



BURO HOOGSTRAAT




Bemalingsadvies

Aanleg voortstuwers en pompinstallatie Noordoostpolder te Emmeloord

Projectcode: P02043

Versie: 2

Datum: 31-10-2022

Colofon	
Titel:	Bemalingsadvies Aanleg voortstuwers en pompinstallatie Noordoostpolder te Emmeloord
Projectcode	P02043
Versie:	2
Datum:	31-10-2022
Auteur:	R.J.A. Haenen
Opdrachtgever:	Buro Noord B.V.
Opdrachtnemer:	Buro Hoogstraat bv Kerkplein 5 8121 BM Olst
Telefoon:	0570 563083
Email:	algemeen@burohoogstraat.nl
Website:	https://burohoogstraat.nl/
Contactpersoon:	Rob Haenen
Telefoon:	06 3358 0491
Email:	rob.haenen@burohoogstraat.nl
Kwaliteitscontrole	
	

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Aanleiding en doel	4
1.2	Leeswijzer	4
2	Algemene gegevens	5
2.1	Bronnen	5
2.2	Gegevens project.....	5
2.3	Regionale bodemopbouw en geohydrologie	10
2.4	Lokale bodemopbouw.....	11
2.5	Grondwater	11
2.6	Oppervlaktewater.....	15
3	Bemaling	18
3.1	Bemalingssystemen en -technieken	18
3.2	Opbarsten	18
3.3	Opbouw bemaling.....	22
3.4	Bemalingsberekeningen	23
3.5	Wettelijke bepalingen.....	25
4	Effecten bemaling	27
4.1	Inleiding.....	27
4.2	Zetting	28
4.3	Natuur en landbouw.....	28
4.4	Grondwateronttrekkingen	29
4.5	Archeologie.....	30
4.6	Grondwaterbeschermingsgebieden.....	31
4.7	Brak-zout grensvlak	31
4.8	Kwel-infiltratie	32
4.9	Houten funderingspalen.....	32
4.10	Grondwaterverontreinigingen	33
4.11	Monitoring	33
5	Samenvatting	35

Bijlagen

- Bijlage 1 Toelichting bemalingssystemen
Bijlage 2 Wettelijke bepalingen bemalingen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Namens het Waterschap Zuiderzeeland is in opdracht van Buro Noord B.V. door Buro Hoogstraat B.V. een bemalingsadvies opgesteld. De aanleiding voor het bemalingsadvies is de geplande aanleg van twee voortstuwers (één in de Johannes Posttocht en één in de Hannie Schafftocht) en de aanleg van een pompinstallatie (bij de Zuider-d-tocht). Bij de aanleg van de voortstuwers en de pompinstallatie moeten werkzaamheden onder grondwaterniveau worden uitgevoerd. Hiervoor is bemaling nodig om de werkzaamheden in een droge ontgraving te kunnen uitvoeren. Door een bemaling wordt de grondwaterstand onder de ontgraving en in de omgeving ervan verlaagd, waardoor nadelige effecten kunnen optreden. Voorkomen moet worden dat door de bemaling belangen van derden worden geschaad. Daarom moet ernaar worden gestreefd om zo weinig mogelijk grondwater te onttrekken.

Het doel van het bemalingsadvies is:

- het aangeven wat onder de gegeven omstandigheden de beste bemalingswijze is voor elke bouwput;
- het verkrijgen van een indicatie van het debiet waarmee het grondwater dient te worden onttrokken om de gewenste grondwaterstandsdeling in de drie bouwputten te bereiken en te behouden;
- nagaan of voor de bemaling een vergunning in het kader van de Waterwet dient te worden aangevraagd, of dat kan worden volstaan met een melding;
- het verkrijgen van een indicatie van de grondwaterstandsdeling in de omgeving van elke bemaling;
- het indicatief beoordelen van mogelijke effecten en risico's van de bemalingen in de omgeving;
- het aangeven van de lozingsmogelijkheden van het bemalingswater.

Het bemalingsadvies kan als basis worden gebruikt voor een op te stellen bestek.

1.2 Leeswijzer

In dit bemalingsadvies komen achtereenvolgens aan de orde:

- Algemene gegevens (hoofdstuk 2);
- Bemaling (hoofdstuk 3);
- Effecten bemaling (hoofdstuk 4);
- Samenvatting (hoofdstuk 5).

2 Algemene gegevens

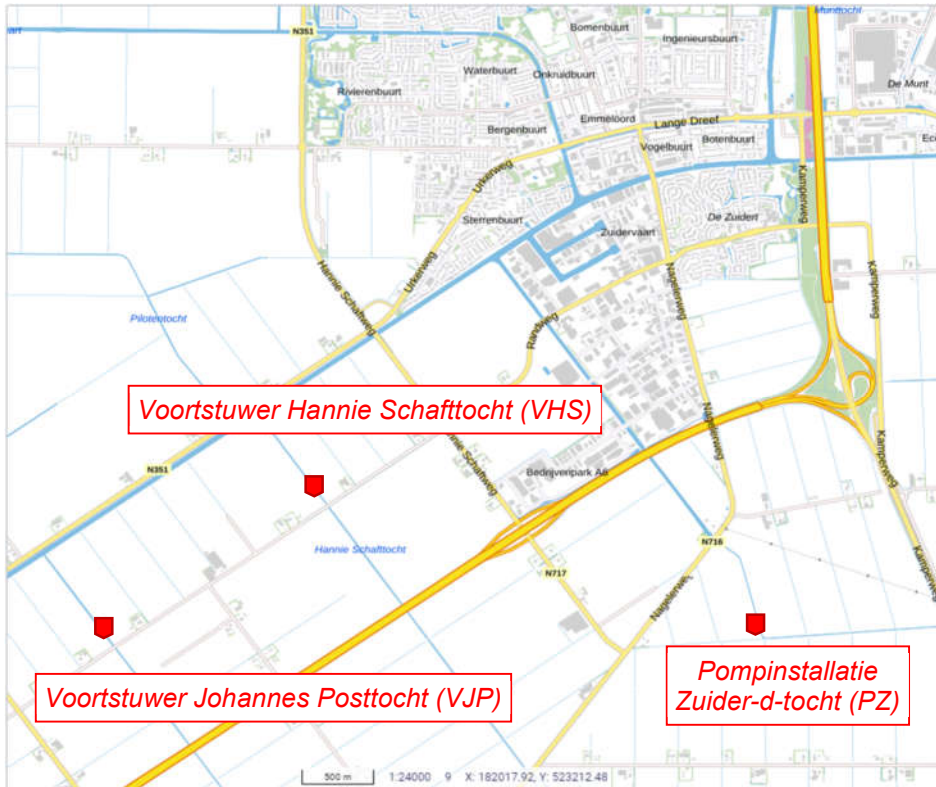
2.1 Bronnen

Dit bemalingsadvies is gebaseerd op de ervaring van Buro Hoogstraat met vergelijkbare projecten en op onderstaande bronnen:

- [1] De website www.google.nl/maps : luchtfoto's en straatoverzichten;
- [2] De website www.pdok.nl/viewer : actuele geo-informatie op kaarten;
- [3] De website www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen : data en informatie van de Nederlandse ondergrond;
- [4] De website www.grondwatertools.nl/gwatlas/ : gegevens van de Nederlandse ondergrond.
- [5] De website www.ahn.nl : digitale hoogtekaart van Nederland;
- [6] De website www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bronnen-en-kaarten/overzicht/archeologie-in-nederland-amk-en-ikaw : kaart met bekende behoudenswaardige archeologische terreinen, gecombineerd met de trefkans (hoog, middelhoog, laag) op archeologische resten;
- [7] De website www.klimaat-effectatlas.nl/nl/risicokaarten-funderingen : risicokaarten op paalrot;
- [8] De website www.bodemloket.nl/kaart : kaart met bodemverontreinigingen in Nederland;
- [9] De website <https://www2.zuiderzeeland.nl/data/gmaps/legger/20FN.pdf> : legger van waterschap Zuiderzeeland;
- [10] De website <https://www2.zuiderzeeland.nl/data/gmaps/legger/Leggertabel.pdf> : profiel van vaarten en tochten waterschap Zuiderzeeland;
- [11] De website <https://www2.zuiderzeeland.nl/data/gmaps/legger/21AN.pdf> : legger van waterschap Zuiderzeeland;
- [12] De website www.zuiderzeeland.nl/voortstuwers-noordoostpolder : waterschap Zuiderzeeland;
- [13] De website www.zuiderzeeland.nl/staat-het-water-bij-u-laag-of-hoog-genoeg : kaart peilbesluiten, waterschap Zuiderzeeland;
- [14] Het rapport "*Indicatief waterbodem- en bodemonderzoek Project de Voortstuwers te Flevoland*", projectnummer P02120, 15 juli 2021, Greenhouse Advies B.V. .;
- [15] Het rapport "*Geotechnisch grondonderzoek Sonderingen Voortstuwers te Zuiderzeeland*", rapportnummer VWB904532/21/ALG/1452, 5 juli 2021, VWB Bodem B.V.;
- [16] De tekening "*Project: Voortstuwers Johannes Posttocht – Damwandenplan - concept*", tekeningnummer P02043-DO-NI-10, 08 april 2022, Buro Noord;
- [17] De tekening "*Project: Voortstuwers Hannie Schafftocht – Damwandenplan – concept*", tekeningnummer P02043-DO-NI-10, 12 april 2022, Buro Noord;
- [18] De tekening "*Project: Voortstuwers Zuider-d-tocht – Aanzichten Zuider-d-tocht pompinstallatie – concept*", P02043-VO-NI-02, 29 maart 2022, Buro Noord;
- [19] De website <https://kaart.flevoland.nl/bodematlas-GWB/> : bodemkaarten provincie Flevoland;
- [20] De website <https://www.wkotool.nl/> : kaart grondwateronttrekkingen Nederland;
- [21] De website <https://flevoland.omgevingsrapportage.nl/> : omgevingsrapportage provincie Flevoland;
- [22] Het rapport "*Saneringsevaluatie Karel Doormanweg 32 Tollebeek*", nummer 61971-A, 28 augustus 1998, IJsselmeerbeton B.V.;
- [23] De website <https://wetten.overheid.nl/BWBR0029789/2021-07-01> : Besluit lozen buiten inrichtingen (Bibi).

2.2 Gegevens project

In afbeelding 1 op de volgende pagina is de regionale ligging van de geplande werkzaamheden weergegeven.



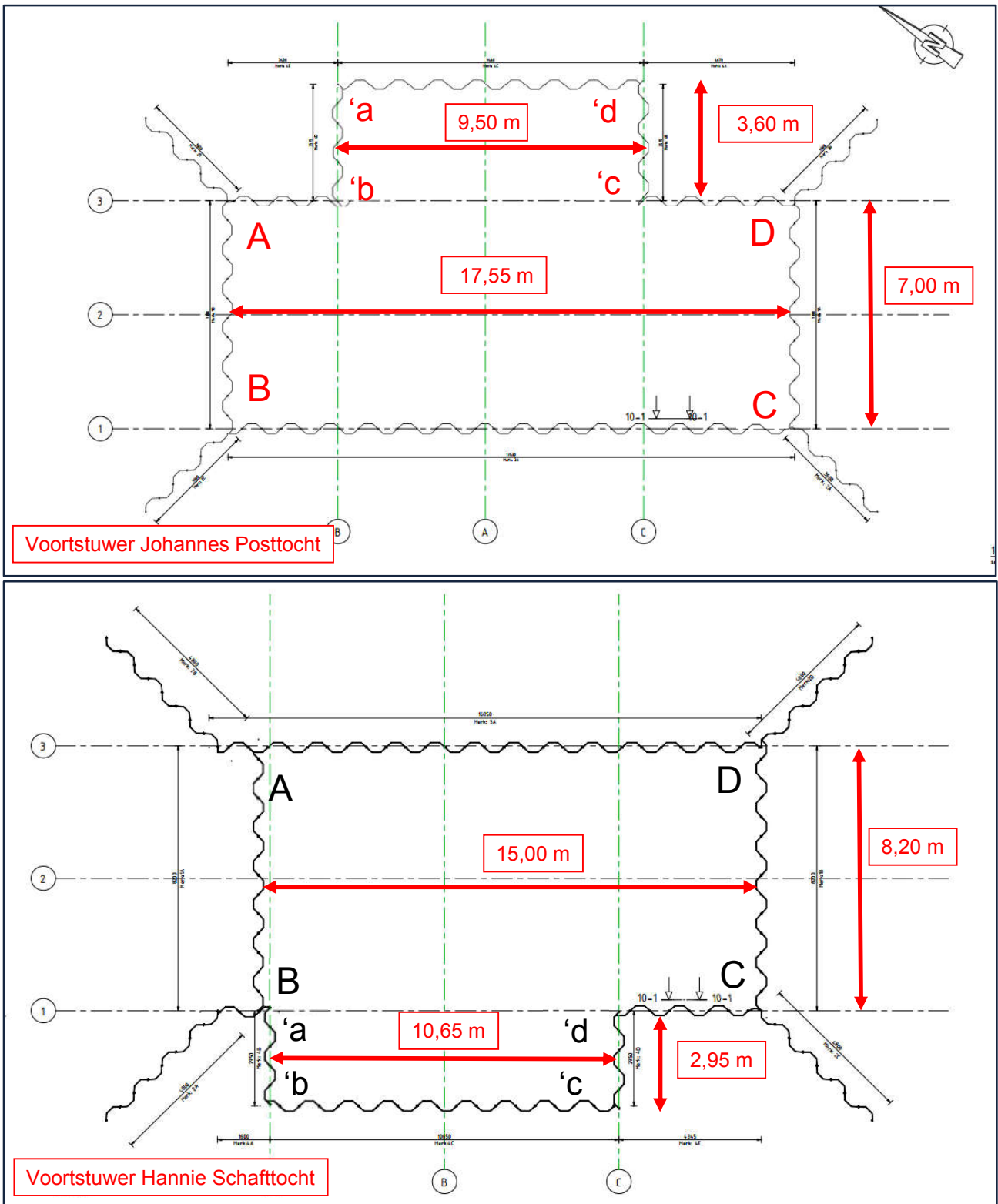
Afbeelding 1 Regionale ligging plangebied (bron [2])

In tabel 1 zijn van de voortstuwers en de pompinstallatie de hoogtes van het huidige maaiveld weergegeven.

Tabel 1 Huidige maaiveldhoogtes van de voortstuwers en de pompinstallatie (bronnen [16], [17] en [18]).

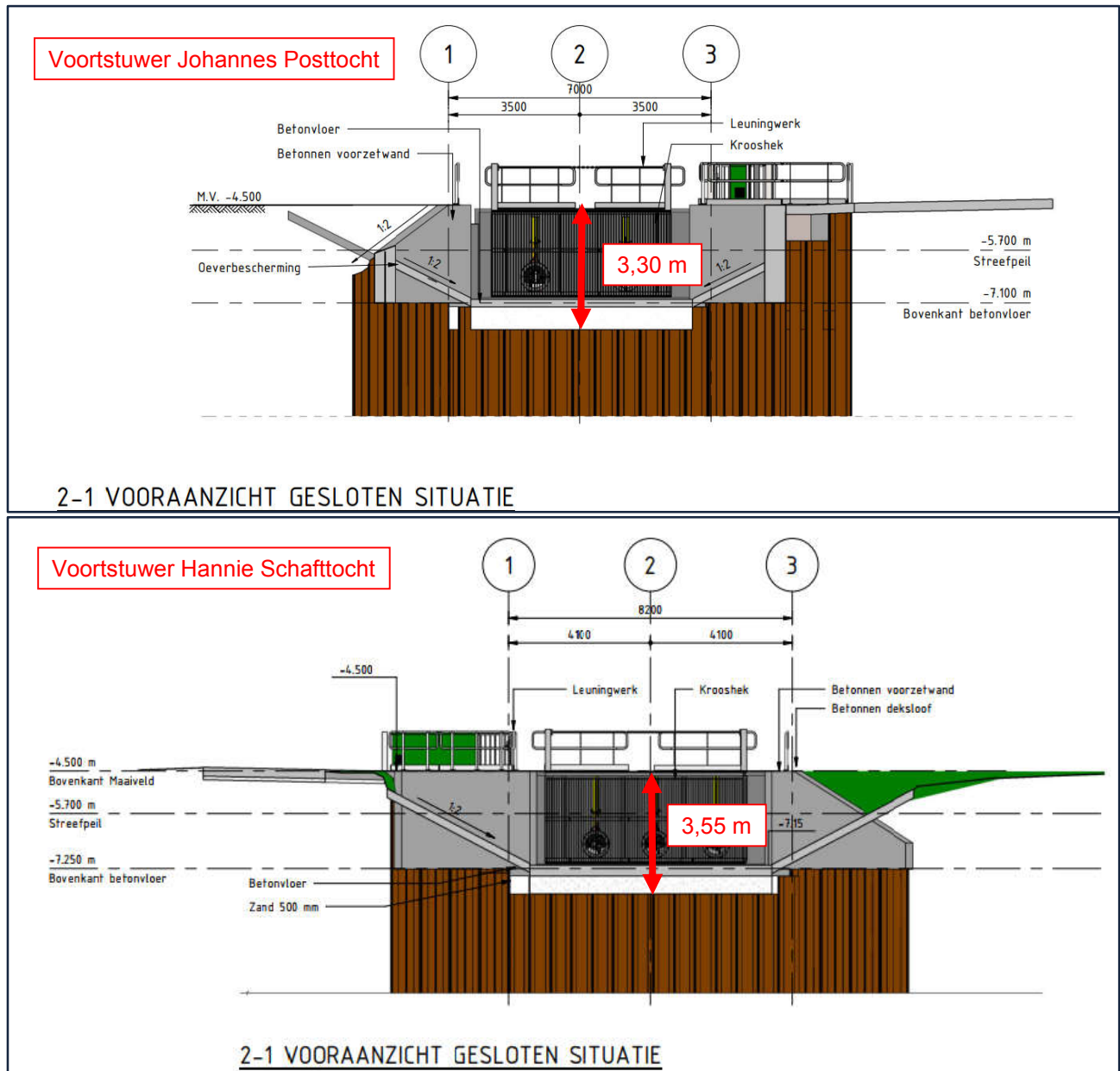
Locatie	Hoogte maaiveld (mNAP)
Voortstuwer Johannes Posttocht (VJP)	-4,50
Voortstuwer Hannie Schaftocht (VHS)	-4,50
Pompinstallatie Zuider-d-tocht (PZ)	-4,35

Om de voortstuwers aan te leggen zullen er damwanden worden geplaatst. Hiervoor is voor elke locatie een damwandenplan gemaakt, die zijn weergegeven in afbeelding 2 op de volgende pagina (bronnen [16] en [17]).



Afbeelding 2 Damwandenplan voortstuwers Johannes Posttocht en Hannie Schafttocht (bronnen [16] en [17])

De voortstuwers krijgen een betonvloer met daaronder een zandbed van 0,5 m dik. In afbeelding 3 op de volgende pagina zijn de vooraanzichten van de voortstuwers weergegeven met de ontgravingsdiepte vanaf maaiveld tot en met onderkant zandbed (bronnen [16] en [17]).



Afbeelding 3 Vooraanzichten voortstuwers Johannes Posttocht en Hannie Schafttocht (bronnen [16] en [17])

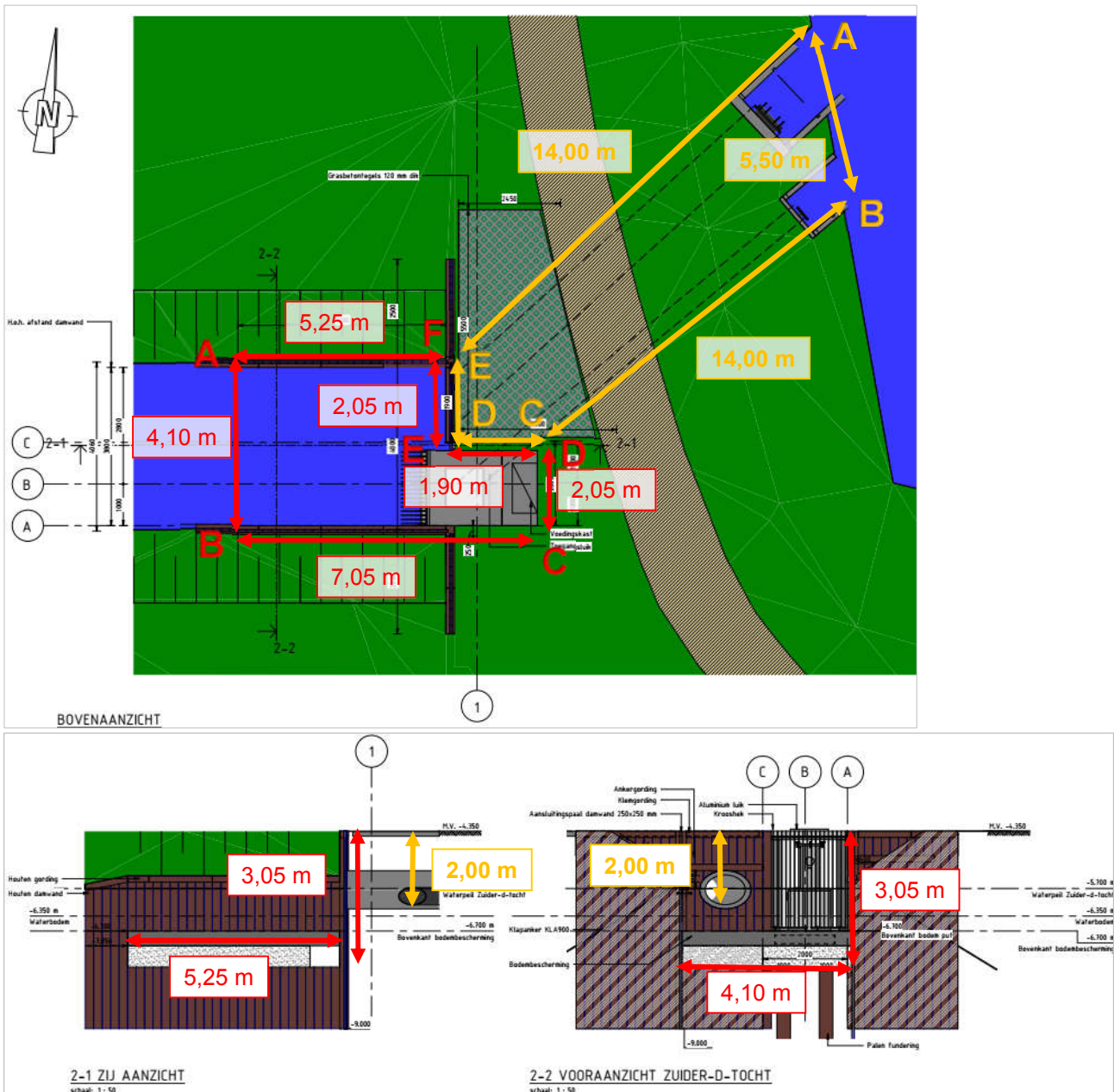
In tabel 2 zijn de nadere gegevens van de bouwkuipen weergegeven (bronnen [16] en [17]).

Tabel 2 Nadere gegevens damwandenplan voortstuwers (bronnen [16] en [17]).

Locatie	Maaiveld (mNAP)	Diepte ontgraving		Diepte damwanden ¹⁾ (m-mv)	Breedte Bouwkuip ¹⁾ (m)	Lengte bouwkuip ¹⁾ (m)
		(m-mv)	(mNAP)			
Voortstuwer Johannes Posttocht	-4,50	3,30	-7,80	AB: 6,70 CD: 6,85 Overig: 4,20	AB = 7,00 CD = 7,00 'a'b = 3,60 'c'd = 3,60	AD = 17,55 BC = 17,55 'a'd = 9,50 'b'c = 9,50
Voortstuwer Hannie Schafttocht	-4,50	3,55	-8,05	AB: 8,20 CD: 7,10 Overig: 4,20	AB = 8,20 CD = 8,20 'a'b = 2,95 'c'd = 2,95	AD = 15,00 BC = 15,00 'a'd = 10,65 'b'c = 10,65

1) Zie afbeelding 2

In afbeelding 4 zijn verschillende aanzichten en afmetingen van de pompinstallatie weergegeven (bron [18]). Om de pompinstallatie aan te leggen zal er tot verschillende dieptes worden ontgraven. Tussen de rode pijlen (fundatie op een betonvloer en daaronder een zandbed) in afbeelding 3 zal tot 3,05 m-mv worden ontgraven. Tussen de gele pijlen in afbeelding 3 (fundatie op staal) zal tot 2,00 m-mv worden ontgraven. Tussen A en B (rood en geel) in afbeelding 4 zal een tijdelijke damwand worden geplaatst.



Afbeelding 4 Gegevens van de ontgraving pompinstallatie Zuider-d-tocht (bron [18])

In tabel 3 zijn de nadere gegevens met betrekking tot de aanleg van de pompinstallatie weergegeven.

Tabel 3 Nadere gegevens aanleg pompinstallatie Zuider-d-tocht (bron [18]).

Locatie	Maaiveld (mNAP)	Diepte ontgraving		AB (m)	BC (m)	CD (m)	DE (m)	EA (m)	EF (m)	FA (m)
		(m-mv)	(mNAP)							
Rood	-4,35	3,05	-7,40	4,10	7,05	2,05	1,90	Nvt	2,05	5,25
Geel	-4,35	2,00	-6,35	5,50	14,00	1,90	2,05	14,00	Nvt	Nvt

2.3 Regionale bodemopbouw en geohydrologie

In de tabellen 4a t/m 4c zijn geohydrologische profielen ter plaatse van de drie projectlocaties weergegeven.

Tabel 4 Geohydrologische profielen op de projectlocaties (bron [3])

A) Johannes Posttocht

Diepte (m-mv)	Hydrogeologische eenheid	Lithogie	K _h -waarde ¹⁾ (m/dag)	c-waarde ²⁾ (dagen)
0,0 – 4,9	Holocene afzettingen, complexe eenheid	Afwisseling van zandige klei, midden en fijn zand, klei en veen en een weinig grof zand	g.w. ³⁾	g.w.
4,9 – 6,5	Formatie van Boxtel, 2 ^{de} en 4 ^{de} zandige eenheid	Midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind	2,5 ≤ kh < 5	g.w.
6,5 – 13,6	Formatie van Kreftenheye, 2 ^{de} t/m 4 ^{de} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen	25 ≤ kh < 50	g.w.
13,6 – 15,8	Formatie van Urk, 1 ^{ste} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig zand met weinig zand en grind en een spoor klei, zandige klei en veen	10 ≤ kh < 25	g.w.
15,8 – 23,1 ⁴⁾	Formatie van Urk, 1 ^{ste} kleiige eenheid	zandige klei, klei en midden zand en met weinig veen, fijn en grof zand	g.w.	100 ≤ c < 500
23,1 – 48,1	Formatie van Urk, 4 ^{de} en 5 ^{de} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig fijn zand en grind en een spoor klei, zandige klei en veen	25 ≤ kh < 50	g.w.

B) Hannie Schafttocht

Diepte (m-mv)	Hydrogeologische eenheid	Lithogie	K _h -waarde ¹⁾ (m/dag)	c-waarde ²⁾ (dagen)
0,0 – 3,6	Holocene afzettingen, complexe eenheid	Afwisseling van zandige klei, midden en fijn zand, klei en veen en een weinig grof zand	g.w. ³⁾	g.w.
3,6 – 7,0	Formatie van Boxtel, 2 ^{de} en 4 ^{de} zandige eenheid	Midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind	2,5 ≤ kh < 5	g.w.
7,0 – 15,3	Formatie van Kreftenheye, 2 ^{de} t/m 5 ^{de} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen	10 ≤ kh < 25	g.w.
15,3 – 16,0	Formatie van Urk, 1 ^{ste} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig zand met weinig zand en grind en een spoor klei, zandige klei en veen	10 ≤ kh < 25	g.w.
16,0 – 20,7 ⁴⁾	Formatie van Urk, 1 ^{ste} kleiige eenheid	zandige klei, klei en midden zand en met weinig veen, fijn en grof zand	g.w.	100 ≤ c < 500
20,7 – 50,2	Formatie van Urk, 2 ^{de} , 3 ^{de} en 5 ^{de} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig fijn zand en grind en een spoor klei, zandige klei en veen	25 ≤ kh < 50	g.w.

C) Zuider-d-tocht

Diepte (m-mv)	Hydrogeologische eenheid	Lithogie	K _h -waarde ¹⁾ (m/dag)	c-waarde ²⁾ (dagen)
0,0 – 3,2	Holocene afzettingen, complexe eenheid	Afwisseling van zandige klei, midden en fijn zand, klei en veen en een weinig grof zand	g.w. ³⁾	g.w.
3,2 – 6,6	Formatie van Boxtel, 2 ^{de} t/m 4 ^{de} zandige eenheid	Midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind	2,5 ≤ kh < 5	g.w.
6,6 – 15,0	Formatie van Kreftenheye, 2 ^{de} t/m 5 ^{de} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen	10 ≤ kh < 25	g.w.
15,0 – 16,6 ⁴⁾	Formatie van Urk, 1 ^{ste} kleiige eenheid	zandige klei, klei en midden zand en met weinig veen, fijn en grof zand	g.w.	50 ≤ c < 100
16,6 – 30,0	Formatie van Urk, 2 ^{de} t/m 4 ^{de} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig fijn zand en grind en een spoor klei, zandige klei en veen	25 ≤ kh < 50	g.w.
30,0 – 52,0	Formatie van Urk, 5 ^{de} zandige eenheid	Midden en grof zand, met weinig fijn zand en grind en een spoor klei, zandige klei en veen	50 ≤ kh < 100	g.w.

Watervoerend pakket
Waterremmend pakket

- 1) K_h-waarde = horizontale waterdoorlatendheid;
- 2) c-waarde = hydrologische weerstand;
- 3) g.w. = geen waarde vermeld;
- 4) Deze laag wordt voor dit bemalingsadvies als geohydrologische basis beschouwd.

2.4 Lokale bodemopbouw

In mei 2021 is op de drie projectlocaties een indicatief bodemonderzoek uitgevoerd waarbij op elke locatie de volgende werkzaamheden zijn verricht (bron [14]):

- 2 boringen tot 2,5 m-mv;
- 2 slibsteken tot circa 2,3 m-waterspiegel.

Naast het indicatieve bodemonderzoek is in juni 2021 een geotechnisch onderzoek op de drie projectlocaties uitgevoerd waarbij de volgende werkzaamheden zijn verricht (bron [15]):

- 4 elektrische sonderingen tot een diepte van 15 m-mv;
- 1 elektrische sondering tot een diepte van 17 m-mv.

Op basis van de 6 uitgevoerde boringen en de 5 elektrische sonderingen zijn voor de projectlocaties de in de tabellen 5, 6 en 7 weergegeven bodemprofielen afgeleid.

Tabel 5 Uit boringen en sondering afgeleide bodemopbouw bij de Johannes Posttocht (bronnen [14] en [15])

Diepte (m-mv)	Hoofdbestanddeel	Bijzonderheden
0 tot 2,50	Klei	Zwak tot matig zandig, zwak siltig, zwak tot sterk humeus
2,50 tot 5,00	Veen	
5,00 tot 5,40	Klei	
5,40 tot 15,60	Zand	Siltig, kleiig

Tabel 6 Uit boringen en sonderingen afgeleide bodemopbouw bij de Hannie Schafftocht (bronnen [14] en [15])

Diepte (m-mv)	Hoofdbestanddeel	Bijzonderheden
0 tot 2,50	Klei	Zwak tot matig zandig, matig humeus
2,50 tot 4,00	Veen	
4,00 tot 15,00	Zand	Siltig, kleiig

Tabel 7 Uit boringen en elektrische sonderingen afgeleide bodemopbouw bij de Zuider-d-tocht (bronnen [14] en [15])

Diepte (m-mv)	Hoofdbestanddeel	Bijzonderheden
0 tot 1,50 à 1,80	Klei	Zwak tot matig zandig, zwak siltig, zwak tot sterk humeus
1,50 à 1,80 tot 3,00 à 3,50	Veen	
3,00 à 3,50 tot 4,80 à 5,50	Zand	Siltig, kleiig
4,80 à 5,50 tot 5,10 à 5,90	Klei	
5,10 à 5,90 tot 14,10 à 14,90	Zand	Siltig, kleiig

2.5 Grondwater

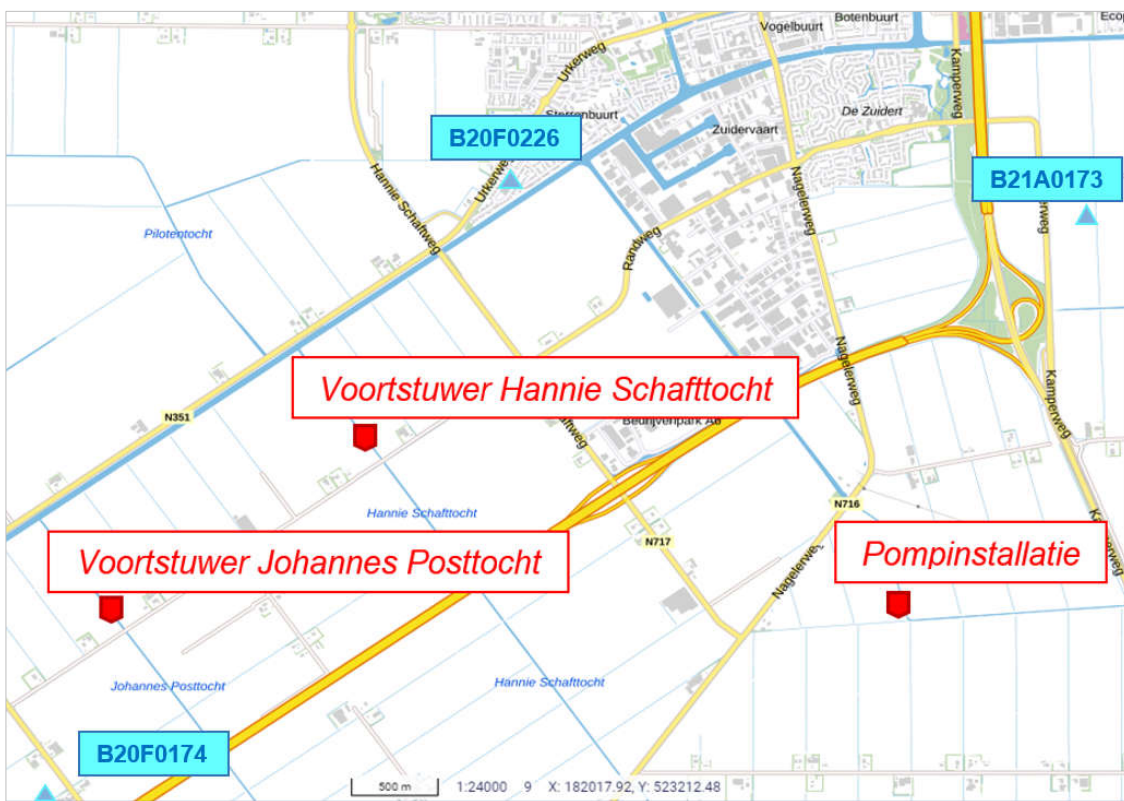
In mei en juni 2021 zijn tijdens het indicatieve bodemonderzoek en het geotechnische grondonderzoek grondwaterstanden in boorgaten gemeten. Een overzicht van de gemeten grondwaterstanden is in tabel 8 weergegeven (bronnen [14] en [15]).

Tabel 8 In boorgaten gemeten grondwaterstanden in mei en juni 2021 (bronnen [14] en [15])

Locatie	Grondwaterstand (m-mv)
Voortstuwder Johannes Posttocht	1,25 en 1,40
Voortstuwder Hannie Schafftocht	1,00 en 1,50
Pompinstallatie Zuider-d-tocht	1,30 en 1,55

Op elke plaats fluctueert de freatische grondwaterstand in een jaar als gevolg van seizoensinvloeden (neerslag en verdamping). In het algemeen ligt de freatische grondwaterstand in het voorjaar (maart) op het hoogste niveau en in de nazomer (september) op het laagste niveau. Om een beeld te krijgen van de mate waarin de grondwaterstand op een bepaalde plaats fluctueert worden de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste (GLG) grondwaterstand gebruikt. Deze worden als volgt bepaald: in een hydrologisch jaar (dat loopt van 1 april tot en met 31 maart van het daarop volgende jaar) wordt de grondwaterstand in een peilbuis 2 keer per maand (gewoonlijk op de 14de en 28ste dag van de maand) gemeten. Van elk hydrologisch jaar (waarvan 24 metingen beschikbaar zijn) worden de 3 hoogst en 3 laagst gemeten grondwaterstanden genomen. De GHG (GLG) is het gemiddelde van de hoogst (laagst) gemeten grondwaterstanden van minimaal 8 hydrologische jaren.

Een indicatie over de gemiddeld laagste (GLG) en gemiddeld hoogste (GHG) grondwaterstand binnen een plangebied kan worden verkregen uit gemeten grondwaterstanden in monitoringspeilbuizen die niet binnen het plangebied staan. Op Dinoloket (bron [3]) zijn op circa 1,1 km, 1,9 km en 2,7 km afstand van het plangebied monitoringspeilbuizen aangegeven, waarin de grondwaterstanden gedurende een bepaalde periode zijn gemeten. De locaties van deze peilbuizen zijn weergegeven in afbeelding 5 en in tabel 9 zijn nadere gegevens van deze peilbuizen weergegeven.

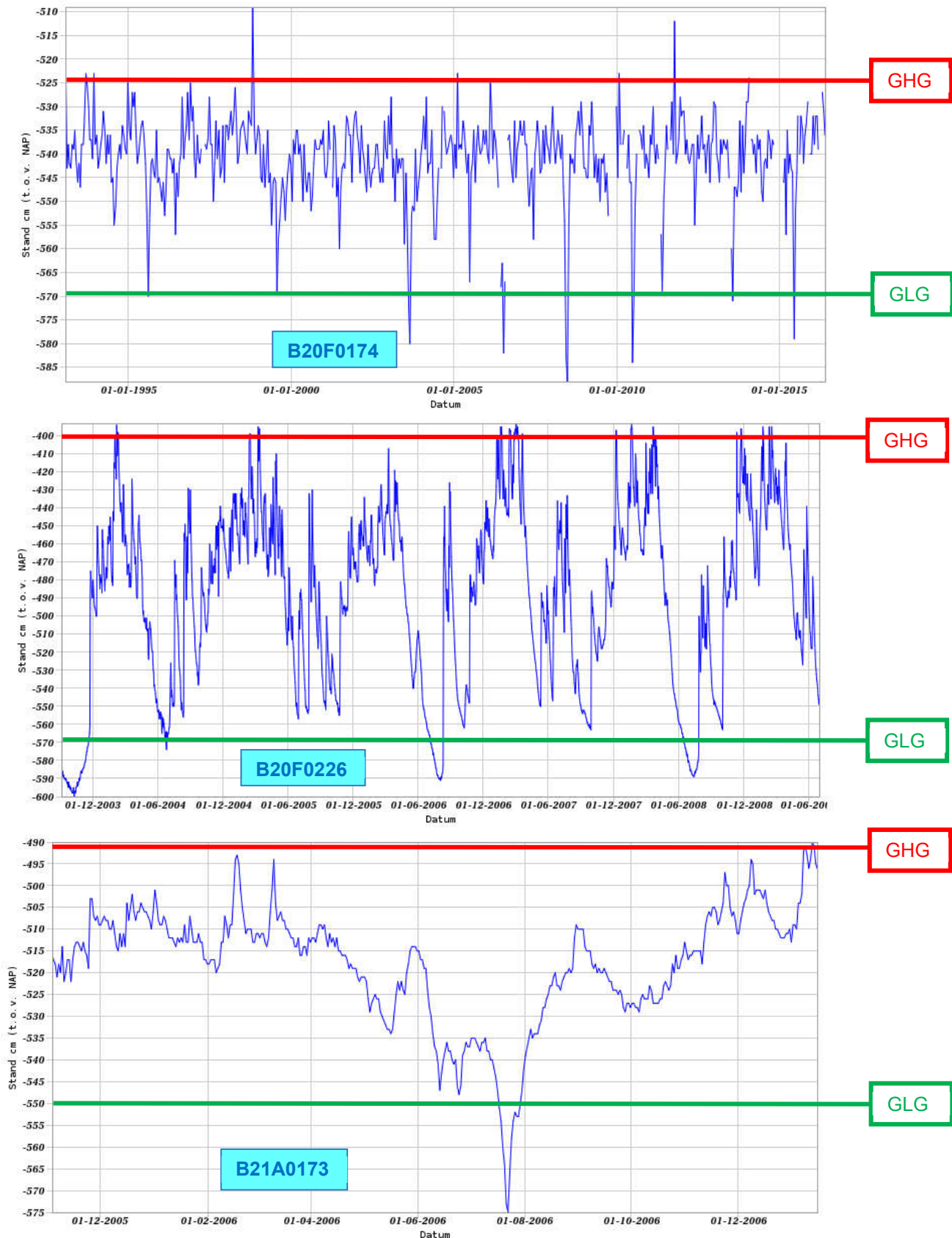


Afbeelding 5 Locaties monitoringspeilbuizen ten opzichte van de drie projectlocaties (bron [3])

Tabel 9: Gegevens monitoringspeilbuizen Dinoloket (bron [3])

Peilbuis	Hoogte maaiveld (mNAP)	Filterstelling (m-mv)	Positie t.o.v. projectlocatie	Meetperiode	Aantal metingen
B20F0174	-4,39	11,0 – 12,0	± 1,1 km zuidwestelijk t.o.v. Johannes Posttocht	27-01-1993 t/m 26-05-2016	535
B20F0226	-3,97	1,6 - 2,6	± 1,9 km noordoostelijk t.o.v. Hannie Schafftocht	04-09-2003 t/m 30-06-2009	8.501
B21A0173	-3,80	3,0 – 4,0	± 2,7 km noordoostelijk t.o.v. Zuider-d-tocht	03-11-2005 t/m 15-01-2007	1.751

In afbeelding 6 zijn grafieken van de in deze peilbuizen gemeten grondwaterstanden weergegeven met voor elke peilbuis een indicatie van de GHG en GLG.



Afbeelding 6 Gemeten grondwaterstanden in de monitoringspeilbuizen (bron [3])

De mate waarin de in een peilbuis gemeten grondwaterstanden als representatief voor een plangebied kunnen worden beschouwd is afhankelijk van de volgende aspecten:

- a) de afstand van de peilbuis tot het plangebied (hoe groter de afstand des te minder representatief);
- b) de diepte van het filter van de peilbuis (hoe dieper, des te minder representatief);
- c) de bodemopbouw ter plaatse van de peilbuis en binnen het plangebied (hoe groter de verschillen, des te minder representatief);
- d) de ouderdom en lengte van de tijdreeks waarover meetgegevens beschikbaar zijn (hoe ouder en hoe korter de meetreeks des te minder representatief) en het aantal metingen van de meetreeks (hoe minder metingen des te minder representatief);
- e) de maaiveldhoogte ter plaatse van de peilbuis in vergelijking met de maaiveldhoogte binnen het plangebied (hoe groter het verschil in maaiveldhoogte des te minder representatief);
- f) de aanwezigheid, omvang en diepte van oppervlaktewater tussen de peilbuis en het plangebied (hoe groter en dieper het oppervlaktewater des te minder representatief);
- g) overige omstandigheden tussen de peilbuis en het plangebied die invloed hebben op de grondwaterstand.

Op basis van de hiervoor genoemde punten is beoordeeld in welke mate de in de peilbuizen gemeten grondwaterstanden representatief zijn voor het plangebied. In de tabellen 10 en 11 is het resultaat van deze beoordeling weergegeven.

Tablet 10: Beoordeling gemeten grondwaterstanden algemeen

Criterion	Toelichting	B20F0174	B20F0226	B21A0173
a) Diepte filter in relatie tot bodemopbouw	1)	- i)	o ii)	- iii)
b) Meetreeks : ouderdom	2)	- (6,0 jaar)	- (13,0 jaar)	- (15,5 jaar)
: lengte (moet ≥ 8 jaar zijn)	3)	+ (23,3 jaar)	- (5,2 jaar)	- (1,2 jaar)
: aantal metingen per jaar (moet ≥ 24 zijn)	4)	- (23)	+ (1.417)	+ (1.167)

- = ongunstig , o = neutraal , + = gunstig

- 1) i) Filter staat in het zandpakket onder de deklaag, ii) Ondiep filter staat in de kleilaag, iii) Bodemopbouw is niet bekend;
- 2) < 2 jaar = + ; 2 jaar < tijd < 5 jaar = o ; > 5 jaar = - ;
- 3) ≥ 8 jaar = + ; 4 jaar < tijd < 8 jaar = o ; < 4 jaar = - ;
- 4) ≥ 24 = + ; < 24 = - .

Tablet 11: Beoordeling gemeten grondwaterstanden per locatie

Criterion	Toelichting	B20F0174	B20F0226	B21A0173
<i>Vortstuwcr Johannes Posttocht</i>				
a) Afstand tot plangebied	1)	-	-	-
b) Hoogte maaiveld (m-mv)	2)	+ (-4,39)	o (-3,97)	o (-3,80)
c) Oppervlaktewater		+	- 3)	- 3)
d) Overige factoren		- 4)	+	- 4)
<i>Eindoordeel Vortstuwcr Johannes Posttocht</i>		o	-	-
<i>Vortstuwcr Hannie Schafftocht</i>				
a) Afstand tot plangebied	1)	-	-	-
b) Hoogte maaiveld (m-mv)	2)	+ (-4,39)	o (-3,97)	o (-3,80)
c) Oppervlaktewater	3)	-	-	-
d) Overige factoren		- 4)	+	- 4)
<i>Eindoordeel Vortstuwcr Hannie Schafftocht</i>		-	-	-

- = ongunstig , o = neutraal , + = gunstig

- 1) < 50 m = + ; 50 m < afstand < 250 m = o ; > 250 m = - ;
- 2) Verschil < 0,5 m = + ; 0,5 m < verschil < 1,0 m = o ; > 1,0 m = - ;
- 3) Omvangrijk, relatief diep, oppervlaktewater tussen de peilbuis en de projectlocatie;
- 4) Locatie peilbuis in ander peilgebied (zie afbeelding 7).

Vervolg tabel 11: *Beoordeling gemeten grondwaterstanden per locatie*

criterium	Toelichting	B20F0174	B20F0226	B21A0173
Pompinstallatie Zuider-d-tocht				
a) Afstand tot plangebied	1)	-	-	-
b) Hoogte maaiveld (m-mv)	2)	+ (-4,39)	+ (-3,97)	o (-3,80)
c) Oppervlaktewater	3)	-	-	-
d) Overige factoren		- ⁴⁾	+	- ⁴⁾
Eindoordeel Pompinstallatie Zuider-d-tocht				
		-	-	-

- = ongunstig , o = neutraal , + = gunstig

1) < 50 m = + ; 50 m < afstand < 250 m = o ; > 250 m = - ;

2) Verschil < 0,5 m = + ; 0,5 m < verschil < 1,0 m = o ; > 1,0 m = - ;

3) Omvangrijk, relatief diep, oppervlaktewater tussen de peilbuis en de projectlocatie;

4) Locatie peilbuis in ander peilgebied (zie afbeelding 7).

Op basis van de tabellen 10 en 11 worden de in de drie beschouwde peilbuizen gemeten grondwaterstanden niet representatief geacht om een betrouwbare schatting over de GHG en GLG op de projectlocaties af te leiden. Desondanks is op basis van de tabellen 9 tot en met 11 en afbeelding 2 een indicatie van de GHG en GLG op de projectlocaties afgeleid; deze zijn in tabel 12 weergegeven. Aangenomen wordt dat hierin een onzekerheid van circa 0,2 m zit.

Tabel 12: *Voor de drie projectlocaties afgeleide GHG en GLG*

	B20F0174	B20F0226	B21A0173	V-JP	V-HS	P-ZT
Maaiveld (mNAP)	-4,39	-3,97	-3,80	-4,50	-4,50	-4,35
GHG (mNAP)	-5,25	-4,00	-4,90	-5,10	-4,90	-5,00
GLG (mNAP)	-5,70	-5,70	-5,50	-5,70	-5,60	-5,60

Het aangenomen verschil tussen de GHG en GLG is op elke locatie circa 0,6 à 0,7 meter. Gezien dit verschil is de noodzakelijke grondwaterstands daling (en dus het onttrekkingsdebiet van de bemaling) enigszins afhankelijk van het seizoen waarin de bemaling wordt uitgevoerd.

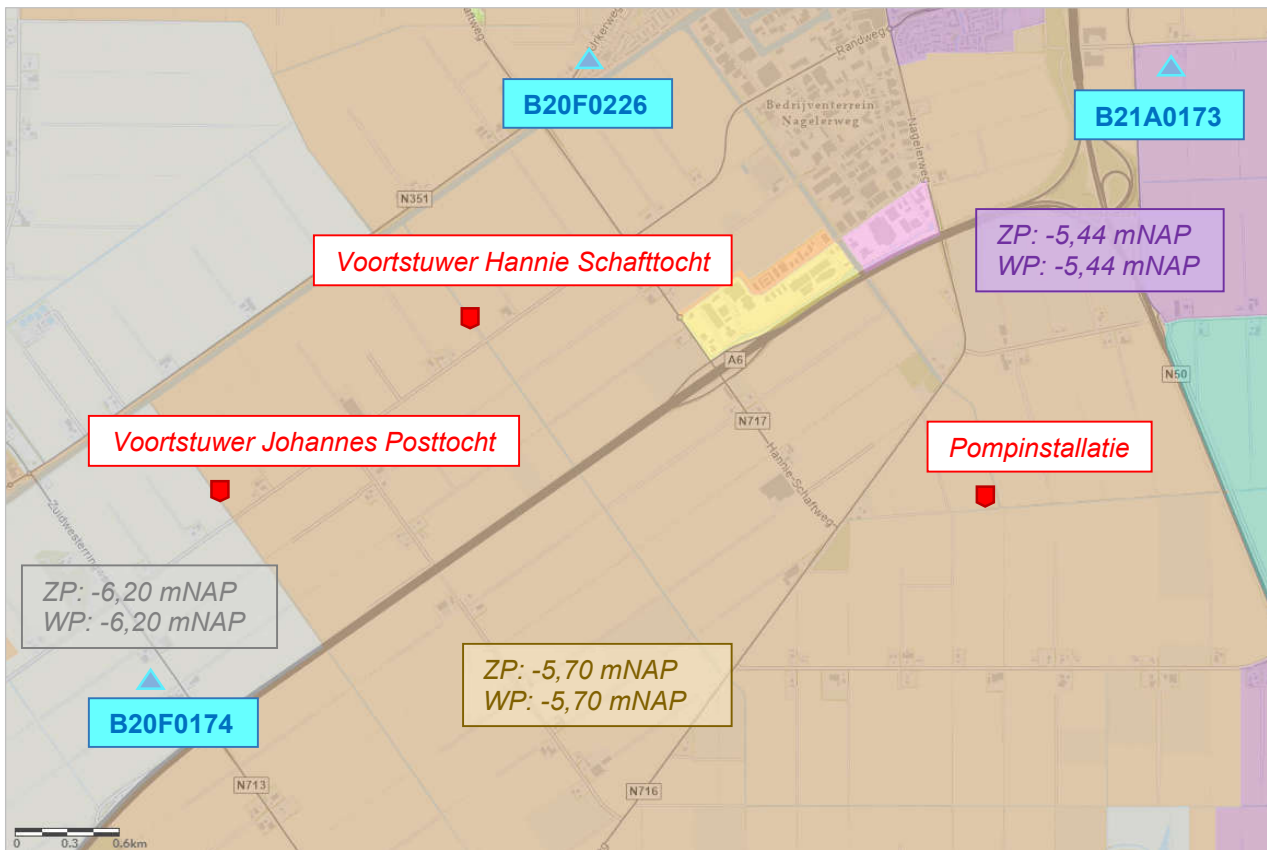
Grondwaterkwaliteit

Er zijn geen gegevens over de kwaliteit van het grondwater op de drie projectlocaties bekend.

2.6 Oppervlaktewater

De drie projectlocaties liggen in een gebied met een gelijk zomer- en winterpeil van -5,70 mNAP (zie afbeelding 7 op de volgende pagina; bron [6]).

De voortstuwer bij de Johannes Posttocht ligt op de grens met en gebied dat een gelijk zomer- en winterpeil heeft van -6,20 mNAP (bronnen [10], [11], [12] en [13]) .



Afbeelding 7 Uitsnede uit kaart met peilgebieden (bron [6])

De mate waarin oppervlaktewater invloed heeft op een bemaling is afhankelijk van het hydrologisch contact tussen het oppervlaktewater en het grondwater. De mate waarin sprake is van hydrologisch contact is afhankelijk van de uittredeweerstand van de wanden en bodem van het oppervlaktewater: hoe groter de uittredeweerstand, des te kleiner de invloed is. De uittredeweerstand is onder andere afhankelijk van de aanwezigheid van een beschoeiing en de waterdoorlatendheid daarvan en van de dikte, samenstelling en compactheid van een eventuele sliblaag op de bodem van het oppervlaktewater.

Indien sprake is van hydrologisch contact, is de mate waarin het oppervlaktewater invloed heeft op een bemaling, afhankelijk van:

- de afstand van het oppervlaktewater tot de bemaling: hoe kleiner de afstand, des te groter de invloed;
- de doorlatendheid van de bodem tussen het oppervlaktewater en de bemaling: hoe groter de doorlatendheid, des te groter de invloed;
- wanneer het oppervlaktewaterpeil hoger is dan de grondwaterstand, het hoogteverschil tussen het oppervlaktewaterpeil en de grondwaterstand: hoe groter het hoogteverschil, des te groter de invloed;
- de omvang/uitgestrektheid (diepte en horizontale afmetingen) van het oppervlaktewater (de mate waarin het oppervlaktewater als een oneindige bron kan worden beschouwd waarvan het waterpeil gedurende de bemaling constant blijft): hoe groter de diepte en de horizontale afmetingen, des te groter de invloed

In tabel 13 zijn de afmetingen van de Urkervaart, de Johannes Posttocht, de Hannie Schafttocht en de Zuider-d-tocht weergegeven. Er lopen relatief kleine/ondiepe sloten in het gebied die niet zijn geregistreerd op de legger van het waterschap.

Tabel 13: Afmetingen oppervlaktewater (bron [10], [11] en [12])

Oppervlaktewater	Bodemdiepte (m)	Bodembreedte (m)	Breedte Waterlijn (m)
Urkervaart	2,8	14,0	± 31
Johannes Posttocht	1,0	3,0	± 6
Hannie Schafttocht	1,2	3,4	± 7
Zuider-d-tocht	1,2	2,6	± 6

Op basis van de hiervoor genoemde punten en tabel 13 is beoordeeld wat de verwachte invloed van de Urk-ervaart en de Johannes Posttocht, de Hannie Schafttocht en de Zuider-d-tocht op de bemalingen is. In tabel 14 is het resultaat van deze beoordeling weergegeven.

Tabel 14: *Beoordeling invloed oppervlaktewater op de bemalingen*

criterium	Urkervaart	Tocht
Johannes Posttocht		
• Uittredeweerstand	?	?
• Afstand tot bemaling	+ (circa 700 m)	-
• Doorlatendheid bodem tussen oppervlaktewater en geplande bemaling	+	o
• Oppervlaktewaterpeil ten opzichte van grondwaterstand	+	+
• Afmetingen : bodemhoogte	-	-
: lengte	-	-
: breedte	-	-
TOTAAL Voortstuwer Johannes Posttocht	+	?
Hannie Schafttocht		
• Uittredeweerstand	?	?
• Afstand tot bemaling	+ (circa 700 m)	-
• Doorlatendheid bodem tussen oppervlaktewater en geplande bemaling	+	o
• Oppervlaktewaterpeil ten opzichte van grondwaterstand	+	+
• Afmetingen : bodemhoogte	-	-
: lengte	-	-
: breedte	-	-
TOTAAL Voortstuwer Hannie Schafttocht	+	?
Zuider-d-tocht		
• Uittredeweerstand	+	?
• Afstand tot bemaling	+ (circa 3.300 m)	-
• Doorlatendheid bodem tussen oppervlaktewater en geplande bemaling	+	o
• Oppervlaktewaterpeil ten opzichte van grondwaterstand	+	+
• Afmetingen : bodemhoogte	-	-
: lengte	-	-
: breedte	-	-
TOTAAL Pompinstallatie Zuider-d-tocht	+	?

Inschatting invloed van oppervlaktewater op een bemaling wanneer sprake is van hydrologisch contact:

- + : gunstig; (vrijwel) geen invloed;
- o : mogelijk enige invloed;
- : ongunstig; (zeer veel) invloed.

Op basis van tabel 14 wordt het volgende geconcludeerd:

- De Urkervaart heeft geen invloed op de drie bemalingen;
- Het is onbekend in welke mate elke tocht invloed heeft op de "eigen" bemaling. Een eventuele invloed zal met name worden bepaald door de mate waarin elke tocht tijdens de werkzaamheden waterdicht kan worden afgedamd van de bouwput.

3 Bemaling

3.1 Bemalingssystemen en -technieken

Er bestaan verschillende bemalingssystemen en –technieken om de grondwaterstand te verlagen. Welk systeem of welke techniek wordt toegepast hangt af van de:

- bodemopbouw (samenstelling, gelaagdheid en heterogeniteit van het te bemalen bodempakket);
- natuurlijke grondwaterhuishouding in en rond het projectgebied (grondwaterstand en fluctuaties hiervan) en gewenste drooglegging onder de bodem van de ontgraving;
- mogelijke invloed van naburig oppervlaktewater (afhankelijk van de omvang en diepte van het oppervlaktewater, van de afstand tot de bemaling en van de bodemopbouw tussen het oppervlaktewater en de bemaling);
- afmetingen (lengte, breedte en diepte) van de ontgraving;
- duur van de bemaling.

De volgende bemalingssystemen worden onderscheiden:

- open bemaling;
- horizontale bemaling;
- verticale bemaling.

In bijlage 1 wordt nader ingegaan op de verschillende bemalingssystemen en –technieken.

3.2 Opbarsten

Indien in de ondergrond, dicht onder de bodem van een ontgraving, waterremmende lagen (zoals klei, leem en veen) voorkomen en de grondwaterstand boven deze lagen wordt verlaagd, dan bestaat tijdens uitvoering van de werkzaamheden het gevaar dat de bodem van de ontgraving opbarst. Om opbarsten te voorkomen dient de waterdruk (stijghoogte) in de watervoerende laag onder de waterremmende lagen middels een spanningsbemaling te worden verlaagd, voordat met het werk wordt begonnen. In bijlage 1 wordt dit nader toegelicht.

Of de bodem van een ontgraving opbarst is afhankelijk van onderstaande risicobepalende parameters (bijlage 1):

- de mate waarin een waterremmende laag de verticale waterstroming tegengaat: de hydrologische weerstand van de laag (die wordt bepaald door de dikte en de verticale doorlatendheid van die laag);
- de diktes van de lagen tussen de bodem van de ontgraving en de bovenzijde van de waterremmende laag;
- de volumieke gewichten van de waterremmende laag en van de lagen tussen de bodem van de ontgraving en de bovenzijde van de waterremmende laag;
- de natuurlijke grondwaterstand en de grondwaterstand onder de bodem van de ontgraving;
- de afmetingen van de ontgraving en de helling van de wanden van de ontgraving.

De bodem van een ontgraving barst op wanneer de neerwaartse druk (P_g) van de resterende bodemlagen tussen de bodem van de ontgraving en de onderkant van de onderste waterremmende laag, de omhooggerichte waterdruk (P_w) niet kan weerstaan. Gelet op de onzekerheden in de verschillende termen, die worden gebruikt bij opbarstberekeningen, wordt een verhoudingsfactor v aangehouden om het opbarstrisico in te schatten. De verhoudingsfactor v is het quotiënt van de totale neerwaartse druk en de opwaartse grondwaterdruk:

$$v = \frac{P_g + P_e}{P_w}$$

Gewenste vervolgcacties worden als volgt gekoppeld aan de waarde van v :

$v \leq 1$ er is sprake van een reëel opbarstrisico en dus noodzaak voor een spanningsbemaling.

$1 < v \leq 1,1$ geadviseerd wordt om de volumieke gewichten en diktes van de verschillende bodemlagen nader te bepalen om het opbarstrisico beter te kunnen kwantificeren.

$v > 1,1$ er is geen sprake van een reëel opbarstrisico.

Situatie op projectlocaties

Op basis van de in paragraaf 2.4 beschreven bodemopbouw en de in de tabellen 2 en 3 weergegeven nadere gegevens van de bouwkuipen, kan niet worden uitgesloten dat de bodems van de bouwputten opbarsten. In verband hiermee zijn opbarstberekeringen uitgevoerd om het opbarst risico nader te kwantificeren. Ten behoeve van de opbarstberekeringen is de bodem geschematiseerd als een aantal homogene, horizontale, boven elkaar liggende lagen, met verschillende volumieke gewichten.

Er zijn opbarstberekeringen uitgevoerd voor een grondwaterstand op het niveau van de GHG en voor een grondwaterstand op het niveau van de GLG.

Bouwput voortstuwer Johannes Posttocht

Voor de bouwput bij de Johannes Posttocht zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

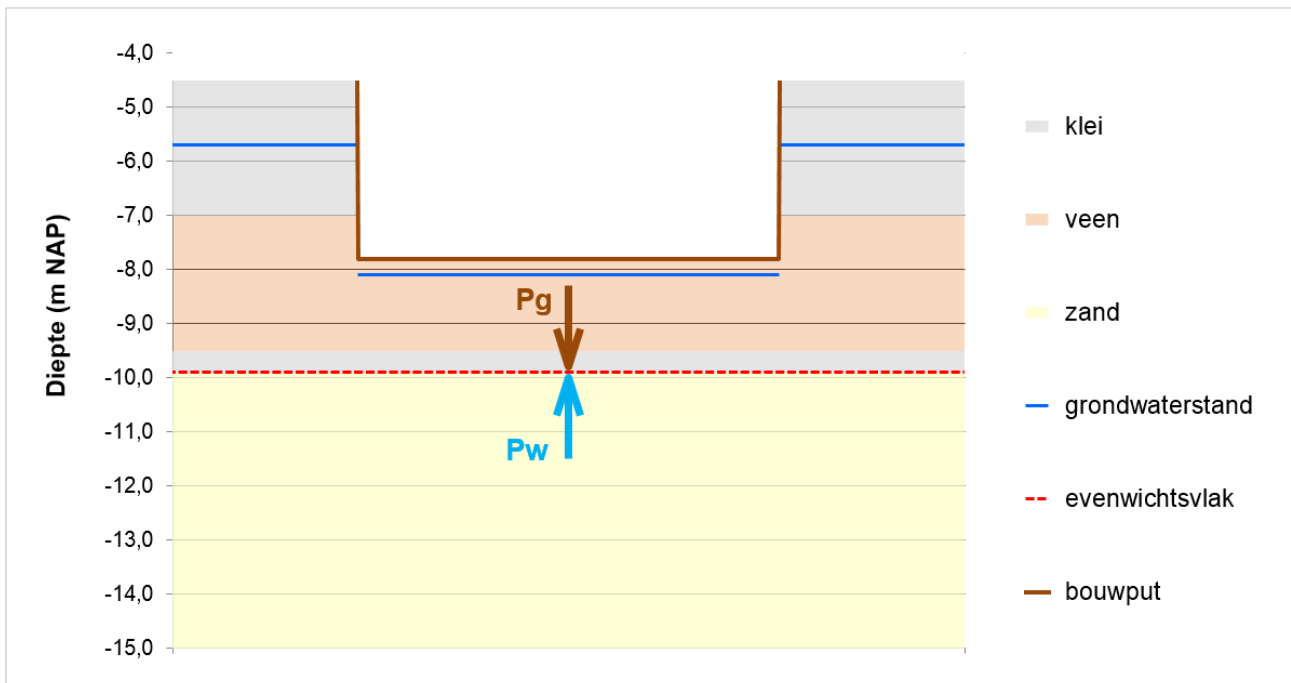
- Afmetingen bouwput : L x B = 17,55 m x 10,60 m;
- Ontgravingsdiepte : -7,80 mNAP;
- Verlaging grondwaterstand : tot -8,10 mNAP (0,3 m onder de ontgravingsdiepte);
- Talud wanden ontgraving : verticaal.

Verder is bij de opbarstberekeringen uitgegaan van het in tabel 15 en afbeelding 8 weergegeven bodemprofiel.

Tabel 15: Bodemprofiel projectlocatie Johannes Posttocht

Laag	van (mNAP)	tot (mNAP)	Dikte (m)	Samenstelling	Volumiek gewicht (kN/m ³) ¹⁾	
					droog	nat
1	-4,50	-7,00	2,50	klei	17,00	17,00
2	-7,00	-9,50	2,50	veen	12,00	12,00
3	-9,50	-9,90	0,40	klei	17,00	17,00
4	-9,90	< -20,00	> 10,10	zand	18,00	20,00

1) De in de tabel vermelde waarden van de volumieke gewichten zijn op basis van ervaring en Eurocode 7 geschat uit de sondegrafieken.



Afbeelding 8 Schematisatie bodemprofiel projectlocatie Johannes Posttocht met grondwaterstand op GLG

In tabel 16 op de volgende pagina zijn de resultaten van de opbarstberekeringen weergegeven.

Tabel 16: Resultaten opbarstberekningen projectlocatie Johannes Posttocht

Grondwaterstand	Berekende veiligheidsfactor	Benodigde daling stijghoogte in zandpakket (m)
GHG: -5,10 mNAP	0,69	1,80
GLG: -5,70 mNAP	0,79	1,20

Uit tabel 16 blijkt dat met de gehanteerde uitgangspunten voor de bouwkuip bij de Johannes Posttocht is berekend dat:

- de bodem van de bouwput opbarst bij een grondwaterstand op het niveau van zowel de GHG als GLG .
- de stijghoogte in het zandpakket onder de deklaag met 1,2 à 1,8 m moet worden verlaagd om opbarsten te voorkomen. Hiervoor is een spanningsbemaling nodig. In §3.3 wordt hier nader op ingegaan.

Bouwput voortstuwer Hannie Schafttocht

Voor de bouwput bij de Hannie Schafttocht zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

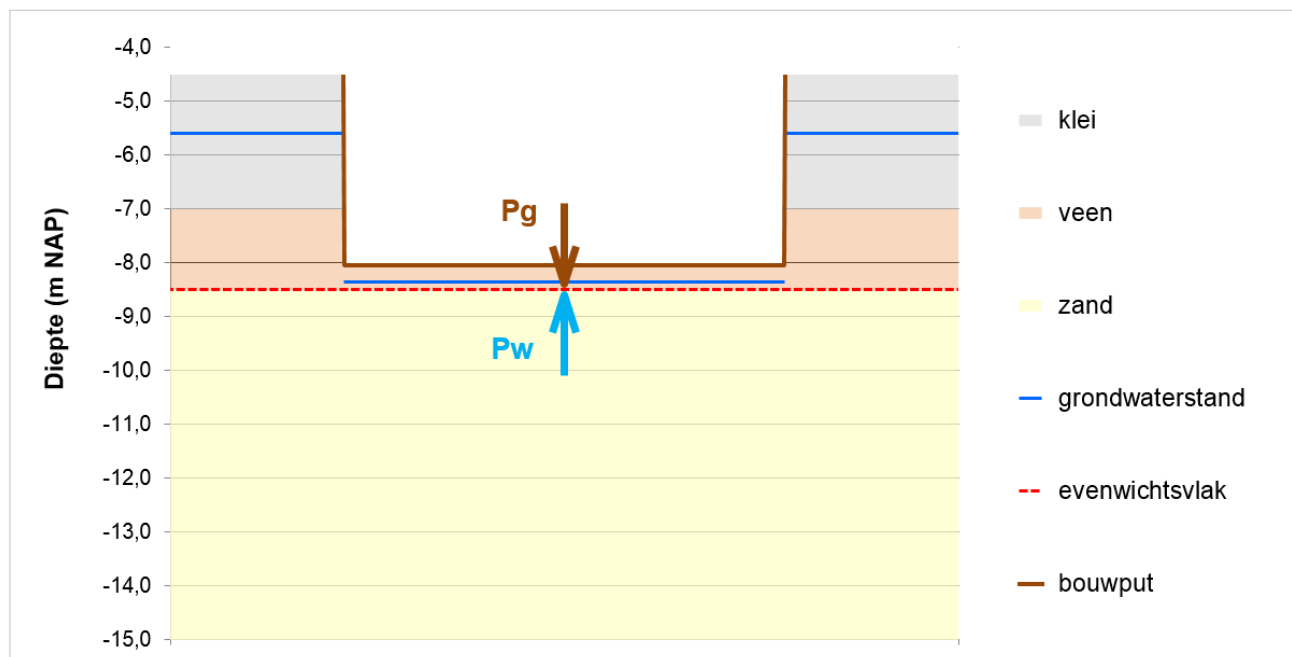
- Afmetingen bouwput : L x B = 15,00 m x 11,15 m;
- Ontgravingsdiepte : -8,05 mNAP;
- Verlaging grondwaterstand : tot -8,35 mNAP (0,3 m onder de ontgravingsdiepte);
- Talud wanden ontgraving : verticaal.

Verder is bij de opbarstberekningen uitgegaan van het in tabel 17 en afbeelding 9 weergegeven bodemprofiel.

Tabel 17: Bodemprofiel projectlocatie Hannie Schafttocht

Laag	van (mNAP)	tot (mNAP)	Dikte (m)	Samenstelling	Volumiek gewicht (kN/m ³) ¹⁾	
					droog	nat
1	-4,50	-7,00	2,50	klei	17,00	17,00
2	-7,00	-8,50	1,50	veen	12,00	12,00
3	-8,50	< -20,00	> 11,50	zand	18,00	20,00

1) De in de tabel vermelde waarden van de volumieke gewichten zijn op basis van ervaring en Eurocode 7 geschat uit de sondegrafieken.



Afbeelding 9 Schematisatie bodemprofiel projectlocatie Hannie Schafttocht met grondwaterstand op GLG

In tabel 18 op de volgende pagina zijn de resultaten van de opbarstberekningen weergegeven.

Tabel 18: Resultaten opbarstberekeningen projectlocatie Hannie Schafftocht

Grondwaterstand	Berekende veiligheidsfactor	Benodigde daling stijghoogte in zandpakket (m)
GHG: -4,90 mNAP	0,15	3,11
GLG: -5,60 mNAP	0,19	2,41

Uit tabel 18 blijkt dat met de gehanteerde uitgangspunten voor de bouwkuip bij de Hannie Schafftocht is berekend dat:

- de bodem van de bouwput opbarst bij een grondwaterstand op het niveau van zowel de GHG als GLG .
- de stijghoogte in het zandpakket onder de deklaag met 2,4 à 3,1 m moet worden verlaagd om opbarsten te voorkomen. Hiervoor is een spanningsbemaling nodig. In §3.3 wordt hier nader op ingegaan.

Bouwput pompinstallatie Zuider-d-tocht

Op de projectlocatie bij de Zuider-d-tocht is sprake van een ondiepe en een diepe ontgraving (zie afbeelding 4 en tabel 3 in §2.2). Voor de twee ontgravingen bij de Zuider-d-tocht zijn de in tabel 19 aangegeven uitgangspunten aangehouden.

Tabel 19: Uitgangspunten opbarstberekeningen ontgravingen Zuider-d-tocht

Aspect	Ondiepe ontgraving (geel) ¹⁾	Diepe ontgraving (rood) ¹⁾
Afmetingen bouwput: L x B	14,00 m x 15,50 m	7,05 m x 4,10 m
Ontgravingdiepte (mNAP)	-6,35	-7,40
Verlaging grondwaterstand ²⁾	-6,65	-7,70
Talud wanden ontgraving	Lange zijden 1:1, korte zijden verticaal	Verticaal

1) Zie afbeelding 4

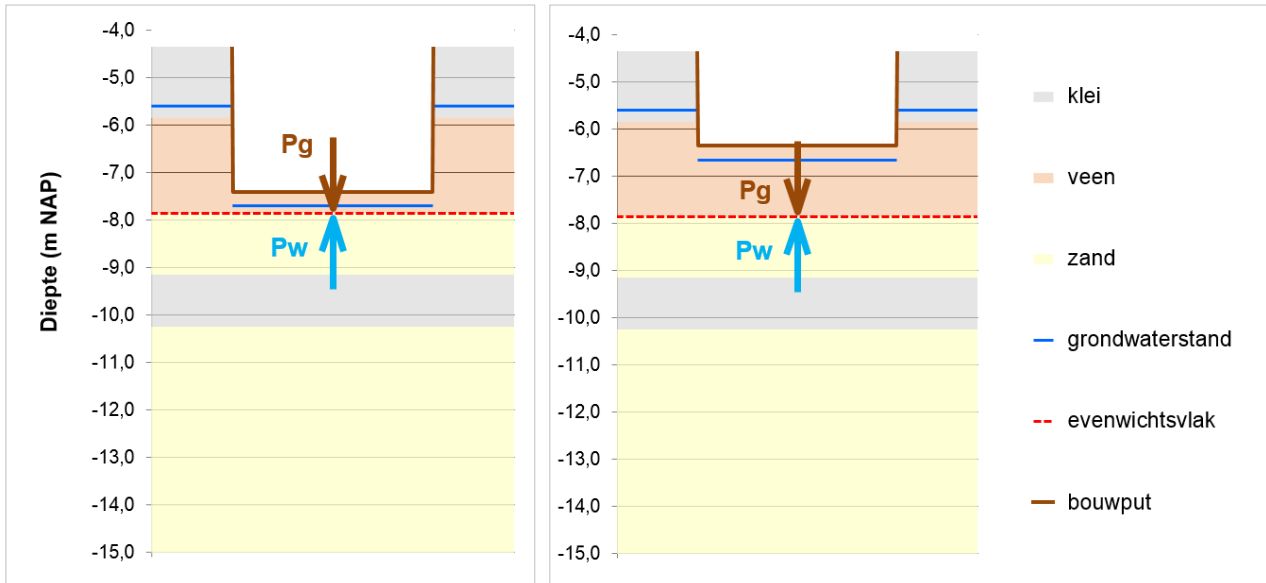
2) Tot 0,3 m onder de bodem van de ontgraving.

Verder is bij de opbarstberekeningen uitgegaan van het in tabel 19 en afbeelding 10 weergegeven bodemprofiel.

Tabel 20: Bodemprofiel projectlocatie Zuider-d-tocht

Laag	van (mNAP)	tot (mNAP)	Dikte (m)	Samenstelling	Volumiek gewicht (kN/m ³) ¹⁾	
					droog	nat
1	-4,35	-5,85	1,50	klei	17,00	17,00
2	-5,85	-7,85	2,00	veen	12,00	12,00
3	-7,85	-9,15	1,30	zand	18,00	20,00
4	-9,15	-10,25	1,10	klei	17,00	17,00
5	-10,25	-19,35	9,10	zand	18,00	20,00

1) De in de tabel vermelde waarden van de volumieke gewichten zijn op basis van ervaring en Eurocode 7 geschat uit de sondeergrafieken.



Afbeelding 10 Schematisatie bodemprofiel projectlocatie Zuider-d-tocht met grondwaterstand op GLG
Links: diepe ontgraving, rechts: ondiepe ontgraving.

In tabel 21 zijn de resultaten van de opbarstberekeringen weergegeven.

Tabel 21: Resultaten opbarstberekeringen projectlocatie Zuider-d-tocht

Grondwaterstand	Berekende veiligheidsfactor		Benodigde daling stijghoogte in zandpakket (m)	
	Diep	Ondiep	Diep	ondiep
GHG: -5,00 mNAP	0,20	0,69	2,34	1,07
GLG: -5,60 mNAP	0,25	0,87	1,74	0,47

Uit tabel 21 blijkt dat met de gehanteerde uitgangspunten voor de bouwkuip bij de Zuider-d-tocht is berekend dat:

- de bodem van zowel de ondiepe als diepe bouwput opbarst bij een grondwaterstand op het niveau van zowel de GHG als GLG .
- de stijghoogte in het zandpakket onder de deklaag bij de ondiepe bouwput met 0,5 à 1,1 m moet worden verlaagd en de stijghoogte in het zandpakket onder de deklaag bij de diepe bouwput met 1,7 à 2,3 m moet worden verlaagd om opbarsten te voorkomen. Hiervoor is een spanningsbemaling nodig. In §3.3 wordt hier nader op ingegaan.

3.3 Opbouw bemaling

Het primaire doel van bemaling is het droog maken en houden van een ontgraving. In de afbeeldingen 8, 9 en 10 is te zien dat de ontgravingen op alle drie de projectlocaties geheel worden uitgevoerd in slecht doorlatende grond. In verband hiermee wordt verwacht dat bij de werkzaamheden open bemaling kan worden toegepast om de ontgravingen droog te houden. Tijdens de werkzaamheden zal er een beperkte hoeveelheid grondwater door de bodem omhoog kwellen en afhankelijk van de waterdichtheid van de damwanden zal er een bepaalde hoeveelheid grondwater door de damwandsloten lekken. Dit water kan worden opgevangen in smalle ondiepe geulen, die in de bodems van de ontgravingen worden gegraven. Vanuit deze geulen kan het water met een of meer klokpompen worden weggepompt. Naar schatting is het totale debiet hiervan in elke ontgraving maximaal 3 m³/uur.

Middels opbarstberekeringen (zie §3.2) is berekend dat de bodems van de ontgravingen op alle drie de projectlocaties opbarsten. Om opbarsten te voorkomen moet bij elke ontgraving de stijghoogte (waterdruk) in het zandpakket onder het waterremmende (klei/veen) pakket middels een spanningsbemaling worden verlaagd, voordat met het werk wordt begonnen (zie bijlage 1). Voor de spanningsbemaling kan worden uitgegaan van

zwaartekrachtbemaling met verticale, open filters met inhangers, net buiten de damwandkuip op een onderlinge afstand van circa 2 m. Geadviseerd wordt om de filters minimaal circa 3 m in het zand te zetten (onderkant filters minimaal op -14,5 mNAP, dit is circa 10 m-mv, ruim onder de onderkant van de damwanden) en filters met een diameter van minimaal 90 mm toe te passen. De filters worden voorzien van haalbuizen die worden aangesloten op een centrale verzamelleiding, die wordt aangesloten op een pomp. De spanningsbemaling moet in bedrijf worden gezet vóórdat met het ontgraven wordt begonnen.

De omschreven opbouw van de bemalingen is indicatief en bedoeld om een indicatie te verkrijgen van het noodzakelijke onttrekkingsdebiet tijdens de werkzaamheden. De uiteindelijke uitvoeringswijze van de bemaling is ter keuze van de bemaler die de exacte opbouw en specificaties van de bemaling (aantal, posities, dieptes en diameters van de drains) dient te omschrijven in een nader op te stellen bemalingsplan. Geadviseerd wordt om in het bestek een resultaatsverplichting op te nemen voor het realiseren en in stand houden van de benodigde verlagingen van de grondwaterstand in de bouwputten en van de verlagingen van de stijghoogtes in het zandpakket onder de bouwputten.

3.4 Bemalingsberekeningen

Om een indicatie te krijgen van de benodigde onttrekkingsdebieten van elke spanningsbemaling, zijn bemalingsberekeningen uitgevoerd. Bij bemalingsberekeningen voor spanningsbemaling wordt het onttrekkingsdebiet en de daarmee gepaard gaande stijghoogteverlaging tijdens uitvoering van de bemaling, zo nauwkeurig mogelijk berekend, uitgaande van een bepaalde bodemopbouw, grondwaterstand en grondwateronttrekkingssysteem. Aangezien de werkelijkheid hierbij wordt vereenvoudigd, ontstaat op hoofdlijnen inzicht in het onttrekkingsdebiet en de stijghoogtedaling van de voorgestelde bemalingswijze. Ook al is er nog zo veel informatie over de bodemsamenstelling en –structuur bekend, in de praktijk is altijd sprake van enige ruimtelijke variatie hierin (heterogeniteit). Het is onmogelijk om hiermee bij bemalingsberekeningen tot in detail rekening te houden, wat betekent dat de resultaten van bemalingsberekeningen altijd een bepaalde onzekerheid met zich meebrengen.

De grondwaterstand, de stijghoogte, de doorlatendheid (K-waarde) van watervoerende lagen en de hydrologische weerstand (c) van waterremmende lagen hebben grote invloed op het benodigde onttrekkingsdebiet. Om het benodigde onttrekkingsdebiet zo goed mogelijk te kunnen berekenen is het dus van belang om bij de bemalingsberekeningen zo reëel mogelijke waarden van de doorlatendheid, hydrologische weerstand, grondwaterstand en stijghoogte te gebruiken. Hoe meer geohydrologische gegevens er beschikbaar zijn en hoe nauwkeuriger deze bepaald zijn, des te minder aannames er voor de bemalingsberekeningen hoeven te worden gedaan en des te kleiner de onzekerheid in de resultaten zal zijn. Een indicatie over de onzekerheid van de berekende resultaten kan worden verkregen door het uitvoeren van bemalingsberekeningen bij verschillende grondwaterstanden en stijghoogtes voor verschillende bodemprofielen (met verschillende K- en c-waarden). Hiermee wordt de invloed van de grondwaterstand, stijghoogte en van de K- en c-waarde op het resultaat inzichtelijk gemaakt en ontstaat een indicatie over de bandbreedte, waarbinnen de werkelijkheid met een zekere waarschijnlijkheid zal liggen. Dit is van belang om een zo betrouwbaar mogelijke inschatting van het benodigde onttrekkingsdebiet te kunnen maken en daarmee de eventuele noodzaak voor het aanvragen van een watervergunning in het kader van de waterwet. Ten behoeve van dit bemalingsadvies zijn de in tabel 22 aangegeven varianten berekend.

Tabel 22: Varianten bemalingsberekeningen

Variant	Grondwaterstand	Doorlatendheid zand ¹⁾	Doel: verkrijgen indicatie van
Voortstuwer Johannes Posttocht			
Ongunstig	GHG : -5,10 mNAP	Hoog : 50 m/dag	- maximale onttrekkingsdebiet; - maximale omvang invloedsgebied ²⁾
Gunstig	GLG : -5,70 mNAP	Laag : 25 m/dag	- minimale onttrekkingsdebiet; - minimale omvang invloedsgebied ²⁾
Voortstuwer Hannie Schafftocht			
Ongunstig	GHG : -4,90 mNAP	Hoog : 25 m/dag	- maximale onttrekkingsdebiet; - maximale omvang invloedsgebied ²⁾
Gunstig	GLG : -5,60 mNAP	Laag : 10 m/dag	- minimale onttrekkingsdebiet; - minimale omvang invloedsgebied ²⁾

Vervolg tabel 22: Varianten bemalingsberekeningen

Variant	Grondwaterstand	Doorlatendheid zand ¹⁾	Doel: verkrijgen indicatie van
Pompinstallatie Zuider-d-tocht			
Ongunstig	GHG : -5,00 mNAP	Hoog : 25 m/dag	- maximale onttrekkingsdebiet; - maximale omvang invloedsgedebied ²⁾
Gunstig	GLG : -5,60 mNAP	Laag : 10 m/dag	- minimale onttrekkingsdebiet; - minimale omvang invloedsgedebied ²⁾

1) Zie tabel 2;

2) Het invloedsgedebied is het gebied waarbinnen de stijghoogte in het zand door de bemaling meer dan 5 cm wordt verlaagd.

Bij de bemalingsberekeningen zijn onderstaande en de in tabel 23 aangegeven uitgangspunten aangehouden:

- Effectieve porositeit zand : 0,35;
- Invloedsgedebied bemaling : 14,8 m-mv (op basis van tabel 4);
- Weerstand deklaag : 60 dagen;
- Uitvoeringswijze : open ontgraving met damwanden
- Het te bemalen zandpakket onder het klei/veen-pakket is homogeen.

Tabel 23: Uitgangspunten bemalingsberekeningen spanningsbemaling

Aspect	VJP	VHS	PZT (diep)	PZT (ondiep)
Ontgravingsdiepte (mNAP)	-7,80	-8,05	-7,40	-6,35
Bodembreedte ontgraving (m)	10,60	11,15	4,10	5,50
Bodemlengte ontgraving (m)	17,60	15,00	7,10	14,40
Grondwaterstand in ontgraving (mNAP)	-8,10	-8,35	-7,70	-6,65
Benodigde daling stijghoogte (m)	1,20 à 1,80	2,40 à 3,10	1,75 à 2,35	0,50 à 1,10
Onderkant waterremmend pakket (mNAP)	-9,90	-8,50	-7,85	-7,85

In tabel 24 zijn de resultaten van de bemalingsberekeningen weergegeven.

Tabel 24: Resultaten bemalingsberekeningen

Projectlocatie	Benodigde daling Stijghoogte (m)	Gemiddeld onttrekkingsdebiet spanningsbemaling (m ³ /uur)	Invloedsgedebied ¹⁾ (m)
VJP	1,80	54	940
	1,20	21	595
VHS	3,10	53	540
	2,40	19	335
PZT (diep)	2,35	30	540
	1,75	10	320
PZT (ondiep)	1,10	16	415
	0,50	4	180

1) Het invloedsgedebied is de loodrechte afstand tussen de bemaling en de 5 cm verlagingscontour van de stijghoogte. De aangegeven afstanden betreffen de invloedsgedebieden aan het einde van de bemalingsperiode, afgerond op 10 m.

In tabel 25 op de volgende pagina zijn de berekende waterbezwaren van de bemalingen weergegeven.

Tabel 25: Berekend totale waterbezwaar bemalingen

Bemaling	Totale duur bemaling (dagen) ¹⁾	Gemiddeld onttrekkingsdebiet (m ³ /uur)	Totaal waterbezwaar (m ³) ²⁾
VJP	120	21 - 54	61.000 – 156.000
VHS	120	19 – 53	55.000 – 153.000
PZT (diep)	28	10 – 30	7.000 – 21.000
PZT (ondiep)	28	4 – 16	3.000 – 11.000

1) Inclusief weekenden

2) Naar boven afgerond op 1.000 m³.

Aanvullende opmerkingen

- Bij de bemalingsberekeningen zijn de op het dinoloket aangegeven K-waarden gebruikt (zie tabel 4). Er zijn op de projectlocaties geen infiltratieproeven uitgevoerd om de K-waarden nauwkeuriger te bepalen. Om die reden is er gerekend met relatief grote marges in de K-waarden van de gunstige en ongunstige variant, waardoor er een relatief grote marge in de berekende onttrekkingsdebieten en waterbezwaren zit.
- In het begin van elke bemaling is het onttrekkingsdebiet het hoogst; de begindebieten kunnen wel 50% tot 100% hoger zijn dan de in tabel 25 aangegeven gemiddelde debieten. Het begindebiet is afhankelijk van de gewenste tijdsduur waarbinnen de ontgraving droog moet zijn bemalen (hoe sneller, des te hoger het begindebiet). Zodra de gewenste grondwaterstandsval is bereikt kan het onttrekkingsdebiet worden gereduceerd. Dit aspect is van belang in verband met de benodigde pompcapaciteit.
- Tijdens perioden met hevige neerslag kan er een relatief groot volume hemelwater in de ontgravingen terecht komen in verband waarmee het onttrekkingsdebiet tijdelijk merkbaar hoger wordt. In verband hiermee wordt geadviseerd om extra pompcapaciteit op de locaties beschikbaar te houden.

3.5 Wettelijke bepalingen

Aan het onttrekken van grondwater en het lozen van het onttrokken grondwater (het bemalingswater) zijn regels verbonden. Voor het onttrekken van grondwater is de Waterwet van toepassing, voor het lozen van (bemaling)water is het *Besluit lozen buiten inrichtingen* (Blbi) en in sommige gevallen ook de Waterwet van toepassing. In bijlage 2 wordt hier nader op ingegaan.

Afhankelijk van het bemalings- en lozingsdebiet en de duur van de bemaling is een melding of watervergunning voor het onttrekken en lozen noodzakelijk. De vergunning/melding kan aangevraagd/gedaan worden via de website omgevingsloket.nl. De behandeltermijn van een vergunningaanvraag bedraagt 8 weken. Deze termijn kan maximaal met nog eens 8 weken worden verlengd.

Voor grondwateronttrekkingen, lozingen bij bronbemalingen en het infiltreren van (grond)water in de bodem, zijn de waterschappen het bevoegd gezag. De regels en voorwaarden voor het onttrekken van grondwater zijn opgenomen in de Keur van het waterschap. Bij lozen van bemalingswater op het hemelwater- of vuilwaterriool is de gemeente het bevoegd gezag.

Onttrekken van grondwater

Voor de beschouwde bemalingen in Emmeloord is Waterschap Zuiderzeeland het bevoegd gezag. Voor de bemalingen geldt meldplicht en hoeft geen vergunning te worden aangevraagd indien:

- de hoeveelheid te onttrekken grondwater minder bedraagt dan 100.000 m³ per aaneengesloten periode van 30 dagen (gemiddeld onttrekkingsdebiet 139 m³/uur) èn
- de onttrekking niet langer duurt dan 6 maanden.

Beschouwde bemalingen op de drie projectlocaties

Voor de bemalingen op alle drie de locaties liggen de berekende onttrekkingsdebieten ruim onder de 100.000 m³/maand. Aangezien de drie bemalingen geen organisatorische samenhang hebben, hoeft voor de bemalingen geen watervergunning te worden aangevraagd, maar kan worden volstaan met een melding aan het waterschap minimaal 4 weken vóór aanvang van elke bemaling.

Lozen van bemalingswater

Bij voorkeur wordt niet verontreinigd bemalingswater geloosd op oppervlaktewater. In gevallen waarbij geen geschikt oppervlaktewater in de directe nabijheid aanwezig is, dient te worden overwogen of retourbemaling

een alternatief is. Is dat niet het geval, dan kan onder bepaalde voorwaarden toestemming voor lozing op het riool worden verleend.

Voor lozingen zijn eisen gesteld aan de kwaliteit van het te lozen water en het maximale debiet waarmee het bemalingswater geloosd mag worden. Deze eisen zijn afhankelijk van of op oppervlaktewater of op het riool wordt geloosd en of de ontwatering binnen een geval van ernstige bodemverontreiniging plaatsvindt. De regels omtrent de kwaliteit en kwantiteit van het te lozen bemalingswater zijn vermeld in de Keur van het waterschap, in gemeentelijk beleid en in het Blbi.

De melding voor het lozen moet meestal vier weken voor aanvang van het lozen gedaan worden. Voor het lozen op oppervlaktewater of op het riool kunnen afhankelijk van de regio heffingen opgelegd worden.

Bij de lozing van bemalingswater op oppervlaktewater is altijd de zorgplicht van toepassing en is het de verantwoordelijkheid van de lozer om te voldoen aan het Blbi (bron [23]). In bijlage 2 zijn de relevante aspecten uit het Blbi opgenomen voor de in dit bemalingsadvies beschouwde bemalingen. In tabel 26 is een overzicht van de algemene eisen uit het Blbi opgenomen.

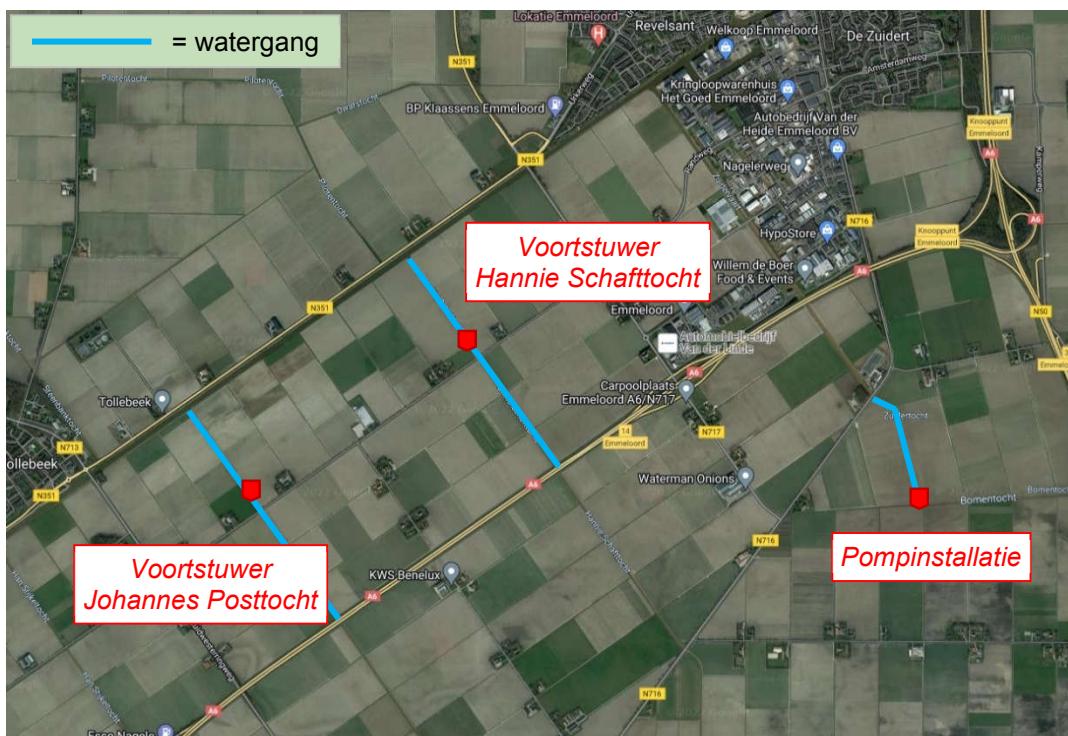
Tabel 26: Algemene eisen gesteld aan het lozen van bemalingswater (bron [23])

Lozing in of op:	Parameter	Eis
Oppervlaktewater	Onopgeloste bestanddelen	≤ 50 mg/l
	IJzer	Geen visuele verontreiniging
Hemelwaterriool	IJzer	≤ 5 mg/l
Vuilwaterriool	Duur	≤ 8 weken
	Lozingsdebiet	≤ 5 m ³ /uur

Situatie op/rondom de projectlocatie

Zoals in §2.5 is aangegeven zijn er geen gegevens over de kwaliteit van het grondwater op de drie projectlocaties bekend. Op dit moment is er geen aanleiding om aan te nemen dat het grondwater op de projectlocaties verontreinigingen bevat.

Geadviseerd wordt om ruim vóór aanvang van de bemalingen in overleg te treden met het Waterschap Zuiderzeeland om toestemming te krijgen om het bemalingswater te lozen op de Johannes Posttocht, de Hannie Schafftocht en de Zuider-d-tocht (zie afbeelding 11).



Afbeelding 11 Lozingsmogelijkheden bemalingswater

4 Effecten bemaling

4.1 Inleiding

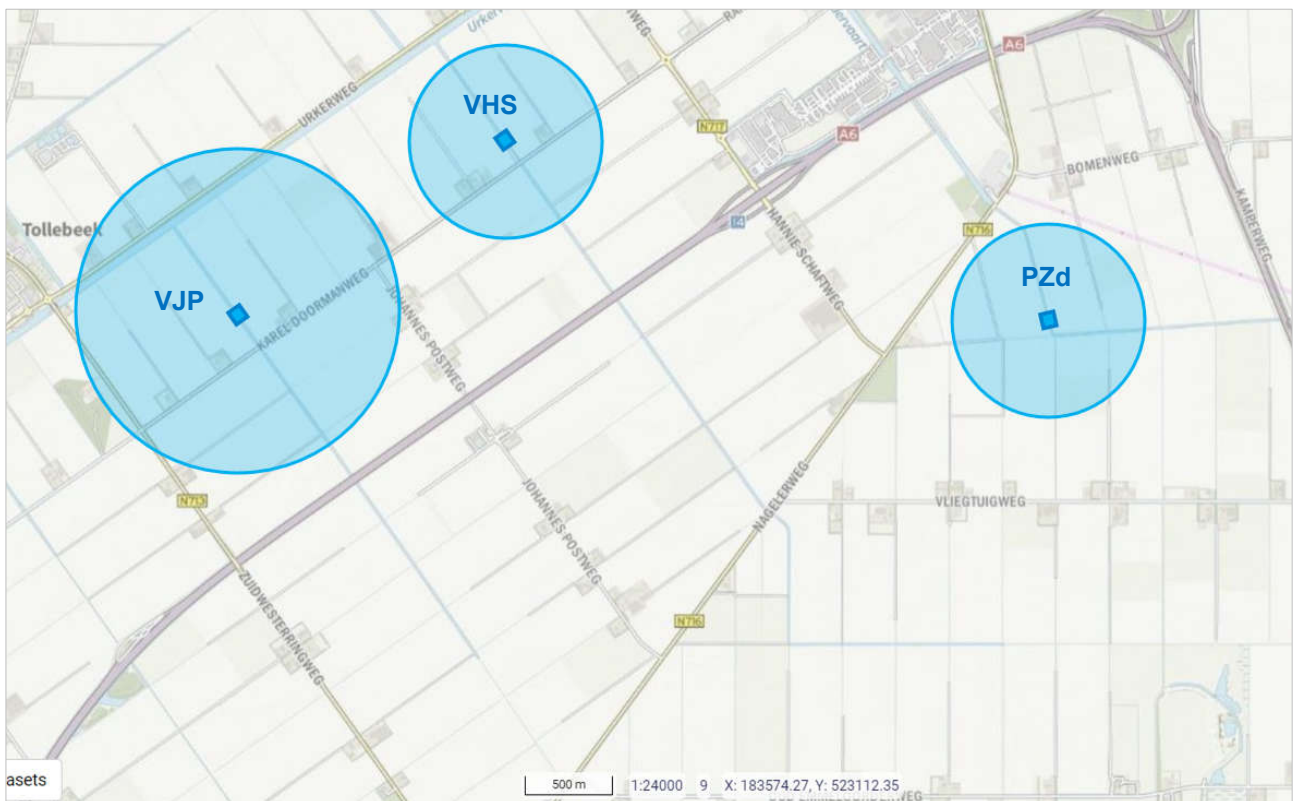
Als gevolg van de bemaling wordt de stijghoogte van het grondwater in het zand onder de deklaag verlaagd. Wanneer de stijghoogte hierbij daalt tot onder de deklaag, kan de freatische grondwaterstand in de deklaag verlaagd worden. Bij een (langdurige) verlaging van de freatische grondwaterstand en/of verlaging van de stijghoogte, kunnen de volgende effecten optreden:

- schade ten gevolge van zetting;
- negatieve beïnvloeding van archeologische monumenten;
- aantasting houten funderingspalen;
- droogteschade aan landbouwgebieden en/of grondwaterafhankelijke natuur.
- negatieve beïnvloeding van grondwateronttrekkingen;
- negatieve beïnvloeding van het grensvlak zoet-brak grondwater;
- negatieve beïnvloeding van grondwaterbeschermingsgebieden;
- negatieve verandering van de waterhuishouding (kwel/inzijing);
- aantasting houten funderingspalen;
- verplaatsing van grondwaterverontreinigingen.

Voorkomen moet worden dat als gevolg van voornoemde effecten belangen van derden worden geschaad.

Situatie in de omgeving van de projectlocaties

Voor de bemaling van de bouwkuipen zijn invloedsferen berekend van maximaal 940 m (VJP) en 540 m (VHS en PZd) (zie tabel 24). In afbeelding 12 zijnde berekende maximale invloedsgebieden in het zandpakket onder de deklaag weergegeven. Gelet op de dikte en lage doorlatendheid van de deklaag, is het gebied waarbinnen het effect van de bemaling in de deklaag merkbaar is, beduidend kleiner.



Afbeelding 12 Berekende maximale invloedsgebieden in het zandpakket onder de deklaag

4.2 Zetting

Indien samendrukbare grondlagen (zoals veen, klei en leem) in de verzadigde (ondiepe) ondergrond voorkomen en de freatische grondwaterstand en/of stijghoogte wordt verlaagd tot onder de in het verleden laagst voorgekomen grondwaterstand of stijghoogte, kunnen deze samendrukbare lagen worden samengedrukt met zetting van het maaiveld tot gevolg. Door zetting kan esthetische schade, of erger, constructieve schade aan bestaande bebouwing (vooral op staal gefundeerde bebouwing is hiervoor gevoelig) en boven- en ondergrondse infrastructuur (wegen, leidingen en riool) ontstaan. Met name het optreden van differentiële zetting (op één plaats meer zetting dan op een andere plaats) kan tot (aanzienlijke) schade leiden. De mate waarin ten gevolge van een grondwaterstandsverlaging zetting en eventueel daaraan gerelateerde schade optreedt, is afhankelijk van:

- de aard, diepte en dikte van aanwezige samendrukbare (zettingsgevoelige) lagen;
- de extra verlaging van de grondwaterstand onder de in het verleden voorgekomen laagste grondwaterstand;
- de lengte van de tijdsperiode, waarin de grondwaterstands daling in stand wordt gehouden;
- de funderingswijze van binnen het risicogebied aanwezige bebouwing en infrastructuur;
- de staat van de fundering, bebouwing en infrastructuur;
- de mate waarin in het verleden al “voorzetting” heeft plaatsgevonden ten gevolge van in het verleden aangebrachte bovenbelastingen (bebouwing, grondophogingen) en/of natuurlijke fluctuaties of kunstmatige verlagingen van de grondwaterstand.

Indien in het verleden al voorzetting heeft plaatsgevonden kan verdere zetting alleen optreden indien de grondwaterstand tot onder het niveau van de laagste historische grondwaterstand wordt verlaagd. Aangenomen kan worden dat samendrukbare lagen boven de laagste historische grondwaterstand (LHG) in het verleden hun eindzetting reeds hebben bereikt. Door in het verleden opgetreden zetting is de korrelspanning in de grond reeds toegenomen en deze toegenomen korrelspanning bepaalt de maximale zetting, die bij een daling van de grondwaterstand (b.v. ten gevolge van een grondwateronttrekking) nog mag optreden.

Situatie in de omgeving van de projectlocaties

Binnen en buiten het plangebied komen in de bovengrond (tot circa 5,75 m-mv) klei- en veenlagen voor, die een risico op zettingen met zich meebrengen wanneer de freatische grondwaterstand en/of de stijghoogte in het onderliggende zandpakket wordt verlaagd. Door de bemaling wordt grondwater uit het zand onder de deklaag opgepompt. In het gebied waar de stijghoogte in deze zandlaag wordt verlaagd tot onder de deklaag (waardoor het bovenste deel van het zandpakket “droog” valt), zal het grondwater onder invloed van de zwaartekracht door de deklaag omlaag zakken. Gelet op de geringe doorlatendheid van de deklaag verloopt dit “uitzakken” relatief langzaam.

Gelet op de inrichting van de gebieden rondom de drie bouwputten wordt het risico op negatieve effecten als gevolg van zettingen klein geacht.

4.3 Natuur en landbouw

Indien zich binnen het invloedsgebied van een grondwateronttrekking natuur, natte natuurgebieden, verdroogde gebieden, landbouwgebieden en/of monumentale bomen bevinden, en de grondwaterstand wordt (langdurig) verlaagd tot onder de voor dat seizoen normale grondwaterstand, kan dat ertoe leiden dat de vochtvoorziening vanuit het grondwater afneemt of zelfs geheel wegvalt. Hierdoor kan schade als gevolg van vochttekort ontstaan aan grondwaterafhankelijk groen. Dit kan zich met name voordoen in het groeiseizoen en in de periode van bladvorming (voorjaar). Later in het jaar is begroeiing in de meeste gevallen beter bestand tegen vochttekort. Het niveau van de grondwaterstand hangt af van de tijd van het jaar en de hoeveelheid neerslag die er valt. In de zomer is de verdamping groter dan de neerslag en daalt de grondwaterstand en in de winter stijgt het grondwater omdat er een neerslagoverschot is. Afhankelijk van de mate van een vochttekort kunnen de volgende effecten optreden aan bomen, korte vegetatie en fauna:

- een afname van de groei;
- een toename van de kwetsbaarheid van de opstand;
- het verdwijnen van soorten;
- een verandering in concurrentie van soorten;
- een verandering in soortensamenstelling;
- een verandering in diversiteit van soorten;
- een verandering in flora en fauna (ecosysteem);

- een ander visueel beeld van het bos, natuur en landschap;
- gevaarlijke situaties (bijv. vallen van dode takken).

De mate waarin eventueel schade optreedt wordt bepaald door de hoeveelheid water die gedurende de periode van de grondwaterstandsverlaging voor de begroeiing beschikbaar is.

De hoeveelheid beschikbaar water is afhankelijk van:

- de grondwaterstand bij aanvang van de grondwaterstandsverlaging (afhankelijk van het seizoen);
- de grondwaterstandsval (afhankelijk van de benodigde verlaging bij de bron en de doorlatendheid van de bodem);
- het seizoen waarin de grondwaterstand wordt verlaagd (begroeiing is in het groeiseizoen (globaal maart - september) het meest gevoelig voor vochttekort);
- de tijdsduur van de grondwaterstandsverlaging;
- de standplaats van de begroeiing;
- de weersomstandigheden (de hoeveelheid neerslag, de temperatuur en de windsnelheid) die zich tijdens de periode van de grondwaterstandsverlaging voordoen.

Op basis van voornoemde aspecten en de waterbehoefte en gevoeligheid van de begroeiing voor vochttekort (beiden afhankelijk van het soort begroeiing) kan een inschatting worden gemaakt van het risico op het ontstaan van schade als gevolg van vochttekort. Om na te gaan of dit aan de orde is dient in eerste instantie een inventarisatie te worden gemaakt van de aanwezigheid (aard en aantallen) van begroeiing binnen het risicogebied van een bemaling en de staat waarin deze begroeiing verkeert. Indien hieruit blijkt dat er grondwaterafhankelijk groen aanwezig is dient een inschatting te worden gemaakt van het risico op schade hieraan als gevolg van vochttekort. Wanneer de verwachting bestaat dat er schade gaat optreden, wordt geadviseerd om een monitoringsprogramma op te stellen, waarin wordt aangegeven welke maatregelen worden getroffen om eventuele vochttekorten in een zo vroeg mogelijk stadium te signaleren of te voorspellen, zodat tijdig gepaste maatregelen (debiet grondwateronttrekking zoveel mogelijk beperken en water geven) kunnen worden getroffen om onherstelbare schade te voorkomen.

Naast een verlaging van de grondwaterstand kan de kwaliteit van het grondwater veranderen wanneer grondwater van een andere samenstelling toestroomt door een gewijzigd grondwaterstromingsbeeld. Behalve mogelijke veranderingen van de grondwaterstand en/of de kwaliteit van het grondwater kunnen ook in vijvers, vennen, (grens)sloten en grachten die in direct hydrologisch contact staan met het grondwater, lagere waterstanden (of zelfs droogstand) ontstaan, met alle mogelijke gevolgen voor vegetatie en fauna.

Situatie in de omgeving van de projectlocaties

Uit afbeelding 12 blijkt dat zich binnen de berekende maximale invloedsgebieden geen natuurgebieden maar wel landbouwgebieden bevinden. Daarnaast bevindt zich binnen de berekende maximale invloedsgebieden openbaar en particulier groen, waaronder bomen. Gelet op de relatief grote dikte van de deklaag worden door de bemaling geen nadelige effecten op de landbouwgebieden en op groen verwacht.

4.4 Grondwateronttrekkingen

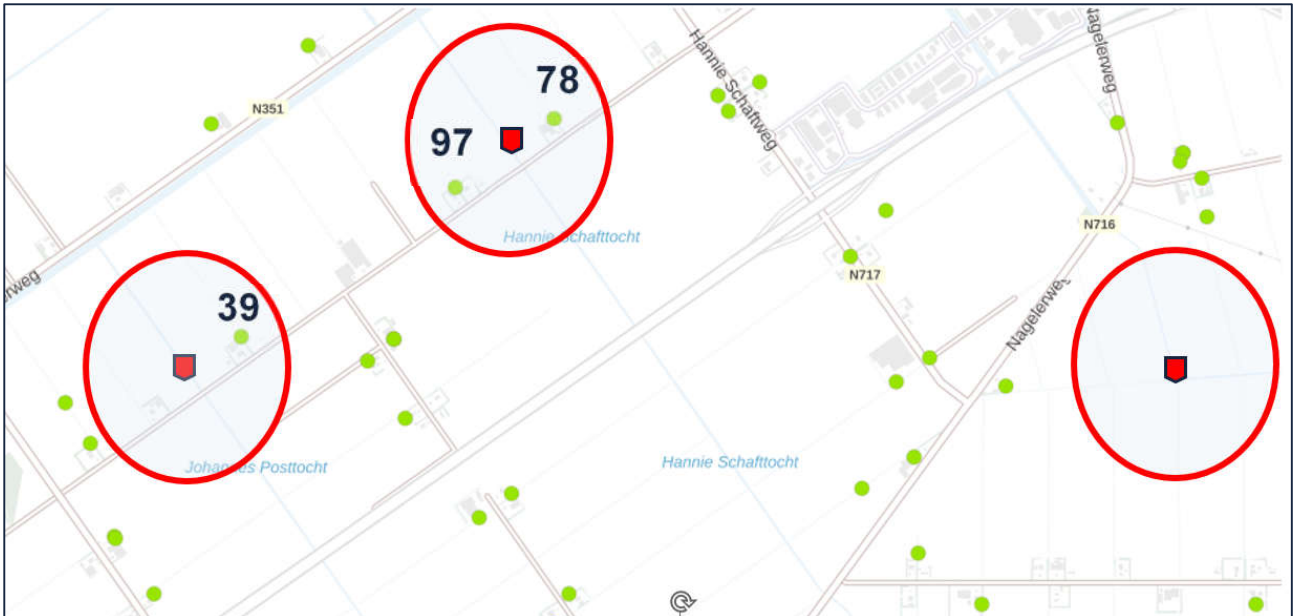
Indien zich binnen het invloedsgebied van een bemaling grondwateronttrekkingen van derden bevinden, kunnen deze door de bemaling nadelig worden beïnvloed (verminderde opbrengst). De mate waarin dat eventueel gebeurt is afhankelijk van:

- de daling van de grondwaterstand ter plaatse van de grondwateronttrekking als gevolg van de bemaling (deze daling is direct afhankelijk van het onttrekkingsdebiet van de bemaling en de afstand van de bemaling tot de grondwateronttrekking);
- de diepte van de bemaling ten opzichte van de diepte van de andere grondwateronttrekking;
- de bodemopbouw tussen de bemaling en de andere grondwateronttrekking;
- de tijdsduur van de bemaling.

Situatie in de omgeving van de projectlocaties

Binnen het invloedsgebied van de bemalingen bevinden zich grondwateronttrekkingen van derden. In afbeelding 13 en tabel 27 zijn nadere gegevens van deze onttrekkingen weergegeven (bron [20]). Gelet op de afstanden van deze onttrekkingen tot de bouwputten, de relatief korte duur van de bemalingen en de geringe

stijghoogtedaling van de bemalingen, worden als gevolg van de bemalingen geen negatieve effecten op deze grondwateronttrekkingen verwacht.



Afbeelding 13 Grondwateronttrekkingen met putnummer nabij de drie bemalingen (bron [20])

Tabel 27: Afstand grondwateronttrekkingen tot de bouwkuipen

Putnummer	Installatie_id	Afstand tot bouwkuip (m)
39	18531	± 300
97	19598	± 320
78	19578	± 260

4.5 Archeologie

Indien zich binnen het risicogebied van een bemaling een archeologisch monument bevindt en de grondwaterstand wordt door de bemaling dusdanig verlaagd dat het archeologisch monument tijdelijk (gedeeltelijk) boven het grondwater komt te liggen, kan dit nadelige effecten (vervorming, uitdroging en/of chemische/biologische aantasting) op het archeologisch monument hebben. Het risico hierop is afhankelijk van:

- de samenstelling van het archeologisch monument (organisch, steen en/of metaal) en de staat waarin het verkeert;
- de chemische omstandigheden in de bodem waarin het archeologisch monument ligt;
- de diepte van het archeologisch monument ten opzichte van de grondwaterstands daling ter plaatse van het archeologisch monument (deze daling is afhankelijk van de grondwaterstands daling op de projectlocatie, de afstand tussen de bemaling en het archeologisch monument en de bodemopbouw tussen de bemaling en het archeologisch monument);
- de tijdsduur van de grondwaterstands daling.

Situatie in de omgeving van de projectlocatie

Op de kaart Archeologie in Nederland (bron [6]) zijn binnen de berekende invloedsgebieden van de bemalingen geen terreinen met een trefkans op archeologische waarden aangegeven. Derhalve worden als gevolg van de bemaling geen negatieve effecten op archeologische waarden verwacht.

4.6 Grondwaterbeschermingsgebieden

De projectlocatie en het berekende invloedsgebied liggen niet in een waterwingebied of in een grondwaterbeschermingsgebied (bron [19]). Derhalve worden als gevolg van de geplande bemaling geen negatieve effecten op waterwingebieden en grondwaterbeschermingsgebieden verwacht.

4.7 Brak-zout grensvlak

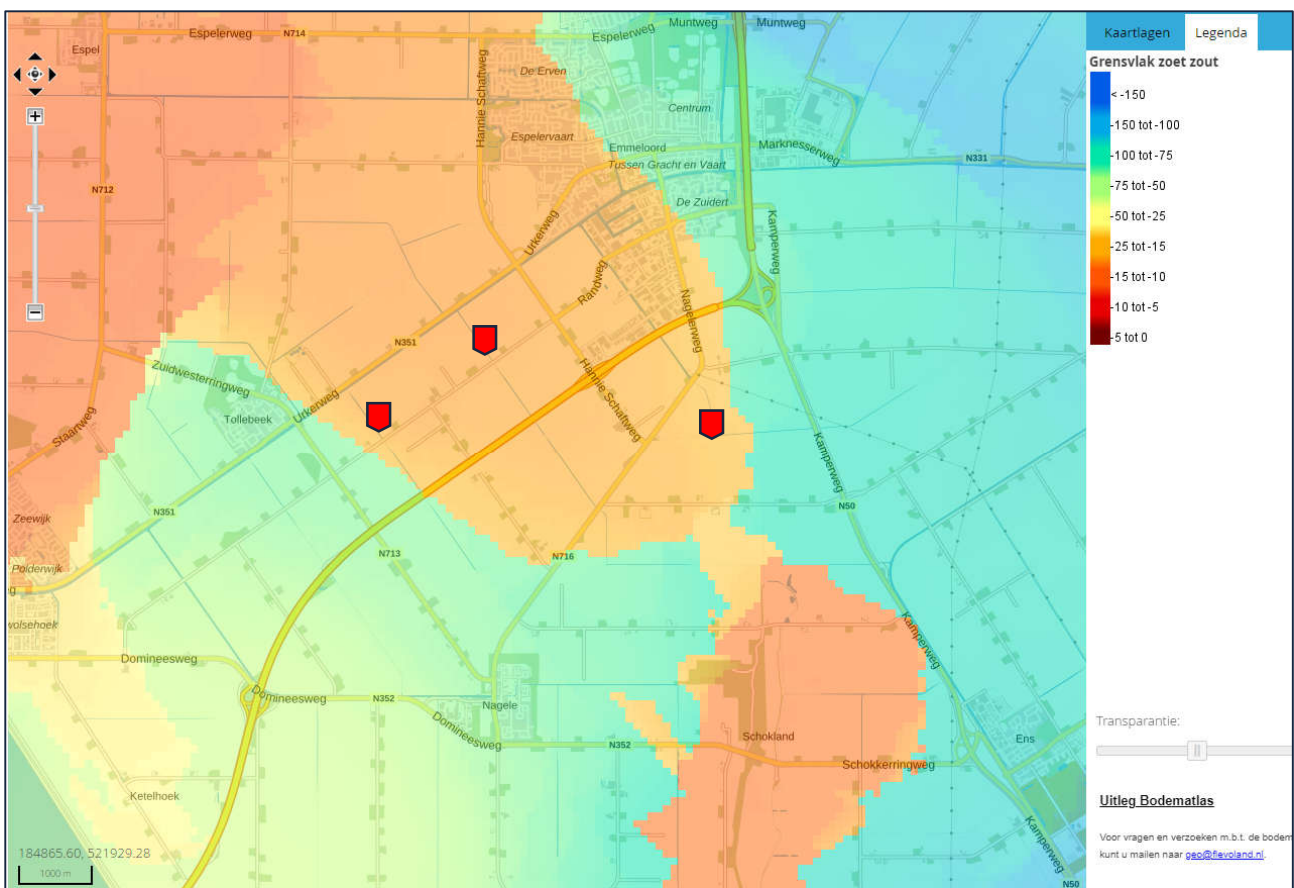
Door de bemaling wordt ook grondwater vanuit diepere bodemlagen omhoog getrokken. Tot welke diepte het grondwater wordt beïnvloed is onder andere afhankelijk van:

- de bodemopbouw onder de onderzijde van de drains;
- de diepte van de drains;
- de grondwaterstandsaling in de ontgraving;
- de bemalingsduur.

Als gevolg van de verticale invloed van de bemaling kan dieper grondwater met een ander zoutgehalte naar boven worden aangetrokken, waardoor het grensvlak tussen grondwaterlichamen met een verschillende samenstelling zich omhoog verplaatst.

Situatie op de projectlocatie

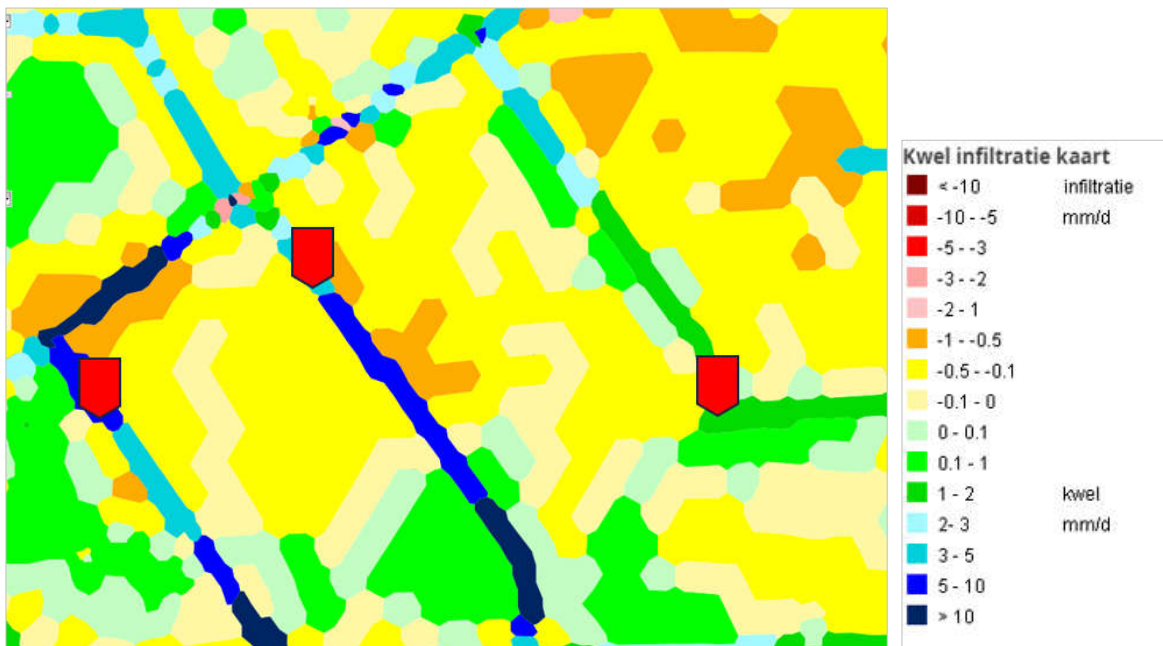
De bouwputten liggen in een gebied waar het zoet/brak grensvlak op een diepte van circa -15 tot -25 m-mv ligt (zie afbeelding 14 op de volgende pagina). Dit is onder de eerste scheidende laag, die zich op circa 15 à 16 m-mv bevindt (zie tabel 4). In verband hiermee wordt door de bemalingen geen negatieve invloed verwacht op de ligging van het zoet/brak grensvlak.



Afbeelding 14 Grensvlak zoet/brak (bron [19])

4.8 Kwel-infiltratie

De projectlocaties liggen in een gebied waarvoor sprake is van kwel (zie afbeelding 15). Dit zal door de tijdelijke bemalingen niet significant veranderen. Derhalve wordt als gevolg van de bemalingen geen negatieve invloed op de kwel/infiltratie situatie verwacht.



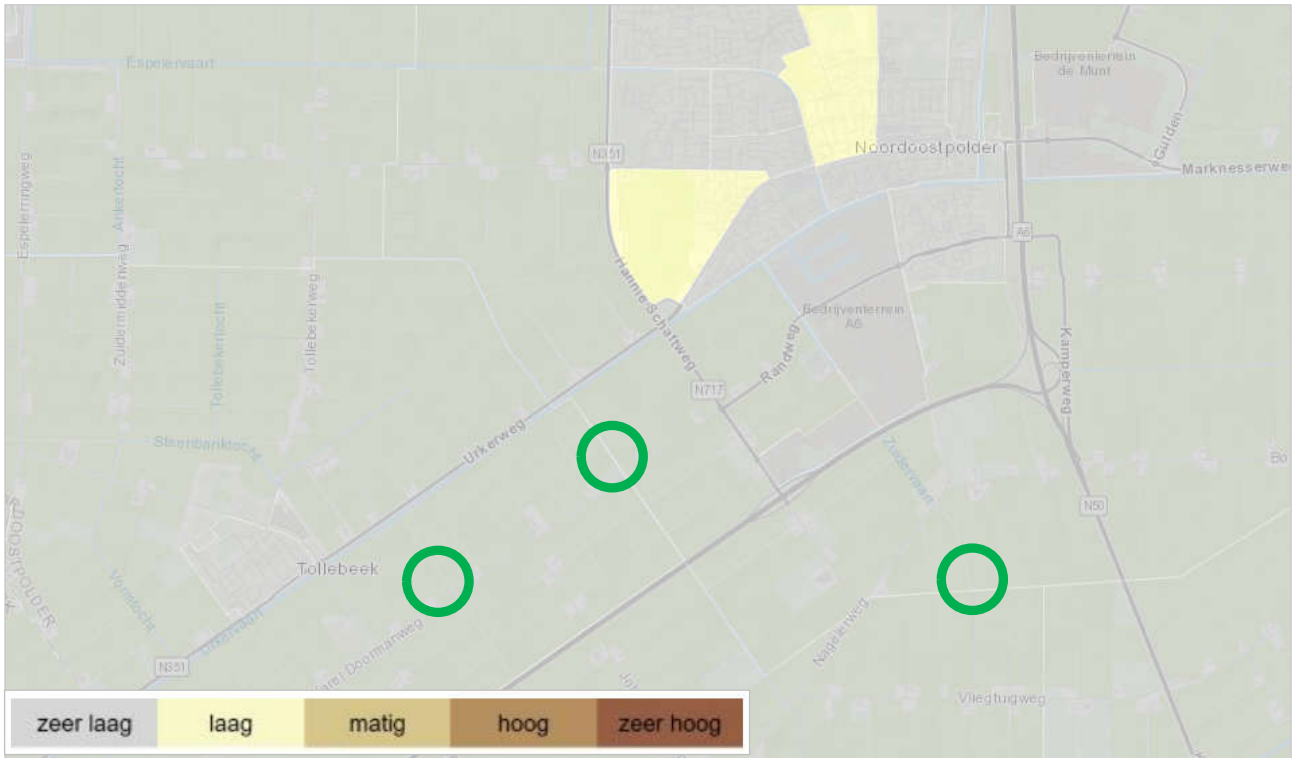
Afbeelding 15 Kwel en infiltratie op de drie projectlocaties (bron [19])

4.9 Houten funderingspalen

Woningen gebouwd vóór 1970 hebben vaak een houten fundering, maar niet altijd. Sinds circa 1975 zijn veel panden op een slappe ondergrond gebouwd op betonnen paalfunderingen. Deze funderingen zijn niet gevoelig voor schade. Panden die vóór 1975 gebouwd zijn op houten paalfunderingen zijn gevoelig voor paalrot, wat schade kan veroorzaken. Klimaatverandering kan dit effect versterken. Daarnaast kan zakkende grond deze funderingen meetrekken (negatieve kleeft) en zijn de funderingen ook kwetsbaar voor aantasting door bacteriën. De schatting is dat er in Nederland ongeveer 750.000 woningen zijn met een houten fundering. Indien zich binnen het risicogebied van de bemaling houten funderingspalen bevinden, kunnen de paalkoppen hiervan droogvallen. Hierdoor kan zuurstof bij het hout komen waardoor schimmel een kans krijgt zich te ontwikkelen; er is dan sprake van paalrot. De mate waarin dat gebeurt is onder ander afhankelijk van de houtsoort van de palen, de staat waarin de houten palen verkeren, de biologische en chemische omstandigheden rondom de palen en de tijdsduur van droogstand. Als de schimmelaantasting vaak en lang genoeg de kans krijgt, tast het de draagkracht van houten palen zo sterk aan dat het pand erboven verzakt. Funderingsproblemen met houten palen kunnen leiden tot zeer kostbare herstelopgaves.

Situatie op de projectlocatie

De projectlocaties liggen in een gebied waarin weinig panden zijn gefundeerd op houten palen en waarin de kans op paalrot zeer laag is (zie afbeelding 16 op de volgende pagina). Daarom worden als gevolg van de bemalingen geen nadelige effecten op houten palen verwacht.



Afbeelding 16 Risico op paalrot (bron [7])

4.10 Grondwaterverontreinigingen

Door een bemaling wordt het natuurlijke grondwaterstromingsbeeld in de omgeving van de bemaling verstoord, met als gevolg een verandering van de grootte en/of de richting van de natuurlijke grondwaterstroming. Indien zich binnen het invloedsgebied van een bemaling een grondwaterverontreiniging bevindt, kan deze door de bemaling worden verplaatst. Naast een ongewenste verspreiding van grondwaterverontreinigingen kan het op te pompen bemalingswater door het aantrekken van een verontreiniging dusdanig verontreinigd raken, dat de kans bestaat dat het bemalingswater dient te worden gezuiverd, voordat het kan worden geloosd.

Situatie in de omgeving van de projectlocaties

In de omgevingsrapportages zijn binnen de in afbeelding 12 aangegeven invloedsgebieden van de bemalingen aan de Hanne Schafftocht en aan de Zuider-d-tocht geen contouren van grondwaterverontreinigingen aangegeven (bron [21]).

Op het perceel aan de Karel Doormanweg 32, dat binnen het in afbeelding 12 aangegeven invloedsgebied van de bemaling aan de Johannes Posttocht ligt, heeft in 1998 een sanering plaatsgevonden (bron [21]). In de saneringsevaluatie is aangegeven dat er geen restverontreiniging is achtergebleven op locatie (bron [22]). Derhalve worden als gevolg van de geplande bemalingen geen negatieve effecten op grondwaterverontreinigingen verwacht.

4.11 Monitoring

Als gevolg van de bemalingen wordt de stijghoogte in het zandpakket onder de deklaag verlaagd. De beïnvloeding is het grootst direct naast de bemaling en neemt af met toenemende afstand tot de bemaling. Hierdoor zal in een kleiner gebied ook de freatische grondwaterstand in de deklaag enigszins kunnen dalen. Ten gevolge van de plaatselijke, tijdelijke veranderingen van de stijghoogte en freatische grondwaterstand kunnen nadelige effecten in de omgeving ontstaan. Voorkomen moet worden dat ten gevolge van de bemalingen belangen van derden worden geschaad. Derhalve moet er bij bemalingen naar worden gestreefd om zo weinig mogelijk grondwater te onttrekken om de effecten in de omgeving zoveel mogelijk te beperken.

Om tijdens een bemaling zicht te houden op eventuele effecten in de omgeving, kunnen verschillende aspecten worden gemonitord. De monitoring heeft als doel om eventuele effecten van de bemaling zo vroeg mogelijk te signaleren, zodat tijdig gepaste maatregelen kunnen worden getroffen indien ongewenste effecten (dreigen te gaan) optreden. Hiermee moet worden voorkomen dat als gevolg van de bemaling belangen van derden worden geschaad. In het algemeen omvat monitoring de volgende aspecten:

1. meting grondwaterstanden en stijghoogtes;
2. deformatiemetingen/hoogtemetingen;
3. meting kwaliteit grondwater;
4. controle lozing.

Zoals in voorgaand hoofdstuk is beschreven, worden als gevolg van bemalingen geen van de volgende omgevingseffecten verwacht:

- aan zettingen gerelateerde schade;
- negatieve effecten op openbaar en particulier groen en op natuur- en landbouwgebieden;
- negatieve invloed op grondwateronttrekkingen en WKO-systemen
- negatieve invloed op grondwaterbeschermingsgebieden;
- negatieve invloed op archeologische monumenten;
- aantrekking grondwaterverontreinigingen;
- upconing (het omhoog verplaatsen) van de zoet-brak-zout grens van het grondwater;
- negatieve invloed op de kwel- /infiltratiesituatie;
- droogstand houten palen.

Om te controleren of de stijghoogtes bij elke bemaling ver genoeg, maar niet onnodig veel worden verlaagd, wordt geadviseerd om bij elke bouwput een peilbuis te plaatsen met het filter in het zandpakket onder de deklaag en de stijghoogtes te meten conform het in tabel 28 aangegeven schema.

Tabel 28: Voorgesteld monitoringsschema meting stijghoogtes in monitoringspeilbuizen

Moment		Meetfrequentie	Doel
1 week vóór aanvang bemaling		2 keer	Vastleggen nulsituatie, waaraan de vervolgmetingen worden getoetst.
Tijdens bemaling	1 ^{ste} week	Op elke werkdag 2 x per dag	Controleren verloop daling stijghoogte totdat gewenste daling is bereikt.
	vanaf 2 ^{de} week	2 x per week	Controleren of stijghoogte niet meer daalt dan nodig is en/of meer stijgt dan wenselijk is.
Tot 1 week na einde bemaling		2 x per week	Controleren herstel stijghoogte en vastleggen eindsituatie.

5 Samenvatting

Aanleiding en doel

Namens het Waterschap Zuiderzeeland is in opdracht van Buro Noord B.V. door Buro Hoogstraat B.V. een bemalingsadvies opgesteld. De aanleiding voor het bemalingsadvies is de geplande aanleg van twee voortstuwers (één in de Johannes Posttocht en één in de Hannie Schafftocht) en de aanleg van een pompinstallatie (bij de Zuider-d-tocht). Bij de aanleg van de voortstuwers en de pompinstallatie moeten werkzaamheden onder grondwaterniveau worden uitgevoerd. Hiervoor is bemaling nodig om de werkzaamheden in droge ontgravingen uit te kunnen voeren. Door een bemaling wordt de grondwaterstand onder de ontgraving en in de omgeving ervan verlaagd, waardoor nadelige effecten kunnen optreden. Voorkomen moet worden dat door de bemaling belangen van derden worden geschaad. Daarom moet ernaar worden gestreefd om zo weinig mogelijk grondwater te onttrekken.

Het doel van het bemalingsadvies is:

- het aangeven wat onder de gegeven omstandigheden de beste bemalingswijze is voor elke bouwput;
- het verkrijgen van een indicatie van het debiet waarmee het grondwater dient te worden onttrokken om de gewenste grondwaterstandsding in de drie bouwputten te bereiken en te behouden;
- nagaan of voor de bemaling een vergunning in het kader van de Waterwet dient te worden aangevraagd, of dat kan worden volstaan met een melding;
- het verkrijgen van een indicatie van de grondwaterstandsding in de omgeving van elke bemaling;
- het indicatief beoordelen van mogelijke effecten en risico's van de bemalingen in de omgeving;
- het aangeven van de lozingsmogelijkheden van het bemalingswater.

Het bemalingsadvies kan als basis worden gebruikt voor een op te stellen bestek.

Bemalingen

Op alle drie de projectlocaties worden de ontgravingen geheel uitgevoerd in slecht doorlatende grond. In verband hiermee wordt verwacht dat bij de werkzaamheden open bemaling kan worden toegepast om de ontgravingen droog te houden. Tijdens de werkzaamheden zal er een beperkte hoeveelheid grondwater door de bodem omhoog kwellen en afhankelijk van de waterdichtheid van de damwanden zal er een bepaalde hoeveelheid grondwater door de damwandsloten lekken. Dit water kan worden opgevangen in smalle ondiepe geulen, die in de bodems van de ontgravingen worden gegraven. Vanuit deze geulen kan het water met een of meer kloppompen worden weggepompt. Naar schatting is het totale debiet hiervan in elke ontgraving maximaal 3 m³/uur.

Middels opbarstberekeringen (zie §3.2) is berekend dat de bodems van de ontgravingen op alle drie de projectlocaties opbarsten. Om opbarsten te voorkomen moet bij elke ontgraving de stijghoogte (waterdruk) in het zandpakket onder het waterremmende (klei/veen) pakket middels een spanningsbemaling worden verlaagd, voordat met het werk wordt begonnen (zie bijlage 1).

Voor de spanningsbemaling kan worden uitgegaan van zwaartekrachtbemaling met verticale, open filters met inhangsers, net buiten de damwandkuip op een onderlinge afstand van circa 2 m. Geadviseerd wordt om de filters minimaal circa 3 m in het zand te zetten (onderkant filters minimaal op -14,5 mNAP, dit is circa 10 m-mv, ruim onder de onderkant van de damwanden) en filters met een diameter van minimaal 90 mm toe te passen. De filters worden voorzien van haalbuizen die worden aangesloten op een centrale verzamelleiding, die wordt aangesloten op een pomp. De spanningsbemaling moet in bedrijf worden gezet vóórdat met het ontgraven wordt begonnen.

De omschreven opbouw van de bemalingen is indicatief en bedoeld om een indicatie te verkrijgen van het noodzakelijke onttrekkingsdebiet tijdens de werkzaamheden. De uiteindelijke uitvoeringswijze van de bemaling is ter keuze van de bemaler die de exacte opbouw en specificaties van de bemaling (aantal, posities, dieptes en diameters van de drains) dient te omschrijven in een nader op te stellen bemalingsplan. Geadviseerd wordt om in het bestek een resultaatsverplichting op te nemen voor het realiseren en in stand houden van de benodigde verlagingen van de grondwaterstand in de bouwputten en van de verlagingen van de stijghoogtes in het zandpakket onder de bouwputten.

Voor de geplande bemalingen zijn de in tabel 29 op de volgende pagina aangegeven aspecten berekend.

Tabel 29: Berekende aspecten van de bemalingen

Aspect	VJP	VHS	PZdt
Ontgravingsdiepte (mNAP)	-7,80	-8,05	-6,35 à -7,40
Gewenste grondwaterstand (mNAP)	-8,10	-8,35	-6,65 à -7,70
Benodigde daling stijghoogte (m)	1,20 à 1,80	2,40 à 3,10	0,50 à 2,35
Gemiddeld onttrekkingsdebiet (m³/uur)	21 à 54	19 à 53	4 à 30
Berekend invloedsgebied (m)	595 à 940	335 à 540	180 à 540
Totale duur bemaling (dagen)	120	120	2 x 28
Totaal waterbezwaar (m³)	61.000 – 156.000	55.000 – 153.000	10.000 – 32.000

Watervergunning

Voor de bemalingen op alle drie de locaties liggen de berekende onttrekkingsdebieten ruim onder de 100.000 m³/maand. Aangezien de drie bemalingen geen organisatorische samenhang hebben en elk korter duren dan 6 maanden, hoeft voor de bemalingen geen watervergunning te worden aangevraagd, maar kan worden volstaan met een melding aan het waterschap minimaal 4 weken vóór aanvang van elke bemaling.

Lozing

Er zijn geen gegevens over de kwaliteit van het grondwater op de drie projectlocaties bekend. Op dit moment is er geen aanleiding om aan te nemen dat het grondwater op de projectlocaties verontreinigingen bevat. Dit betekent dat er vanuit milieukundig perspectief geen belemmeringen zijn om het bij de bemaling op te pompen grondwater ongezuiverd op oppervlaktewater te lozen. Conform het Blbi mag er door de lozing geen visuele verontreiniging (verkleuring) van het oppervlaktewater ontstaan.

Effecten bemaling

Als gevolg van de bemalingen wordt de stijghoogte in het zand onder de deklaag verlaagd. Wanneer de stijghoogte hierbij daalt tot onder de deklaag, kan de freatische grondwaterstand in de deklaag verlaagd worden. Bij een (langdurige) verlaging van de freatische grondwaterstand en/of verlaging van de stijghoogte, kunnen de volgende effecten optreden:

- schade ten gevolge van zetting;
- negatieve beïnvloeding van archeologische monumenten;
- aantasting houten funderingspalen;
- droogteschade aan landbouwgebieden en/of grondwaterafhankelijke natuur.
- negatieve beïnvloeding van grondwateronttrekkingen;
- negatieve beïnvloeding van het grensvlak zoet-brak grondwater;
- negatieve beïnvloeding van grondwaterbeschermingsgebieden;
- negatieve verandering van de waterhuishouding (kwel/inzijing);
- aantasting houten funderingspalen;
- verplaatsing van grondwaterverontreinigingen.

Als gevolg van de bemalingen worden geen van deze effecten verwacht.

Aanbevelingen

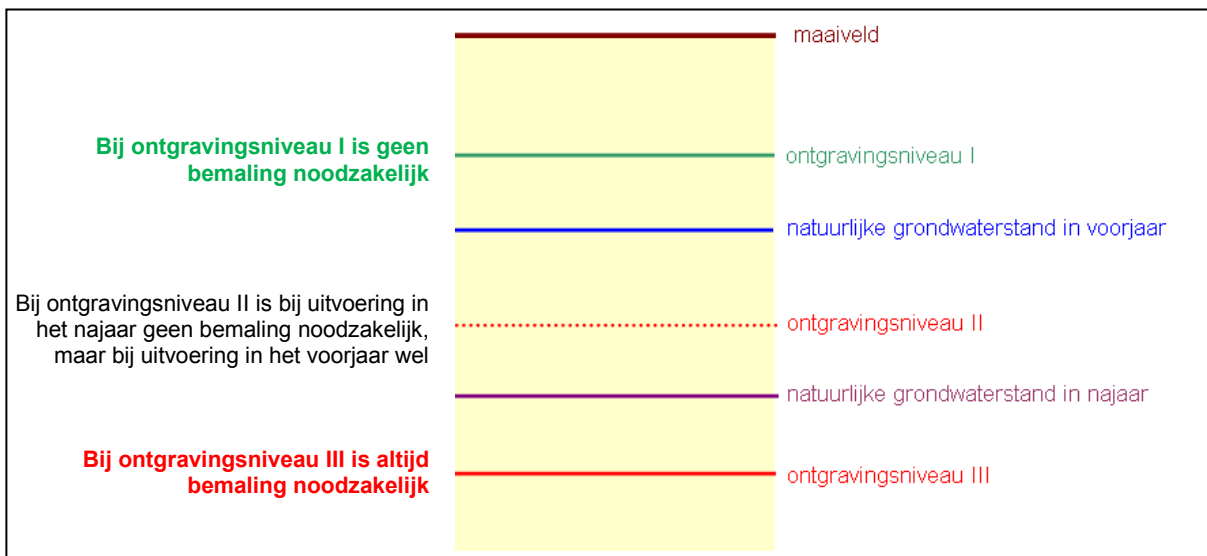
- Geadviseerd wordt om ruim vóór aanvang van de bemalingen in overleg te treden met het Waterschap Zuiderzeeland om toestemming te krijgen om het bemalingswater te lozen op de Johannes Posttocht, de Hannie Schafftocht en de Zuider-d-tocht.
- Geadviseerd wordt om in het bestek een resultaatsverplichting op te nemen voor het realiseren en in stand houden van de benodigde verlagingen van de stijghoogtes onder de ontgravingen.
- Om te controleren of de stijghoogtes bij elke bemaling ver genoeg, maar niet onnodig veel worden verlaagd, wordt geadviseerd om bij elke bouwput een peilbuis te plaatsen met het filter in het zandpakket onder de deklaag en de stijghoogtes te meten conform het in tabel 28 aangegeven schema.

Bijlage 1 Toelichting bemalingsystemen

Bemalingssystemen en –technieken

Inleiding

Wanneer tijdens uitvoering van werkzaamheden in een ontgraving de natuurlijke grondwaterstand hoger ligt, of op enig moment hoger komt te liggen, dan circa 0,3 m onder de bodem van de ontgraving, is bemaling noodzakelijk. Aangezien de grondwaterstand gedurende het jaar fluctueert, is de noodzaak voor bemaling afhankelijk van de natuurlijke grondwaterstand en fluctuaties daarvan en dus van de datum waarop de werkzaamheden aanvangen en van de tijd die de werkzaamheden in beslag nemen. Een en ander is in afbeelding 1 schematisch aangegeven.



Afbeelding 1: Noodzaak bemaling afhankelijk van de natuurlijke grondwaterstand en van de ontgravingsdiepte

Er bestaan verschillende bemalingssystemen en –technieken om de grondwaterstand te verlagen. Welk systeem of welke techniek wordt toegepast hangt af van de:

- bodemopbouw (samenstelling, gelaagdheid en heterogeniteit van het te bemalen bodempakket);
- natuurlijke (grond)waterhuishouding in en rond het projectgebied (grondwaterstand en fluctuaties hierin) en gewenste drooglegging onder de bodem van de ontgraving;
- mogelijke invloed van naburig oppervlaktewater (afhankelijk van de omvang en diepte van het oppervlaktewater, van de afstand tot de bemaling en van de bodemopbouw tussen het oppervlaktewater en de bemaling);
- afmetingen (lengte, breedte en diepte) van de ontgraving;
- duur van de bemaling.

De volgende bemalingssystemen worden onderscheiden:

- open bemaling;
- horizontale bemaling;
- verticale bemaling.

In de volgende alinea's wordt nader ingegaan op de verschillende bemalingssystemen.

Open bemaling

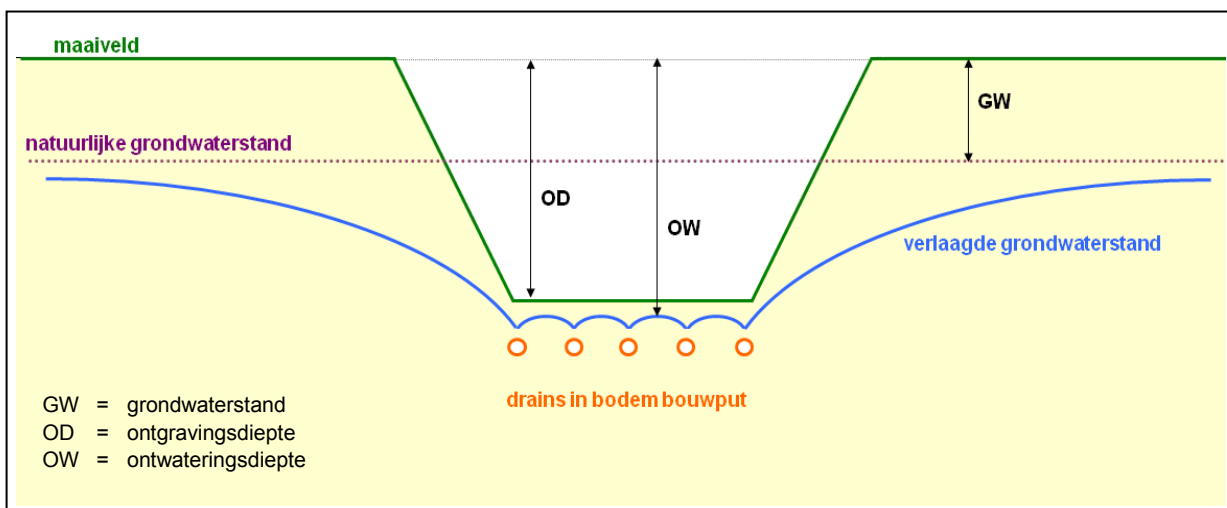
Het doel van een open bemaling is in eerste instantie niet het verlagen van de grondwaterstand, maar het afvoeren van grondwater dat vrij uit de taluds en uit de bodem van de ontgraving toestroomt en van hemelwater. Hiervoor wordt het uittredende water opgevangen in gaten of greppels die in de putbodern worden gegraven van waaruit het water (eventueel met behulp van drains) wordt weggepompt.

Een open bemaling wordt vooral toegepast wanneer de ondergrond bestaat uit slecht doorlatend materiaal en/of in sterk gelaagde bodems, waarin een geringe toestroming van grondwater wordt verwacht. Hierbij is het van belang dat de stabiliteit van de taluds en van de bodem van de bouwput gewaarborgd zijn (er mag geen grondverweking of uitspoeling van gronddeeltjes ter plaatse van uittredend grondwater plaatsvinden).

Horizontale bemaling

Horizontale bemaling of drainage wordt vooral toegepast in matig tot slecht doorlatende bodems, in sterk gelaagde bodems, bij langgerekte bouwputten (sleuven) en bij zeer brede bouwputten waarbij de grondwaterstand in het midden niet voldoende kan worden verlaagd met verticale filters aan de rand van de ontgraving. Indien er echter veel objecten (kabels, leidingen, paalfunderingen) in de ondergrond aanwezig zijn, verdient verticale bemaling de voorkeur. Indien geen kabels, leidingen en/of andere obstakels in de ondergrond aanwezig zijn, kunnen de drains met speciale draineer- of graafmachines in enkele sleuven worden aangebracht op circa 0,3 tot 0,5 m onder de putbodem. De maximaal toepasbare aanlegdiepte voor de meest gangbare draineermachines bedraagt circa 4 tot 6 m. Er zijn moderne machines die een diepte van 10 m halen, maar die worden vanwege hun omvang over het algemeen niet voor bouwputbemalingen toegepast.

Drains worden in de lengterichting van de ontgraving aangebracht, afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem op een onderlinge afstand van 3 tot 10 m. De drains kunnen worden aangesloten op één of meer verticale verzamelputten van waaruit het toegestroomde water wordt weggepompt of in elke drain kan een blinde haalleiding worden aangebracht die op een pomp wordt aangesloten (eventueel kunnen meer haalleidingen op één pomp worden aangesloten). In afbeelding 2 is een schematische voorstelling van een bouwputbemaling middels horizontale drains weergegeven.



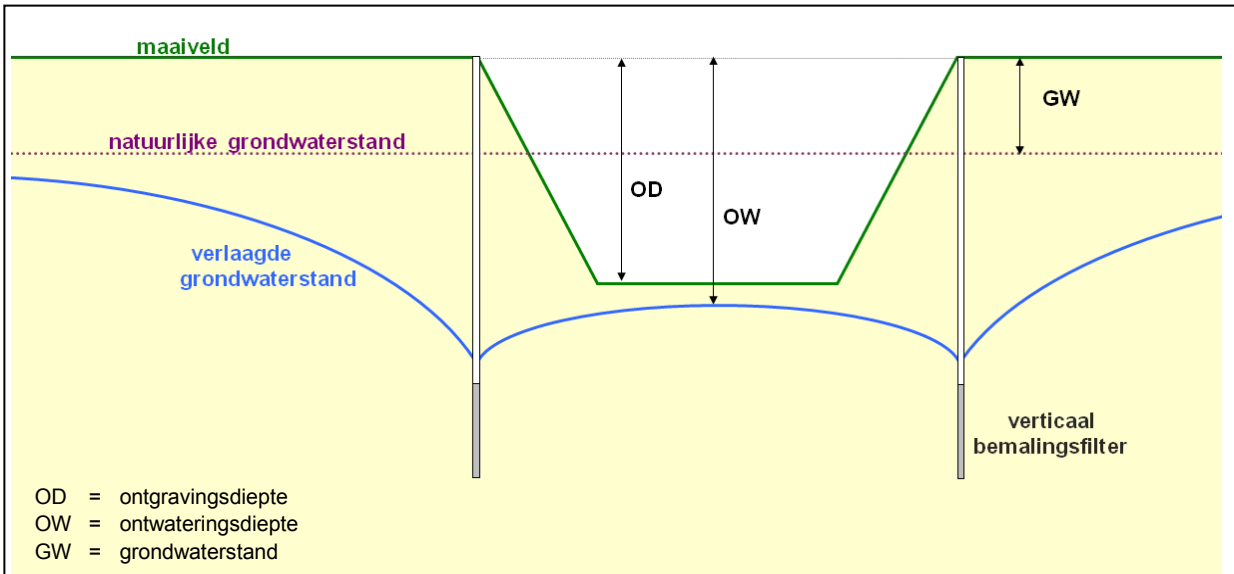
Afbeelding 2: Schematische voorstelling bouwputbemaling met horizontale drains.

Hoe langer een drain, des te geringer het dieptebereik ervan is als gevolg van stromingsweerstand in de drain. Het voordeel van horizontale bemaling ten opzichte van verticale bemaling is dat de grondwaterstand in de omgeving van een horizontale drain veel sneller wordt verlaagd dan met een verticaal filter (zeker voor ondiep gelegen watervoerende lagen van geringe dikte). Verder is een belangrijk voordeel van horizontale bemaling dat het onttrekkingsdebiet circa 30 tot 40% lager is dan dat van verticale bemaling om dezelfde daling van de grondwaterstand te creëren. Dit betekent geringere effecten op de omgeving.

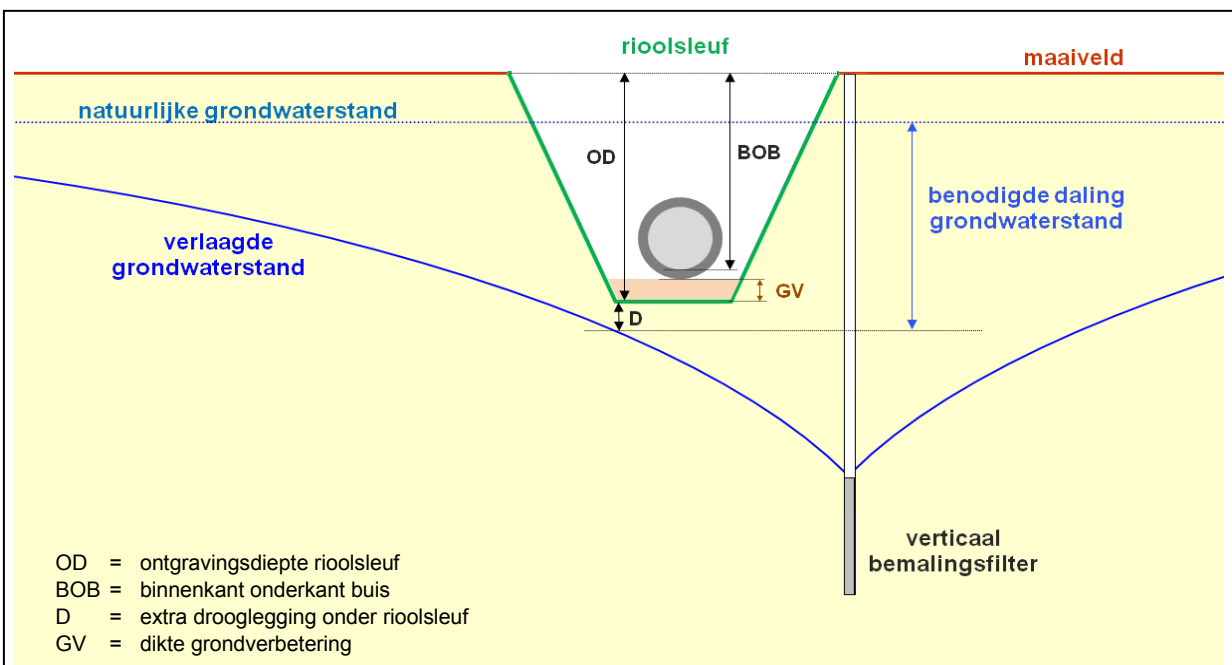
Nog een belangrijk voordeel van horizontale bemaling ten opzichte van verticale bemaling is dat aan het maaiveld geen/weinig hinder wordt ondervonden door de aanwezigheid van putten en zuigleidingen.

Verticale bemaling

Bij verticale bemaling wordt onderscheid gemaakt tussen zwaartekrachtbemaling en vacuümbemaling. Met deze systemen kan de grondwaterstand in praktijk maximaal circa 6 à 7 m worden verlaagd. Wanneer grotere verlagingen gewenst zijn, moeten putten (deepwells) met onderwaterpompen worden toegepast of moet een zogenaamde getrapte bemaling worden aangebracht. Verder wordt spanningsbemaling toegepast in (semi)gespannen watervoerende lagen ter voorkoming van het opbarsten van de putbodem. In afbeelding 3 op de volgende pagina zijn schematische voorstellingen van een bouwput- en sleufbemaling middels verticale filters weergegeven.



A) Bouwput met bemalingsfilters rondom bouwput



B) Leidingsleuf met bemalingsfilters aan één zijde van de sleuf

Afbeelding 3: Schematische voorstelling verticale bemaling

Zwaartekrachtbemaling

Zwaartekrachtbemaling wordt met name toegepast in gelaagde, redelijk doorlatende bodems, waar het grondwater onder invloed van de zwaartekracht vrij naar de bemalingsfilters kan toestromen. Bij een zwaartekrachtbemaling zijn de filters van boven open en wordt het toegestroomde grondwater via haalbuizen (of inhangers) uit de bemalingsfilters onttrokken. Hierdoor ontstaat een verschil in waterstand binnen en buiten het filter, waardoor grondwater als gevolg van een drukverschil onder invloed van de zwaartekracht het filter instroomt. De haalbuizen worden via een flexibele slang verbonden aan een zuigleiding die is aangesloten op een centrifugaal- of plunjerpomp.

Zwaartekrachtbemaling is goed toepasbaar wanneer sprake is van een gelaagd bodemprofiel. De waterremmende lagen worden door de filters doorsneden en door het aanbrengen van een filteromstorting wordt ervoor gezorgd dat er vanuit de verschillende lagen voldoende toestroming van grondwater plaatsvindt. De filters worden in dit geval vaak over de gehele lengte geperforeerd en voorzien van een haalbuis die zodanig diep in het filter wordt gehangen dat er geen lucht kan worden aangezogen. De onderkant van elke haalbuis wordt vaak schuin afgezaagd, om te voorkomen dat de haalbuis zich aan de bodem van het filter vastzuigt. Soms wordt onder de filters nog een blind deel aangebracht als zandvang.

De diameter van zwaartekrachtfilters bedraagt meestal 50 à 100 mm tot maximaal 150 mm bij een boordiameter van 100 tot 300 mm. Kleinere diameters kunnen door middel van spuiten of spuitboren worden aangebracht. De diameter van de inhangers bedraagt afhankelijk van de filterdiameter 40 tot 60 mm. De lengte van de filters wordt afgestemd op de bodemopbouw. De filterperforatie en filteromstorting kunnen tot aan het maaiveld worden aangebracht. Voor het goed functioneren is een filteromstorting met filtergrind van de juiste samenstelling gewenst, maar in goed doorlatende bodems is een filteromstorting niet per sé noodzakelijk. De onderlinge afstand tussen de filters bedraagt meestal 1½ à 3 tot maximaal 4 à 6 m. Zwaartekrachtbemaling is geschikt voor ontgravingen tot een diepte van circa 6 meter.

Vacuümbemaling

Vacuümbemaling wordt toegepast in zeer fijnkorrelige bodems. In een grofkorrelige bodem kan het grondwater onder invloed van de zwaartekracht ("vrij") naar een filter toestromen; in een fijnkorrelige bodem is dat niet het geval. Hier kan het grondwater door de grote stromingsweerstand (lage doorlatendheid) in de bodem slechts beperkt toestromen. In dit soort bodems kan middels een zwaartekrachtbemaling onvoldoende drooglegging worden gecreëerd en dient gebruik te worden gemaakt van een vacuümbemaling. Een vacuümbemaling heeft een positief effect op de stabiliteit van fijnkorrelige bodempakketten.

Via vacuümbemaling wordt met behulp van een vacuümpomp een onderdruk (vacuüm) gecreëerd in een filter dat is afgesloten van de buitenlucht. Dit veroorzaakt een extra grote afname van de grondwaterdruk (verhang) rondom het filter, waardoor het grondwater het filter instroomt. De maximale grondwaterstandsverlaging die met vacuümbemaling in een ontgraving kan worden bereikt bedraagt in praktijk circa 5 m. De diameter van vacuümfilters bedraagt meestal 40 à 50 tot maximaal 75 à 100 mm. De kleine diameters worden meestal direct via een zuigleiding op een ringleiding aangesloten. Bij de grotere diameters worden meestal inhangers (van 38 tot 60 mm) toegepast. Bij vacuümfilters wordt de bovenkanten van de filters luchtdicht afgesloten in tegenstelling tot bij zwaartekrachtfilters.

De lengte van het geperforeerde deel van een vacuümfiltter varieert meestal tussen 0,5 en 2,0 m. De bovenzijde van het geperforeerde deel moet zich minimaal 0,5 m onder de gewenste grondwaterstand bevinden om te voorkomen dat lucht wordt aangezogen (dit geldt niet wanneer inhangers worden toegepast). De lengte van de stijgbuis (dit is het blinde deel boven het geperforeerde deel) varieert meestal tussen circa 2 en 7 m. De onderlinge afstand tussen vacuümfilters bedraagt meestal 1 tot maximaal 3 m. Vacuümfilters worden zonder omstorting in de grond gespoten.

Putten met onderwaterpompen

Wanneer de grondwaterstand meer dan 5 m moet worden verlaagd, een relatief hoog onttrekkingsdebiet noodzakelijk is om de gewenste grondwaterstandsverlaging te creëren en/of de bedrijfszekerheid van de bemaling/ontwatering moet worden gewaarborgd, kunnen putten (ook wel deepwells genoemd) met onderwaterpompen worden toegepast. Een onderwaterpomp wordt onderin de put aangebracht en kan het water in principe tot elke gewenste hoogte opvoeren. Putten met onderwaterpompen kunnen worden gebruikt voor het verlagen van de freatische grondwaterstand en ook voor het verlagen van de stijghoogte in (semi)-gespannen watervoerende lagen (zogenaamde spanningsbemaling). De grond waarin de putten worden geplaatst dient voldoende waterdoorlatend te zijn aangezien het grondwater ook hier toestroomt onder invloed van de zwaartekracht.

Het gebruik van putten met onderwaterpompen is vaak minder economisch in situaties waar een intensief systeem met putten van geringe capaciteit nodig is. Het stroomgebruik van onderwaterpompen is relatief hoog en de effecten in de omgeving kunnen groot zijn.

De diameter van putten waarin onderwaterpompen worden toegepast, varieert over het algemeen tussen 150 en 500 mm bij boorgaten van 250 tot 1.000 mm. Afhankelijk van de bodemsamenstelling en de filter- en boorgatdiameter varieert de capaciteit van een onderwaterpomp meestal tussen 10 en 300 m³/uur.

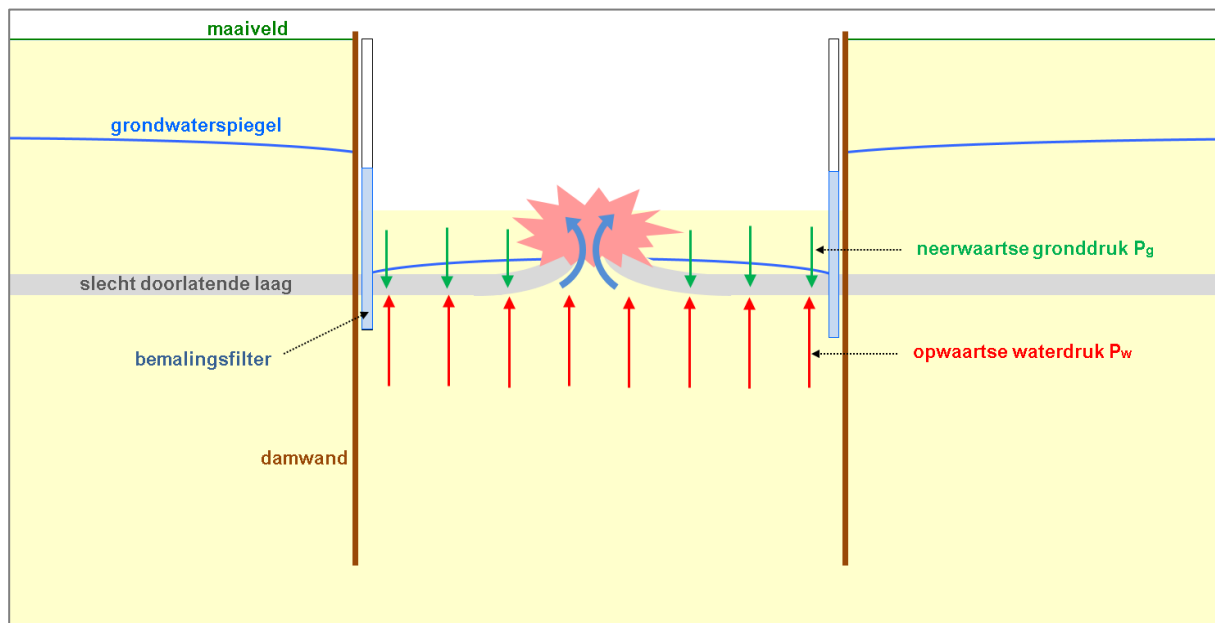
Meertrapsbemaling

Meertrapsbemalingen worden vooral toegepast wanneer de grondwaterstand meer dan 5 m moet worden verlaagd. Een meertrapsbemaling kan worden opgebouwd uit zowel een zwaartekracht- als een vacuümbemaling. De grondwaterstandsverlaging wordt in meerdere fasen gerealiseerd. Met behulp van een eerste bemalingsring (de buitenste), die voldoende ruim rondom de bouwput wordt aangebracht, wordt het bovenste deel van de bouwput ontgraven. Hierna kan binnen deze bemalingsring op een lager niveau een tweede ring met filters worden aangelegd, zodat dieper kan worden gegraven. Deze werkwijze kan een aantal keer worden herhaald totdat de gewenste diepte is bereikt. Wanneer alle ringen in bedrijf zijn gesteld zal de eerste (de buitenste en bovenste) ring nog slechts voor een klein gedeelte bijdragen aan het totale waterbezwaar. De eerste ring kan meestal tijdelijk worden uitgeschakeld tot het moment dat de diepste bemalingsringen weer worden verwijderd.

Een getrapte bemaling neemt relatief veel ruimte in beslag en vereist veel onderhoud. Verder vormt een getrapte bemaling vaak een belemmering voor het grondwerk en kan het leiden tot een stagnatie in de voortgang van de (bouw)werkzaamheden. Een getrapte bemaling wordt gauw omvangrijk en relatief kostbaar.

Spanningsbemaling

Indien in de ondergrond, dicht onder de bodem van een geplande ontgraving, een waterremmend pakket (klei, leem en/of veen) voorkomt en de grondwaterstand boven deze laag wordt verlaagd, dan bestaat het gevaar dat tijdens het uitgraven de bodem van de put/sleuf opbarst (zie afbeelding 4).

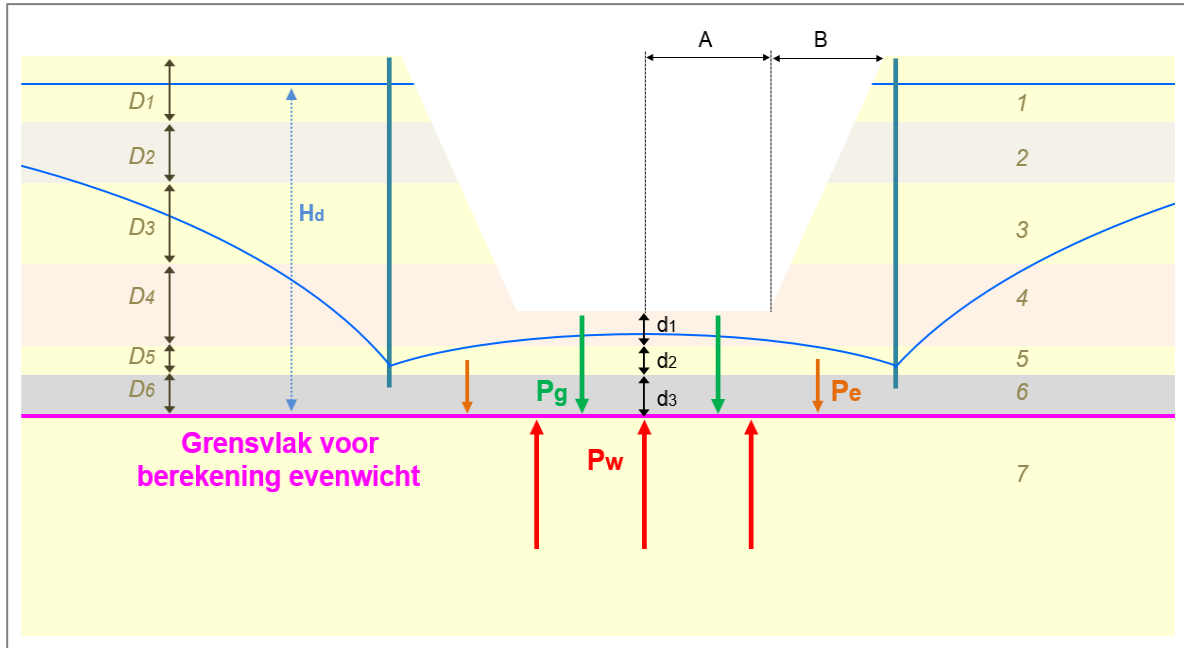


Afbeelding 4: Principe opbarsten putbodern

Of een putbodern opbarst is afhankelijk van onderstaande risicobepalende parameters (zie ook afbeelding 5 op de volgende pagina):

- de mate waarin een waterremmende laag de verticale waterstroming tegengaat: de hydrologische weerstand van de laag (die wordt bepaald door de dikte en verticale doorlatendheid van de laag);
- de diktes van de lagen tussen de bodern van de ontgraving en de bovenzijde van de waterremmende laag;
- de volumieke gewichten van de waterremmende laag en van de lagen tussen de bodern van de ontgraving en de bovenzijde van de waterremmende laag;
- de natuurlijke grondwaterstand en de grondwaterstand onder de bodern van de ontgraving;
- de afmetingen van de ontgraving en de helling van de wanden van de ontgraving.

De bodern van de ontgraving barst op wanneer het gewicht van de resterende bodernlagen tussen de putbodern en de onderkant van de waterremmende laag (laag 6 in afbeelding 5), de omhooggerichte waterdruk P_w niet kan weerstaan.



Afbeelding 5: Principe opbarsten bodem ontgraving

- P_g = omlaag gerichte gronddruk op het grensvlak onder de ontgraving (sleuf of bouwput), veroorzaakt door het gewicht van de lagen d_1 , d_2 en d_3 onder de bodem van de ontgraving;
- P_e = extra bijdrage aan de omlaag gerichte gronddruk op het grensvlak bij sleuven en smalle bouwputten, veroorzaakt door de spreiding van het gewicht van alle lagen boven het grensvlak (in afbeelding 5 de lagen 1 t/m 6) aan weerszijde van de sleuf of bouwput.;
- P_w = omhoog gerichte waterdruk op het grensvlak, veroorzaakt door het verschil in stijghoogte naast en onder de ontgraving;
- d_i = dikte laag i tussen putbodem en grensvlak;
- D_j = dikte laag j ;
- H_d = verticale afstand tussen grensvlak en grondwaterstand buiten de ontgraving;
- A = halve breedte sleufbodem of halve kortste zijde bouwputbodem.
- B = horizontale taludafstand (breedte van de helling).

De bodem van een ontgraving barst op indien geldt (zie afbeelding 5): $P_g + P_e < P_w$

$$\sum_{i=1}^{i=k} \gamma_i d_i + f * \sum_{j=1}^{j=n} \gamma_j D_j < H_d * \gamma_w$$

- f = geometrische constante afhankelijk van de breedte van de bodem van de ontgraving en van de helling van het talud.
- k = aantal lagen met verschillend volumiek gewicht tussen de bodem van de ontgraving en het grensvlak.
- n = aantal lagen met verschillend volumiek gewicht boven het grensvlak.
- γ_j = volumiek gewicht van de grond van laag j .
- γ_w = volumiek gewicht van grondwater.

Gelet op de onzekerheden in de verschillende termen die worden gebruikt bij opbarstberekeningen, wordt een verhoudingsfactor v aangehouden om het opbarst risico in te schatten.

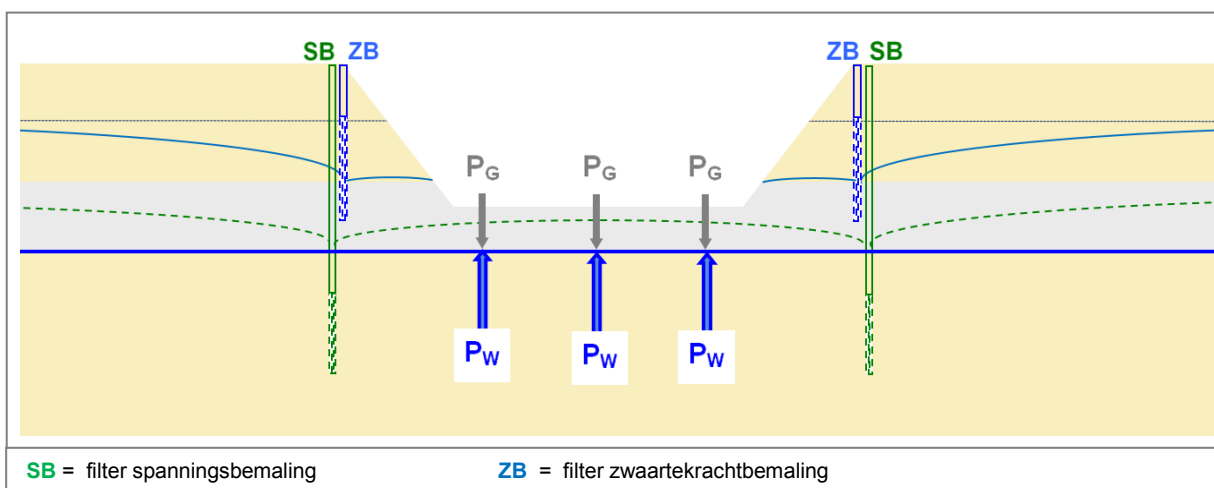
De verhoudingsfactor v is het quotiënt van de totale neerwaartse druk en de opwaartse grondwaterdruk:

$$v = \frac{P_g + P_e}{P_w}$$

Gewenste vervolgacties worden als volgt gekoppeld aan de waarde van v :

- $v \leq 1$ er is sprake van een reëel opbarstrisico en dus noodzaak voor een spanningsbemaling.
- $1 < v \leq 1,1$ geadviseerd wordt om de volumieke gewichten en de diktes van de verschillende bodemlagen nader te bepalen om het opbarstrisico beter te kunnen kwantificeren.
- $v > 1,1$ er is geen opbarstrisico.

Om opbarsten te voorkomen dient de stijghoogte (waterdruk) in de watervoerende laag onder de waterremmende laag middels een spanningsbemaling te worden verlaagd, voordat met het werk wordt begonnen. Hiertoe dienen de filters van de spanningsbemaling in de watervoerende laag te worden geplaatst (zie afbeelding 6). Dit kunnen filters van een zwaartekrachtbemaling zijn, filters die vrij uitstromen in de ontgraving (zogenaamde ontlastfilters) of filters met een onderwaterpomp.



Afbeelding 6: Schematisch overzicht bemaling en spanningsbemaling

Bij een spanningsbemaling bestaat het gevaar dat bij het uitvallen of slecht functioneren van een pomp, de stijghoogte in de watervoerende laag dusdanig snel stijgt, dat er geen mogelijkheid is om daar tijdig op in te grijpen. Daarom dienen spanningsbemalingen goed te worden beveiligd tegen het risico van een te snel stijgende waterspanning bij een calamiteit.

Retourbemaling

Bij retourbemaling wordt het onttrokken grondwater weer terug in de bodem gepompt. Het doel hiervan is om het gebied waarbinnen (nadelige) effecten van de bemaling (kunnen) optreden te verkleinen. Dit kan met name wenselijk zijn bij hoge onttrekkingsdebieten en/of bemalingen in de nabijheid van schadegevoelige objecten (bebouwing en infrastructuur) en/of kwetsbare natuur- of landbouwgebieden.

Verder kan retourbemaling worden toegepast wanneer de kwaliteit van het op te pompen grondwater geen andere lozingsmogelijkheden toestaat, wanneer er geen andere mogelijkheden zijn om het bemalingswater te verwerken en/of om eventuele lozingskosten te reduceren.

Retourbemaling kan nadelige gevolgen hebben voor de chemische samenstelling van het grondwater, wanneer gebiedsvreemd of verontreinigd water wordt geretourneerd. Voordat wordt besloten tot retourbemaling, dient te worden nagegaan of een eventuele nadelige invloed aan de orde kan zijn.

De locaties van de retourfilters dienen zorgvuldig te worden gekozen aangezien de grondwaterstand rondom de retourfilters aanzienlijk kan stijgen. De retourfilters mogen niet in de nabijheid van objecten (bebouwing en infrastructuur) en/of kwetsbare natuur- of landbouwgebieden worden geplaatst, die hinder kunnen ondervinden van een te hoge grondwaterstand, van zuurstofarm water of van water met een ongunstige chemische samenstelling. Een alternatief van retourbemaling is oppervlaktewaterinfiltratie via drains, zaksloten en/of vijvers. Oppervlaktewaterinfiltratie is alleen mogelijk wanneer de grond tot aan het maaiveld voldoende waterdoorlatend is.

Bijlage 2 Wettelijke bepalingen bemalingen

Wettelijke bepalingen bemalingen

1 Algemeen

Aan het onttrekken van grondwater en het lozen van bemalingswater zijn regels verbonden. Voor het onttrekken van grondwater is de Waterwet van toepassing, voor het lozen van bemalingswater op oppervlaktewater is het *Besluit lozen buiten inrichtingen* (Blbi) en in sommige gevallen ook de Waterwet van toepassing. Afhankelijk van het bemalings- en lozingsdebiet en de duur van de bemaling is een melding of vergunning voor het onttrekken en lozen noodzakelijk. De vergunning/melding kan aangevraagd/gedaan worden via de website *omgevingsloket.nl*. De behandeltermijn van een vergunningaanvraag bedraagt 2 tot 6 maanden.

2 Onttrekken van grondwater

Voor grondwateronttrekkingen, lozingen bij bronbemalingen en het infiltreren van (grond)water in de bodem, zijn de waterschappen het bevoegd gezag. De regels en voorwaarden voor het onttrekken van grondwater zijn opgenomen in de Keur van het waterschap.

Een vergunningaanvraag voor het onttrekken van grondwater wordt onder meer beoordeeld op:

- de noodzaak voor het gebruik van grondwater, de mogelijke alternatieven, inclusief de financiële gevolgen en de milieueffecten.
- de gevolgen voor de stand, de samenstelling en de kwaliteit van het grondwater.
- de gevolgen voor landbouw, natuur, zetting gebouwen, verspreiding bodem- en of grondwaterverontreinigingen en archeologische bodemvondsten.

3 Lozen van bemalingswater

Aan het lozen van bemalingswater worden eisen gesteld aan de kwaliteit van het bemalingswater en aan het maximale debiet waarmee het bemalingswater geloosd mag worden. Deze eisen zijn afhankelijk van of op oppervlaktewater, in de bodem (middels retourbemaling) of op het riool wordt geloosd en of de bemaling binnen een geval van bodemverontreiniging plaatsvindt.

Bij voorkeur wordt niet verontreinigd bemalingswater geloosd op oppervlaktewater of op een hemelwaterriool. In gevallen waarbij geen geschikt oppervlaktewater of een hemelwaterriool in de directe nabijheid aanwezig is, dient te worden overwogen of retourbemaling een alternatief is. Is dat niet het geval, dan kan onder bepaalde voorwaarden toestemming voor lozing op een vuilwaterriool worden verleend, mits de capaciteit hiervan toereikend is. Een bemaling op een vuilwaterriool is niet gewenst omdat dit een nadelige invloed heeft op de werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Daarnaast kunnen door lozing van bemalingswater op een vuilwaterriool overstorten optreden waardoor ongezuiverd rioolwater in het oppervlaktewater terecht komt, hetgeen onwenselijk is.

Bij lozingen op oppervlaktewater, op een hemelwaterriool en in de bodem (bodemfiltratie) zijn de waterschappen het bevoegd gezag. Daarnaast moet voor het lozen op een vuilwater- of hemelwaterriool, toestemming van de rioolbeheerder (zijnde de gemeentes) worden verkregen. Voor lozingen op rijkswateren is Rijkswaterstaat het bevoegd gezag. Het lozingspunt moet in overleg met de bevoegde instantie worden bepaald.

De regels omtrent de kwaliteit en kwantiteit van te lozen bemalingswater zijn vastgelegd in de Keur van het waterschap, in gemeentelijk beleid en in het Besluit Lozen Buiten Inrichtingen. Daarnaast kan Rijkswaterstaat aanvullende eisen aan een lozing op een rijkswater stellen. Voor het lozen van bemalingswater op oppervlaktewater of riool kunnen heffingen opgelegd worden.

Indien een lozing niet vergunningplichtig is, moet voor het lozen van grondwater, dat vrijkomt bij bronbemalingen, een melding in het kader van het Blbi worden gedaan. Voor het lozen van bemalingswater op oppervlaktewater is altijd de zorgplicht van toepassing. Een melding voor een lozing moet meestal 4 weken voor aanvang van de lozing gedaan worden.

In paragraaf 4 zijn de belangrijkste artikelen uit het Blbi opgenomen.

4 Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi)

Lozen van grondwater bij bodemsanering en proefbronnering

Artikel 2.1

1. Degene die loost en weet of redelijkerwijs had kunnen weten dat door het lozen nadelige gevolgen voor het milieu ontstaan of kunnen ontstaan, die niet of onvoldoende worden voorkomen of beperkt door naleving van de bij of krachtens dit besluit gestelde voorschriften, voorkomt die gevolgen of beperkt die voor zover voorkomen niet mogelijk is en voor zover dit redelijkerwijs van hem kan worden geveerd.
2. Onder het voorkomen of beperken van het ontstaan van nadelige gevolgen voor het milieu, bedoeld in het eerste lid, wordt verstaan:
 - a. het voorkomen dan wel voor zover dat niet mogelijk is het zoveel mogelijk beperken van bodemverontreiniging;
 - b. het voorkomen dan wel voor zover dat niet mogelijk is het zoveel mogelijk beperken van verontreiniging van het grondwater;
 - c. het voorkomen dan wel voor zover dat niet mogelijk is het zoveel mogelijk beperken van de verontreiniging van een oppervlaktewaterlichaam;
 - d. het voorkomen van risico's voor de omgeving en van ongewone voorvallen, dan wel voor zover dat niet mogelijk is het zoveel mogelijk beperken van de risico's voor de omgeving en de kans dat ongewone voorvallen zich voordoen, en het zo veel mogelijk beperken van de gevolgen daarvan;
 - e. het zorgen voor een goede staat van onderhoud van de voorzieningen en installaties die gevolgen kunnen hebben voor de samenstelling, eigenschappen of hoeveelheid van het lozen;
 - f. de bescherming van de doelmatige werking van de voorzieningen voor het beheer van afvalwater;
 - g. het doelmatig beheer van afvalwater.
3. Indien zich met betrekking tot het lozen een ongewoon voorval voordoet, worden de maatregelen ter voorkoming of beperking van de nadelige gevolgen voor het milieu bedoeld in het eerste lid, onverwijld getroffen.
4. Het bevoegd gezag kan met betrekking tot de verplichting, bedoeld in het eerste lid, maatwerkvoorschriften stellen voor zover het betreffende aspect bij of krachtens dit besluit niet uitputtend is geregeld. Deze maatwerkvoorschriften kunnen mede inhouden een verplichting de activiteiten die met het lozen samenhangen te beschrijven, alsmede metingen, berekeningen of tellingen te verrichten ter bepaling van de mate waarin het lozen nadelige gevolgen voor het milieu veroorzaakt.

Artikel 2.2

1. Het is verboden:
 - a. afvalwater te lozen op of in de bodem, tenzij dat lozen is toegestaan bij of krachtens de artikelen 3.1 tot en met 3.8, 3.10, 3.13, 3.14, 3.16, 3.22, 3.24 en 3a.2;
 - b. afvalwater en andere afvalstoffen te lozen in een voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater niet zijnde een vuilwaterriool, tenzij dat lozen is toegestaan bij of krachtens de artikelen 3.1 tot en met 3.5, 3.10, 3.13, 3.22, 3.24 en 3a.2.
2. In afwijking van het eerste lid is lozen in de bodem dat is toegestaan bij of krachtens de in dat lid genoemde artikelen verboden, indien daarbij stoffen zonder doorsijpeling door bodem of ondergrond in het grondwater geraken.
3. Het bevoegd gezag kan bij maatwerkvoorschrift bepalen dat de verboden bedoeld in het eerste en tweede lid niet van toepassing zijn en dat lozen op of in de bodem is toegestaan, indien het belang van de bescherming van het milieu zich gelet op de samenstelling, hoeveelheid en eigenschappen van het afvalwater daartegen niet verzet.
4. Bij maatwerkvoorschrift, bedoeld in het derde lid, kunnen voorwaarden worden gesteld met betrekking tot:
 - a. de samenstelling, eigenschappen of hoeveelheid van het afvalwater en het meten en registreren daarvan;
 - b. de te treffen maatregelen;
 - c. de duur van het lozen; en
 - d. de plaats van het lozingspunt.

5. De verboden bedoeld in het eerste en tweede lid zijn niet van toepassing op lozen in de bodem waaraan in een vergunning op grond van artikel 6.4 of artikel 6.5, onderdeel b, van de Waterwet, dan wel een vergunning op grond van een verordening van het waterschap, voorschriften zijn gesteld ter voorkoming van bodemverontreiniging en verontreiniging van het grondwater.

Artikel 3.1

1. Bij het lozen van grondwater vanuit een proefbronnering in het kader van een saneringsonderzoek in de zin van de Wet bodembescherming en het lozen vanuit een bodemsanering in de zin van de Wet bodembescherming wordt ten minste voldaan aan het tweede tot en met het negende lid.
2. Het lozen in een aangewezen oppervlaktewaterlichaam ^{*)} of in een voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater, niet zijnde een vuilwaterriool, is toegestaan, indien bij het lozen:
 - a. geen visuele verontreiniging plaatsvindt;
 - b. het gehalte aan naftaleen in enig steekmonster ten hoogste 0,2 µg/l bedraagt;
 - c. het gehalte aan PAK's in enig steekmonster ten hoogste 1 µg/l bedraagt; en
 - d. in een steekmonster de emissiewaarden van de in dit artikel opgenomen tabel 3.1a niet worden overschreden.

) Definitie **aangewezen oppervlaktewater (artikel 1.1 Activiteitenbesluit): oppervlaktewaterlichaam dat op grond van artikel 1.7, eerste lid, onderdeel b, is aangewezen. Dit zijn veelal de grotere wateren, die staan opgesomd in bijlage 2 van de Activiteitenregeling.*

3. Het lozen in een niet-aangewezen oppervlaktewaterlichaam ^{**)} is toegestaan, indien bij het lozen:
 - a. geen visuele verontreiniging plaatsvindt;
 - b. het gehalte aan naftaleen in enig steekmonster ten hoogste 0,2 µg/l bedraagt;
 - c. het gehalte aan PAK's in enig steekmonster ten hoogste 1 µg/l bedraagt; en
 - d. in een steekmonster de emissiewaarden van de in dit artikel opgenomen tabel 3.1b niet worden overschreden.

***)* **Niet aangewezen oppervlaktewater:** Wateren die niet in bijlage 2 van de Activiteitenregeling genoemd worden (wel bijzondere bescherming) zijn de niet-aangewezen wateren. Dit zijn veelal de kleinere en gevoeligere wateren. In de tabel zijn de niet aangewezen oppervlaktewateren aangegeven met **N**.

4. Het lozen op of in de bodem is toegestaan indien het gehalte aan stoffen in enig steekmonster niet meer bedraagt dan de streefwaarden in tabel 1 van de bijlage bij de circulaire bodemsanering per 1 juli 2013.
5. Het lozen in een vuilwaterriool is verboden.
6. Indien lozen in een oppervlaktewaterlichaam, op of in de bodem of in een voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater, niet zijnde een vuilwaterriool, redelijkerwijs niet mogelijk is:
 - a. is, in afwijking van het vijfde lid, het lozen vanuit een proefbronnering in het vuilwaterriool toegestaan indien het gehalte aan onopgeloste stoffen in enig steekmonster niet meer bedraagt dan 300 mg/l;
 - b. kan het bevoegd gezag bij maatwerkvoorschrift in afwijking van het vijfde lid het lozen vanuit een bodemsanering in een vuilwaterriool toestaan, indien het belang van de bescherming van het milieu zich gelet op de samenstelling, hoeveelheid en eigenschappen van het afvalwater niet tegen het lozen in een vuilwaterriool verzet. Artikel 2.2, vierde lid, is van overeenkomstige toepassing.
7. Het bevoegd gezag kan bij maatwerkvoorschrift afwijken van:
 - a. de gehalten aan naftaleen en PAK's, bedoeld in onderdelen b en c van het tweede en het derde lid, de emissiewaarden, bedoeld in onderdeel d van het tweede en het derde lid en de streefwaarden, bedoeld in het vierde lid, en hogere waarden of gehalten bepalen, indien genoemde waarden of gehalten niet door toepassing van beste beschikbare technieken kunnen worden bereikt en het belang van de bescherming van het milieu zich niet verzet tegen het lozen met een hogere waarde of een hoger gehalte;
 - b. de gehalten aan naftaleen en PAK's, bedoeld in onderdelen b en c van het tweede en het derde lid, en lagere waarden bepalen, indien het belang van de bescherming van het milieu tot het stellen van een lagere waarde noodzaakt;
 - c. de waarden bedoeld in het tweede lid, onderdeel d, en lagere waarden bepalen indien vanuit een voorziening bedoeld in dat lid geloosd wordt in een niet-aangewezen oppervlaktewaterlichaam of op of in de bodem en het belang van bescherming van het milieu noodzaakt tot het stellen van een lagere waarde.

Emissiegrenswaarden voor lozing op oppervlaktewateren (21-03-2017):

- **tabel 3.1.a: aangewezen oppervlaktewaterlichaam**
- **tabel 3.1.b: niet-aangewezen oppervlaktewaterlichaam**

Parameter	Eenheid	Emissiegrenswaarden	
		Tabel 3.1.a	Tabel 3.1.b
Benzeen	µg/l		2
Tolueen	µg/l		7
Ethylbenzeen	µg/l		4
Xyleen	µg/l		4
BTEX (som van de vier hierboven)	µg/l	50	
Tetrachlooretheen (PER)	µg/l		3
Trichlooretheen (TRI)	µg/l		20
1,2-dichlooretheen	µg/l		20
1,1,1-trichloorethaan	µg/l		20
Vinylchloride (VC)	µg/l		8
Som van de vijf hier bovenstaande stoffen	µg/l		20
Vluchtige organohalogeenvverbindingen (VOCI) uitgedrukt als chloor	µg/l	20	
Monochloorbenzeen	µg/l		7
Dichloorbenzenen	µg/l		3
Trichloorbenzenen	µg/l		1
Aromatische organohalogeenvverbindingen	µg/l	20	
Minerale olie	µg/l	500	50
Naftaleen	µg/l	0,2	0,2
PAK's (polycyclische aromatische koolwaterstoffen)	µg/l	1	1
Cadmium	µg/l	4	0,4
Kwik	µg/l	1	0,1
Koper	µg/l	11	1,1
Nikkel	µg/l	41	4,1
Lood	µg/l	53	5,3
Zink	µg/l	120	12
Chroom	µg/l	24	2,4
Onopgeloste bestanddelen	mg/l	50	20

8. De lagere waarden, bedoeld in het zevende lid, onderdeel c, worden niet lager vastgesteld dan:
- a. de waarden opgenomen in het derde lid, tabel 3.1b, indien geloosd wordt in een oppervlaktewaterlichaam;
 - b. de streefwaarden, bedoeld in het vierde lid, indien geloosd wordt op of in de bodem.
9. Het te lozen grondwater kan op een doelmatige wijze worden bemonsterd.

*Lozen van grondwater bij ontwatering***Artikel 3.2**

1. Bij het lozen van grondwater bij ontwatering, niet zijnde grondwater als bedoeld in artikel 3.1, eerste lid, wordt ten minste voldaan aan het tweede tot en met het tiende lid.

2. Het lozen op of in de bodem is toegestaan.
3. Het lozen in een oppervlaktewaterlichaam is toegestaan indien:
 - a. het gehalte onopgeloste stoffen in enig steekmonster ten hoogste 50 mg/l bedraagt en
 - b. als gevolg van het lozen geen visuele verontreiniging optreedt.
4. Het bevoegd gezag kan met betrekking tot het lozen, bedoeld in het derde lid, bij maatwerkvoorschrift:
 - a. afwijken van het gehalte, genoemd dat lid, en een hoger gehalte vaststellen, indien genoemd gehalte niet door toepassing van beste beschikbare technieken kan worden bereikt en het belang van de bescherming van het milieu zich niet tegen het lozen met een hoger gehalte verzet; en
 - b. bepalen dat visuele verontreiniging mag optreden, indien visuele verontreiniging niet door toepassing van beste beschikbare technieken kan worden voorkomen en het belang van de bescherming van het milieu zich niet verzet tegen het lozen waarbij visuele verontreiniging optreedt.
5. Het lozen in een voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater, niet zijnde een vuilwaterriool, is toegestaan indien het gehalte onopgeloste stoffen in enig steekmonster ten hoogste 50 mg/l bedraagt en het ijzergehalte in enig steekmonster ten hoogste 5 mg/l bedraagt.
6. Het bevoegd gezag kan met betrekking tot lozen als bedoeld in het vijfde lid bij maatwerkvoorschrift of verordening als bedoeld in artikel 10.32a van de Wet milieubeheer afwijken van:
 - a. de gehalten, bedoeld in dat lid, en hogere gehalten vaststellen, indien eerstgenoemde gehalten niet door toepassing van beste beschikbare technieken kunnen worden bereikt en het belang van de bescherming van het milieu zich niet verzet tegen het lozen met een hoger gehalte;
 - b. het ijzergehalte, bedoeld in dat lid en een lager ijzergehalte bepalen, indien het belang van bescherming van het milieu tot het stellen van een lager gehalte noodzaakt.
7. Het lozen in een vuilwaterriool is verboden, tenzij:
 - a. het lozen ten hoogste 8 weken duurt;
 - b. de geloosde hoeveelheid ten hoogste 5 m³/uur bedraagt en
 - c. het gehalte onopgeloste stoffen in enig steekmonster ten hoogste 300 mg/l bedraagt.
8. Het bevoegd gezag kan met betrekking tot de tijdsduur en de hoeveelheid, bedoeld in het zevende lid bij maatwerkvoorschrift of bij verordening als bedoeld in artikel 10.32a van de Wet milieubeheer andere waarden stellen.
9. Het te lozen grondwater kan op een doelmatige wijze worden bemonsterd.
10. De per tijdseenheid geloosde hoeveelheid grondwater kan voor de toepassing van het zevende lid op een doelmatige wijze worden bepaald.