

COASTAR

Ontwerp puttenveld brakwaterpilot
pompstation Scheveningen (Dunea)



Rapport

COASTAR. Ontwerp puttenveld brakwaterpilot pompstation Scheveningen (Dunea)

KWR 2020.103 | December 2020

Opdrachtnummer

402722

Projectmanager

Ir. J.W. (Jan Willem) Kooiman, dr. K.J. (Klaasjan) Raat (KWR)

Opdrachtgever

Dunea, TKI Watertechnologie, TKI Deltatechnologie, en overige partners in kennisprogramma COASTAR

Auteur(s)

T.C.G.W. (Teun) van Dooren MSc (KWR)

Kwaliteitsborger(s)

ir. M (Martin) van der Schans, dr. N (Niels) Hartog (KWR)

Verzonden naar

Projectpartners TKI COASTAR – casus Brakwaterwinning kust(duinen)

Status

Dit document is niet openbaar en is uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend. Deze activiteit is mede gefinancierd met PPS-financiering uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat en de resultaten zijn openbaar.

Keywords

water, brakwater, duinen, drinkwater, putten, monitoring, brakwaterwinning

JAAR VAN PUBLICATIE
2020

MEER INFORMATIE
E info@coastar.nl
I www.coastar.nl

COASTAR is een initiatief van Allied Waters, Arcadis, Deltares en KWR en wordt ondersteund door en uitgevoerd met bedrijfsleven en overheden in laag Nederland. www.coastar.nl

© Allied Waters, Arcadis, Deltares, KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.



Inhoud

Rapport	1
----------------	----------

Inhoud3

1	Inleiding	5
1.1	Aanpak pilot	5
1.2	Ontwerp pilot	6
1.3	Kennisprogramma COASTAR	6
2	Overzicht win- en meetlocaties	7
3	Dimensionering Winput OP1	11
3.1	Winfilters OP1.1 en OP1.2	11
3.2	Monitoringsapparatuur OP1	12
	Waarnemingsfilters	12
	Zoutwachterkabels	12
	Glasvezelkabel	12
3.3	Sedimentkernen	13
3.4	Schatting van putcapaciteiten	13
4	Dimensionering Winput OP2	14
4.1	Winfilters OP2.1, OP2.2 en OP2.3	14
4.2	Monitoringsapparatuur OP2	15
	Waarnemingsfilters	15
	Zoutwachterkabels	15
	Glasvezelkabel	16
4.3	Sedimentkernen	16
4.4	Schatting van putcapaciteiten	16
5	Dimensionering Waarnemingsputten	17
5.1	Waarnemingsputten PB1 en PB2	17
	Waarnemingsfilters	18
	Zoutwachterkabels	19
	Crosshole-ERT	19
	Glasvezelkabel	19
5.2	Waarnemingsput PB3	20
	Waarnemingsfilters	21
	Zoutwachterkabel	21
5.3	Waarnemingsputten PB5 en PB6	22
	Waarnemingsfilters	23
	Zoutwachterkabels	23
5.4	Waarnemingsputten ERT3 en ERT4	24

6	Overige eisen, wensen en opmerkingen	25
6.1	Selectie boorfirma/ aanbesteding	25
6.2	Werkvolgorde	25
6.3	Materiaalkeuze	25
6.4	Keuze boortechniek	26
6.5	Stabiliteit boorgat (boorspoeling en werkwater)	27
6.6	Uitvoeren van de boring een aanleg put	28
6.7	Inbouw meetapparatuur	29
6.8	Documentatie	29
6.9	Connectie puttenveld en zuivering	30

1 Inleiding

Waterbedrijf Dunea verwacht een groei in de drinkwatervraag in het voorzieningsgebied. Omdat er in de aanvoer van rivierwater te weinig extra capaciteit kan worden gevonden met het huidige leidingsysteem, wordt er gezocht naar een extra bron van drinkwater, als derde bron naast de Lek en de Maas. Brak grondwater (na ontzilting: permeaat) is hiervoor naar verwachting een betrouwbare bron. Door de extreem lage hardheid van permeaat kan door opmenging van duinwater met voldoende permeaat ook voldaan worden aan de wens van verlaagde hardheid. Daarnaast is Dunea afhankelijk van een strategische zoete grondwatervoorraad in het duin om drinkwatertekorten bij innamestops bij een onvoldoende rivierwaterkwaliteit of technische calamiteiten in de aanvoer te overbruggen. Diepe putten worden momenteel gebruikt om de ondergrondse zoetwatervoorraad te benutten in tijden van overbrugging, maar veel van deze diepe putten zijn verziltingsgevoelig, waardoor de gewenste overbrugging van drie maanden niet wordt gehaald.

Winning en ontzilting van brakwater kan zorgen voor een extra, hoogwaardige en continue zoetwaterbron om de groei in de watervraag op te vangen, maar kan door het 'Freshkeeper-effect' ook ervoor zorgen dat de diepe winningen veel minder verziltingsgevoelig zijn, waardoor langere overbruggingsperioden mogelijk worden. Op pompstation Scheveningen zal een veldpilot uitgevoerd worden, waarbij de volgende primaire doelen aangehouden:

- Aantonen dat brakwater een duurzame bron van drinkwater kan zijn voor Dunea. We hebben het dan over duurzame onttrekking (zonder onacceptabele effecten op de omgeving, gedurende 50 jaar) en een duurzame zuivering (geringe fluctuaties in zoutgehalte over de duur van de winning).
- Aantonen dat de strategische zoetwaterreserve (de zoetwaterbel) wordt vergroot door brakwaterwinning.

1.1 Aanpak pilot

De pilot beslaat een periode van 3 jaar, opgedeeld in de volgende vier fasen:

1.1.1 BRAKWATERWINNING (2 JAAR)

De eerste twee jaar wordt continue brak grondwater onttrokken met de onttrekkingsfilters. Het uitgangspunt is dat dit zal gebeuren met een totaal debiet van 50 m³/h. De verwachting is dat het zoet-brak grensvlak door deze brakwaterwinning zal verdiepen.

1.1.2 OVERBRUGGING (3 MAANDEN)

In het begin van het derde jaar wordt gedurende drie maanden een overbrugging gesimuleerd. Hierbij wordt zoet grondwater gewonnen met het overbruggingsfilter. Het uitgangspunt is dat dit zal gebeuren met een debiet van 50 m³/h. De verwachting is dat het zoet-brak grensvlak door deze onttrekking ondieper zal worden. De brakwaterwinning wordt in deze periode tijdelijk uitgeschakeld om de invloed van enkel de overbrugging op het zoet-brak grensvlak te toetsen.

1.1.3 BRAKWATERWINNING (6 MAANDEN)

Na deze overbrugging wordt de zoete winning uitgeschakeld en de brakwaterwinning weer ingeschakeld (i.e. vergelijkbaar met de eerste fase). De verwachting is dat het zoet-brak grensvlak weer zal verdiepen en dus zal herstellen na de overbrugging. Omdat met meerdere filters wordt onttrokken, kan flexibel worden ingespeeld op het verdiepen van de zoet-brak grens. Gedurende deze periode van in totaal 6 maanden, kan het debiet tijdelijk worden verhoogd tot maximaal 100 m³/h gedurende een periode van maximaal 3 maanden. Deze verhoging van de brakwaterwinning zal in de praktijk enkel worden toegepast als het zoet-brak grensvlak zich niet tijdig herstelt om de tweede overbrugging mogelijk te maken (zie hieronder).

1.1.4 OVERBRUGGING ÉN BRAKWATERWINNING (3 MAANDEN)

Aan het eind van het derde jaar wordt gedurende drie maanden een tweede overbrugging gesimuleerd. Hierbij wordt zoet grondwater gewonnen met een debiet van 50 m³/h. Om te onderzoeken of brakwaterwinning ervoor kan zorgen dat het grensvlak tussen zoet en brak grondwater de invloed van de brakwaterwinning op het zoet-brak grensvlak te testen wordt de brakwaterwinning in deze periode ingeschakeld op 12,5 m³/h (¼ van het windebiet).

1.2 Ontwerp pilot

In dit document wordt het beoogde ontwerp van het puttenveld uitvoerig beschreven. In het volgende hoofdstuk is een overzicht gegeven van de win- en meetlocaties, en in de daarop volgende hoofdstukken is de dimensionering van de individuele putten zo nauwkeurig mogelijk beschreven. De win- en monitoringsvoorzieningen moeten in elk geval worden geplaatst in de beoogde putten, maar de boorfirma is vrij om met eigen advies en inbreng te komen aangaande bijvoorbeeld de boormethoden en boorgatdiameters indien dit zo aangegeven is in het ontwerp.

Voor dit ontwerp zijn verschillende uitgangspunten genomen waar men op terug kan vallen:

- BRL Protocol 21001(SIKB 2018): <https://www.sikb.nl/bodembeheer/richtlijnen/brl-2100>
- KWR PCD 13-2 Praktijkcode winning, ontwerp (Van der Schans & Meerkerk 2019): <https://library.kwrwater.nl/publication/60518580/>
- KWR PCD 13-3 Praktijkcode winning, aanleg (Van der Schans et al, in prep.).
- KWR 2020.117 – COASTAR. Brakwaterwinning duingebied: Opzet Pilot Dunea (Van Dooren et al., in prep.).
- Effectenstudie Brakwaterwinning Pilot – D10008928: Beschikbaar op aanvraag

1.3 Kennisprogramma COASTAR

Dit onderzoek is onderdeel van het kennisprogramma COASTAR “Zout op afstand, zoet op voorraad. Grootschalige zoetwatervoorziening door slim gebruik van de ondergrond.” Het kennisprogramma wordt uitgevoerd door kennisinstellingen Deltares en KWR en adviesbureau Arcadis, in samenwerking met het bedrijfsleven en overheden in Zuid-Holland.

COASTAR richt zich op grootschalige zoetwatervoorziening door slim gebruik van de ondergrond. Zoetwateropslag in de ondergrond overbruggt het verschil in tijd en ruimte tussen watervraag en wateraanbod. Tegelijkertijd bestrijdt COASTAR de toenemende verzilting door brak grondwater af te vangen en in te zetten voor de productie van zoetwater. Partners in Zuid-Holland ontwikkelen samen COASTAR-oplossingen, van idee naar pilots naar toepassingen. Watergebruikers, waterbeheerders, drinkwaterproducenten, bedrijfsleven, overheid en kennisinstututen hebben hun krachten gebundeld om zoetwaterschaarste, wateroverlast en verzilting aan te pakken.

Het idee voor COASTAR ontstond in 2016. In 2017 en 2018 is de technische haalbaarheid verkend en nu werken we toe naar de start van praktijktesten in 2021. Op vier locaties in Zuid-Holland worden COASTAR-maatregelen verder uitgewerkt – technisch, hydrologisch, beleidsmatig en economisch. Het kennisprogramma ondersteunt het Deltaprogramma Zoetwater door het ontwikkelen van concrete maatregelen voor het veiligstellen van de zoetwatervoorziening in laag-Nederland. Het kennisprogramma COASTAR wordt mede ondersteund door de Topsector Water & Maritiem. Voorliggend onderzoek maakt onderdeel uit van het COASTAR onderzoek ‘brakwaterwinning polders’.

2 Overzicht win- en meetlocaties

De pilot Brakwaterwinning vindt plaats bij pompstation Scheveningen. Een bovenaanzicht van de pilotlocatie is gegeven in Figuur 2-1. De keuze voor pompstation Scheveningen is beschreven in KWR 2020.117 en heeft met name te maken met het feit dat deze locatie goed toegankelijk is en alle voorzieningen voorhanden zijn. PB4 is reeds gerealiseerd op de aangegeven locatie door middel van een proefboring, waarbij informatie is gekregen over de bodemopbouw en de verdeling van zoet, brak en zout grondwater in de ondergrond bij de pilotlocatie.

Een dwarsdoorsnede door de puttenlijn PB3 - PB1 - OP2 - OP1 - PB2 - PB4 is gegeven in Figuur 2-3 en een doorsnede door putten PB5 – ERT3 – OP2 – ERT4 – PB6 is gegeven in Figuur 2-4. De laagopbouw en de verdeling van zoet en zout grondwater die zijn weergegeven in deze figuren, zijn gebaseerd op de bodemopbouw en waterkwaliteitsmetingen die zijn uitgevoerd bij de proefboring van PB4. De gewenste inrichting van de putten (zoals filterstelling) is gebaseerd op de informatie die is verkregen met deze proefboring, en is daarmee een benadering. De exacte inrichting moet in het veld nader worden bepaald zodra de boringen van de verschillende putten de einddiepte hebben bereikt. Met name in het traject waar winfilters worden geplaatst is er nog enige onzekerheid over de aanwezigheid, diepte, dikte, en weerstand van kleilagen. In de volgende hoofdstukken wordt nader ingegaan op de specificaties van de putten zoals deze op het moment van schrijven worden beoogd. Deze specificaties kunnen nog onderhevig zijn aan veranderingen op basis van voorbereidende overleggen met de boorfirma of op basis van waarnemingen in het veld tijdens de boring.

Omdat er voor de doeleinden van de pilot meerdere individuele winfilters moeten worden geïnstalleerd in de winputten, is het niet mogelijk om OP1 en OP2 te combineren in één boorgat. Voor de pilot worden daarom twee winputten beoogd (OP1 en OP2). De eerste winput (OP1) bestaat uit twee winfilters die benodigd zijn voor de simulatie van een overbrugging. De tweede winput (OP2) moet uit drie verschillende winfilters bestaan die benodigd zijn voor de brakwaterwinning. Deze filters moeten allen individueel aan te sturen zijn om zoveel mogelijk flexibiliteit te hebben met de te onttrekken waterkwaliteit. Daarnaast moeten er diverse monitoringsvoorzieningen in het boorgat van de winputten worden geplaatst. De beoogde dimensionering van deze winputten is beschreven in hoofdstuk 3 en 4.

Op verschillende afstanden rondom deze winputten worden waarnemingsputten geplaatst met verschillende typen meetapparatuur die het mogelijk maken om de dynamiek van het zoete, brakke, en zoute grondwater te monitoren. De beoogde dimensionering van deze waarnemingsputten is beschreven in hoofdstuk 5.

Daarnaast zijn er voor de monitoringsdoeleinden van de pilot enkele aanvullende generieke eisen en wensen aangaande de afwerking van de put, welke zijn beschreven in hoofdstuk 6.

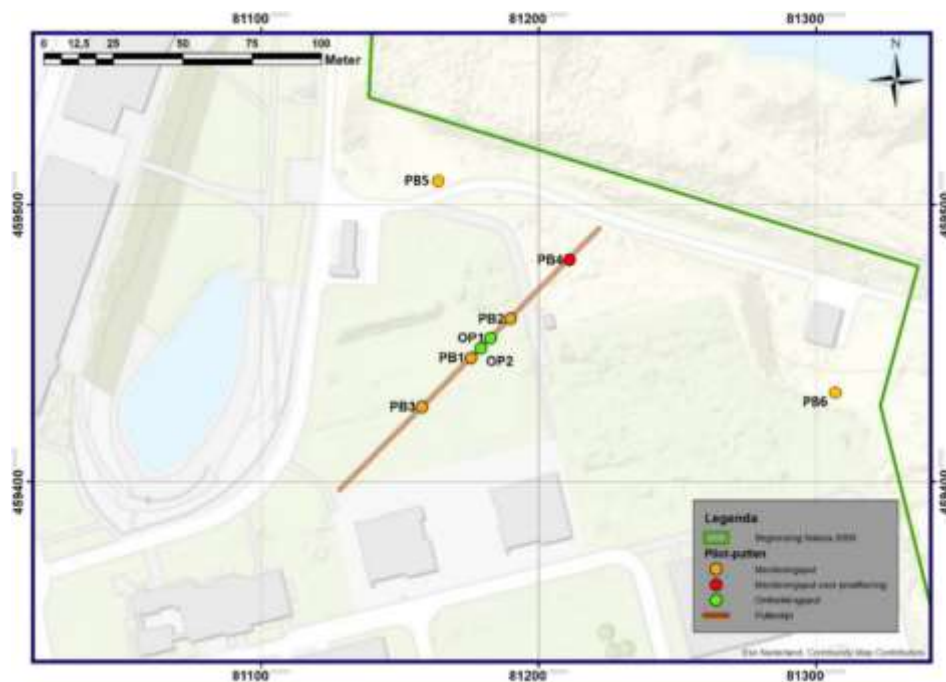
Waarnemingsputten PB1 t/m 4 hebben relatief veel waarnemingsfilters omdat hier tijdens de pilot de meeste en snelste veranderingen op zullen treden qua grondwaterkwaliteit. Om dit goed te kunnen monitoren zijn veel filters op verschillende dieptes rond het zoet/zou grensvlak benodigd. De lijn van de waarnemingsputten die direct rondom de beoogde winputten staan (PB1 t/m 4), staat parallel aan de kust en aan de verwachte globale grondwaterstroming. De grondwaterstroming in het winpakket voor brakwater is volgens de beschikbare informatie (NHI en effectenstudie Arcadis) beperkt, dus de oriëntatie van de puttenlijn zal wat dat betreft niet kritiek zijn. Wel is duidelijk dat de locatie in de overgang zit van een relatief diepe zoetwaterlens in het noordoosten naar een relatief ondiepe zoetwaterlens in het zuidwesten (volgens Sky-TEM metingen en langjarige monsternames in het duin). Vanuit dat oogpunt is het een goede keuze om parallel aan deze richting de waarnemingsputten te realiseren dichtbij de winning. Dit biedt tevens de meeste ruimte op de pilotlocatie, omdat putten eenvoudiger over een grotere afstand verdeeld kunnen worden.

Waarnemingsputten PB1 t/m 4 komen tot 45 meter afstand van OP1 en 2 te staan. Daarnaast zijn er reeds een aantal nuttige diepe monitortingsputten aanwezig in de omgeving van de pilot op een afstand van 150-600 meter. Om ook tussen 45 en 150 meter afstand tot OP1 en 2 de effecten van de beoogde brakwaterwinning te beoordelen, zijn aanvullende putten gewenst. In Figuur 2-1 zijn de locaties voor aanvullende waarnemingsputten PB5 en PB6 gegeven, rekening houdend met de reeds aanwezige infrastructuur:

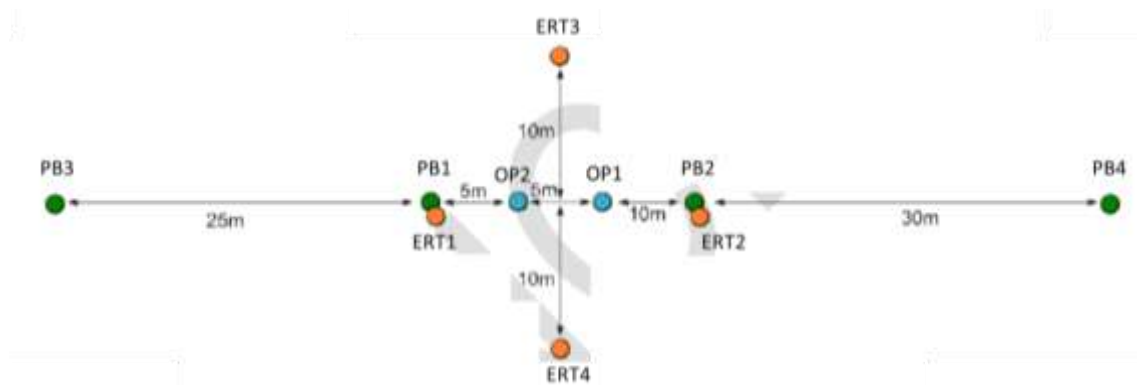
- PB5 = ca. 70 meter ten noordnoordwesten van OP, op de lijn naar de reeds aanwezige waarnemingsput WP HN;
- PB6 = ca. 120 meter ten oosten van OP, op de lijn naar de al aanwezige waarnemingsput WP HO;

Met deze oriëntatie kan ook dwars op de puttenlijn worden gemonitord. Deze waarnemingsputten hebben minder waarnemingsfilters omdat de veranderingen die zullen optreden tijdens de pilot minder significant zullen zijn.

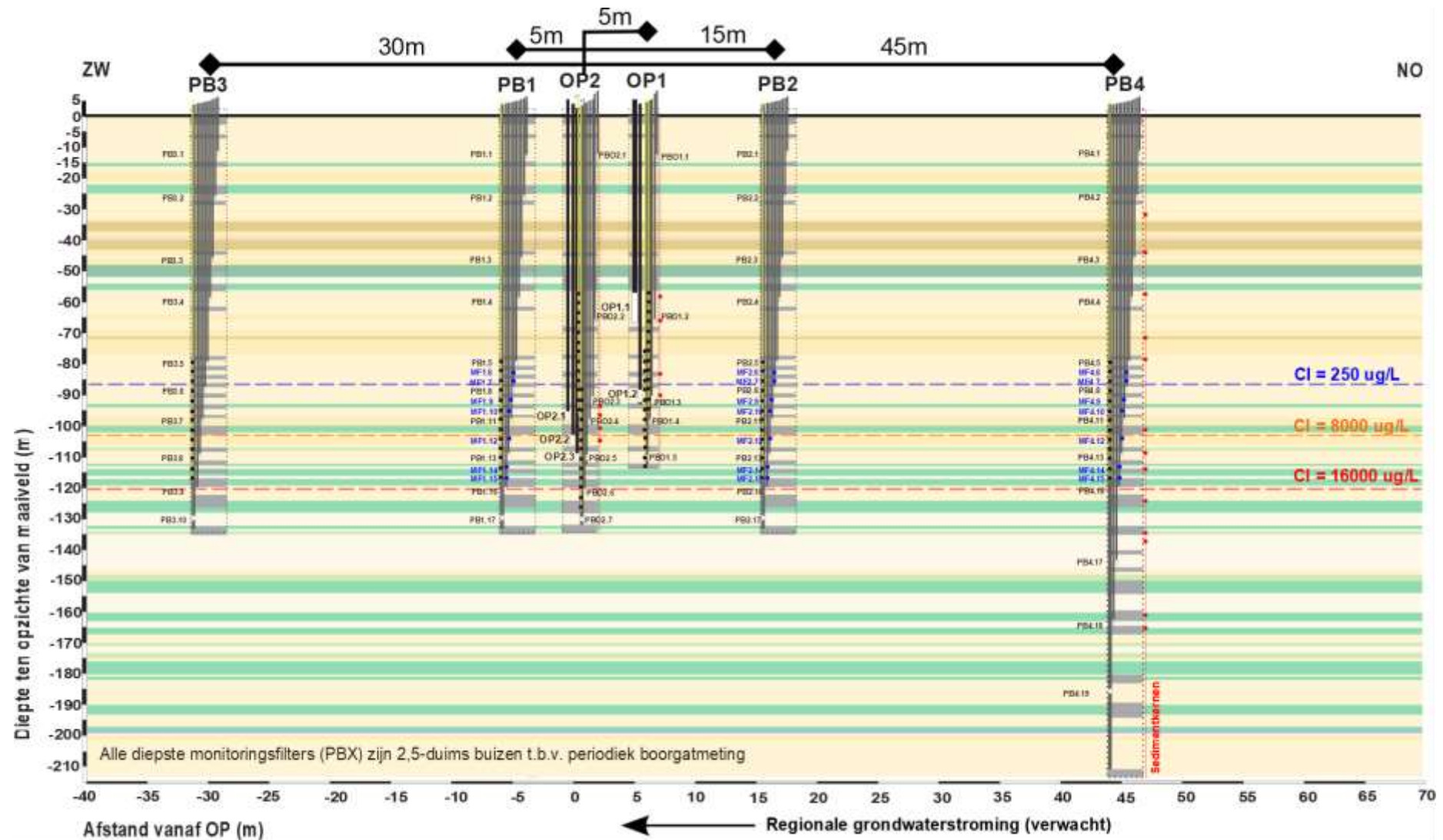
Naast deze waarnemingsputten zal zeer waarschijnlijk een aanvullend monitoringsnetwerk met de Crosshole-ERT techniek worden gerealiseerd in overleg met Deltares, waarmee direct rondom de winputten de verdeling van zoet, brak en zout grondwater nauwkeurig kan worden gemonitord. Hiervoor zijn vier meetkabels nodig (ERT1 t/m 4; Figuur 2-2). ERT1 en 2 zullen in dat geval worden geïnstalleerd in PB1 en PB2. Voor ERT3 en ERT4 zijn twee aanvullende boringen vereist.



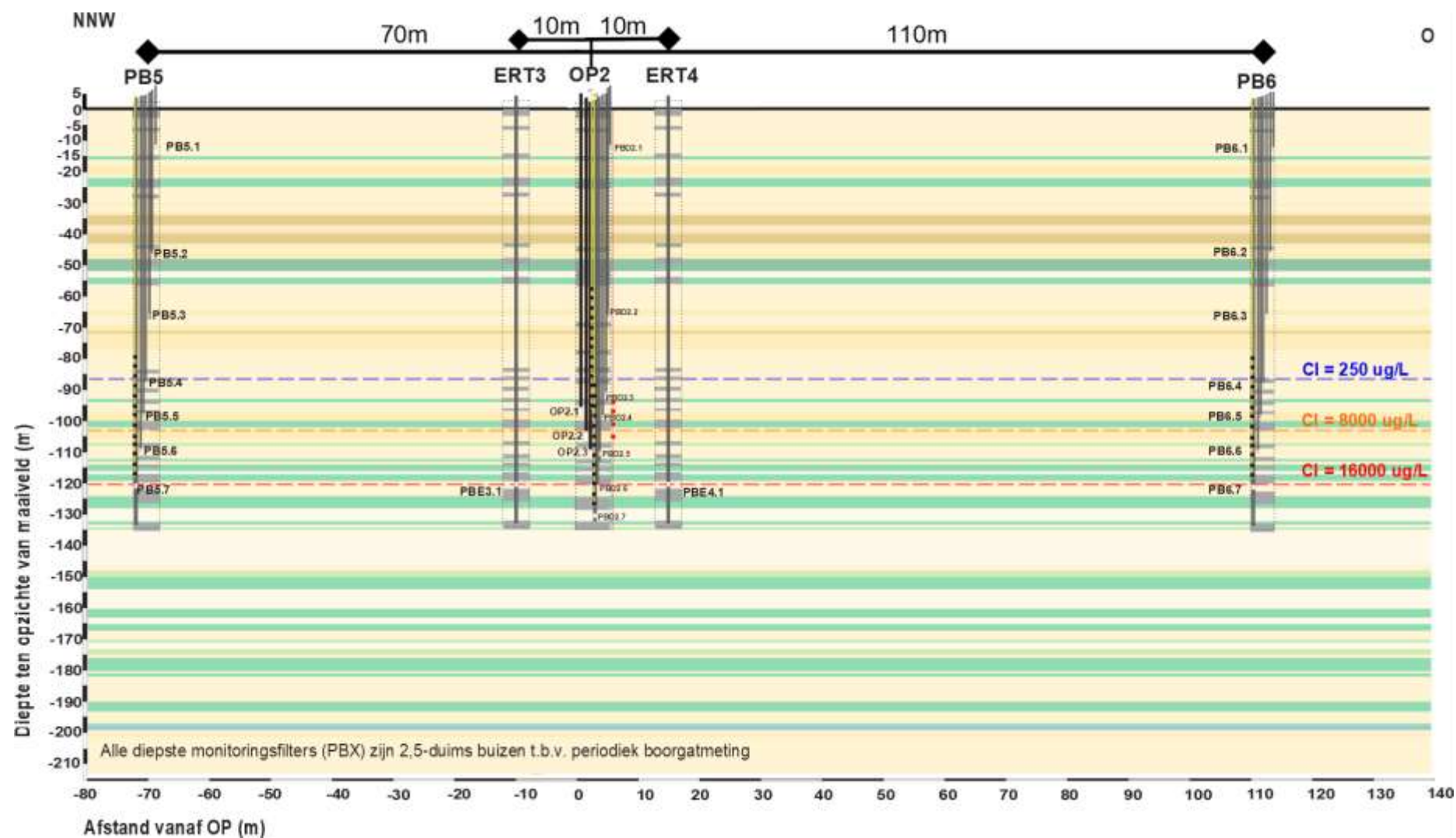
Figuur 2-1: Boveenaanzicht van de pilotlocatie, met daarin de winputten 'OP', en omliggende waarnemingsputten (PB1 t/m PB6).



Figuur 2-2: Conceptueel overzicht van het Crosshole-ERT netwerk dat zeer waarschijnlijk zal worden geïnstalleerd (oranje punten), t.o.v. de overige geplande win- en waarnemingsputten (OP1, OP2 en PB1 t/m 4).



Figuur 2-3: Dwarsdoorsnede (ZW – NO) langs de beoogde puttenlijn van de pilot brakwaterwinning. PB4 is reeds gerealiseerd. Peilbuizen zijn weergegeven als grijze buizen met witte filters op de einddiepte, minifilters als blauwe blokjes en letters, zoutwachterkabels als gele lijnen (met elektrodeparen als zwarte blokjes, diepte-intervallen zijn slechts indicatief), en dieptes van waar sedimentkernen zijn/moeten worden genomen als rode stippen. De achtergrond laat zien hoe de bodemopbouw ter plaatse van de reeds gerealiseerde waarnemingsput PB4 is. Dieptes van filters zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boringen. De glasvezelkabels in OP1 en OP2 en de Crosshole-ERT kabels in PB1 en PB2 zijn nog niet weergegeven in dit overzicht, maar worden in de volgende secties nader toegelicht.



Figuur 2-4: Dwarsdoorsnede (NNW – O, met knikpunt in OP). Peilbuizen zijn weergegeven als grijze buizen met witte filters op de einddiepte, zoutwachterkabels als gele lijnen (met elektrodeparen als zwarte blokjes; diepte-intervallen zijn slechts indicatief), en dieptes van waar sedimentkernen zijn of moeten worden genomen als rode stippen. De achtergrond laat zien hoe de bodemopbouw ter plaatse van de reeds gerealiseerde waarnemingsput PB4 is. Dieptes van filters zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boringen. De glasvezelkabel in OP2 en de Crosshole-ERT kabels in ERT3 en ERT4 zijn nog niet weergegeven in dit overzicht, maar worden in de volgende secties nader toegelicht.

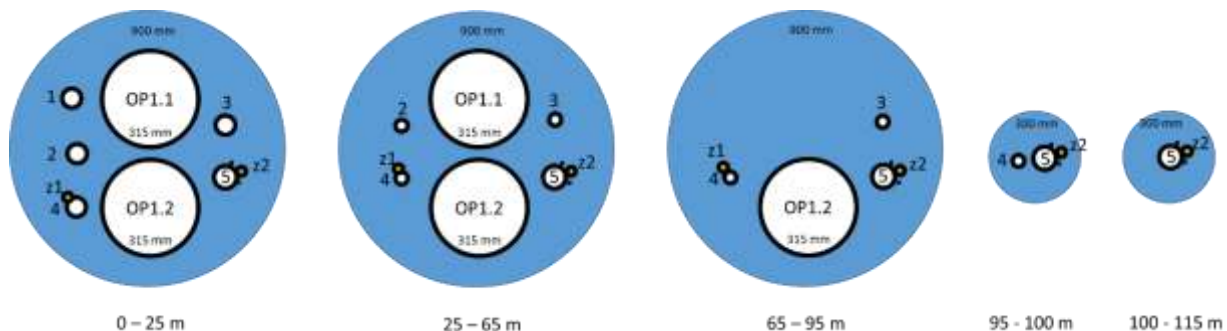
3 Dimensionering Winput OP1

Boormethode: In principe zuig- en luchtliftboring, i.v.m. grote boorgatdiameter.

Boorgatdiameter: Zie voorbeeld in Figuur 4-1

- 900 of 1000 mm vanaf maaiveld tot ca. 93 m-mv
- 300 of 400 mm tussen 93 en 115 m-mv

Einddiepte: ca. 115 m-mv



Figuur 3-1: Indicatieve horizontale doorsnede door OP1 op verschillende diepte-intervallen (zie onderschriften, indicatief). De cijfers 1 t/m 5 hebben betrekking op de peilbuizen in de omstorting van OP1. De zoutwachters zijn weergegeven in oranje met z1 en z2. De twee uiteindes van de glasvezelkabel zijn weergegeven als twee rode stippen tegen PBO1.5. PBO1.1 kan eventueel separaat buiten het boorgat worden geplaatst.

De boorgatdiameter en diameters van winfilters zijn in overleg met Pieter Dammers (Dunea) zodanig gekozen dat:

- De capaciteit van de winput, welke conform de PCD 13-2 is gebaseerd op de formule van Huisman en is geschat in Tabel 3-4 uitgaande van de bodemopbouw t.p.v. PB4, door het relatief korte gewenste filtertraject van winfilter OP1.2 kan worden geoptimaliseerd met een relatief grote boorgatdiameter.
- De diameter van de filterbuis zodanig is dat er een pomp met de benodigde capaciteit in past.
- Er een omstorting is van minimaal $((900 - 630)/2 =)$ 135 mm tot maximaal $((900-315)/2 =)$ 292 mm rondom de winfilters. Volgens PCD 13-2 heeft de omstorting normaal gesproken een dikte van 150 – 300 mm. Doordat de 2 filterbuizen minder ruimte innemen dan een reguliere enkele stijgbuis kan in dit geval volstaan worden met een iets kleinere minimale omstorting dan normaal gesproken.

3.1 Winfilters OP1.1 en OP1.2

Winfilter OP1.1 is benodigd om zoet grondwater te kunnen onttrekken. Dit zal tijdens de pilot tweemaal voor een periode van ongeveer 3 maanden worden gedaan. Winfilter OP1.2 is benodigd om het grensvlak tussen zoet en brak grondwater na de simulatie van een overbrugging weer te herstellen door middel van een diepere winning van brak grondwater, en kan tijdens de bedrijfsvoering van de brakwaterwinning worden aangewend om relatief zoeter water te onttrekken. Zodoende zal putfilter OP1.2 onderhevig zijn aan waterkwaliteitsveranderingen (zoet/brak).

Tabel 3-1: Specificaties van winningfilters in OP1. Filterdieptes en -lengtes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

	OP1.1	OP1.2
Diameter filter & stijgbuis	315 mm	315 mm
Filtertraject	ca. 55 tot 65 m-mv	ca. 88 tot 92 m-mv
Lengte filter	10 meter	4 meter
Schatting van capaciteit (zie Tabel 3-4)	ca. 59 m3/u	ca. 23 m3/u

3.2 Monitoringsapparatuur OP1

Waarnemingsfilters

In OP1 moeten vijf waarnemingsfilters worden geplaatst waarmee de grondwaterkwaliteit kan worden bemonsterd en waarin eventueel CTD-loggers kunnen worden geplaatst. De specificaties van de gewenste filters zijn opgenomen in Tabel 3-2. PBO1.1 kan eventueel ook separaat direct buiten het boorgat worden geplaatst, daar dit een freatisch filter betreft.

Tabel 3-2: Specificaties van waarnemingsfilters in OP1. Dieptes van filters zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

Filter	Bovenkant filter	Onderkant filter	Lengte filter	Einddiepte buis	Diameter peilbuis	Opmerking
	m-mv	m-mv	m	m-mv	mm (buiten/binnen)	
PBO1.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. pomp en CTD-loggers
PBO1.2	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. pomp t.b.v. CTD-loggers
PBO1.3	91,5	92,5	1	92,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. pomp t.b.v. CTD-loggers
PBO1.4	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. pomp t.b.v. CTD-loggers
PBO1.5	109,5	110,5	1	115	75/67 (volledige diepte)	t.b.v. boorgatmeting

Zoutwachterkabels

In OP1 moeten twee reguliere zoutwachterkabels geplaatst worden waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. De uiteindes van de zoutwachters komen boven maaiveld uit, en worden met een connector afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze kabels zijn opgenomen in Tabel 3-3. De kabels bevatten 13 elektrodeparen, waarvan de bovenste drie van de diepe zoutwachterkabel overlap hebben met de onderste drie elektrodeparen van de ondiepe zoutwachterkabel. Een standaard kabel met 13 elektrodeparen is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. De zoutwachterkabels worden door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

Tabel 3-3: Specificaties van zoutwachterkabels in OP1. Dieptes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

	Twee standaard zoutwachterkabels	
	Zoutwachterkabel 1	Zoutwachterkabel 2
Bevestiging	aan OP1.2 of PBO1.4	aan PBO1.5
Aantal elektrodeparen	13	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 59 m-mv	ca. 79 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 95 m-mv	ca. 115 m-mv
Totale lengte	100 m (ondergronds) + 15 m overlengte	130 m (ondergronds) + 15 m overlengte

Glasvezelkabel

Om eventuele verticale kortsluitstroming in het boorgat van OP1 te monitoren, zal een glasvezelkabel worden geïnstalleerd. De specificaties van een dergelijke kabel worden overlegd met Dunea. De glasvezelkabel dient te worden bevestigd als 'lus' aan de diepste peilbuis PBO1.5. De lus bevindt zich op de einddiepte, en de twee uiteindes van de kabel komen boven maaiveld uit en worden afgemonteerd met een connector. De boorfirma installeert deze kabel samen met de leverancier en onder toezicht van KWR/Dunea.

3.3 Sedimentkernen

Tijdens de proefboring bij PB4 zijn een aantal ongeroerde steekkernen van 1 meter genomen ten behoeve van geochemische analyses en mogelijke experimenten. Van een aantal diepte-intervallen zijn bij de proefboring geen steekkernen genomen. Zodra de bodemopbouw bij PB1 en PB2 duidelijk is, zullen de diepte-intervallen worden bepaald voor aanvullende ongeroerde steekkernen van 1 meter die kunnen worden genomen tijdens het boren van OP1 en OP2. Voor OP1 zal dit circa 4 kernen op ca. 50-100 m-mv betreffen. Of, en zo ja waar, steekkernen in de winputten worden genomen zal in de komende periode worden besproken.

De kernen moeten worden afgedopt met paraffine en zuurstofloos en gekoeld bewaard blijven om intrede van zuurstof te voorkomen. Het materiaal van de kern moet tevens impermeabel zijn.

3.4 Schatting van putcapaciteiten

De capaciteiten van de winfilters zijn conform de PCD 13-2 gebaseerd op de formule van Huisman en zijn geschat in Tabel 3-4 uitgaande van de bodemopbouw t.p.v. PB4. Voor de winfilters van OP1 is een boorgatdiameter van 900 mm aangenomen.

Tabel 3-4: Schatting van de capaciteiten van de verschillende winfilters van zowel OP1 als OP2.

		OP1		OP2			
		OP1.1	OP1.2	OP2.1	OP2.2	OP2.3	
Filterstelling	Eenheid						
Bovenkant	m-mv	-55	-88	-95	-103	-109	Best fit (iets anders dan in effectenstudie)
Onderkant	m-mv	-65	-92	-99	-106	-111	Best fit (iets anders dan in effectenstudie)
Lengte	m	10	4	4	3	2	
Boorgat	Eenheid						
Diameter	mm	900	900	1000	1000	1000	
Oppervlakte boorgatwand	m ²	28.3	11.3	12.6	9.4	6.3	
Capaciteit	Eenheid						
K-waarde	m/d	26.5	24.3	24.3	24.3	24.3	Best guess (cf. effectenstudie)
Vmax (Huisman, 0.5*Sichardt)	m/u	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	
Qmax	m ³ /u	59	23	25	19	13	
Qmax	m ³ /d	1426	546	607	455	303	
		OP1.1	OP1.2	OP2			
Qmax	m³/u	59	23	57			
		Totaal zoet		Totaal brak			
Qmax	m³/u	59		80			

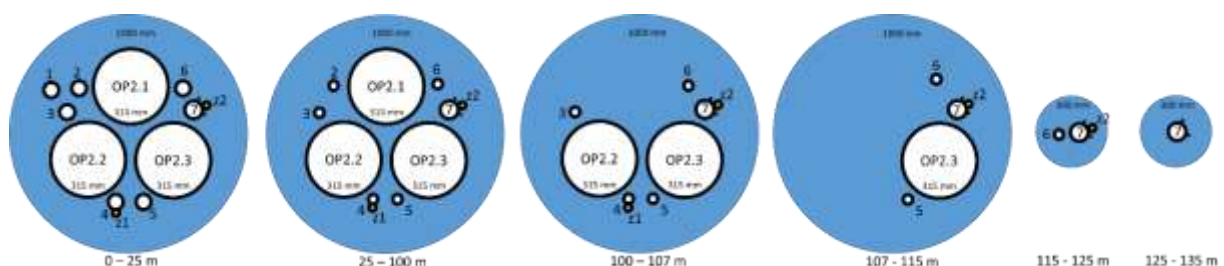
4 Dimensionering Winput OP2

Boormethode: In principe zuig- en luchtliftboring, i.v.m. grote boorgatdiameter.

Boorgatdiameter: Zie voorbeeld in Figuur 4-1;

- 1000 mm vanaf maaiveld tot ca. 115 m-mv
- 300 of 400 mm tussen 115 en 135 m-mv

Einddiepte: ca. 135 m-mv



Figuur 4-1: Horizontale doorsnede door OP2 op verschillende diepte-intervallen (zie onderschriften, indicatief). De cijfers 1 t/m 7 hebben betrekking op de peilbuizen in de omstorting van OP2. De zoutwachters zijn weergegeven in oranje met z1 en z2. De twee uiteindes van de glasvezelkabel zijn weergegeven als twee rode stippen tegen PBO2.7. PBO1.1 kan eventueel separaat buiten het boorgat worden geplaatst.

De boorgatdiameter en diameters van winfilters zijn in overleg met Pieter Dammers (Dunea) zodanig gekozen dat:

- De capaciteit van de winput, welke conform de PCD 13-2 is gebaseerd op de formules van Huisman en is geschat in Tabel 3-4 uitgaande van de bodemopbouw t.p.v. PB4, door het relatief korte gewenste filtertraject van de winfilters kan worden geoptimaliseerd met een relatief grote boorgatdiameter.
- De diameter van de filterbuis zodanig is dat er een pomp met de benodigde capaciteit in past.
- Er een omstorting is van minimaal $((1000 - 630)/2 =)$ 185 mm tot maximaal $((1000-315)/2 =)$ 342 mm rondom de winfilters. Volgens PCD 13-2 heeft de omstorting normaal gesproken een dikte van 150 – 300 mm. Doordat de 3 filterbuizen minder ruimte innemen dan een reguliere enkele stijgbuis kan in dit geval volstaan worden met een iets kleinere minimale omstorting dan normaal gesproken.

4.1 Winfilters OP2.1, OP2.2 en OP2.3

De drie winfilters zijn benodigd om brak grondwater te onttrekken en de zoetwaterlens te verdiepen. Deze filters moeten individueel aangestuurd kunnen worden zodat er optimale flexibiliteit is in de zoutconcentratie van het onttrokken brakke grondwater, en in het sturen van de zoetwaterlens.

Tabel 4-1: Specificaties van winfilters in OP2. Filterdieptes en -lengtes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

	OP2.1	OP2.2	OP2.3
Diameter filter & stijgbuis	315 mm	315 mm	315 mm
Filtertraject	ca. 95 tot 99 m-mv	ca. 103 tot 106 m-mv	ca. 109 tot 111 m-mv
Lengte filter	4 meter	3 meter	2 meter
Schatting van capaciteit (zie Tabel 3-4)	ca. 25 m ³ /u	ca. 19 m ³ /u	ca. 13 m ³ /u

4.2 Monitoringsapparatuur OP2

Waarnemingsfilters

In OP2 moeten zeven waarnemingsfilters worden geplaatst waarmee de grondwaterkwaliteit kan worden bemonsterd en waarin eventueel CTD-loggers kunnen worden geplaatst. De specificaties van de gewenste filters zijn opgenomen in Tabel 4-2. PBO1.1 kan eventueel ook separaat direct buiten het boorgat worden geplaatst, daar dit een freatisch peilbuisfilter betreft.

Tabel 4-2: Specificaties van waarnemingsfilters in OP2. Dieptes van filters zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

Filter	Bovenkant filter	Onderkant filter	Lengte filter	Einddiepte buis	Diameter peilbuis	Opmerking
	m-mv	m-mv	m	m-mv	mm (buiten/binnen)	
PBO2.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBO2.2	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.3	91,5	92,5	1	92,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.4	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.5	109,5	110,5	1	110,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.6	120	121	1	121	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.7	129,5	130,5	1	135	75/67 (volledige diepte)	t.b.v. boorgatmeting

Zoutwachterkabels

In OP2 moeten twee reguliere zoutwachterkabels geplaatst worden waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. De uiteindes van deze zoutwachters komen boven maaiveld uit, en worden met connectoren afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze kabels zijn opgenomen in Tabel 4-3. De kabels bevatten 13 elektrodeparen, waarvan de bovenste drie elektrodeparen van de diepe zoutwachterkabel overlap hebben met de onderste drie elektrodeparen van de ondiepe zoutwachterkabel. Een standaard kabel met 13 elektrodeparen is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. De zoutwachterkabels worden door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

Tabel 4-3: Specificaties van zoutwachterkabels in OP2. Dieptes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

	Twee standaard zoutwachterkabels	
	Zoutwachterkabel 1	Zoutwachterkabel 2
Bevestiging	aan OP2.3 of PBO2.4	aan PBO.7
Aantal elektrodeparen	13	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 59 m-mv	ca. 89 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 95 m-mv	ca. 125 m-mv
Totale lengte	100 m (ondergronds) + 15 m overlengte	130 m (ondergronds) + 15 m overlengte

Glasvezelkabel

Om eventuele verticale kortsluitstroming in het boorgat van OP2 te monitoren, zal een glasvezelkabel worden geïnstalleerd. De specificaties van een dergelijke kabel worden overlegd met Dunea. De glasvezelkabel dient te worden bevestigd als 'lus' aan de diepste peilbuis PBO2.7. De lus bevindt zich op de einddiepte, en de twee uiteindes van de kabel komen boven maaiveld uit en worden afgemonteerd met een connector. De boorfirma installeert deze kabel samen met de leverancier en onder toezicht van KWR/Dunea.

4.3 Sedimentkernen

Zie ook sectie 3.3. Tijdens het boren van OP2 moeten circa 4 sedimentkernen worden genomen op ca. 90-110 m-mv, te bepalen aan de hand van de boringen van PB1 en PB2.

4.4 Schatting van putcapaciteiten

De capaciteiten van de winfilters zijn conform de PCD 13-2 gebaseerd op de formule van Huisman en zijn geschat in Tabel 3-4 in paragraaf 3.4, uitgaande van de bodemopbouw t.p.v. PB4. Voor de winfilters van OP2 is een boorgatdiameter van 1000 mm aangenomen.

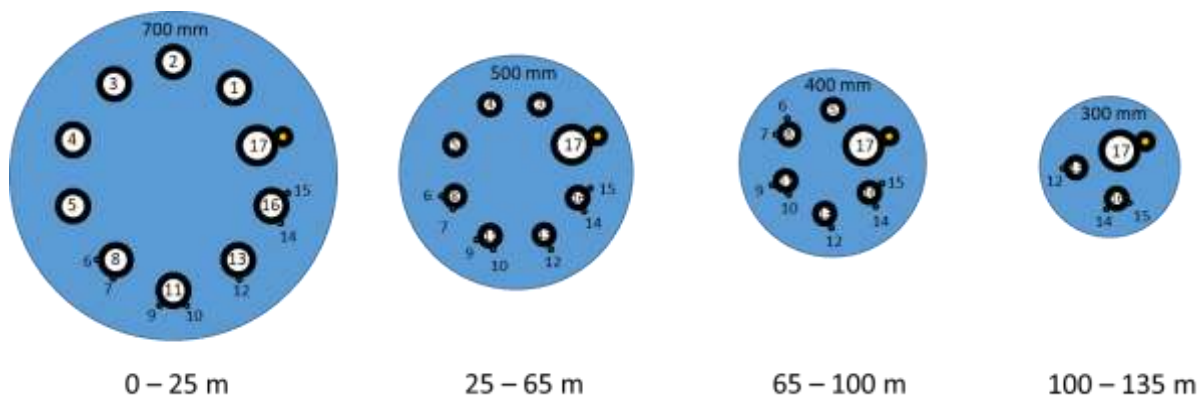
5 Dimensionering Waarnemingsputten

5.1 Waarnemingsputten PB1 en PB2

Boormethode: In principe zuig- en luchtliftboring, omdat er met de gewenste monitoringsapparatuur vermoedelijk een grote boorgatdiameter benodigd is. Bovendien is het gewenst om een geofysische boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat bij het bereiken van de einddiepte (wat niet mogelijk is bij verbuisd boren). Daarnaast hebben de ERT metingen die mogelijk nog worden voorzien in deze putten weinig 'last' van het werkwater dat achterblijft bij een zuig- en luchtliftboring.

Boorgatdiameter: 700 mm vanaf maaiveld tot ca. 25 m-mv;
500 / 400 / 300 mm op grotere diepte (zie voorbeeld in Figuur 5-1).
Deze boorgatdiameters zijn slechts indicatief en zijn aan te passen o.b.v. de gewenste putinrichting en te handhaven putnormen.

Einddiepte: ca. 135 m-mv



Figuur 5-1: Horizontale doorsnede door PB1 en PB2 op verschillende diepte-intervallen (zie onderschriften, indicatief). De cijfers 1 t/m 17 hebben betrekking op de peilbuizen en minifilters. De zoutwachter is weergegeven in oranje tegen PBX.17. De minifilters zijn weergegeven als groene stippen tegen peilbuizen PBX.8, 11, 13 en 16. De Crosshole-ERT techniek is nog niet weergegeven in deze figuur.

Waarnemingsfilters

Zowel in PB1 als in PB2 zullen 10 reguliere peilbuisfilters worden geplaatst waarmee de grondwaterkwaliteit bemonsterd kan worden en waarin CTD-loggers geplaatst kunnen worden. Daarnaast zijn 7 minifilters gewenst om op specifiek dieptes te kunnen meten (zie separate memo over minifilters). Omdat PB1 en PB2 dichtbij de winning staan, zullen hier relatief gezien de snelste veranderingen optreden. Met minifilters kan op een specifiekere diepte de waterkwaliteit bemonsterd worden dan met peilbuizen, en minifilters beslaan minder ruimte (in diameter) in de put. De minifilters worden door de boorfirma en onder toezicht van KWR/Dunea geïnstalleerd aan diverse peilbuizen (zie voorbeeld in Figuur 41), en de dieptes van deze minifilters moeten corresponderen met de elektrodeparen van de te installeren zoutwachterkabel zodat deze geijkt kunnen worden aan de zoutconcentraties in het ambiënte grondwater. De dimensies van de waarnemingsfilters zijn opgenomen in Tabel 5-1.

Tabel 5-1: Specificaties van peilbuisfilters (PB) en minifilters (MF) in PB1 en PB2. Filterdieptes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

Filter	Bovenkant filter	Onderkant filter	Lengte filter	Einddiepte buis	Diameter peilbuis	Opmerking
	m-mv	m-mv	m	m-mv	mm (buiten/binnen)	
PBX.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBX.2	26	27	1	27	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBX.3	46	47	1	47	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.4	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.5	79,5	80,5	1	80,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
MFX.6	82,5	83,5	0.3	83,5	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
MFX.7	85,5	86,5	0.3	86,5	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
PBX.8	88,5	89,5	1	89,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
MFX.9	91,5	92,5	0.3	92,5	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
MFX.10	94,5	95,5	0.3	95,5	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
PBX.11	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
MFX.12	103,5	104,5	0.3	104,5	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
PBX.13	119,5	110,5	1	110,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
MFX.14	112,5	113,5	0.3	113,5	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
MFX.15	115,5	116,5	0.3	116,5	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
PBX.16	120	121	1	121	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.17	129,5	130,5	1	135	75/67 (volledige diepte)	t.b.v. boorgatmeting

Zoutwachterkabels

In zowel PB1 als PB2 moet één zoutwachterkabel geplaatst worden waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. Het uiteinde van de zoutwachter komt boven maaiveld uit, en wordt met een connector afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze kabel zijn opgenomen in Tabel 5-2. De kabel bevat 13 elektrodeparen en is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. PB1 en PB2 worden als eerste gerealiseerd, dus de levertijd van de zoutwachterkabels is met name voor deze putten cruciaal. De zoutwachterkabels worden door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

Tabel 5-2: Specificaties van zoutwachterkabels in PB1 en PB2. Dieptes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

	Standaard zoutwachterkabel
Bevestiging	aan PBX.17
Aantal elektrodeparen	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 80 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 116 m-mv
Totale lengte	120 m (ondergronds) + 15 m overlengte

Crosshole-ERT

Zeer waarschijnlijk wordt ook een Crosshole-ERT netwerk geïnstalleerd, waarbij twee ERT-kabels in putten PB1 en PB2 worden geplaatst ten behoeve van de monitoring van de dynamiek van zoet en zout grondwater. De implementatie van deze technieken wordt nog nader uitgewerkt door Deltares. Wel is bekend dat de Crosshole-ERT kabels die hiervoor benodigd zijn zeer waarschijnlijk gemaakt zijn van hoogwaardig roestvrij staal, en vergelijkbaar zijn met (maar wat fragieler zijn dan) standaard zoutwachterkabels. Een zorgvuldige installatie is dus zeer gewenst. De boorfirma wordt geacht om deze kabels, in overleg met en onder toezicht van Deltares en Dunea/KWR te installeren.

De Crosshole-ERT kabels zullen een einddiepte bereiken van ca. 130 m-mv en moeten tevens aan de diepste peilbuis PBX.17 worden geïnstalleerd. Omdat de zoutwachterkabel ook aan deze peilbuis wordt geïnstalleerd, is zorgvuldig werk zeer gewenst. De Crosshole-ERT kabel heeft een elektrodesectie van 80 meter (van 50 tot 130 m-mv) met een elektrodeafstand van ca. 1,67 m.

Glasvezelkabel

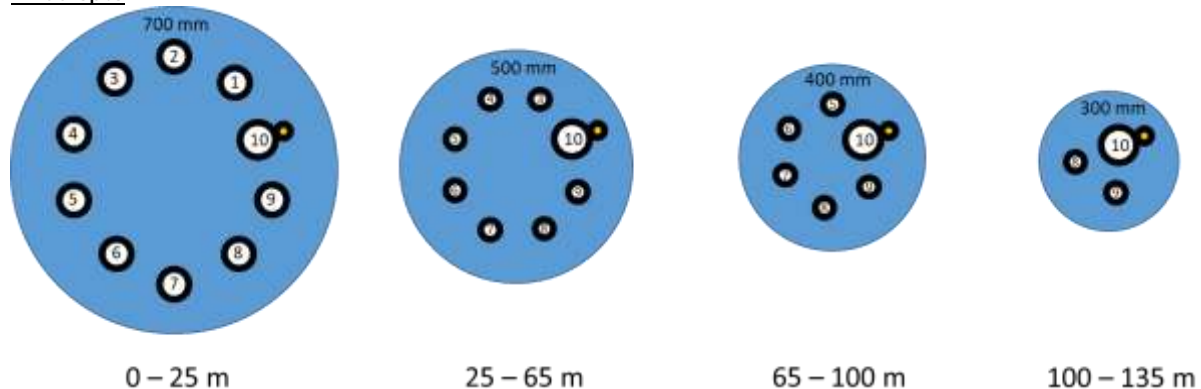
Om eventuele verticale kortsluitstroming in het boorgat PB1 en PB2 te monitoren, kan ook een glasvezelkabel worden geïnstalleerd. De specificaties van een dergelijke kabel worden overlegd met Dunea. Indien deze glasvezelkabel ook in PB1 en PB2 wordt geïnstalleerd, dient deze te worden bevestigd als 'lus' aan de diepste peilbuis PBX.17. De lus bevindt zich op de einddiepte, en de twee uiteindes van de kabel komen boven maaiveld uit en worden afgemonteerd met een connector.

5.2 Waarnemingsput PB3

Boormethode: In principe zuig- en luchtliftboring, omdat er met de gewenste monitoringsapparatuur vermoedelijk een grote boorgatdiameter benodigd is. Bovendien is het gewenst om een geofysische boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat bij het bereiken van de einddiepte (wat niet mogelijk is bij verbuisd boren).

Boorgatdiameter: 700 mm vanaf maaiveld tot ca. 25 m-mv;
500 / 400 / 300 mm op grotere diepte (zie voorbeeld in Figuur 5-1).
Deze boorgatdiameters zijn slechts indicatief en zijn aan te passen o.b.v. de gewenste putinrichting en te handhaven putnormen.

Einddiepte: ca. 135 m-mv



Figuur 5-2: Horizontale doorsnede door PB3 op verschillende diepte-intervallen (zie onderschriften, indicatief). De cijfers 1 t/m 10 hebben betrekking op de peilbuizen. De zoutwachter is weergegeven in oranje tegen PB3.10.

Waarnemingsfilters

Bij PB3 zijn geen minifilters benodigd omdat de waterkwaliteitsveranderingen daar minder significant zullen zijn dan bij PB1 en PB2. Wel moeten er reguliere peilbuisfilters worden geplaatst in PB3 om de waterkwaliteit te kunnen bemonsteren en om eventuele CTD-loggers te plaatsen. De specificaties hiervan zijn opgenomen in Tabel 5-3.

Tabel 5-3: Specificaties van waarnemingsfilters in PB3. Filterdieptes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

Filter	Bovenkant filter	Onderkant filter	Lengte filter	Einddiepte buis	Diameter peilbuis	Opmerking
	m-mv	m-mv	m	m-mv	mm (buiten/binnen)	
PBX.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBX.2	26	27	1	27	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBX.3	46	47	1	47	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.4	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.5	79,5	80,5	1	80,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.6	88,5	89,5	1	89,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.7	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.8	109,5	110,5	1	110,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.9	120	121	1	121	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.10	129,5	130,5	1	135	75/67 (volledige diepte)	t.b.v. boorgatmeting

Zoutwachterkabel

Ook in PB3 moet één zoutwachterkabel geplaatst worden waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. Het uiteinde van de zoutwachter komt boven maaiveld uit, en wordt met een connector afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze kabel zijn opgenomen in Tabel 5-4. De kabel bevat 13 elektrodeparen, en is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. De zoutwachterkabel wordt door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

Tabel 5-4: Specificaties van zoutwachterkabel in PB3. Dieptes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

	Standaard zoutwachterkabel
Bevestiging	aan PB3.10
Aantal elektrodeparen	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 80 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 116 m-mv
Totale lengte	120 m (ondergronds) + 15 m overlengte

5.3 Waarnemingsputten PB5 en PB6

Vanwege de grotere afstand van waarnemingsputten PB5 en PB6 tot de winningen, zullen veranderingen in het zoete, brakke en zoute grondwater relatief trager plaatsvinden vergeleken met de veranderingen bij PB1 t/m 4. Een relatief eenvoudige monitoring zal daarom volstaan.

Boormethode:

In principe zuig- en luchtliftboring, omdat er met de gewenste monitoringsapparatuur vermoedelijk een grote boorgatdiameter benodigd is. Bovendien is het gewenst om een geofysische boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat bij het bereiken van de einddiepte (wat niet mogelijk is bij verbuisd boren). Deze boringen kunnen in overleg met de boorfirma eventueel nog worden aangepast naar pulsborings.

Boorgatdiameter: 500 mm vanaf maaiveld tot ca. 65 m-mv.

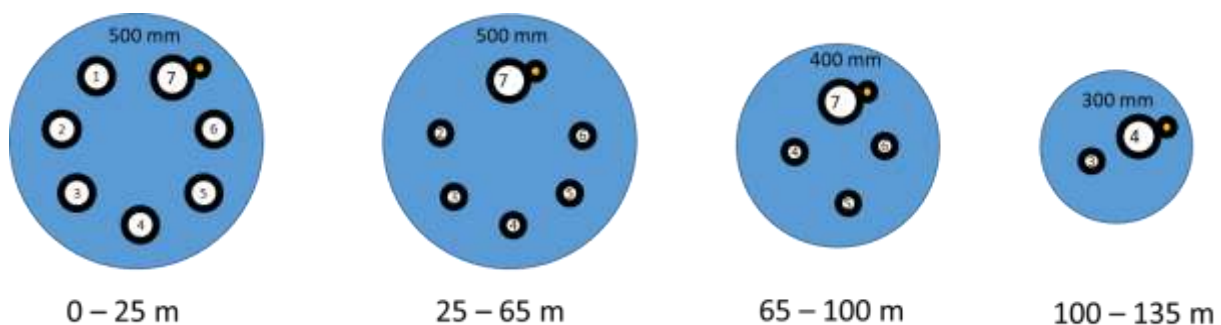
400 mm vanaf 65 m-mv tot ca. 100 m-mv.

300 mm op grotere diepte (zie voorbeeld in Figuur 5-3).

Deze boorgatdiameters zijn slechts indicatief en zijn aan te passen o.b.v. de gewenste inrichting en te handhaven putnormen.

Einddiepte:

ca. 135 m-mv



Figuur 5-3: Horizontale doorsnede door PB5 en 6 op verschillende diepte-intervallen (zie onderschriften, indicatief). De cijfers 1 t/m 7 hebben betrekking op de peilbuizen. De zoutwachter is weergegeven in oranje.

Waarnemingsfilters

In PB5 en PB6 is één peilbuisfilter benodigd voor boorgatmetingen en voor bevestiging van een eventuele zoutwachter, en drie voor waterkwaliteitsbemonsteringen van het brakke grondwater. De specificaties hiervan zijn opgenomen in Tabel 5-5.

Tabel 5-5: Specificaties van waarnemingsfilters in PB5 en PB6. Filterdieptes zijn indicatief en worden nader gespecificeerd tijdens de boring.

Filter	Bovenkant filter	Onderkant filter	Lengte filter	Einddiepte buis	Diameter peilbuis	Opmerking
	m-mv	m-mv	m	m-mv	mm (buiten/binnen)	
PBX.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBX.2	46	47	1	47	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.3	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.4	88,5	89,5	1	89,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.5	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.6	109,5	110,5	1	110,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.7	120	121	1	135	75/67	t.b.v. boorgatmeting

Zoutwachterkabels

Ook in PB5 en PB6 worden zoutwachterkabels (1 per put) geïnstalleerd waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. Het uiteinde van de zoutwachter komt boven maaiveld uit, en wordt met een connector afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze eventuele kabels zijn opgenomen in Tabel 5-6. De kabel zal 13 (standaard) elektrodeparen bevatten. Een standaard kabel met 13 elektrodeparen is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. De zoutwachterkabels worden door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

Tabel 5-6: Specificaties van eventuele zoutwachterkabels in PB5 en PB6.

	Standaard zoutwachterkabel
Bevestiging	aan PBX.7
Aantal elektrodeparen	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 80 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 116 m-mv
Totale lengte	120 m (ondergronds) + 15 m overlengte

5.4 Waarnemingsputten ERT3 en ERT4

Zoals beschreven zullen twee aanvullende boringen verricht moeten worden om de Crosshole-ERT kabels ERT3 en ERT4 te kunnen plaatsen. De twee boringen die hiervoor gewenst zijn moeten tot ca. 135 m-mv reiken. In het boorgat hoeft slechts één enkele peilbuis geplaatst te worden die tot ca. 130 m-mv reikt en waaraan de ERT-kabel kan worden bevestigd. Deze peilbuis heeft bij voorkeur een diameter van 75/67 (buiten/binnen) zodat daarin boorgatmetingen kunnen worden verricht. Het exacte filterniveau van deze peilbuis moet nog nader gespecificeerd worden. Gezien de diameter van deze peilbuis en van de daaraan te bevestigen ERT-kabel, lijkt een boring van minimaal 300 mm gewenst. Wellicht is er zelfs meer ruimte nodig om er met een storkoker nog naast te kunnen. De boorfirma mag daarom ook zelf met advies komen over de boorgatdiameter. Qua boormethode wordt een zuigboring (+ luchtlift) voorgesteld omdat zodoende een goede boorgatmeting kan worden verricht in het open boorgat wanneer de boring de einddiepte heeft bereikt. Dat is niet mogelijk bij een verbuisde boormethode. Daarnaast hebben deze ERT metingen weinig 'last' van het werkwater dat achterblijft bij een zuig- en luchtliftboring.

6 Overige eisen, wensen en opmerkingen

Voor alle boringen zijn in dit hoofdstuk een aantal aanvullende eisen, wensen en opmerkingen gegeven, die aansluit op de werkvolgorde en indeling van de praktijkcodes KWR PCD 13-2 en 13-3.

6.1 Selectie boorfirma/ aanbesteding

- De boorfirma is bij voorkeur bedreven in het installeren van zoutwachterkabels, glasvezelkabels en minifilters in waarnemingsputten en ziet in wat het belang is van de juiste werkzaamheden (boormethode, aanvulling, etc.) voor de gekozen monitoringsapparatuur.

6.2 Werkvolgorde

- Volgorde van realisatie putten: PB1 & PB2 → ERT1 & ERT2 → PB3 & PB5 & PB6 → OP2 → OP1
(zo spoedig mogelijk) ↔ (uiterlijk april 2021)

6.3 Materiaalkeuze

Volg PCD 13-2, hoofdstuk 12.4 – 12.8. Hierbij gelden de volgende aandachtspunten:

- Filterbuizen:
 - Gebruik verticaal gesleufde filters voor zowel winfilters als waarnemingsfilters;
 - Dunea kan specificeren welk materiaal gebruikt moet worden voor winfilters en waarnemingsfilters en aan welke functionele eisen deze moeten voldoen.
- Centralisatie van peilbuizen door middel van kunststof afstandhouders. Metalen afstandhouders en andere metalen voorwerpen in het boorgat kunnen namelijk de geleidbaarheidsmetingen van bijvoorbeeld zoutwachters, 3D-ERT en boorgatmetingen sterk en ongewenst beïnvloeden.
- Filtergrind moet volgens PCD 13-2 een diameter hebben van 6x zandmediaan (in goed gesorteerde formaties) tot 4x zandmediaan (in overige situaties). Bij de proefboring van PB4 is filtergrind gebruikt met een fractie van 0.8-1.25 mm.
- Aanvulklei: Mikolit 300 of vergelijkbaar, in ieder geval niet-magnetische aanvulklei gebruiken. Magnetische aanvulklei kan namelijk de geleidbaarheidsmetingen van bijvoorbeeld zoutwachters, 3D-ERT en boorgatmetingen sterk en ongewenst beïnvloeden.
- Aanvulzand, liefst van een zo fijn mogelijke fractie zodat kortsluitstroming in het boorgat kan worden voorkomen (voorstel fractie: 0.6-1.0 mm). Het alternatief is om het oorspronkelijke materiaal terug te plaatsen, maar dit vergt waarschijnlijk veel meer werk en tijd.
- Materialen t.b.v. de winning (zoals pompen) dienen resistent te zijn tegen corrosie.
- Zoutwachterkabels, ERT-kabels, glasvezelkabels en CTD-loggers worden apart door Dunea besteld en geleverd.

6.4 Keuze boortechniek

- Winputten (OP1 en OP2): in principe zuigboring (+luchtlift).
Vanwege de gewenste wincapaciteit en de inrichting van het boorgat zal een relatief grote boorgatdiameter (900 - 1000 mm) gewenst zijn. Een zuig- en luchtliftboring is hiervoor de meest geschikte optie. Verbuisd boren (pulsboring) kan bij grotere boorgatdiameters wel uitgevoerd worden maar enkel met zwaar materieel. Dat is niet gewenst vanwege de gevoeligheid van omliggende infrastructuur (denk aan Mariahoeveleiding).
- Waarnemingsputten ERT3 en ERT4: in principe zuigboring (+luchtlift).
Voor deze boringen zal de boorgatdiameter niet de beperkende factor zijn, die kan namelijk relatief beperkt blijven (ca. 300 mm). Het is echter gewenst om bij het bereiken van de einddiepte van deze boringen een boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat, om zodoende de ERT-kabel goed in te kunnen hangen. Boorgatmetingen zullen bij verbuisde boormethodes (pulsboring) niet in een representatieve meting resulteren door de invloed van de stalen casing. De ERT-kabels hebben daarnaast weinig 'last' van het werkwater dat achterblijft in de formatie na realisatie van de putten met een zuigboring.
- Waarnemingsputten PB5 en PB6: in principe zuigboring (+luchtlift).
Omdat deze putten verder zijn verwijderd van de proefboring (waar de zoet/zout verdeling bekend is) is een boorgatmeting juist hier ook gewenst voor het juist afstellen van de waarnemingsfilters en de elektrodes van de zoutwachterkabel. Wellicht is het nog interessant om de invloed van de boormethode op de verstoring van de grondwaterkwaliteit juist te onderzoeken. In dat geval kan in overleg met de boorfirma later nog worden overwogen om bij PB5 of 6 toch een verbuisde boormethode (pulsboring) uit te voeren.
- Waarnemingsputten PB1 en PB2: in principe zuigboring (+luchtlift).
Relatief grote boorgatdiameters zijn gewenst vanwege de gewenste monitoringsapparatuur (ca. 700 mm, mogelijk wat kleiner maar dat zal nooit 350 mm worden). Ook is het gewenst om bij het bereiken van de einddiepte van de boring een boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat, om zodoende de exacte filterstelling goed te kunnen vaststellen. Daarnaast worden hier ERT-kabels in geplaatst, die minder 'last' hebben van het werkwater. De zoutwachterkabelmetingen kunnen hier mogelijk mee vergeleken worden. Daarnaast zijn twee losse kleinere pulsborings vrij dicht naast elkaar ook niet gewenst.
- Waarnemingsput PB3: in principe zuigboring (+luchtlift).
Een relatief grote boorgatdiameter is gewenst (ca. 700 mm, mogelijk wat kleiner maar dat zal nooit 350 mm worden), en tevens een boorgatmeting.
- Een zuig- en luchtliftboring heeft als nadeel dat de ondergrond sterker verstoord wordt door de intrede van werkwater dan bij een pulsborings het geval is, waardoor het herstel van de grondwaterkwaliteit rondom de put relatief lang kan duren. Ons nadrukkelijke advies aan de boorfirma is om de boortijd in het brakke en zoute grondwater, en dus de tijd dat het boorgat open staat, zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast moeten alle filters (win-, waarnemings- en minifilters) na realisatie extra lang worden teruggespoeld om de invloed van het werkwater zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast is er de nadrukkelijke eis om géén boorspoeladditieven toe te passen bij de nieuwe boringen i.v.m. verstopping van de boorgatwand en van waarnemingsfilters. Het is belangrijk dat de boorfirma aangeeft hoe zij hiermee om zullen gaan. Om extra tijd te winnen tijdens de boringen, moeten alle in te bouwen materialen tijdig klaar liggen, en moet iedereen die nodig is voor het afstellen van de filters en elektroden tijdig beschikbaar/aanwezig zijn.

- Afwijken in overleg indien boorfirma goede argumenten aandraagt.
- Indien de genoemde boormethodes niet haalbaar zijn, ontvangen we van de boorfirma graag alternatieve suggesties.
- De boorgatdiameters van winputten zijn ingeschat op basis van PCD 13-2 en zijn noodzakelijk voor de gewenste capaciteiten. Indien de boorfirma reden ziet om van de voorgestelde diameters of van de putinrichting af te wijken, dient zij hierover te adviseren.
- De boorgatdiameters van de waarnemingsputten zijn indicatief en zijn een eerste inschatting en zijn aan te passen mits de gewenste monitoringsapparatuur in het boorgat past en tegelijkertijd wordt voldaan aan putnormen.

6.5 Stabiliteit boorgat (boorspoeling en werkwater)

Werk conform voorschriften van PCD 13-3, hoofdstuk 23. Hierbij gelden de volgende aandachtspunten

- Uit ervaring bij aanleg van omliggende putten is bekend dat de watervraag van het boorgat op een bepaalde diepte sterk toeneemt. Dit was ook het geval bij de boringen van PB4 (op ca. 45 meter afstand van de beoogde winning) en bij waarnemingsput WP HR (op ca. 600 meter afstand van de beoogde winning). Bij PB4 gebeurde dit op een diepte van ca. -93 mNAP, rond grove zandlagen (formatie van Peize-Waalre?) en brak grondwater met een concentratie Cl van ca. 7,5 g/L. Bij WP HR gebeurde dit op een diepte van ca. -65 mNAP, rond grove zandlagen (formatie van Sterksel?) en net boven de overgang van zoet naar brak grondwater. Bij beide boringen is Antisol (boorspoelingsadditief) toegepast. Dit had als ongewenst resultaat dat de boorgatwand op bepaalde diepte verstopt is geraakt, waardoor de zoutwachtermetingen en minifilters niet goed functioneren. Bij voorkeur wordt er géén boorspoelingsadditief gebruikt (dus ook geen natuurlijke) bij de nog te realiseren boringen. Gebruik van boorspoeling kan de kwaliteit van het grondwater rondom de put sterk beïnvloeden en kan de boorgatwand doen verstopen. Liever verhoogd opstellen. Bij voorkeur komt de boorfirma ook met een eigen voorstel over hoe om te gaan met hoog werkwaterverbruik.
- Drinkwater is beschikbaar op circa 100 m van de boringen en kan gebruikt worden als werkwater. De levering hiervan kan door Dunea gegarandeerd worden. Daarnaast kan eventueel met een onderwaterpomp grondwater worden opgepompt uit de reeds gerealiseerde waarnemingsput PB4.
- Zoals in de vorige paragraaf al werd gesteld, zal het uitvoeren van zuig- en luchtliftboringen de ondergrond verstoren door de intrede van werkwater. De boorfirma wordt er nadrukkelijk op gewezen om deze verstoring tot het minimum te beperken. Bij het boren minimaliseert men de wachttijd in het brakke en zoute grondwater, zodat zo weinig mogelijk zoet werkwater de formatie intreedt.

6.6 Uitvoeren van de boring een aanleg put

Werk conform voorschriften van PCD 13-3, hoofdstuk 24. Hierbij gelden de volgende aandachtspunten:

- Dunea zal op locatie de exacte locaties van de putten markeren zodat de putten niet conflicteren met de reeds aanwezige infrastructuur.
- Van elke boring moet een boorbeschrijving worden gemaakt op basis van het opgeboorde materiaal conform NEN-EN-ISO 14688. Tevens moet een afwerkingsstaat en aanvulstaat worden geconstrueerd.
- Van de proefboring zijn per meter diepte geroerde monsters genomen en bij TNO aangeleverd. Het is raadzaam om bij TNO na te vragen of ze ook geïnteresseerd zijn in de geroerde monsters van de nog uit te voeren boringen. Overleg daarnaast met TNO of ze geïnteresseerd zijn om ook sedimentmonsters van de steekernen te ontvangen.
- Na het op diepte komen en het trekken van de boorbuizen worden bij iedere boring door Deltares twee boorgatmetingen uitgevoerd in het open boorgat; 1 EM-inductie meting en 1 inclinatie meting. Zodoende wordt extra informatie verkregen over de bodemopbouw en de verdeling van zoet en zout grondwater. Aan de hand van deze informatie wordt het ontwerp van de filterstelling van de peilbuis, de zoutwachter- en/of ERT-kabels, en de aanvulstaat van de boring exact bepaald. Dunea kan zorgdragen dat Deltares tijdig wordt ingelicht over de planning van de werkzaamheden.
- De diepste waarnemingsfilters moeten worden gerealiseerd door ze 'af te laten hangen' en niet op de bodem van het boorgat te laten rusten. Als dit namelijk wel gebeurt, kan de peilbuis (vanwege de lengte en het gewicht) mogelijk buigen, waardoor een eventuele latere boorgatmeting in de diepste peilbuis niet meer (goed) uitgevoerd kan worden.
- Bij inbouwen van de put, minimaal 1 m afstand aanhouden tussen winfilters en kleilagen. Minimale afstand tussen aanvulklei en winfilter is 0.5 m.
- De aanvulling van het boorgat vindt plaats via een storkoker, zodat het risico op aanvulklei rondom de elektrodes van zoutwachter- en ERT-kabels wordt geminimaliseerd. Er worden maatregelen getroffen zodat de storkoker niet de ERT kabels beschadigen.
- Schoonsoelen van waarnemingsfilters totdat zand- en slibvrij water wordt onttrokken, en totdat de EC- en pH-waarden constant zijn. Dit kan m.b.v. een pomp of d.m.v. luchtliften.
- Voor de eisen die worden gesteld aan het ontwikkelen van de winfilters kan de boorfirma hoofdstukken 23.9 en 23.10 van PCD 13-3 nalezen. Ontwikkelen van winfilters moet in ieder geval filter voor filter plaatsvinden.
- Exacte dieptes van peilbuisfilters, minifilters en elektrodeparen van zoutwachterkabels zijn nog onder voorbehoud en worden nader gespecificeerd tijdens de boringen (na het uitvoeren van de boorgatmetingen in open boorgat, en na het beschrijven van de waargenomen lithologie).

6.7 Inbouw meetapparatuur

- Zoutwachterkabels en glasvezelkabels worden door Dunea geleverd.
- Minifilters kunnen ook door Dunea/KWR geleverd/geconstrueerd worden indien noodzakelijk. Indien de boorfirma bedreven is met minifilters, ontvangen we graag een voorstel voor het type en voor de installatiemethode.
- De minifilters moeten, net als peilbuisfilters, verzadigd (dus vol met water, en niet droog) worden geïnstalleerd om te voorkomen dat het grondwater en de daarin aanwezige troebelheid bij plaatsing in het boorgat snel toestromen en voor verstopping van de filters zorgen.
- Het is belangrijk om voldoende aandacht te besteden bij het secuur aanvullen en inrichten van het boorgat zodat er bijvoorbeeld geen ongewenste kortsluitstroming ontstaat of schade wordt aangebracht aan de zoutwachterkabels, glasvezelkabels en minifilters.

6.8 Documentatie

- De op te leveren documentatie staat vermeld in PCD 13-3 hoofdstuk 29.
- Voor het ontwikkelen van de win- en waarnemingsfilters dient een overzicht van de gehanteerde debieten tijdens schoonpompen, duur van het schoonpompen, en de gemeten EC-waarden moet worden opgeleverd door de aannemer.
- Definitieve coderingen van peilbuisfilters en putten worden later vastgesteld door Dunea.

6.9 Connectie puttenveld en zuivering

Het puttenveld zal door middel van leidingen en kabels worden verbonden aan een loods waar meet- en zuiveringsactiviteiten zullen plaatsvinden tijdens de bedrijfsvoering van de pilot. Een overzicht van de te realiseren putten en infrastructuur is gegeven in Figuur 6-1.



Figuur 6-1: Overzicht van infrastructuur die de connectie vormt tussen het puttenveld en de loods (pilot locatie) waarin meet- en zuiveringsactiviteiten plaats gaan vinden tijdens de pilot.