

RAPPORT

Milieurendementsonderzoek TGG Perkpolder: Bijlagerapport bodemopbouw

Bijlagerapport als onderdeel van het conceptueel model

Klant: Rijkswaterstaat

Referentie: BH7547TPRP2106101350

Status: Definitief/1.0

Datum: 27 juli 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 T
+31 33 463 36 52 F
reception.ame-la@nl.rhdhv.com E
royalhaskoningdhv.com W

Titel document: Milieurendementsonderzoek TGG Perkpolder: Bijlagerapport bodemopbouw

Ondertitel: PP-TGG_CM-BR
Referentie: BH7547TPRP2106101350
Status: 1.0/Definitief
Datum: 27 juli 2021
Projectnaam: PP-TGG_CM-BR
Projectnummer: BH7547
Auteur(s):

Opgesteld door: _____

Gecontroleerd door: _____

Datum: 27-07-2021

Goedgekeurd door: _____

Datum: 27-07-2021

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

1	Situatie en methodiek	1
1.1	Situatie	1
1.2	Methodiek	1
1.3	Informatiebronnen	2
2	Lithologische bodemopbouw	3
2.1	Onderzoekslocatie Perkpolder	3
2.2	Westelijke waterkering	7
2.3	Zuidelijke watering	11
2.4	Koppeldijk	15
3	Conclusie	19
4	Literatuurlijst	21

Bijlagen

1. Lengte- en dwarsprofielen bodemopbouw

1 Situatie en methodiek

1.1 Situatie

In enkele kernen van de waterkeringen van de Natuurcompensatie Perkpolder (NCP) is thermisch gereinigde grond (TGG) toegepast. Dit betreft de kernen van de zuidelijke waterkering (paars), de westelijke waterkering (geel) en de Koppeldijk (blauw) in figuur 1.1.

Uit landelijk onderzoek is gebleken dat de TGG stoffen bevat die door uitloging de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater negatief kunnen beïnvloeden/verontreinigen. Rijkswaterstaat, als eigenaar, is een onderzoeksprogramma gestart met als doel inzicht te krijgen in of en welke mate de TGG-toepassing effect heeft op bodem, het grondwater en het oppervlaktewater.

Hiervoor is een conceptueel model opgesteld volgens de NTA 5755 [1] en bestaat uit een beschrijving van de toepassing met TGG, een beschrijving van de bodem onder de TGG-toepassing, een beschrijving van de milieuhygiënische kwaliteit van grond, grondwater en oppervlaktewater in de directe omgeving van de toepassing, een beschrijving van de geohydrologische situatie en de beschrijving van effecten op de omgeving.

Dit bijlagerapport bij het conceptueel model beschrijft de bodemopbouw ter plaatse van de waterkeringen waarin de TGG is toegepast.



Figuur 1.1 locatie TGG-toepassing Perkpolder

1.2 Methodiek

De opbouw van de bodem onder de drie waterkeringen waarin de TGG is toegepast is inzichtelijk gemaakt via de volgende stappen:

1. Verzamelen bestaande notities en rapportages over de bodemopbouw van Perkpolder en deze bespreken met Deltares. De waterkeringen (de bron van de verontreiniging) maken geen deel uit van de bodem. De opbouw van de waterkeringen komen dan ook niet in dit bijlagerapport aan de orden, maar staat in het conceptueel model.
2. Verzamelen van aanvullende gegevens/informatie van de bodemopbouw waaronder:
 - o Aanvullende sonderingen en boringen om het beeld dat reeds gegeven is door Deltares verder te detailleren.
 - o Data over verwijderde en toegepaste grond ter plaatse van de waterkeringen, met als doel inzicht in de contactlaag tussen de TGG-toepassing en de oorspronkelijke bodem.
 - o Informatie over de bodemopbouw vanuit de Geomorfologische kaart, de Bodemkaart en oude topografische kaarten.
3. Vertalen verzamelende gegevens naar lengte- en dwarsprofielen en beschrijving van de bodemopbouw.
4. Indelen van de waterkeringen naar segmenten met vergelijkbare bodemopbouw.

1.3 Informatiebronnen

Voor de beschrijving van de bodemopbouw is gebruik gemaakt van een door Deltares samengestelde dataset met boor- en sonderingsgegevens, aangevuld met sondeergegevens van Inpijn Blokpoel [3] en MOS Geotechniek [4] uit de ontwerpfase van het natuurgebied. De dataset van Deltares is samengesteld als onderdeel van het monitoringsprogramma naar de TGG-toepassing in Perkpolder [2].

Tabel 1.1 bevat een opsomming van de bronnen die zijn gebruikt voor het beschrijven van de bodemopbouw.

Tabel 1.1 bronnen die gebruikt zijn voor het beschrijven van de bodemopbouw

Bron + referentie	Type bodemgegevens	Jaar sonderings-/booronderzoek
Grontmij [2]	Boringen en sonderingen	2007
Bodemkaart van Nederland [6]	Kaart inclusief beschrijving	2006
Bouw- & Managementservice Nederland bv [3]	Sonderingen	2010
Deltares [5]	Boringen	2017-2018
Dino-loket	Boringen en sonderingen	divers
Fugro [4]	Boringen en sonderingen	2011
Geomorfologische kaart van Nederland [9]	Kaart inclusief beschrijving	2019
Inpijn-Blokpoel [2]	Sonderingen	2007
MOS Geotechniek [3]	Sonderingen	2009

2 Lithologische bodemopbouw

2.1 Onderzoekslocatie Perkpolder

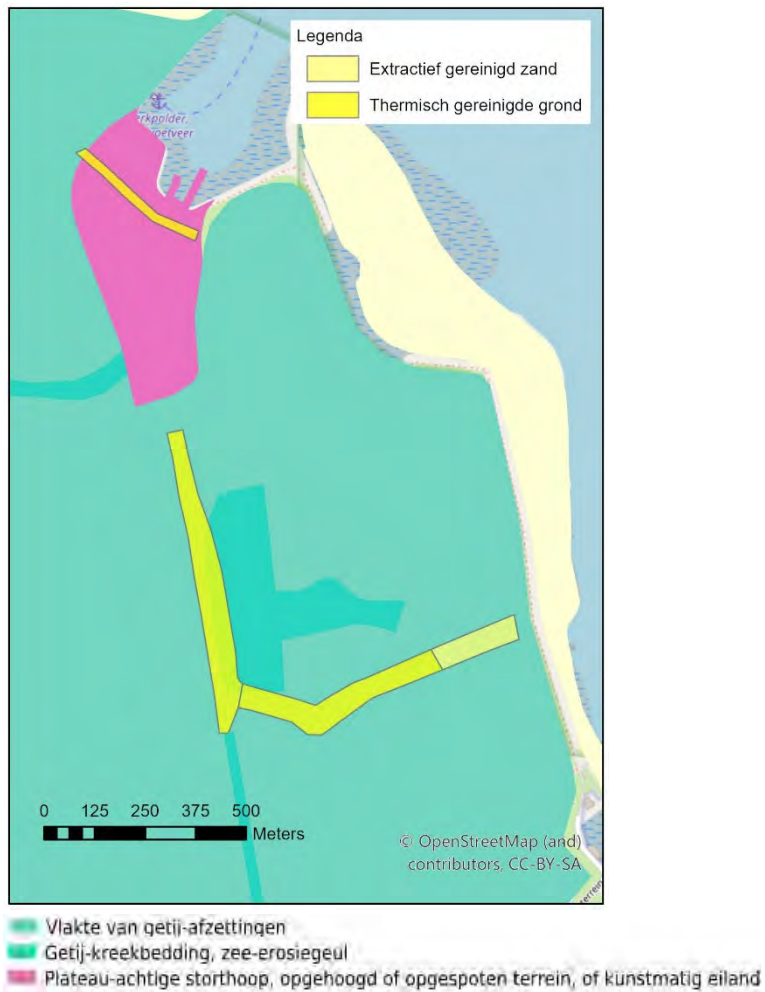
Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000

De opbouw van de bodem in Nederland wordt grotendeels bepaald door het milieu waarin de sedimenten zijn afgezet. Klei wordt door langzaam stromend of stilstaand water afgezet. Dit kan rivierwater (fluviaal) zijn of zeewater (marien). Veengebieden ontstaan doordat plantenresten (organisch materiaal) onder water niet of onvolledig worden afgebroken. Zand wordt afgezet door de wind of door snelstromend water. Behalve natuurlijke factoren speelt ook de mens een rol. Op veel plaatsen in Nederland is de bodem door menselijk handelen (antropogeen) veranderd. In de loop der jaren zijn met name slecht toegankelijke drassige gebieden opgehoogd met zandig materiaal. Op de geomorfologische kaart van Nederland [10] is landsdekkende informatie opgenomen over het reliëf, de genese (ontstaanswijze) en de ouderdom van het landschap. In Figuur 2.1 is een uitsnede van de geomorfologische kaart ter plaatse van Perkpolder opgenomen.

Uit het kaartbeeld van de geomorfologische kaart blijkt dat de Koppeldijk ter plaatse van een antropogeen (door mensen) opgehoogd land ligt (roze kleur in de kaart). Het reliëf is in de kaart omschreven als 'vrij vlak, laaggelegen, reliëf steilste hellingen tussen $\frac{1}{4}^\circ$ en 1° (2°)'. De westelijke waterkering en de zuidelijke waterkering liggen beide op mariene getijde-afzettingen met een reliëf dat wordt omschreven als 'vlakland reliëf, lokaal maximaal hoogteverschil $>\frac{1}{4}$, en steilste hellingen $<\frac{1}{4}^\circ$ of lokaal maximaal hoogteverschil $<0,5$ ' (licht blauwgroene kleur). Het zuidelijk deel van de westelijke waterkering ligt ter plaatse van een mariene getij-kreekbodding/zee-erosiegeul (donker blauwgroene kleur).

Uit de geomorfologische kaart blijkt het volgende:

- Ter plaatse van de Koppeldijk ligt de oorspronkelijke bodem onder een ophooglaag. De samenstelling van de ophooglaag is niet vastgelegd in de geomorfologische kaart.
- De bodem ter plaatse van de westelijke en zuidelijke waterkering is door mariene processen gevormd. Hierbij zijn sedimenten van mariene herkomst (klei en zand) afgezet. Ter plaatse van zuidelijk deel van de westelijke waterkering en het westelijke deel van de zuidelijke waterkering lag in het verleden een getijdekreek. In de loop van de tijd is hier zand afgezet.



Figuur 2.1 projectie TGG-toepassing op geomorfologische kaart van Nederland [10]. Vanwege het kleurgebruik in de geomorfologische kaart is de TGG-toepassing in geel en extractief gereinigd zand in lichtgeel aangegeven.

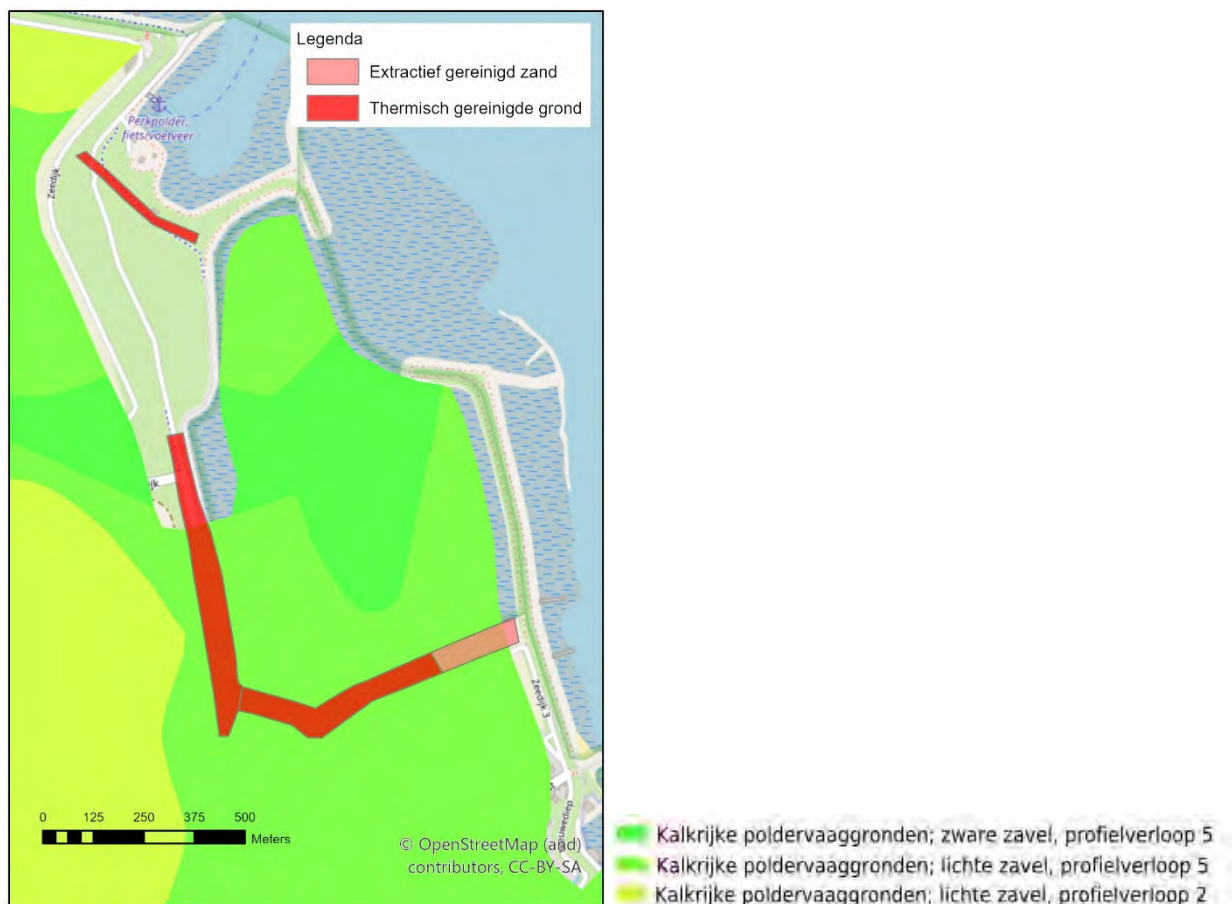
Bodemkaart van Nederland 1:50.000

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 [6], geeft informatie over de ruimtelijke verbreiding van bodemtypen en belangrijke kenmerken van het bodemprofiel tot een diepte van 1,20 meter. In Figuur 2.2 is een uitsnede van de bodemkaart ter plaatse van Perkpolder opgenomen.

Uit het kaartbeeld blijkt dat de Koppeldijk niet op een 'natuurlijke' bodem ligt. Dit klopt met gegevens uit de geomorfologische kaart dat de Koppeldijk op opgehoogd land ligt. Het noordelijk deel van de westelijke waterkering ligt eveneens deels op dit opgehoogde land. Het zuidelijke deel van deze waterkering ligt op een kalkrijke licht zavelige poldervaaggrond. De hele zuidelijke waterkering ligt eveneens op deze poldervaaggrond. Poldervaaggronden zijn zeekleigronden zonder een minerale eerdlaag (geen humusrijke bovengrond).

Uit de bodemkaart blijkt het volgende:

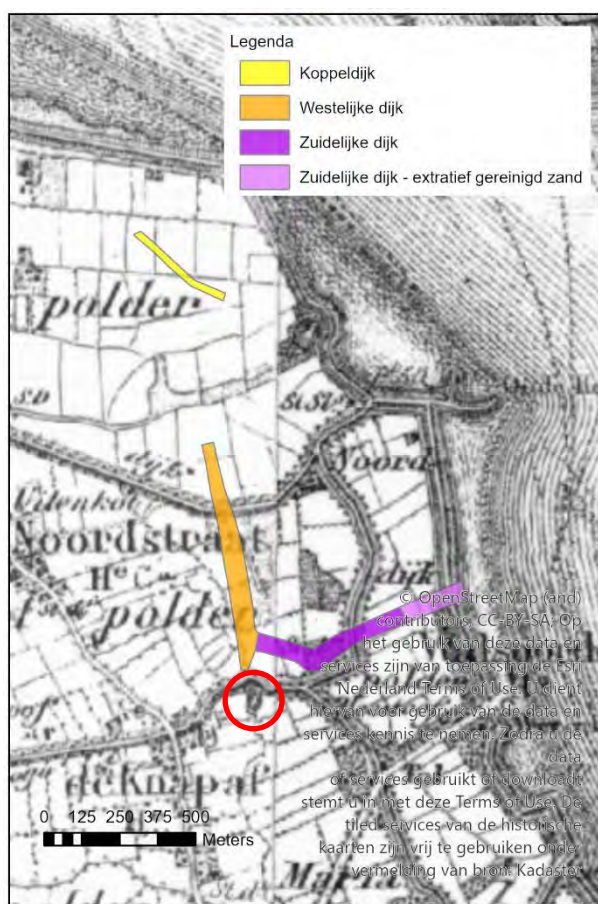
- Ter plaatse van de Koppeldijk is een antropogene bodem aanwezig. De opbouw van deze bodem is niet verder gespecificeerd in de bodemkaart.
- Ter plaatse van de westelijke en zuidelijke waterkering zijn kalkrijke poldervaaggronden aanwezig. Poldervaaggronden bestaan over het algemeen uit zavel en (zee)klei met in de ondergrond klei- en zandlagen. Meestal wordt geen veen aangetroffen binnen 80 cm vanaf het maaiveld. De grondwaterstand kan periodiek hoog zijn in poldervaaggronden.



Figuur 2.2 projectie van de TGG-toepassing op de bodemkaart van Nederland [6]. Vanwege het kleurgebruik in de bodemkaart is de TGG-toepassing in rood aangegeven.

Dijken en wiel

Tot op de topografische kaart uit circa 1850 is er nauwelijks bebouwing in de polder achter de dijk te zien (Figuur 2.3). Op de kaart is al wel het veer van Hansweert naar Walsoorden aangegeven. Op deze kaart is tevens nabij de overgang van de huidige westelijk en zuidelijke waterkering een waterplas zichtbaar. Deze is vermoedelijk het restant van een wiel dat bij een eerdere dijkdoorbraak is ontstaan. De aanwezigheid van een wiel op deze locatie is een indicatie dat de ondergrond daar minder sterk is dan elders onder dijk. Een dijkdoorbraak ontstond meestal op plekken waar de dijk een oude rivierloop/getijderekruis kruist. Oude rivierlopen/getijdereken bestaan voor een deel uit zandig materiaal.

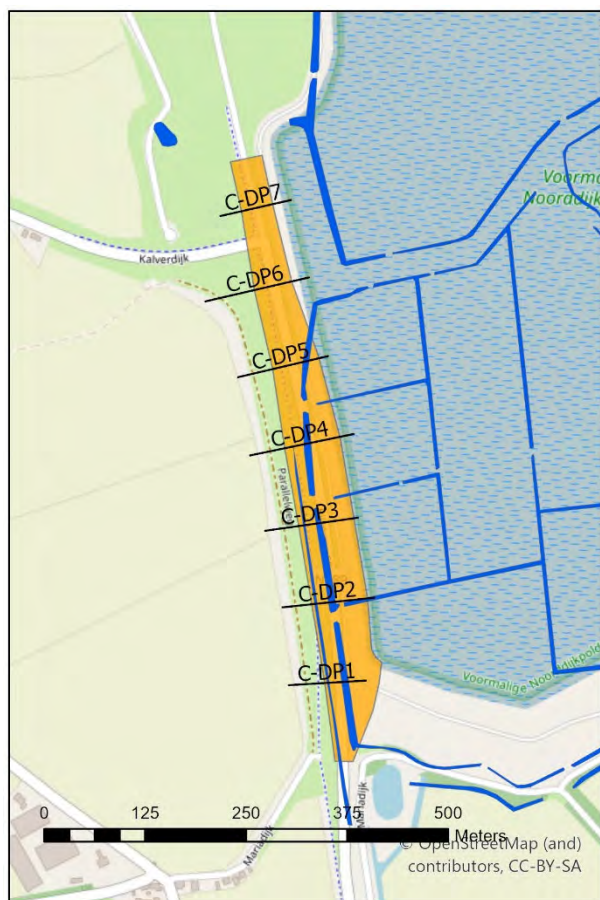


Figuur 2.3 historische topografische kaart uit circa 1850 met in de rode cirkel de waterplas/het wiel (bron: topotijdreis.nl)

2.2 Westelijke waterkering

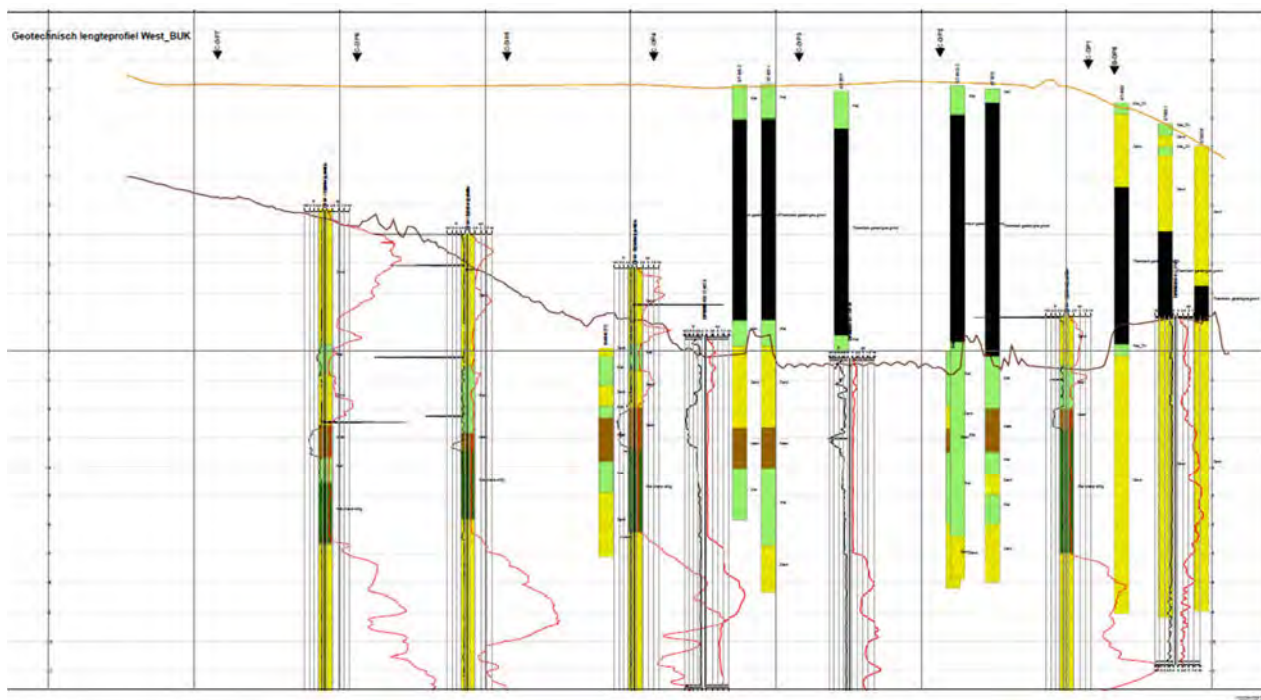
Lengte- en dwarsprofielen

In Figuur 2.4 is de ligging met de lengte-dwarsprofielen en de watergangen weergegeven. Het lengteprofiel loopt over de hele waterkering. In figuur 2.5 en figuur 2.6 zijn respectievelijk het lengteprofiel en de dwarsprofielen weergegeven. In de lengte- en dwarsprofielen kan het voorkomen dat de bodemhoogte niet overeenkomt met de maaiveldlijn. Dit komt doordat de boringen en sonderingen naar de profiellijn zijn geprojecteerd. In bijlage 1 zijn dezelfde lengte- en dwarsprofielen opgenomen op een grotere schaal.



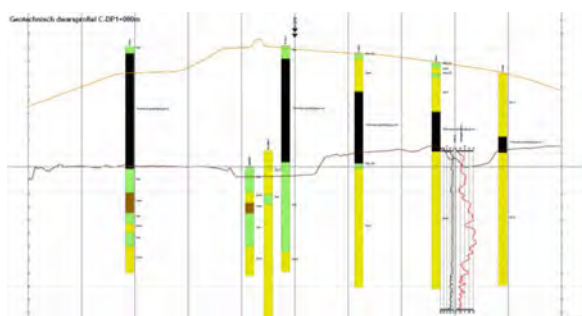
Figuur 2.4 ligging dwarsprofielen westelijke waterkering, in het donkerblauw de voormalige watergangen.

Lengteprofiel

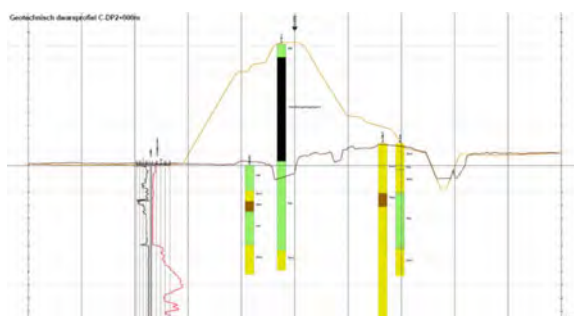


Figuur 2.5 lengteprofiel (noord-zuid) over de kruin van de westelijke waterkering met huidige hoogte en de hoogte voor aanleg (betekenis kleuren: geel = zand/zand = geel, groen/donkergroen = klei, bruin = veen, zwart = TGG).

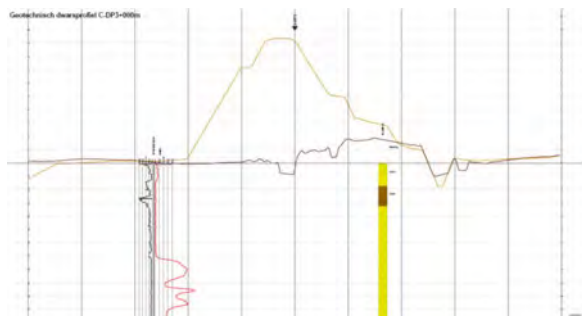
Dwarsprofielen



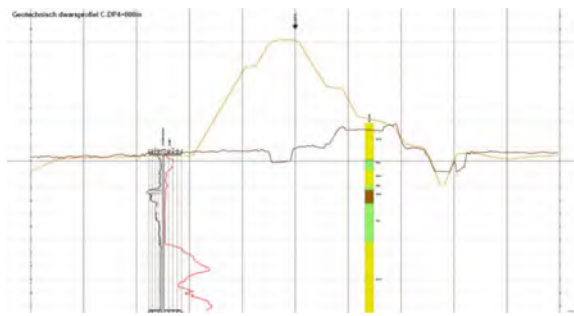
Dwarsprofiel C-DP1



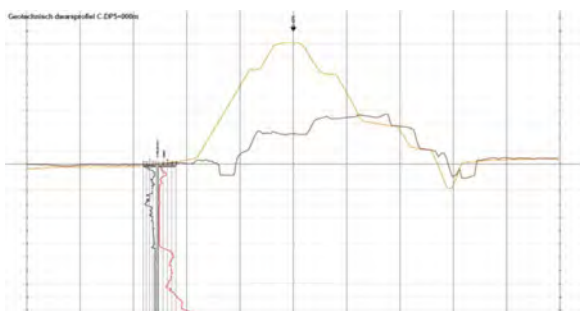
Dwarsprofiel C-DP2



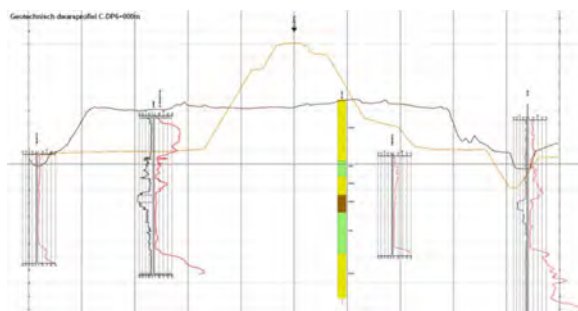
Dwarsprofiel C-DP3



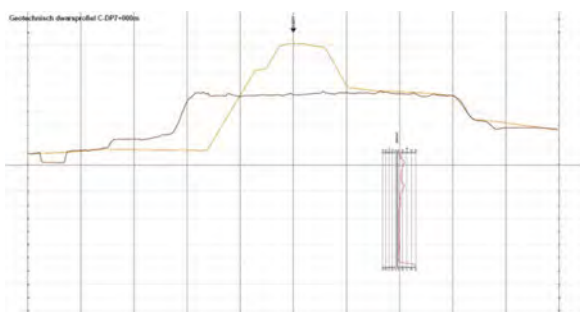
Dwarsprofiel C-DP4



Dwarsprofiel C-DP5



Dwarsprofiel C-DP6

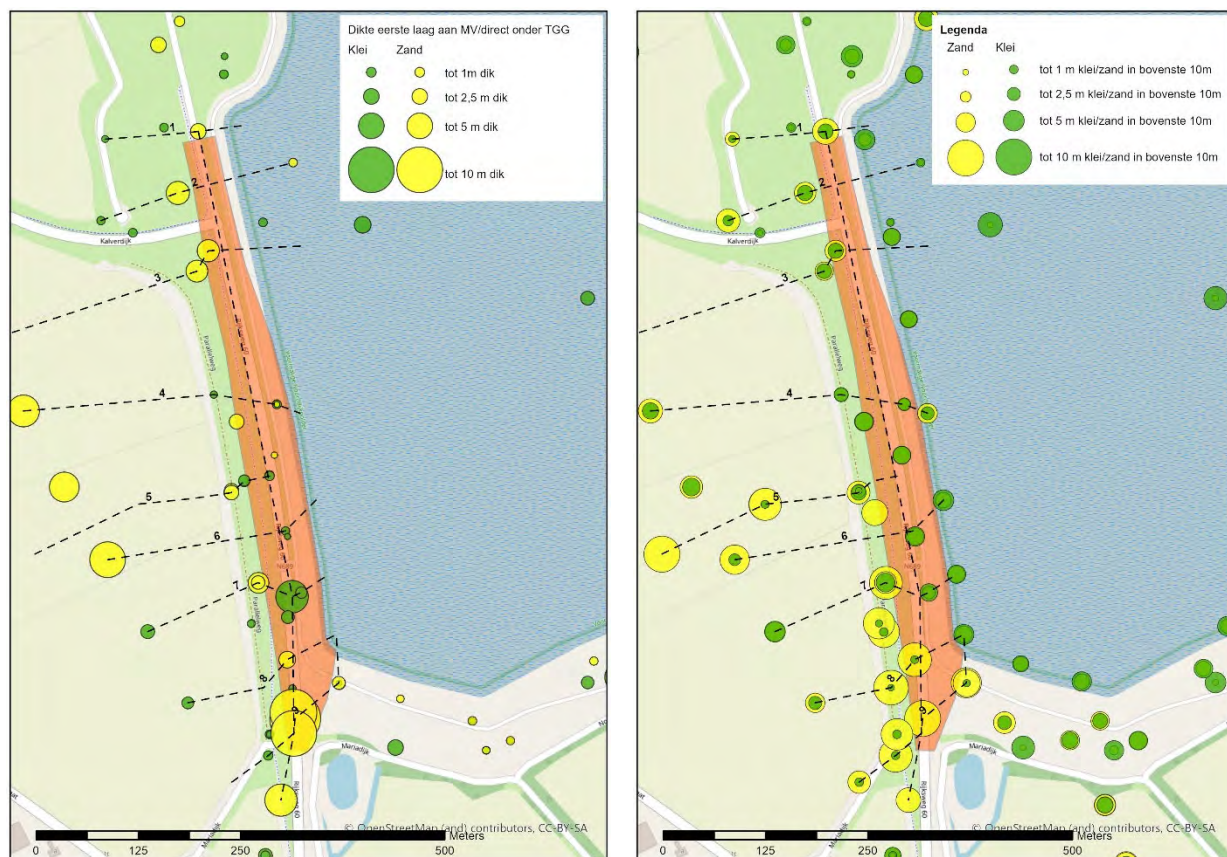


Dwarsprofiel C-DP7

Figuur 2.6 dwarsprofielen westelijke waterkering (betekenis kleuren: geel = zand/zand = geel, groen = klei, bruin = veen, zwart = TGG).

Dikte klei en zand

De dikte van een waterdoorlatende laag in de eerste 10 meter onder de TGG is een indicatie van de wijze en mate van de mogelijkheden voor verspreiding. In Figuur 2.7 is links de lithologie weergegeven van het oorspronkelijk maaiveld direct onder de TGG. De omvang van het bolletje representeert de dikte van de laag onder de TGG. Indien direct onder de TGG een kleilaag aanwezig is, is het minder waarschijnlijk dat eventuele verontreiniging uit de TGG zich naar de omgeving kan verspreiden dan wanneer de TGG direct op zand ligt. In Figuur 2.7 rechts is de totale hoeveelheid zand respectievelijk klei in de bovenste 10 meter direct onder de TGG weergegeven. Deze kaart is een indicatie voor de aanwezigheid van klei en zand in de bovenste 10 meter onder het maaiveld/TGG. Hoe meer zand in de bovenste 10 meter aanwezig, hoe groter het risico op eventuele verspreiding van verontreiniging vanuit de TGG.



Figuur 2.7 Kaart links: lithologie aan het maaiveld/direct onder de TGG en dikte van deze lithologische laag. Deze kaart zegt dus iets over het wel of niet aanwezig zijn van een minder doorlatende laag direct onder de TGG. In de kaart links lijken een aantal meetpunten te ontbreken. Voor deze meetpunten geldt dat geen gegevens zijn van de lithologie aan het maaiveld zijn opgenomen, de beschrijving van de lithologie begint voor deze meetpunten dieper. Kaart rechts: totale hoeveelheid zand en klei in de eerste 10 meter onder maaiveld/TGG.

Bodemopbouw westelijke waterkering

Uit de lengte- en dwarsprofielen, het ontwerp [6], de as-built-tekeningen [7], de grondstromenevaluatie [8] en het onderzoek naar de effecten van de aanwezigheid van TGG in de waterkeringen [9] blijkt het volgende:

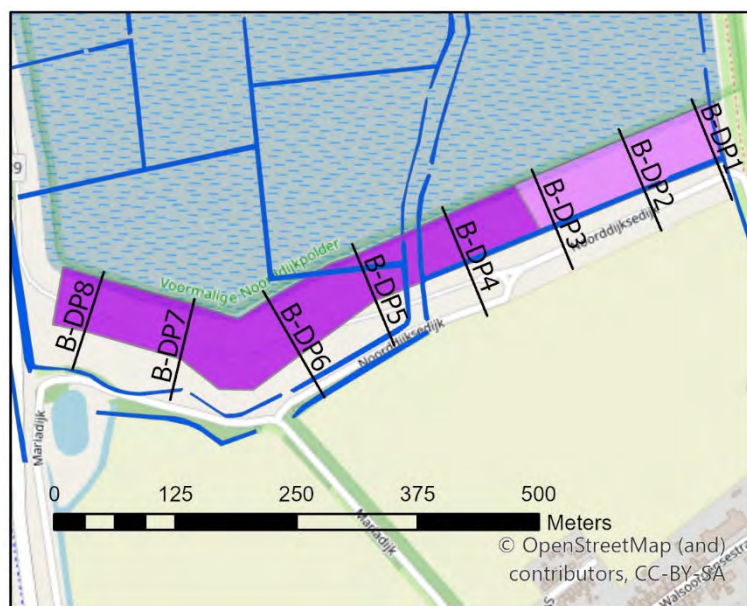
- Het oorspronkelijke maaiveld lag rond 0 tot +1 m NAP. Voorafgaand aan aanleg van waterkering is de oude toplaag van circa 30 cm verwijderd. De vrijkomende grond is elders in het natuurontwikkelingsproject hergebruikt (bijv. gedempte watergangen). Hierna is een laag zand van maximaal 50 cm dikte aangebracht met om de 50 meter een horizontale drain waarmee water dat nog uit de TGG komt wordt afgevoerd. Deze drains zijn na oplevering van de waterkering afgedopt.
- Bij de aanleg zijn de watergangen gedempt. De gegevens over het materiaal waarmee gedempt is zijn niet eenduidig. De nieuw waterkering ligt over een aantal voormalige sloten. Volgens de grondstromenevaluatie zijn deze gedempt met gebiedseigen grond (dat voldoet aan de achtergrondwaarde) die is vrijgekomen bij de aanleg van nieuwe kreken [7]. In de ontwerp- [11] en de as-built tekeningen [14] is aangegeven dat deze met gedempt zijn met TGG. Deltares heeft een aantal boringen geplaatst ter hoogte van de gedempte sloten, in het gedempte deel is geen TGG aangetroffen. De informatie uit het grondstromenevaluatie is hiermee bevestigd en daardoor is het uitgangspunt dat de sloten niet met TGG zijn gedempt maar met gebiedseigen grond.

- Het bodemprofiel onder de waterkering bestaat uit zand en klei met op veel plaatsen een veenlaag. Er is een verloop van noord naar zuid, waarbij de zandlaag naar het zuiden toe in dikte toeneemt.
- De overgang tussen de klei- en de zandgrond ligt tussen boring B12 [5] en sondering DKM16 [2].
- De waterkering is in drie segmenten te verdelen
 - o Noordelijke segment met een lengte van circa 200 meter: in dit segment is het oorspronkelijke bodemprofiel vergelijkbaar met segment midden en bestaat uit klei en veenlagen. In noordelijke richting loopt de onderzijde van de TGG op, het zandpakket tussen het oorspronkelijke maaiveld en de onderzijde TGG wordt steeds dikker. In dit segment zijn voldoende meetpunten om de bodemopbouw betrouwbaar af te leiden.
 - o Het middelste segment met een lengte van circa 400 meter: hier is de TGG op klei toegepast, het kleipakket is vrij dik en hierin zijn zand en veenlagen aanwezig. In dit segment zijn voldoende meetpunten om de bodemopbouw betrouwbaar af te leiden.
 - o Het zuidelijke segment met een lengte van circa 150 meter: hier is de TGG toegepast op zand (waarschijnlijk snijdt de vroegere kreek de waterkering), er is nagenoeg geen klei in bodem daaronder aanwezig. In dit segment zijn voldoende meetpunten om de bodemopbouw betrouwbaar af te leiden.

2.3 Zuidelijke watering

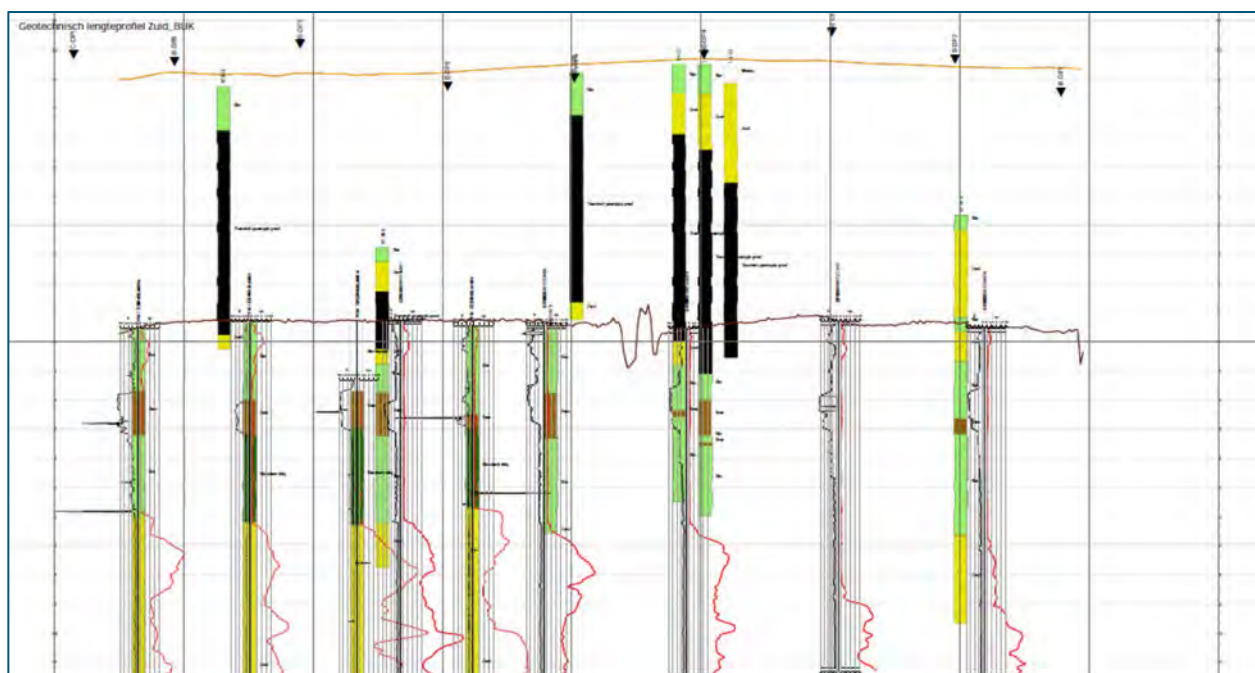
Lengte- en dwarsprofielen

In Figuur 2.8 is de ligging met de lengte-dwarsprofielen en de watergangen weergegeven. Het lengteprofiel loopt over de hele waterkering. In Figuur 2.9 en Figuur 2.10 zijn respectievelijk het lengteprofiel en de dwarsprofielen weergegeven. In de lengte- en dwarsprofielen kan het voorkomen dat de bodemhoogte niet overeenkomt met de maaiveldlijn. Dit komt doordat de boringen en sonderingen naar de profiellijn zijn geprojecteerd. In bijlage 1 zijn dezelfde lengte- en dwarsprofielen opgenomen op een grotere schaal.



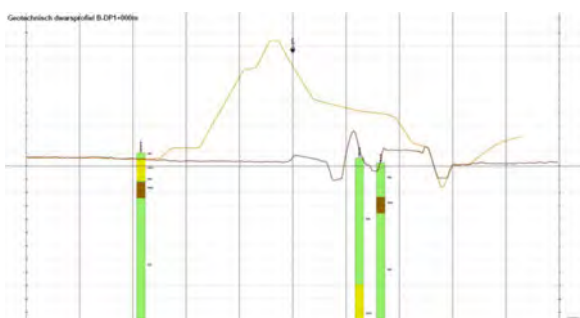
Figuur 2.8 ligging dwarsprofielen zuidelijke waterkering, met in donkerblauw de voormalige watergangen.

Lengteprofiel

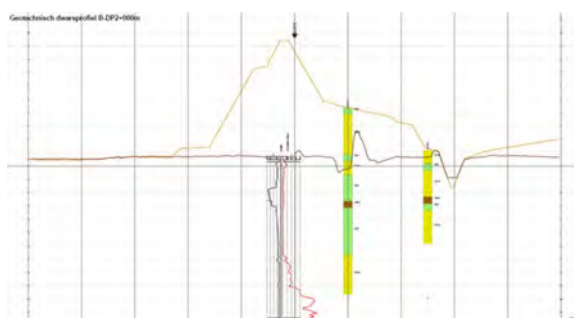


Figuur 2.9 lengteprofiel (west-oost) over de kruin van de zuidelijke waterkering. (Betekenis kleuren: geel = zand = geel, groen = klei, bruin = veen, zwart = TGG).

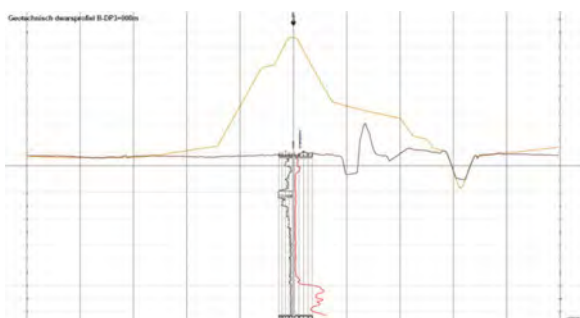
Dwarsprofielen



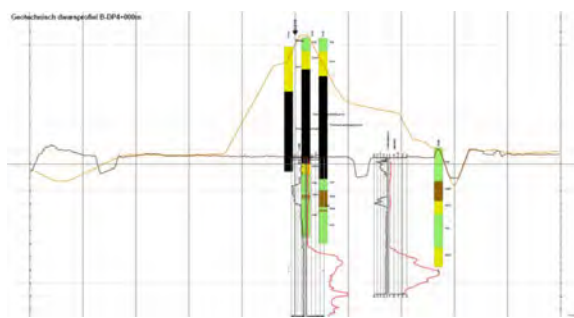
Dwarsprofiel B-DP1



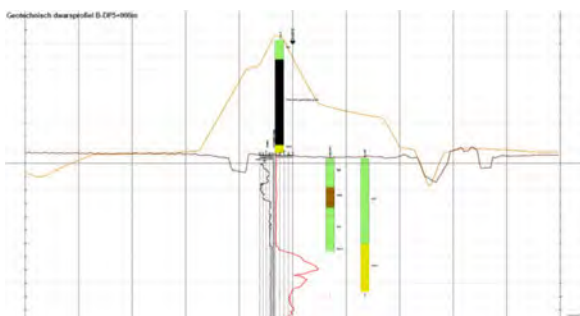
Dwarsprofiel B-DP2



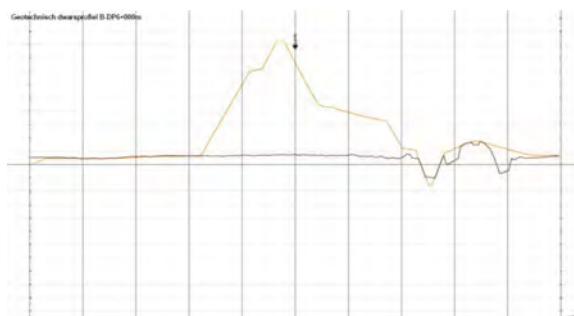
Dwarsprofiel B-DP3



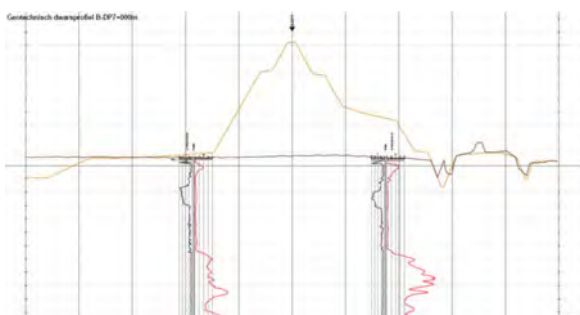
Dwarsprofiel B-DP4



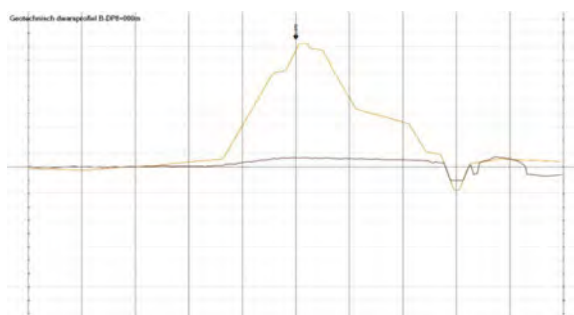
Dwarsprofiel B-DP5



Dwarsprofiel B-DP6



Dwarsprofiel B-DP7

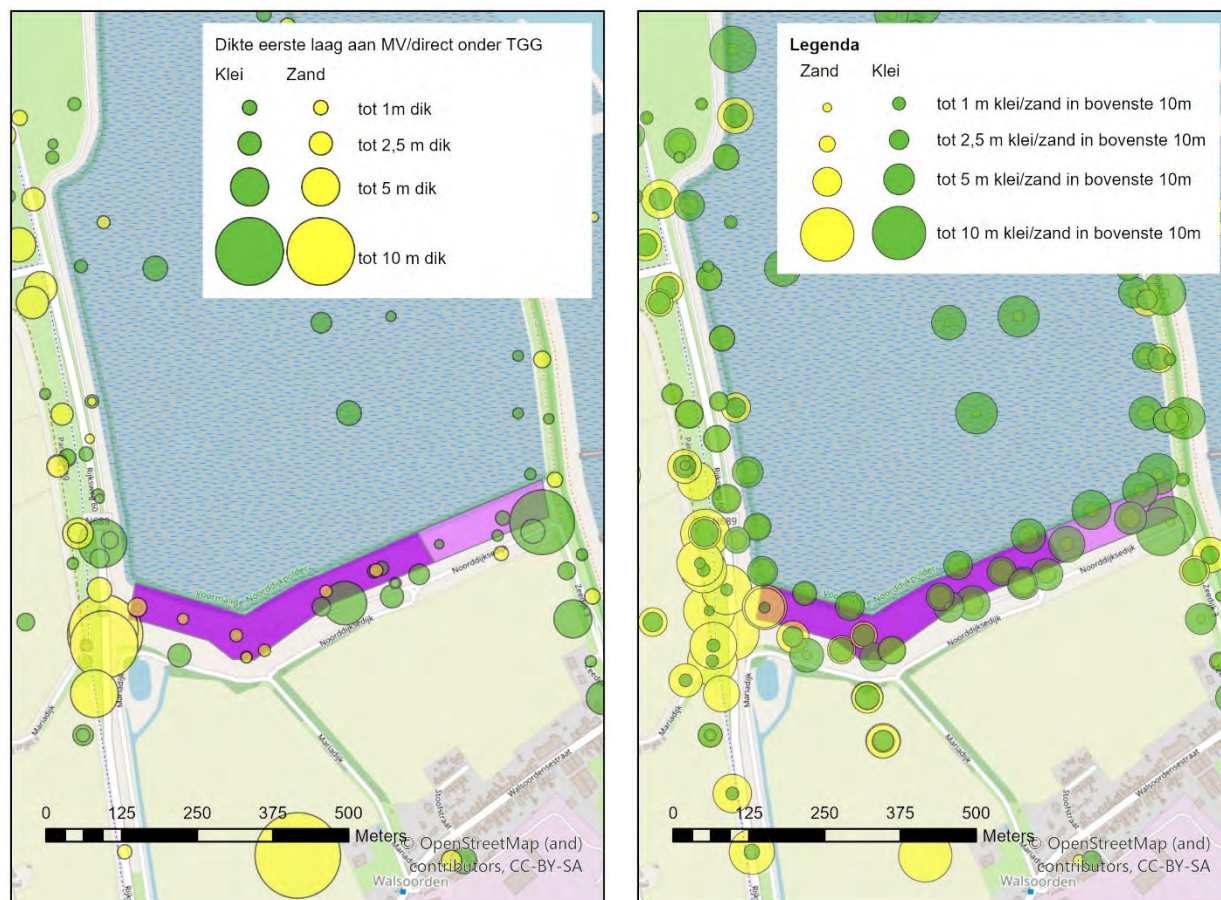


Dwarsprofiel B-DP8

Figuur 2.10 dwarsprofielen zuidelijke waterkering. (Betekenis kleuren: geel = zand/zand = geel, groen = klei, bruin = veen, zwart = TGG).

Dikte klei en zand

De dikte van een waterdoorlatende laag in de eerste 10 meter onder de TGG is een indicatie van de wijze en mate van de mogelijkheden voor verspreiding. In Figuur 2.11 is links de lithologie weergegeven van het oorspronkelijk maaiveld direct onder de TGG. De omvang van het bolletje representeert de dikte van de laag onder de TGG. Indien direct onder de TGG een kleilaag aanwezig is, is het minder waarschijnlijk dat eventuele verontreiniging uit de TGG zich naar de omgeving kan verspreiden dan wanneer de TGG direct op zand ligt. In Figuur 2.11 rechts is de totale hoeveelheid zand respectievelijk klei in de bovenste 10 meter direct onder de TGG weergegeven. Deze kaart is een indicatie voor de aanwezigheid van klei en zand in de bovenste 10 meter onder het maaiveld/TGG. Hoe meer zand in de bovenste 10 meter aanwezig, hoe groter het risico op eventuele verspreiding van verontreiniging vanuit de TGG.



Figuur 2.11 lithologie aan het maaiveld/direct onder de TGG en hoeveelheid zand en klei in eerste 10 meter onder maaiveld/TGG. In de kaart links lijken een aantal meetpunten te ontbreken. Voor deze meetpunten geldt dat geen gegevens zijn van de lithologie aan het maaiveld zijn opgenomen, de beschrijving van de lithologie begint voor deze meetpunten op enige diepte.

Bodemopbouw zuidelijke waterkering

Uit de lengte- en dwarsprofielen, het ontwerp [6], de as-built-tekeningen [7], de grondstromenevaluatie [8] en het onderzoek naar de effecten van de aanwezigheid van TGG in de waterkeringen [9] blijkt het volgende:

- In de zuidelijke waterkering is voor 2/3 deel TGG toegepast. Aan de Westzijde is Extractief gereinigd zand toegepast.
- Het oorspronkelijke maaiveld lag rond 0 tot 1 m NAP. Voorafgaand aan aanleg van waterkering is de oude toplaag van circa 30 cm verwijderd. De vrijkomende grond is elders in het natuurontwikkelingsproject hergebruikt (bijv. gedempte watergangen). Hierna is een laag zand van maximaal 50 cm dikte aangebracht met om de 50 meter een horizontale drain waarmee water dat nog uit de TGG komt wordt afgevoerd. Deze drains zijn na oplevering van de waterkering afgedopt.
- Bij de aanleg zijn de watergangen gedempt. De gegevens over het materiaal waarmee gedempt is zijn niet eenduidig. De nieuw waterkering ligt over een aantal voormalige sloten. Volgens de grondstromenevaluatie zijn deze gedempt met gebiedseigen grond (dat voldoet aan de achtergrondwaarde) die is vrijgekomen bij de aanleg van nieuwe kreken [7]. In de ontwerp- [11] en de as-built tekeningen [14] is aangegeven dat deze met gedempt zijn met TGG. Deltares heeft een aantal boringen geplaatst ter hoogte van de gedempte sloten, in het gedempte deel is geen

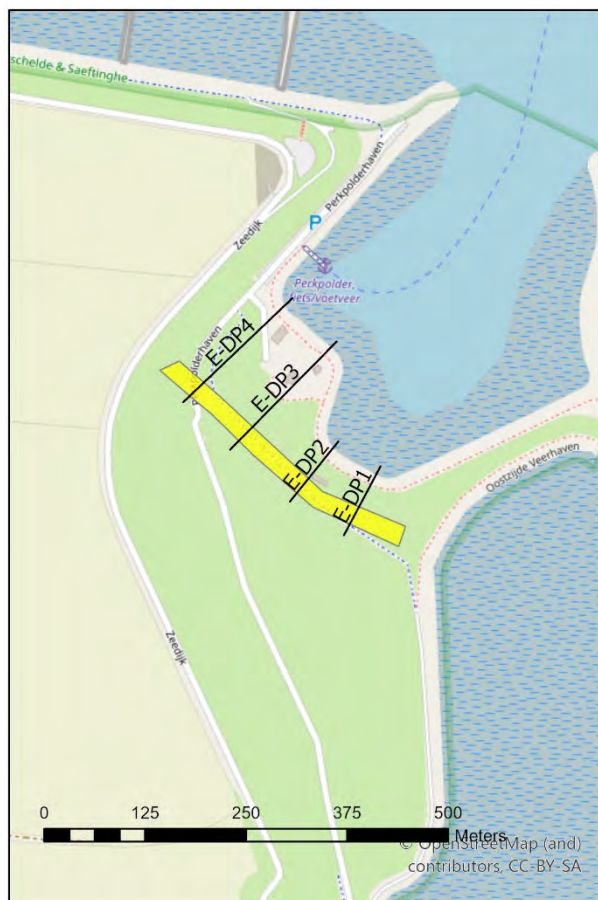
TGG aangetroffen. De informatie uit het grondstromenevaluatieplan is hiermee bevestigd en daardoor is het uitgangspunt dat de sloten niet met TGG zijn gedempt maar met gebiedseigen grond.

- Over het gehele tracé van de waterkering zijn voorafgaand aan de aanleg sonderingen geplaatst. Deze liggen gemiddeld ongeveer 150 meter uit elkaar. Na aanleg van de waterkering zijn een aantal meetpunten door de TGG heen gezet. De boringen zijn echter gestopt zodra de egaliserende zandlaag werd aangetroffen.
- Het bodemprofiel onder de waterkering bestaat uit klei met af en toe een veenlaag en daaronder zand. Aan de westkant van de waterkering lijkt de kleilaag afwezig, maar dit kan ook het gevolg zijn van het gebrek aan meetpunten in de oorspronkelijke bodem in dit deel van de waterkering. De dikte van de kleilaag onder het dijklichaam lijkt naar het westen toe kleiner te worden. Dit past bij het beeld dat onder het westelijke deel van de zuidelijke waterkering een kreek aanwezig is geweest.
- De waterkering met TGG is in twee segmenten te verdelen:
 - o Westelijke segment met een lengte van circa 250 meter: hier is de TGG toegepast op zand (waarschijnlijk snijdt de vroegere kreek de waterkering), er is nagenoeg geen klei in bodem daaronder aanwezig. De bodemopbouw onder dit segment van de waterkering is vergelijkbaar met de bodemopbouw van het segment zuid van de westelijke waterkering. Wel zijn er in dit segment weinig meetpunten om dit te verifiëren.
 - o Het oostelijke segment met een lengte van circa 550 meter: hier is de TGG (300 meter) en het extractief gereinigd zand (250 meter) voornamelijk op klei toegepast, het kleipakket is vrij dik en hierin zijn zandlagen aanwezig. In dit segment zijn voldoende meetpunten om de bodemopbouw betrouwbaar af te leiden.

2.4 Koppeldijk

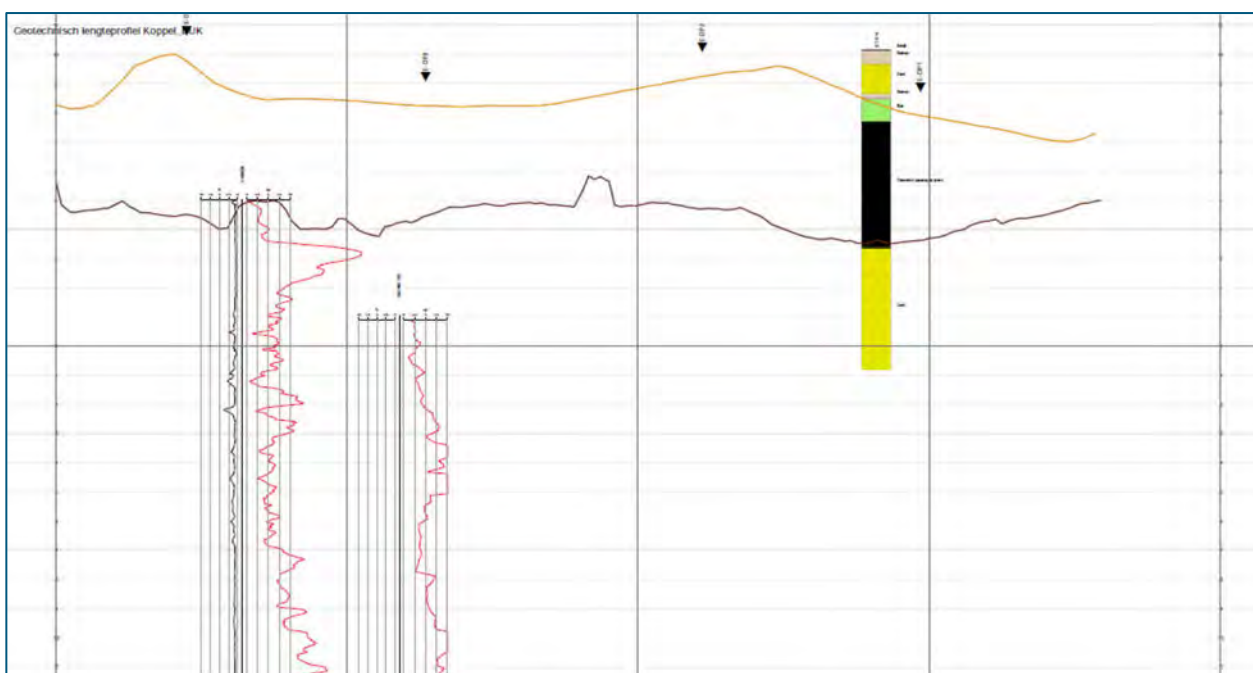
Profielen

In Figuur 2.12 is de ligging met de dwarsprofielen en de watergangen weergegeven. Het lengteprofiel loopt over de hele waterkering. In Figuur 2.13 en Figuur 2.14 zijn respectievelijk het lengteprofiel en de dwarsprofielen weergegeven. In de lengte- en dwarsprofielen kan het voorkomen dat de bodemhoogte niet overeenkomt met de maaiveldlijn. Dit komt doordat de boringen en sonderingen naar de profiellijn zijn geprojecteerd. In bijlage 1 zijn dezelfde lengte- en dwarsprofielen opgenomen op een grotere schaal.



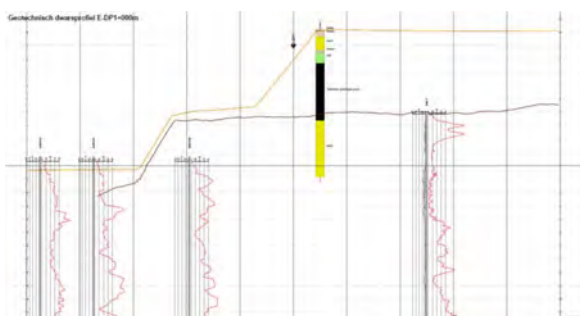
Figuur 2.12 ligging dwarsprofielen Koppeldijk

Lengteprofiel

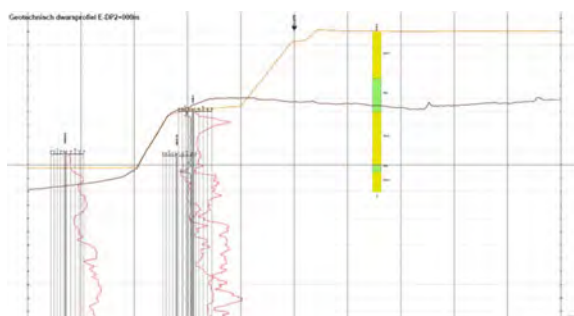


Figuur 2.13 lengteprofiel over de kruin van de Koppeldijk. De stippellijn geeft de hoogte van het voormalige maaiveld aan. De delen van de meetpunten die boven het voormalige maaiveld liggen zijn minder helder weergegeven. (Betekenis kleuren: geel = zand/zand = geel, groen = klei, bruin = veen, zwart = TGG).

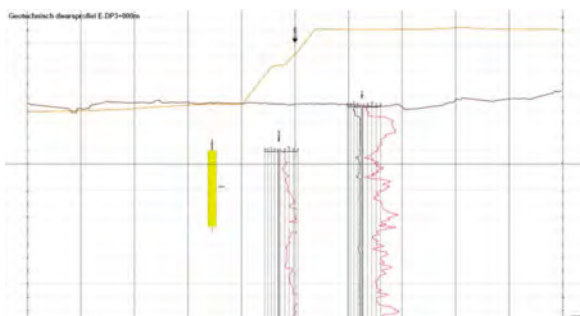
Dwarsprofielen



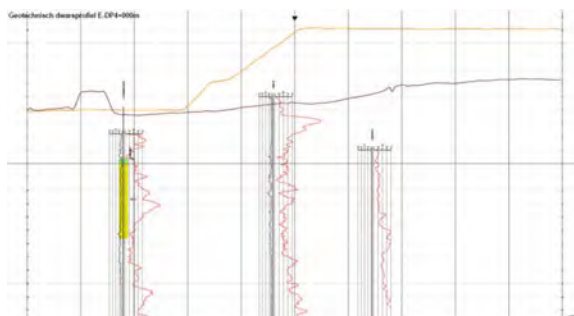
Dwarsprofiel E-DP1



Dwarsprofiel E-DP2



Dwarsprofiel E-DP3

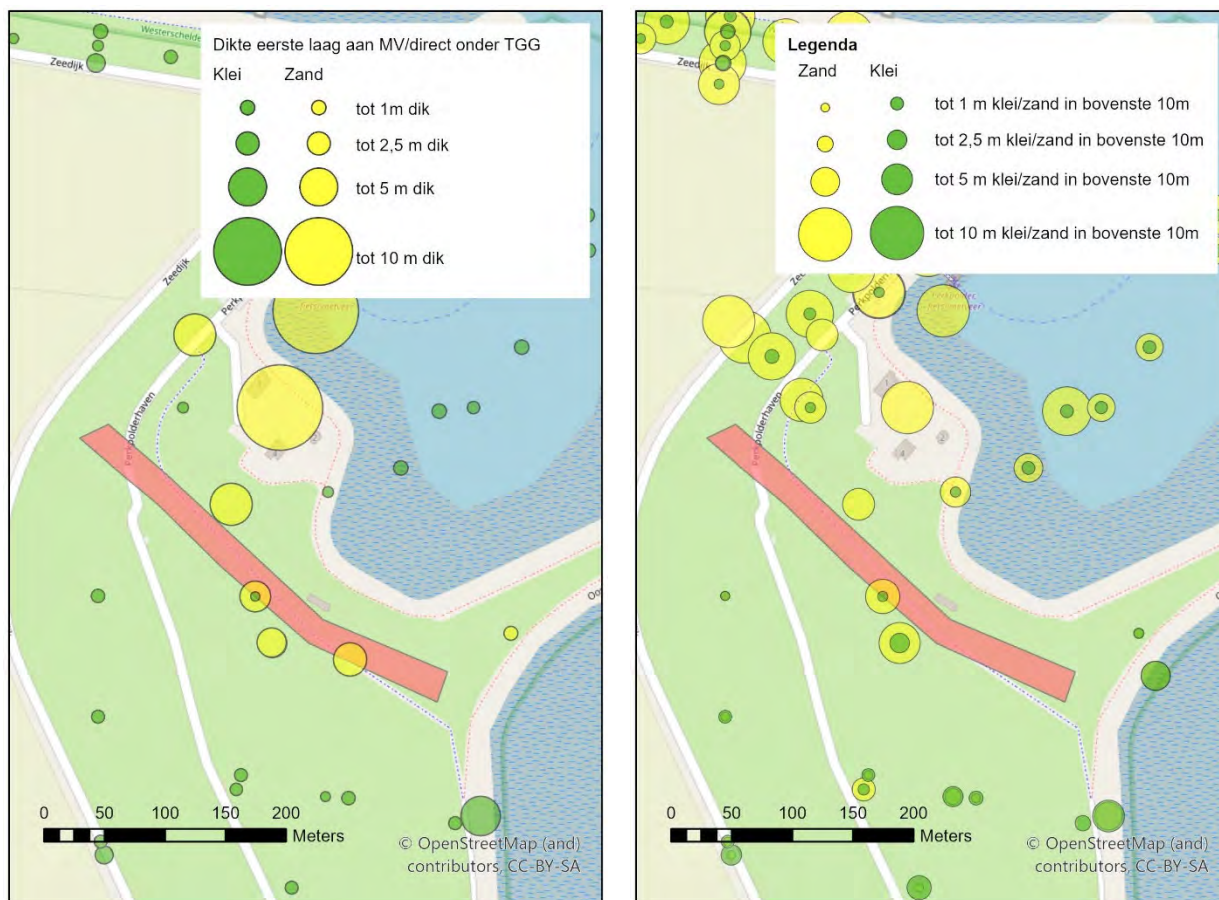


Dwarsprofiel E-DP4

Figuur 2.14 dwarsprofielen Koppeldijk. (Betekenis kleuren: geel = zand/zand = geel, groen = klei, bruin = veen, zwart = TGG).

Dikte klei en zand

De dikte van een waterdoorlatende laag in de eerste 10 meter onder de TGG is een indicatie van de wijze en mate van de mogelijkheden voor verspreiding. In Figuur 2.15 is links de lithologie weergegeven van het oorspronkelijk maaiveld direct onder de TGG. De omvang van het bolletje representeert de dikte van de laag onder de TGG. Indien direct onder de TGG een kleilaag aanwezig is, is het minder waarschijnlijk dat eventuele verontreiniging uit de TGG zich naar de omgeving kan verspreiden dan wanneer de TGG direct op zand ligt. In Figuur 2.15 rechts is de totale hoeveelheid zand respectievelijk klei in de bovenste 10 meter direct onder de TGG weergegeven. Deze kaart is een indicatie voor de aanwezigheid van klei en zand in de bovenste 10 meter onder het maaiveld/TGG. Hoe meer zand in de bovenste 10 meter aanwezig, hoe groter het risico op eventuele verspreiding van verontreiniging vanuit de TGG.



Figuur 2.15 lithologie aan het maaiveld/direct onder de TGG en hoeveelheid zand en klei in eerste 10 meter onder maaiveld/TGG. In de kaart links lijken een aantal meetpunten te ontbreken. Voor deze meetpunten geldt dat er geen gegevens zijn van de lithologie aan het maaiveld zijn opgenomen, de beschrijving van de lithologie begint voor deze meetpunten dieper. In verband met de kleur waarmee de dikte van zand wordt aangegeven is de TGG-toepassing van de Koppeldijk in rood aangegeven.

Bodemopbouw Koppeldijk

Uit de lengte- en dwarsprofielen, het ontwerp [6], de as-built-tekeningen [11], de grondstromenevaluatie [8] en het onderzoek naar de effecten van de aanwezigheid van TGG in de waterkeringen [9] blijkt het volgende:

- De TGG is toegepast op een antropogene (door mensen aangebracht) zandlaag met een dikte van tenminste 4 meter.
- Direct onder de waterkering zijn geen gedempte watergangen aanwezig.
- De TGG is toegepast op een hoogte van ongeveer +4 m NAP. Voorafgaand aan de aanleg zijn geen drains, die de TGG ontwateren, aangelegd.
- Er is een beperkt aantal sonderingen en boringen van zowel voor de aanleg als na de aanleg bekend. De bodemopbouw onder de waterkering is aan de hand van deze beperkte dataset inzichtelijk gemaakt.
- De waterkering is niet in verschillende segmenten ingedeeld. De bekende gegevens van de bodem onder de waterkering (onder het volledige tracé een zandige antropogene ophooglaag) geven hier geen aanleiding toe.

3 Conclusie

In figuur 3.1 en tabel 3.1 is een overzicht weergegeven van de indeling in segmenten met vergelijkbare bodemopbouw van de drie waterkeringen.



Figuur 3.1 indeling in segmenten met vergelijkbare bodemopbouw

Tabel 3.1 toelichting segmenten

Segment	Bodemopbouw onder de waterkering/onder de TGG
Westelijke waterkering	
Segment 'noord'	Klei met zand en veenlagen met een dikte van 6 tot 8 meter waarbij noordelijk de dikte van de zandlaag toeneemt.
Segment 'midden'	Klei met zand en veenlagen met een dikte van 6 tot 8 meter
Segment 'zuid'	Zand met een enkele kleilaag
Zuidelijke waterkering	
Segment 'west'	Waarschijnlijk zand, er zijn weinig meetpunten om bodemopbouw met voldoende mate van zekerheid af te leiden.
Segment 'oost'	Klei met zand- en veenlagen met een minimale dikte van 4 m en een oplopende dikte in oostelijke richting.
Koppeldijk	
Segment 'Koppeldijk'	Antropogene ophooglaag (zand) die tot circa +4 m NAP ligt.

Ten aanzien van de bodemopbouw onder de drie waterkeringen wordt het volgende geconcludeerd:

- De bodemopbouw onder een groot deel van de waterkeringen waarin TGG is toegepast is inzichtelijk te maken op basis van sonderingen en boringen van zowel voorafgaand aan de aanleg als van na de aanleg.
- De bodem onder de westelijke en de zuidelijke waterkering is ontstaan uit mariene afzettingen en bestaat uit klei, zand en af en toe veen.
- De bodem onder de Koppeldijk is antropogeen en bestaat uit zand.
- In de situatie voorafgaand aan de bouw van de waterkeringen lagen ter plaatse van de westelijke en de zuidelijke waterkering meerdere watergangen. Er zijn meer indicaties dat deze watergangen zijn gedempt met de vrijgekomen oorspronkelijke bodem en niet met TGG. Dit hanteren wij dan ook als uitgangspunt.
- Voorafgaand aan aanleg van de westelijke en de zuidelijke waterkering is de oude toplaag van circa 30 cm verwijderd. De vrijkomende grond is elders in het natuurontwikkelingsproject hergebruikt (bijv. gedempte watergangen). Hierna is een laag zand van maximaal 50 cm dikte

aangebracht met om de 50 meter een horizontale drain waarmee water dat nog uit de TGG komt wordt afgevoerd. Deze drains zijn na oplevering van de waterkering afgedopt.

- De waterkeringen zijn ingedeeld in segmenten met een uniforme bodemopbouw.
 - o De westelijke waterkering is ingedeeld in drie segmenten waarvan segment noord en midden een vergelijkbare bodemopbouw hebben, alleen loopt de onderzijde TGG in noordelijke richting op.
 - o De zuidelijke waterkering is ingedeeld in twee segmenten met een uniforme opbouw.
 - o De Koppeldijk is op basis van de bodemopbouw ingedeeld in één segment.
- Niet in alle segmenten zijn meetpunten die door de TGG zijn gezet. Hier zijn de boringen en sonderingen 1:1 overgenomen uit de onderzoeken voorafgaande de aanleg. Deze zijn dus niet geverifieerd met boringen van na de aanleg. Zodra hier informatie van is dienen deze gegeven hierop geijkt te worden.

4 Literatuurlijst

- [1] NEN, "NTA 5755, Nederlandse technische afspraak, Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van nader onderzoek - Onderzoeknaar de aard en omvang van bodemverontreiniging," 2010.
- [2] Inpijn-Blokpoel, "Dijkverlegging Hulsterweg/Zeedijk te Hulst, met kenmerk VH-3090," 2007.
- [3] MOS Grondmechanica, "Grondonderzoek Perkpolder, met kenmerk R0056310-RH," 2010.
- [4] Delaters, "Analyse bodemopbouw en doorlatendheid ondergrond onder TGG in Perkpolder; kenmerk 11203217-007-BGS-0003," 2020.
- [5] Grontmij, "Milieukundig- en geotechnisch grondonderzoek, rapportnummer 13/99083829/VC," 2008.
- [6] Wageningen University and Research, "Bodemkaart van Nederland, schaal 1 op 50.000," 2006.
- [7] Bouw- & Managementservice Nederland bv, "Geotechnisch onderzoek t.b.v. het project "Geplande ruimtelijke ontwikkelingen in de gebieden Waterdunen en Perkpolder"; kenmerk 20090071/1050300," 2010.
- [8] Deltares, "Milieuchemische analyses Perkpolder, Bijlagerapport B bij Eindrapportage TGG Perkpolder, rapportnummer 11200482-000-GEO-0015," 2019.
- [9] Fugro Geoservices B.V., "Natuurcompensatie Perkpolder, projectnummer 6011-0232-001," 2012.
- [10] Wageningen University and Research, "Geomorfologische kaart Nederland, schaal 1 : 50.000," 2019.
- [11] Van Oord, "Definitief Ontwerp waterkeringen dwarsprofielen, tekeningnummer 154425-TEK-DO-00064.02-002," 2013.
- [12] Van Oord, "ASB Waterkering C, Dwarsdoorsnede & Details, Tekeningnummer 154425-TEK-ASB-00058.02-003," 2016.
- [13] Van Oord, "Grondstromenevaluatie, Natuurcompensatie Perkpolder, documentnummer 154425-RAP-GSE-0008," 2015.
- [14] Deltares, "Onderzoek naar de effecten aanwezigheid van TGG in dijken van de Perkpolder, rapportnummer 11200482-000-GEO-0022," 2019.
- [15] Van Oord, "ASB Waterkering B, Dwarsdoorsnede & Details, Tekeningnummer 154425-TEK-ASB-00058.02-002," 2016.
- [16] Van Oord, "ASB Waterkering E, Dwarsdoorsnede & Details, Tekeningnummer 154425-TEK-ASB-00058.02-005," 2016.

Bijlage

1. Lengte- en dwarsprofielen bodemopbouw

Bijlage

1. Lengte- en dwarsprofielen bodemopbouw

