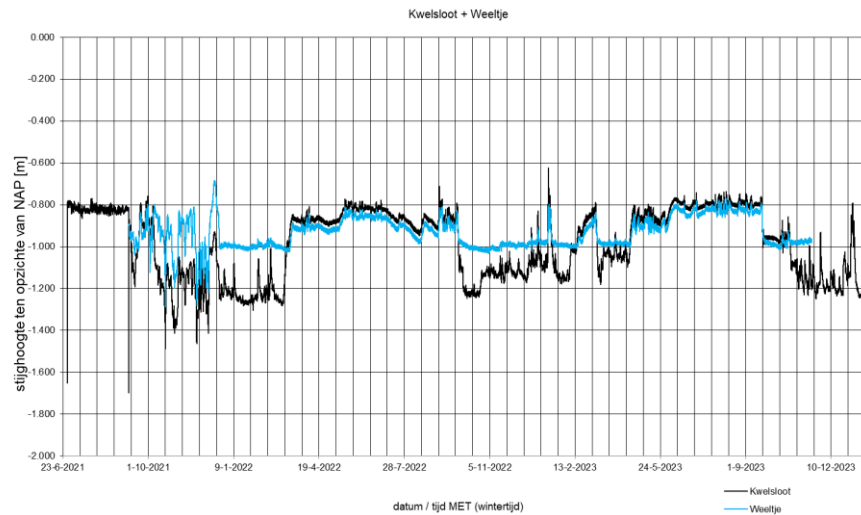
Omdat de stijghoogte in het diepere peilfilter lager is dan in het ondiepere peilfilter, is er sprake van inzijging.



Figuur 7.2. Stijghoogte op locatie B44 ondiep (5,0-6,0) en B44 diep (16,2-17,2) ten opzichte van de onderkant van de TGG.

Oppervlaktewater

Uit de metingen van piëzometers uitgehangen in het oppervlaktewater blijkt dat de kwelsloot en het Weeltje een vrij vergelijkbaar patroon volgen, waarin in de wintermaanden het waterpeil in het Weeltje hoger blijft, zie Figuur 7.3. Het lijkt erop dat bij waterniveaus tot 1 m -NAP in het Weeltje er geen afvoer naar de kwelsloot mogelijk is.



Figuur 7.3: Waterstand tov NAP in de kwelsloot en het Weeltje.

7.1.3 Conclusie

Ter hoogte van piëzometer op B8 (3,5-4,5), B44 (5,0-6,0) en B47 (9,7-10,7) is de grondwaterstand hoger dan de onderkant van de TGG, de onderkant van de TGG is op deze locaties dus altijd in contact met het grondwater. Op locatie B12 (8,0-9,0) is de grondwaterstand meestal hoger dan de onderkant van de TGG, maar niet altijd. Op locatie B12 (8,0-9,0) staat de TGG dus meestal nat, maar niet altijd. Die observatie is van belang omdat juist waar de TGG soms (gedeeltelijk) onder water staat meer uitloging van daarin aanwezige stoffen kan plaatsvinden. Uitloging van stoffen wordt mede bepaald door veranderingen in het water- en bodemsysteem, omdat bij veranderende omstandigheden stoffen vrij kunnen komen die anders gebonden blijven aan bijvoorbeeld de bodem. Dat betekent dat juist bij fluctuaties van de waterstand, waarbij de TGG soms droog staat en soms onder water, er meer kans is op uitloging van stoffen.

Op de dieper gelegen locaties B40C (16,2-17,2) en B44 (16,2-17,2) is een duidelijk effect van het getij zichtbaar, de (vermoedelijke) aanwezigheid van een waterremmende zorgt er echter voor dat de TGG hier niet in direct contact met het getijdegebied staat. Dit is van belang, omdat het grensvlak van de TGG dan niet tweemaal per dag geïnundeerd wordt. De mogelijke invloed van het getij op eventuele uitloging uit de TGG zal in de 5-jarenrapportage verder worden toegelicht.

8 Afsluitend

Deze rapportage beschrijft de resultaten van de monitoring in 2023. Deze kunnen niet los worden gezien van eerdere metingen, en daarom worden die in de resultaten waar mogelijk meegenomen. In de 5-jarenrapportage (Deltares, 2024) wordt uitgebreider ingegaan op de verschillende trends die waargenomen worden in het gebied rondom de nieuwe zeedijk bij Perkpolder. In de 5-jarenrapportage wordt aandacht besteed aan aanbevelingen, daarom wordt voor aanbevelingen ook verwezen naar deze rapportage. In hoofdstuk 5 zijn wel enkele aandachtspunten benoemd met betrekking tot de reguliere monitoring van waterbodemp, grond- en oppervlaktewater die verder worden toegelicht in de 5-jarenrapportage. Daarnaast is voor het grasbekledingsonderzoek en het onderzoek naar de waterstand een korte conclusie opgenomen, die ook in de 5-jarenrapportage wordt benoemd.

9 Referenties

- Antea Group. (2022). *Project ontwikkeling Perkpolder*.
- BRL2000. (2013). *Beoordelingsrichtlijn Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek*. SIKB, versie 5, 12 december 2013.
- BRL2002. (2013). *Protocol Het nemen van Grondwatermonsters*, SIKB. versie 4, 12 december 2013.
- Centre of Expertise Delta Technology (COE). (2019). *Perkpolder Tidal Restoration*.
- Circulaire Bodemsanering. (2013). 1 juli 2013.
- Deltares. (2014). 1209989-000-GEO-0003. *Thermisch gereinigde grond Natuurcompensatie Perkpolder*.
- Deltares. (2016). 1220438-000-GEO-0012. *Analyse TGG Perkpolder. Eindrapportage*.
- Deltares. (2016a). *Metingen grondwatersysteem Perkpolder en werking kwelvoorziening - rapportage meetjaren 2014 en 2015*. Rapport, 1210613-000-BGS-00 15, definitief, 25 januari 2016, 45 bladzijden.
- Deltares. (2019). 11200482-000-GEO-0022 *Onderzoek naar effecten aanwezigheid van TGG in dijken van de Perkpolder. Eindrapportage*.
- Deltares. (2019a). 11200482-013-GEO-0002. *Grondwateronderzoek primaire kering Perkpolder. Bijlagerapport A bij Eindrapportage TGG in dijken Perkpolder*.
- Deltares. (2019b). 11200482-000-GEO-0015. *Milieuchemische analyses Perkpolder, Bijlagerapport B bij Eindrapportage TGG Perkpolder*.
- Deltares. (2019c). 11200482-000-GEO-0008. *Onderzoeksresultaten geotechnische analyses TGG-materiaal Perkpolder. Bijlagerapport C bij Eindrapportage TGG Perkpolder*.
- Deltares. (2020). 11203217-005-BGS-0002. *Vervolgmonitoring Perkpolder. Plan van Aanpak*.
- Deltares. (2021). 11203217-005-BGS-0004. *Jaarrapportage Perkpolder 2020*. Deltares.
- Deltares. (2022). 11203217-000-BGS-0014. *Jaarrapportage Perkpolder 2021*. Deltares.
- Deltares. (2022). *Jaarrapportage Perkpolder 2021*. Deltares.
- Deltares. (2023). 11203217-000-BGS-0038. *Jaarrapportage Perkpolder 2022*.
- Deltares. (2024). 11203217-000-BGS-0049. *5-jaren rapportage Perkpolder - Monitoring 2019-2023*.
- Edinsi. (2022). *Uitloogbaarheid van extractief gereinigd zand in de waterkering Perkpolder*.
- Fugro. (2012). *Geotechnisch onderzoek betreffende Natuurcompensatie Perkpolder, ref. 6011-0232-001*.
- Grontmij. (2008). *Milieukundig- en geotechnisch grondonderzoek Perkpolder*. Rapport, 13/99083862?VC, revisie D1, 20 maart 2008, 61 bladzijden.
- ILT. (2017). *Wettelijk Beoordelings Instrumentarium 2017 Handboek voor de toezichthouder*.
- Kramer, M. G. (2008). *Ontwerpnote Natuurcompensatie Perkpolder (NCP)*. Opgehaald van https://www.projectenportfolio.nl/images/a/a1/Bind_2_-_Ontwerpnote_Natuurcompensatie_Perkpolder_Com_1.0.pdf
- Magazinovic RS, N. B. (2004). Bromide levels in natural waters: its relationship to levels. *Chemosphere*, 329–335.
- NEN. (2019). *NEN 6600-2:2019. Water - Sampling - Part 2: Surface water*.
- Rijksoverheid. (2009). *Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009*. laatst gewijzigd 2017.
- Rijksoverheid. (2010). *Regeling monitoring kaderrichtlijn water*. laatst gewijzigd 2015.
- Rijksoverheid. (2021). *Handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (versie december 2021)*.
- Rijkswaterstaat. (2019). *Toelichting op de zoute ecotopenkaart Westerschelde 2018*.
- RIVM. (2018). *Rapport 2018-0063. 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*.
- RIVM. (2021). *Briefrapport 2021-0168. Toepassing van thermisch gereinigde grond. Een evaluatie en opties voor een toepassingskader*. Bilthoven: RIVM.
- RIVM. (2022a). *Rapport 2022-0037. Zicht op de zeedijk - Belevingsonderzoek Zeedijk in Perkpolder*.
- RIVM. (2022b). *Rapport 2022-0079. Risicoschatting TGG voor de omgeving van de zeedijk Perkpolder (Zeeland). Evaluatie 2021*.
- RIVM. (2022c). *Risicogrenzen voor PFAS in oppervlaktewater - Doorvertaling van de gezondheidkundige*. RIVM.
- Royal Haskoning DHV. (2022a). *Rapport BH7547-MI-RP-220428-1557. Milieurendementsonderzoek TGG - Conceptueel model (samenvattend hoofd rapport)*.
- Royal Haskoning DHV. (2022b). *Rapport BH7547-IB-RP-220404-2202. Milieurendementsonderzoek TGG - Uitwerking maatregelen*.
- Stuyfzand, P. (1992). Sporenelementen in grondwater in Nederland, deel 2. *H2O*, 20-25.
- Van Oord. (2014). *154425-TEK-UO-0065.02-001 UO. Uitvoeringsontwerp. Natuurcompensatie Perkpolder*.
- Waterschap Scheldestromen. (2016). *Hydrologisch onderzoeksrapport Campen, rapport 016031239*.
- Waterzande bv. (2021). *Masterplan Waterzande - presentatie Gemeenteraad 02.06.2021*.

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