

Datum

4 juli

2014

Bemalingsadvies [oriënterend]

*ondergrondse containers op diverse locaties
te Amsterdam*

Opdrachtgever

Crux Engineering BV

t.a.v. Arnold Bleumink

Pedro de Medinalaan 3C

1086XK Amsterdam

Loots Grondwatertechniek

Behandeld door

ing. Erik Loots

+31 (0) 6 533 92 188

erik@lootsgwt.com

www.lootsgwt.com

Kenmerk

10100114B.6



Inhoudsopgave

1	INLEIDING.....	3
1.1	ACHTERGROND & PROJECT SITUATIE	3
1.2	DOELSTELLINGEN BEMALINGSADVIES	3
1.3	RAPPORT STRUCTUUR	3
1.4	RAPPORT BEPERKINGEN EN VOORWAARDEN	3
2	SITUATIEANALYSE	4
2.1	PROJECTINFORMATIE.....	4
2.1.1	Geraadpleegde bronnen	4
2.1.2	Omschrijving 5m ³ ondergrondse container	4
2.1.3	Omschrijving 7m ³ ondergrondse container	5
2.2	SCHEMATISCHE GRONDOPBOUW	5
2.3	GRONDWATERSTANDEN.....	6
2.4	GRONDWATERKWALITEIT	7
3	MAATREGELEN.....	7
3.1	VERTICAAL EVENWICHT BOUWPUTBODEM INDICATIE.....	7
3.1.1	Conclusie opbarstniveau 1 maaiveldniveau NAP + 0,0 m	7
3.1.2	Conclusie opbarstniveau 1 maaiveldniveau NAP – 1,0 m.....	8
3.1.3	Conclusie opbarstniveau 1 maaiveldniveau NAP – 2,0 m.....	9
3.1.4	Conclusie opbarstniveau 1 maaiveldniveau NAP – 3,0 m en dieper	9
3.1.5	Conclusie opbarstniveau 2.....	9
3.2	LOZEN VAN GRONDWATER MAATREGELEN	10
4	BEMALINGSADVIES	10
4.1	BEMALINGSSYSTEEM	10
4.2	PROGNOSE VAN HET DEBIET	11
4.3	INVLOED OP DE OMGEVING	12
4.4	LOCATIES WAAR OOK RIOLERINGSWERKZAAMHEDEN PLAATSVINDEN	12
5	AANBEVELINGEN EN ACTIEPROGRAMMA	12
5.1	SAMENVATTING VERGUNNINGSPLICHT	12
5.2	LOOTS GRONDWATERTECHNIEK RISICOHECK [LGR2014].....	13
5.3	AANBEVELINGEN AANVULLEND ONDERZOEK.....	13
5.4	AANBEVELINGEN BEMALINGSPLAN.....	13
5.5	AANBEVELINGEN UITVOERING	14
5.6	ACTIEPROGRAMMA.....	14

Lijst met figuren

FIGUUR 1 - 5M ³ ONDERGRONDSE CONTAINER	4
FIGUUR 2 – 7M ³ ONDERGRONDSE CONTAINER.....	5
FIGUUR 3 - LOCATIE PEILBUIZEN EN INDICATIEVE GRONDWATERSTAND WATERVOERENDE LAAG 2 (WADZANDLAAG).....	6

1 INLEIDING

Loots Grondwatertechniek heeft van Crux Engineering BV opdracht gekregen om een oriënterend bemalingsadvies te leveren voor ondergrondse containers op diverse locaties in Amsterdam.

Het rapport 10100114B.5 is herzien naar aanleiding van de nota van inlichtingen, hierbij is de sleufbreedte van 2,0 m verhoogd naar 2,5 m in dit rapport. Dit heeft met name effect ten aanzien van het verticale evenwicht (H3.1 en bijlage C), deze zijn aangepast.

Het betreffen locaties binnen de stadsdelen Oost, Zuid-Oost, Zuid, West en Nieuw-West. Opdrachtgever heeft gesteld dat elk stadsdeel elk (separaat) de vergunningsaanvraag voor eigen gebied zal verzorgen. De aannemer (uitvoerende partij plaatsing ondergrondse containers) zal startmelding, eindmelding, debietmetingen en grondwaterstandmetingen verzorgen.

Dit hoofdstuk van het rapport beschrijft de project achtergrond, project doelstellingen, rapport structuur rapport beperkingen en rapport voorwaarden. Op alle, door Loots Grondwatertechniek uitgebrachte adviezen en berekeningen, is de 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

1.1 Achtergrond & project situatie

Een standaardontwerp is gebruikt voor de ondergrondse containers op diverse locaties te Amsterdam in dit oriënterend bemalingsadvies. In dit ontwerp zal een bouwput met een bodembreedte van 2m met gebruik van een sleufkist worden ontgraven. De ondergrondse container wordt aangelegd onder de grondwaterstand. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden zal de grondwaterstand tijdelijk worden verlaagd.

1.2 Doelstellingen bemalingsadvies

De doelstelling van het project is het bepalen of werken in den droge mogelijk is op basis van de gegevens geleverd door opdrachtgever. Bemalingssysteem en prognose debiet worden getoetst aan keur Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet) en NEN 9997-1+C1:2012, geconcludeerd wordt of de onttrekking binnen meldings- en/of vergunningseis valt. Bemalingssysteem is getoetst op haalbaarheid en stabiliteit¹ van de bouwput (verticaal evenwicht en prognose voldoende ontwatering). Gekeken wordt of een toetsing voor de omgeving benodigd is.

1.3 Rapport structuur

Het bemalingsadvies heeft de volgende structuur:

- Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de geotechnische, geohydrologische, grondwater eigenschappen en omgevingsrisico's waarmee verder in het rapport wordt gerekend;
- Hoofdstuk 3 bestaat uit een berekening van de maatregelen voor een stabiele ontgraving en (verwachte) maatregelen lozingen grondwater;
- In hoofdstuk 4 worden de bemalingssysteem aanbevelingen en het debiet samengevat;
- Hoofdstuk 5 bestaat uit een risicocheck en samenvatting van de aanbevelingen en het actieprogramma.

1.4 Rapport beperkingen en voorwaarden

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

¹ taludstabiliteit wordt niet berekend in een bemalingsadvies, zie H1.4 voor beperking van dit advies.

- Belastingen, stabiliteit, sterkte grondkerende constructies en verankeringen (bijvoorbeeld damwanden) worden niet beschouwd. Algehele stabiliteit, stabiliteit ophogingen en stabiliteit taluds, verandering kleef funderingen worden niet beschouwd;
- © 2014 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;

2 SITUATIEANALYSE

2.1 Projectinformatie

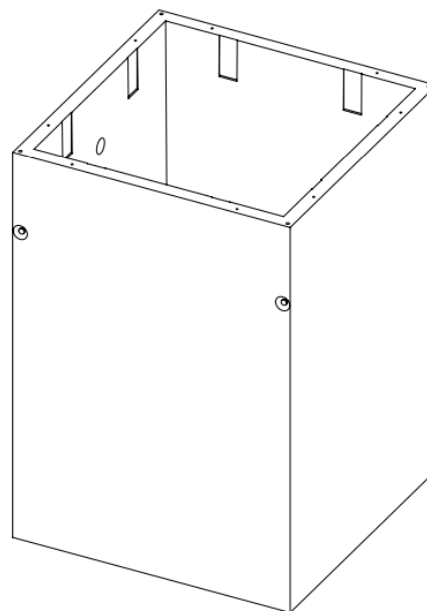
2.1.1 Geraadpleegde bronnen²

- [1] Nederlands Normalisatie-instituut, „NEN 9997-1+C1-2012,” NEN, Delft, 2012.
- [2] Google, „Google Earth,” 2012.
- [3] Dinoloket, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond, „Ondergrondgegevens”.
- [4] SBR, „190.03 Bemaling van bouwputten,” SBR, Rotterdam, 2003.
- [5] Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht, „Keur AGV,” Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht, Amsterdam, 2009.
- [6] VConsyst, „Samenstelling restcontainer M61 3H smal 7m³,” 9-4-2013.
- [7] Royal Dutch Bammens, „Betonput 5m³ G5 (Rutte),” 2-4-2013.

2.1.2 Omschrijving 5m³ ondergrondse container

Uit de projectinformatie en tekeningen zijn de volgende projectgegevens afgeleid:

- aanlegniveau van ondergrondse container is maaiveld – 3,0 m;
- lengte bouwput van ondergrondse container is variabel (afhankelijk van aantal);
- breedte bouwput van ondergrondse container is maximaal 2,5 m;
- bemalingsperiode van ondergrondse container is 2 dagen;
- start bemaling van ondergrondse container is circa 2014;
- damwandplanken type: damwandplanken worden niet toegepast;
- geotechnische categorie 2, argumenten:
 - argument 1, totale ontgravingsdiepte > 2,0 m;
 - argument 2, ontgravingsniveau is > 0,5 m beneden de tijdens uitvoering heersende grondwaterstand.



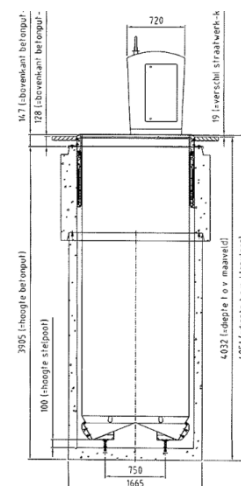
Figuur 1 - 5m³ ondergrondse container

² Data verkregen via opdrachtgever en/of derden, in bijlage A is een overzicht van de dataherkomst. Loots staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens

2.1.3 Omschrijving 7m³ ondergrondse container

Uit de projectinformatie en tekeningen zijn de volgende projectgegevens afgeleid:

- aanlegniveau van ondergrondse container is maaiveld – 4,05 m;
- lengte bouwput van ondergrondse container is variabel (afhankelijk van aantal);
- breedte bouwput van ondergrondse container is maximaal 2,5 m;
- bemalingsperiode van ondergrondse container is 2 dagen;
- start bemaling van ondergrondse container is circa 2014;
- damwandplanken type: damwandplanken worden niet toegepast;
- geotechnische categorie 2, argumenten:
 - argument 1, totale ontgravingsdiepte > 2,0 m;
 - argument 2, ontgravingsniveau is > 0,5 m beneden de tijdens uitvoering heersende grondwaterstand.



Figuur 2 – 7m³ ondergrondse container

2.2 Schematische grondopbouw

In tabel 2.1 kan de geotechnische schematisering worden gevonden. In tabel 2.2 kan de geohydrologische grondopbouw worden gevonden. Zie bijlage A voor de gebruikte data/analyse voor deze schematisering.

Tabel 2.1: Geotechnische grondopbouw

Diepte [m t.o.v. NAP]		Bodembeschrijving
van	tot	
1,5 à -4,5	1 à -5	zand, los (onverzadigd met grondwater) ($\gamma=17\text{kN/m}^3$)
1 à -5	-1,5 à -5	zand, los (verzadigd met grondwater) ($\gamma=19\text{kN/m}^3$)
-1,5 à -5	-2 à -5	veen, matig slap (matig voorbelast) ($\gamma=11\text{kN/m}^3$)
-2 à -5	-7 à -7,5	klei, matig ($\gamma=17\text{kN/m}^3$)
-7 à -7,5	-9	zand, sterk siltig/kleilig (verzadigd met grondwater) ($\gamma=20\text{kN/m}^3$)
-9	-10,5	klei, sterk zandig ($\gamma=19\text{kN/m}^3$)
-10,5	-11	veen, matig (matig voorbelast) ($\gamma=12\text{kN/m}^3$)
-11	-35	zand, vast (verzadigd met grondwater) ($\gamma=21\text{kN/m}^3$)

Tabel 2.2: Geohydrologische grondopbouw

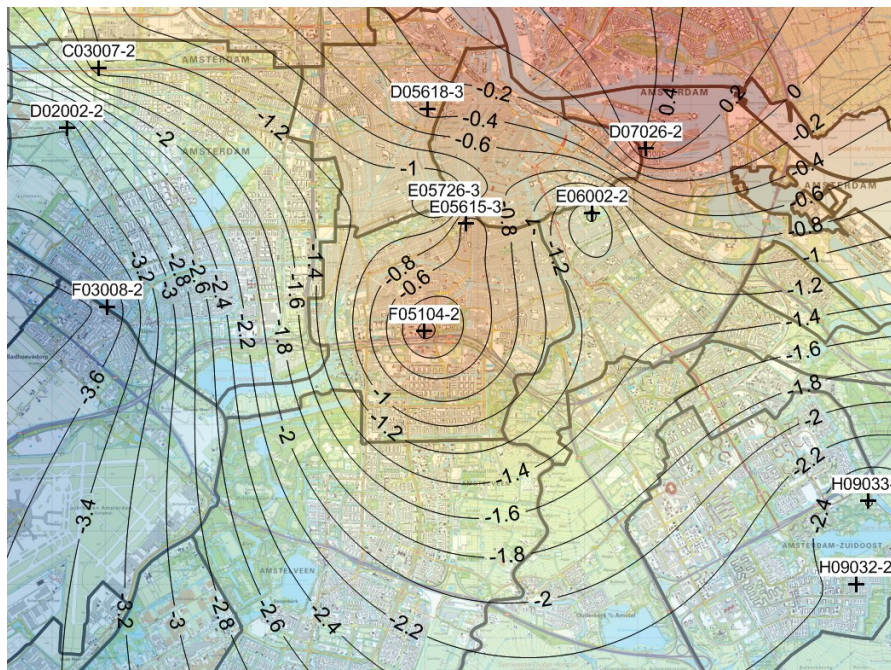
Lagen	Bodembeschrijving	Top	Bodem	kD	c	λ
		[m] t.o.v. NAP	[m] t.o.v. NAP	[m ² /dag]	[dagen]	[m]
Deklaag	Zand, matig fijn, schoon	1,5 à -4,5	1 à -5		1 à 250	
Watervoerende laag 1	Zand, matig fijn, zwak silthoudend	1 à -5	-1,5 à -5	1 à 60		1 à 125
Slecht doorlatende laag 1	Gemiddeld Holoceen	-1,5 à -5	-7 à -7,5		1650	
Watervoerende laag 2	Zand, zeer fijn, zwak silthoudend	-7 à -7,5	-9	8		114
Slecht doorlatende laag 2	Gemiddeld Holoceen	-9	-11		550	
Watervoerende laag 3	Zand, matig fijn, schoon	-11	-35	360		

De kD-waarde van watervoerende lagen 1 en 2 zijn in dit geval van belang voor de prognose van het debiet. De spreidingslengte³ (λ) van watervoerende laag 1 is van belang voor de prognose van invloed op de omgeving.

³ Spreidingslengte [m] is de (theoretisch) maximale afstand van de bemaling waar de grondwaterstand kan worden beïnvloed. Dit is analytisch bepaald op basis van de kD-waarde en de topweerstand.

2.3 Grondwaterstanden

Uit het grondwaterarchief van Waternet zijn de gegevens van peilbuizen in de omgeving van het project opgevraagd ten behoeve van verticaal evenwichtsberekeningen. De locaties van de peilbuizen zijn in figuur 3 op een Google Earth ondergrond weergegeven. In tabel 2.4 zijn de kenmerken van de peilbuizen aangegeven.



Figuur 3 - Locatie peilbuizen en indicatieve grondwaterstand watervoerende laag 2 (wadzandlaag)

Tabel 2.4: Grondwaterstanden en stijghoogten

Peilbuizen	Eigenschappen				Meetdata				
	maaiveld [m+NAP]	filterdiepte [m+NAP]	model laag	afstand [m]	[[jaren] + meest recent	GHG [m+NAP]	GEM [m+NAP]	GLG [m+NAP]	metingen per jaar
F03008-2	-3,69	-7,44 tot -8,44	2	497454	12 (1980)	-3,78	-3,88	-4,04	22
F03020-2	-4,01	-7,86 tot -8,86	2	500545	44,4 (2014)	-3,18	-3,90	-4,30	13
C03007-2	-0,17	-6,2 tot -7,2	2	501784	9,7 (1979)	-1,24	-1,46	-1,67	9
D05618-3	0,66	-8 tot -9	2	502471	2,3 (2003)	-0,31*	-0,42	-0,54*	10
E05726-3	-0,78	-8,59 tot -9,59	2	500752	2,1 (2004)	-1,43*	-1,62	-1,82*	9
E05615-3	0,74	-8 tot -9	2	500552	1,3 (2001)	-0,48*	-0,65	-0,84*	10
F05104-2	0,89	-7,91 tot -8,91	2	498408	2,3 (1981)	-0,12*	-0,31	-0,43*	22
E06002-2	-1,6	-7,17 tot -8,17	2	501323	27 (1990)	-1,66	-2,00	-2,21	12
D07026-2	1,4	-7,11 tot -8,11	2	502742	1 (1991)	0,42*	0,23	0,08*	13
H09033-2	-1,43	-7,9 tot -8,9	2	497404	2,8 (1983)	-2,61*	-2,71	-2,81*	20
H09032-2	-0,16	-6,11 tot -7,11	2	495839	2,8 (1983)	-2,41*	-2,53	-2,68*	20
D02002-2	-4,01	-7,86 tot -8,86	2	500545	44,4 (2014)	-3,18	-3,90	-4,30	13

*=meetperiode is korter dan 8 jaar | afstand= de afstand tussen midden bouwput en peilbuis | GEM= gemiddelde grondwaterstand | GHG= gemiddeld hoogste grondwaterstand | GLG= gemiddeld laagste grondwaterstand | nb= niet bekend

De actuele grondwaterstand wordt aangeleverd door de opdrachtgever op basis van (eventueel) nog te verrichten bodemonderzoek. Zie bijlage A voor de gebruikte data/analyse voor deze schematisering. Zie bijlage B voor de gehele reeks grondwaterstanden in een grafiek. Opgemerkt

wordt dat één maatgevende grondwaterstand voor alle locaties niet kan worden bepaald, dit omdat de grondwaterstanden sterk variabel zijn over het projectgebied.

2.4 Grondwaterkwaliteit

Bij bemalen zijn, ten aanzien van de grondwaterkwaliteit, eisen gesteld vanuit de Rijksoverheid (Waterwet). Het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet) zal beoordelen bij lozen op het oppervlaktewater, de gemeente bij lozen op het riool.

De grondwaterkwaliteit zal worden onderzocht in het bodemonderzoek.

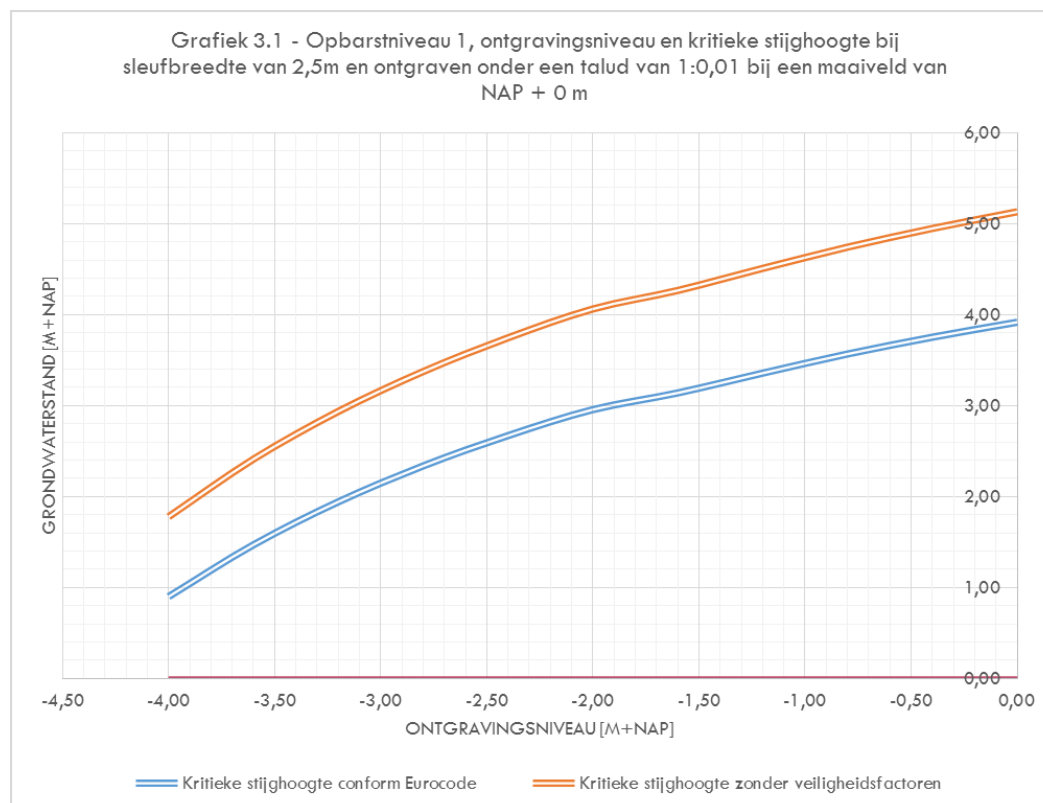
3 MAATREGELEN

3.1 Verticaal evenwicht bouwputbodem indicatief

De onderliggende watervoerende lagen hebben in elke bouwphase een kritieke grondwaterstand, in deze paragraaf is het verticaal evenwicht bepaald van de ontgraving. Op basis van het ontgravingsniveau en de maatgevende grondwaterstand zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. De gehanteerde bodemopbouw en volumieke gewichten zijn weergegeven in bijlage A. De bodemopbouw is hierbij ingeschat conform H2.2.

De onderstaande grafiek(en) zijn opgebouwd op basis van de verticaal evenwichtsberekeningen in bijlage D. Op de horizontale as kan het ontgravingsniveau worden afgelezen en op de verticale as kan de kritieke grondwaterstand met (en zonder) veiligheidsfactoren conform [1] worden afgelezen.

3.1.1 Conclusie opbarstniveau 1 maaiveldniveau NAP + 0,0 m



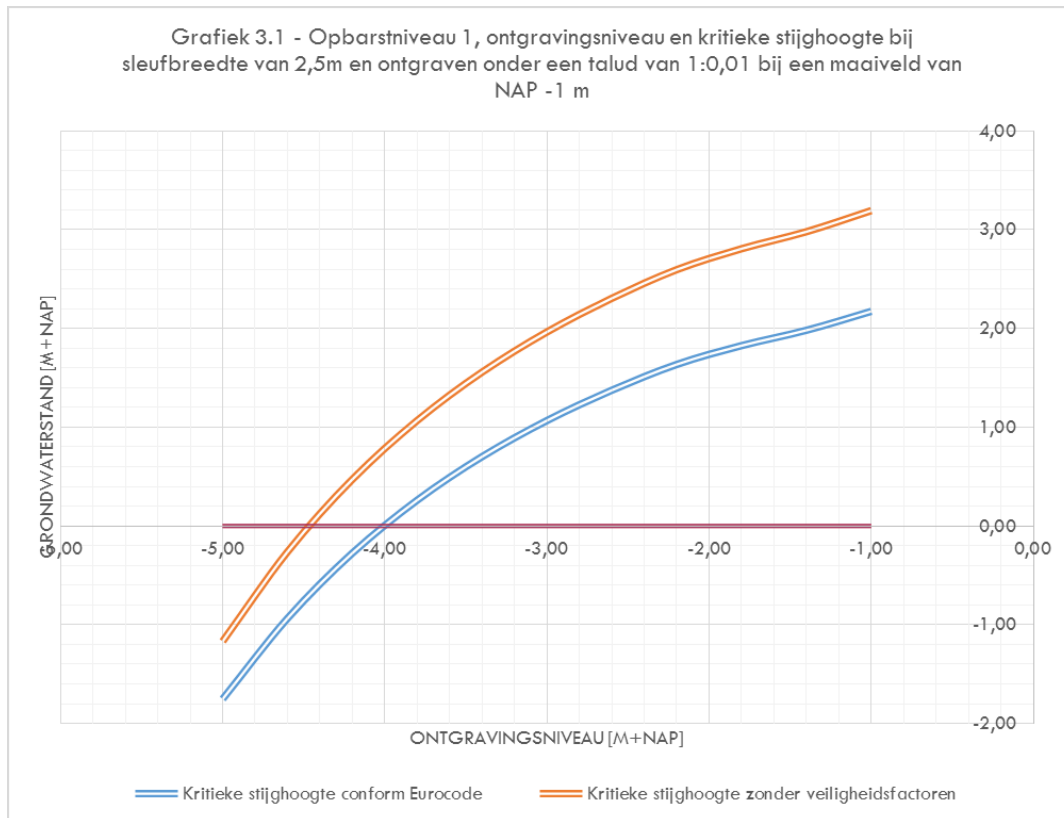
In grafiek 3.1 kan de kritieke grondwaterstand in opbarstniveau 1 worden gevonden bij elk ontgravingsniveau. De volgende zaken zijn geconcludeerd:

- Ontgravingsniveau NAP -4 m resulteert in de volgende som: Uitgangspunt, ontgraven onder een talud van 1:0,01 en een sleufbreedte van 2,5 m. Bij het gebruik van een veiligheidsfactor (partiële materiaalfactor) van 0,9 bedraagt de totale neerwaartse gronddruk 77,5 kN/m²

wat bij een opbarstniveau van NAP -7 m overeenkomt met een toegestane grondwaterstand van NAP + 0,9 m. De maatgevende grondwaterstand in deze laag zal moeten worden bepaald of deze voldoende laag is.

Voor de verschillende projectlocaties kan een indicatieve grondwaterstand voor opbarstniveau 1 (watervoerende laag 2) worden gevonden in figuur 3 op pagina 6.

3.1.2 Conclusie opbarstniveau 1 maaiveldniveau NAP – 1,0 m

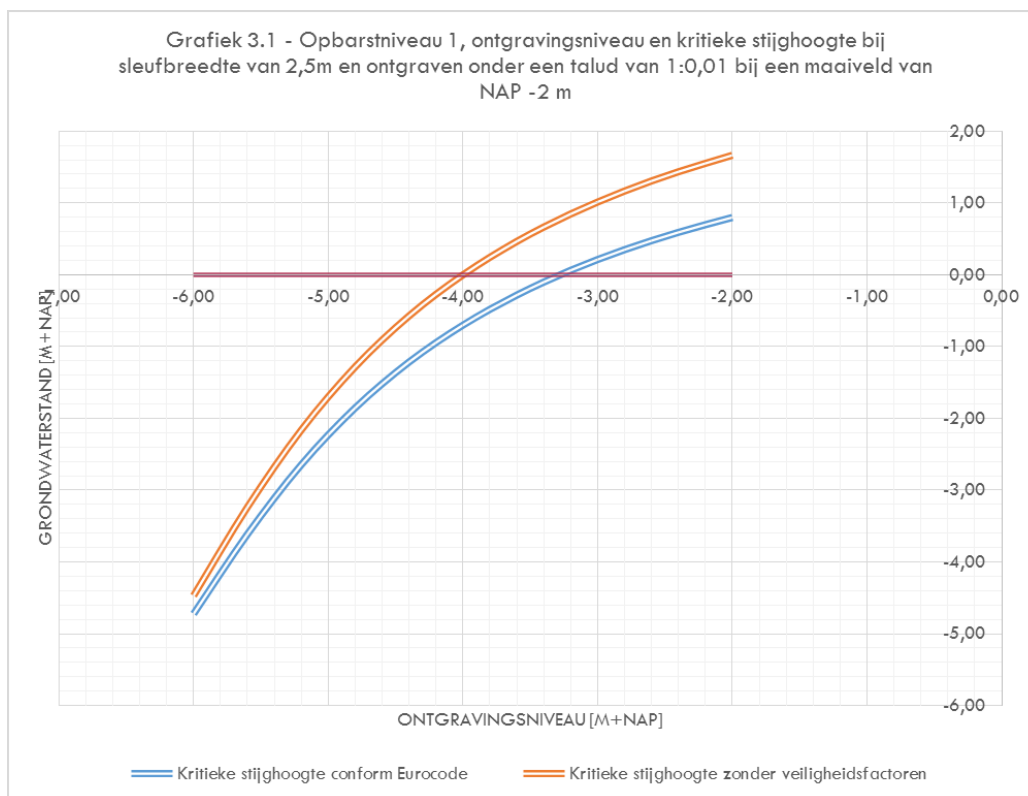


In grafiek 3.1 kan de kritieke grondwaterstand in opbarstniveau 1 worden gevonden bij elk ontgravingsniveau. De volgende zaken zijn geconcludeerd:

- Ontgravingsniveau NAP -5 m resulteert in de volgende som: Uitgangspunt, ontgraven onder een talud van 1:0,01 en een sleufbreedte van 2,5 m. Bij het gebruik van een veiligheidsfactor (partiële materiaalfactor) van 0,9 bedraagt de totale neerwaartse gronddruk $51,5 \text{ kN/m}^2$ wat bij een opbarstniveau van NAP -7 m overeenkomt met een toegestane grondwaterstand van NAP -1,75 m. De maatgevende grondwaterstand in deze laag zal moeten worden bepaald of deze voldoende laag is.

Voor de verschillende projectlocaties kan een indicatieve grondwaterstand voor opbarstniveau 1 (watervoerende laag 2) worden gevonden in figuur 3 op pagina 6.

3.1.3 Conclusie opbarstniveau 1 maaiveldniveau NAP – 2,0 m



In grafiek 3.1 kan de kritieke grondwaterstand in opbarstniveau 1 worden gevonden bij elk ontgravingsniveau. De volgende zaken zijn geconcludeerd:

- Ontgravingsniveau NAP -6 m resulteert in de volgende som: Uitgangspunt, ontgraven onder een talud van 1:0,01 en een sleufbreedte van 2,5 m. Bij het gebruik van een veiligheidsfactor (partiële materiaalfactor) van 0,9 bedraagt de totale neerwaartse gronddruk 22,4 kN/m² wat bij een opbarstniveau van NAP -7 m overeenkomt met een toegestane grondwaterstand van NAP -4,72 m.. De maatgevende grondwaterstand in deze laag zal moeten worden bepaald om te controleren of bemalen moet worden.

Voor de verschillende projectlocaties kan een indicatieve grondwaterstand voor opbarstniveau 1 (watervoerende laag 2) worden gevonden in figuur 3 op pagina 6.

3.1.4 Conclusie opbarstniveau 1 maaiveldniveau NAP – 3,0 m en dieper

Bij ontgravingen van 4m bij een maaiveld van NAP – 3,0 m en dieper zal de deklaag boven watervoerende laag 2 worden verwijderd. In dit geval zal watervoerende laag 2 moeten worden bemalen voor een stabiele bouwput.

Voor de verschillende projectlocaties kan een indicatieve grondwaterstand voor opbarstniveau 1 (watervoerende laag 2) worden gevonden in figuur 3 op pagina 6.

3.1.5 Conclusie opbarstniveau 2

Bij een maaiveld van NAP + 0,0 m is geconcludeerd dat de toegelaten grondwaterstand in watervoerende laag 3 NAP + 3,74 m mag zijn.

Bij een maaiveld van NAP – 1,0 m is geconcludeerd dat de toegelaten grondwaterstand in watervoerende laag 3 NAP + 1,08 m mag zijn.

Bij een maaiveld van NAP – 2,0 m is geconcludeerd dat de toegelaten grondwaterstand in watervoerende laag 3 NAP – 1,89 m mag zijn.

Voor berekening zie bijlage C.

Vanaf een maaiveld van NAP – 1,5 m en dieper wordt aanbevolen de grondwaterstand in watervoerende laag 3 te onderzoeken en een nauwkeurige evenwichtsberekening uit te voeren op basis van lokale bodemprofielen.

3.2 Lozen van grondwater maatregelen

Wetgeving

Tabel 3.2: Besluit algemene regels voor inrichting milieubeheer / Besluit lozen buiten inrichting

Lozingsroute	Eisen	Meldingstermijn lozing		
		<48 uur bemalen	< 8 weken bemalen	langer bemalen
Bodem	Geen	Geen	Geen	Geen
Oppervlaktewater	Geen visuele verontreiniging, <50 mg onopgelost per liter	Geen	5 dagen vooraf	4 weken vooraf
Schoonwaterriool	<5 mg ijzer per liter, <50mg onopgelost per liter	Geen	5 dagen vooraf	4 weken vooraf
Vuilwaterriool	<5 m ³ /uur, < 300mg onopgelost per liter	Geen	5 dagen vooraf	lozingsverbod ophefbaar met maatwerkvoorschrift of verordening

Lozen van grondwater bij ontwatering (bemaling) valt onder [Besluit algemene regels voor inrichting milieubeheer](#) en [Besluit lozen buiten inrichtingen](#).

Conclusie maatregelen lozen grondwater

Grondwaterkwaliteit is niet onderzocht, maatregelen kunnen niet worden bepaald. Voor onopgeloste stoffen wordt geadviseerd preventief een bezinkbak toe te passen, dit om riool en oppervlaktewater verstoppingen te voorkomen. Bij een te hoge hoeveelheid ijzer: ontijzing kan via goede beluchting en daarna toepassen van een cascade, maar minder kostbaar is bijvoorbeeld na de beluchting het afvalwater door stobalen en/of een bak met grind laten stromen.

4 BEMALINGSADVIES

4.1 Bemalingssysteem

Bij (bron)bemaling is minimalisatie van de grondwateronttrekking door het toepassen van aangepaste bouwtechnieken en zorgvuldige planning van de uitvoering van bouwwerkzaamheden een absolute noodzaak. Iedere aanvraag voor bronbemaling wordt hierop getoetst door het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet).

Eis Eurocode 7/ NEN 9997-1+C1:2012 [1]: de 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. Rond de onttrekkingsbronnen en/of drains is een adequaat filter aanwezig om te voorkomen dat met het weggepompte water een aanzienlijke hoeveelheid zand meekomt, tenzij het aanwezige materiaal redelijk uniform is zodat het kan fungeren als natuurlijk filter.

Op basis van de bovenstaande eisen gesteld in de Waterwet en Eurocode wordt het volgende bemalingssysteem geadviseerd:

Watervoerende laag 1 (freatisch pakket)

Voor watervoerende laag 1 wordt geadviseerd een bronbemaling toe te passen. De grondwaterstand dient verlaagd te worden tot de onderkant van deze (zand)laag. Lengte bronnen van 1,5m tot 3,5m is afhankelijk van de projectlocatie, indien een zandlaag dikker dan 0,3m ontbreekt boven NAP – 5,0 m dan is geen bronbemaling benodigd en zal een open bemaling volstaan

Watervoerende laag 2 (spanningswater)

Voor watervoerende laag 2 wordt geadviseerd de actuele grondwaterstand te bepalen vooraf keuze bemaling. Figuur 3 kan indicatief worden gebruikt voor de verwachte grondwaterstand in deze laag. Uit deze indicatieve berekening blijkt dat een bemaling in sommige gevallen benodigd is. Watervoerende laag 2 wordt over het algemeen bemalen door middel van een ontlastbemaling ter voorkoming van grote negatieve effecten op omgeving, lengte bronnen van 4m tot 9m afhankelijk van maaiveldhoogte en projectlocatie.

Watervoerende laag 3 (spanningswater)

Voor watervoerende laag 3 wordt geadviseerd de risico's te onderzoeken, verwacht wordt dat geen bemaling is benodigd met uitzondering op locaties met een zeer laag maaiveld t.o.v. NAP.

4.2 Prognose van het debiet

Met behulp van een de formule van Glee is een berekening uitgevoerd waarin de parameters uit paragraaf 2.3 zijn verwerkt. Alleen stationaire berekeningen uitgevoerd. Zie tabel 4.1 voor de debieten bij de verschillende onderdelen en grondwaterstanden.

Gebruiksaanwijzing tabel 4.1:

Bepaal de dikte van watervoerende laag 1 (aantal meter zand met grondwater), vervolgens zoek het bijpassende debiet. Indien voor het verticaal evenwicht een ontlastbemaling benodigd is in watervoerende laag 2 dan kan het debiet gevonden worden in de onderstaande tabel.

Tabel 4.1: Prognose debiet

Onderdeel	Tijd		Grondwaterstand			Debiet totaal		
	bemaling	model	start	bemaling	verlaging			
	[dagen]	laag	[m t.o.v. NAP]		[m]	[m³/uur]	[m³/maand]	m³ totaal
matig fijn schoon zand, watervoerende laag van 1m dik	2	1	nb	nb	1	2,1	1512	101
matig fijn schoon zand, watervoerende laag van 2m dik	2	1	nb	nb	2	6,8	4896	326
matig fijn schoon zand, watervoerende laag van 3m dik	2	1	nb	nb	3	13,5	9720	648
zeer fijn, matig silthoudend zand, watervoerende laag van 1m dik	2	1	nb	nb	1	1,4	1008	67
zeer fijn, matig silthoudend zand, watervoerende laag van 2m dik	2	1	nb	nb	2	4,2	3024	202
zeer fijn, matig silthoudend zand, watervoerende laag van 3m dik	2	1	nb	nb	3	8,1	5832	389
zeer fijn, sterk silthoudend zand, watervoerende laag van 1m dik	2	1	nb	nb	1	0,9	648	43
zeer fijn, sterk silthoudend zand, watervoerende laag van 2m dik	2	1	nb	nb	2	2,8	2016	134
zeer fijn, sterk silthoudend zand, watervoerende laag van 3m dik	2	1	nb	nb	3	5,4	3888	259
ontlastbemaling 1m verlaging	2	2	nb	nb	1	0,4	322	21
ontlastbemaling 2m verlaging	2	2	nb	nb	2	0,9	643	43
ontlastbemaling 3m verlaging	2	2	nb	nb	3	1,3	965	64
ontlastbemaling 4m verlaging	2	2	nb	nb	4	1,8	1286	86

Er wordt benadrukt dat de berekende debieten prognoses betreffen op basis van geschatte parameters. In de praktijk kunnen afwijkingen van het berekende debiet optreden, indien dit hoger ligt dient dit zo spoedig mogelijk worden gemeld bij de bemalingsadviseur en Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet).

4.3 Invloed op de omgeving

Variant 1 “meldingsplichtig”

Indien het (verwachte) debiet hoger ligt dan $5\text{ m}^3/\text{uur}$ dan wordt aanbevolen om de invloed op de omgeving te toetsen. Per projectlocatie wordt het volgende aanbevolen:

- Bepaal de gemiddeld laagste grondwaterstand voor de projectlocatie;
- Bepaal de spreidingslengte (maximale invloedgebied bemaling);
- Bepaal de aanwezigheid van kritieke objecten (houten palen fundering, fundering op staal, rijksmonumenten, etc.);
- Toets of mogelijk verlaagd wordt beneden de gemiddeld laagste grondwaterstand bij de kritieke objecten;
- Indien verlaagd wordt beneden de gemiddeld laagste grondwaterstand dan wordt aanbevolen de risico's te beoordelen en indien noodzakelijk monitoring en/of aanvullende maatregelen toe te passen.

Variant 2 “geen melding benodigd”

Indien het (verwachte) debiet lager ligt dan $5\text{ m}^3/\text{uur}$ (en bemalingsperiode korter dan 1 week) dan is de invloed dusdanig minimaal dat volgens bevoegd gezag geen melding benodigd is. Het wordt alleen aanbevolen om tijdens de schouw te kijken of er woningen met aanbouwtjes/schuurtjes en scheuren binnen een straal van 20 m aanwezig zijn.

4.4 Locaties waar ook rioleringswerkzaamheden plaatsvinden

Er kunnen zich locaties voordoen waar, naast het plaatsen van een ondergrondse container, ook het riool omgelegd moet worden. Dit bemalingsadvies gaat alleen in op het plaatsen van de ondergrondse containers. Er zijn geen berekeningen uitgevoerd voor de werkzaamheden aan de riolering.

5 AANBEVELINGEN EN ACTIEPROGRAMMA

5.1 Samenvatting vergunningsplicht

Bij bronbemaling in de regio van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht / Waternet is het verplicht de bemaling te melden bij een debiet dat hoger is dan $5\text{ m}^3/\text{uur}$ en een bemalingsperiode langer dan 1 weken. De melding voor bemaling moet tenminste 4 weken voor start bemaling worden ingediend.

Ten aanzien van de bronbemaling vergunningsplicht in de regio van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht / Waternet is het verplicht een vergunning aan te vragen bij een debiet dat hoger is dan $50\text{ m}^3/\text{uur}$, een debiet dat hoger is dan $15000\text{ m}^3/\text{maand}$ en/of een bemalingsperiode langer dan 6 maanden. Indien de bemaling vergunningsplichtig is dient rekening gehouden worden met het aanvraagtermijn van 10 tot 26 weken voor de onttrekkingsvergunning.

Ten aanzien van de Watervergunning (of –melding) aanvraag heeft bevoegd gezag de voorkeur om de onderstaande gegevens aanvullend te ontvangen bij of naast het bemalingsadvies:

- bemalingsplan (met name: situatieschets lozingspunt en onttrekkingspunten), dit zal moeten worden uitgevoerd door de aannemer;
- analysesresultaten van het grondwater bemonsterd op de volgende parameters: onopgeloste bestanddelen, CZV, ammoniumstikstof+organisch gebonden stikstof, chloride, sulfaat, arseen, kwik, cadmium, fosfor, chroom, koper, lood, nikkel, ijzer en zink (in mg/l of $\mu\text{g/l}$), dit wordt uitgevoerd (indien noodzakelijk) door de opdrachtgever.

Een open en/of verticale bron-/ontlastbemaling is benodigd. Verwacht is een debiet gelijk of kleiner dan $10\text{ m}^3/\text{uur}$ en bemalingsperiode korter dan 6 maanden. Dit betekent een melding voor de onttrekking en lozing per object. Alle ondergrondse containers zullen worden uitgevoerd onder een paraplu-aanvraag, deze zal worden ingediend door de opdrachtgever. Aannemer dient wel rekening te houden met het opstellen van een bemalingsplan.

5.2 Loots Grondwatertechniek Risicocheck [LGR2014]

In deze paragraaf wordt beschouwd welke correlatie bestaat tussen de beschikbare parameters, de rekennauwkeurigheid en de doelstelling (H1.2). Dit wordt beschouwd op basis van de ontbrekende data en onzekerheden en de effecten op de berekening. De toegevoegde waarde van een aanvullend onderzoek wordt bepaald in deze paragraaf.

Conclusie

1. Het aantal grondonderzoeken is zeer gering, gekozen is om met een globale bodemopbouw te rekenen voor de engineering van het gehele project, de kans is aanwezig dat voor diverse ondergrondse containers de bodemopbouw niet representatief is. In een later stadium zal de opdrachtgever de bodemonderzoek gegevens verstrekken;
2. Locaties van ondergrondse containers onbekend en tevens is niet af te leiden wat de representatieve gemiddeld laagste grondwaterstand is en het risicoprofiel voor kritieke objecten;
3. Grondwaterkwaliteit is onbekend op het moment van het opstellen van dit rapport. Zonder aanvullend onderzoek zullen de lozingskosten (vervuilingseenheden) worden verrekend op basis van een staffel van het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet). Of de opdrachtgever zal grondwaterkwaliteit onderzoeken en de vervuilingseenheden zullen worden verrekend op basis van werkelijke vervuilingseenheden.

5.3 Aanbevelingen aanvullend onderzoek

Ontwerpregels NEN 9997-1+C1:2012

Voor zover van toepassing moeten het grondwaterpeil, de grondwaterdrukken en de chemische samenstelling van het grondwater, zoals die bij de uitvoering zijn aangetroffen, zijn vergeleken met de bij het ontwerp veronderstelde waarden. Voor geotechnische categorie 1 behoren de controles gewoonlijk te zijn op in het verleden beschreven ervaringen van het gebied of op indirect bewijs. Voor geotechnische categorieën 2 en 3, behoren gewoonlijk rechtstreekse waarnemingen te zijn gedaan van de grondwatergesteldheden indien deze van grote invloed zijn op de uitvoeringsmethode of het gedrag van de constructie.

Dit project behoort tot geotechnische categorie 2.

Conclusie

Het volgende aanvullende onderzoek wordt nog uitgevoerd door opdrachtgever (gemeente):

1. Aanbevolen wordt een peilbuizen te plaatsen in watervoerende laag 1 en 2, aanbevolen wordt voor elke ondergrondse container een representatieve grondwaterstand meting te gebruiken;
2. Aanbevolen wordt per ondergrondse container locatie de lokale bodemopbouw te controleren, aan de hand van de dikte van het zandpakket (van freatisch pakket en wadzandlaag) kan het debiet indicatief worden bepaald;
3. Aanbevolen wordt per projectlocatie de invloed op de omgeving te controleren conform de stappen in H4.3 (schouw);

Aannemer dient rekening te houden met het volgende:

4. Monitoringsplan opstellen en uitvoeren indien kritieke objecten aanwezig zijn;

5.4 Aanbevelingen bemalingsplan

In het bemalingsplan moet het volgende worden samengevat:

- Verwijzing naar het gebruikte bodemonderzoek/bodemopbouw voor de bemaling;
- Eigenschappen van filters/drainen (diepte t.o.v. maaiveld, diepte t.o.v. NAP, type, h.o.h. afstand en afmeting)
- Type pomp en pompcapaciteit
- Samenvatting schouw (waren er kritieke objecten? Zoja, welke monitoringstappen en/of maatregelen worden ondernomen)
- Lozingspunt duidelijk omschreven
- Benodigde grondwaterstand verlaging (per watervoerende laag)

- Debiet inschatting

5.5 Aanbevelingen uitvoering

- Tijdens uitvoering wordt aanbevolen maatregelen te nemen zodat regenwater uit de omgeving niet over het oppervlak direct de bouwput instroomt. Dit voorkomt onnodig te verpompen hoeveelheden water buiten de meldingseisen, maar ook de kans dat de bouwput vol loopt zal vele malen kleiner zijn;
- Let op! Met de inwerkingtreding van de Waterwet is het voor alle grondwateronttrekkingen verplicht om de onttrokken hoeveelheid grondwater of geïnfiltreerd water met een nauwkeurigheid van maximaal 5% afwijking te meten. Uiterlijk op 31 januari van elk jaar moet u dit opgeven bij het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet). Wanneer het debiet hoger uitvalt dan in dit bemalingsadvies geconcludeerd, dan dient contact opgenomen worden met Loots Grondwatertechniek. Door de adviseur zal worden bepaald of deze nieuwe situatie acceptabel is met betrekking tot invloed op de omgeving en/of aanvullende maatregelen zijn benodigd;
- Eenmalige inspectie ten aanzien van uitvoering wordt aanbevolen (controle juiste uitvoering maatregelen en bemalingsinstallatie). Bij veranderingen of ander inzicht door aanvullend onderzoek, zoals keuze bijvoorbeeld andere diepte putten, dan is zullen de parameters moeten worden aangepast om aan de gestelde eisen (H1) te voldoen;
- Peilbuizen plaatsen tussen bouwput en risicovolle objecten, daarnaast tenminste één peilbuis plaatsen op 5m afstand haaks op de bemaling. Grenswaarden vaststellen op basis van verwachte verlaging in H4.3. Dagelijks grondwaterstand controleren. Bij verlagingen beneden het kritieke niveau dient actie ondernomen om de grondwaterstand te herstellen;
- Dagelijks de grondwaterstand in de peilbuizen op de projectlocatie controleren, 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;
- Tenslotte dient de bemalingsinstallatie over voldoende capaciteit te beschikken. De bemalingsinstallatie dient voldoende instelbaar te zijn om te grote onttrekking/verlaging te voorkomen. Aanbevolen wordt te overleggen wie dit zal controleren/instellen en welke controle frequentie toegepast zal worden.

5.6 Actieprogramma

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

1. Uitvoeren schouw (aannemer met directievoering) per bemalingslocatie naar risico's voor de omgeving, de gemeente stelt de aannemer verantwoordelijk voor de schouw en daaraan verbonden kosten;
2. Opstellen bemalingsplan (door aannemer), zie ook H5.4;
3. Controle bemalingsplan door directievoering;
4. Melden start bemaling (door aannemer)
5. Uitvoering bemaling (en monitoring).
6. Melden einde bemaling (door aannemer)
7. Rapporteren debiet/grondwatermeting gegevens aan bevoegd gezag (door aannemer)

De bovenstaande punten, behalve uitvoering bemaling, kunnen door Loots Grondwatertechniek worden uitgevoerd, neem contact op met Erik Loots voor meer informatie.

Opgesteld door:

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

Loots Grondwatertechniek

4 juli 2014

Bijlage A - Dataherkomst

Geotechnische bodemopbouw

De geotechnische bodemopbouw is bepaald aan de hand van de volgende analyse:

- Vanaf NAP + 1,5 m à NAP -4,5 m tot NAP + 1 m à NAP -5 m zijn conusweerstand (qc) gemeten groter dan 8 MPa, met een wrijvingsgetal van circa 1%, dit wordt gerekend met zand, los (onverzadigd met grondwater) ($\gamma=17\text{kN/m}^3$);
- Vanaf NAP + 1 m à NAP -5 m tot NAP -1,5 m à NAP -5 m zijn conusweerstand (qc) gemeten groter dan 8 MPa, met een wrijvingsgetal van circa 1%, dit wordt gerekend met zand, los (verzadigd met grondwater) ($\gamma=19\text{kN/m}^3$);
- Vanaf NAP -1,5 m à NAP -5 m tot NAP -2 m à NAP -5 m zijn conusweerstand (qc) gemeten kleiner dan 1 MPa, met een wrijvingsgetal van circa 5-10%, dit wordt gerekend met veen, matig slap (matig voorbelast) ($\gamma=11\text{kN/m}^3$);
- Vanaf NAP -2 m à NAP -5 m tot NAP -7 m à NAP -7,5 m zijn conusweerstand (qc) gemeten kleiner dan 1 MPa, met een wrijvingsgetal van circa 3-5%, dit wordt gerekend met klei, matig ($\gamma=17\text{kN/m}^3$);
- Vanaf NAP -7 m à NAP -7,5 m tot NAP -9 m zijn conusweerstand (qc) gemeten groter dan 3 MPa, met een wrijvingsgetal van circa 1-2%, dit wordt gerekend met zand, sterk siltig/kleilig (verzadigd met grondwater) ($\gamma=20\text{kN/m}^3$);
- Vanaf NAP -9 m tot NAP -10,5 m zijn conusweerstand (qc) gemeten kleiner dan 1 MPa, met een wrijvingsgetal van circa 3-5%, dit wordt gerekend met klei, sterk zandig ($\gamma=19\text{kN/m}^3$);
- Vanaf NAP -10,5 m tot NAP -11 m zijn conusweerstand (qc) gemeten kleiner dan 1 MPa, met een wrijvingsgetal van circa 5-10%, dit wordt gerekend met veen, matig (matig voorbelast) ($\gamma=12\text{kN/m}^3$);
- Vanaf NAP -11 m tot NAP -35 m zijn conusweerstand (qc) gemeten groter dan 8 MPa, met een wrijvingsgetal van circa 1%, dit wordt gerekend met zand, vast (verzadigd met grondwater) ($\gamma=21\text{kN/m}^3$).

De aangeleverde data zijn grotendeels 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 archiefonderzoek:

- Geotechnische categorie;

[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:

- Geen;

[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:

- Geotechnische bodemopbouw is geraamd. Gekozen is om te rekenen met een conservatieve bodemopbouw;
- 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;

- Geohydrologisch parameters zijn geraamd.
- Projectafmeting, ontgravingsdiepten, projectlocatie, bemalingsperiode;
- Bemalingsperiode;

[D] Ontbrekende parameters

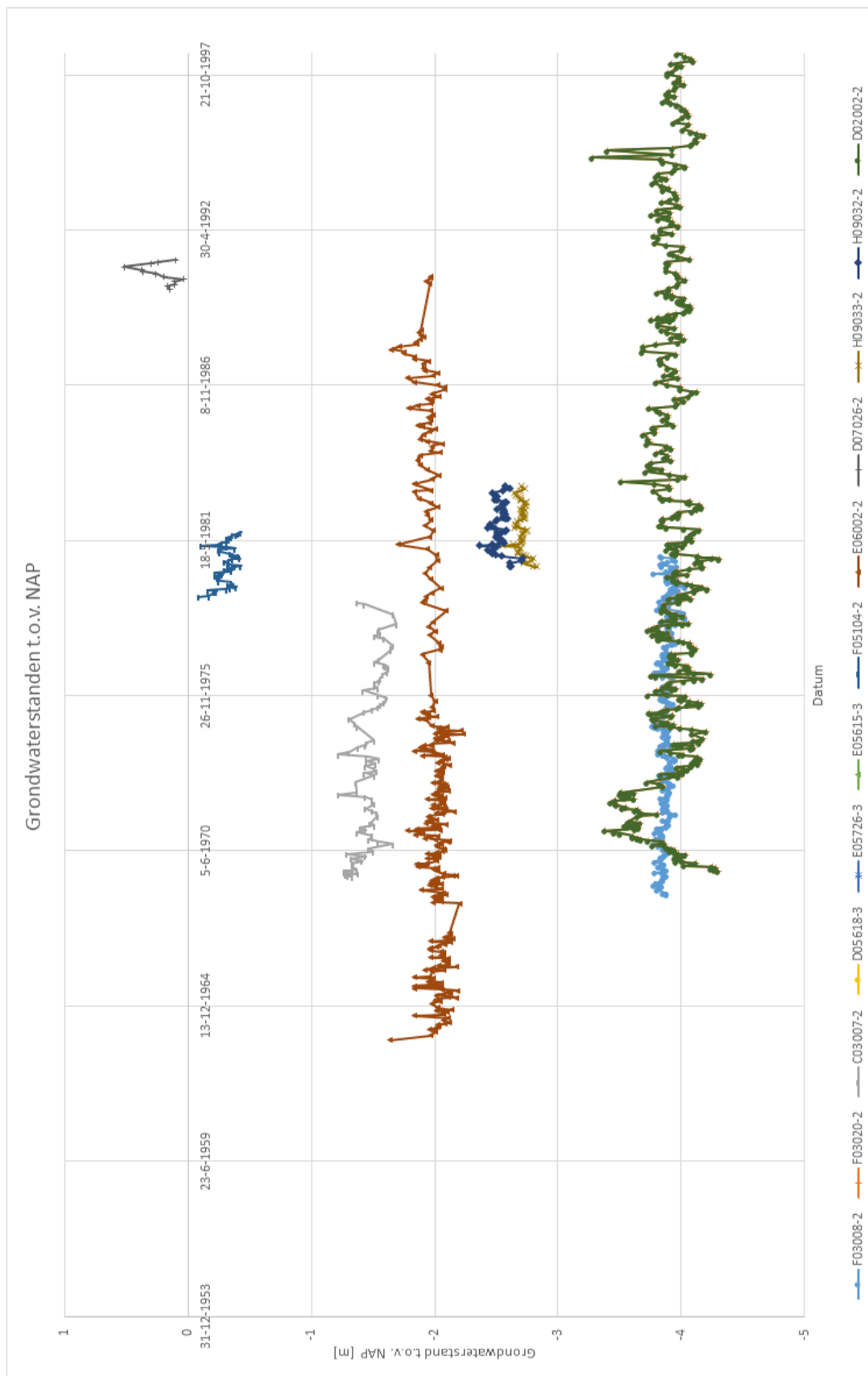
Na het opstellen is gebleken dat de volgende parameters niet of slecht zijn te bepalen of buiten de onderzoeksopdracht vallen:

- Aanwezigheid van houten palen funderingen, funderingen op staal, ondergrondse containers/verdiepte bebouwing, kritieke belendingen;
- Aanwezigheid van archeologische objecten, grondwaterverontreinigingen, gevoelige infrastructuur;
- De maatgevende (gemiddeld hoogste/laagste) grondwaterstand;
- Zoet-/zout grensvlak;
- Oppervlaktewater, in de beschouwing is geen rekening gehouden met de exacte locaties van het oppervlaktewater;
- De actuele grondwaterstand watervoerende lagen 1 en 2;
- Grondwaterkwaliteit;
- Aanwezigheid van grondwaterbeschermingsgebied, openbaar groen/natuur, landbouw, natura 2000 gebied.

CONCLUSIE

Geconcludeerd is dat de berekeningsresultaten in dit rapport indicatief moeten worden beschouwd. Onvoldoende parameters zijn vastgesteld of bepaald op basis van meerdere gegevensbronnen om een accurate voorspelling te geven voor een beschouwing per locatie.

Bijlage B - Grondwaterstanden



Bijlage C - Verticaal evenwichtsberekening

Om te bepalen of de bouwputbodem kan opbarsten en ter voorkoming van welvorming dient de verticale stabiliteit te worden bepaald conform NEN 9997-1+C1:2012, theorie van Boussinesq; $u_{z;d} \leq \gamma_{2;d} \times d_{2;d} + f \times \gamma_{1;d} \times d_{1;d}$ [1]. Bij een bemaling van een relatief kleine bouwput of een smalle sleuf dragen de grondlagen aan weerszijden van de ontgraving bij tot een extra neerwaartse gronddruk. Dit heeft een gunstig effect ten aanzien van de veiligheid. In deze bijlage zijn de evenwichtsberekeningen toegevoegd.

Tabel C3 verticaal evenwicht - bij ontgravingsniveau NAP -4 m

2 x b	Sleufbreedte [m]	2,5	
a	Hellingbreedte [m]	0,04	ontgraven onder een talud van 1:0,01
	Ontgravingsniveau	-4,00	m+NAP

NEN 9997-1+C1:2012, theorie van Boussinesq. Cursieve tekst is gecorrigeerde massa (boven ontgravingsniveau)

Onderzijde	Bodemsoort	Dikte laag	Volumieke massa	Kritieke grondwaterstand	Benodigde verlaging
[m t.o.v. NAP]		[m]	[kN/m ³]	m t.o.v. NAP	[m]
0,00	Niveau start				
-1,5	zand, los (verzadigd met grondwater) ($\gamma=19\text{kN/m}^3$)	0,00	13,25		
-2	veen, matig slap (matig voorbelast) ($\gamma=11\text{kN/m}^3$)	0,00	2,56		
-7	klei, matig ($\gamma=17\text{kN/m}^3$)	3,00	61,71		
-7	Opbarstniveau 1		totaal 77,5	0,9	nb
-9	zand, sterk siltig/kleiig (verzadigd met grondwater) ($\gamma=20\text{kN/m}^3$)	2,00	36,00		
-10,5	klei, sterk zandig ($\gamma=19\text{kN/m}^3$)	1,50	25,65		
-11	veen, matig (matig voorbelast) ($\gamma=12\text{kN/m}^3$)	0,50	5,40		
-11	Opbarstniveau 2		totaal 144,6	3,74	nb

Tabel C3 verticaal evenwicht - bij ontgravingsniveau NAP -5 m

2 x b Sleufbreedte [m] 2,5
 a Hellingbreedte [m] 0,04 ontgraven onder een talud van 1:0,01
 Ontgravingsniveau -5,00 m+NAP

NEN 9997-1+C1:2012, theorie van Boussinesq. Cursieve tekst is gecorrigeerde massa (boven ontgravingsniveau)

Onderzijde [m t.o.v. NAP]	Bodemsoort	Dikte laag [m]	Volumieke massa [kN/m ²]	Kritieke grondwaterstand m t.o.v. NAP	Benodigde verlaging [m]
-1,00	Niveau start				
-1,5	zand, los (verzadigd met grondwater) ($\gamma=19\text{kN/m}^3$)	0,00	3,01		
-2	veen, matig slap (matig voorbelast) ($\gamma=11\text{kN/m}^3$)	0,00	1,74		
-7	klei, matig ($\gamma=17\text{kN/m}^3$)	2,00	46,75		
-7	Opbarstniveau 1		totaal 51,5	-1,75	nb
-9	zand, sterk siltig/kleiig (verzadigd met grondwater) ($\gamma=20\text{kN/m}^3$)	2,00	36,00		
-10,5	klei, sterk zandig ($\gamma=19\text{kN/m}^3$)	1,50	25,65		
-11	veen, matig (matig voorbelast) ($\gamma=12\text{kN/m}^3$)	0,50	5,40		
-11	Opbarstniveau 2		totaal 118,5	1,08	nb

Tabel C3 verticaal evenwicht - bij ontgravingsniveau NAP -6 m

2 x b Sleufbreedte [m] 2,5
 a Hellingbreedte [m] 0,04 ontgraven onder een talud van 1:0,01
 Ontgravingsniveau -6,00 m+NAP

NEN 9997-1+C1:2012, theorie van Boussinesq. Cursieve tekst is gecorrigeerde massa (boven ontgravingsniveau)

Onderzijde [m t.o.v. NAP]	Bodemsoort	Dikte laag [m]	Volumieke massa [kN/m ²]	Kritieke grondwaterstand m t.o.v. NAP	Benodigde verlaging [m]
-2,00	Niveau start				
-7	klei, matig ($\gamma=17\text{kN/m}^3$)	1,00	22,35		
-7	Opbarstniveau 1		totaal 22,4	-4,72	nb
-9	zand, sterk siltig/kleiig (verzadigd met grondwater) ($\gamma=20\text{kN/m}^3$)	2,00	36,00		
-10,5	klei, sterk zandig ($\gamma=19\text{kN/m}^3$)	1,50	25,65		
-11	veen, matig (matig voorbelast) ($\gamma=12\text{kN/m}^3$)	0,50	5,40		
-11	Opbarstniveau 2		totaal 89,4	-1,89	nb