



Plaatsen tijdelijke huisvesting aan de P.C. Hoofdstraat 2 te Ridderkerk

Documentnummer: 23WP0282-adv-01

Plaatsen tijdelijke huisvesting aan de P.C. Hoofdstraat 2 te Ridderkerk

Opdrachtnummer: 23WP0282

Rapport betreffende

Resultaten geotechnisch onderzoek
Draagkrachtrapportage met betrekking tot de fundering

Documentnummer

23WP0282-adv-01

Versie

1.0

Datum rapport

6 juli 2023

Opdrachtgever

Gemeente Ridderkerk
Koningsplein 1
2981 EA Ridderkerk

Opgesteld door:

Ir. P.W.S.M.P. Straver



Gecontroleerd door:

Ir. N.T. Debets



INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
2. PROJECTGEGEVENS	2
2.1 Projectlocatie	2
2.2 Bouwplan	2
2.3 Historie projectlocatie	2
2.4 Omgeving	2
2.5 Tot slot	2
3. ONDERZOEK	3
3.1 Sonderingen	3
3.2 Boring	3
3.3 Uitzetten en waterpassen	3
3.4 Foto's	3
4. BODEMOPBOUW EN GRONDWATER.....	4
4.1 Hoogteligging maaiveld	4
4.2 Beschrijving bodemopbouw.....	4
4.3 Grondwater	4
5. DRAAGKRACHTRAPPORTAGE MET BETREKKING TOT DE FUNDERING	5
5.1 Funderingswijze.....	5
5.2 Uitgangspunten.....	5
5.3 Richtlijnen funderingselementen	5
5.4 Voormalige bebouwing / vroegere terreininrichting	5
5.5 Grondverbetering.....	5
5.6 Draagkracht	6
5.7 Vervorming	7
5.8 Beddingscoëfficiënt.....	7
5.9 Richtlijnen en kwaliteitszorg grondverbetering	7

BIJLAGEN:

- A Situatiekening en foto's
- B Waterpasstaat
- C Sondeergrafieken
- D Boorstaat
- E Verklaring codering
- F Berekening fundering
- G Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

VERZENDLIJST:

Per mail aan Gemeente Ridderkerk te Ridderkerk, t.a.v. mevr. B. Monsma
(b.monsma@bar-organisatie.nl)

1. INLEIDING

Ten behoeve van "Plaatsen tijdelijke huisvesting aan de P.C. Hooftstraat 2 te Ridderkerk" wordt door ons bureau op verzoek van Gemeente Ridderkerk uit Ridderkerk in voorliggend rapport een draagkrachtrapportage gegeven met betrekking tot de fundering.

Het advies is gebaseerd op de ons verstrekte projectgegevens en het geotechnisch onderzoek dat onlangs op de projectlocatie is uitgevoerd. Dit rapport bevat tevens een beschrijving en de resultaten van het onderzoek.

2. PROJECTGEGEVENS

2.1 Projectlocatie

De projectlocatie is gelegen aan de P.C. Hooftstraat 2 te Ridderkerk.

De locatie is momenteel braakliggend, maar bevindt zich in bebouwd gebied. Voor de ligging van de projectlocatie wordt verwezen naar de situatietekening SIT-01 en foto's onder bijlage A.

2.2 Bouwplan

Het plan omvat het plaatsen van een tijdelijk schoolgebouw, dat bestaat uit één bouwlaag en wordt gerealiseerd met geprefabriceerde units.. In het ontwerp is geen kelder opgenomen.

Het aanlegniveau van de fundering is aangenomen op 0,8 m - NAP De belasting wordt via de hoekpunten en/of steunpunten van de units overgedragen op de fundering.

2.3 Historie projectlocatie

Omtrent de historie van de projectlocatie zijn ons geen gegevens bekend. Als er om enige reden aanleiding is om te veronderstellen dat sprake kan zijn van bijvoorbeeld geroerde grond of obstakels en verontreinigingen, dan dient te worden nagegaan in hoeverre dit mogelijk een knelpunt is voor het ontwerp of de uitvoering.

2.4 Omgeving

In de omgeving van de nieuwbouw is sprake van diverse bebouwing.

De dichtst nabij de nieuwbouw gesitueerde bebouwing bevindt zich op een afstand van enkele meters. Nadere gegevens omtrent de exacte afstand tot deze bebouwing, de aard, de conditie en funderingswijze van de bebouwing zijn ons niet bekend.

2.5 Tot slot

Geadviseerd wordt om genoemde gegevens alsmede de elders in dit rapport gehanteerde aannamen en uitgangspunten te verifiëren voordat met de resultaten uit dit rapport wordt verder gewerkt.

Met name indien (al dan niet lokaal) sprake is van bijvoorbeeld diepere aanlegniveaus kan dit van invloed zijn op de inhoud van dit rapport.

3. ONDERZOEK

3.1 Sonderingen

Verdeeld over het grondvlak van de nieuwbouw zijn zes sonderingen gemaakt met een elektrische conus conform NEN-EN-ISO 22476-1. De sonderingen zijn uitgevoerd door een sondeertruck. De sondeerdiepte reikte tot ca. 23 m à 24 m minus maaiveld.

Bij de sonderingen is naast de conusweerstand tevens de plaatselijke wrijving gemeten en geregistreerd. De relatie tussen conusweerstand en plaatselijke wrijving, het wrijvingsgetal, geeft beneden het grondwaterniveau een indicatie van de verschillende grondsoorten.

De ondergrond is ter plaatse van sondering DKM006 voorgeboord tot een diepte van 1,5 m minus maaiveld. Tot de voorgeboorde is geen bodemopbouw beschreven en ook is geen vastheid gemeten.

Voor de grafieken van de sonderingen wordt verwezen naar bijlage C; de locatie van de sondeerpunten is aangegeven op de situatietekening SIT-01 onder bijlage A.

Voor een verklaring van de op de tekening gebruikte tekens wordt verwezen naar de "Verklaring Codering" die onder bijlage E aan dit rapport is toegevoegd.

3.2 Boring

Ter aanvulling op de sonderingen is één boring uitgevoerd over een diepte van 3 meter. Tijdens het boorwerk is naar de grondwaterstand gepeild.

Voor het profiel van de boring wordt verwezen naar bijlage D; de locatie van het boorpunt is aangegeven op de situatietekening SIT-01 onder bijlage A.

Voor een verklaring van de op de tekening en het boorprofiel gebruikte tekens wordt verwezen naar de "Verklaring Codering" die onder bijlage E aan dit rapport is toegevoegd.

3.3 Uitzetten en waterpassen

Met behulp van een GNSS meetsysteem zijn de locaties van de onderzoekspunten uitgezet in RD-coördinaten en is de hoogte van het maaiveld ter plaatse van ieder onderzoekspunt bepaald ten opzichte van NAP. Tevens is de hoogte ingemeten van enkele vaste punten nabij de projectlocatie.

Voor de omschrijving van het referentiepunt en voor de resultaten van de inmeting en waterpassing wordt verwezen naar de inmeet- en waterpasstaat onder bijlage B.

De hoogtemeting dient om enig inzicht te geven in de hoogten en niveauverschillen ten behoeve van de door ons te verrichten werkzaamheden. De gegevens dienen niet voor andere doeleinden te worden gebruikt. Geadviseerd wordt na te gaan of het resultaat van onze hoogtemeting overeenstemt met andere gegevens ten aanzien van de hoogteligging van het terrein.

3.4 Foto's

Tijdens de uitvoering van het veldwerk zijn enkele foto's gemaakt. Voor de foto's en een tekening waarop met pijlen is aangegeven vanuit welke positie en in welke richting de foto's zijn gemaakt wordt verwezen naar bijlage A.

4. BODEMOPBOUW EN GRONDWATER

4.1 Hoogteligging maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van het boorpunt en de sondeerpunten varieerde ten tijde van het onderzoek van 1,00 m - tot 0,51 m - NAP. Voor meer informatie over de hoogteligging wordt verwezen naar de waterpasstaat onder bijlage B.

4.2 Beschrijving bodemopbouw

Onder een toplaag met zand worden tot 12,0 m - à 13,5 m - NAP weinig vaste, samendrukbare klei – en veenafzettingen gevonden met een geringe conusweerstand. Hieronder wordt tot de maximale diepte een matig vast tot vast zandpakket geregistreerd met een conusweerstand van 4 à 6 tot 10 à 30 MPa. Plaatselijk en op wisselende diepte komen in dit pakket teruggangen in de conusweerstand voor, die vermoedelijk worden veroorzaakt door kleihoudende zand- en zandhoudende kleiafzettingen en door afzettingen met een geringere pakkingsdichtheid of een grovere gradatie.

4.3 Grondwater

In het boorgat en in enkele sondeergaten werd tijdens het grondonderzoek op 16 juni 2023 een grondwaterstand gepeild van 1,93 m - à 2,35 m - NAP. Er wordt op gewezen dat dit een momentopname is en dat de stand onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal fluctueren.

5. DRAAGKRACHTRAPPORTAGE MET BETREKKING TOT DE FUNDERING

5.1 Funderingswijze

In voorliggend rapport wordt op verzoek van de opdrachtgever een draagkrachtrapportage met betrekking tot een fundering op staal gegeven met een grondverbetering.

Op basis van de verstrekte info en het uitgevoerde grondonderzoek wordt in voorliggend rapport het draagvermogen en vervormingen bepaald. Gezien de aangetroffen bodemopbouw dient door de opdrachtgever en/of de constructeur worden nagegaan of de vervormingen en rotaties acceptabel zijn.

Als alternatief kan worden gedacht aan een fundering op palen. Een fundering op palen is in vergelijking tot een fundering op staal minder zettingsgevoelig.

5.2 Uitgangspunten

- Projectgegevens zoals beschreven in hoofdstuk 2.
- Situering nieuwbouw zoals weergegeven op situatietekening onder bijlage A.
- Het project is ingedeeld in Geotechnische Categorie 2.
- Funderingselementen worden verticaal centrisch op druk belast.
- De berekening van de draagkracht op druk en de vervorming van de funderingselementen is gebaseerd op NEN 9997-1:2017 (geotechnisch ontwerp van constructies).
- Er is in dit rapport van uitgegaan dat het aanlegniveau van de fundering op 0,8 m - NAP zal komen te liggen.
- Er wordt aangenomen dat beneden de ontgravingsniveaus de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het terrein zal niet significant worden afgegraven of opgehoogd.
- Eventuele (beperkte) terreinophogingen moeten voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden worden aangebracht.

5.3 Richtlijnen funderingselementen

- Toegepast kunnen worden funderingselementen bestaande uit betonnen poeren.
- Afmeting en eventueel vereiste wapening van de funderingselementen dient door de constructeur te worden berekend aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

5.4 Voormalige bebouwing / vroegere terreininrichting

- Geadviseerd wordt om na te gaan of er sprake kan zijn van geroerde grond als gevolg van bijvoorbeeld het slopen van bebouwing, het verwijderen van tanks, of het dempen van vroegere sloten.
- Indien er sprake is van geroerde grond dan dient deze in principe te worden verwijderd en vervangen door goed verdicht zand (zie paragraaf "grondverbetering").

5.5 Grondverbetering

Ter plaatse van de gemaakte sonderingen wordt vanaf het maaiveld een toplaag met zand aangetroffen, deze toplaag reikt tot 1,0 m - à 2,0 m - NAP. Bij sondering DKM006 is tot 1,5 m minus maaiveld voorgeboord en bij deze sondering is tot voorgeboorde diepte geen informatie beschikbaar over de dikte van de eventueel aanwezige toplaag.

Geadviseerd wordt om ter plaatse van de funderingselementen middels een handsondeerapparaat en handboor de vastheid en dikte van de toplaag vast te stellen. Indien blijkt dat deze zandlaag tot tenminste 1,5 m - NAP (0,7 m minus aanlegniveau funderingselementen) aanwezig is, dan kan op deze laag de funderingselementen worden aangebracht. Indien in deze toplaag afzettingen worden aangetroffen met een conusweerstand lager dan 4 MPa, dan dient een grondverbetering te worden toegepast. Bestaat deze uitkomende afzettingen uit los gepakt goed te verdichten zand, dan behoeft

dit zand niet te worden verwijderd maar kan het, indien de vochtigheidsgraad dit toelaat, worden hergebruikt en verdicht worden teruggebracht als grondverbetering. *Indien silt/klei in deze afzettingen wordt aangetroffen, dan niet hergebruiken maar verwijderen.*

Indien de toplaag niet reikt tot tenminste 1,5 m - NAP dan dient een grondverbetering met stabilisatielaag (puingranulaat) te worden uitgevoerd. Vanaf het ontgravingsniveau (1,5 m - NAP) wordt een laag puingranulaat met een dikte van tenminste 0,2 m aangebracht waarop tot onderkant fundering een grondverbetering met zand, verdicht en laagsgewijs, wordt aangebracht. De laag puingranulaat is nodig om de grondverbetering te kunnen verdichten.

Voor meer algemene richtlijnen ten aanzien van de grondverbetering wordt verwezen naar bijlage G.

5.6 Draagkracht

De rekenwaarde van de verticale belasting op een funderingselement moet kleiner zijn dan de draagkracht van de ondergrond ($V_d \leq R_{v,d}$).

Uit het grondonderzoek blijkt dat binnen de invloedsdiepte van de funderingselementen cohesieve lagen (kleilagen) worden aangetroffen. Door het aanbrengen van een belasting kan in deze cohesieve lagen tijdelijk wateroverspanningen ontstaan (zogenaamde ongedraineerde situatie). In deze situatie wordt de draagkracht berekend op basis van de ongedraineerde evenwichts-vergelijkingen. Het beschouwde bezwijkmechanisme in deze situatie is doorponsen (een niet cohesieve laag gaat binnen de invloedsdiepte over in een cohesieve laag).

Tijdens de uitvoering en eerste fase van de gebruiksfase van de constructie zal er sprake zijn van een ongedraineerde situatie. Na de hydrodynamische periode zal door de belasting vanuit de constructie de wateroverspanningen afnemen tot hydrostatische waterspanningen. Hierna is er sprake van een gedraineerde situatie.

In de onderstaande tabel is voor een aantal funderingsafmetingen de maatgevende en maximale draagkracht weergegeven.

Tabel 1. Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht poeren (t = gronddekking)

Poerafmeting [m x m]	Funderingsdruk $\sigma_{\max,d}$ [kN/m ²]		Draagkracht $R_{v,d}$ [kN]	
	t = 0,01 m	t = 0,2 m	t = 0,01 m	t = 0,2 m
0,80 x 0,80	43	95	27	61
1,00 x 1,00	48	95	48	95
1,00 x 2,00	49	90	99	180
1,40 x 1,40	54	96	106	188
2,00 x 2,00	60	83	241	332

Voor de berekening van het draagvermogen wordt verwezen naar bijlage F op pagina 3 en meer gedetailleerd op pagina 5 (gedraineerd) en pagina 6 (ongedraineerd – doorponsen).

Het draagvermogen is afhankelijk van onder meer de gronddekking (t).

Onder gronddekking wordt verstaan een permanent aanwezige zandaanvulling die boven aanlegniveau aanwezig is rond het volledige funderingselement en die zich in horizontale richting uitstrekt tot een afstand van tenminste 6 maal de breedte van het funderingselement. Indien dit niet het geval is geldt een lagere draagkracht. Er dient zorg voor te worden gedragen dat de gronddekking te allen tijde aanwezig is gedurende de levensduur de constructie.

5.7 Vervorming

De vervormingen binnen de funderingsconstructie dienen zodanig te zijn dat in de bouwconstructie geen uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand wordt overschreden.

Tenzij specifieke vervormingseisen zijn gesteld wordt voor de uiterste grenstoestand veelal een relatieve rotatie β van maximaal 1:100 aangehouden. Voor de bruikbaarheidstoestand wordt in het algemeen aangenomen dat de scheefstand ω en/of de relatieve rotatie β_x de waarde van 1:300 niet mag overschrijden.

Uiterste Grenstoestand:	-Rotatiecriterium:	$\Delta s/l \leq 1:100$
Bruikbaarheidstoestand:	-Rotatiecriterium:	$\Delta s/l \leq 1:300$

Bij overschrijding van de bruikbaarheidstoestand zijn de vervormingen van dien aard dat binnen de bouwconstructie ongewenst verlies aan bruikbaarheid optreedt. In de regel zal deze toestand maatgevend zijn.

Voor het zakkingsverschil kan in eerste instantie tenminste de helft van de berekende maximale zetting worden aangehouden tussen twee funderingselementen met een onderlinge afstand l . Dit in verband met de mogelijke heterogeniteit van de bodem en/of uitvoeringsonvolkomenheden. Indien bijvoorbeeld door belastingvariaties of verschillen in aanlegniveau en funderingsafmeting lokaal een groter zakkingsverschil optreedt, dan moet deze grotere waarde in rekening worden gebracht.

Vervormingen binnen de funderingsconstructie kunnen indicatief worden bepaald aan de hand van de last-zakkingsresultaten die zijn toegevoegd aan bijlage F op pagina 4. Het betreft hier last-zakkingsgrafieken voor vrij liggende funderingselementen waarbij de zakking niet wordt beïnvloed door de aanwezigheid van nabijgelegen funderingselementen.

5.8 Beddingscoëfficiënt

Voor de statische secant veercoëfficiënt van een funderingselement geldt $k_{v,rep} = F_{s,rep} / S_{bgt}$. De rekenwaarde van de veercoëfficiënt is bepaald als $k_{v,d} = k_{v,rep} / \gamma_{m;k}$ waarbij $\gamma_{m;k} = 1,3$.

Uitgaande van de last-zakkingsgrafiek voor bruikbaarheidstoestand (BGT) is sprake van een niet geheel lineaire veer karakteristiek. In dit rapport is de statische veerstijfheid gepresenteerd voor een vrij gelegen funderingselement bij een representatieve belasting van 80 % van het draagvermogen. Voor de veercoëfficiënten wordt verwezen naar bijlage F op pagina 4.

Tabel 2. Statische beddingscoëfficiënt poeren t = gronddekking)

Poerafmeting [m x m]	Representatief $k_{v,rep}$ [kN/m ³]		Rekenwaarde $k_{v,d}$ [kN/m ³]	
	$t = 0,01 \text{ m}$	$t = 0,2 \text{ m}$	$t = 0,01 \text{ m}$	$t = 0,2 \text{ m}$
0,80 x 0,80	1.400	1.100	1.100	900
1,00 x 1,00	800	800	600	600
1,00 x 2,00	450	450	350	350
1,40 x 1,40	500	500	400	350
2,00 x 2,00	300	350	250	250

5.9 Richtlijnen en kwaliteitszorg grondverbetering

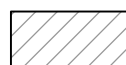
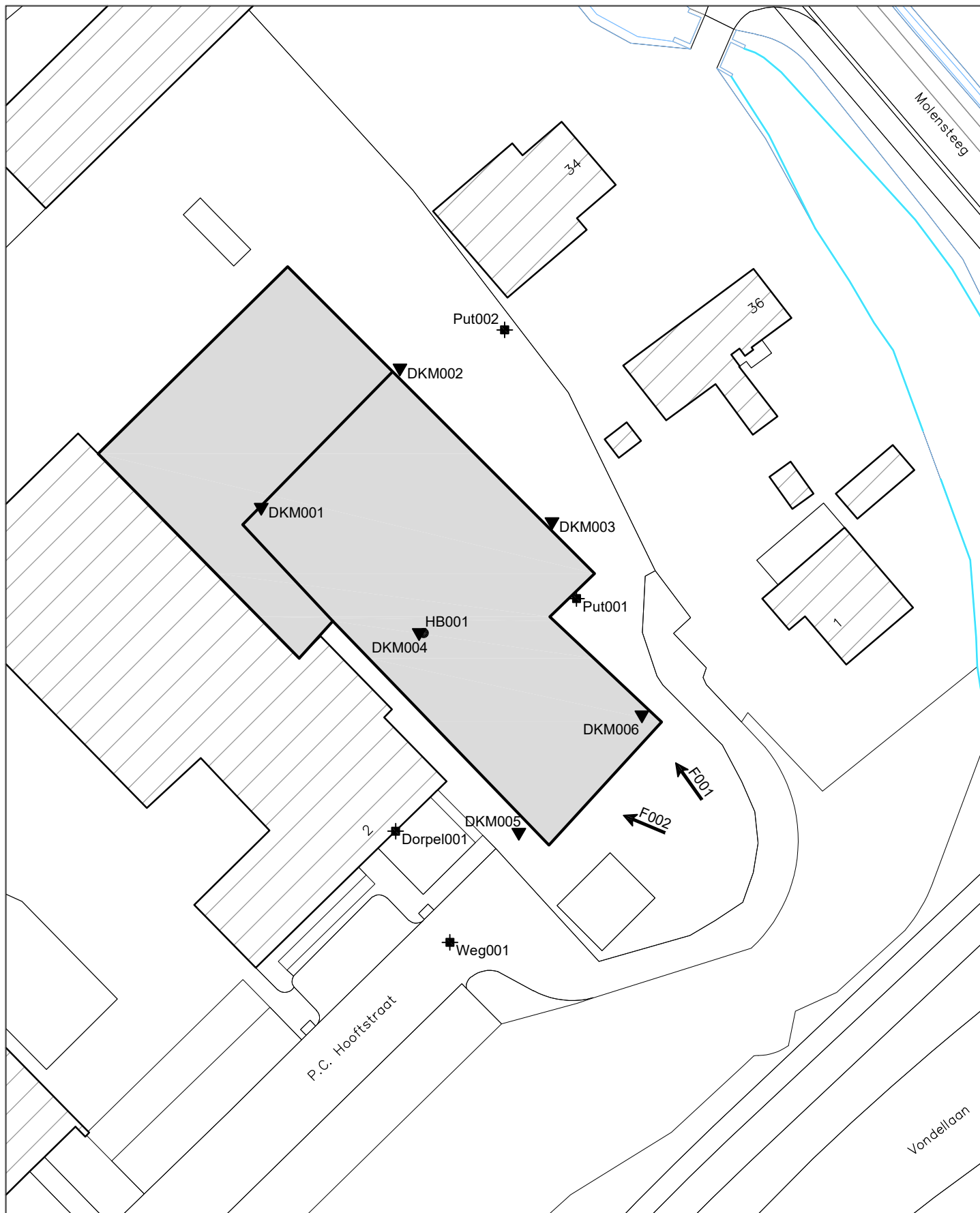
Onder bijlage G zijn met betrekking tot de uitvoering van de grondverbetering algemene richtlijnen gegeven.

Onder meer wordt ingegaan op de werkzaamheden in relatie tot de omgeving, het belang van de controle van uitgangspunten en aannamen, en op aspecten die van toepassing zijn op het werkterrein, de uitvoering en controle van de grondverbetering. Geadviseerd wordt hiervan kennis te nemen.



BIJLAGE A

Situatietekening en foto's



Bestaande bebouwing



Nieuwbouw



Opdrachtschrijving / locatie:

**Plaatsen tijdelijke huisvesting aan de
P.C Hooftstraat 2 te Ridderkerk**

Omschrijving tekening:

Situatietekening



INPIJN BLOKPOEL INGENIEURS

Bewerkt: **LRT**

Datum: **21 juni 2023**

Schaal: **1:500**

Formaat: **A4**

Opdrachtnummer: **23WP0282**

Bijlage: **SIT-01**



F001: Locatie DKM006



F002: Omgeving

BIJLAGE B

Waterpasstaat

OVERZICHT MEETPUNTEN

Horizontaal coördinatensysteem (X,Y) Rijksdriehoeksmeting (RD)
Verticale referentie (Z) Normaal Amsterdams Peil

Meetpunt	X-coördinaat [m]	Y-coördinaat [m]	Hoogte (Z) [m t.o.v. NAP]	GWS * [m t.o.v. NAP]	Datum uitvoering
DKM001	101108,98	431318,82	-0,78	---	16-06-2023
DKM002	101122,43	431332,33	-0,51	---	16-06-2023
DKM003	101137,18	431317,42	-0,68	-1,93	16-06-2023
DKM004	101124,30	431306,67	-0,80	-2,10	16-06-2023
DKM005	101133,96	431287,31	-1,00	-2,35	16-06-2023
DKM006	101145,89	431298,68	-0,97	---	16-06-2023
HB001	101124,73	431307,38	-0,81	-2,11	16-06-2023
Dorpel001**	---	---	-0,53	---	16-06-2023
Put001	101139,56	431310,72	-0,89	---	16-06-2023
Put002	101132,59	431336,78	-0,51	---	16-06-2023
Weg001	101127,28	431277,38	-1,15	---	16-06-2023

* Grondwaterstand ten tijde van het onderzoek

** P.C. Hoofstraat 2

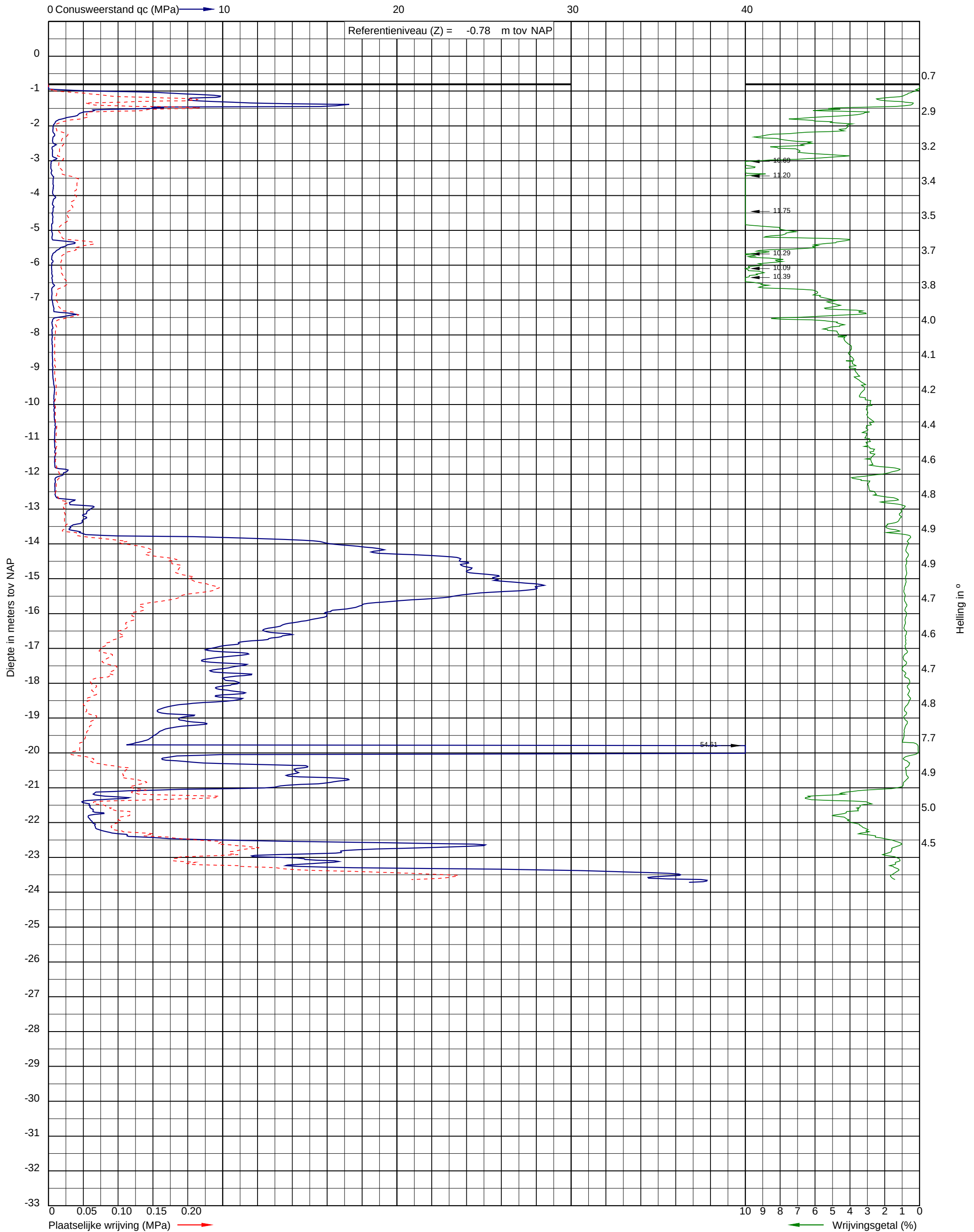
Indien bovengenoemde RD-coördinaten (x-y-z) zijn vermeld, dan zijn deze meetpunten ingemeten met behulp van dGPS.

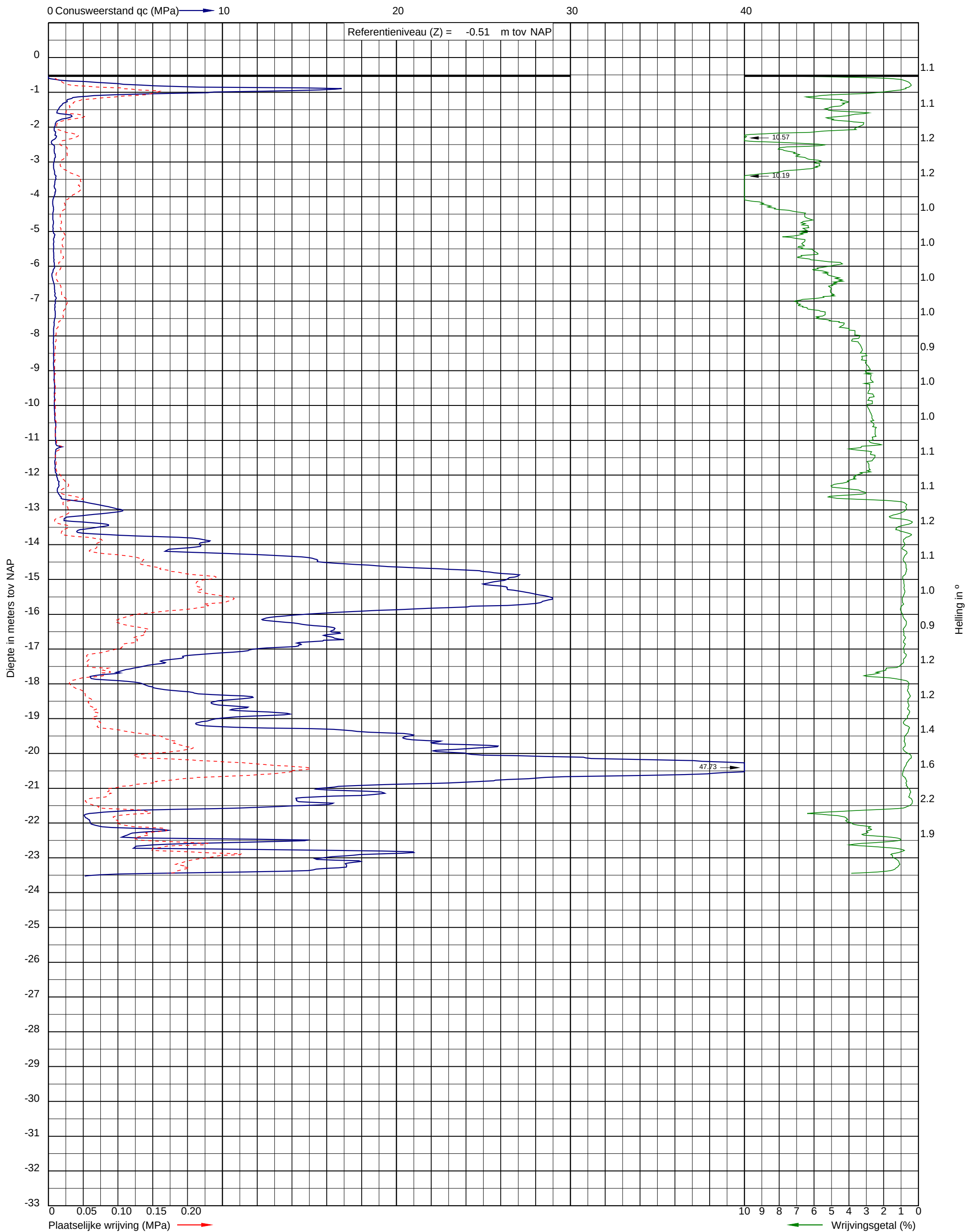
Let op:

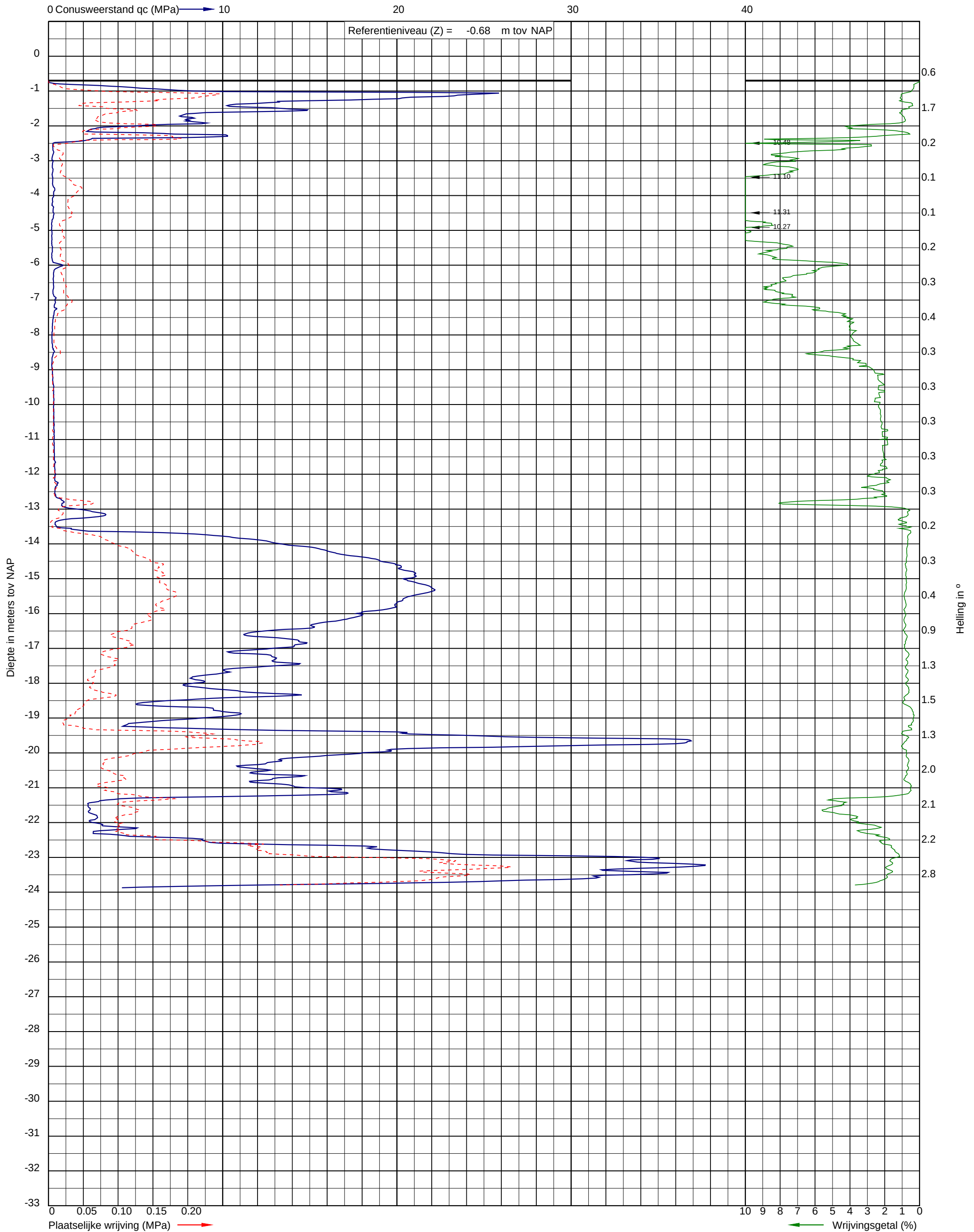
Deze waterpasstaat dient om inzicht te geven in de hoogteligging en locaties van de meet- en onderzoeks-punten ten opzichte van een referentiepunt. Grondwaterstanden zijn ter indicatie en kunnen beïnvloed zijn door de uitgevoerde werkzaamheden. De resultaten dienen niet voor andere doeleinden te worden gebruikt.

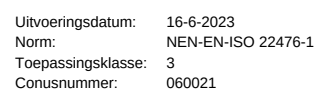
BIJLAGE C

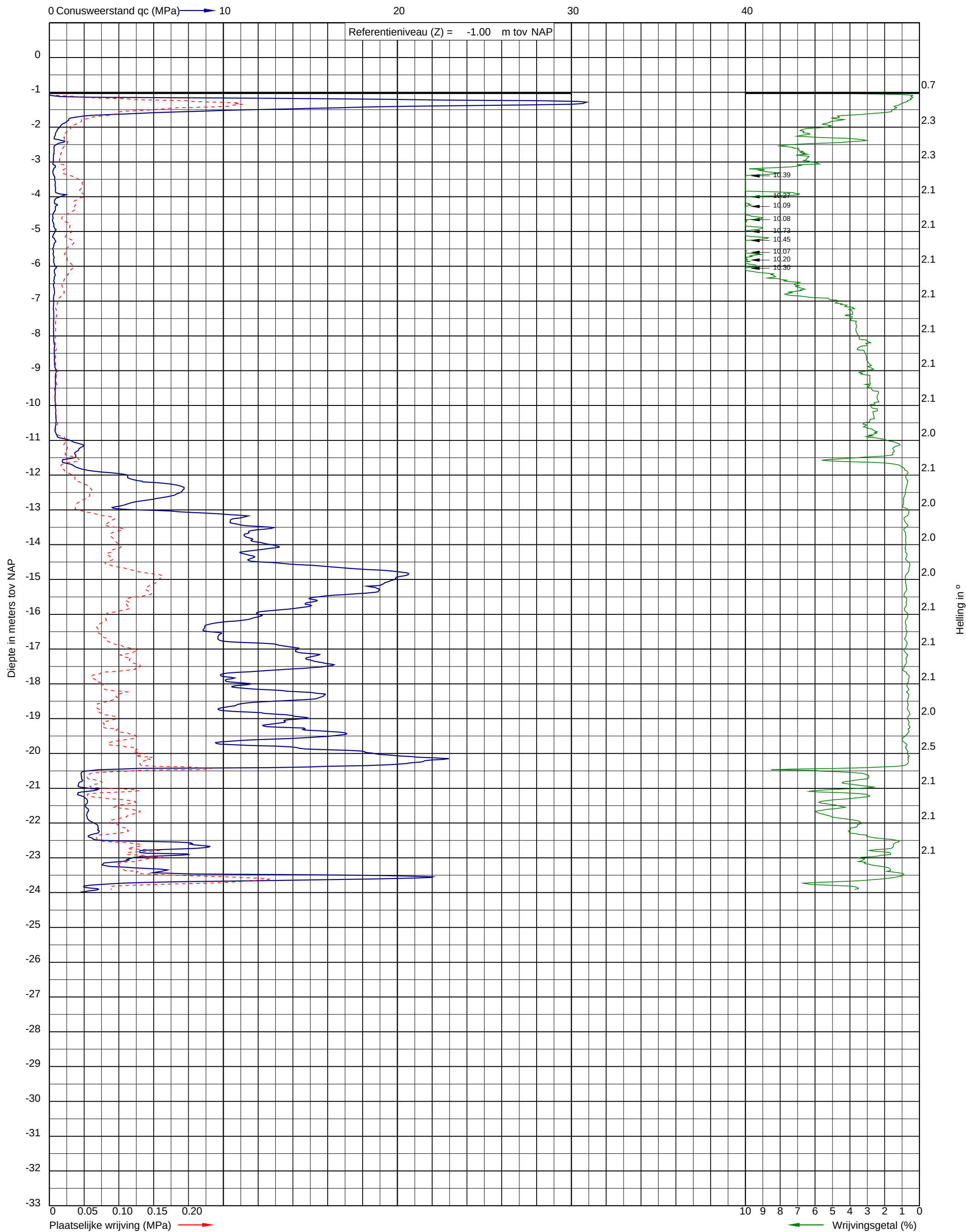
Sondeergrafieken

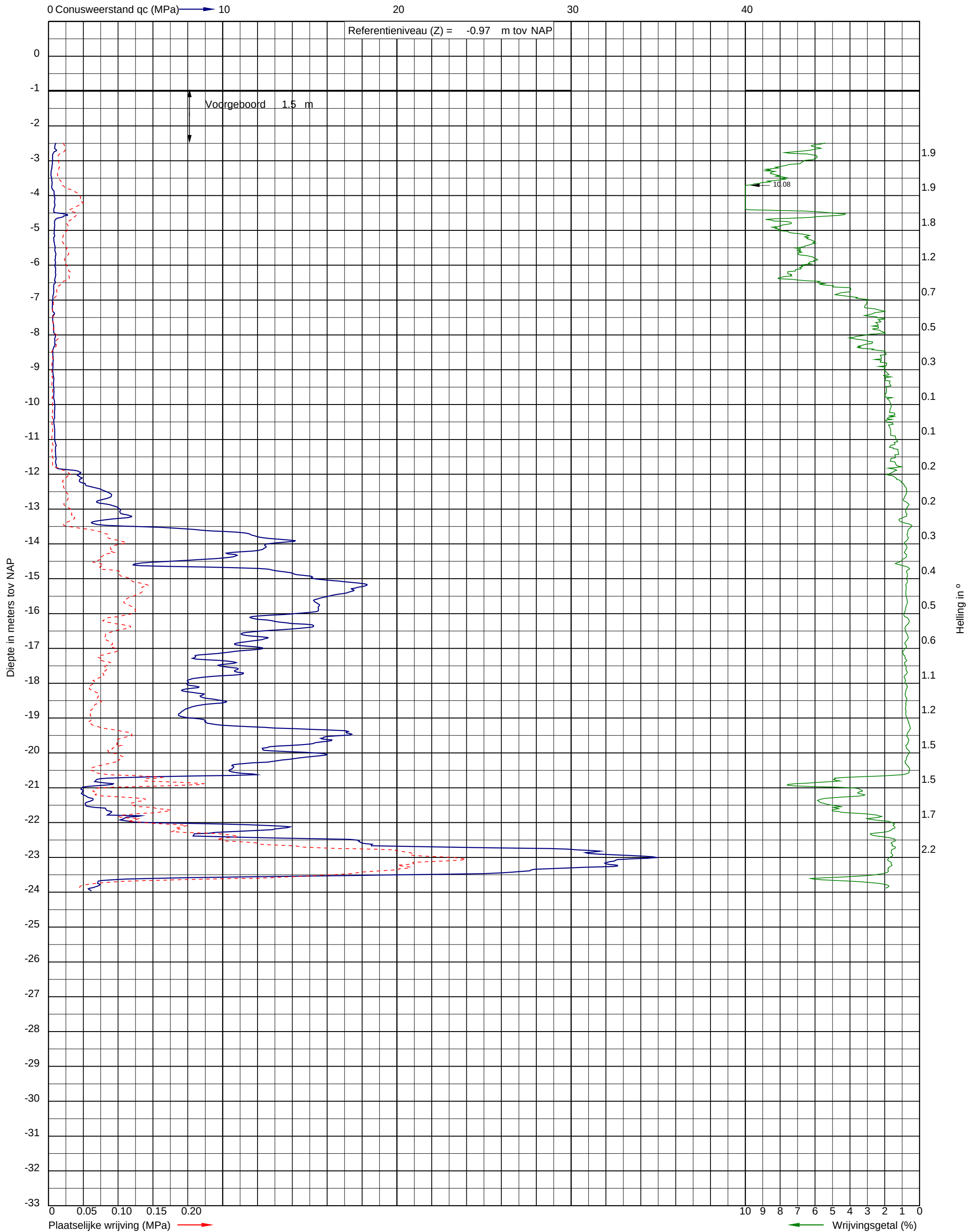












BIJLAGE D

Boorstaat

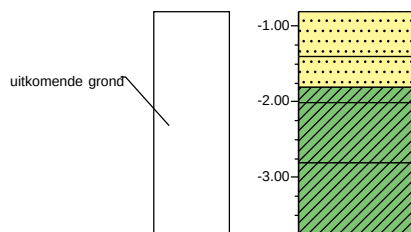


Project: Plaatsen tijdelijke huisvesting aan de P.C. Hoofdstraat 2 te Ridderkerk
Opdracht: 23WP0282
Betreft: Boorprofiel

Boring:
Uitvoering op: HB001
Uitvoering door: Geo Veld-S35
Werknummer: HB001

Boornorm: NEN-EN-ISO 22475-1
Grondwaterstand [cm-mv]: 130

Identificatie conform NEN-EN-ISO 14688-1
x-coördinaat [m RD]: 101124,72
y-coördinaat [m RD]: 431307,38
Referentiehoogte [m]: -0.81 . N.A.P.
Reden boring gestopt: Einddoel



0.00	klinker
▲ 0.60	Zand fijn 63-200, veel puin, lichtbruin
▲ 1.00	Zand middelgrof 200-630, veel puin, donkerbruin
▲ 1.20	Klei, donkerbruin
▲ 1.30	Klei, zwak roesthoudend, donker bruingrijs
2.00	Klei, sterk roesthoudend, donkerbruin
3.00	

BIJLAGE E

Verklaring codering

LEGENDA TEKENINGEN EN VERKLARING AFKORTINGEN

SONDERING

▼	D	Sondering zonder kleeftmeting
	DKM	Sondering met kleeftmeting
	DKMP	Sondering met kleeft- en waterspanningsmeting
	DM	Mechanische sondering
	DKMS	Seismische sondering met kleeftmeting
	DKMPS	Seismische sondering met kleeft- en waterspanningsmeting
	Dma	Magnetometer sondering
	Ma	Magnetometer (zonder conusweerstand)
	DB	Bolsondering
	DT	T-bar sondering
	FVT	Field vane test
	HPT	Hydraulic profiling tool
	DS	Slagsondering
	HM	Handsondering
	SPT	Standaard penetratie test
	DKM-EC	Geleidbaarheidssondering met kleeftmeting
	DKMP-EC	Geleidbaarheidssondering met kleeft- en waterspanningsmeting

▽ Niet uitgevoerd ▼ fase 2 ▼ fase 3 ▼ fase 4

BORING

●	HB	Handboring
	B	Mechanische boring

○ Niet uitgevoerd

PEILBUIS

●	Bpb	Mechanische boring met peilbuis
	HBpb	Handboring met peilbuis
	PB	Gedrukte peilbuis

MONITORING

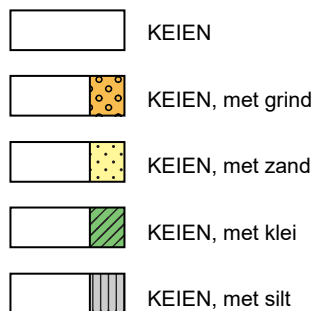
⊕	WSM	Waterspanningsmeter
▭	IMB	Inclinometerbuis
	IMS	Inclinometer SAAF
⊠	ZB	Zakbaak
⚙	DFB	Deformatiebout
⚙	SCM	Scheurmeter
⚙	EXM	Extensometer
⚙	TM	Tiltmeter
⚙	TRM	Trillingmeter
⊗	PDPs	Plaatdrukproef (statisch)
	PDPd	Plaatdrukproef (dynamisch)
⊗	PP	Pompput
⊗	PRP	Proefgat
⊗	PRS	Proefsleuf

ALGEMEEN

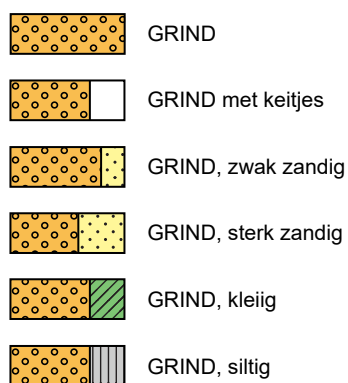
⚙	Meetpunt: brug, dorpel, kolk, meetbout, put, weg, water
→	Foto
▨	Bestaande bebouwing
↔	0-Punt lokaal assenstelsel

LEGENDA BOORPROFIELEN (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

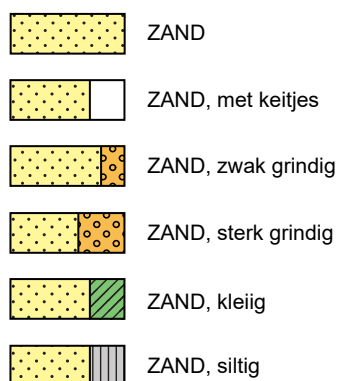
KEIEN / KEITJES



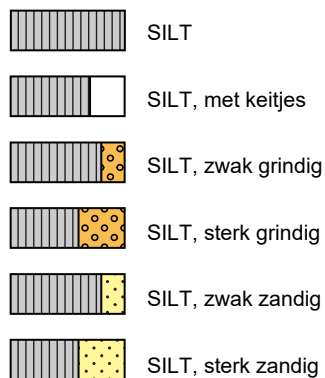
GRIND



ZAND



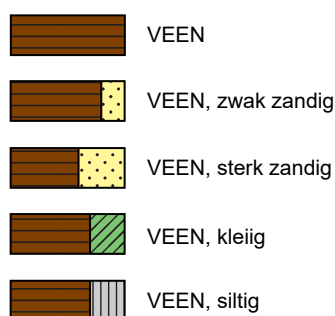
SILT



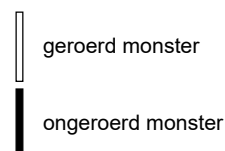
KLEI



VEEN / HUMUS / DETRITUS



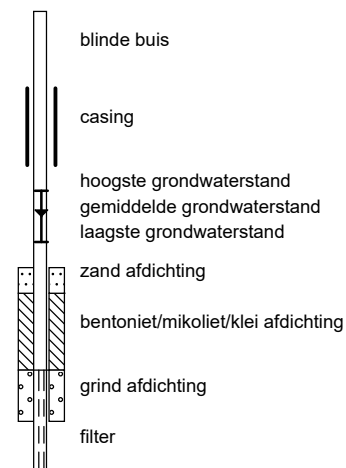
MONSTERS



KWALITEIT MONSTER

- QM1 = Ongeroid monster is geheel Intact Inclusief spanningstoestand
- QM2 = Ongeroid monster geheel Intact
- QM3 = Ongeroid monster intact maar monsterverstoring zichtbaar
- QM4 = Monster is ernstig verstoord
- QM5 = Monster is geroerd

PEILBUIS



OVERIG

- ▲ Bijzonder bestanddeel
- ◀ Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- ≡ grondwaterstand
- ◆ Gemiddeld laagste grondwaterstand

BIJLAGE F

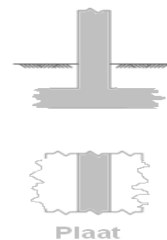
Berekening fundering

Belastingen

Verticaal, centrisch

Constructie fundering

Funderingstype : plaat
Funderingsafmetingen : zie reketabellen
aanlegniveau plaat : 0,90 m - NAP
Gronddekking : $t = 0,01 \text{ m}, 0,05 \text{ m}, 0,10 \text{ m}, 0,20 \text{ m}$



Grondwaterstand (aannname)

Voor berekening draagkracht : 1,00 m - NAP
Voor berekening zetting : 2,00 m - NAP
Voor berekening doorponsen : 1,00 m - NAP

Bodemopbouw en grondparameters

Laag nr.	Grondsoort	Onderzijde laag [m tov NAP]	Laagdikte [m]	γ_k [kN/m ³]	$\gamma_{\text{sat};k}$ [kN/m ³]	ϕ_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$c_{u;k}$ [kN/m ²]	$C_{c;k}$ [-]
1	zand	-0,90	0,20	18,0	20,0	32,0	0,00	0,00	0,01
2	zand / grondverbetering	-1,30	0,40	18,0	20,0	32,0	0,00	0,00	0,01
3	zand / stabilisatielaag	-1,50	0,20	17,0	19,0	30,0	0,00	0,00	0,03
4	klei	-3,00	1,50	12,0	16,0	22,5	3,00	25,00	0,32
5	veen	-6,50	3,50	8,0	14,0	25,0	2,00	10,00	1,20
6	klei	-13,00	6,50	13,0	17,5	25,0	4,00	30,00	0,20
7	zand	-14,00	1,00	17,0	19,0	30,0	0,00	0,00	0,03
8	zand	--	--	18,5	20,5	33,0	0,00	0,00	0,01

In de bodem komen cohesieve lagen voor. Bij belasting kunnen in deze lagen tijdelijk wateroverspanningen ontstaan. In dat geval is sprake van een zogenaamde ongedraineerde situatie. Voor zover cohesieve lagen zich bevinden binnen het invloedsgebied van de fundering, is de draagkracht berekend voor zowel de gedraineerde als de ongedraineerde situatie.

Partiële factoren voor grondparameters

γ_{ϕ} = 1,15
 γ_{γ} = 1,10
 γ_c = 1,60

Berekening draagkracht

De draagkracht van de ondergrond wordt berekend op basis van evenwichtsvergelijkingen.

De van toepassing zijnde evenwichtsvergelijking, is afhankelijk van de bodemopbouw, de bodemeigenschappen en het al dan niet aanwezig zijn van wateroverspanningen binnen de invloedsdiepte van de fundering.

Onder de gegeven uitgangspunten geldt dat de volgende evenwichtsvergelijkingen van toepassing zijn.

- 1) Gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau (i)
- 2) Gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau (i) (2 doorponsniveaus)
- 3) Ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau (g) (3 doorponsniveaus)

Hierna volgt een tabel met de maatgevende draagvermogens. Tevens zijn de draagvermogens per evenwichtsvergelijking toegevoegd.

Maatgevende draagkracht poeren

De draagkracht van de ondergrond wordt berekend op basis van evenwichtsvergelijkingen.

De van toepassing zijnde evenwichtsvergelijking, is afhankelijk van de bodemopbouw, de bodemeigenschappen en het al dan niet aanwezig zijn van wateroverspanningen binnen de invloedsdiepte van de fundering.

In de tabel is voor de berekende situaties de maatgevende evenwichtsvergelijking en het maatgevend draagvermogen weergegeven.

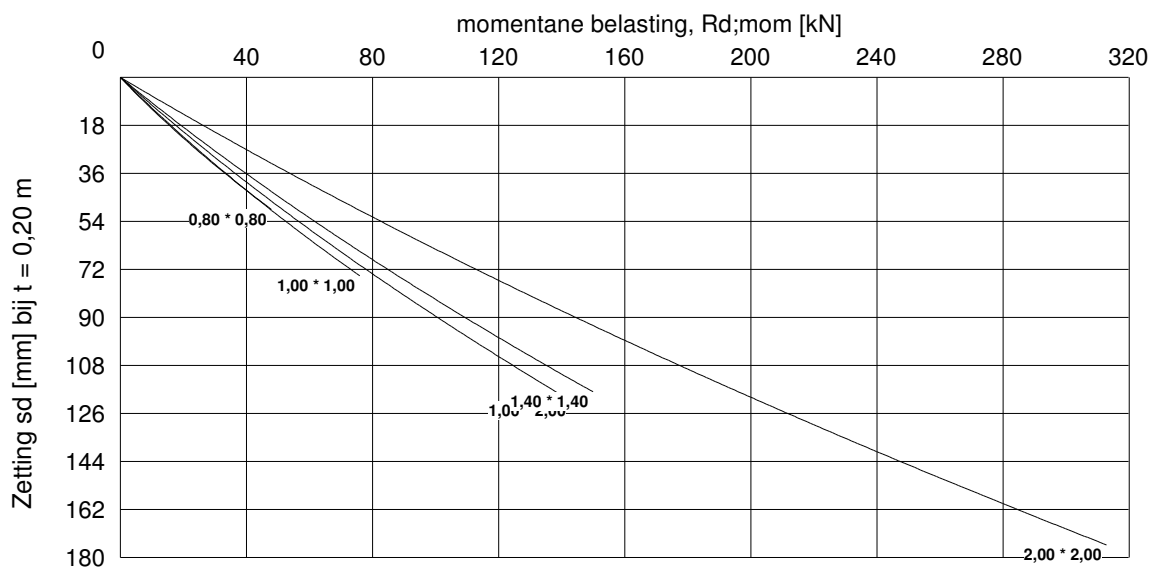
Poerafmeting B * L [m * m]	Maatgevende evenwichtsvergelijking				Draagkracht op aanlegniveau R _d [kN]			
	t0,01 m	0,05 m	0,1 m	0,2 m	t0,01 m	0,05 m	0,1 m	0,2 m
0,80 * 0,80	1	1	1	1	27	35	43	61
1,00 * 1,00	1	1	1	1	48	58 *	70	95
1,00 * 2,00	1	1	1	1	99	116	137	180
1,40 * 1,40	1	1	1	1	106	124	145	188
2,00 * 2,00	1	1	1	3b	241	273	312	332

- 1) Gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau (i)
- 2) Gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau (i)
 - 2a) doorponsniveau van 1,50 m - NAP
 - 2b) doorponsniveau van 3,00 m - NAP
- 3) Ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau (g)
 - 3a) doorponsniveau van 1,50 m - NAP
 - 3b) doorponsniveau van 3,00 m - NAP
 - 3c) doorponsniveau van 6,50 m - NAP

Voor de volledige draagkrachtberekening per evenwichtsvergelijking wordt verwezen naar de desbetreffende rekenbladen hierna.

* voor deze situatie is een voorbeeldberekening toegevoegd.

Zetting poeren



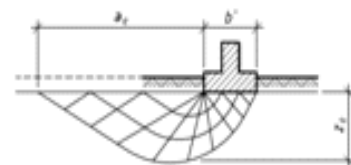
Beddingscoëfficiënt poeren

Poerafmeting $B * L$ [m * m]	Beddingscoëfficiënt bij $t = 0,01$ m [kN/m^3]		Beddingscoëfficiënt bij $t = 0,05$ m [kN/m^3]		Beddingscoëfficiënt bij $t = 0,1$ m [kN/m^3]		Beddingscoëfficiënt bij $t = 0,2$ m [kN/m^3]	
	$k_{v;rep;stat}$	$k_{v;d;stat}$	$k_{v;rep;stat}$	$k_{v;d;stat}$	$k_{v;rep;stat}$	$k_{v;d;stat}$	$k_{v;rep;stat}$	$k_{v;d;stat}$
$0,80 * 0,80$	1400	1100	1000	800	1100	800	1100	900
$1,00 * 1,00$	800	600	800	600	700	600	800	600
$1,00 * 2,00$	450	350	450	350	450	350	450	350
$1,40 * 1,40$	500	400	500	400	500	400	500	350
$2,00 * 2,00$	300	250	350	250	300	250	350	250

Draagkracht volgens gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau

Hierna volgen de resultaten van de draagkracht volgens de gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau.

Aangenomen dat er geen sprake is van bodemlagen met wateroverspanningen, is de draagkracht berekend op basis van de gedraineerde evenwichtsvergelijking (i).



Poerafmeting B * L [m * m]	Maximale funderingsdruk aanlegniveau $\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				Draagkracht op aanlegniveau R _d [kN]			
	t 0,01 m	0,05 m	0,1 m	0,2 m	t 0,01 m	0,05 m	0,1 m	0,2 m
0,80 * 0,80	43	54	68	95	27	35	43	61
1,00 * 1,00	48	58	70	95	48	58 *	70	95
1,00 * 2,00	49	58	69	90	99	116	137	180
1,40 * 1,40	54	63	74	96	106	124	145	188
2,00 * 2,00	60	68	78	98	241	273	312	392

* voor deze situatie is een voorbeeldberekening toegevoegd.

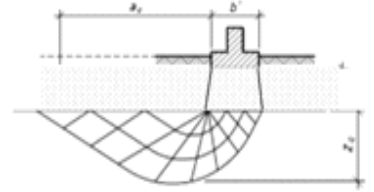
Draagkracht volgens ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau

Direct beneden het aanlegniveau komen niet cohesieve bodemlagen voor die binnen de invloedst diepte van de fundering worden gevolgd door cohesieve lagen.

Bij belasting kunnen in de cohesieve lagen tijdelijk wateroverspanningen ontstaan. In dat geval is sprake van een zogenaamde ongedraineerde situatie. Voor deze situatie is de draagkracht berekend op basis van de ongedraineerde evenwichtsvergelijking.

De evenwichtsvergelijking is toegepast op het niveau van de overgang van de niet cohesieve naar de cohesieve laag (g). Het bijbehorende bezwijkmechanisme heet in dit geval "doorponsen". Het niveau waarvoor de evenwichtsvergelijking is opgesteld het "doorponsniveau".

De navolgende resultaten zijn berekend voor een doorponsniveau van 3,00 m - NAP.



Poerafmeting B * L [m * m]	Doorponsoppervlak b' * l' [m * m]	A' [m ²]	Grond op doorponsniveau			maximale funderingsdruk $\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]			
			d [m]	V _{pons} [m ³]	G _{pons} [kN]	t 0,01 m	0,05 m	0,1 m	0,2 m
0,80 * 0,80	1,39 * 1,39	1,93	2,10	2,5	17,6	148	150	153	158
1,00 * 1,00	1,59 * 1,59	2,53	2,10	3,5	24,8	123	124	126	130
1,00 * 2,00	1,59 * 2,59	4,12	2,10	6,2	44,3	92	93	95	98
1,40 * 1,40	1,99 * 1,99	3,96	2,10	6,0	42,9	96	97	99	102
2,00 * 2,00	2,59 * 2,59	6,71	2,10	11,1	79,4	78	79	80	83

Poerafmeting B * L [m * m]	Draagkracht op doorponsniveau R _{pons;d} [kN]				G _{pons} [kN]	Draagkracht op aanlegniveau R _d [kN]			
	t 0,01 m	0,05 m	0,1 m	0,2 m		t 0,01 m	0,05 m	0,1 m	0,2 m
0,80 * 0,80	113	114	115	119	17,6	95	96	98	101
1,00 * 1,00	147	149	151	155	24,8	123	124 *	126	130
1,00 * 2,00	228	230	234	241	44,3	183	186	190	196
1,40 * 1,40	231	233	236	243	42,9	188	190	194	200
2,00 * 2,00	391	395	401	412	79,4	311	316	321	332

* voor deze situatie is een voorbeeldberekening toegevoegd.

Uitgangspunten berekeningen poer

breedte	B	=	1,00 m
lengte	L	=	1,00 m
dikte	d	=	0,20 m
gronddekking	t	=	0,05 m

Beschrijving berekeningen

In de bodem komen cohesieve lagen voor. Bij belasting kunnen in deze lagen tijdelijk wateroverspanningen ontstaan. In dat geval is sprake van een zogenaamde ongedraineerde situatie. Voor zover cohesieve lagen zich bevinden binnen het invloedsgebied van de fundering, is de draagkracht berekend voor zowel de gedraineerde als de ongedraineerde situatie.

In het voorbeeld worden de navolgende berekeningen uitgevoerd:

- gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau
- gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau 1,50 m - NAP
- gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau 3,00 m - NAP
- ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau 1,50 m - NAP
- ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau 3,00 m - NAP
- ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau 6,50 m - NAP

$$R_d = \sigma'_{\max;d} \cdot A'$$

$$R_d = \sigma'_{\max;d} \cdot A'_{\text{pons}} - G_{\text{pons;d}} \text{ (in het geval van doorponsen is } G_{\text{pons;d}} \text{ het grondgewicht onder de fundering)}$$

$$R_d : \text{ rekenwaarde weerstand tegen de belasting loodrecht op het funderingsoppervlak in kN}$$

$$\sigma'_{\max;d} : \text{ rekenwaarde funderingsdruk op effectief funderingsoppervlak in kN/m}^2$$

$$A' : \text{ effectief funderingsoppervlak in m}^2$$

voor de gedraineerde toestand

$$\sigma'_{\max;d} = c'_{\text{gem;d}} N_c s_c i_c b_c \lambda_c + \sigma'_{v;z;d} N_q s_q i_q b_q \lambda_q + 0,5 \gamma'_{\text{gem;d}} b' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma \lambda_\gamma$$

bijdrage cohesie bijdrage gronddekking bijdrage gewicht bodem waarop wordt aangelegd

voor de ongedraineerde toestand

$$\sigma'_{\max;d} = (\pi + 2) \cdot c_{u;d} s_c i_c \lambda_c + \sigma'_{v;z;d} \lambda_q$$

bijdrage cohesie bijdrage gronddekking

$$A' = b' \cdot l'$$

Gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau

Tussenresultaten

effectieve breedte	b'	=	1,00 m
effectieve lengte	l'	=	1,00 m
effectieve funderingsoppervlak	A'	=	1,00 m ²

effectieve hoek van inwendige wrijving	ϕ'_k	=	28,2 °
invloedsdiepte conform tabel 6.a	z_e	=	1,5 m
gewogen effectieve cohesie	$c'_{\text{gem;d}}$	=	0,7 kPa
verticale korrelspanning aanlegniveau	$\sigma'_{v;z;0;d}$	=	0,8 kN/m ² (bij t = 0,05 m)
gewogen effectief volumiek gewicht	$\gamma'_{\text{gem;d}}$	=	7,8 kN/m ³
rekenwaarde effectieve wrijvingshoek	$\phi'_{\text{gem;d}}$	=	25,0 °

draagkrachtfactoren	$N_c = 20,8$	$N_q = 10,7$	$N_\gamma = 9,1$
vormfactoren	$s_c = 1,5$	$s_q = 1,4$	$s_\gamma = 0,7$
factor helling aanlegniveau	$b_c = 1,0$	$b_q = 1,0$	$b_\gamma = 1,0$
factor helling maaiveld	$\lambda_c = 1,0$	$\lambda_q = 1,0$	$\lambda_\gamma = 1,0$

Resultaten (gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau)

funderingsdruk	$\sigma'_{\max;d}$	= 21 + 12 + 25 = 58 kN/m ²
rekenwaarde maximale draagkracht	R_d	= 58 kN

Gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau 1,50 m - NAP

De maximale draagkracht bij doorponzen wordt bepaald voor het maatgevende doorponsniveau van 1,50 m - NAP

Tussenresultaten

effectieve breedte	b'	= 1,17 m		
effectieve lengte	l'	= 1,17 m		
effectieve funderingsoppervlak	A'	= 1,37 m ²		
effectieve hoek van inwendige wrijving	ϕ'_k	= 22,5 °		
invloedsdiepte conform tabel 6.a	z_e	= 1,5 m		
gewogen effectieve cohesie	$c'_{\text{gem};d}$	= 1,9 kPa		
diepte zand tot doorponsniveau	d_{zand}	= 0,60 m		
verticale korrelspanning doorponsniveau	$\sigma'_{v;z;0;d}$	= 6,4 kN/m ² (bij $t = 0,05$ m + $d_{\text{zand}} = 0,60$ m)		
gewogen effectief volumiek gewicht	$\gamma'_{\text{gem};d}$	= 4,5 kN/m ³		
rekenwaarde effectieve wrijvingshoek	$\phi'_{\text{gem};d}$	= 19,8 °		
draagkrachtfactoren	$N_c = 14,7$	$N_q = 6,3$	$N_\gamma = 3,8$	
vormfactoren	$s_c = 1,4$	$s_q = 1,3$	$s_\gamma = 0,7$	
factor helling aanlegniveau	$b_c = 1,0$	$b_q = 1,0$	$b_\gamma = 1,0$	
factor helling maaiveld	$\lambda_c = 1,0$	$\lambda_q = 1,0$	$\lambda_\gamma = 1,0$	

Resultaten (gedraineerde evenwichtsvergelijking)

funderingsdruk	$\sigma'_{\max;d}$	= 39 + 53 + 7 = 99 kN/m ²
draagkracht op doorponsniveau	$R_{\text{pons};d}$	= 174 kN
gewicht grond boven doorponsniveau	$G_{\text{pons};d}$	= 8 kN
draagkracht op aanlegniveau	R_d	= 128 kN

Ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau 3,00 m - NAP

De maximale draagkracht bij doorponzen wordt bepaald voor het maatgevende doorponsniveau van 3,00 m - NAP

Tussenresultaten

effectieve breedte	b'	= 1,59 m		
effectieve lengte	l'	= 1,59 m		
effectieve funderingsoppervlak	A'	= 2,53 m ²		
effectieve hoek van inwendige wrijving	ϕ'_k	= 0,0 °		
invloedsdiepte conform tabel 6.a	z_e	= 1,1 m		
ongedraineerde schuifsterkte	$c_{u;d}$	= 7,4 kPa		
diepte zand tot doorponsniveau	d_{zand}	= 2,10 m		
verticale korrelspanning doorponsniveau	$\sigma'_{v;z;0;d}$	= 13,2 kN/m ² (bij $t = 0,05$ m + $d_{\text{zand}} = 2,10$ m)		
vormfactoren	$s_c = 1,2$			
factor helling maaiveld	$\lambda_c = 1,0$	$\lambda_q = 1,0$		

Resultaten (ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau)

funderingsdruk	$\sigma'_{\max;d}$	= 46 + 13 = 59 kN/m ²
draagkracht op doorponsniveau	$R_{\text{pons};d}$	= 314 kN
gewicht grond boven doorponsniveau	$G_{\text{pons};d}$	= 25 kN
draagkracht op aanlegniveau	R_d	= 124 kN

Overzicht rekenresultaten

Gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau	R_d	=	58 kN
Gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau	R_d	=	128 kN
Ongedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op doorponsniveau	R_d	=	124 kN

Conclusie

Uit de berekeningsresultaten volgt dat gedraineerde evenwichtsvergelijking toegepast op aanlegniveau maatgevend is.

Toelichting bodemopbouw en grondparameters

subscript, k	: representatieve / karakteristieke waarde	
subscript, d	: rekenwaarde (design)	
volumiek gewicht bij natuurlijk vochtgehalte	: γ	[par. 2.4]
verzadigd volumiek gewicht	: γ_{sat}	[par. 2.4]
effectieve hoek van inwendige wrijving	: ϕ'	
cohesie	: c'	[par. 2.4]
ongedraineerde schuifsterkte	: c_u	
primaire samendrukkingsindex	: C_c	[par. 2.4]
secundaire samendrukkingsindex	: C_α	[par. 2.4]
poriëngetal	: e	[par. 2.4]
dikte laag, j	: d_j	[par. 2.4]

Partiële factoren voor grondparameters

voor de hoek van inwendige wrijving ($\tan \phi'$)	: $\gamma_{\phi'}$	[A.3.2, tabel A.4a]
voor volumiek gewicht	: γ_γ	[A.3.2, tabel A.4a]
voor de effectieve cohesie	: $\gamma_{c'}$	[A.3.2, tabel A.4a]

Toelichting berekening weerstand

rekenwaarde maximale draagkracht	: $R_d = \sigma'_{max} * A'$	[par. 6.5]
bij doorponsen	: $R_d = R_{pons;d} - G_{pons;d}$	[par. 6.5]
gewicht grond boven doorponsniveau	: $G_{pons;d}$	
maximale funderingsdruk gedraineerd	: $\sigma'_{max} = c'_{gem} N_c s_c i_c b_c \lambda_c + \sigma'_{v;z} N_q s_q i_q b_q \lambda_q + 0,5 \gamma'_{gem} b' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma \lambda_\gamma$	[par. 6.5]
maximale funderingsdruk ongedraineerd	: $\sigma'_{max} = (\pi + 2) * c_{u;d} s_c i_c \lambda_c + \sigma'_{v;z;d} \lambda_q$	[par. 6.5.2.2]
effectief funderingsoppervlak	: $A' = b' * l'$	
effectieve breedte	: b'	
effectieve lengte	: l'	
gewogen effectieve cohesie	: c'_{gem}	
verticale korrelspanning aanlegniveau	: $\sigma'_{v;z}$	
gewogen effectief volumiek gewicht	: γ'_{gem}	
draagkrachtfactoren	: $N_c; N_q; N_\gamma$	
vormfactoren	: $s_c; s_q; s_\gamma$	
factor helling belasting	: $i_c; i_q; i_\gamma$	
factor helling maaiveld	: $\lambda_c; \lambda_q; \lambda_\gamma$	
factor helling aanlegniveau	: $b_c; b_q; b_\gamma$	

Toelichting berekening zetting

totale zetting	: $s = s_1 + s_2$	[par. 6.6.2]
primaire zetting	: $s_1 = \sum C_c / (1+e) * d_j * \log((\sigma'_{v;z;0} + \Delta \sigma'_{v;z}) / \sigma'_{v;z;0})$	[par. 6.6.2]
secundaire zetting	: $s_2 = \sum C_\alpha * d_j * \log(t_\infty / t_1)$	[par. 6.6.2]

Bron

Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

BIJLAGE G

Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

Controle uitgangspunten

Voorafgaand aan de uitvoering moet worden gecontroleerd:

- de relatie tussen: bouwpeil, maaiveldhoogte, ontgravingsniveaus, aanlegniveaus, gronddekking en grondwaterstand t.o.v. Ref/NAP,
- de afmetingen van de fundering en de gronddekking,
- de geschiktheid van het materiaal voor de grondverbetering,
- overige relevante uitgangspunten geotechnische rapportages.

Nabijgelegen bebouwing en infrastructuur

Nagegaan moet worden of de werkzaamheden (graven, verdichten en eventueel bemalen) met een aanvaardbaar minimaal risico voor nabij gelegen bebouwing en infrastructuur kunnen worden uitgevoerd. Voor wat betreft bebouwing is hiervoor informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw, de funderingswijze en de bouwkundige staat. Bij negatieve effecten kan het nodig zijn om de uitvoeringswijze of de funderingswijze aan te passen. Zo nodig kan de omgeving voor wat betreft deformaties en trillingen worden gemonitord.

Werkerrein/bouwput

- De ligging van kabels en leidingen dient in beeld te zijn gebracht.
- De ondergrond dient vrij te zijn van obstakels en verstoringen die van invloed kunnen zijn op het graafwerk en het aanbrengen van een grondverbetering.
- Eventuele taluds dienen voldoende flauw te worden ontgraven.
- Voor verdere aanwijzingen met betrekking tot de graafwerkzaamheden wordt verwezen naar publicatieblad P25 van de Arbeidsinspectie.

Kwaliteitseisen grondverbeteringsmateriaal

Zand als aanvulmateriaal voor een goede grondverbetering, dient aan de volgende criteria te voldoen:

- Korrelfractie kleiner dan 0,016 mm, lager dan 5 gewichtsprocenten.
- Korrelfractie kleiner dan 0,063 mm lager, dan 5 tot 10 gewichtsprocenten. Het lage percentage geldt voor grondverbeteringen, waaraan strenge eisen worden gesteld.
- Gelijktigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} van de zandfractie tenminste 2.
- D_{60} = korreldiameter met een zeefdoorval van 60 gewichtsprocenten.
- D_{10} = korreldiameter met een zeefdoorval van 10 gewichtsprocenten.
- Humusgehalte ten hoogste 3 gewichtsprocenten.
- Korrelvorm bij voorkeur enigszins hoekig.
- Niet te droog en niet te nat. Over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 à 12%. Het optimale vochtpercentage is door middel van proctorproeven nauwkeuriger te bepalen.

Het is niet uitgesloten dat een voldoende verdichting kan worden bereikt met zand dat niet geheel aan deze criteria voldoet. Eén en ander zal in dat geval echter proefondervindelijk moeten worden vastgesteld. Veelal is bij zand met een afwijkende samenstelling een grotere inspanning vereist om tot een voldoende resultaat te komen.

Uitvoering ontgraving en verdichting

- Ontgraving over een zodanig grondvlak dat de belasting zich in de grondverbetering kan spreiden onder een hoek van ten minste 45° vanuit de rand van de fundering.
- Afrillen ontgravingsvlak met lichte trilplaat wanneer lagen dicht onder het ontgravingsvlak zijn verstoord of ontspannen. Dit is alleen mogelijk wanneer op of dicht onder het ontgravingsniveau geen cohesieve grond aanwezig is en de drooglegging voldoende is.
- Grondverbetering aanbrengen in lagen met een dikte van hooguit 0,3 m.
- Elke laag mechanisch verdichten door middel van trilapparatuur in minimaal vier gangen, kruislings en overlappend (geen verdichting door aanplempen of inwateren).
- Bij inzet van te zware verdichtingsapparatuur kan de bovenste ca. 0,15 m (beneden aanlegniveau) onvoldoende zijn verdicht. Deze laag in dat geval na verdichten met een lichte trilplaat.
- In de praktijk dient de laagdikte mede te worden afgestemd op het type en de kwaliteit van de trilapparatuur, alsmede op de kwaliteit van het aanvulmateriaal en het te verdichten oppervlak. Ter indicatie onderstaande gegevens voor wat betreft de aan te wenden verdichtingsapparatuur.

<i>Gewicht trilplaat</i> [kN]	<i>Centrifugekracht</i> [kN]	<i>Capaciteit</i> [m ² /uur]	<i>Laagdikte</i> [m]
1,5 à 2	15	200	0,15
2 à 3,5	30	300	0,20
3,5 à 5	40	400	0,30

Controle verdichting

De kwaliteit en verdichting van de grondverbetering dient in overeenstemming te zijn met de uitgangspunten van het ontwerp. In het algemeen kan controle op de verdichting op de navolgende wijzen worden uitgevoerd:

- Handsonderingen in combinatie met handboor. Voordeel is dat de sonderingen op eenvoudige wijze kunnen worden verricht, zodat controle mogelijk is zowel gaande het werk alsook na afloop. Hand-sonderingen kennen daarentegen beperkingen voor wat betreft, het meetbereik (drukcapaciteit), de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand en de diepte. Bovendien kunnen handsonderingen niet worden uitgevoerd beneden de grondwaterspiegel en in grofkorrelige pakketten. Handsonderingen dienen bij voorkeur niet tijdens of na hevige regen te worden uitgevoerd.
- Elektrische sonderingen. Voordeel is dat conusweerstand nauwkeurig worden gemeten en dat er geen beperking is voor wat betreft het meetbereik en de diepte in relatie tot de grondwaterstand. Deze sonderingen vereisen echter wel de inzet van materieel zoals bijvoorbeeld een truck of een minirupsvoertuig.
- Slagsonderingen. Voordeel is de geschiktheid voor metingen in bijvoorbeeld grofkorrelige en gestabiliseerde pakketten en de eenvoudige uitvoering met een compact mobiel apparaat zonder ballast of verankering. Een beperking kan zijn de geringere nauwkeurigheid.
- Plaatdrukproeven. Voordeel is dat deze methode niet alleen geschikt is voor zandlagen maar ook voor grofkorrelige en gestabiliseerde lagen met een dikte van ca. 0,3 tot 0,9 m. De methode geeft daarbij niet alleen inzicht in de verdichting maar ook in de beddingscoëfficiënt van de ondergrond. De proef leent zich daarmee ook voor de controle van de beddingscoëfficiënten die zijn aangehouden voor bijvoorbeeld een vloerberekening.
- Dichtheidsbepalingen overeenkomstig RAW-methodiek met behulp van steekringen, nucleaire meetapparatuur, zandvervangingsmethode e.d. Een beperking is de bewerkelijkheid van de uitvoering in relatie tot het beperkte volume dat wordt gecontroleerd. De methoden zijn meer gebruikelijk in de grond- en wegenbouw en minder in de utiliteitsbouw.

In een grondverbetering bestaande uit verdicht zand worden over het algemeen de volgende weerstanden gemeten:

- Elektrische sonderingen met conusoppervlak 10 of 15 cm²: weerstand gelijkmatig oplopend met 1 MPa per 10 cm tot ten minste 10 MPa op 1,0 m diepte en minimaal 10 MPa in de diepere lagen.
- Handsonderingen met een conusoppervlak van 1 cm²: weerstand gelijkmatig oplopend met 1 MPa per 10 cm tot ten minste 6 MPa op 0,6 m diepte.
- Lichte slagsonderingen (valgewicht 10 kg): slagintensiteit (aantal slagen per 10 cm) gelijkmatig oplopend met 3 slagen per 10 cm tot ten minste 15 slagen per 10 cm op 0,5 m diepte.

Naast controle van de grondverbetering dient tevens de grondslag waarop de grondverbetering wordt aangebracht in de controle te worden betrokken. Afhankelijk van de situatie kan het raadzaam zijn om bij de beoordeling de kennis en ervaring van een geotechnisch adviseur te betrekken.

Grondwater/bemaling

Tijdens de werkzaamheden dient de put of sleuf droog te zijn. Bovendien dient de grondwaterstand zich buiten de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur te bevinden. Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan waardoor verdichting onmogelijk wordt.

Over het algemeen volstaat een grondwaterstand van 0,5 m beneden het werkniveau. Zo nodig moet een bemaling worden aangebracht

Bij een bemaling dient de grondwaterspiegel niet meer te worden verlaagd dan noodzakelijk. De verlaging dient te worden gehandhaafd tot het moment dat een stijging niet ten koste gaat van de kwaliteit van de grondverbetering.

Het onttrekken en lozen van grondwater is aan wet- en regelgeving gebonden. Daarbij geldt voor de bemaling evenals voor de graaf- en verdichtingswerkzaamheden dat deze geen negatieve effecten mogen veroorzaken voor de omgeving. Desgewenst kan ons bureau u hierover nader informeren.

Milieu

Er wordt op gewezen dat milieuaspecten mede met betrekking tot aan- en afvoer van grond, grondverbeteringsmateriaal en lozing van grondwater niet binnen het kader van deze opdracht vallen.

Tot slot

Voor meer richtlijnen wordt verwezen naar:

1. NEN 9997-1 (algemene regels geotechnisch ontwerp) en -2 (grondonderzoek en beproeving).
2. Standaard RAW,
3. Publicatieblad P25,
4. DIN18134-300 (plaatdrukproeven),
5. ISO22476 (lichte slagsonderingen)
6. CROW-rapport 05-01 (verdichtingscontrole via handsonderingen)



Voor meer informatie zie: www.socotec.nl

SOCOTEC NEDERLAND SPECIALIST IN:

Geotechniek en milieu-expertise

Grondonderzoek
Geotechnisch laboratoriumonderzoek
Geotechnisch- en geohydrologisch advies
Bouwplaats- en grondwater monitoring

Waterveiligheid
Uitvoeringsbegeleiding
Milieutechniek

Risicobeheer, verzekering en inspecties

Claims
Controle van de omgeving

Risicoanalyses
Waardebepalingen

Gebouw veiligheid & duurzaamheid

Binnenklimaat
Drinkwaterveiligheid
Gebouw- en techniekinspecties

Gebouwprestatie
Gebouwinformatie