

datum

22 februari

2019

Beknopt Bemalingsadvies

Johannes Verhulststraat 2-4 te Amsterdam

status : definitief

versie : 1

opdrachtgever

de Betonhoeve B.V.

Romy Meier

Postbus 37715

1030BG Amsterdam

Adviseur

Loots Grondwatertechniek

ing. Erik Loots

erik@lootsgwt.com

+31 (0) 6 533 92 188

kenmerk

10710818B.2



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	1
1 Inleiding.....	2
2 Situatieanalyse project	3
2.1 Project: afmetingen en fasering	3
2.2 Project: bodemopbouw	3
2.3 Project: grondwater.....	4
2.4 Project: omgeving	6
3 Maatregelen stabiliteit grondwater.....	7
3.1 Maatregelen: verticaal evenwicht	7
3.2 Maatregelen: hydraulische grondbreuk.....	7
3.3 Maatregelen: piping	8
4 Grondwaterbeheersing implementatie.....	9
4.1 Grondwaterbeheersing: methode	9
4.2 Grondwaterbeheersing: omgevingsbeïnvloeding	10
4.3 Grondwaterbeheersing: wetgeving, onttrekking en lozing	11
5 Aanbevelingen, actieprogramma	13
5.1 Risicocheck	13
5.2 Aanbevelingen: onderzoek en/of monitoring	13
5.3 Aanbevelingen: uitvoering	14
5.4 Aanbevelingen: overige raakvlakken.....	15
5.5 Actieprogramma	15
Gebruikte literatuur en bronnen.....	16
Bijlage 1 – Algemene voorwaarden rapport	17
Bijlage 2 – Methode van bepalen van benodigde data	18
Bijlage 3 – (input) Grondwaterberekeningen/-model	19
Bijlage 4 – Tekeningen project.....	20
Bijlage 5 – Grondonderzoeken	21
Bijlage 6 – Grondwater eigenschappen.....	22

1 Inleiding

Een ontwerp voor het project “Johannes Verhulststraat 2-4 te Amsterdam” is gemaakt door Duyts. Door het toepassen van een tijdelijke grondwaterstand verlaging wordt het mogelijk een nieuwe kelder met een goede fundering en levensduur aan te leggen.

Bij het toepassen van een bemaling wenst de opdrachtgever duidelijkheid op het gebied van geotechniek en grondwater: namelijk hoe de grondwaterstand verlaagd zou worden, welke consequenties dat zou hebben voor de omgeving en welke overheidsnormen van toepassing zijn bij deze werkwijze. Helderheid op deze punten is van belang, de opdrachtgever wenst in september dit jaar een verantwoorde beslissing over de aanleg van de fundering en kelder te kunnen nemen.

Doel van rapport

Het doel van dit rapport is het presenteren van de benodigde maatregelen om de grondwaterstand op de locatie te beheersen tijdens de bouw. Hierbij wordt rekening gehouden met de belangen van derden met oog op belendingen en schades in de nabije omgeving.

Op basis van de uitgangspunten ontvangen van de opdrachtgever, algemeen gehanteerde normen zoals Eurocode (1) en SBR-richtlijnen (2) (3) en lokaal grondonderzoek zijn de mogelijkheden voor grondwater te beheersen onderzocht.

Leeswijzer

Algemene lezer: Om de hoofdvraag van dit rapport te beantwoorden, wordt eerst in hoofdstuk 2 beschreven welke projectdimensies zijn gebruikt en welke bodemopbouw, grondwaterstanden en objecten in de omgeving zijn gevonden. Het derde hoofdstuk beschrijft de benodigde grondwater maatregelen voor een stabiele bouwput. Conclusies over de methode die het meest geschikt is om het grondwater te beheersen tijdens de bouw zijn opgenomen in hoofdstuk 4. Tot slot zijn in hoofdstuk 5 de aanbevelingen opgenomen om de risico's te beheersen tijdens de bouw.

Technische data voor specialisten: Voor uitgebreide details met betrekking tot rekenparameters wordt verwezen naar bijlage 2, 3, 4, 5 en 6. In bijlage 2 kunt u vinden hoe de parameters zijn gevonden of bepaald. In bijlage 3 staan de rekenparameters samengevat. In bijlage 4 kunt u tekeningen vinden van het project en omgeving. In bijlage 5 zijn de grondonderzoeken bijgevoegd en tot slot in bijlage 6 is de grondwaterstand data bijgevoegd.

De algemene voorwaarden van dit rapport zijn bijgevoegd in bijlage 1.

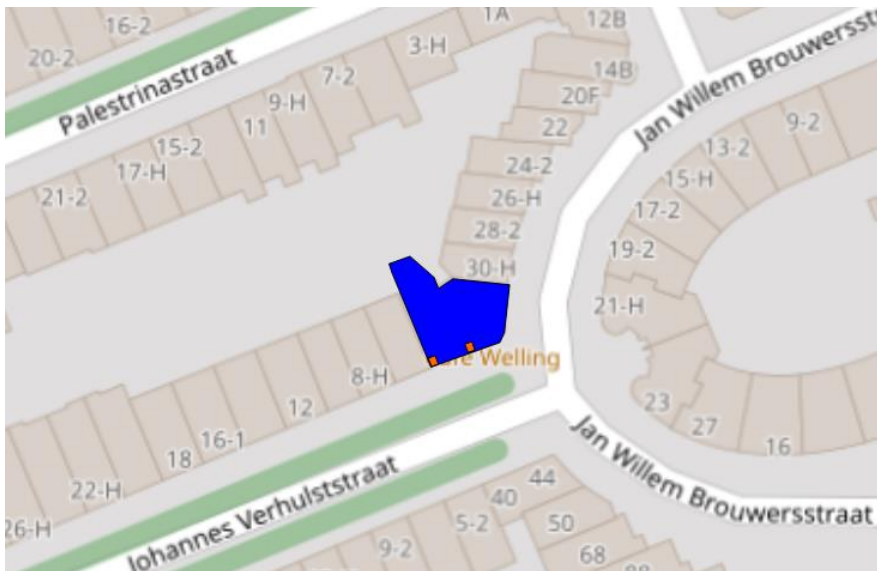
2 Situatieanalyse project

Voor een optimale beoordeling van grondwaterbeheersing maatregelen is het criterium een zo goed mogelijk begrip van de volgende parameters: de projectafmetingen, de fasering, de bodemopbouw, de grondwater eigenschappen en tot slot de aanwezige objecten en belendingen in de omgeving. Dit hoofdstuk geeft inzicht welke uitgangspunten zijn gebruikt, door deze vast te stellen kunnen berekeningen worden uitgevoerd.

In bijlage 2 is samengevat waar de data is afgeleid.

2.1 Project: afmetingen en fasering

Het project is opgedeeld in onderdelen met een verschillende bouwtijd en/of afmeting. De onderdelen zijn weergegeven in tabel 2.1 en de onderstaande figuur. Voor het gebruik van het bemalingsadvies dient worden gecontroleerd of deze uitgangspunten nog overeenkomen met de laatste uitgangspunten. De bemalingsperiode is ingeschat. Voor een stabiele bouwputbodembodem is gekozen om de grondwaterstand tot 0,3 m onder ontgravingsniveau te verlagen.



Figuur 1 – projectlocatie (blauw)

Tabel 2.1

onderdeel	lengte [m]	breedte [m]	ontgravings- diepte [m+NAP]	damwand punt [m+NAP]	bemalings- duur [dagen]	ontwaterings- diepte* [m]	kleur in figuur 1
plaatsen damwanden	12~17	12~15	-0,5~-0,8	geen	14~42	0	blauw
grondverbetering	12~17	12~15	-2,8	-3,5~-4,5	5~7	0	blauw
bouw kelder	12~17	12~15	-2,5	-3,5~-4,5	30~90	0,3	blauw
pompput	1,5	1,5	-3,35	-3,5~-4,5	1~14	0	oranje

In bijlage 4 is de tekening op origineel formaat bijgevoegd.

2.2 Project: bodemopbouw

De bodemopbouw is een parameter welke is ingeschat op basis van diverse onderzoeken. Zie de gebruikte literatuur en bronnen welke bodemonderzoeken gebruikt zijn voor deze analyse. De bodemopbouw betreft een schematisatie, ofwel een interpretatie van de data. Voor dit project is gekozen te rekenen met een conservatieve inschatting van bodemopbouw parameters.

Dit betekent dat voor elke berekening het minst gunstige bodemprofiel is gehanteerd nabij het object of onderdeel.

In de onderstaande figuur is de schematische bodemopbouw weergegeven.

GRAFIEK: doorsnede bodem

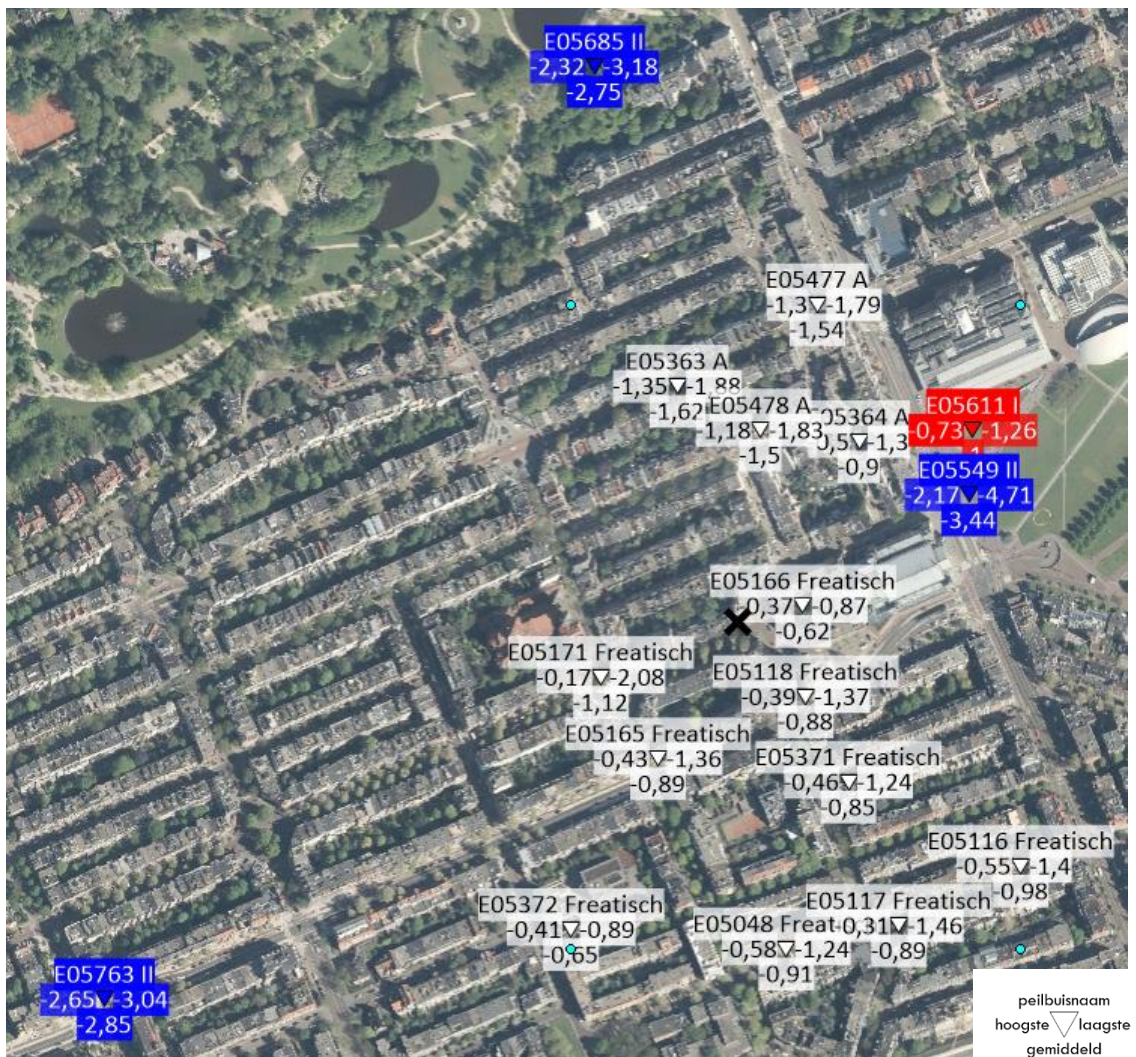


In bijlage 5 zijn (enkele) bodemonderzoeken toegevoegd.

2.3 Project: grondwater

De grondwater eigenschappen bestaan uit grondwaterstanden en grondwaterkwaliteit. De grondwaterstanden zijn bepaald per watervoerende laag, de grondwaterstand kan namelijk verschillend zijn afhankelijk van de diepte op een locatie.

De grondwaterkwaliteit is bepaald, de grondwaterkwaliteit bepaald voor een deel de bemalingskosten. Zo is grondwater met een hoge verontreinigingsgraad goed voor hoge verontreinigingsheffing en/of zuiveringsheffing. Daarnaast is bij een hoog ijzergehalte sprake van zuiveringskosten.



Figuur 2 - grondwaterstand t.o.v. NAP (wit = freatisch/watervoerende laag 1, rood = watervoerende laag 2 en blauw = watervoerende laag 3)

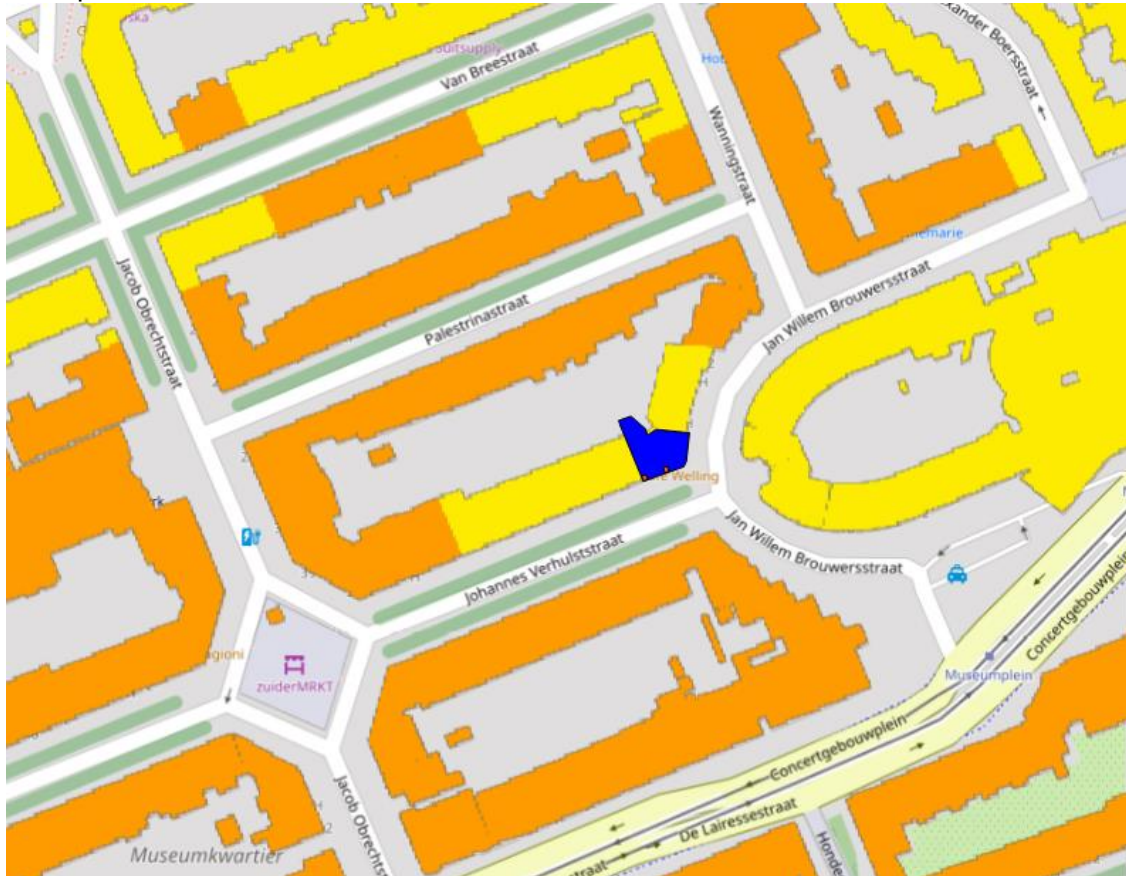
In figuur 2 zijn de gemiddelde grondwaterstanden bijgevoegd. Opgemerkt wordt het volgende:

- Rekenwaarde grondwaterstand watervoerende laag 1 is bepaald met E05166. De gemiddelde grondwaterstand is NAP – 0,62 m. De grondwaterstand fluctueert tussen NAP – 0,37 m en NAP – 0,87 m;
- Grondwaterstand watervoerende laag 2 is onbekend, gerekend wordt een grondwaterstand welke 0,1 m lager is dan de rekenwaarde in watervoerende laag 1;
- Rekenwaarde grondwaterstand watervoerende laag 3 is bepaald met E05549. De gemiddelde grondwaterstand is NAP – 3,44 m. De grondwaterstand fluctueert tussen NAP – 2,17 m en NAP – 4,71 m.

In bijlage 6 zijn de grondwater eigenschappen bijgevoegd.

2.4 Project: omgeving

Tot slot is de omgeving samengevat, met de omgeving wordt bedoeld de objecten en activiteiten welke beïnvloed kunnen worden door de bemaling maatregelen op de projectlocatie. Iedere watervoerende laag heeft een maatgevende reikwijdte, deze maat is de maximale theoretische afstand waar grondwater beïnvloed kan worden door een onttrekking. De onderstaande figuur 3 geeft een overzicht van de omgevingsfactoren in de theoretische reikwijdte van 90 m.



Kadaster - Basisregistraties Adressen en Gebouwen legenda

Pand voor 1600	Pand 1945 - 1959	Pand 2000 - 2009
Pand 1600 - 1699	Pand 1960 - 1969	Pand 2010 - 2019
Pand 1700 - 1799	Pand 1970 - 1979	
Pand 1800 - 1899	Pand 1980 - 1989	
Pand 1900 - 1944	Pand 1990 - 1999	

Figuur 3 – Alle objecten in de omgeving

Kadaster - Top10NL kaart legenda

Snelweg	Fietspad	Water
Hoofdweg	Promenade	Grasland
Regionale weg	Busbaan	Akkerland
Lokale weg	Spoorbaan	Bomen

Hieronder een korte samenvatting per onderdeel:

- “Belendingen”: belendingen zijn gebouwd in de periode voor 1900. Verwacht wordt een houten paalfundering bij de belendingen;
- “Grondwatergebruikers”: geen grondwatergebruikers in watervoerende laag 1 of 2;
- “Natuur (natura-2000)”: geen beschermde natuur aanwezig rondom de projectlocatie binnen reikwijdte bemaling;
- “(Archeologische) monumenten”: rijksmonumenten zijn buiten invloedssfeer bemaling > 50 m afstand;
- “Algemene kaart (top 10 NL)”: gelegen in centrum Amsterdam, gracht buiten invloedssfeer bemaling, trambaan op 80 m afstand;
- “Landbouw in omgeving”: geen landbouw binnen reikwijdte bemaling;
- “Bodemloket (verontreinigingen bodem)”: geen bijzonderheden aanwezig.

3 Maatregelen stabiliteit grondwater

Bij werkzaamheden beneden de grondwaterstand kunnen verschillende soorten faalmechanismen optreden. Er zijn drie faalmechanismen uitgewerkt in dit hoofdstuk, geconcludeerd wordt welke maatregelen in aanmerking komen. Op basis daarvan vindt een keuze van grondwaterbeheersing methode plaats in hoofdstuk 4.

Voor de gedetailleerde berekeningen wordt gewezen naar bijlage 3.

3.1 Maatregelen: verticaal evenwicht

Het verticaal evenwicht van een bouwput wordt verstoord door een ontgraving. Dit kan wanneer een slecht doorlatende laag gelegen is boven een watervoerende laag, in dit geval zal het verticaal evenwicht worden verstoord op het moment dat de grondwaterdruk in de watervoerende laag groter is dan de neerwaartse druk geleverd door de massa van de slecht doorlatende laag (en de lagen erboven). Door ontgraven neemt de massa snel af, bij een gelijke grondwaterdruk zal het verticaal evenwicht worden verstoord vanaf een bepaald ontgravingsniveau. Bij het verliezen van verticaal evenwicht kan een bodemlaag omhoog komen of de laag kan scheuren en vervolgens zal water in de ontgraving terecht komen.

In tabel 3.1 is per watervoerende laag de 'kritieke grondwaterstand' samengevat. Tijdens de werkzaamheden moet de grondwaterstand in de watervoerende lagen gelijk of (tot 0,3 m) lager zijn dan de kritieke grondwaterstand.

Tabel 3.1

verticaal evenwicht per onderdeel	veiligheidsfactor watervoerende laag 1 (WVL1)	WVL1 kritieke grondwaterstand [m+NAP]	WVL1 conclusie	veiligheidsfactor watervoerende laag 2 (WVL2)	WVL2 kritieke grondwaterstand [m+NAP]	WVL2 conclusie	veiligheidsfactor watervoerende laag 3 (WVL3)	WVL3 kritieke grondwaterstand [m+NAP]	WVL3 conclusie
plaatsen damwanden	0 (0)	-0,8	freatisch	1,32 (1,37)	2,17	geen	1,72 (1,97)	5,19	geen
grondverbetering	0 (0)	-2,8	freatisch	0,95 (0,98)	-0,7	spanning stand-by	1,48 (1,7)	2,8	geen
bouw kelder	0 (0)	-2,8	freatisch	0,97 (1)	-0,54	spanning stand-by	1,49 (1,71)	2,93	geen
pompput	0 (0)	-3,35	freatisch	0,96 (0,98)	-0,71	spanning stand-by	1,47 (1,69)	2,75	geen

Conclusie eerste opbarstniveau NAP – 8 m

Er is grondwaterstand monitoring noodzakelijk in watervoerende laag 2 ten behoeve van het verticaal evenwicht ter plaatse van het eerste opbarstniveau. In het geval van een te hoge grondwaterstand (hoger dan NAP – 0,54 m à NAP – 0,71 m, kans wordt laag ingeschat) dient contact opgenomen te worden met de geohydroloog voor aanvullende maatregelen.

Conclusie tweede opbarstniveau NAP – 12 m

Er zijn geen maatregelen noodzakelijk in watervoerende laag 3 ten behoeve van het verticaal evenwicht ter plaatse van het eerste opbarstniveau.

3.2 Maatregelen: hydraulische grondbreuk

Hydraulische grondbreuk is vergelijkbaar met het verticaal evenwicht faalmechanisme, het verschil is dat hydraulische grondbreuk optreedt in een watervoerende laag. Hydraulische grondbreuk treedt op wanneer de grondwaterdruk hoger is dan de korrelspanning, in dit geval gaan korrels drijven (drijfzand) en in het geval van een bemaling en ontgraving stromen de

korrels (drijfzand) de bouwput in met als gevolg gevaarlijke situaties en (lokaal) forse maaiveld­daling.

Conclusie

Omdat verticale (dam)wanden worden toegepast is een controle op hydraulische grondbreuk uitgevoerd. Uit dit onderzoek blijkt dat bij de kelder waterremmende damwanden tot NAP – 3,5 m wenselijk zijn.

Het is belangrijk de grondwaterstand beneden het ontgravingsniveau te houden. In geval van calamiteiten (wanneer de grondwaterstand hoger is dan het ontgravingsniveau) kan gekozen worden de sleuf stabiel te houden door water in de sleuf te laten lopen tot en met het grondwater­niveau.

3.3 Maatregelen: piping

Tot slot is het faalmechanisme piping beschouwd, dit faalmechanisme ontstaat door de aanwezigheid van oppervlaktewater. Wanneer piping optreedt ontstaat een kanaal in de bodem “pijp” tussen de ontgraving en het oppervlaktewater. In dit geval zal het oppervlaktewater zeer snel de bouwput in stromen met vaak transport van gronddeeltjes (maaiveld­daling mogelijk in de omgeving).

Conclusie

Piping kan niet optreden door het ontbreken van oppervlaktewater nabij de ontgraving, zie tekening 5 in bijlage 4. Piping treedt alleen op bij oppervlaktewater welke in verbinding staat met de maatgevende watervoerende laag.

4 Grondwaterbeheersing implementatie

In dit hoofdstuk wordt de methode van uitvoering grondwaterbeheersing besproken. De risico's met betrekking tot de omgeving (faalkosten en –kans) zijn beschouwd in de tweede paragraaf. Tot slot wordt geconcludeerd of de grondwaterbeheersing vergunningsplichtig is en in welk termijn een formeel toestemming van de overheid verwacht kan worden.

Voor de gedetailleerde berekeningen en modelinput wordt gewezen naar bijlage 3.

4.1 Grondwaterbeheersing: methode

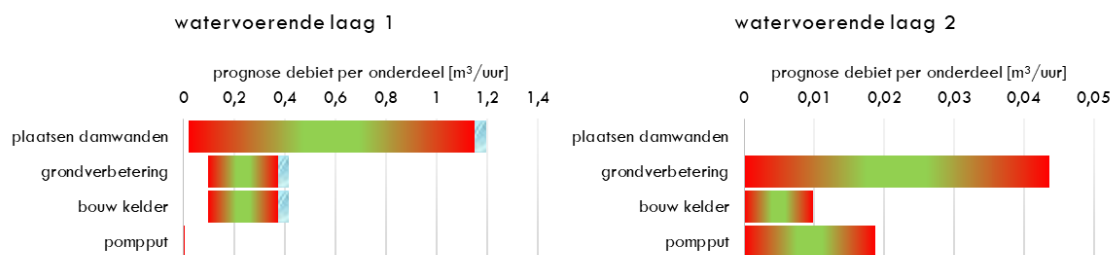
De methode om grondwater te beheersen is in deze paragraaf weergegeven per onderdeel en/of per watervoerende laag.

Bij bemaling is minimalisatie van de grondwateronttrekking door het toepassen van aangepaste bouwtechnieken en zorgvuldige planning van de uitvoering van werkzaamheden een absolute noodzaak. Iedere aanvraag voor bemaling wordt hierop getoetst door Waterschap, deze paragraaf onderbouwd de gekozen methodes.

Debiet

Per onderdeel zijn er meerdere debietberekeningen uitgevoerd ter bepaling van de bandbreedte. De bandbreedte van het debiet is het bereik tussen het minimaal en maximaal berekende debiet. De bandbreedte wordt bepaald door meerdere debietsberekeningen voor elk onderdeel uit te voeren (met variabele doorlatendheid van de bodem en variabele grondwaterstanden).

In de onderstaande grafieken is per onderdeel en per watervoerende laag de bandbreedte van het stationaire debiet weergegeven, groen in de grafieken is de prognose (verwachting), rood kan optreden (hiermee dient rekening gehouden te worden). In lichtblauw (met druppels) is het effect van extreme neerslag op het debiet weergegeven in de grafiek “watervoerende laag 1”. Tot slot is er een kleine kans (<5% dat het debiet hoger is dan de bovengrens). Zie bijlage 3 voor de berekening details.



Waterbezwaar totaal (prognose)

Tijdens het opstarten van de bemaling is het debiet circa 50% hoger. Het debiet is ingeschat op circa 0,02 à 4,3* m³/uur tijdens de werkzaamheden, bij extreme neerslag (4mm/dag) zal het debiet tijdelijk met 0,04 m³/uur toenemen. Bij een uitvoeringsperiode van totaal 139 dagen resulteert dit in een totaalvolume van circa 400 m³ à 2500 m³. Omdat de debietmeter 5% mag afwijken is gekozen de bovengrens van het totaalvolume te verhogen met 5%, ofwel de bovengrens is 2625 m³.

*Tijdens het aanbrengen van de damwanden en het opstarten van de bemaling kan onder extreme omstandigheden, in niet-stationaire fase, het debiet hoog zijn. Dit komt doordat hemelwater de grondwaterstand sterk kan verhogen (volgens peilbuismeetreeksen). Echter na enkele dagen bemalen wordt een sterke reductie van het debiet verwacht. Nadat de damwand geplaatst is wordt een relatief klein debiet verwacht (< 0,5 m³/uur).

m ³ per uur	m ³ per etmaal	m ³ per maand	m ³ per kwartaal	m ³ per jaar	m ³ totaal	totale duur
4,3	100	970	1860	2625	2625	140

Methode

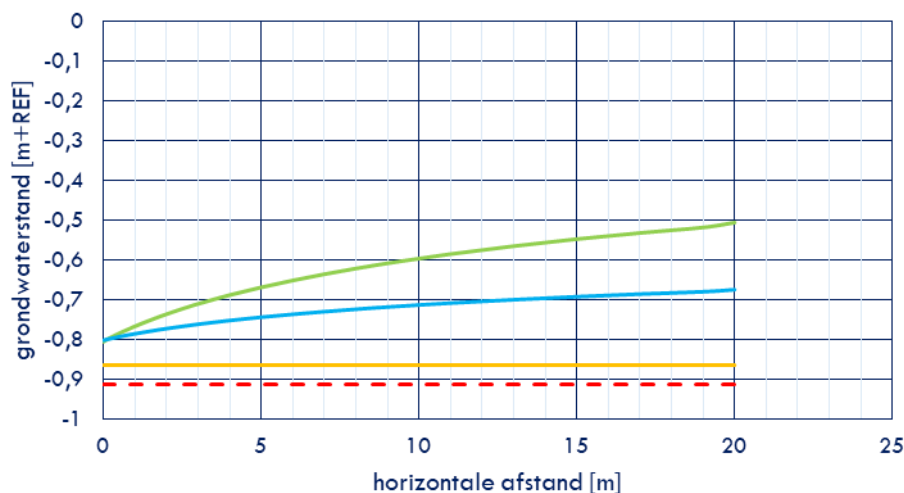
De bemaling bestaat uit een open bemaling (klokpomp) in een gesloten bouwput, waarbij de geperforeerde bemalingselementen (drains) worden afgesteld op 0,3 m onder het ontgravingniveau. Voor het lozingspunt (riool) wordt een zandvanger geplaatst.

4.2 Grondwaterbeheersing: omgevingsbeïnvloeding

Deze paragraaf geeft een beeld van de verwachte grondwatersituatie tijdens de werkzaamheden. De minimalisatie van de grondwateronttrekking betekent dat invloed op de omgeving voor zover mogelijk beperkt is (binnen de projectgrenzen besproken in de inleiding).

Grondwaterstand tijdens aanbrengen damwanden

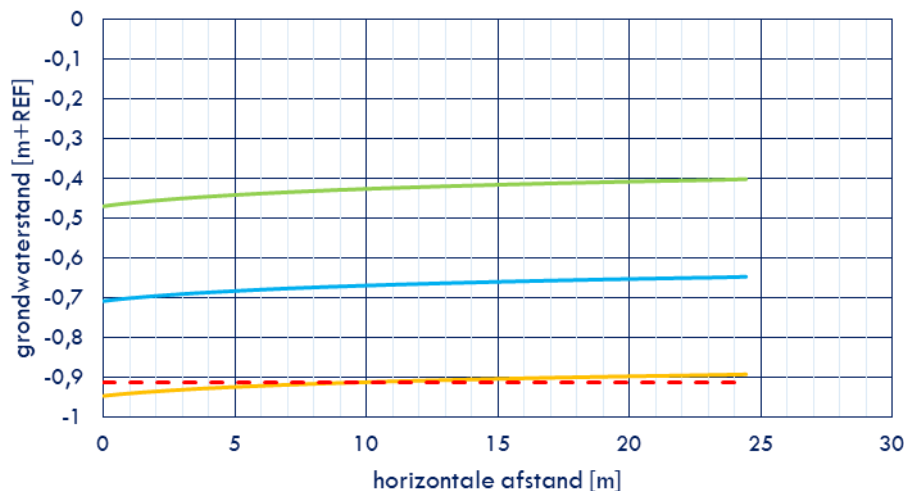
Tijdens het aanbrengen van de damwanden zal de grondwaterstand verlaagd worden tot NAP – 0,8 m maximaal, deze grondwaterstand is boven de natuurlijk laagste grondwaterstand. Dit betekent dat in een droge periode (met natuurlijk lage grondwaterstand) geen bemaling noodzakelijk is tijdens het aanbrengen van de damwanden. Alleen bij neerslag of een natuurlijk hogere grondwaterstand is een bemaling noodzakelijk in deze fase. In de onderstaande grafiek is de verwachte verhanglijn weergegeven.



Grondwaterstand na aanbrengen damwanden

Nadat de bouwput rondom in de damwanden staat (met damwandpunt 0,5 m in waterremmende laag NAP – 3,5 m) dan zal de grondwaterstand buiten de damwand beperkt verlagen door de waterremmende eigenschappen van de damwand. Verwacht wordt bij een geohydrologische damwand lekweerstand van 100 dagen dat de grondwaterstand minder dan 0,05* m zal zakken buiten de damwand. In de onderstaande grafiek is de verwachte verhanglijn weergegeven.

*Indien damwanden lek zijn kan de grondwaterstand meer zakken dan berekend. Monitoring is daarom wenselijk. Indien de grondwaterstand buiten de bouwput meer zakt dan berekend dan dient de aannemer (grond)water buiten de damwand in de bodem te infiltreren.



Effect op belendingen

Door de toepassing van waterremmende damwanden op het moment dat de ontgraving beneden de natuurlijk laagste grondwaterstand zal zijn wordt verwacht dat de houten paalfundering van de belendingen niet beïnvloed worden door de werkzaamheden. Daarnaast wordt er geen* maaiveldvaling verwacht door de grondwaterstandsverlaging.

*bij het toepassen van onderstaande beheersing maatregelen

Beheersing grondwaterstand omgeving

Damwanden kunnen in de praktijk lek zijn, om dit te controleren worden twee peilbuizen (tuin en straatzijde) geplaatst en de grondwaterstand moet dagelijks worden gecontroleerd. Indien de grondwaterstand in de peilbuizen te laag is dan moeten de volgende stappen worden ondernomen:

1. Controleren of de grondwaterstand meting juist is;
2. Damwanden controleren op lekkage, indien lekkage aanwezig is dan deze verhelpen;
3. Indien geen lekkage aanwezig dan (grond)water buiten de damwand in de bodem infiltreren.

4.3 Grondwaterbeheersing: wetgeving, onttrekking en lozing

Tot slot zijn in dit hoofdstuk de grondwaterbeheersing maatregelen getoetst aan de geldende wetgeving (ten tijde van opstellen rapport). Het is opgedeeld in twee onderdelen het onttrekken van grondwater uit de bodem en het lozen van (grond)water.

Onttrekking

Onttrekking wetgeving houdt in de wetten welke van toepassing zijn bij het oppompen van grondwater uit de bodem voor een bouwput. Het project is meldingsplichtig bij het Waterschap, verwacht is een debiet gelijk of kleiner dan 10 m³/uur en bemalingsperiode korter dan 6 maanden. Dit proces kan worden opgestart door het project in te voeren op omgevingsloket.nl, u dient dit bemalingsadvies bij te voegen als bijlage.

Lozing

Lozing wetgeving houdt in de wetten welke van toepassing zijn bij het lozen van grondwater uit de bodem voor een bouwput. De wetgeving is sterk afhankelijk van de locatie en lozingsroute, de melding en/of vergunning kan worden aangevraagd via omgevingsloket.nl. Bij lozingen op het riool en/of oppervlaktewater moet rekening gehouden worden met de zuiveringsheffing en/of verontreinigingsheffing, deze wordt verrekend door middel van vervuilingseenheden.

Vervuilingseenheden parameters

Het aantal vervuilingseenheden wordt bepaald op basis van de grondwaterkwaliteit en ligt meestal tussen 0,001 à 0,003 VVE/m³. Door lozen van grondwater op oppervlaktewater of riool zullen vaste stoffen in deze stelsels terecht komen. Het aantal kg van deze stoffen zal moeten worden verwijderd door het waterschap. De kosten voor het verwijderen berekenen waterschappen met behulp van vervuilingseenheden. Om te bepalen hoeveel vervuilingseenheden in het grondwater zitten kan een steekproef worden uitgevoerd, met deze meting kan het aantal vervuilingseenheden per volume worden bepaald.

Voor het berekenen van vervuilingseenheden project en kostenprognose: parameters afgeleid uit verontreinigingsheffing waterschap: Chemisch zuurstof verbruik, Ammoniumstikstof en organisch gebonden stikstof, Chloride, Sulfaat, Arseen, Kwik, Cadmium, Fosfor, Chroom, Koper, Lood, Nikkel en Zink.

5 Aanbevelingen, actieprogramma

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gesommeerd welke bijdragen aan het bereiken van de doelstelling. Ten eerste worden de zwakke punten welke geïdentificeerd zijn opgesomd in de risicocheck, opgevolgd in de tweede paragraaf met aanbevelingen om deze zwakke punten te beheersen.

In de derde paragraaf worden aanbevelingen gegeven van algemene aard tijdens en vooraf de uitvoering. Het betreffen praktische aanbevelingen welke grondwater en omgevingsbeïnvloeding zo goed mogelijk beheersbaar maken.

Tot slot is het actieprogramma met daarin een overzichtelijk stappenplan voor het vervolg van het project.

5.1 Risicocheck

Bij het uitvoeren van berekeningen van maatregelen ten behoeve van grondwater beheersing wordt gewerkt met ingeschatte parameters. Deze parameters zijn met de grootst mogelijke nauwkeurigheid bepaald, het gevolg is dat gerekend wordt met conservatieve inschattingen en veiligheidsfactoren (1). In deze paragraaf zijn belangrijkste risico's (zwakke punten) samengevat welke geïdentificeerd zijn tijdens dit onderzoek:

- Werkwijze heeft invloed op de omgevingsbeïnvloeding van de bemaling. Een langere sleuflengte en/of bemalingsduur zal in de omgeving een groter effect op grondwaterstand verlagend veroorzaken;
- De damwanden een belangrijk onderdeel van de waterhuishouding. De damwanden moeten voldoende diep zijn en waterremmende eigenschappen hebben. Indien damwanden minder diep of lek zijn dan zal de grondwaterstand in de omgeving meer zakken dan verwacht;
- Bij toepassing van bronbemaling dient rekening gehouden te worden met het behoud van de bomen en struikgewas. Bij (extreem) droge weersomstandigheden kan er schade ontstaan in het groeiseizoen.

5.2 Aanbevelingen: onderzoek en/of monitoring

In deze paragraaf worden de aanbevelingen uiteengezet welke worden geadviseerd op basis van de risicocheck in de vorige paragraaf. De aanbevelingen zijn bedoeld om de risico's te beheersen welke zijn toegewezen aan dit project.

Onderzoek

Aanbevelingen welke risico's beheersen door middel van onderzoek:

- Dit onderzoek is met de hoogste nauwkeurigheid uitgevoerd op basis van de huidige wetenschap, in het bouwproces is er vaak sprake van wijzigingen en nieuwe inzichten tijdens de uitvoeringsfase. Aanbevolen wordt tijdens de start van de (aanleg van) bemaling de adviseur van dit plan op werkbezoek uit te nodigen en te laten controleren of hierbij de gestelde conclusie nog van toepassing is.

Monitoring bouwput

Aanbevelingen welke risico's beheersen door middel van monitoring op de projectlocatie:

- Aanbevolen wordt het toepassen van een geijkte debietmeter. Met de inwerkingtreding van de Waterwet is het voor alle grondwateronttrekkingen verplicht om de onttrokken hoeveelheid grondwater of geïnfiltrerd water met een nauwkeurigheid van maximaal 5% afwijking te meten;
- Aanbevolen wordt om dagelijks de grondwaterstand op de projectlocatie controleren, met behulp van een peilbuis op de projectlocatie in watervoerende laag 1. Grondwaterstand in de bouwput of ontgraving moet in verband met een goede preparatie van de funderingslaag en een goede begaanbaarheid van de bouwputbodem niet hoger reiken dan 0,3 m beneden het lokale ontgravingsniveau. Ten aanzien van eisen in de Waterwet mag de grondwaterstand ten hoogste 0,5 m onder ontgravingsniveau worden verlaagd;
- Aanbevolen wordt om dagelijks de grondwaterstand op de projectlocatie controleren, met behulp van een peilbuis op de projectlocatie in watervoerende laag 2 (filter peilbuis van NAP – 8 m tot NAP – 9 m). Bij een grondwaterstand hoger dan NAP – 0,7 m contact opnemen met de geohydroloog;
- Aanbevolen wordt het debiet en grondwaterstand meting dagelijks en in later stadium wekelijks te registreren (verplicht) EN na het verzamelen van één week aan debiet en grondwaterstanden meetdata deze meterstanden te verzenden naar info@lootsgwt.com met als vermelding "metingen 10160418B.1". Het controleren van deze bouwputmetingen wordt als service uitgevoerd.

Monitoring omgeving

Aanbevelingen welke risico's beheersen door middel van monitoring in de omgeving:

- Aanbevolen wordt om twee peilbuizen te plaatsen buiten de bouwput in watervoerende laag 1. Grenswaarden vaststellen op NAP – 0,87 m. Dagelijks grondwaterstand controleren. Bij verlagingen beneden het kritieke niveau dient actie ondernomen om schade te voorkomen bij belendingen;
- Bij belendingen binnen 20 m afstand wordt een vooropname aanbevolen;
- Bij belendingen binnen 3 m afstand worden deformatiemetingen aanbevolen;
- Bij toepassing van bronbemaling dient rekening gehouden te worden met het behoud van de bomen en struikgewas. Bij (extreem) droge weersomstandigheden dient er binnen een straal van 50 meter van het centrum van de bemaling, lokaal (extra) te beregent te worden in combinatie met een retourbemaling ter aanvulling van de hoeveelheid bodemvocht.

5.3 Aanbevelingen: uitvoering

De aannemer/bemaler is vrij om te kiezen voor specifieke boor-/plaatsing methode, wijze van omgaan met lokale afwijkingen in de bodem, type materieel. De vrije keuze is omdat materieel om te bemalen zeer divers is en varieert per bemaler. Wel moet rekening gehouden worden dat het plan mogelijk niet kan voldoen bij bepaalde (combinaties) van uitvoeringstechnische werkwijzen en materieel.

De volgende aanbevelingen zijn om het bemalingsresultaat te halen, omgevingsbeïnvloeding te beheersen en te voldoen aan wetgeving:

- Het wordt aanbevolen het bemalingsplan en het uitvoeringsontwerp te overleggen met de bemalingsadviseur, daarbij zal de invloed op de omgeving worden gecontroleerd en/of (indien wenselijk) met monitoring de bemaling geoptimaliseerd tijdens uitvoering;
- Aanbevolen wordt een plan en materieel en mensen klaar te hebben om ten alle tijden de bemaling/bouwputstabiliteit te kunnen herstellen binnen de responstijd. Responstijd is de verwachte tijdsduur tussen uitval bemaling en grote problemen in de bouwput;
- Tenslotte wordt aanbevolen een bemalingsinstallatie toe te passen met voldoende capaciteit en welke (lokaal) instelbaar is. De bemalingsinstallatie dient voldoende instelbaar te zijn om een te grote onttrekking/verlaging te voorkomen. Aanbevolen wordt te overleggen wie dit zal controleren/instellen en welke controle frequentie toegepast zal worden.

5.4 Aanbevelingen: overige raakvlakken

De grondwaterbeheersing is niet alleen afhankelijk van het bemaling ontwerp en –uitvoering. Ten tweede kan de kwaliteit van in de grond gebouwde objecten worden beïnvloed door de grondwaterbeheersing.

De volgende aanbevelingen zijn toegevoegd :

- Hemelwater dat valt op omliggende terreinen dient zo goed mogelijk te worden gescheiden van het projectgebied. Dit kan met name voor problemen zorgen indien het project in een dal is gelegen (bij hevige regenval komt dan een stroom hemelwater + vuil via het oppervlak op de bouwplaats). Aanbevolen maatregelen zijn greppels of een dijk op de projectgrens.

5.5 Actieprogramma

In het actieprogramma wordt beschreven welke stappen genomen moeten worden voor uitvoering bemaling:

1. Noodzakelijke aanvullende onderzoeken uitvoeren H5.2;
2. Uitvoeren melding bemaling;
3. Selectie aannemer bemaling;
4. Aannemer bemaling een bemalingsplan laten opstellen;
5. Controleren werkwijze aannemer bemaling;
6. Bij definitief uitvoeringsontwerp punten H5.4 eenmaal controleren;
7. Monitoring H5.2 plaatsen;
8. Start bemaling, opschrijven beginstand debietmeter;
9. Een monsternamen van het grondwater genomen vanuit het lozingswater. Dit monster dient te worden geanalyseerd op de parameters welke Waterschap zal vragen (mogelijks moet dit worden herhaald per week).
10. Controle bemaling op locatie en grondwaterstandmetingen verzenden naar info@lootsgwt.com met als vermelding "metingen 10160418B.1";

Neem contact op met Erik Loots voor meer informatie.

Opgesteld door:

ing. E.J. Loots (06-53392188)

Loots Grondwatertechniek

22 februari 2019

Gebruikte literatuur en bronnen

1. **Nederlands Normalisatie-instituut.** *NEN 9997-1+C1-2012*. Normcommissie 351 006 "Geotechniek". Delft : NEN, 2012. ICS 91.080.01; 93.020.
2. **SBR.** *190.03 Bemaling van bouwputten*. Rotterdam : SBR, 2003.
3. —. *273.98 Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsaling op de bebouwing*. Rotterdam : SBR, 1998.
4. **Rijkswaterstaat - Ministerie van Infrastructuur en Milieu.** Bodemloket. [Online] 2013. <http://www.bodemloket.nl>.
5. **Google.** *Google Earth*. 2012. 7010101888.
6. **Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed - Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap.** *IKAW - Archeologische Monumentenkaart*. [Autocad] 2011.
7. **Dinoloket, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond.** *Ondergrondgegevens*.
8. **Dienst Regelingen.** *Basisregistratie Percelen*.
9. **GBO Provincies.** *Grondwaterbescherming en -onttrekking*.
10. **Publieke Deinstverlening op kaart.** *Natura 2000 gebieden*.
11. **Kadaster.** *Basisregistraties Adressen en Gebouwen*.
12. —. *Top10NL kaart nederland*. 2012.
13. **ADDIT.** *BA01 tekening*. 16-05-18.
14. **Duyts.** *218276 WABO rapportage*. 22-6-2018.
15. —. *218183 tekening C01*. 21-6-2018.

Bijlage 1 – Algemene voorwaarden rapport

Op alle, door Loots Grondwatertechniek uitgebrachte adviezen en berekeningen, is de DNR 2011 <http://www.nlingenieurs.nl/downloads/dnr-2011/> van toepassing.

Het advies en de berekeningen zijn opgesteld conform de onderstaande wetgeving, normen, richtlijnen en protocollen:



Eurocode 7: Geotechniek
NEN 9997-1+C1:2012



Wetgeving Rijksoverheid
Waterwet



SBR190.03 Bemaling van
bouwputten

SBR273.98 Leidraad voor het
onderzoek naar de invloed van
een grondwaterstandsval op
de bebouwing

De onderstaande beperkingen en voorwaarden in dit hoofdstuk zijn van toepassing op dit document:

Algehele stabiliteit, stabiliteit ophogingen en stabiliteit taluds, belastingen, stabiliteit, sterkte grondkerende constructies en verankeringen worden niet beschouwd;

© copyright Loots Grondwatertechniek - Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd, gecommuniceerd, aangepast, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt, in enige vorm op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, microfilm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Loots Grondwatertechniek, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd. De rekenwaarden zijn uitsluitend voor berekening van bemaling(effecten) en worden geenszins met het oog op enig specifiek gebruik ter beschikking gesteld;

Bijlage 2 – Methode van bepalen van benodigde data

De aangeleverde data zijn gedeeltelijk consistent met data van voorgaande projecten/archiefdata. De interpretatie is gebaseerd op beperkte informatie van het project en aangenomen wordt dat de waarden welke opdrachtgever beschikbaar heeft gesteld op lange termijn representatief zijn.

[A] Vastgestelde parameters projectlocatie

De volgende parameters zijn afgeleid uit aangeleverde informatie en het archiefonderzoek:

- Projectafmeting, projectlocatie;
- Geotechnische bodemopbouw en geotechnische categorie;
- Aanwezigheid van grondwaterbeschermingsgebied, openbaar groen/natuur, landbouw, natura 2000 gebied.

[B] Geraamde parameters op basis van meerdere gegevensbronnen

De volgende parameters zijn bepaald aan de hand van meerdere gegevensbronnen, dit zijn vaak ervaringen in de nabijheid van de projectlocatie. Hierbij wordt gekozen voor een conservatieve benadering waarbij voor elke parameter de minst gunstige waarde wordt gehanteerd. Er valt vaak winst te halen door deze parameters nader te bepalen. De volgende parameters zijn geraamd:

- Geotechnische bodemonderzoeken;
- Geohydrologische parameters, geraamd op basis van Dinoloket, grondwaterkaart, boorbeschrijving;
- De maatgevende (gemiddeld hoogste/laagste) grondwaterstand watervoerende laag 1 en 3;
- Aanwezigheid van archeologische objecten, grondwaterverontreinigingen, infrastructuur.

[C] Geraamde parameters op basis van ervaring

De parameters in dit hoofdstuk zijn niet direct af te leiden uit beschikbare gegevensbronnen. Hierbij wordt gekozen voor een conservatieve benadering waarbij elke parameter wordt bepaald conform Eurocode (1) en ervaring. De volgende parameters zijn geraamd:

- Bemalingsperiode;
- Ontgravingsdiepten;
- Grondwateraanvulling is ingeschat op 250mm/jaar;
- De maatgevende (gemiddeld hoogste/laagste) grondwaterstand watervoerende laag 2;
- Oppervlaktewater, diepte en verbinding met watervoerende lagen;
- De volumieke gewichten betreffen een raming op basis van ervaring. Om meer inzicht te verkrijgen in de volumieke gewichten kunnen grondmonsters worden gestoken waarvan in het laboratorium de volumieke gewichten worden bepaald. Belastingen worden beschouwd als blijvend, dit betekent dat de maatgevende grondwaterstand bepaald moet zijn (worst-case) en/of maatregelen ten aanzien van monitoring moet worden toegepast voor en/of tijdens bemalen.

[D] Ontbrekende parameters

Na het opstellen is gebleken dat de volgende parameters niet of slecht zijn te bepalen:

- Aanwezigheid van kritieke belastingen;
- De actuele grondwaterstand t.o.v. NAP;
- Grondwaterkwaliteit.

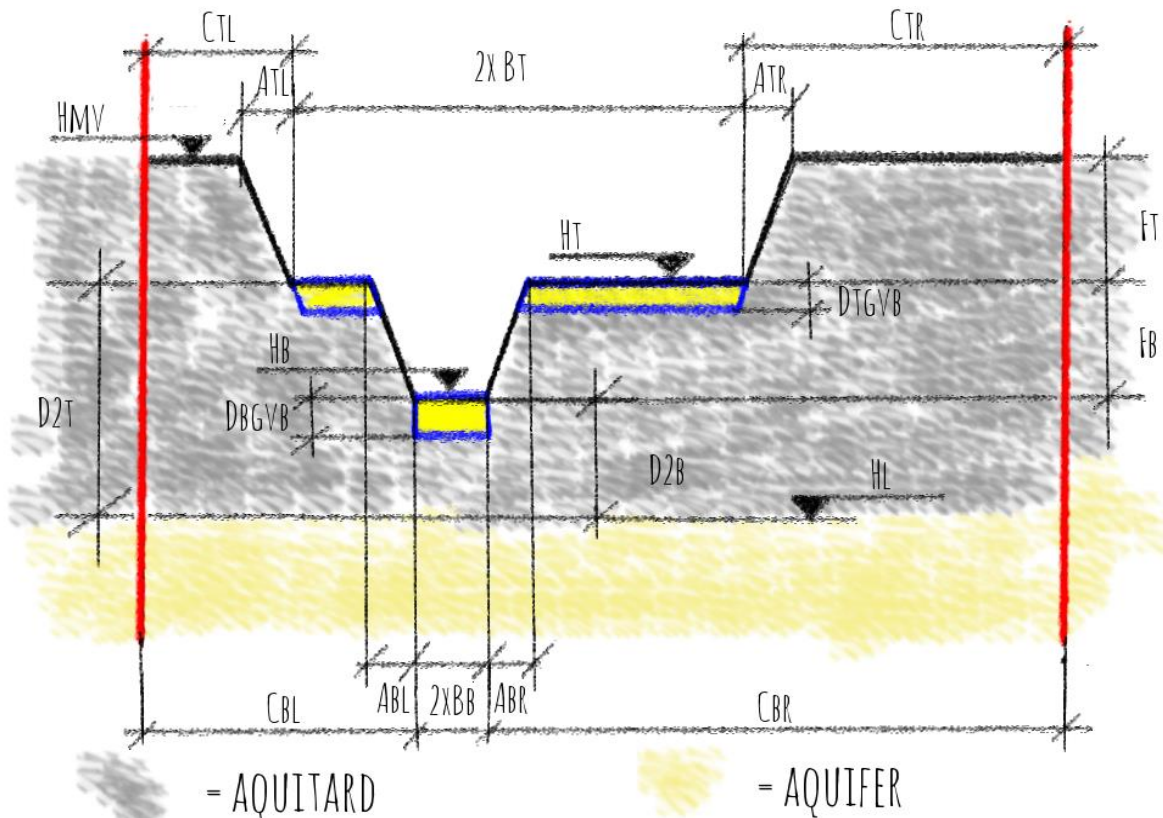
Bijlage 3 – (input) Grondwaterberekeningen/-model

Deze bijlage bestaat uit de volgende onderdelen:

- Berekening(en) verticaal evenwicht per onderdeel (of de maatgevende);
- Berekening debiet per onderdeel (of de maatgevende);

Toelichting berekening verticaal evenwicht Loots

Bij het ontgraven in een slappe deklaag kan de bodem (door waterdruk) omhoog worden gedrukt. Daarom dient gecontroleerd te worden of de bodem tijdens de ontgraving niet zal opdrijven/-barsten. Het opbarsten is ongewenst voor het milieu, echter het onnodig uitvoeren van een bemaling is eveneens ongewenst voor het milieu. De verticaal evenwicht berekening houdt rekening met het effect van gronddruk naast de ontgraving (berekening Boussinesq), houdt rekening met effect damwanden (indien van toepassing), houdt rekening met het verschil van de vorm (vierkant/sleuf) en houdt rekening met het effect van een grondverbetering.



CTL= afstand tot limiet bovenste trap aan linkerzijde
 CTR= afstand tot limiet bovenste trap aan rechterzijde
 CBL= afstand tot limiet onderste trap aan linkerzijde
 CBR= afstand tot limiet onderste trap aan rechterzijde
 BT= helft breedte ontgraving bovenste trap
 BB= helft breedte ontgraving onderste trap
 HMV= hoogte maaiveld t.o.v. referentie (NAP)
 HB= hoogte ontgraving onderste trap t.o.v. referentie (NAP)
 Dbgvb= dikte grondverbetering beneden de onderste trap
 D2T= d_{2t} = dikte grond tussen ontgravings- en opbarstniveau bij bovenste trap
 D2B= d_{2b} = dikte grond tussen ontgravings- en opbarstniveau bij onderste trap

ATL= breedte talud bovenste trap aan linkerzijde
 ATR= breedte talud bovenste trap aan rechterzijde
 ABL= breedte talud onderste trap aan linkerzijde
 ABR= breedte talud onderste trap aan rechterzijde
 FT= factor Boussinesq bovenste trap
 FB= factor Boussinesq onderste trap
 HT= hoogte ontgraving bovenste trap t.o.v. referentie (NAP)
 HL= hoogte opbarstniveau t.o.v. referentie (NAP)
 Drgvb= dikte grondverbetering beneden de onderste trap

formule van Boussinesq

Voor het berekenen van het effect van grond naast de sleuf wordt gebruik gemaakt van de formules van Boussinesq. Deze berekening wordt voorgeschreven in Eurocode NEN9997-1+c1:2012, daarnaast is gebleken (geotechniek publicatie april 2010) dat deze analytische berekening overeenkomt met de resultaten van een eindig elementen berekening. De formules (1 en 2) van Boussinesq zijn hieronder weergegeven.

$$(1) f = \frac{2}{\pi} \left(\left(1 + \frac{b}{a} \right) \times \arctan \left(\frac{d_2}{a+b} \right) - \frac{b}{a} \times \arctan \left(\frac{d_2}{b} \right) \right)$$

$$(2) f_{\text{vierkant}} = \frac{d_2^3}{\left(d_2^2 + \frac{(a+2b)^2}{\pi} \right)^{\frac{3}{2}}}$$

De formule van Boussinesq gaat uit van een symetrische ontgraving (gelijke taluds) en één ontgravingstrap. Daarnaast gaat de formule van Boussinesq uit dat de grond naast de sleuf tot grote afstand aanwezig is. Aanvullende berekeningen zijn noodzakelijk voor het effect van verschillende taluds (links en rechts), het effect van damwanden en het effect van twee trappen.

Toelichting (1) berekening verschillend talud links en rechts

Het effect van twee verschillende taluds (links en rechts), bijvoorbeeld talud 1:1 links en talud 1:2 rechts. Om het effect uit te rekenen moet de formule van Boussinesq worden toegepast bij talud 1:1 (uitkomst factor F van bijvoorbeeld 0.8) en bij talud 1:2 (uitkomst factor F van bijvoorbeeld 0.7). Vervolgens moet van elke berekening (formule Boussinesq) de factor F gedeeld worden door twee en de uitkomst van beide formules moet bij elkaar worden opgeteld, in dit voorbeeld: $0.8/2 + 0.7/2 = 0.4 + 0.35 = 0.75$, ofwel de conclusie is de factor F is 0.75 bij een talud van 1:1 links en 1:2 rechts.

Toelichting (2) berekening effect limiet (damwand)

Een limiet, bijvoorbeeld een verticale damwand, zorgt voor een snijvlak waardoor de grond achter de limiet geen neerwaartse druk (naastgelegen grond) kan realiseren. Om dit effect te berekenen wordt het volgende uitgevoerd per zijde (links of rechts van ontgraving). In het voorbeeld wordt de linkerzijde (van de bovenste trap) toegelicht. Eerst wordt de factor F uitgerekend talud 1:1, de factor F in het voorbeeld is 0.8, echter omdat dit een zijde betreft moet factor F worden gedeeld door twee, ofwel $F = 0.4$ voor de linkerzijde. De damwand is op bijvoorbeeld 4 m afstand, vervolgens moet een tweede berekening met behulp van Boussinesq worden uitgevoerd waarbij de bodembreedte 4 m groter is en het talud 1:0.0001, hieruit volgt een factor F van 0.2, ofwel (gedeeld door twee) 0.1 voor de linkerzijde, dit is de bodemdruk van achter de damwand (in het geval dat er geen limiet zou zijn), echter de damwand is een limiet, dus dit betekent dan 0.1 (factor F) niet meegeteld mag worden, ofwel factor F aan de linkerzijde is $0.4 - 0.1 = F = 0.3$. Indien bij de rechterzijde achter de damwand een factor F is van 0.1 (gedeeld door twee) 0.05, dan is factor F aan de rechterzijde $0.35 - 0.05 = 0.3$. De totale factor F (rekenwaarde voor links en rechts) is $0.3 + 0.3 = 0.6$.

Toelichting (3) berekening twee trappen

Bij de bovenste trap moet gerekend worden met de volgende parameters:

a= ATL en ATR

b= BT en (indien limiet) BT + CTL en BT + CTR

d₂= D2T

Bij de onderste trap moet gerekend worden met de volgende parameters:

a= ABL en ABR

b= BB en (indien limiet) BB + CBL en BB + CBR

d₂= D2B

Toelichting (4) grondverbetering

Het toepassen van een grondverbetering gebeurt beneden het ontgravingsniveau. Stel een ontgravingsniveau van NAP - 5 m is noodzakelijk. Een grondverbetering van 0,5 m wordt toegepast. De deklaag heeft een volumiek gewicht van 14 kN/m³ en de grondverbetering heeft een volumiek gewicht van 18 kN/m³. In dit voorbeeld zal 0,5 m x 18 kN/m³ aangebracht worden en 0,5 m x 14 kN/m³ worden verwijderd. Effectief is de toename neerwaartse druk = $0,5 \times 18 - 0,5 \times 14 = 9 - 7 = 2 \text{ kN/m}^2$.

Toelichting (5) veiligheidsfactor

De veiligheidsfactor voor een verticaal evenwichtsberekening wordt voorgeschreven in de Eurocode NEN9997-1+c1:2012. De Eurocode schrijft voor om het volumiek gewicht van de bodem te vermenigvuldigen met 0.9 en de waterdruk te vermenigvuldigen met 1.1. De waterdruk kan ook (indien een meetreeks beschikbaar is) bepaald worden met een "maatgevend hoogste grondwaterstand"-analyse (normaliter gemiddelde grondwaterstand + 2 keer standaarddeviatie).

Bij gebruik making van tabel 2.b - Karakteristieke waarden van grondeigenschappen in de Eurocode NEN9997-1+c1:2012, wordt gesteld dat de representatieve waarden (bijvoorbeeld 20 kN/m³ voor zand, vast, verzadigd) het representatief gemiddelde is. De standaarddeviatie is aangenomen op 2,5% van het representatief gemiddeld, indien er voldoende steekmonsters zijn dan wordt de standaarddeviatie uitgerekend. Bij een standaarddeviatie welke gelijk is aan 2,5% van het representatief gemiddelde is de kans op overschrijding 0.5 % (gemiddelde minus 4x standaarddeviatie) bij veiligheidsfactor 1.1 ($1 + 4 \times 0.025$). Een kans op overschrijding van 0.5% (1/200) wordt beschouwd als statistisch correct bij een veiligheidsfactor van 1.1.

De kritieke grondwaterstand per watervoerende laag bij een hogere faalkans (lagere veiligheidsfactor) is ook weergegeven. Dit is met als doel het duidelijk maken van risico's bij het onjuist toepassen van maatregelen. Tot slot is de veiligheidsfactor bij de maatgevend hoge grondwaterstand weergegeven per watervoerende laag, bij een veiligheidsfactor lager dan 1.1 zijn maatregelen noodzakelijk.

Toelichting (6) berekening totale gronddruk

Als voorbeeld wordt hieronder een berekening toegelicht. In dit voorbeeld geldt: $f_t = 0,7$ (factor Boussinesq - watervoerende laag 2 - bovenste trap), $f_b = 0,65$ (factor Boussinesq - watervoerende laag 2 - onderste trap) en volumiek gewicht grondverbetering = 20 kN/m^3 .

Het ontgravingsniveau is NAP - 5,0 m, dit betekend dat de bovenzijde van watervoerende laag 2 (NAP - 7,0 m) een opbarstniveau is. Daarnaast geldt dat watervoerende laag 1 niet getoetst dient te worden te aanzien van verticaal evenwicht (doordat deze laag boven het ontgravingsniveau is gelegen en de laag is freatisch).

grondbeschrijving	γ (σ) [kN/m ³]	top [m+REF]	type	f_t [m]	f_b [m]	d_{2b} [m]	gvb	gronddruk op watervoerende laag [kN/m ²]				
								WVL1	WVL2	WVL3	WVL4	WVL5
zand, matig fijn, zwak silthoudend, lo	17 (0,43)	-1,00	WVL1	2,5	0,5			0	35,28			
klei, sterk zandig, slap	15 (0,38)	-4,00			0,05			0	0,49			
veen, gemiddelde doorlatendheid	11 (0,28)	-4,05			0,05			0	0,36			
klei, sterk zandig	18 (0,45)	-4,10			0,9	1,5	0,5	0	47,53			
zand, matig fijn, sterk silthoudend	20 (0,5)	-7,00	WVL2									

Eerste regel (zand, matig fijn, zwak ...) is de bovenste trap $2,5 \text{ m}$ dik $\times 17 \text{ kN/m}^3 \times 0,7$ (f_t) = $29,75 \text{ kN/m}^2$. Daarnaast is de onderste trap ook in deze grondlaag, daarbij geldt $0,5 \text{ m}$ dik $\times 17 \text{ kN/m}^3 \times 0,65$ (f_b) = $5,525 \text{ kN/m}^2$. De totale neerwaartse druk is $29,75 + 5,525 = 35,28 \text{ kN/m}^2$. De standaarddeviatie van neerwaartse druk is $35,28 / 17 \times 0,43 = 0,89 \text{ kN/m}^2$.

Tweede regel (Klei, sterk ...) is de onderste trap $0,05 \text{ m}$ dik $\times 15 \text{ kN/m}^3 \times 0,65$ (f_b) = $0,4875 \text{ kN/m}^2$. De standaarddeviatie van neerwaartse druk is $0,49 / 15 \times 0,38 = 0,012 \text{ kN/m}^2$.

Derde regel (Veen, gemiddelde ...) is de onderste trap $0,05 \text{ m}$ dik $\times 11 \text{ kN/m}^3 \times 0,65$ (f_b) = $0,3575 \text{ kN/m}^2$. De standaarddeviatie van neerwaartse druk is $0,36 / 11 \times 0,28 = 0,009 \text{ kN/m}^2$.

Vierde regel (klei, ...) is de onderste trap $0,9 \text{ m}$ dik $\times 18 \text{ kN/m}^3 \times 0,65$ (f_t) = $10,53 \text{ kN/m}^2$. Daarnaast is deze slecht doorlatende grondlaag ook aanwezig onder het ontgravingsniveau (2 m dik), daarbij geldt $0,5 \text{ m}$ grondverbetering $\times 20 \text{ kN/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^2$ en $1,5 \text{ m}$ klei sterk zandig $\times 18 \text{ kN/m}^3 = 27 \text{ kN/m}^2$. De totale neerwaartse druk is $10,53 + 10 + 27 = 47,53 \text{ kN/m}^2$. De standaarddeviatie van neerwaartse druk is $(10,53+27) / 18 \times 0,45 = 0,94 \text{ kN/m}^2$.

$U_{z;d} \text{ som } \gamma \times d$	0,00	83,65	0,00	0,00	0,00
$U_{z;d} \text{ som } \gamma \sigma \times d$	0,00	1,85	4,50	0,00	0,00
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 50%, veiligheidsfactor 1,0		1,53			
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 16%, veiligheidsfactor 1,025		1,34			
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 2,5%, veiligheidsfactor 1,05		1,15			
Eurocode kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 0,5%, veiligheidsfactor 1,1		0,78			
maatgevend hoge grondwaterstand [m+REF]	-1,50	-1,00			
veiligheidsfactor bij maatgevend hoge grondwaterstand	0,00	1,39			

Bij " $U_{z;d} \gamma \times d$ " is de som van de neerwaartse druk van de bodemlagen weergegeven. Dit is in dit geval $35,28 + 0,49 + 0,36 + 47,53 = 83,65 \text{ kN/m}^2$. De totale standaarddeviatie van de neerwaartse druk " $U_{z;d} \gamma \sigma \times d$ " is $0,89 + 0,012 + 0,009 + 0,94 = 1,85 \text{ kN/m}^2$.

De kritieke grondwaterstand met lage faalkans (0,5%) conform Eurocode (1.1 veiligheid) is $\text{NAP} - 7,0 \text{ m} + (83,65 - 4 \times 1,85) / 9,81 = -7 + 7,78 = \text{NAP} + 0,78 \text{ m}$. Veiligheidsfactor conform eurocode is gelijk aan som minus $4 \times$ standaarddeviatie volumiek gewicht: $(83,65 - 10) \times 0,9 + 10 = 83,65 - 4 \times 1,85 = 76,25$.

De kritieke grondwaterstand met hoge faalkans (50%) is $\text{NAP} - 7,0 \text{ m} + (83,65) / 9,81 = -7 + 8,53 = \text{NAP} + 1,53 \text{ m}$.

De veiligheidsfactor wordt uitgerekend door de waterdruk te bepalen bij de maatgevend hoge grondwaterstand (NAP - 1,0 m). Bij opbarstniveau NAP - 7,0 m is er 6 m waterkolom, ofwel $6 \times 10 \text{ kN/m}^3 = 60 \text{ kN/m}^2$ opwaartse druk. De neerwaartse druk is $83,65 \text{ kN/m}^2$, de veiligheidsfactor is $83,65 / 60 = 1,39$. Geconcludeerd wordt (in dit voorbeeld) dat er geen maatregelen noodzakelijk zijn voor het verticaal evenwicht, de veiligheidsfactor is namelijk groter dan 1.1.

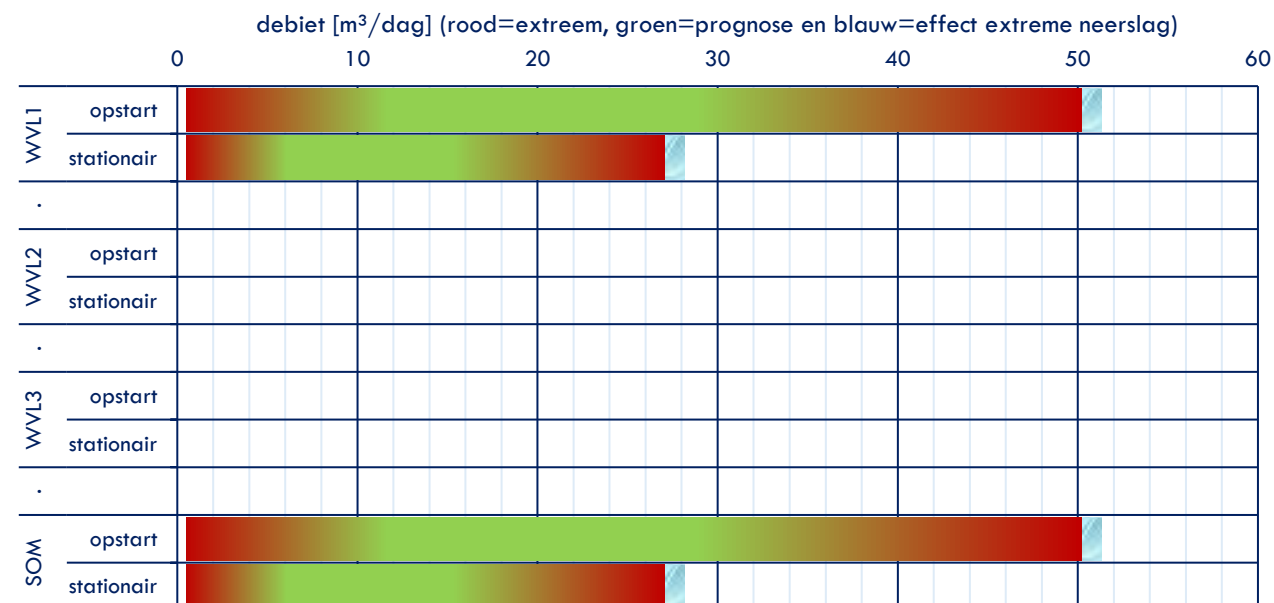
!!! De berekeningen in de toelichting (en op deze pagina) zijn fictief en dienen alleen als toelichting op de rekenmethodiek. De project gerelateerde berekeningen en resultaten zijn verder bijgevoegd !!!

$$f(\text{Boussinesq}) = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f \text{ (Boussinesq)} = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

$$f \text{ (Boussinesq)} = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$

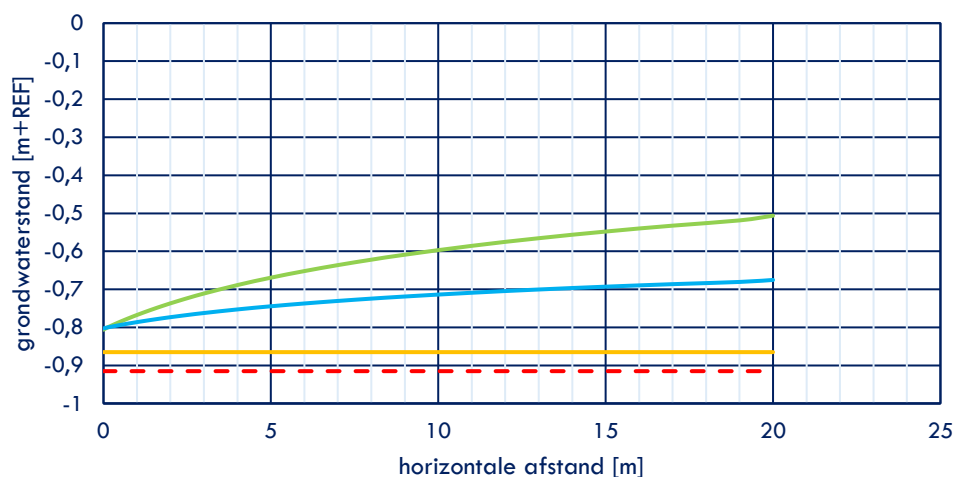
$$f \text{ (Boussinesq)} = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$



TABEL: berekening debiet [m³/dag] OS=opstart debiet en ST=stationair debiet

	methode	neerslag, lek en kwel		bemaling prognose		extreem hoog		extreem laag	
		normaal	extreem	OS	ST (m³/uur)	OS	ST	OS	ST
WVL1	Hantush-Jacob omg	0,5	1,1	17	9 (0,371)	50,8	27,6	0,49	0,49
WVL2	Hantush-Jacob	0,0	0,0	0	0 (0)	0	0	0	0
WVL3	Hantush-Jacob	0,0	0,0	0	0 (0)	0	0	0	0
WVL4		0,0	0,0						
WVL5		0,0	0,0						
SOM		1	1	17		51	28	0	0

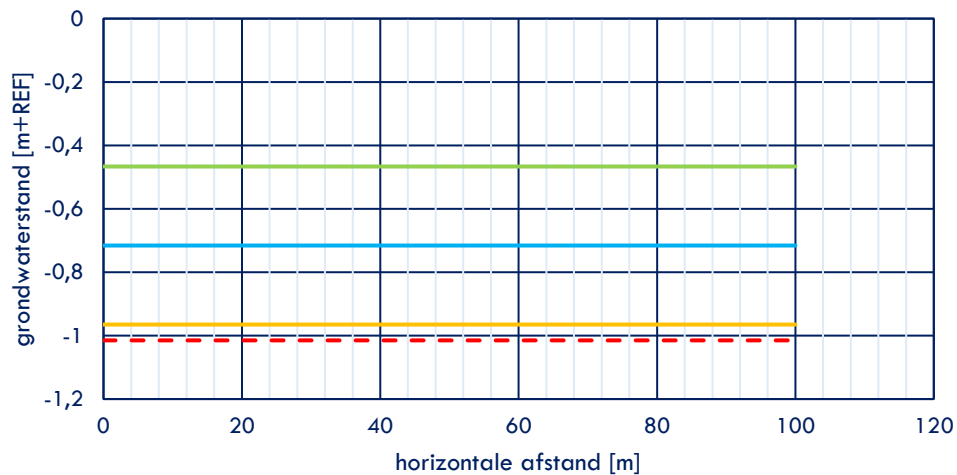
verhanglijn watervoerende laag 1



invloedsgebied [m]

nat	calc1
nat	calc2
nat	calc3
AVG	calc1
AVG	calc2
AVG	calc3
droog	calc1
droog	calc2
droog	calc3

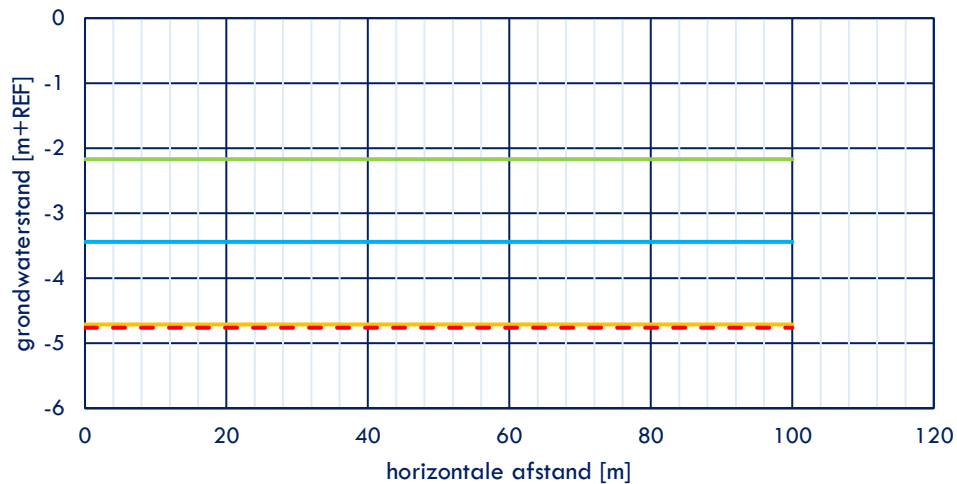
verhanglijn watervoerende laag 2



invloedsgebied [m]

nat	calc1
nat	calc2
nat	calc3
AVG	calc1
AVG	calc2
AVG	calc3
droog	calc1
droog	calc2
droog	calc3

verhanglijn watervoerende laag 3



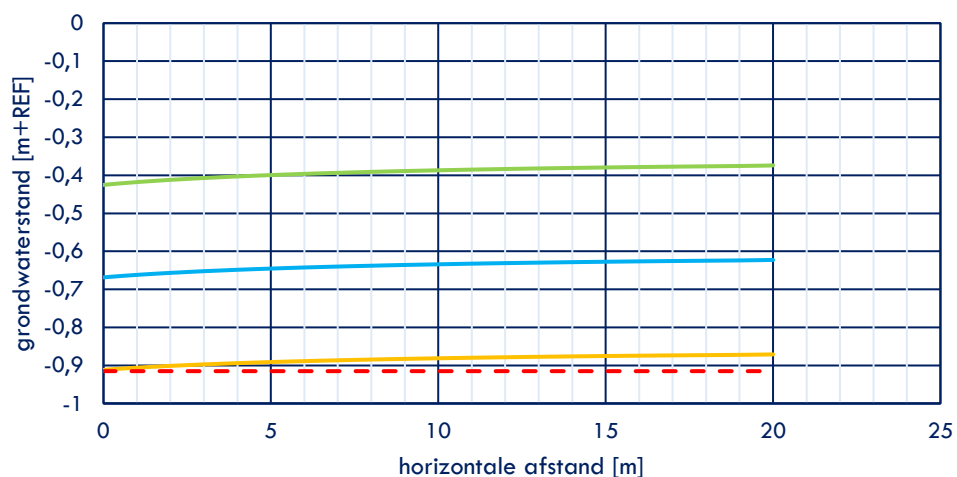
invloedsgebied [m]

nat	calc1
nat	calc2
nat	calc3
AVG	calc1
AVG	calc2
AVG	calc3
droog	calc1
droog	calc2
droog	calc3

TABEL: berekening debiet [m³/dag] OS=opstart debiet en ST=stationair debiet

	methode	neerslag, lek en kwel		bemaling prognose		extreem hoog		extreem laag	
		normaal	extreem	OS	ST (m³/uur)	OS	ST	OS	ST
WVL1	Hantush-Jacob omg	2,2	4,6	55	4 (0,167)	70,4	7,1	52	2
WVL2	Hantush-Jacob	0,0	0,0	0	0 (0)	1,13	1,05	0	0
WVL3	Hantush-Jacob	0,0	0,0	0	0 (0)	0	0	0	0
WVL4		0,0	0,0						
WVL5		0,0	0,0						
SOM		2	5	55		71	8	52	2

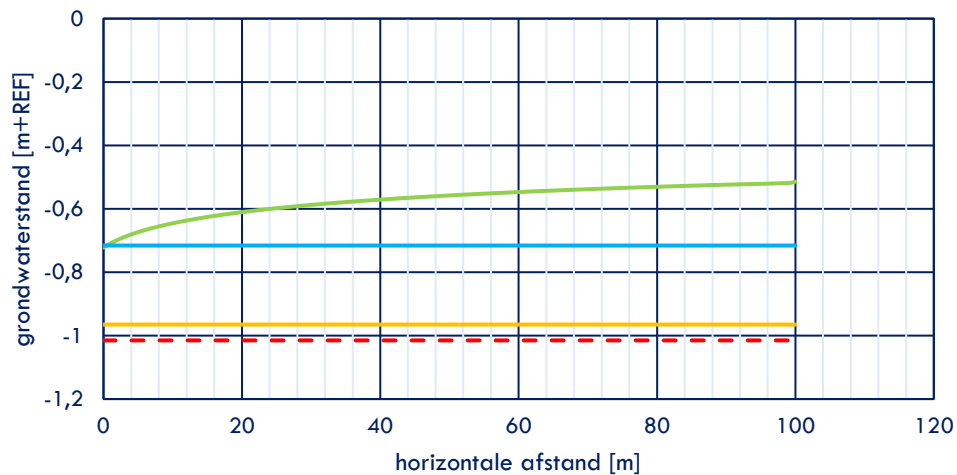
verhanglijn watervoerende laag 1



invloedsgebied [m]

nat	calc1	
nat	calc2	
nat	calc3	
AVG	calc1	
AVG	calc2	
AVG	calc3	
droog	calc1	4,0
droog	calc2	
droog	calc3	

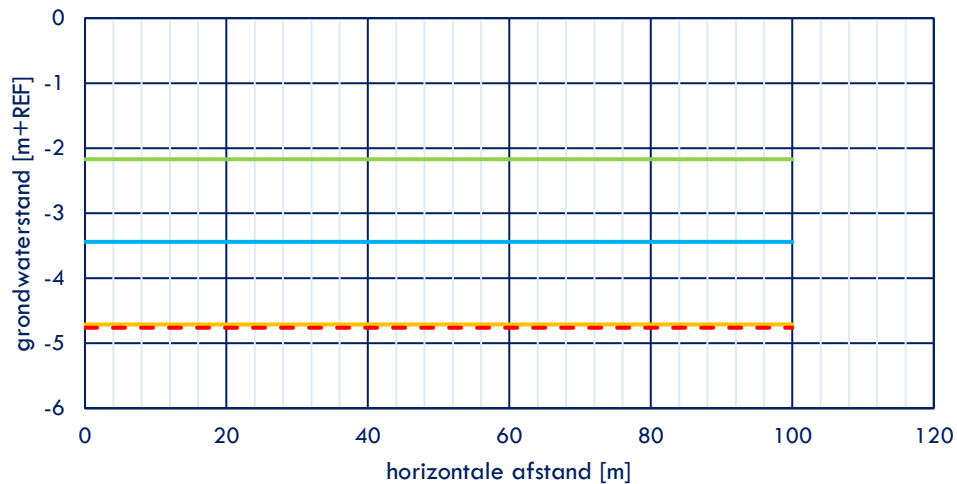
verhanglijn watervoerende laag 2



invloedsgebied [m]

nat	calc1	
nat	calc2	
nat	calc3	
AVG	calc1	
AVG	calc2	
AVG	calc3	
droog	calc1	
droog	calc2	
droog	calc3	

verhanglijn watervoerende laag 3



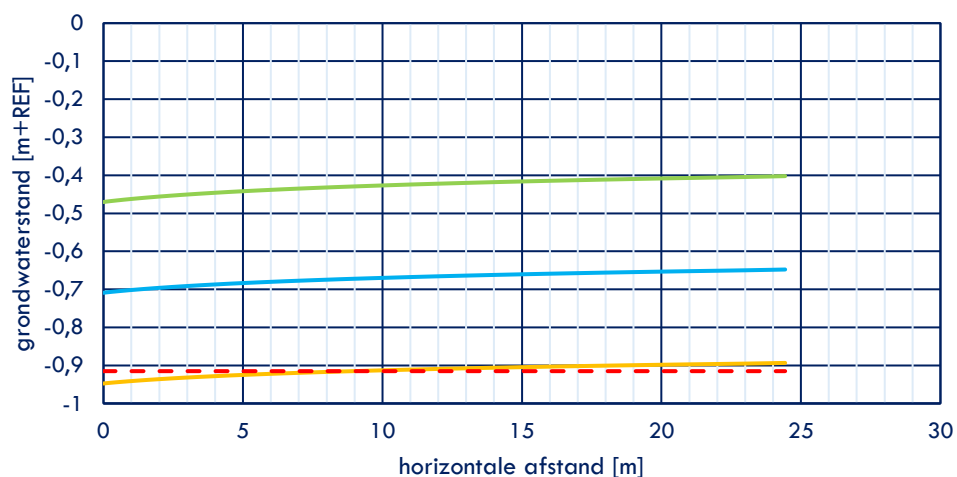
invloedsgebied [m]

nat	calc1	
nat	calc2	
nat	calc3	
AVG	calc1	
AVG	calc2	
AVG	calc3	
droog	calc1	
droog	calc2	
droog	calc3	

TABEL: berekening debiet [m³/dag] OS=opstart debiet en ST=stationair debiet

	methode	neerslag, lek en kwel		bemaling prognose		extreem hoog		extreem laag	
		normaal	extreem	OS	ST (m³/uur)	OS	ST	OS	ST
WVL1	Hantush-Jacob omg	2,2	4,6	4	4 (0,167)	7,1	7,1	2	2
WVL2	Hantush-Jacob	0,0	0,0	0	0 (0)	0,23	0,23	0	0
WVL3	Hantush-Jacob	0,0	0,0	0	0 (0)	0	0	0	0
WVL4		0,0	0,0						
WVL5		0,0	0,0						
SOM		2	5	4		7	7	2	2

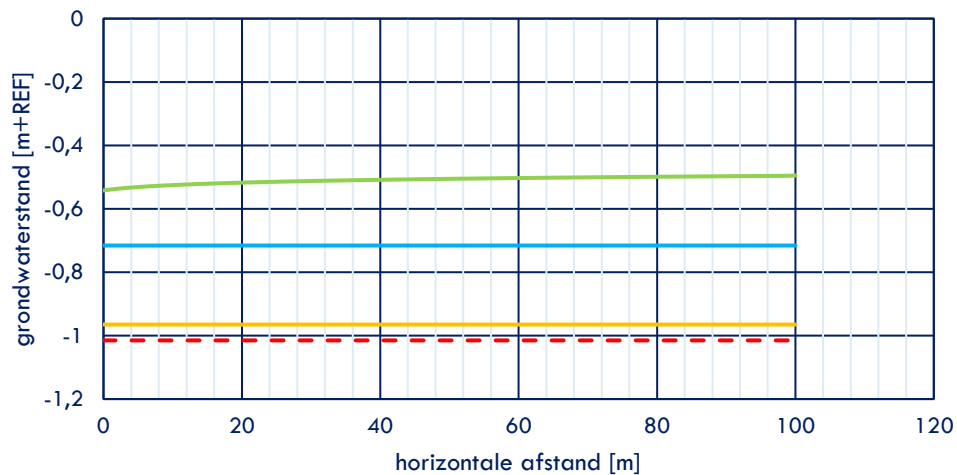
verhanglijn watervoerende laag 1



invloedsgebied [m]

nat	calc1	
nat	calc2	
nat	calc3	
AVG	calc1	
AVG	calc2	
AVG	calc3	
droog	calc1	24,0
droog	calc2	9,0
droog	calc3	6,0

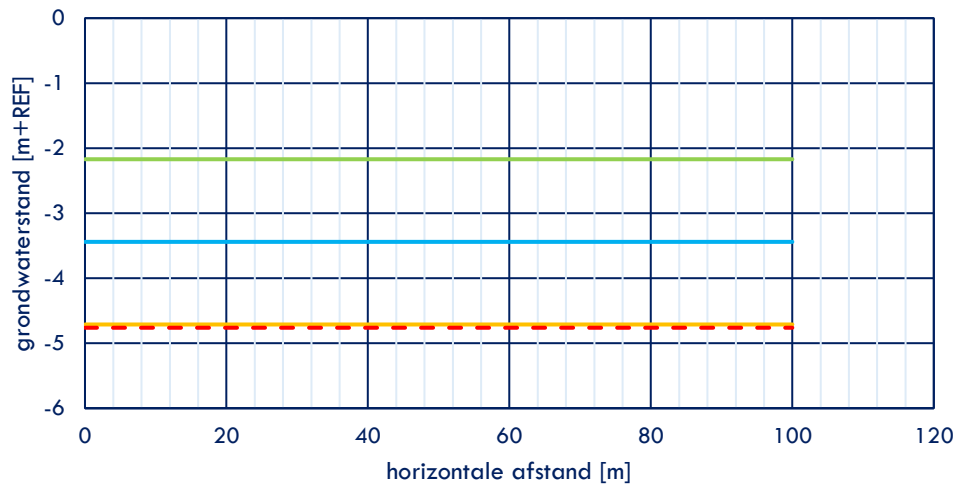
verhanglijn watervoerende laag 2



invloedsgebied [m]

nat	calc1	
nat	calc2	
nat	calc3	
AVG	calc1	
AVG	calc2	
AVG	calc3	
droog	calc1	
droog	calc2	
droog	calc3	

verhanglijn watervoerende laag 3



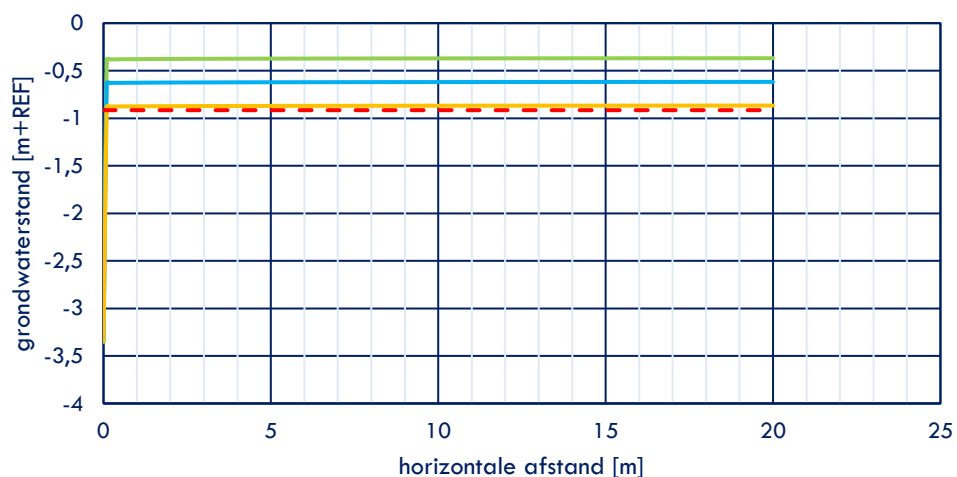
invloedsgebied [m]

nat	calc1	
nat	calc2	
nat	calc3	
AVG	calc1	
AVG	calc2	
AVG	calc3	
droog	calc1	
droog	calc2	
droog	calc3	

TABEL: berekening debiet [m³/dag] OS=opstart debiet en ST=stationair debiet

	methode	neerslag, lek en kwel		bemaling prognose		extreem hoog		extreem laag	
		normaal	extreem	OS	ST (m³/uur)	OS	ST	OS	ST
WVL1	Hantush-Jacob omg	0,1	0,3	0,03	0,03 (0,001)	-0,1	-0,1	0,02	0,02
WVL2	Hantush-Jacob	0,0	0,0	0	0 (0)	0,45	0,45	0	0
WVL3	Hantush-Jacob	0,0	0,0	0	0 (0)	0	0	0	0
WVL4		0,0	0,0						
WVL5		0,0	0,0						
SOM		0	0	0		0	0	0	0

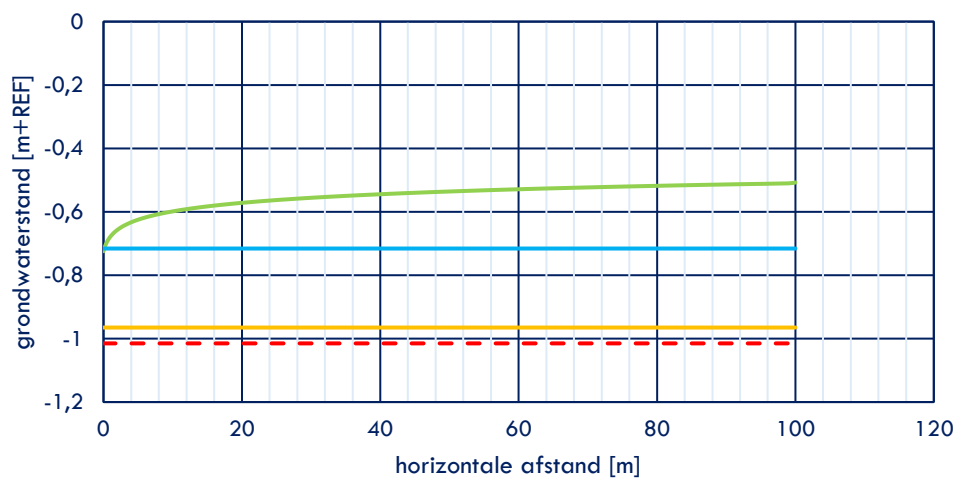
verhanglijn watervoerende laag 1



invloedsgebied [m]

nat	calc1	0,0
nat	calc2	0,0
nat	calc3	0,0
AVG	calc1	0,0
AVG	calc2	0,0
AVG	calc3	0,0
droog	calc1	0,0
droog	calc2	0,0
droog	calc3	0,0

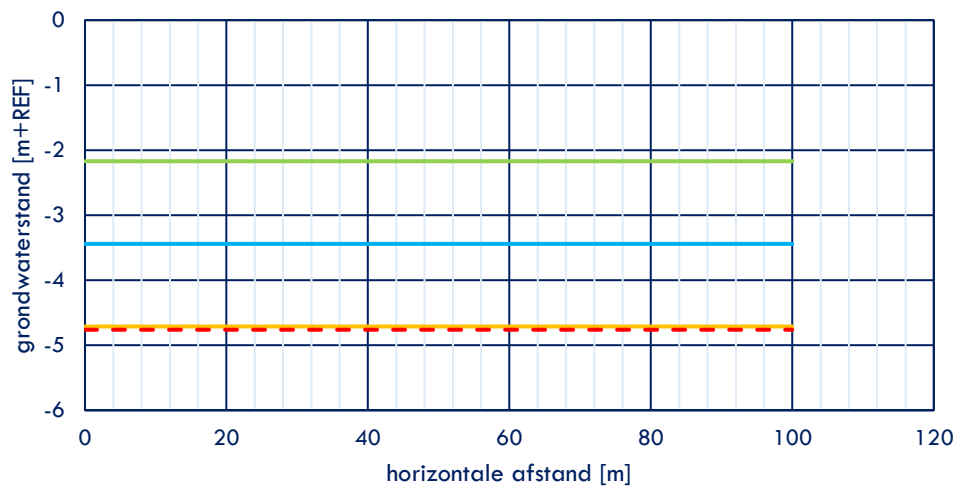
verhanglijn watervoerende laag 2



invloedsgebied [m]

nat	calc1	
nat	calc2	
nat	calc3	
AVG	calc1	
AVG	calc2	
AVG	calc3	
droog	calc1	
droog	calc2	
droog	calc3	

verhanglijn watervoerende laag 3

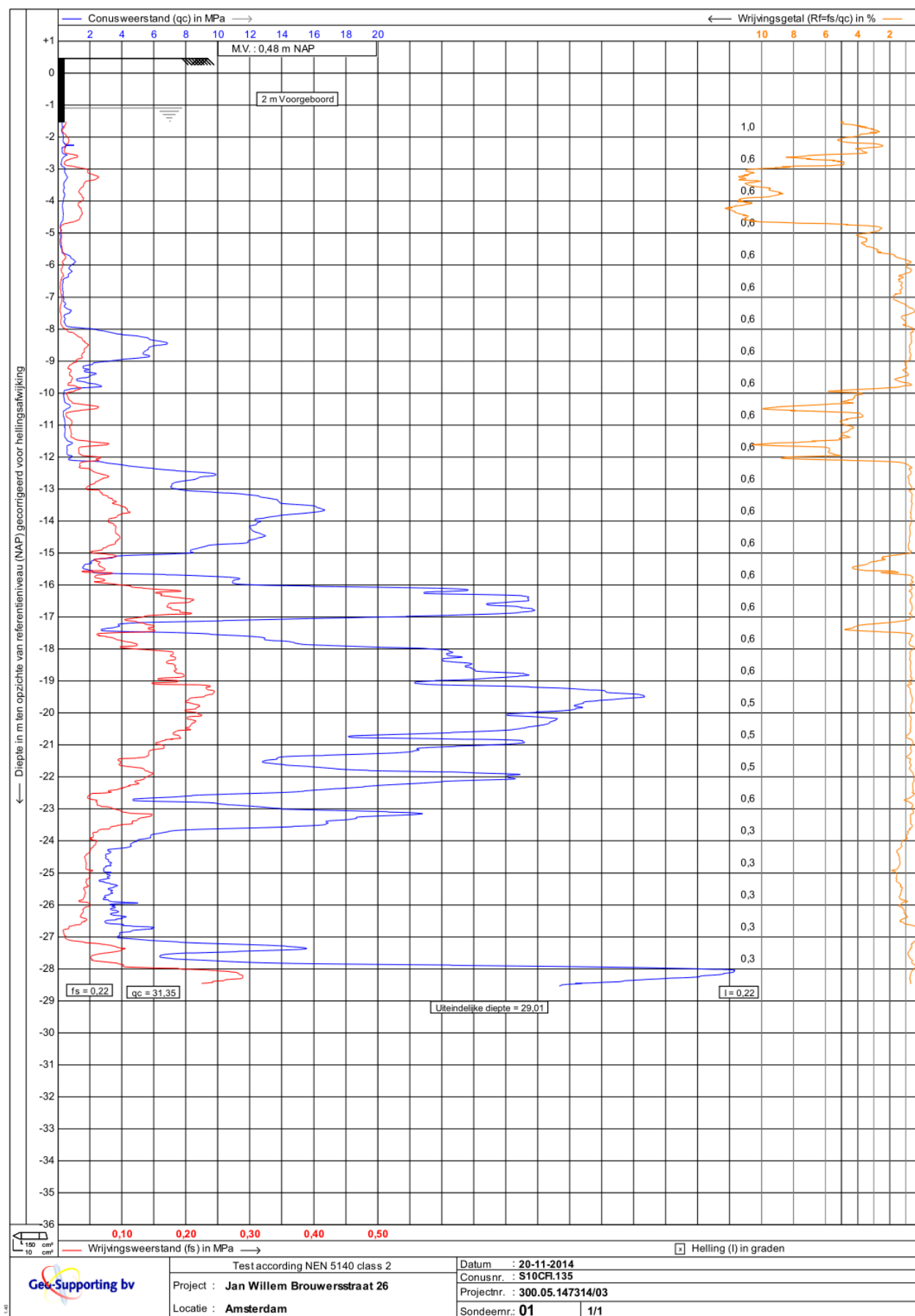


invloedsgebied [m]

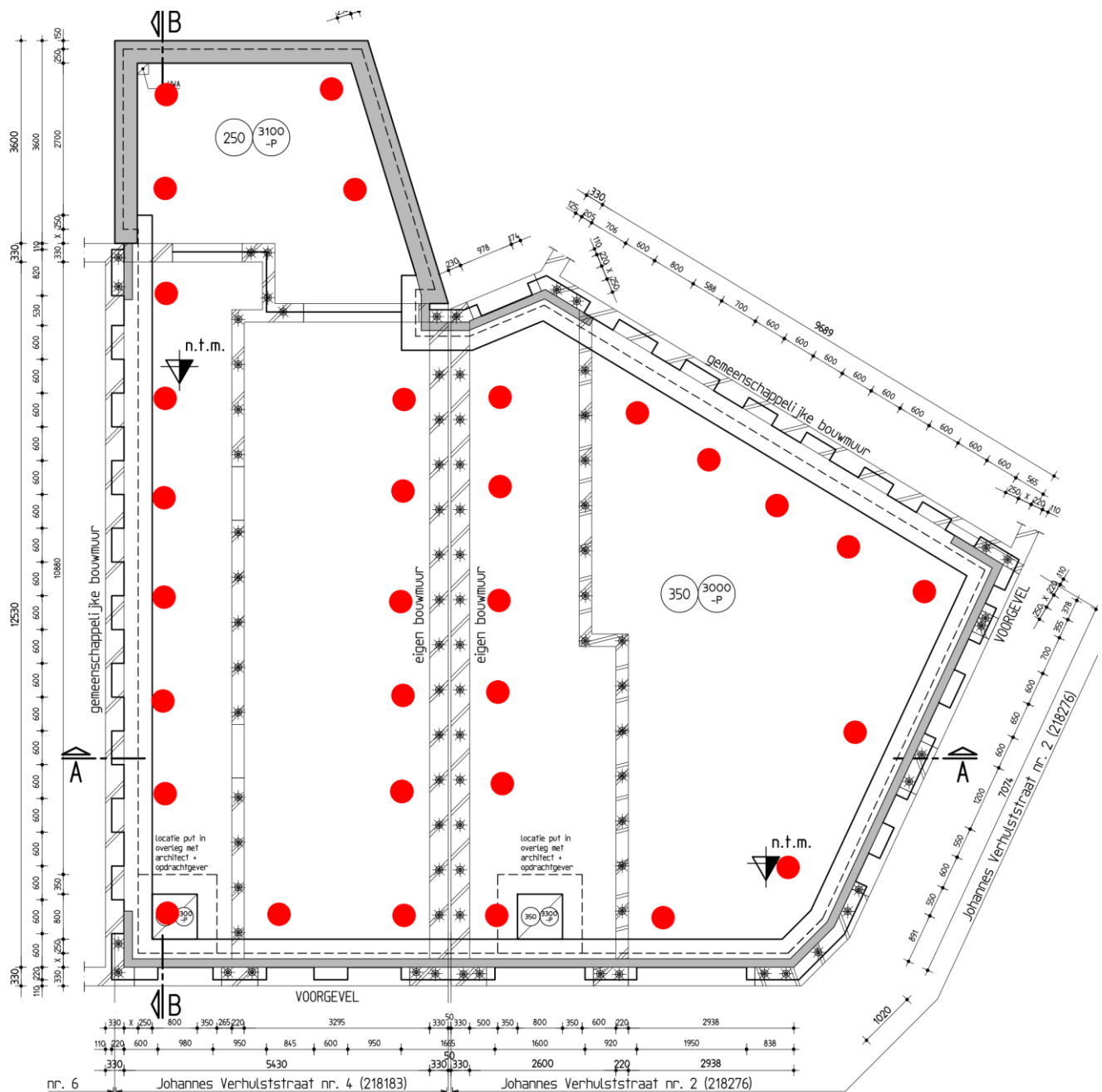
nat	calc1	
nat	calc2	
nat	calc3	
AVG	calc1	
AVG	calc2	
AVG	calc3	
droog	calc1	
droog	calc2	
droog	calc3	

Bijlage 4 – Tekeningen project

Bijlage 5 – Grondonderzoeken



5.7 - Palenplan



Bijlage 6 – Grondwater eigenschappen

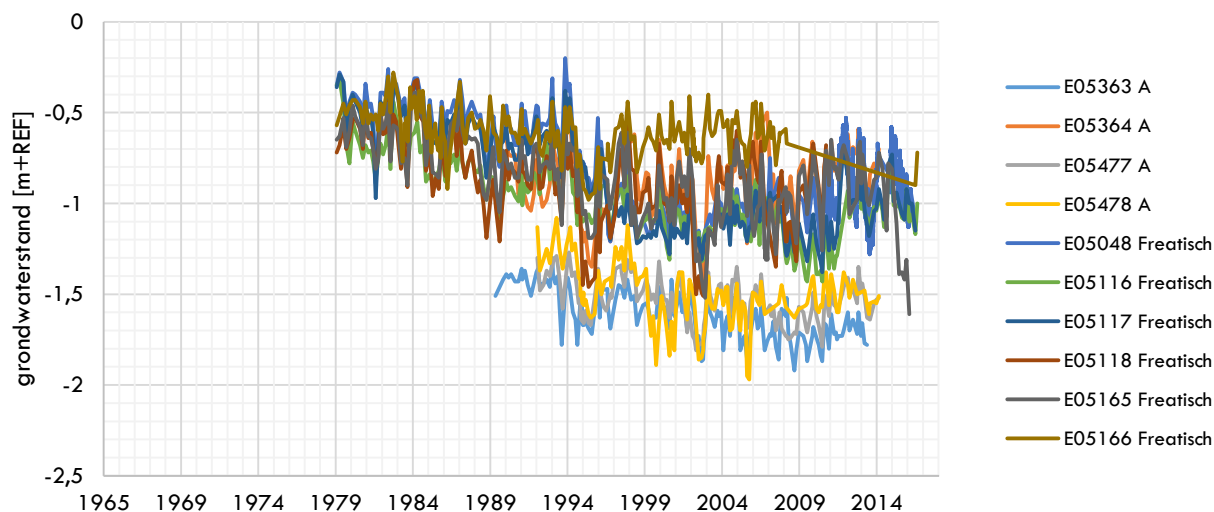
Deze bijlage bestaat uit de volgende onderdelen:

- Overzicht van de gebruikte peilbuismetingen en locaties, berekende maatgevende grondwaterstanden over lange termijn in een tabel;
- Overzicht van de gebruikte peilbuismetingen en locaties, berekende maatgevende grondwaterstanden per seizoen (maand);
- Meetgrafieken grondwaterstanden.

groene cirkel=hoge grondwaterstand, gele driekhoek=gemiddelde grondwaterstand en rode ruit=lage grondwaterstand

REF=NAP

naam	E05363 A	E05364 A	E05477 A	E05478 A	E05048 Freati	E05116 Freati	E05117 Freati	E05118 Freati	E05165 Freati	E05166 Freati
X-coördinaat	120182	120322	120290	120246	120266	120447	120353	120281	120167	120279
Y-coördinaat	485624	485581	485687	485590	485189	485253	485207	485384	485336	485454
maaveld [m+REF]	0,51	0,55	0,61	0,49	0,52	0,51	0,6	0,42	0,52	0,56
bovenkant filter [m+REF]	-2,07	-2,02	-2,15	-2,14	-2,12	-2,06	-1,98	-2,15	-1,84	-1,98
onderkant filter [m+REF]	-3,07	-3,02	-3,15	-3,14	-3,12	-3,06	-2,98	-3,15	-2,84	-2,98
laatste meetjaar	2014	2015	2015	2015	2017	2017	2017	2011	2017	2017
laatste meting	-1,51	-0,69	-1,3	-1,13	-0,35	-0,35	-0,36	-0,72	-0,65	-0,57
totale meetperiode	24	25	22	22	37	37	37	31	37	37
aantal metingen	161	165	148	137	7096	221	215	182	241	229
hoogste [hele reeks]	-1,30	-0,50	-1,27	-1,08	-0,20	-0,32	-0,29	-0,32	-0,39	-0,28
ghg [laatste 8 jaren]	-1,56	-0,61	-1,40	-1,38	-0,53	-0,82	-0,74	-0,64	-0,66	
hoog σ [hele reeks]	-1,35	-0,50	-1,30	-1,18	-0,58	-0,55	-0,31	-0,39	-0,43	-0,37
gemiddelde [hele reeks]	-1,62	-0,90	-1,54	-1,50	-0,91	-0,98	-0,89	-0,88	-0,89	-0,62
gemiddelde [laatste 8 jaren]	-1,72	-0,84	-1,59	-1,52	-0,91	-1,12	-1,06	-0,91	-0,93	-0,81
laag σ [hele reeks]	-1,88	-1,30	-1,79	-1,83	-1,24	-1,40	-1,46	-1,37	-1,36	-0,87
glg [laatste 8 jaren]	-1,89	-1,16	-1,76	-1,61	-1,28	-1,43	-1,34	-1,29	-1,47	
laagste [hele reeks]	-1,92	-1,44	-1,81	-1,97	-1,28	-1,43	-1,38	-1,51	-1,61	-0,98
σ [hele reeks]	0,13	0,20	0,12	0,16	0,16	0,21	0,29	0,25	0,23	0,12
januari	● -1,55	● -0,88	● -1,47	● -1,40	● -0,82	● -0,91	● -0,78	▲ -0,83	● -0,79	▲ -0,58
februari	● -1,59	● -0,80	▲ -1,52	▲ -1,49	● -0,85	● -0,94	● -0,82	▲ -0,86	▲ -0,87	▲ -0,61
maart	● -1,60	● -0,84	▲ -1,55	▲ -1,48	▲ -0,90	▲ -1,00	▲ -0,90	◆ -0,91	● -0,85	◆ -0,66
april	▲ -1,64	● -0,85	▲ -1,53	● -1,36	◆ -0,96	● -0,96	▲ -0,90	● -0,83	● -0,84	▲ -0,60
mei	▲ -1,64	▲ -0,91	◆ -1,60	◆ -1,57	◆ -0,97	◆ -1,06	◆ -0,96	◆ -0,96	▲ -0,89	▲ -0,62
juni	◆ -1,69	▲ -0,95	◆ -1,56	▲ -1,50	◆ -0,98	◆ -1,04	◆ -0,97	◆ -0,92	◆ -0,96	◆ -0,66
juli	▲ -1,63	▲ -0,93	▲ -1,55	◆ -1,57	◆ -0,99	● -0,95	▲ -0,89	▲ -0,89	● -0,84	▲ -0,60
augustus	◆ -1,68	◆ -1,05	◆ -1,60	◆ -1,61	◆ -0,97	▲ -0,98	▲ -0,89	◆ -0,92	◆ -0,95	◆ -0,67
september	◆ -1,66	▲ -0,92	▲ -1,55	◆ -1,56	◆ -0,95	▲ -0,99	◆ -0,97	▲ -0,87	◆ -0,94	▲ -0,61
oktober	▲ -1,62	▲ -0,96	◆ -1,56	◆ -1,53	▲ -0,90	◆ -1,02	▲ -0,91	◆ -0,97	◆ -1,01	◆ -0,62
november	● -1,59	▲ -0,90	▲ -1,53	▲ -1,48	● -0,85	● -0,91	● -0,83	● -0,76	▲ -0,90	● -0,53
december	● -1,57	● -0,88	▲ -1,53	▲ -1,50	● -0,83	● -0,95	● -0,84	▲ -0,85	● -0,86	● -0,56
2013	-1,67	-0,69	-1,46	-1,47	-0,87	-0,97	-0,94		-0,87	
2018										



groene cirkel=hoge grondwaterstand, gele driekhoek=gemiddelde grondwaterstand en rode ruit=lage grondwaterstand

REF=NAP

naam	E05171 Freati	E05371 Freati	E05372 Freati	E05611 I	E05549 II	E05685 II	E05763 II
X-coördinaat	120123	120314	120100	120410	120407	120118	119740
Y-coördinaat	485399	485318	485204	485590	485540	485871	485150
maaveld [m+REF]	0,53	0,46	0,48	0,46	0,57	-1,63	0,64
bovenkant filter [m+REF]	-2	-2,13	-2,07	-8	-14,51	-13,16	-12,44
onderkant filter [m+REF]	-3	-3,13	-3,07	-9	-15,51	-14,16	-13,44
laatste meetjaar	2017	2017	2017	2011	2019	2011	2018
laatste meting	-0,58	-0,7	-0,51	-0,84	-3,56	-3,27	-2,9
totale meetperiode	37	27	26	11	21	11	14
aantal metingen	302	154	162	14	122	95	119
hoogste [hele reeks]	-0,34	-0,40	-0,36	-0,77	-0,75	-2,26	-1,73
ghg [laatste 8 jaren]	-0,77	-0,56	-0,43		-1,99	-2,32	-2,34
hoog σ [hele reeks]	-0,17	-0,46	-0,41	-0,73	-2,17	-2,32	-2,65
gemiddelde [hele reeks]	-1,12	-0,85	-0,65	-1,00	-3,44	-2,75	-2,85
gemiddelde [laatste 8 jaren]	-1,15	-0,88	-0,64	-1,04	-2,75	-2,68	-2,80
laag σ [hele reeks]	-2,08	-1,24	-0,89	-1,26	-4,71	-3,18	-3,04
glg [laatste 8 jaren]	-2,07	-1,21	-0,84		-3,16	-2,98	-2,98
laagste [hele reeks]	-2,29	-1,31	-0,94	-1,14	-5,03	-3,29	-3,13
σ [hele reeks]	0,48	0,19	0,12	0,13	0,64	0,21	0,10
januari	●-0,82	●-0,72	●-0,58	▲-0,93	●-2,79	▲-2,69	◆-2,88
februari	●-1,02	▲-0,82	●-0,61	●-0,89	●-2,78	▲-2,70	▲-2,85
maart	●-1,01	▲-0,83	▲-0,64	▲-0,90	●-2,94	●-2,65	▲-2,83
april	◆-1,67	▲-0,85	▲-0,63	▲-0,96	●-2,82	▲-2,73	◆-2,90
mei	◆-1,46	◆-0,90	▲-0,67	◆-1,09	●-2,97	●-2,68	▲-2,86
juni	▲-1,26	◆-0,98	◆-0,73	◆-1,12	◆-4,03	▲-2,71	●-2,79
juli	●-0,90	◆-0,93	▲-0,68	◆-1,14	▲-3,49	▲-2,73	▲-2,84
augustus	●-0,95	◆-0,95	◆-0,71	◆-1,10	▲-3,58	●-2,58	◆-2,87
september	●-1,00	▲-0,87	▲-0,68	◆-1,14	▲-3,25	◆-2,90	◆-2,88
oktober	●-1,06	◆-0,92	▲-0,68	◆-1,10	▲-3,27	▲-2,73	◆-2,88
november	●-0,89	●-0,75	●-0,57	▲-0,95	●-3,07	◆-2,89	●-2,78
december	●-0,89	●-0,71	●-0,58	●-0,77	●-2,75	◆-2,83	◆-2,90
2013	-1,06	-0,71	-0,58		-2,84		-2,81
2018					-3,00		-2,71

