

**Funderingsadvies
Nieuwbouw Klasse Paviljoens de Klokkenberg,
Galderseweg te Breda**

Rapportnummer 2013250-F1

Datum rapport 12-07-2021



Gemeente Breda

Bijlage bij besluit

Z2021-006446-V01

Ven L

Funderingsadvies

Project : Nieuwbouw Klasse Paviljoens de Klokkenberg,
Galderseweg te Breda
Rapportnr. : 2013250-F1
Datum : 12-07-2021
Versie : 1

Opdrachtgever : Landgoed De Klokkenberg Exploitatie B.V.
Fatimastraat 1
4834 XT BREDA

Constructeur : Van Boxsel Engineering
Beneluxweg 13
4904SJ Oosterhout

Opsteller : Ivo van Geloven

Vrijgave : 15-7-2021
X 

Ondertekend door: Ivo van Geloven (Authentication)

INHOUDSOPGAVE

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Locatiegegevens	1
1.3	Plangegevens	1
1.3.1	Bouwplan	1
1.3.2	Verstreckte plangegevens	2
2	Onderzoeksprogramma	3
2.1	Veldonderzoek	3
2.2	Archief-/dossieronderzoek	3
2.3	Overleg / inventarisatie	3
3	Bodem, water en omgeving	4
3.1	Kenmerken locatie en omgeving	4
3.2	Terreinhoogte	4
3.3	Bodem	4
3.3.1	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie	4
3.3.2	Geologie van de planlocatie en omgeving	5
3.4	Water	5
3.4.1	Oppervlaktewater	5
3.4.2	Grondwater	5
3.4.3	Water(gerelateerd)beleid	6
4	Funderingsadvies	7
4.1	Funderingsontwerp	7
4.1.1	Funderingskeuze	7
4.1.2	Keuze subtype fundering op staal	7
4.1.3	Paalkeuze	7
4.1.4	Beschrijving paaltype: Avegaar-, Omega- en buisschroefpaal	7
4.2	Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden	8
5	Berekening fundering op staal (enkel voor westzijde)	10
5.1	Uitgangspunten berekening	10
5.1.1	Rekenmethode	10
5.1.2	Uitgangspunten berekening	10
5.2	Ontgravingsdiepte en grondverbetering	11
5.3	Rekenresultaten	12
6	Berekening fundering op palen	13
6.1	Uitgangspunten berekening	13
6.1.1	Rekenmethode	13
6.1.2	Uitgangspunten berekening	13
6.2	Rekenresultaten	14
6.2.1	Paaldiameter en paalpuntniveau	14
6.2.2	Maximumdraagkracht van de grond op druk	15
6.2.3	Zakking van de bovenkant van de paalfundering	15
7	Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering	17
7.1	Algemeen	17
7.2	Aspecten uitvoering ontgraving / grondverbetering	17
7.3	Richtlijnen ontwerp / uitvoering kelder	17
7.4	Richtlijnen uitvoering avegaar-, buisschroef- en Omegapalen	17

Bijlage

Bijlage A Resultaten grondonderzoek
Bijlage B Resultaten funderingsberekening
Bijlage C Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp
Bijlage D Algemene eisen grondverbetering en verdichting

Lijst met figuren en tabellen

Figuur 1.1 Doorsnedetekening (bron: architect)	1
Figuur 1.2 Situering nieuwbouw westzijde tov bestaande bebouwing	2
Figuur 3.1 Indruk onderzoekslocatie	4
Tabel 1-1 Administratieve kenmerken plan & locatie	1
Tabel 1-2 Kenmerken bouwplan	1
Tabel 1-3 Verstrekte plangegevens	2
Tabel 2-1 Uitgevoerd grondonderzoek	3
Tabel 3-1 Kenmerken locatie en omgeving	4
Tabel 3-2 Kenmerken terreinhoogte	4
Tabel 3-3 Bodemopbouw	4
Tabel 3-4 Geologie	5
Tabel 3-5 Kenmerken oppervlaktewater	5
Tabel 3-6 Kenmerken grondwaterstand	6
Tabel 3-7 Watergerelateerd beleid	6
Tabel 4-1 Geo-score voor Funderingskeuze	7
Tabel 5-1 Rekenfactoren cf. NEN 9997-1	10
Tabel 5-2 Geometrische gegevens	10
Tabel 5-3 Gronddekking	11
Tabel 5-4 Belast(seffect)en en vervormingseisen	11
Tabel 5-5 Geadviseerde ontgravingsniveaus grondverbetering	11
Tabel 6-1 Partiële en correlatiefactoren cf. NEN 9997-1	13
Tabel 6-2 Peilen en niveaus	13
Tabel 6-3 Belasting(seffect)en en vervormingseisen	13
Tabel 6-4 Positieve en negatieve kleeft	14
Tabel 6-5 Paalkarakteristieken gebaseerd op NEN 9997-1:2017 + SBR Handboek funderingen	14
Tabel 6-6 Berekenende en geadviseerde paalpunt-niveaus	14

1 Projectbeschrijving

1.1 Inleiding

Geosonda ontving van Landgoed De Klokkenberg Exploitatie B.V. de opdracht voor het uitbrengen van een funderingsadvies voor het project "Nieuwbouw Klasse Paviljoens de Klokkenberg, Galderseweg te Breda". In dit rapport zal nader worden ingegaan op het uitgevoerde grondonderzoek en de wijze waarop de optredende belasting aan de ondergrond kan worden afgedragen.

Een bemalings- en bouwputadvies zal separaat worden opgesteld.

1.2 Locatiegegevens

De administratieve kenmerken van de locatie zijn samengevat in Tabel 1-1.

Tabel 1-1 Administratieve kenmerken plan & locatie

Locatie-eigenschap	Omschrijving / kenmerk
Naam plan / deelplan:	Klasse Paviljoens de Klokkenberg
Straat/straten / huisnummer(s):	Galderseweg
Plaats (gemeente):	Breda
Provincie:	Noord-Brabant
Waterschap:	Brabantse Delta

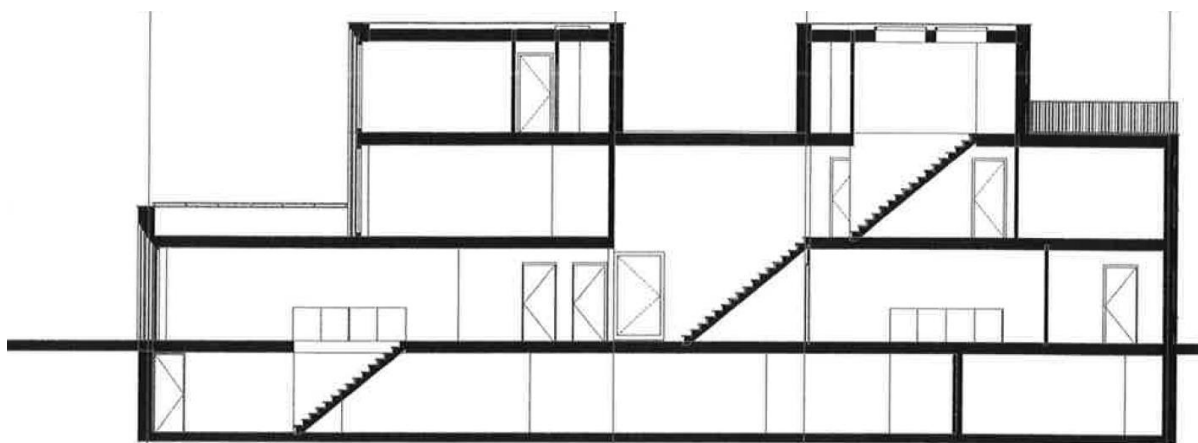
1.3 Plangegevens

1.3.1 Bouwplan

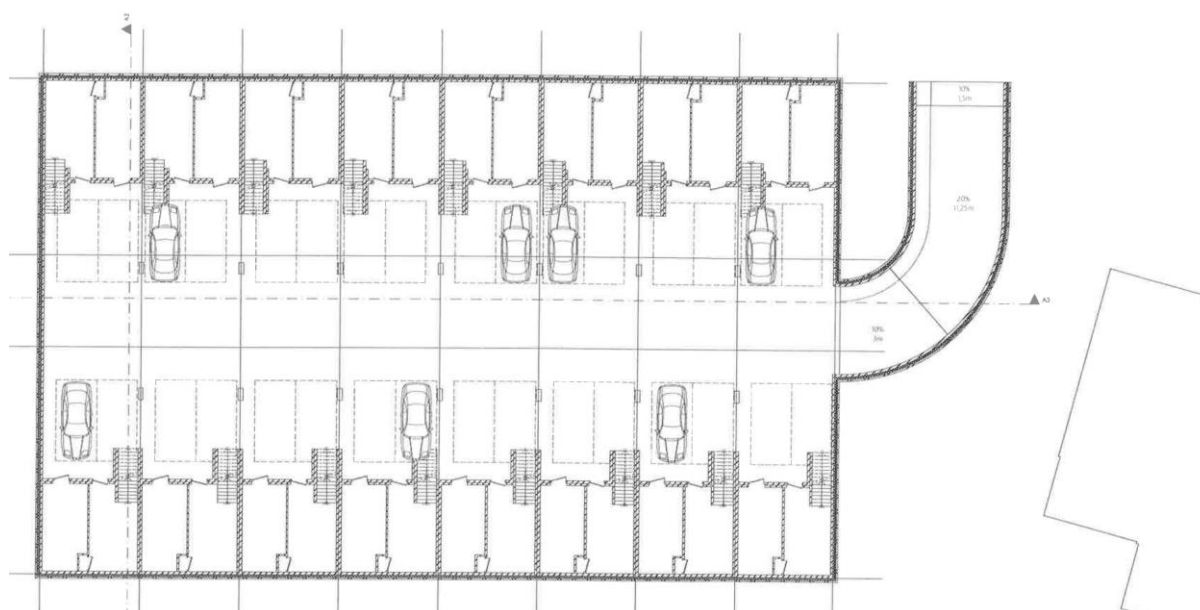
De plankenmerken zijn samengevat in Tabel 1-2.

Tabel 1-2 Kenmerken bouwplan

Eigenschap	Omschrijving	Kenmerken, bijzonderheden, dimensies, opmerkingen
Type bouwplan:	Nieuwbouw	De op de bouwplaats aanwezige vleugels zijn inmiddels gesloopt.
Type bebouwing:	appartementengebouw	grondvlak ca. 48 x 30 m aanlegniveau circa 2,4 m + NAP
Bouwlagen/dak:	1 tot 3 bouwlagen met plat dak	zie Figuur 1.1
Kelder:	Geheel onderkelderd	
Positionering:	vrijstaand, nabij bestaande bebouwing	zie situatieschets in de rapportage grondonderzoek (hoofdstuk 2)



Figuur 1.1 Doorsnedetekening (bron: architect)



Figuur 1.2 Situering nieuwbouw westzijde tov bestaande bebouwing

1.3.2 Verstreckte plangegevens

De kenmerken van de relevante, door of namens de opdrachtgever verstreckte tekeningen zijn weergegeven in Tabel 1-3.

Tabel 1-3 Verstreckte plangegevens

Aantal/ nummer	Soort	Tekenaar	Datum
diverse	plattegronden, doorsnedetekening	Rienks architecten	15-1-2021

2 Onderzoeksprogramma

2.1 Veldonderzoek

Een overzicht van de voor het opstellen van dit rapport gebruikte stukken is weergegeven in Tabel 2-1. De (relevante) onderzoeksgegevens zijn weergegeven in .

Tabel 2-1 Uitgevoerd grondonderzoek

Omschrijving	Uitvoerende partij	Uitgevoerd onderzoek
Rapportage geotechnisch grondonderzoek Project : Nieuwbouw landgoed De Klokkenberg aan de Galderseweg 81-83B te Breda Projectnr. : 17119100-1328 Datum : 3-5-2018	Geosonda	54 x sondering*, 11 x boring* hoogtemeting tov NAP

* van de uitgevoerde sonderingen zijn er circa 12 uitgevoerd ter plaatse van de Klasse Paviljoens

2.2 Archief-/dossieronderzoek

Teneinde inzicht te krijgen in de geologische bodemopbouw van de bouwplaats en omgeving zijn de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van Dinoloket (TNO). Het betreft met name de gegevens van het Landelijk model Regis II.2 en/of GeoTOP 1.3.

2.3 Overleg / inventarisatie

Teneinde te komen tot een optimale funderingskeuze is er gecommuniceerd met de constructeur.

3 Bodem, water en omgeving

3.1 Kenmerken locatie en omgeving

De kenmerken van de locatie en omgeving zijn weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Kenmerken locatie en omgeving

Aspect	Omschrijving
Ligging	op landgoed de Klokkenberg
Bebouwing op de planlocatie:	gesloopt
Bebouwing op de bouwplaats:	gesloopt
Belendingen:	hoofdgebouw



Figuur 3.1 Indruk onderzoekslocatie

3.2 Terreinhoogte

De kenmerken van de terreinhoogte zijn weergegeven in Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Kenmerken terreinhoogte

Meetpunt	Hoogte [m NAP]			Kenmerk / bijzonderheden
	minimaal	maximaal	modaal	
Westzijde	+4,9	+5,2	+5,2	
Oostzijde	+4,2	+5,1	-	

3.3 Bodem

3.3.1 Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie

De kenmerken van de lokale bodemopbouw zijn, tot de maximaal verkende diepte, beschreven in Tabel 3-3.

Tabel 3-3 Bodemopbouw

Diepte tot [m NAP]	Dominante lithologie / samenstelling	Kenmerk / bijzonderheden
+3	zand, humushoudend	
-1 à -3	West: zand, matig vast, met hier een daar een leemlaagje Oost: klei, leem, veen, zand, weinig vast	
-7 à -12	West: zand, vast Oost: zand los tot matig vast	
-15	West: kleiig zand, zandige klei Oost: zand matig vast	

3.3.2 Geologie van de planlocatie en omgeving

De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in Tabel 3-4.

Tabel 3-4 Geologie

Diepte tot* [m NAP]	Formatienaam*	Kenmerken	Dominante lithologie
0	Boxtel	zeer uiteenlopende afzettingen uit het Midden/Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen	zand met fijne korrelgrootte, met plaatselijk leem-, klei-, veen- of humusrijke lagen
-10	Stramproy	eolisch, periglaciaal en fluvioglaciaal zand uit de ijstijden van het Vroeg- tot vroeg Midden Pleistoceen	fijn tot grof zand met uiteenlopende korrelgroottes, met plaatselijk lagen leem, klei, grind
-14	Peize / Waalre	fluviatiele zanden en kleien uit het Vroeg-Pleistoceen, gevormd door de vroegere rivier de Eridanos (from. van Peize, in het noorden van het land) en de oervorm van de Rijn (form. van Waalre, in het zuiden van het land). Omdat deze lagen vertand voorkomen -met name in het midden van het land- wordt geen nader onderscheid gemaakt	Peize: fluviatiel en deltaïsch wit of grijs grof zand en grind, met dunne leem- en kleilagen Waalre: zanden (bij vroegere stroomruggen), uiterst grof tot matig fijn en kleien (bij vroegere komgronden of meren). Plaatselijk komen veenlaagjes voor.
-27	Waalre klei	Laagpakket van Tegelen, Woensdrecht of Hoogerheide	Tegelen: stijve, blauwgrijze klei met dunne zandlaagjes Woensdrecht: fijn zand, met daarboven een enkele meters dikke al dan niet humeuze kleilaag Hoogerheide: fijn, glimmerhoudend zand met een afdekkende kleilaag
-40	Peize/Waalre	Zie boven	
-80	Maassluis	ondiep-mariene zanden en kleien uit het Vroeg-Pleistoceen	kalk-/schelphoudend zand

* Bron: Regis 2.2 en/of GeoTOP 1.3, TNO; de werkelijke dieptes en samenstelling kunnen hiervan afwijken

3.4 Water

3.4.1 Oppervlaktewater

De kenmerken van het oppervlaktewater in de omgeving zijn weergegeven in Tabel 3-5.

Tabel 3-5 Kenmerken oppervlaktewater

Naam / Omschrijving	Type	Afstand tot de locatie [m]	Waterpeil [m NAP]	Overige kenmerken
Mark	Rivier	enkele meters	gemm. Circa +1,5	

3.4.2 Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde grondwaterniveaus zijn weergegeven in Tabel 3-6.

Tabel 3-6 Kenmerken grondwaterstand

Meetpunt [nr.]	Meetdiepte	Meetmoment [datum]	[relatief]	Waterniveau1) [m mv]	[m NAP]
B1	freatisch	28-3-2018	Tijdens boren	1,40	3,36
B2	Freatisch	28-3-2018	Tijdens boren	1,80	3,10
B3	Freatisch	28-3-2018	Tijdens boren	1,55	3,63
B4	Freatisch	28-3-2018	Tijdens boren	1,94	3,21
B5	Freatisch	28-3-2018	Tijdens boren	1,40	3,12
B6	Freatisch	28-3-2018	Tijdens boren	1,10	3,09

¹⁾ Gemeten waterstanden zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat: waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei).

De grondwaterstand zal onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd fluctueren. Op basis van de gegevens van langjarig geregistreerde grondwaterstanden in de omgeving van de locatie wordt aangenomen dat de fluctuatie nabij de Mark circa 1 m bedraagt. Verder van de Markt kan de fluctuatie ca. 2 m bedragen.

Op basis van het totaal aan voorhanden zijnde gegevens, is onze beste schatting, van het grondwaterregime op de locatie, momenteel als volgt:

- ◆ Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG): +3,5 m NAP
- ◆ Gemiddelde grondwaterstand (GMG): +2,5 m NAP
- ◆ Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG): +1,5 m NAP

3.4.3 Water(gerelateerd) beleid

In Tabel 3-7 is een overzicht gegeven van de situering van de locatie ten opzichte van gebieden die beleidsmatig specifieke randvoorwaarden kunnen stellen geohydrologische ingrepen op de locatie.

Tabel 3-7 Watergerelateerd beleid

Beleidsaanduiding	Locatie zelf	Omgeving (relevante afstand)	Opmerking / verwijzing
Provinciale Milieuverordening			
Waterwingebied	nee	nee	
Grondwaterbeschermingsgebied	nee	nee	
Boringsvrije zone	nee	nee	
beschermingszone innamepunt drinkwater	nee	nee	
Keur			
beschermde gebieden waterhuishouding	nee	ja	buitenterrein Klokkenberg, beekdal van de Mark
attentiegebieden natte natuurpleils	ja	ja	

4 Funderingsadvies

4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

Er zijn 3 hoofdtypen fundering, te weten: fundering op staal, diepfundering en een fundering op palen (voor beschrijving/kenmerken zie Bijlage C). Ons oordeel over de (geotechnische) geschiktheid van de onderzochte bodem voor de 3 hoofdtypen fundering is samengevat in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Geo-score voor Funderingskeuze

Aspect	Score*		Diepfundering	Fundering op palen
	Fundering op staal			
	West	Oost		
inspanning nodig om draagkrachtige laag te bereiken	+	-	-	+
inspanning nodig voor opname opwaartse krachten	0	0	0	0
risico op ontoelaatbare verticale verplaatsing (zetting)	+	-	-	+
risico op ontoelaatbare verschilzetting / rotatie	+	-	-	+
risico's tav erosie-, oplos-, krimp- of zwelgevoelige lagen	0	0	0	0
uitvoeringsrisico's archeologie of verontreinigingen	0	0	0	0
kosten (niet onderbouwde inschatting)	+	0	-	0
geo-score (= som plussen en minnen)	+4	-3	-4	+3

* toelichting score:

- + naar verhouding klein
- 0 neutraal / niet bekend / niet relevant
- naar verhouding groot

Rekening houdend met voorgaande is, onzes inziens, vanuit geotechnisch oogpunt, een fundering op staal de preferente funderingskeuze voor de westelijke vleugel. Voor de oostelijke vleugel is een fundering op palen de preferente funderingskeuze.

4.1.2 Keuze subtype fundering op staal

Een fundering op staal is een ondiepe funderingsconstructie die zorgt voor spreiding van de lijn- en/of puntlasten over een grotere oppervlakte. Navolgend wordt uitgewerkt: plaatfundering.

4.1.3 Paalkeuze

In dit rapport wordt een fundering op avegaarpalen-/buisschroefpalen nader uitgewerkt. Omdat aan de oostzijde van de hoofdbouw slappe lagen aanwezig zijn, waarin bovendien gegraven dient te worden ten behoeve van de aanleg van de kelder wordt geadviseerd een paal toe te passen die volledig gewapend kan worden.

Ten aanzien van de paalkeuze dient het volgende te worden opgemerkt:

- ◆ In de bodem komen slappe tot zeer slappe lagen voor. Geadviseerd vooroverleg te plegen met de paalleverancier (en eventueel de gemeente) omtrent mogelijke beperkingen in toepassing van de avegaarpalen. Mogelijk dient de inwendige betonspeciedruk en/of bijvoorbeeld de mengselsamenstelling te worden afgestemd op de te verwachten uitwendige gronddruk.
- ◆ De paalsysteemkeuze is gebaseerd op de voorhanden zijnde en verstrekte gegevens. Aanvullende milieukundige, archeologische, geohydrologische, gemeentelijke of overige randvoorwaarden kunnen aanleiding geven tot wijziging van het paaltype.
- ◆ De keuze voor alternatieve paalsystemen is niet uitgesloten.

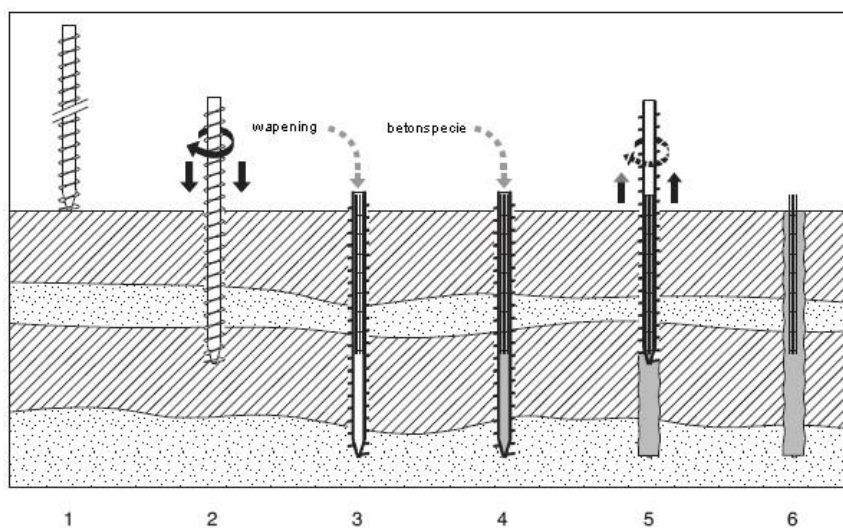
4.1.4 Beschrijving paaltype: Avegaar-, Omega- en buisschroefpaal

Deze paaltypen zijn in de grond gevormde, grondverwijderende paalsystemen op basis van een avegaarboring. Hierbij wordt de avegaar rechtsomdraaiend op diepte geschroefd, waarna de holle

as volgepompt en stilstaand of langzaam rechtsom roterend uit de grond wordt getrokken. Direct na het vervaardigen wordt de wapening in de verse specie aangebracht.

De avegaar bestaat uit een holle as met daaromheen een doorgaand schroefblad. Bij een gewone avegaarpaal is de diameter van de as relatief klein ten opzichte van de diameter van het schroefblad, bij een buisschroefpaal is de diameter van de holle as relatief groter. Bij een Omegapaal wordt gewerkt met een dubbele holle buis en een conisch schroefblad aan de onderzijde.

Het voordeel van de buisschroef- en Omegapaal is, dat door de grotere diameter holle as relatief minder grond vrijkomt, minder grondontspanning optreedt en de wapening beter en betrouwbaarder kan worden aangebracht. Uit proefbelastingen blijkt dan ook dat in de praktijk de palen een wat stijver last-zakkingsgedrag vertonen dan avegaarpalen. Het rekentechnisch paal draagvermogen en last-zakkingsgedrag zijn van deze palen is echter gelijk. Navolgend is het principe van een buisschroefpaal weergegeven.



4.2 Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden

Om de keuze van funderingstype en –elementen te kunnen bekrachtigen, dient:

- ◆ te worden nagegaan of er sprake is van conflicterende uitvoeringsaspecten (zie onder meer hoofdstuk 7).
- ◆ cf. NEN 9997-1 toetsing plaatsvinden van de weerstand en vervorming bij constructieve en geotechnische grenstoestanden in blijvende en tijdelijke situaties:
 - ◆ Bij de beschouwing van een grenstoestand door bezwijken of uitzonderlijke vervorming van een constructief element of van de ondergrond (STR en GEO) moet zijn getoetst dat: $E_d \leq R_d$.
 - ◆ Bij toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestanden in de ondergrond of in een constructief onderdeel, element of constructieve verbinding moet of zijn vereist dat: $E_d \leq C_d$.
 - ◆ Onderzocht moet worden of in de geotechnische constructie dusdanige vervormingen optreden dat een uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand in de bouwconstructie, die direct of indirect wordt beïnvloed door de geotechnische constructie, wordt overschreden ($S_d \leq S_{req}$).

De rekenresultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 6. Door de opdrachtgever en/of ontwerper van de constructie dient, aan de hand van deze rekenresultaten, te worden vastgesteld:

- ◆ met welke paalpuntniveau(s), paaltype, en paalafmeting(en) de benodigde draagkracht kan worden behaald.

 of de zettingsverwachting acceptabel is¹.

Opmerking

Zoals vermeld in NEN 9997-1 artikel 2.4.9 wordt voor woonfuncties en -gebouwen, en tenzij nader gedefinieerd ook voor overige gebouwen en bouwwerken, voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) in het algemeen aangehouden dat de scheefstand ω en/of de relatieve rotatie β_x niet de waarde 1:300 mag overschrijden. Als eis voor de uiterste grenstoestand (UGT) type B wordt vaak een relatieve rotatie β van 1:100 aangehouden. In de regel zal derhalve de bruikbaarheidsgrenstoestand bepalend zijn.

¹ Conform NEN 9997-1 kan de toetsing aan de grenswaarden voor verplaatsing feitelijk niet door de geotechnische ontwerper worden gedaan, omdat de eisen met betrekking tot de zakking (voor zowel de uiterste grenstoestand als voor de bruikbaarheidsgrenstoestand) afhankelijk zijn van de specifieke kenmerken van de constructie.

5 Berekening fundering op staal (enkel voor westzijde)

5.1 Uitgangspunten berekening

5.1.1 Rekenmethode

- ◆ In het rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald volgens NEN 9997-1 voor axiaal op druk belaste funderingselementen (stroken, poeren en plaatfundering) met statische of quasi-statische daarop werkende krachten en met een gronddekking van ten hoogste $5 \times$ de breedte van de basis van de fundering.
- ◆ de draagkrachtberekeningen zijn uitgevoerd voor de gedraineerde en eventueel de ongedraineerde toestand, doorponsen en squeezing.
- ◆ Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen is een representatief bodemprofiel opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van tabel 2.b in NEN 9997-1 om de karakteristieke waarden van deze grondeigenschappen te bepalen.

Opmerking

- ◆ Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is. Indien de grond is geroerd of vergraven, kan het gedrag van de bodem significant anders zijn dan aangenomen.
- ◆ De gunstige invloed van grondverbetering is, uitgaande van uitvoering zoals beschreven in § 5.2, meegenomen in de berekening van de draagkracht en vervormingen.
- ◆ onmiddellijke zetting (s_0) ten gevolge afschuifvervorming en volumevermindering cf. § 6.6.2 verwaarloosbaar zijn gesteld.

5.1.2 Uitgangspunten berekening

De berekeningsaannamen/-uitgangspunten zijn weergegeven in navolgende tabellen. Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten wordt verder gewerkt.

Tabel 5-1 Rekenfactoren cf. NEN 9997-1

Thema	Waarde	Uitleg / verklaring
verzameling partiële weerstandsfactoren	R3	toetsing draagkracht en vervorming in de uiterste grenstoestanden bij bezwijken of buitensporig vervormen van de constructie (STR) en de ondergrond (GEO)
Verzameling partiële factoren γ_M grondparameters	N2	
spanningsconcentratiefactor zetting m_σ	3	de belasting voor de zettingsberekeningen worden in beginsel afgeleid van de maximale draagkracht van de bodem (tenzij anders afgesproken)

Tabel 5-2 Geometrische gegevens

Thema	Waarde	Uitleg / verklaring
Bouwpeil [m NAP]	+5,4	
Maaiveld [m NAP]	+5,0	
hoek van het maaiveld met de horizontaal [°]	0	verwaarloosbaar gesteld
Aanlegniveau kelder [m NAP]	+2,4	De grondontspanning die optreedt ten gevolge van de bouwputontgraving, is verdisconteerd in de zakkingsberekening.
maximale grondwaterst. [m NAP]	+3,5	
minimale grondwaterst.[m NAP]	+1,5	

Tabel 5-3 Gronddekking

Thema	Waarde	Uitleg / verklaring
Aangehouden niveau gronddekking <i>De draagkracht is onder meer afhankelijk van de gronddekking. Met gronddekking wordt bedoeld de minimale diepte van het aanlegniveau ten opzichte van de zich er direct naast bevindende grondslag (tijdens de levensduur van het bouwwerk, dus ook als deze slechts tijdelijk voorkomt).</i>	0,7	 Bij kelders wordt door ons bureau doorgaans gerekend met een gronddekking van maximaal 0,7 m.

Tabel 5-4 Belast(seffect)en en vervormingseisen

Thema	Waarde	Uitleg / verklaring
rekenwaarde belasting [kN]	-	niet bekend
maximaal toelaatbare verplaatsing (sreq) [mm]	-	niet opgegeven

5.2 Ontgravingsdiepte en grondverbetering

Rekening houdend met de uitgangspunten zoals weergegeven in § 5.1, wordt geadviseerd om de grond tot de in Tabel 5-5 aangegeven diepte te vervangen door een goed verdicht zandpakket (grondverbetering in de vorm van grondvervanging).

Tabel 5-5 Geadviseerde ontgravingsniveaus grondverbetering

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m NAP]	Ontgravingsniveau tbv grondverbetering ¹⁾ [m NAP]
11	4,91	+1,5
12	5,09	+3,1
13	5,18	+2,6
14	5,18	+2,7
15	5,21	+2,4
16	5,13	+3,8

¹⁾ Opmerking:

-  Wanneer het aanlegniveau dieper is dan het geadviseerde ontgravingsniveau, dan hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd en kan de fundering, na verdichting, direct op de aanwezige grondslag worden aangelegd.
-  Indien de vrijkomende grond voldoende verdichtbaar is (bv. wanneer het zwak siltig, zwak humushoudend, los zand betreft), kan deze ter plaatse worden hergebruikt voor grondverbetering.

Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingsniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen kan als ontgravingsniveau tussen de sonderingen het laagverloop worden aangehouden. Bestaat de onderste 0,2 à 0,4 meter uit los gepakt goed te verdichten zand dan behoeft dit niet te worden verwijderd maar kan, indien de vochtigheidsgraad dit toelaat, direct worden verdicht.

Wanneer op het ontgravingsniveau ten behoeve van de fundering insluitingen van slechte grond of andere ongewenste zaken zijn vastgesteld, moeten de ongewenste insluitingen tot de vaste natuurlijke grondslag worden vervangen door zand of door een materiaal dat ten minste de eigenschappen qua draagkracht en vervorming heeft die als uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebruikt. Ongewenste zaken onder een funderingselement kunnen zijn:

-  cohesieve afzettingen (klei, veen);
-  vegetatieresten (wortels, boomstronken);
-  oude waterlopen;
-  oude funderingen, putten, buizen e.d.

Voor de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de uitvoering van de grondverbetering voldoet aan de eisen zoals gesteld in NEN 9997-1 H5 en eventuele overige eisen vermeldt in dit rapport.

5.3 Rekenresultaten

De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage B; STB A.

Opmerking

- ◆ Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet, voor toetsing van de vervorming, worden gerekend met een zakkingsverschil (ΔS_d) tussen twee afzonderlijk op staal gefundeerde elementen van in beginsel tenminste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakking van de funderingselementen.

6 Berekening fundering op palen

6.1 Uitgangspunten berekening

6.1.1 Rekenmethode

- ◆ In het rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald van axiaal op druk belaste funderingselementen.
- ◆ De draagkracht en vervorming van de grond is berekend volgens conform NEN 9997-1, uitgaande van ontwerpbenadering 3.
- ◆ De bodemparameters zijn, voor zover niet rechtstreeks afkomstig van de sondeerdata, afgeleid van NEN 9997-1 tabel 2.b.
- ◆ Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

6.1.2 Uitgangspunten berekening

De berekeningsaannamen/-uitgangspunten zijn weergegeven in navolgende tabellen. Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten wordt verder gewerkt.

Tabel 6-1 Partiële en correlatiefactoren cf. NEN 9997-1

Thema	Waarde	Uitleg / verklaring
verzameling partiële weerstandsfactoren	R3	toetsing draagkracht en vervorming in de uiterste grenstoestanden bij bezwijken of buitensporig vervormen van de constructie (STR) en de ondergrond (GEO)
partiële weerstandsfactor γ_b , γ_s en γ_t voor op druk belaste palen	1,2	uitgaande van de berekening van de draagkracht op basis van sonderingen. Conform NEN 9997-1 A 3.3.2
partiële weerstandsfactor γ_s ; γ_t voor op trek belaste palen	1,35	
correlatiefactoren ξ_3 en ξ_4	1,30	uitgaande van een niet stijf bouwwerk en presentatie van de draagkracht per afzonderlijke sondering en 3 maatgevende sonderingen per groep
partiële belastingsfactor γ_f ; n_k	1,0	berekening uitgevoerd volgens NEN 999701 § 7.3.2.2(d)

Tabel 6-2 Peilen en niveaus

Thema	Waarde	Uitleg / verklaring
Bouwpeil [m NAP]	+5,4	
Maaiveld [m NAP]	+5	
Paalkopniveau [m NAP]	+2,4	
maximale grondwaterst. [m NAP]	+3,5	
minimale grondwaterst. [m NAP]	+1,5	

Tabel 6-3 Belasting(seffect)en en vervormingseisen

Thema	Waarde	Uitleg / verklaring
rekenwaarde paalbelasting [kN]	-	niet bekend
maximaal toelaatbare verplaatsing (s_{req}) [mm]	-	niet opgegeven

Tabel 6-4 Positieve en negatieve kleeft

Thema	Waarde	Uitleg / verklaring
startniveau positieve kleeft [m NAP]	Westzijde: ca. +1 Oostzijde: ca. -2	Conform NEN 9997-1 § 7.6 is, voor op druk belaste palen, schachtwrijving berekend voor de grondlagen boven paalpuntniveau tot het niveau dat deze overwegend bestaan uit zand en klei- en leemlagen met sondeerwaarden groter dan 2 MPa
eindniveau negatieve kleeft [m NAP]	Westzijde: nvt Oostzijde ca. -2	De te verwachten maaiveldzakking na installatie van de palen AAN DE WESTZIJDE is bij de aangetroffen bodemopbouw kleiner dan 0,02 m, zodat negatieve kleeft nauwelijks invloed op het zakkingsgedrag van de paal. Derhalve is conform NEN 9997-1 geen negatieve kleeft in rekening gebracht. Omdat de verwachte potentiële maaiveldzakking na het installeren van de palen AAN DE OOSTZIJDE meer dan 0,1 m bedraagt, is de maximumwaarde van de negatieve kleeft F_{nk} beschouwd als een belasting op de palen.

Tabel 6-5 Paalkarakteristieken gebaseerd op NEN 9997-1:2017 + SBR Handboek funderingen

Paaltype:	α_p	α_s^*	α_t^*	β	L-Z diagr.	Bijzonderheden
(Buis)schroef-/ Omegapaal	0,56	0,006	0,0045	1,0	1 - 2	qc;III;gem. maximaal 2 MPa

* voor zand en zand/grindhoudende grond. Voor klei-, leem of veenlagen wordt, cf. NEN 9997-1 art. 7.6.1.1, door ons bureau schachtwrijving buiten beschouwing gelaten.

6.2 Rekenresultaten

6.2.1 Paaldiameter en paalpuntniveau

De draagkracht en vervormingen zijn bepaald voor (Buis)schroefpalen rond 400, 450 en 500 mm.

De paalpuntniveaus waarvoor de draagkracht is berekend, inclusief de vanuit geotechnisch oogpunt preferente paalpuntniveaus (indien aanwezig), zijn weergegeven in Tabel 6-6.

De uiteindelijke keuze van paalpuntniveau(s), paaltype, en paalafmeting(en) dient door de opdrachtgever en/of constructeur te geschieden, op basis van deze tabel en de rekenresultaten (zie § 6.2.2).

Tabel 6-6 Berekende en geadviseerde paalpuntniveaus

Sondering [nr.]	Maaiveldhoogte [m NAP]	Paalpuntniveau [m NAP] Berekend	Preferent
Westzijde			-
11	4,91	-1,0 t/m -3,0	-
12	5,09	-1,0 t/m -3,0	
13	5,18	-1,0 t/m -3,0	
14	5,18	-1,0 t/m -3,0	
15	5,21	-1,0 t/m -3,0	
16	5,13	-1,0 t/m -3,0	
Oostzijde			
27	5,09	-8,5 t/m -9,0	
28	5,05	-8,5 t/m -9,0	
29	4,90	-8,5 t/m -9,0	
30	4,19	-8,5 t/m -9,0	
31	4,38	-8,5 t/m -9,0	
32	4,44	-8,5 t/m -9,0	

Opmerkingen / toelichting

- ◆ **Preferente paalpuntniveaus** zijn niveaus die onzes inziens vanuit geotechnisch oogpunt de voorkeur hebben. Het zijn niveaus die bijvoorbeeld geen significante beperkingen kennen ivm

dikte van de draagkrachtige bodemlaag, de aanwezigheid van slechte / samendrukbare lagen, uitwisselbaarheid van paalpuntniveaus en/of diepte van de paal in het zandpakket. De preferente niveaus zijn niet bedoeld als bindend advies.

- ◆ Indien er onzes inziens geen paalpuntniveaus zijn te onderscheiden die een duidelijke voorkeur genieten boven andere (in positieve dan wel negatieve zin), is dit aangegeven met “-”.
- ◆ Als leidraad voor de aan te houden diepte van avegaarpalen tussen twee sonderingen dient de sondering met het diepste paalpuntniveau te worden gevolgd.

6.2.2 Maximumdraagkracht van de grond op druk

De rekenresultaten zijn, voor de geadviseerde paalpuntniveaus, per sondering weergegeven in de tabel(len) in Bijlage B. Weergegeven zijn met name:

- ◆ $q_{b,max}$: de berekende paalpuntweerstand
- ◆ $R_{s,cal,max}$: de schachtwrijving
- ◆ $R_{b,cal,max}$: maximumdraagkracht van de paalpunt
- ◆ $R_{c,d}$: de rekenwaarde van de maximumdraagkracht
- ◆ $F_{s,nk;d}$: eventuele belasting door negatieve kleef
- ◆ $R_{c,net;d}$: de rekenwaarde van de netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk;d}$).

In Bijlage B is, voor sondering 13 een rekenvoorbeeld weergegeven van: een buisschroefpaal met een schachtafmeting van 400 mm

Opmerking

- ◆ Indien de palen een flexibele c.q. niet stijve constructie ondersteunen, moet cf. NEN 9997-1, ervan worden uitgegaan dat de weerstand op druk van de minst draagkrachtige paal maatgevend is voor het ontstaan van een uiterste grenstoestand. Het draagvermogen van een paal dient derhalve te zijn afgestemd op de laagste draagkracht op hetzelfde paalpuntniveau van de omliggende sonderingen.
- ◆ De vermelde draagkracht wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

6.2.3 Zakking van de bovenkant van de paalfundering

Over het algemeen wordt ten behoeve van de constructie een veercoëfficiënt gehanteerd welke in functie van last en verkorting is bepaald. Voor de statische veercoëfficiënt van de kop van een vrijstaande op druk belaste paal geldt:

$$K_{v,rep} = F_{rep} / S_{1,bgt}$$

$K_{v,rep}$	representatieve waarde van de statische veercoëfficiënt
F_{rep}	representatieve waarde van de paalbelasting ($F_{c,rep} + F_{nk,rep}$)
$S_{1,bgt}$	paalkopzakking in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT / SLS)

$$S_{1,bgt} = S_{el} + S_b$$

S_{el}	elastische verkorting van de paal
S_b	zakking van de paalpunt

$$K_{v,d} = k_{v,rep} / \gamma_{m;k}$$

$K_{v,d}$	rekenwaarde van de statische veercoëfficiënt
$K_{v,rep}$	representatieve waarde van de statische veercoëfficiënt
$\gamma_{m;k}$	hiervoor wordt een waarde 1,3 aangehouden

Indicatief achten wij in dit stadium onderstaande veercoëfficiënt toepasbaar. Deze is gebaseerd op ca. 80% van de maximale belasting voor de sondering en afzetniveau zoals berekend. De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage B.

Opgemerkt wordt dat bij paalgroepen waarbij de h.o.h. afstand kleiner is dan 10 maal de kleinste paalvoetdoorsnede in principe in de paalkopzakking de zakking dient te worden verdisconteerd in de lagen beneden het niveau van 4 maal de kleinste dwarsafmeting van de paalpunt. Dit is vooralsnog niet nader beschouwd

7 Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering

7.1 Algemeen

- ◆ Voor richtlijnen en aandachtspunten voor uitvoering en ontwerp, wordt verwezen naar Bijlage C.
- ◆ Eventuele terreinophogingen dienen voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden worden aangebracht.

7.2 Aspecten uitvoering ontgraving / grondverbetering

- ◆ Voor richtlijnen en eisen omtrent de uitvoering en controle van grondverbetering en verdichting wordt verwezen naar Bijlage D.
- ◆ Grondverbetering moet ten minste het gebied bestrijken, waarin de belasting zich onder een hoek van 45° spreidt. De laagdikte van de te verdichten laag dient bij voorkeur hooguit 30 centimeter te bedragen, waarbij het grondwater zicht ten minste 0,5 m onder de te verdichten laag bevindt. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodem te worden aangetrild. De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN 9997-1.

7.3 Richtlijnen ontwerp / uitvoering kelder

- ◆ Om lekkage te voorkomen wordt geadviseerd de kelderwanden tot boven de hoogste grondwaterstand eveneens uit te voeren in gewapend beton.
- ◆ Geadviseerd wordt na te gaan of in de meest ongunstige situatie (ook tijdens de bouwfase) het eigen gewicht van de constructie (exclusief de veranderlijke belasting) voldoende is om de opwaartse waterdruk, t.g.v. de hoogste grondwaterstand, tegen de onderkant van de kelder te compenseren.
- ◆ Bouwputaspecten zoals bijvoorbeeld bemaling, taludstabiliteit, grondkering en de eventuele randvoorwaarden die deze aspecten direct of indirect stellen aan het bouwplan vallen buiten het kader van dit rapport.

7.4 Richtlijnen uitvoering avegaar-, buisschroef- en Omegapalen

Voor richtlijnen en aanwijzingen voor uitvoering van avegaarpalen wordt verwezen naar:

- ◆ NEN-EN 1536:2010+A1:2015 en - Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Boorpalen;

Volgens handboek funderingen dient de minimale hart-op-hart-afstand tussen palen bij uitvoering normaliter 2,25 à 2,5 d_{voet} te zijn indien de naburige palen een ouderdom van minimaal 4 uur hebben bereikt (bij toepassing van een vertrager dient deze periode evenredig te worden verlengd).

Bij een kortere wachttijd geldt een minimale h.o.h.-afstand van 4x d_{voet} of 2 m.

De minimale tussenafstand tot belendingen bedraagt normaliter 0,4 à 0,6 m. Bij kleinere tussenafstanden moet de invloed van de uitvoering op de fundering van belending worden onderzocht.

In beginsel dienen de avegaarpalen gemaakt te worden vanaf een werkniveau dat er geen potentiaalsprong is tussen de freatische grondwaterspiegel en de stijghoogte van het grondwater in diepere watervoerende lagen (waarin de paal wordt geboord). Dit aspect is met name relevant bij de aanwezigheid van spanningswater of toepassing van een bemaling.



2013250-F1-v1,12-07-2021

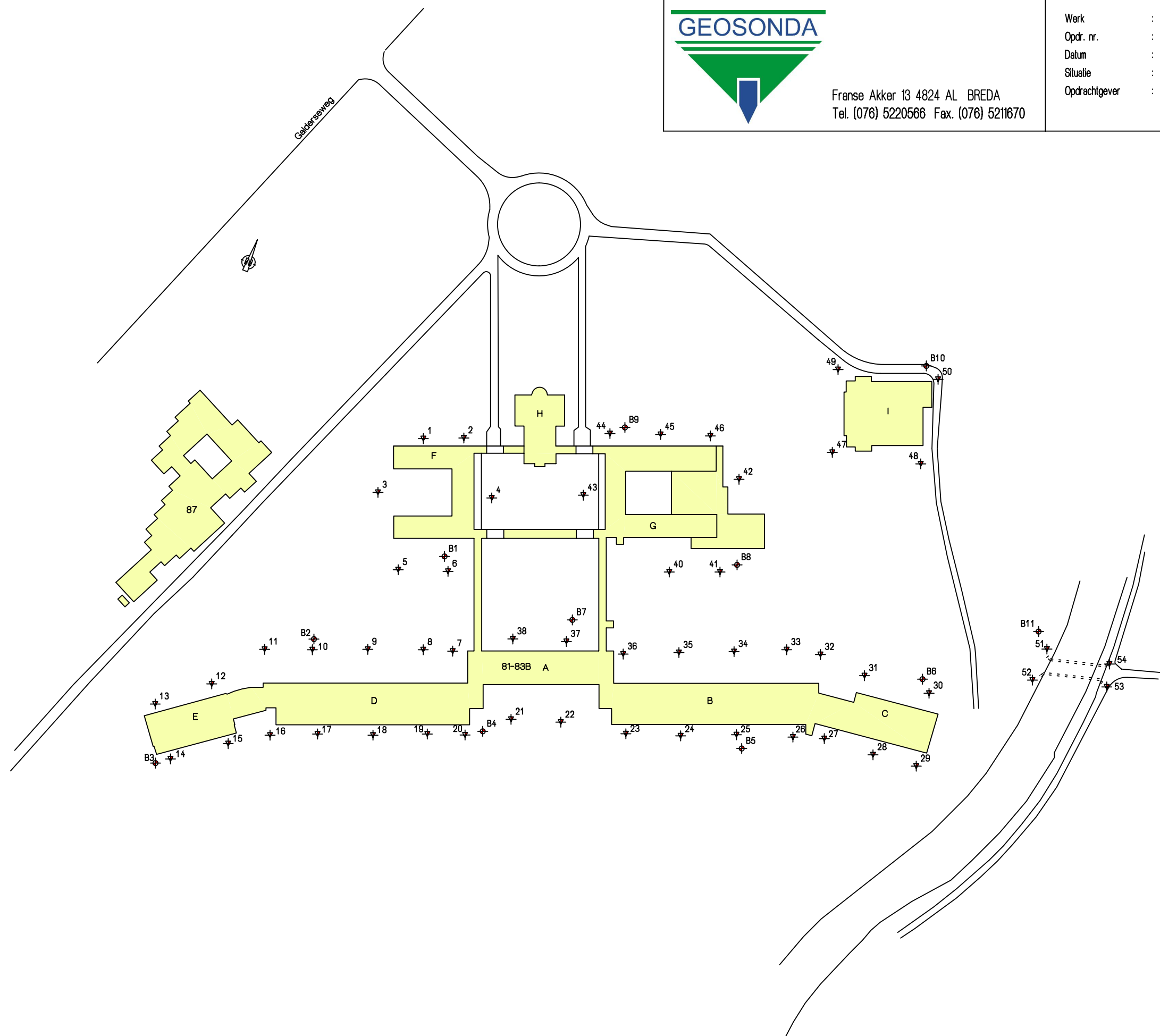
Nieuwbouw Klasse Paviljoens de Klokkenberg, Galderseweg te Breda

Bijlage A Resultaten grondonderzoek



Franse Akker 13 4824 AL BREDA
Tel. (076) 5220566 Fax. (076) 5211670

Werk : Breda
Opdr. nr. : 17119100-1328
Datum : 26 feb, 14, 19, 26 maart & 26 april 2018
Situatie : ca. 1 : 2000
Opdrachtgever : Schonck, Schul & Compagnie
Fatimastraat 1, 4834 XT Breda



Legenda	
	sondering
	sondering + boring
	boring
	referentiepunt



Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 11

Plaats: Breda

Datum: 26-2-2018

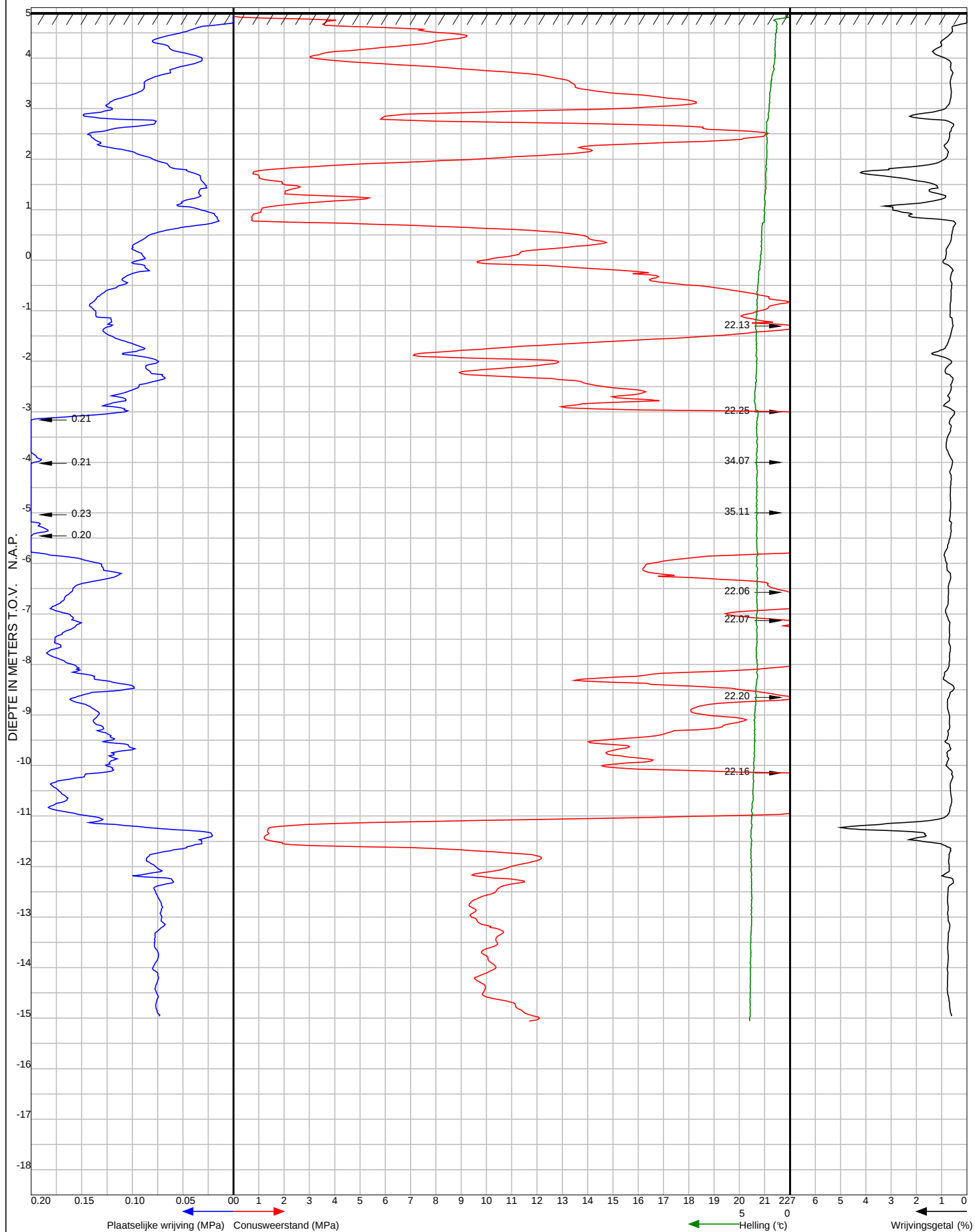
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 4.91 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 12

Plaats: Breda

Datum: 26-2-2018

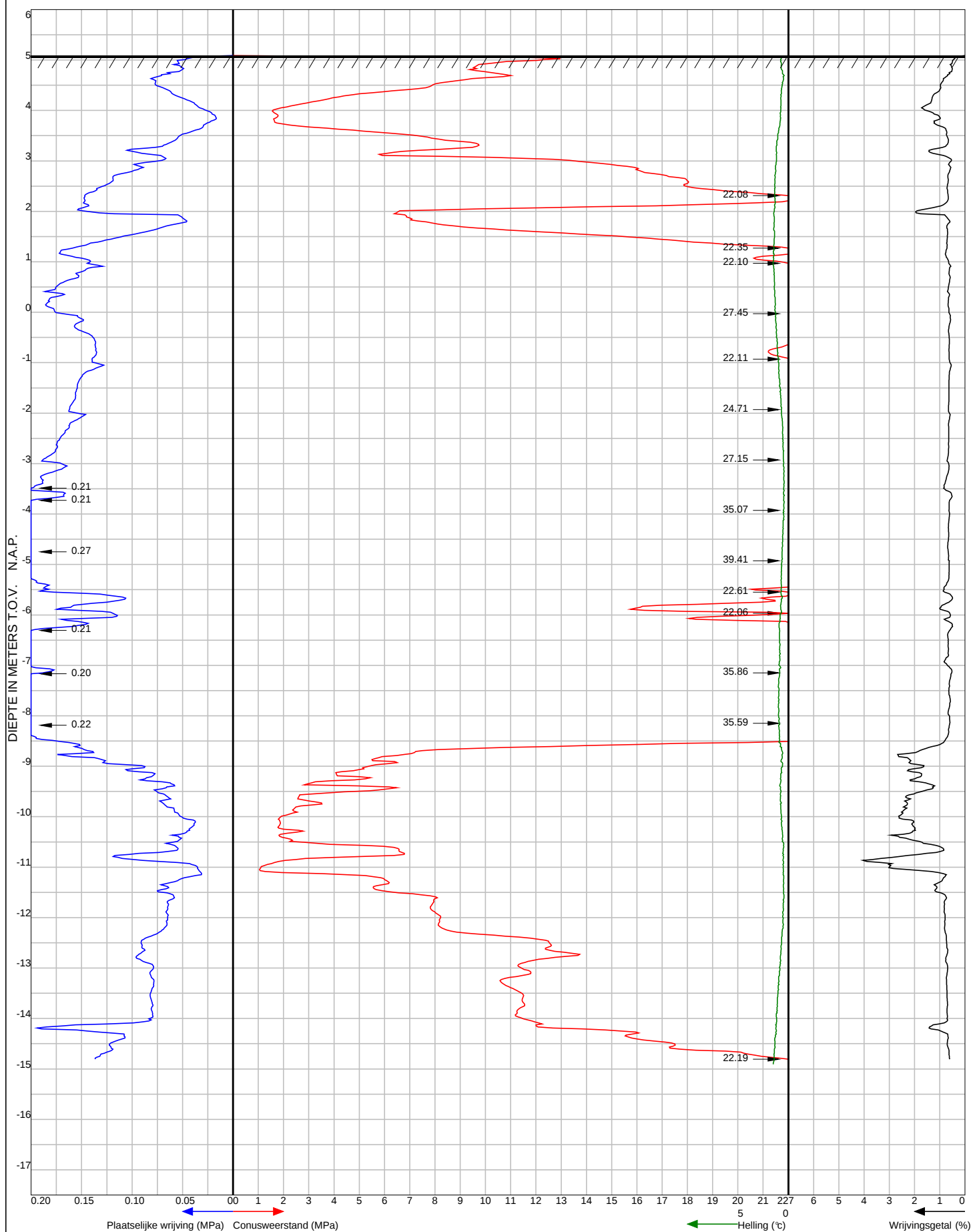
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 5.09 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 13

Plaats: Breda

Datum: 21-3-2018

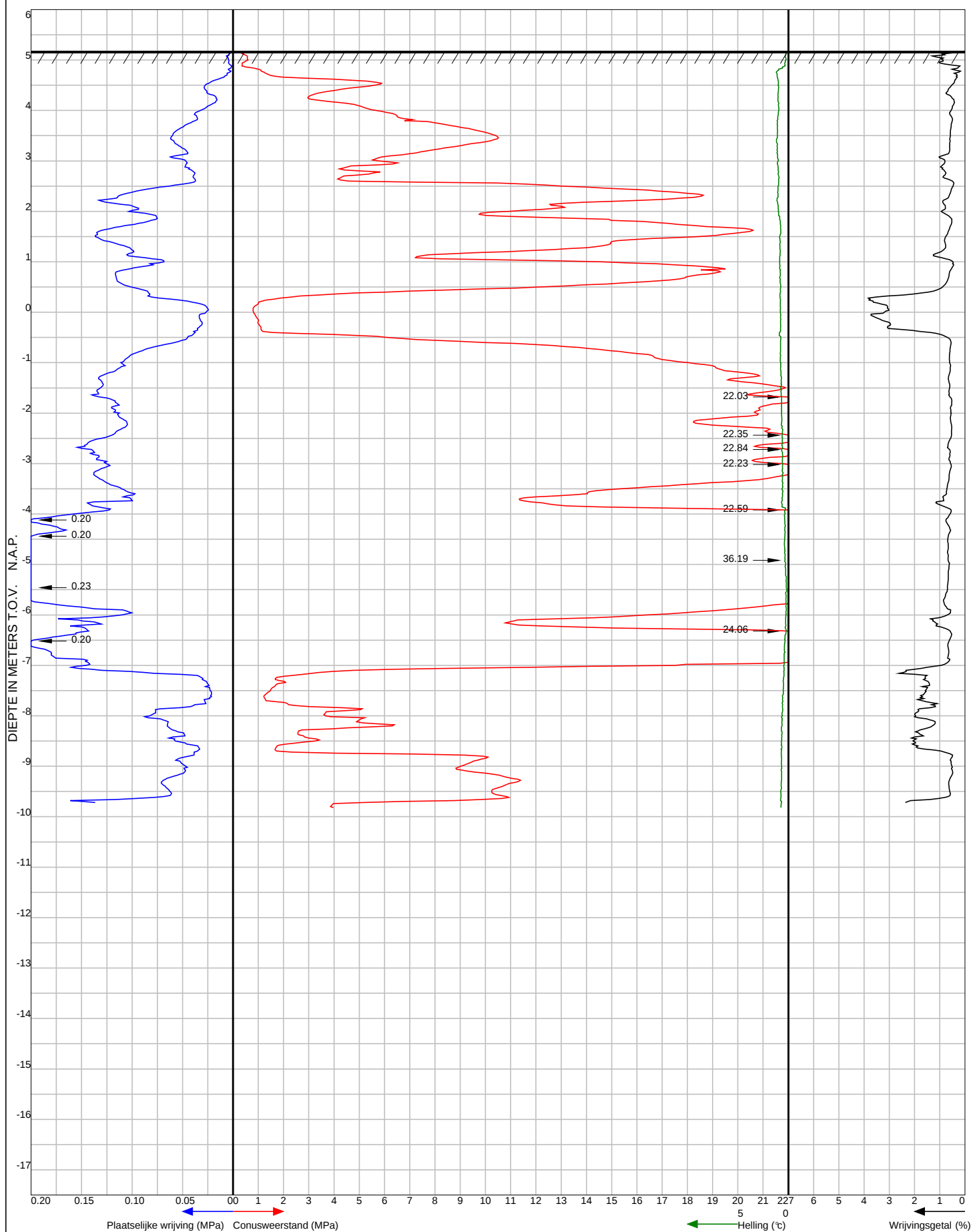
Locatie: Galderseweg 91

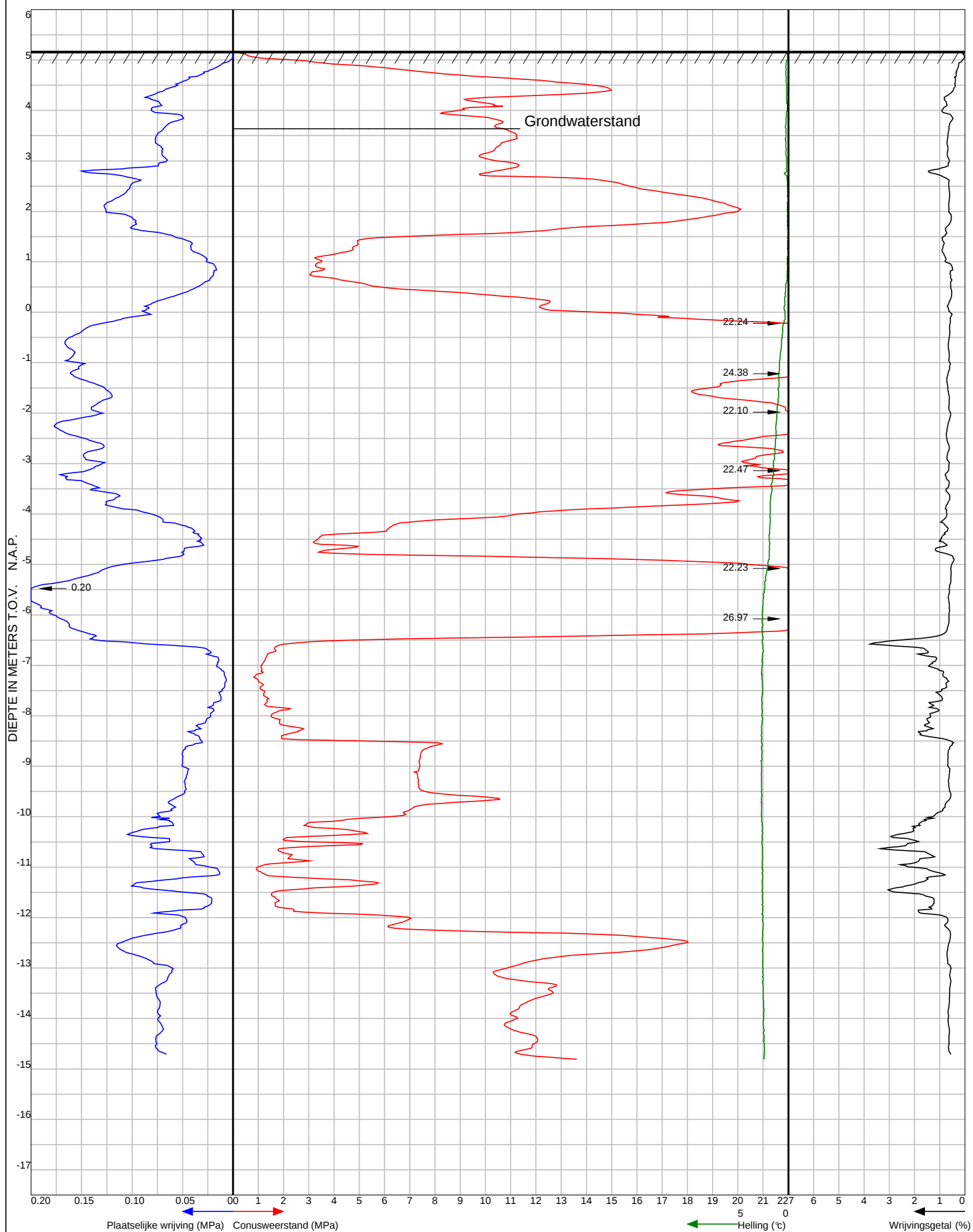
Maaiveldhoogte: 5.18 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2







Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 15

Plaats: Breda

Datum: 19-3-2018

Locatie: Galderseweg 91

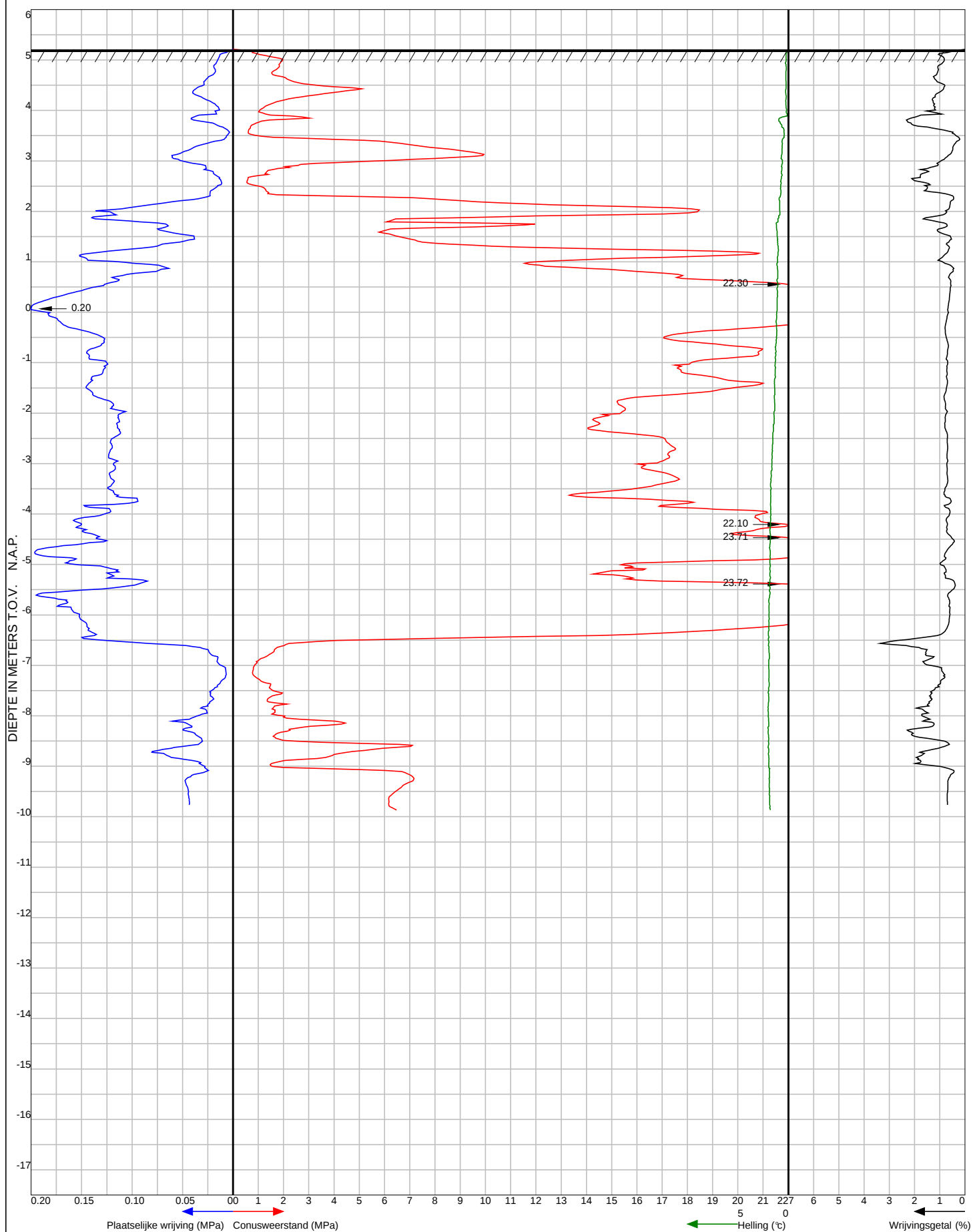
Maaiveldhoogte: 5.21 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld

NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 16

Plaats: Breda

Datum: 19-3-2018

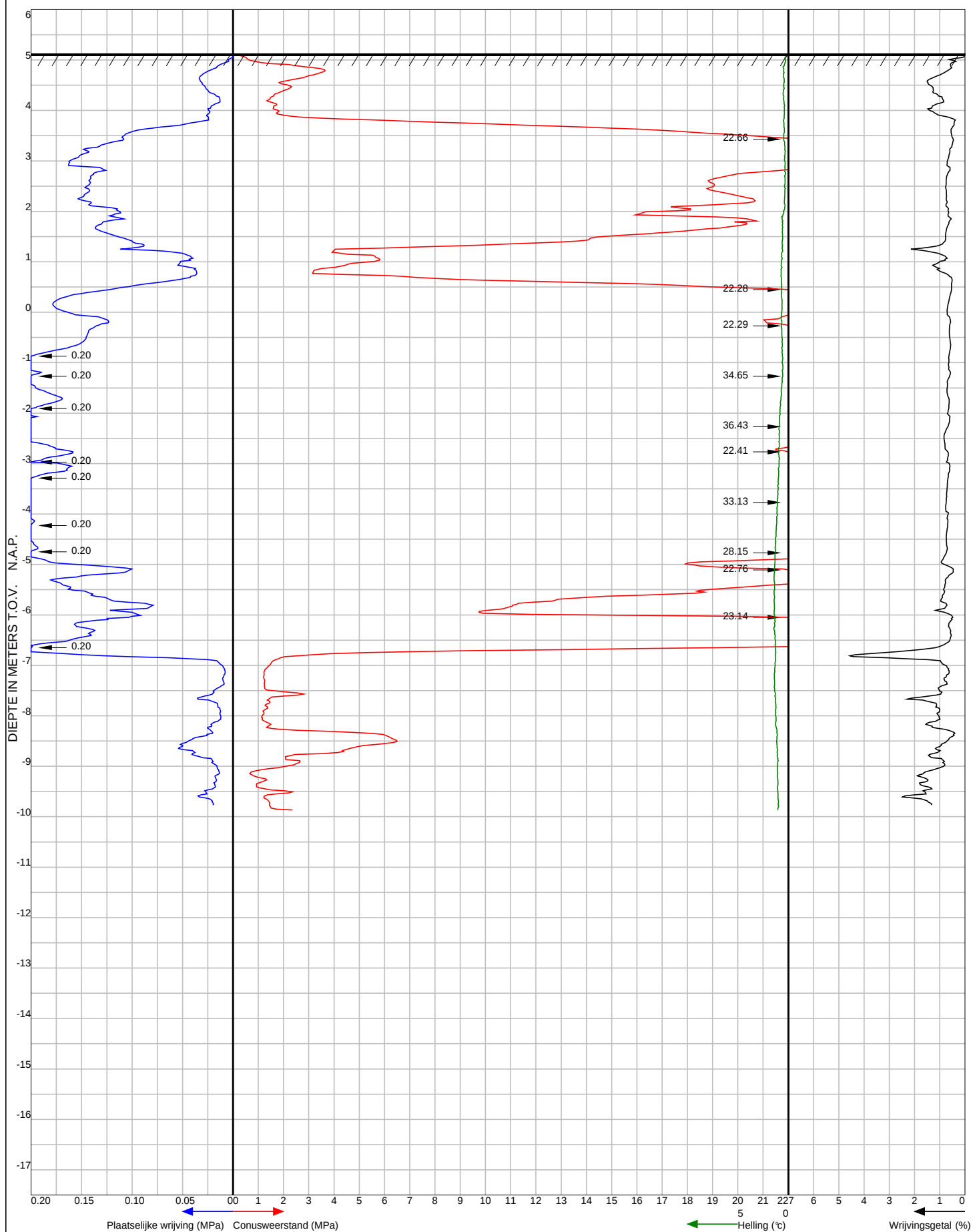
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 5.13 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 27

Plaats: Breda

Datum: 19-3-2018

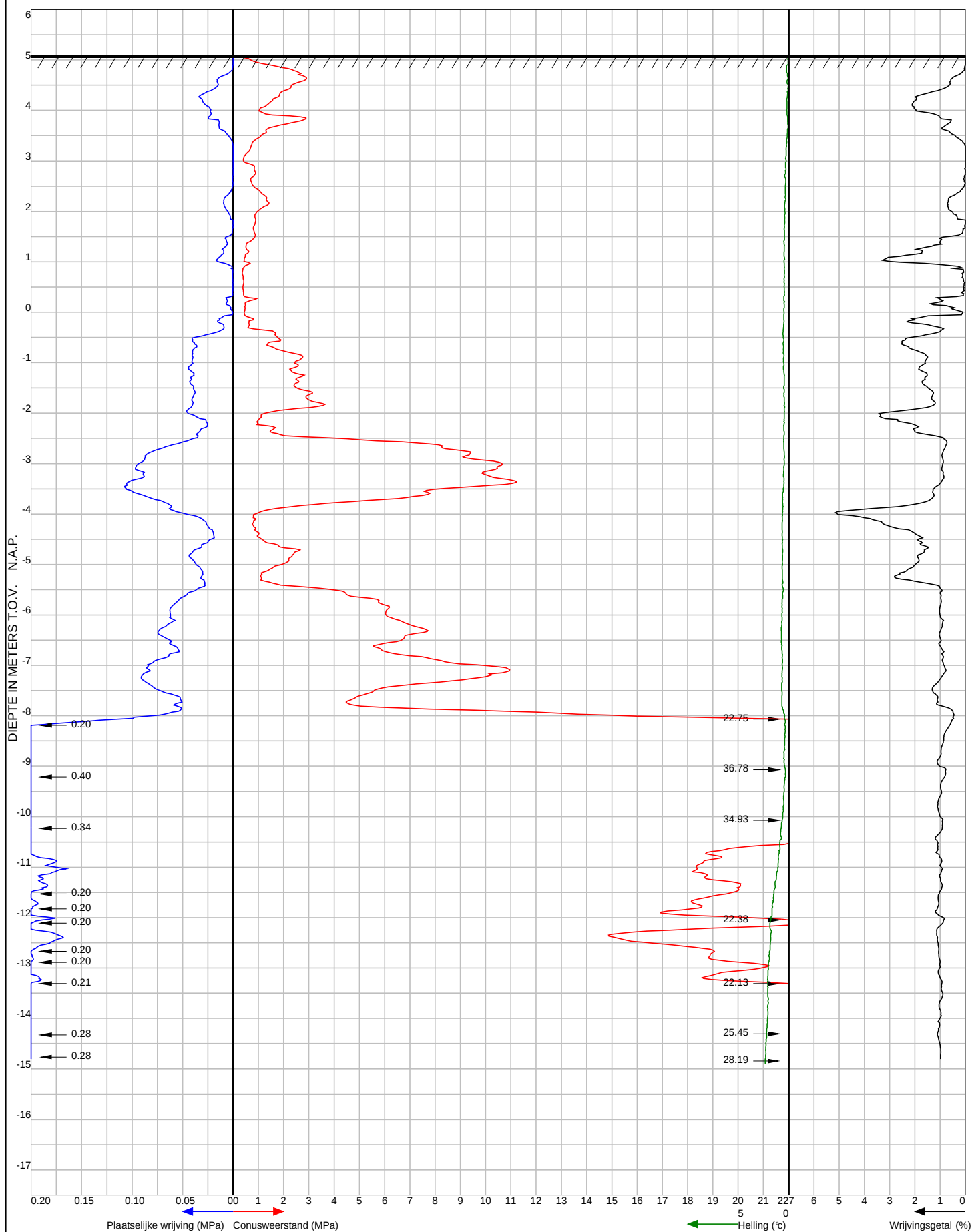
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 5.09 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 28

Plaats: Breda

Datum: 19-3-2018

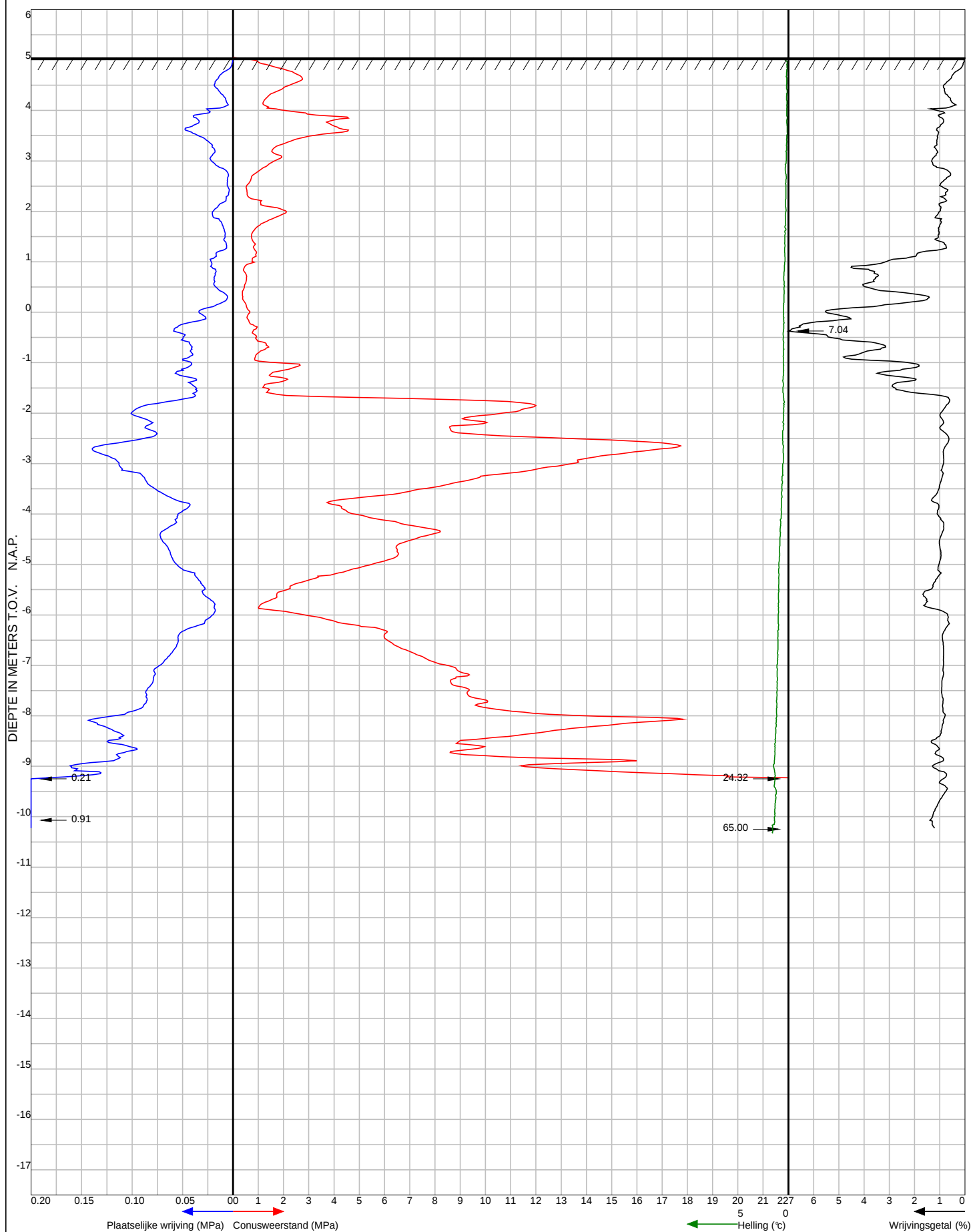
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 5.05 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 29

Plaats: Breda

Datum: 19-3-2018

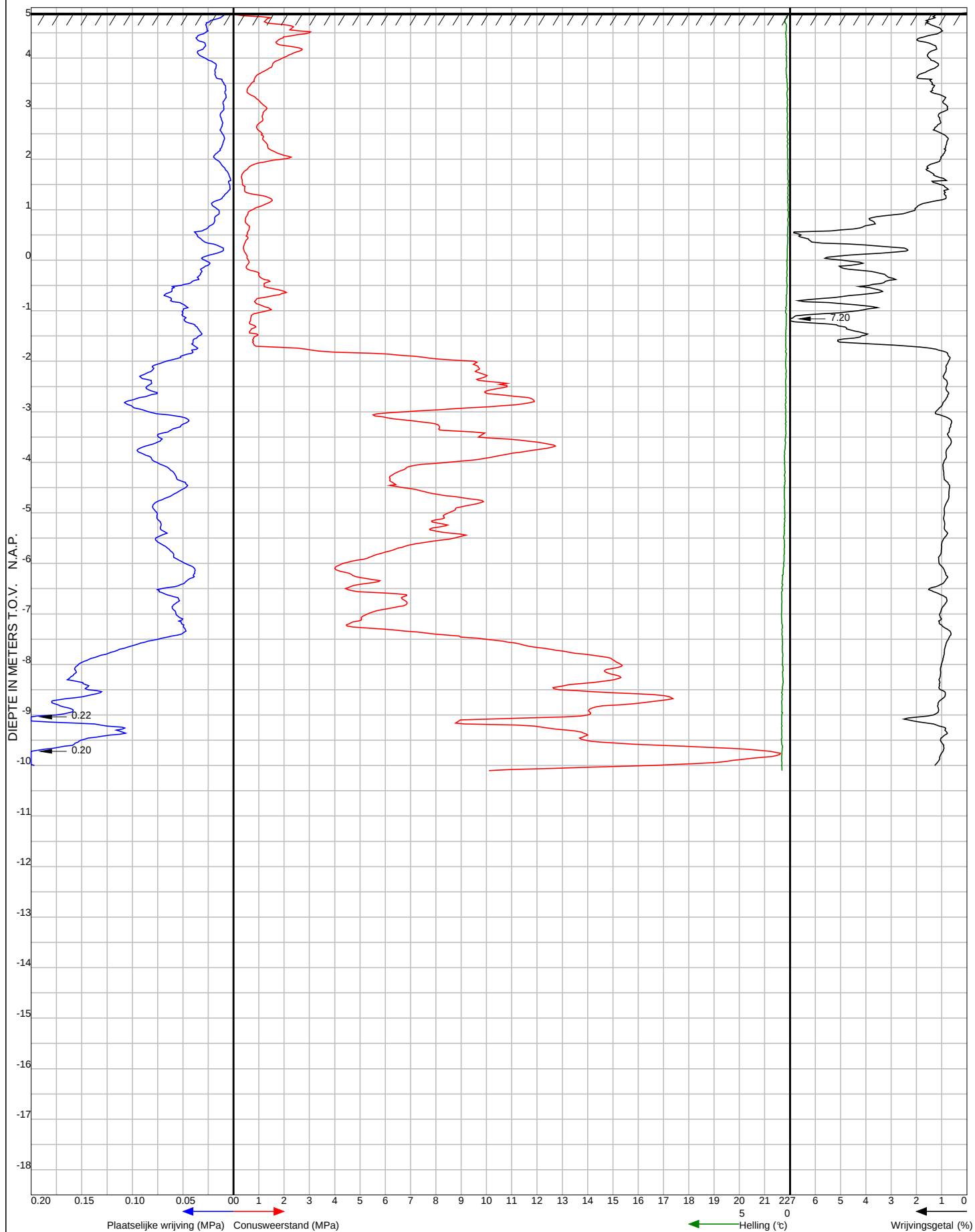
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 4.9 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 30

Plaats: Breda

Datum: 14-3-2018

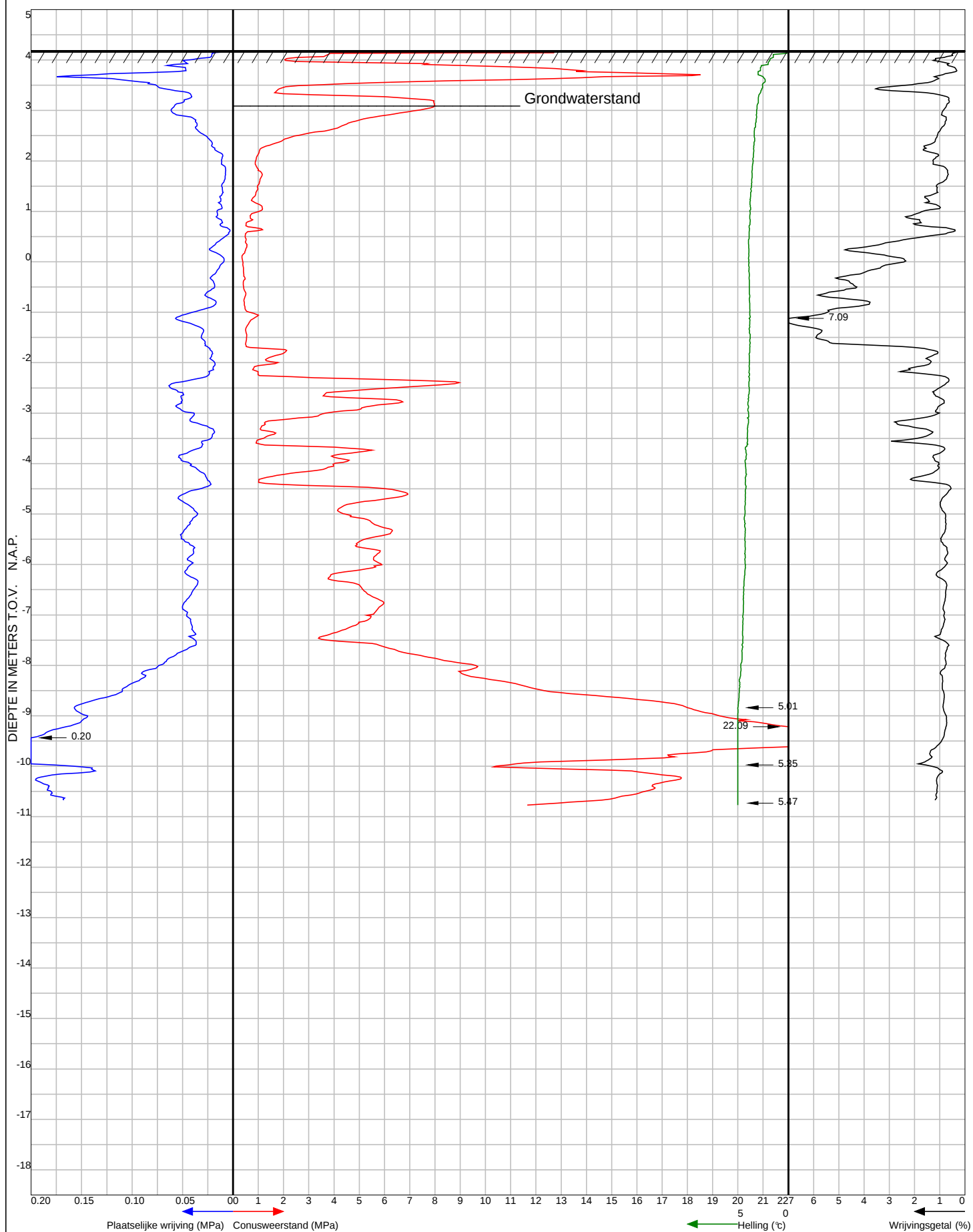
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 4.19 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand: 1.10 m t.o.v. maaiveld

NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 31

Plaats: Breda

Datum: 14-3-2018

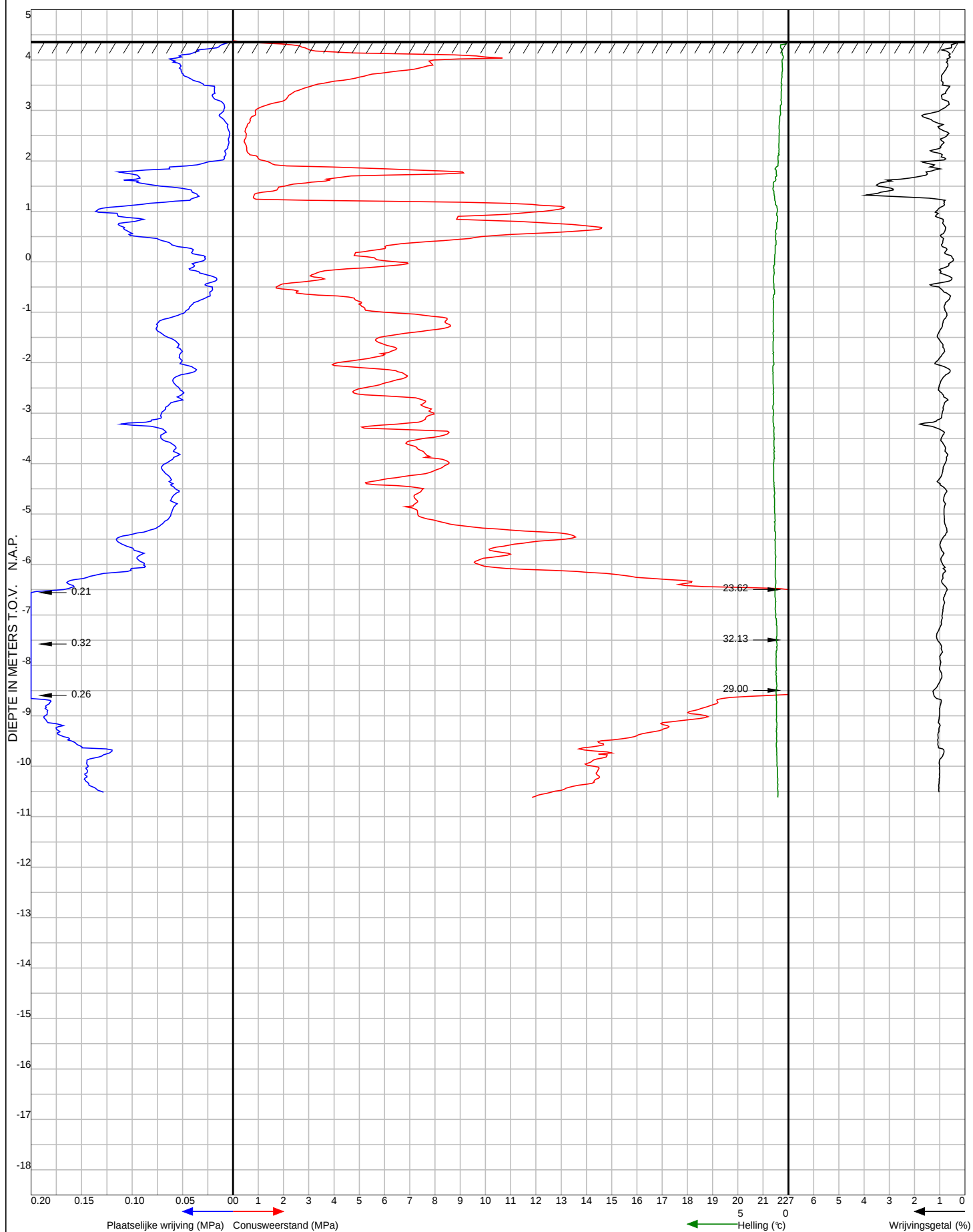
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 4.38 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2





Franse Akker 13, 4824 AL Breda
Tel. (076) 5220566 Fax (076) 5211670

Opdrachtnr.: 17119100

Sondering: 32

Plaats: Breda

Datum: 14-3-2018

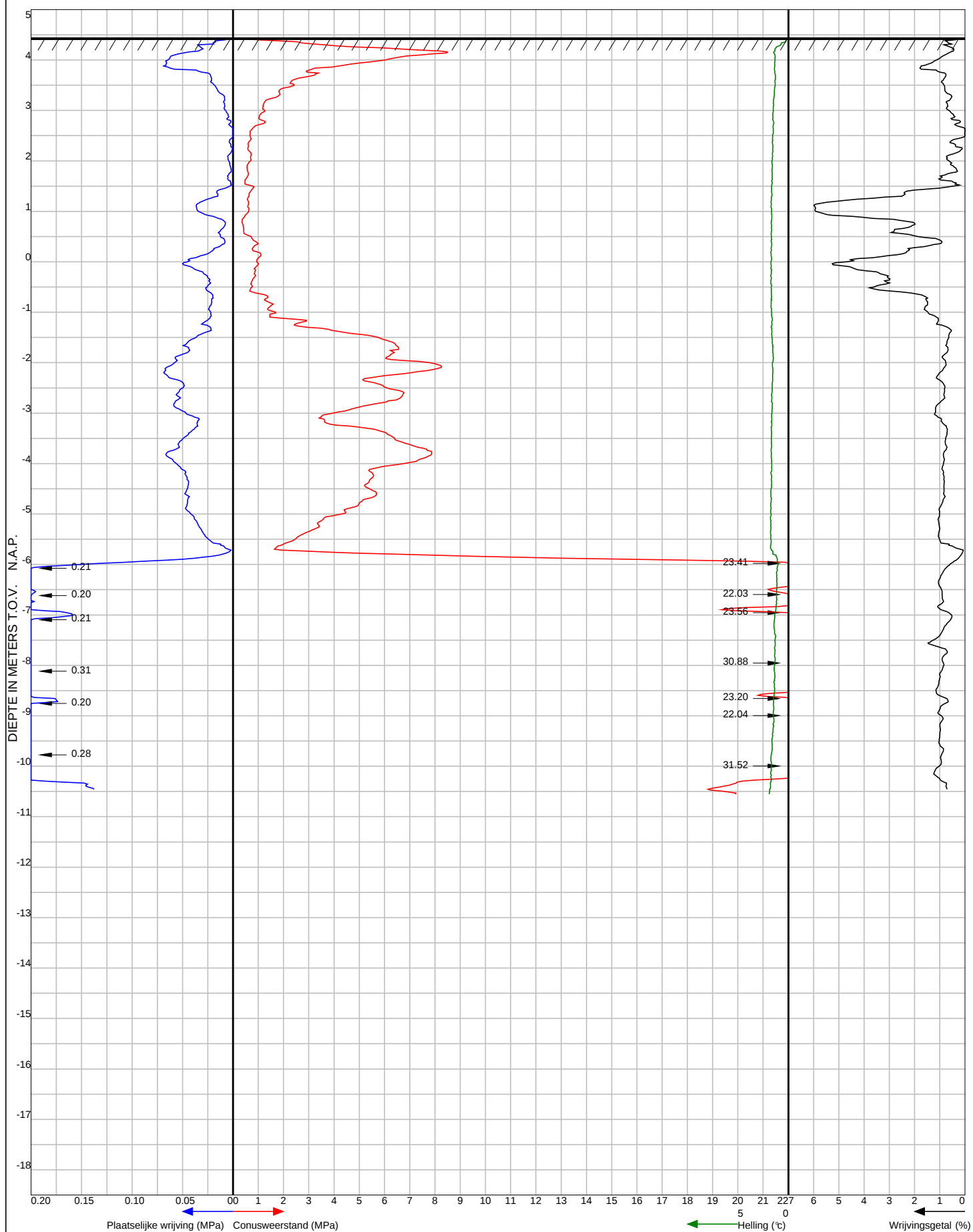
Locatie: Galderseweg 91

Maaiveldhoogte: 4.44 m t.o.v. N.A.P.

sondering volgens

Grondwaterstand:

m t.o.v. maaiveld NEN-EN-ISO 22476-1 K2

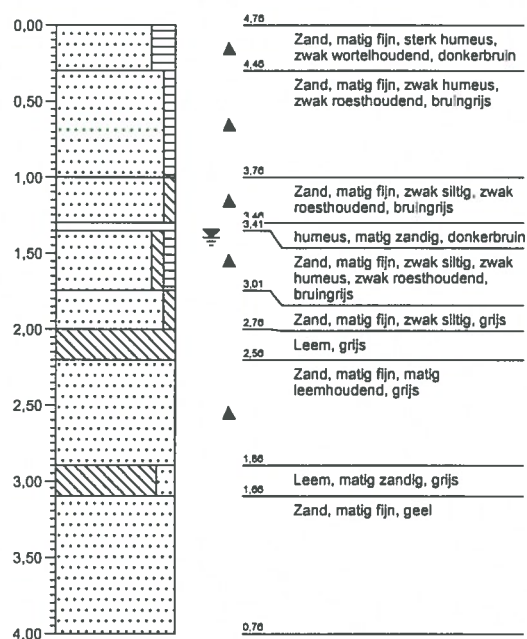




Boring: B1

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 140

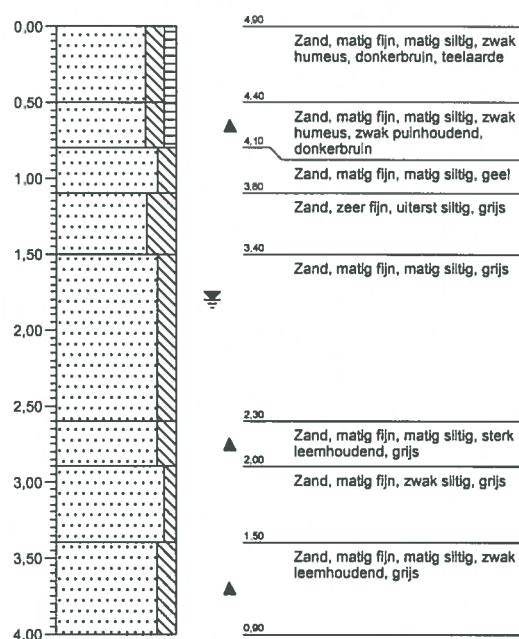
Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 4,76 m + NAP



Boring: B2

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 180

Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 4,90 m + NAP

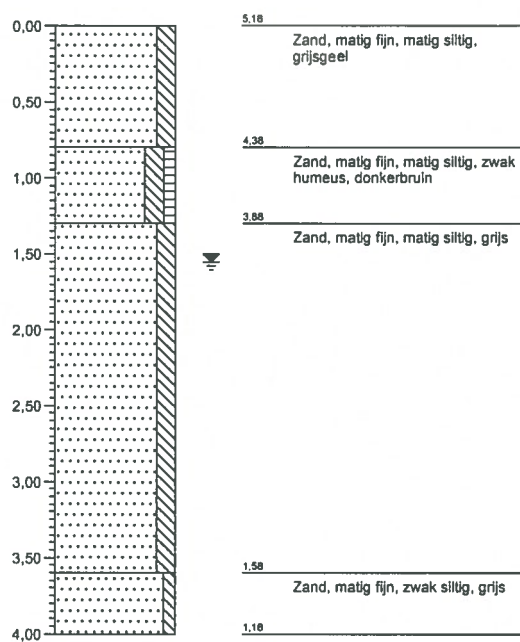




Boring: B3

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 155

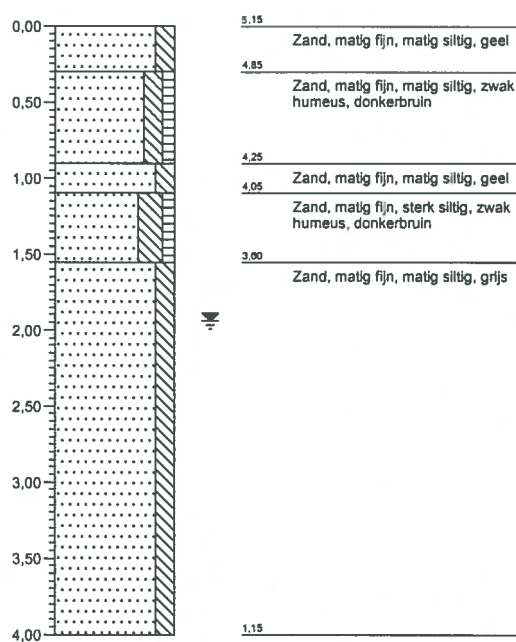
Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 5,18 m + NAP



Boring: B4

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 194

Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 5,15 m + NAP

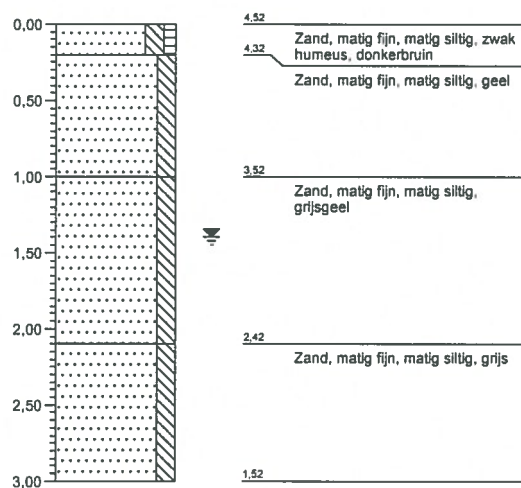




Boring: B5

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 140

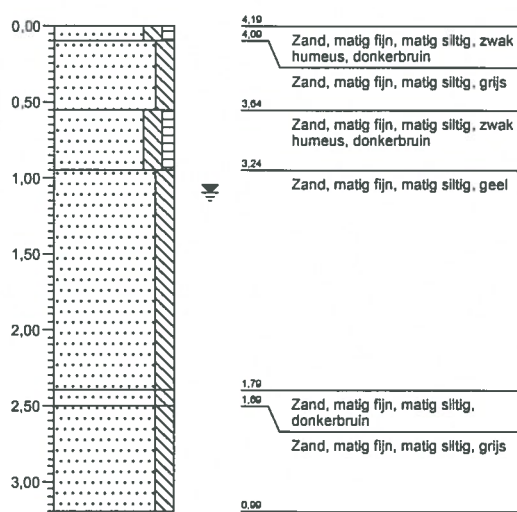
Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 4,52 m + NAP



Boring: B6

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 110

Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 4,19 m + NAP

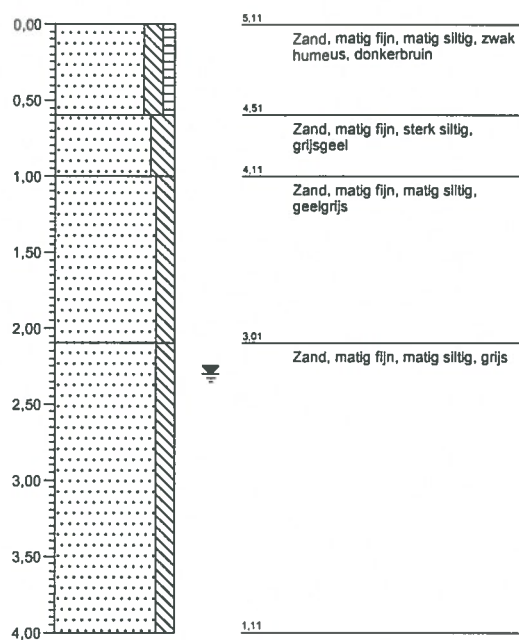




Boring: B7

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 230

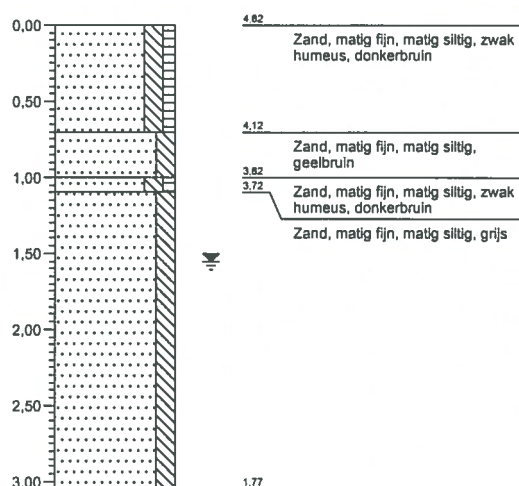
Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 5,11 m + NAP



Boring: B8

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 155

Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 4,82 m + NAP

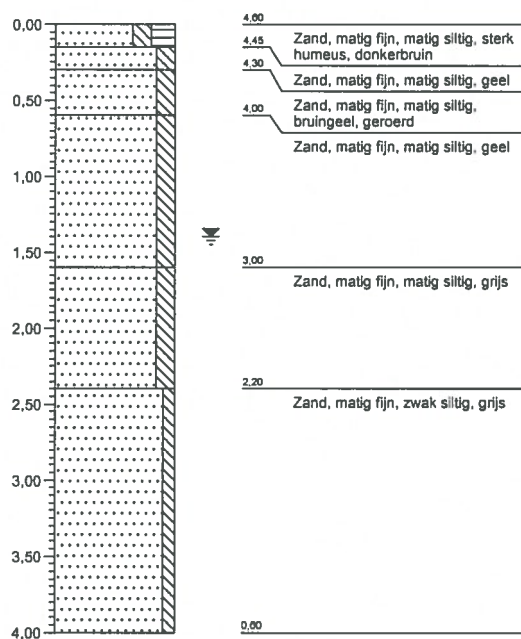




Boring: B9

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 140

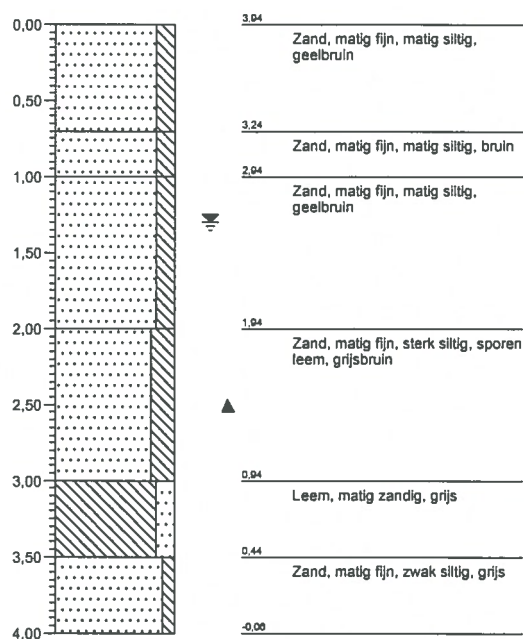
Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 4,60 m + NAP



Boring: B10

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 130

Weergegeven in meters t.o.v. NAP
maaiveld is 3,94 m + NAP



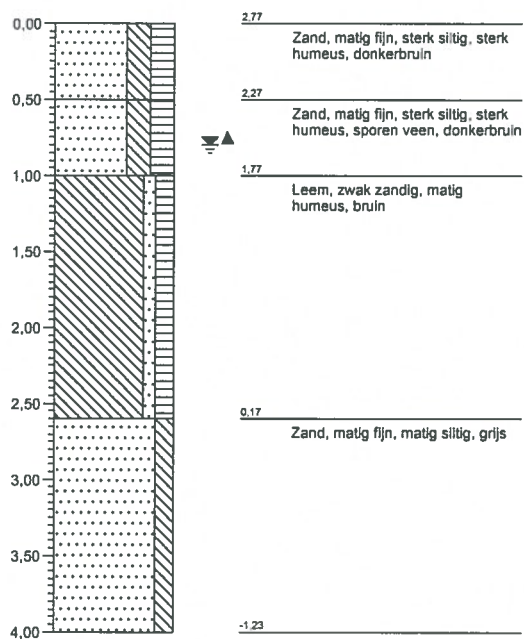


Boring: B11

Datum: 28-03-2018
GWS t.o.v. maaiveld: 80

Weergegeven in meters t.o.v. NAP

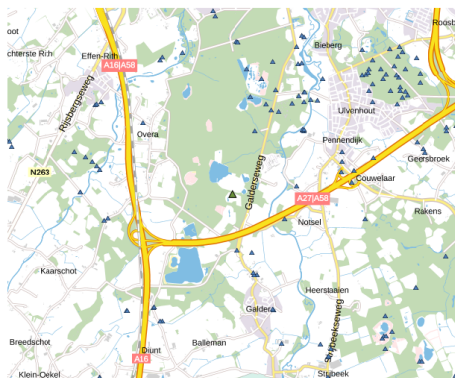
m,aaiveld is 2,77 m + NAP



Projectcode: 17119100-1328

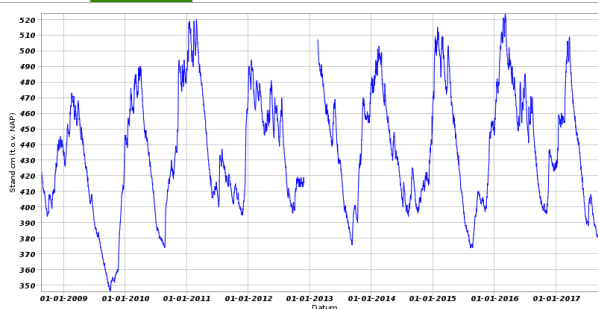
Put met onderzoeksgegevens DINO

Identificatie B50B1197

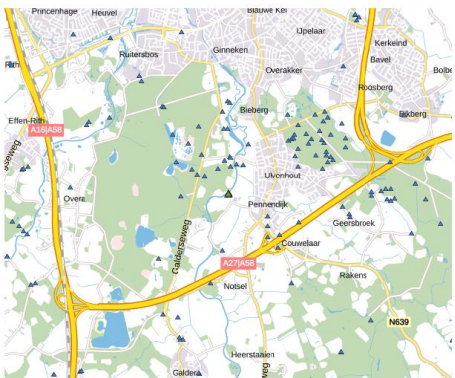


Identificatie buis: B50B1197-001
 Coördinaten: 112005, 394097 (RD)
 Maaiveld: 6.35 m t.o.v. NAP
 Hoogte bovenkant filter t.o.v. NAP: 3.45 m
 Hoogte onderkant filter t.o.v. NAP: 2.45 m
 Diepte bovenkant filter t.o.v. maaiveld: 2.9 m
 Diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld: 3.9 m
 Drukopnemer aanwezig: ja
 Begindatum: 21-08-2008
 Einddatum: 30-10-2017
 Aantal metingen: 3350

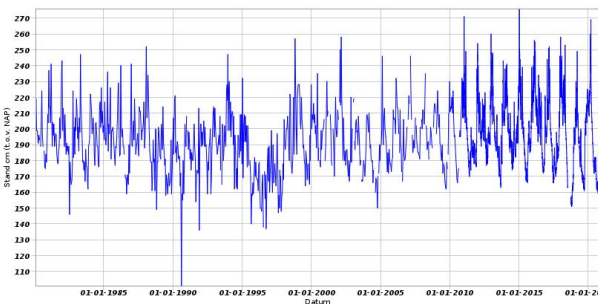
Basisgegevens Grondwaterstand



Identificatie B50B0214



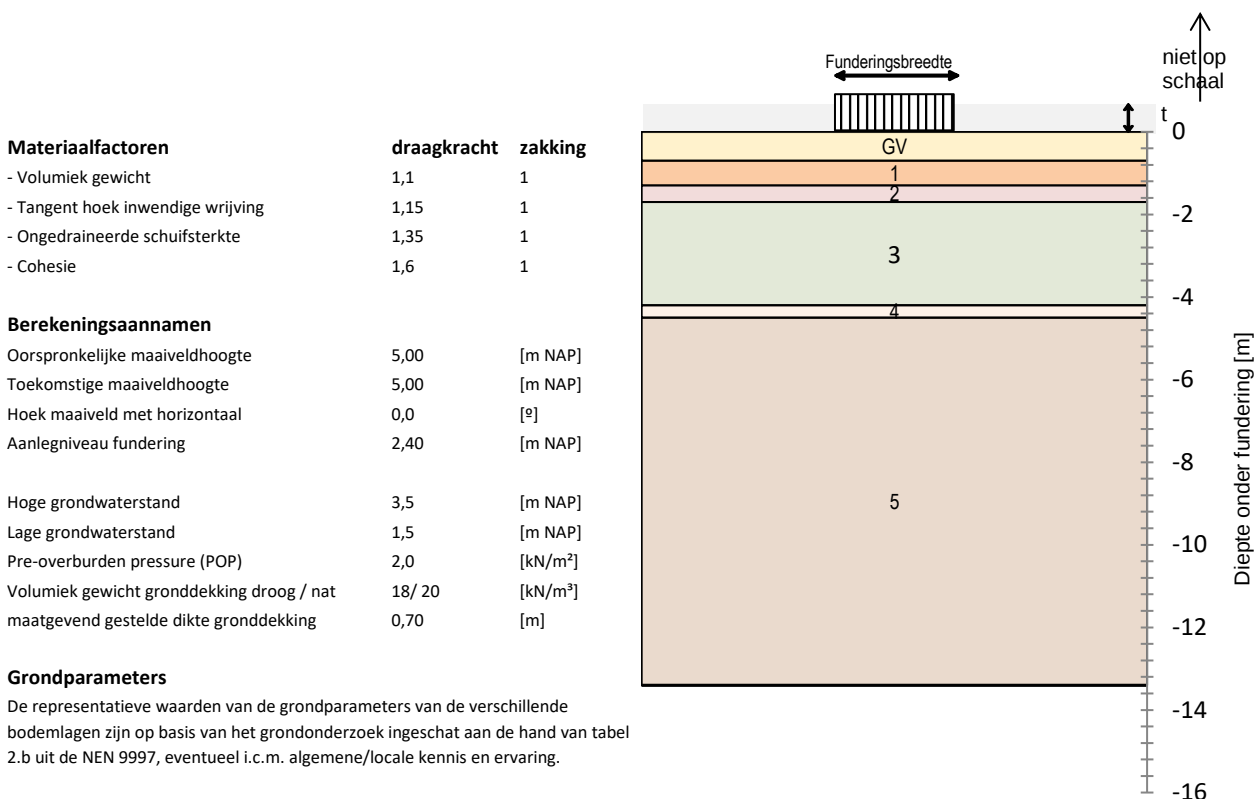
Identificatie buis: B50B0214-001
 Coördinaten: 113276, 395280 (RD)
 Maaiveld: 2.69 m t.o.v. NAP
 Hoogte bovenkant filter t.o.v. NAP: -8.25 m
 Hoogte onderkant filter t.o.v. NAP: -10.25 m
 Diepte bovenkant filter t.o.v. maaiveld: 10.94 m
 Diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld: 12.94 m
 Drukopnemer aanwezig: nee
 Begindatum: 28-01-1980
 Einddatum: 02-10-2020
 Aantal metingen: 85221



Bijlage B Resultaten funderingsberekening

Berekening draagvermogen en zetting voor funderingen op staal volgens NEN 9997-1

Bepaling van de weerstand tegen belasting in de uiterste grenstoestand en zetting in de bruikbaarheidsgrenstoestand middels analytische methode.



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering is, in afwijking op NEN 9997, verdisconteerd in de draagkracht. De bodem van de ontgraving moet hierbij wel een zodanige breedte hebben dat deze buiten het spanningsspreidingsgebied van de fundering ligt, uitgaande van een belastingspreiding onder 45°.

tabel 1.2 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m NAP]	g [kN/m³]	g _{sat} [kN/m³]	f' [°]	c' [kN/m²]	c _{undr} [kN/m²]	CR [-]	C _a [-]	c _v [m/s²]
1	1,1	17,0	19,0	30,0	0,0	0,0	0,011	0,000	
2	0,7	17,0	18,0	26,0	0,0	50,0	0,092	0,004	5,00E-07
3	-1,8	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,004	0,000	
4	-2,1	18,0	20,0	27,5	0,0	0,0	0,012	0,000	
5	-11,0	20,0	22,0	37,0	0,0	0,0	0,002	0,000	

tabel 1.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

GV	1,7	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,004	0,000	

Symbolen en eenheden

g	volumiek gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m³	t	gronddekking	m
g _{sat}	volumiek gewicht van verzadigde grond	kN/m³	s' _{max,d}	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
f'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	R _d	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
c'	effectieve cohesie	kN/m²	s ₁	primaire zakking	mm
c _{undr}	ongedraineerde schuifsterkte	kN/m²	s ₂	secundaire zakking	mm
CR	compression ration (Cc/(1+e ₀))	-	s	totale zakking	mm
C _a	secundaire samendrukkingsindex	-	k _{v,d}	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m²
e ₀	poriëngetal van de grond	-			

Draagvermogen voor (meewerkende) strokenfundering volgens NEN 9997-1

Berekening van de weerstand tegen belasting loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 9997 H6.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel S1.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel S1.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en weerstand tegen belasting

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden** $s'_{\max;d}$ [kN/m ²]				toelaatbare funderingsdruk* $s'_{\max;d}$ [kN/m ²]	rekenwaarde weerstand tegen belasting* R_d [kN/m']
	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	n.v.t.	141	n.v.t.	n.v.t.	141	56
0,50	n.v.t.	148	n.v.t.	n.v.t.	148	74
0,60	n.v.t.	152	n.v.t.	n.v.t.	152	91
0,70	n.v.t.	156	n.v.t.	n.v.t.	156	109
0,80	n.v.t.	159	n.v.t.	n.v.t.	159	127
0,90	n.v.t.	162	n.v.t.	n.v.t.	162	146
1,00	n.v.t.	165	n.v.t.	459	165	165
1,20	n.v.t.	167	n.v.t.	555	167	200
1,40	n.v.t.	172	n.v.t.	658	172	240
1,60	n.v.t.	179	n.v.t.	769	179	287
1,80	n.v.t.	189	n.v.t.	888	189	340
2,00	n.v.t.	199	n.v.t.	1013	199	399
2,20	n.v.t.	211	n.v.t.	1146	211	464
2,40	n.v.t.	223	n.v.t.	1287	223	534
2,60	n.v.t.	235	n.v.t.	1435	235	610
2,80	n.v.t.	247	n.v.t.	1590	247	692
3,00	n.v.t.	260	n.v.t.	1753	260	779
3,20	n.v.t.	271	n.v.t.	1923	271	868

* Bij permanente gronddekking: 0,7 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel S1.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en het draagvermogen weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel S1.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk $s'_{\max;d}$ [kN/m ²]				Rekenwaarde weerstand tegen belasting* R_d [kN/m']			
	0,40	0,50	0,60	0,70	0,40	0,50	0,60	0,70
Gronddekking [m] →								
0,40	92	109	125	141	37	43	50	56
0,50	99	115	131	148	49	58	66	74
0,60	104	120	136	152	62	72	82	91
0,70	108	124	140	156	76	87	98	109
0,80	113	128	144	159	90	102	115	127
0,90	116	132	147	162	105	119	132	146
1,00	119	134	149	165	119	134	149	165
1,20	124	138	152	167	148	166	183	200
1,40	130	144	158	172	181	201	221	240
1,60	138	152	166	179	220	243	265	287
1,80	147	161	175	189	265	290	315	340
2,00	158	172	186	199	316	343	371	399
2,20	169	183	197	211	372	402	433	464
2,40	181	195	209	223	433	467	500	534
2,60	192	207	221	235	500	537	574	610
2,80	205	219	233	247	573	613	652	692
3,00	217	231	245	260	651	693	736	779
3,20	229	243	257	271	731	777	822	868

Zakkingsberekening voor strokenfundering volgens NEN 9997-1

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij de gebruiksbelasting (V) is afgeleid van het draagvermogen (belastingfactor $\approx 1,0$) of een opgegeven maximum betreft. Submerging is verdisconteerd in deze berekening. De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.

In tabel S2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

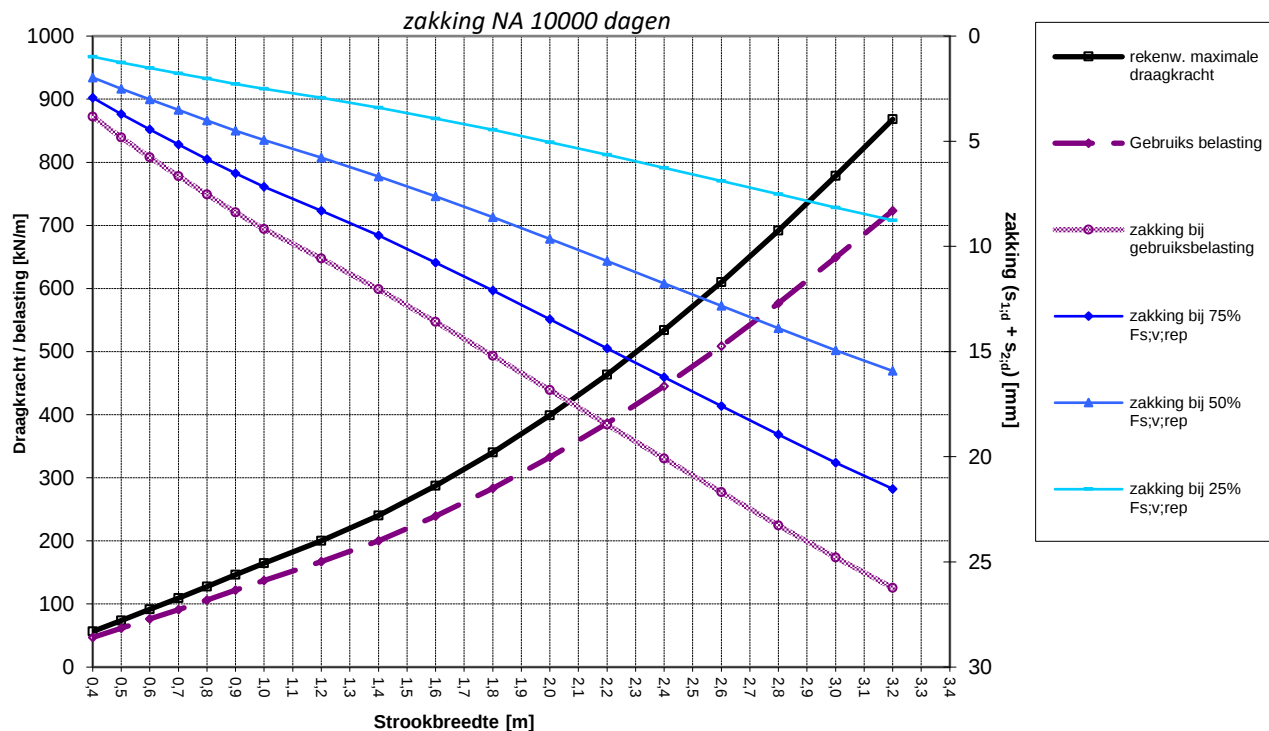
tabel S2.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,7 m), NA 10000 dagen

Strookbreedte	Gebruiks belasting	Primaire zakking	Secundaire zakking*	Totale zakking	Statische beddingscoëfficiënt	Extra zakking tgv ophoging
[m]	V [kN/m']	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m ³]	s_{extra} [mm]
0,40	47	3,6	0,2	3,8	25100	0,0
0,50	62	4,5	0,3	4,8	21100	0,0
0,60	76	5,4	0,3	5,8	18100	0,0
0,70	91	6,3	0,4	6,7	15900	0,0
0,80	106	7,1	0,5	7,5	14400	0,0
0,90	122	7,9	0,5	8,4	13200	0,0
1,00	137	8,6	0,6	9,2	12300	0,0
1,20	167	9,9	0,7	10,6	10900	0,0
1,40	200	11,3	0,7	12,0	9800	0,0
1,60	239	12,7	0,9	13,6	9100	0,0
1,80	283	14,2	1,0	15,2	8600	0,0
2,00	332	15,8	1,1	16,8	8100	0,0
2,20	386	17,3	1,2	18,5	7900	0,0
2,40	445	18,8	1,3	20,1	7600	0,0
2,60	508	20,3	1,4	21,7	7500	0,0
2,80	577	21,8	1,5	23,3	7300	0,0
3,00	649	23,2	1,6	24,8	7200	0,0
3,20	723	24,6	1,7	26,2	7100	0,0

* Berekend cf. NEN 9997, waarbij in afwijking $C\alpha$ is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en strookbreedten.



Draagvermogen voor (meewerkende) poerenfundering volgens NEN 9997-1

Berekening van de weerstand tegen belasting loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 9997 H6.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silten en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel P1.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel P1.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	rekenwaarde weerstand tegen belasting*
B	L	$s'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$s'_{\max;d}$ [kN/m ²]	R_d [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	188	n.v.t.	n.v.t.	188	30
0,50	0,50	n.v.t.	192	n.v.t.	n.v.t.	192	48
0,60	0,60	n.v.t.	194	n.v.t.	n.v.t.	194	70
0,70	0,70	n.v.t.	195	n.v.t.	n.v.t.	195	96
0,80	0,80	n.v.t.	196	n.v.t.	n.v.t.	196	126
0,90	0,90	n.v.t.	197	n.v.t.	n.v.t.	197	159
1,00	1,00	n.v.t.	197	n.v.t.	n.v.t.	197	197
1,20	1,20	n.v.t.	194	n.v.t.	n.v.t.	194	280
1,40	1,40	n.v.t.	195	n.v.t.	n.v.t.	195	383
1,60	1,60	n.v.t.	200	n.v.t.	n.v.t.	200	512
1,80	1,80	n.v.t.	206	n.v.t.	n.v.t.	206	668
2,00	2,00	n.v.t.	214	n.v.t.	n.v.t.	214	855
2,20	2,20	n.v.t.	222	n.v.t.	n.v.t.	222	1074
2,40	2,40	n.v.t.	231	n.v.t.	n.v.t.	231	1328
2,60	2,60	n.v.t.	240	n.v.t.	n.v.t.	240	1619
2,80	2,80	n.v.t.	249	n.v.t.	n.v.t.	249	1950
3,00	3,00	n.v.t.	258	n.v.t.	n.v.t.	258	2320
3,20	3,20	n.v.t.	266	n.v.t.	n.v.t.	266	2725

* Bij permanente gronddekking: 0,7 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel P1.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en het draagvermogen weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel P1.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde weerstand tegen belasting*			
B	L	$s'_{\max;d}$ [kN/m ²]				R_d [kN]			
[m]	[m]								
Gronddekking [m] →		0,40	0,50	0,60	0,70	0,40	0,50	0,60	0,70
0,40	0,40	116	140	164	188	18	22	26	30
0,50	0,50	120	144	168	192	30	36	42	48
0,60	0,60	123	147	171	194	44	53	61	70
0,70	0,70	125	149	172	195	61	73	84	96
0,80	0,80	127	150	173	196	81	96	111	126
0,90	0,90	129	152	174	197	105	123	141	159
1,00	1,00	130	152	174	197	130	152	174	197
1,20	1,20	131	152	173	194	188	219	249	280
1,40	1,40	134	154	175	195	262	302	343	383
1,60	1,60	139	159	180	200	355	407	460	512
1,80	1,80	145	166	186	206	471	537	602	668
2,00	2,00	153	173	193	214	611	692	774	855
2,20	2,20	161	181	202	222	778	877	975	1074
2,40	2,40	169	190	210	231	974	1092	1210	1328
2,60	2,60	178	198	219	240	1201	1340	1480	1619
2,80	2,80	187	207	228	249	1462	1625	1787	1950
3,00	3,00	195	216	237	258	1758	1945	2133	2320
3,20	3,20	204	224	245	266	2084	2298	2512	2725

Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 9997-1

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij de gebruiksbelasting (V) is afgeleid van het draagvermogen (belastingfactor =1,0) of een opgegeven maximum betreft. Submerging is verdisconteerd in deze berekening. De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings.

In tabel P2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

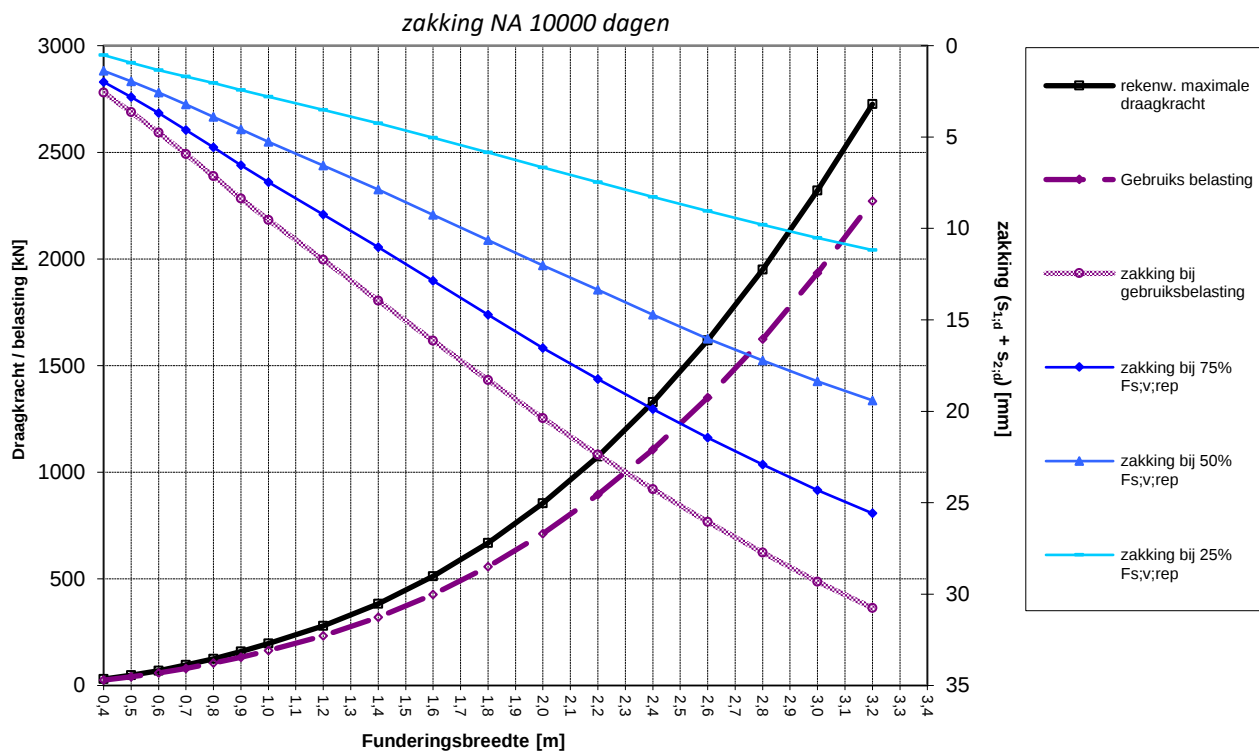
tabel P2.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,7 m), NA 10000 dagen

Poerafmeting		Gebruiks belasting	Primaire zakking	Secundaire zakking*	Totale zakking	Statische beddingscoëfficiënt	Extra zakking tgv ophoging
B	L	V	S ₁	S ₂	S _d	k _{v,d}	S _{extra}
[m]	[m]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m ³]	[mm]
0,40	0,40	25	2,5	0,1	2,6	49200	0,0
0,50	0,50	40	3,5	0,2	3,7	35300	0,0
0,60	0,60	58	4,5	0,2	4,7	27700	0,0
0,70	0,70	80	5,6	0,3	5,9	22400	0,0
0,80	0,80	105	6,7	0,4	7,1	18800	0,0
0,90	0,90	133	7,9	0,5	8,4	16000	0,0
1,00	1,00	164	9,0	0,6	9,6	14100	0,0
1,20	1,20	233	11,0	0,7	11,7	11400	0,0
1,40	1,40	319	13,1	0,9	14,0	9600	0,0
1,60	1,60	426	15,1	1,0	16,1	8500	0,0
1,80	1,80	557	17,1	1,2	18,3	7800	0,0
2,00	2,00	712	19,0	1,3	20,3	7300	0,0
2,20	2,20	895	20,9	1,5	22,4	6900	0,0
2,40	2,40	1107	22,6	1,6	24,2	6600	0,0
2,60	2,60	1349	24,3	1,7	26,0	6400	0,0
2,80	2,80	1625	25,9	1,8	27,7	6200	0,0
3,00	3,00	1933	27,4	1,9	29,3	6100	0,0
3,20	3,20	2271	28,7	2,0	30,7	6000	0,0

* Berekend cf. NEN 9997, waarbij in afwijking Cα is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

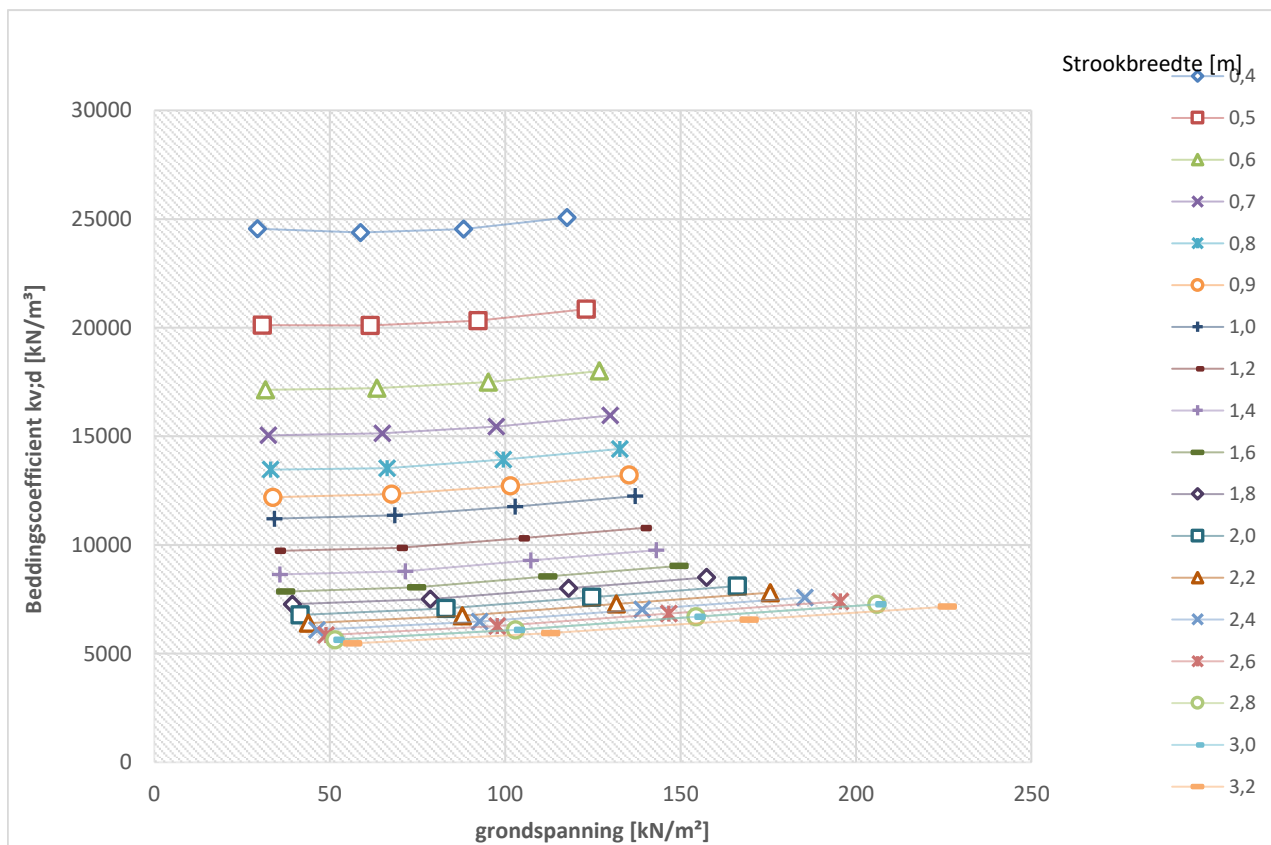
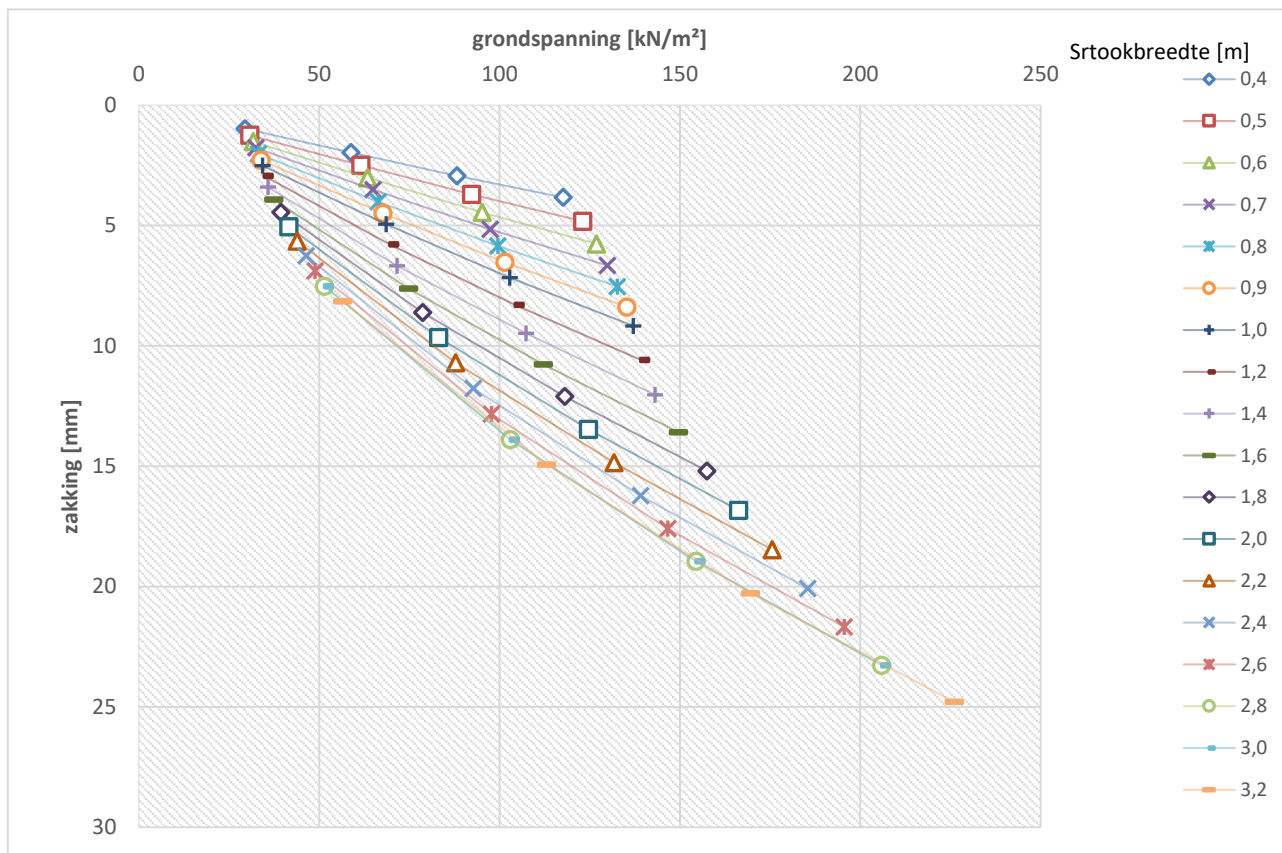
In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en funderingsbreedten. Voor de eventueel bijbehorende funderingslengte wordt verwezen naar tabel P2.1



Stroken

Last-zakkingsdiagram

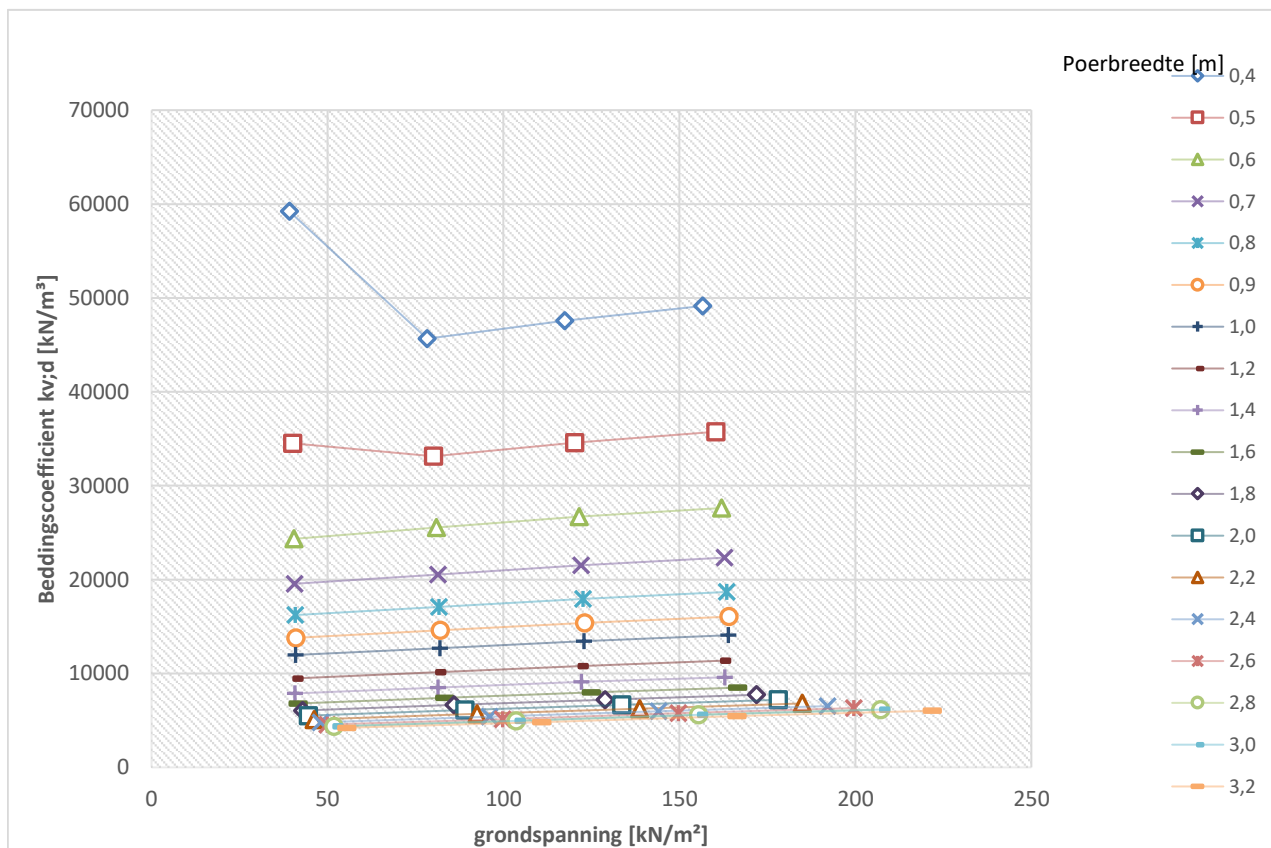
In de onderstaande last - zakkingsgrafiek zijn de zakkings (prim. + sec.) weergegeven bij verschillende gronddrukken en funderingsbreedten.



Poeren

Last-zakkingsdiagram

In de onderstaande last - zakkingsgrafiek zijn de zakkings (prim. + sec.) weergegeven bij verschillende gronddrukken en funderingsbreedten.



Voorbeeldberekening

Berekening maximale draagkracht (gedraineerd)

	stroken	poeren
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld [m]	1,0	1,0 X 1,0
Effectieve funderingsafmeting voor draagkracht [m]	1,0	1,0 X 1,0

Parameters	Berekende waarden	
	Stroken	Poeren
$f_{e;d}$ [°]	28,21	28,21
$\gamma'_{e;d}$ [kN/m ³]	7,84	7,84
$c'_{e;d}$ [kPa]	0,00	0,00
N_c [-]	26,21	26,21
s_c [-]	1,00	1,51
i_c [-]	1,00	1,00
l_c [-]	1,00	1,00
N_q [-]	15,06	15,06
s_q [-]	1,00	1,47
i_q [-]	1,00	1,00
l_q [-]	1,00	1,00
N_y [-]	15,08	15,08
s_y [-]	1,00	0,70
i_y [-]	1,00	1,00
l_y [-]	1,00	1,00
Invloedsbreedte [m]	3,81	3,81
Invloedsdiepte [m]	1,46	1,46
Rekenwaarde maximale funderingsdruk ($s'_{max;d}$) [kN/m ²]	164,53	196,63

Berekening zakkings

	stroken	poeren
Funderingsafmetingen rekenvoorbeeld [m]	1,0	1,0 X 1,0
Beschouwde gronddruk [kN/m ²]	137	164
Berekende invloedsdiepte* [m NAP]	0	-1,7
Berkenede zetting [mm]	9,2	9,5

Bodemlaag diepte tot [m NAP]	ongedrain.	Percentage zakkings bij voorbeeldberekening			
		Stroken		Poeren	
		primaire	secundaire	primaire	secundaire
1,1		28%	0%	35%	0%
0,7	1	61%	100%	60%	100%
-1,8		8%	0%	5%	0%
-2,1		2%	0%	0%	0%
-11,0		1%	0%	0%	0%
-100,0		0%	0%	0%	0%

Tijd-zakkingsverloop

direct optredende zakkings:	39%	40%	
tijds-afhankelijke zakkings **:	61%	60%	in 0 jaar oftewel 2 dagen

*De grondlagen (verdeeld in sublagen van 0,1 m) zijn in beschouwing genomen tot een diepte, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning ($\Delta\sigma'_{v;z}$) in het laagmidden, groter is dan 20 % van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

Spanningsverspreiding is hierbij verrekend volgens NEN 9997-1 (methode Boussinesq).

** het betreft hier een grove inschatting van de benodigde tijd voor de primaire zakkings (T100) op basis van geschatte C_v waarden.



Resultaten Draagkrachtberekening op druk

Project	:	Breda, Klokkenberg						
Projectnr	:	17119100						
Paaltype	:	Paaltype Schroefpaal / buisschroef / omega (Jacbo)				ξ_3	1,30	
Afmeting [mm]	:	400				ξ_4	1,30	
Sondering	Maaiveld [m NAP]	PPN [m NAP]	Qb;max [Mpa]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	Fnk;d [kN]	Rc;net;d [kN]
S11	4,91	-1,0	2,9	0,060	129	315		315
		-1,5	2,6	0,063	174	318		318
		-2,0	2,7	0,061	208	354		354
		-2,5	3,8	0,061	244	463		463
		-3,0	7,2	0,062	288	769		769
S12	5,09	-1,0	5,5	0,086	248	605		605
		-1,5	5,9	0,087	304	669		669
		-2,0	6,1	0,087	361	720		720
		-2,5	6,1	0,087	418	761		761
		-3,0	6,1	0,088	474	793		793
S13	5,18	-1,0	4,3	0,053	40	376		376
		-1,5	4,6	0,062	85	423		423
		-2,0	4,2	0,065	130	425		425
		-2,5	3,9	0,078	206	449		449
		-3,0	3,8	0,080	262	477		477
S14	5,18	-1,0	4,9	0,057	122	471		471
		-1,5	4,8	0,071	197	512		512
		-2,0	5,1	0,075	254	571		571
		-2,5	3,7	0,077	310	498		498
		-3,0	2,6	0,079	367	445		445
S15	5,21	-1,0	3,9	0,061	262	485		485
		-1,5	3,8	0,065	318	513		513
		-2,0	3,7	0,068	375	540		540
		-2,5	4,0	0,068	419	591		591
		-3,0	4,0	0,068	464	617		617
S16	5,13	-1,0	6,5	0,085	181	644		644
		-1,5	6,3	0,086	237	657		657
		-2,0	6,4	0,087	294	701		701
		-2,5	5,7	0,087	351	685		685
		-3,0	7,0	0,088	407	823		823
S27	5,09	-8,5	9,8	0,033	249	947	37	911
		-9,0	8,0	0,036	294	835	37	798
S28	5,05	-8,5	2,8	0,040	348	446	24	422
		-9,0	5,1	0,041	384	657	24	633
S29	4,90	-8,5	2,8	0,044	376	464	28	436
		-9,0	2,3	0,046	421	453	28	425
S30	4,19	-8,5	4,3	0,028	220	490	37	453
		-9,0	4,4	0,031	267	529	37	492
S31	4,38	-8,5	4,5	0,054	531	706	19	686
		-9,0	4,0	0,056	587	702	19	682
S32	4,44	-8,5	6,4	0,048	466	816	13	803
		-9,0	4,2	0,050	523	672	13	659



Resultaten Draagkrachtberekening op druk

Project	:	Breda, Klokkenberg						
Projectnr	:	17119100						
Paaltype	:	Paaltype Schroefpaal / buisschroef / omega (Jacbo)				ξ_3	1,30	
Afmeting [mm]	:	450				ξ_4	1,30	
Sondering	Maaiveld [m NAP]	PPN [m NAP]	Qb;max [Mpa]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	Fnk;d [kN]	Rc;net;d [kN]
S11	4,91	-1,0	2,8	0,060	145	384		384
		-1,5	2,5	0,063	196	385		385
		-2,0	2,7	0,061	234	429		429
		-2,5	3,8	0,061	274	559		559
		-3,0	7,2	0,062	324	948		948
S12	5,09	-1,0	5,5	0,086	279	743		743
		-1,5	5,9	0,087	342	820		820
		-2,0	6,1	0,087	406	879		879
		-2,5	6,1	0,087	470	926		926
		-3,0	6,1	0,088	533	961		961
S13	5,18	-1,0	4,3	0,053	45	470		470
		-1,5	4,5	0,062	96	526		526
		-2,0	3,9	0,065	147	489		489
		-2,5	3,9	0,078	231	547		547
		-3,0	3,8	0,080	295	576		576
S14	5,18	-1,0	4,8	0,057	138	583		583
		-1,5	4,8	0,071	222	633		633
		-2,0	5,1	0,075	285	699		699
		-2,5	3,3	0,077	349	563		563
		-3,0	2,5	0,079	412	519		519
S15	5,21	-1,0	3,9	0,061	294	586		586
		-1,5	3,8	0,065	358	620		620
		-2,0	3,7	0,068	422	649		649
		-2,5	4,0	0,068	471	710		710
		-3,0	4,0	0,068	522	739		739
S16	5,13	-1,0	6,3	0,085	204	771		771
		-1,5	6,3	0,086	267	810		810
		-2,0	6,4	0,087	331	861		861
		-2,5	5,8	0,087	394	842		842
		-3,0	7,3	0,088	458	1035		1035
S27	5,09	-8,5	9,7	0,033	280	1173	41	1132
		-9,0	7,6	0,036	331	986	41	944
S28	5,05	-8,5	2,8	0,040	392	537	27	510
		-9,0	5,5	0,041	432	838	27	811
S29	4,90	-8,5	2,6	0,044	423	535	31	504
		-9,0	2,1	0,046	474	522	31	490
S30	4,19	-8,5	4,3	0,028	248	600	41	559
		-9,0	3,1	0,031	300	513	41	472
S31	4,38	-8,5	4,5	0,054	597	842	21	821
		-9,0	2,6	0,056	661	688	21	666
S32	4,44	-8,5	6,4	0,048	524	989	14	975
		-9,0	3,8	0,050	588	768	14	754



Resultaten Draagkrachtberekening op druk

Project	:	Breda, Klokkenberg						
Projectnr	:	17119100						
Paaltype:	:	Paaltype Schroefpaal / buisschroef / omega (Jacbo)				ξ_3	1,30	
Afmeting [mm]	:	500				ξ_4	1,30	
Sondering	Maaiveld [m NAP]	PPN [m NAP]	Qb;max [Mpa]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	Fnk;d [kN]	Rc;net;d [kN]
S11	4,91	-1,0	2,8	0,060	161	458		458
		-1,5	2,5	0,063	218	456		456
		-2,0	2,8	0,061	260	515		515
		-2,5	3,7	0,061	305	664		664
		-3,0	7,2	0,062	360	1141		1141
S12	5,09	-1,0	5,5	0,086	310	893		893
		-1,5	5,9	0,087	381	987		987
		-2,0	6,1	0,087	451	1053		1053
		-2,5	6,1	0,087	522	1106		1106
		-3,0	6,1	0,088	593	1144		1144
S13	5,18	-1,0	4,3	0,053	50	576		576
		-1,5	4,3	0,062	107	614		614
		-2,0	3,8	0,065	163	589		589
		-2,5	3,9	0,078	257	654		654
		-3,0	3,8	0,080	328	685		685
S14	5,18	-1,0	4,8	0,057	153	702		702
		-1,5	4,9	0,071	246	772		772
		-2,0	4,2	0,075	317	738		738
		-2,5	2,8	0,077	388	606		606
		-3,0	2,5	0,079	458	608		608
S15	5,21	-1,0	3,8	0,061	327	693		693
		-1,5	3,8	0,065	398	734		734
		-2,0	3,7	0,068	469	770		770
		-2,5	4,0	0,068	523	839		839
		-3,0	4,0	0,068	580	871		871
S16	5,13	-1,0	6,2	0,085	226	929		929
		-1,5	6,2	0,086	297	978		978
		-2,0	6,4	0,087	368	1038		1038
		-2,5	5,8	0,087	438	1018		1018
		-3,0	6,1	0,088	509	1096		1096
S27	5,09	-8,5	8,5	0,033	311	1275	46	1229
		-9,0	7,3	0,036	368	1154	46	1108
S28	5,05	-8,5	3,1	0,040	435	667	30	637
		-9,0	5,0	0,041	480	942	30	912
S29	4,90	-8,5	2,4	0,044	470	609	35	574
		-9,0	2,0	0,046	527	594	35	559
S30	4,19	-8,5	4,3	0,028	276	721	46	675
		-9,0	2,9	0,031	333	584	46	538
S31	4,38	-8,5	4,3	0,054	664	967	24	943
		-9,0	2,4	0,056	734	779	24	755
S32	4,44	-8,5	6,4	0,048	583	1178	16	1162
		-9,0	3,5	0,050	653	866	16	850



Veercoëfficiënten rekenwaarde (Kv;d)

Project	:	Breda, Klokkenberg
Projectnr	:	17119100
Paaltype	:	Paaltype Schroefpaal / buisschroef / omega (Jacbo)

Paaltype buisschroef / omega (Jacbo) NEN9997-1:2017, afmeting Ø400 mm

PPN [m tov nap]	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S27	S28	S29	S30	S31	S32
-1,00	12000	23000	11000	16000	21000	22000	-	-	-	-	-	-
-1,50	14000	26000	13000	19000	24000	24000	-	-	-	-	-	-
-2,00	16000	29000	15000	22000	27000	27000	-	-	-	-	-	-
-2,50	19000	32000	18000	23000	29000	28000	-	-	-	-	-	-
-3,00	27000	34000	20000	24000	31000	32000	-	-	-	-	-	-
-8,50	-	-	-	-	-	-	27000	21000	22000	18000	31000	31000
-9,00	-	-	-	-	-	-	26000	26000	24000	20000	33000	30000

Paaltype buisschroef / omega (Jacbo) NEN9997-1:2017, afmeting Ø450 mm

PPN [m tov nap]	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S27	S28	S29	S30	S31	S32
-1,00	13000	25000	12000	18000	23000	24000	-	-	-	-	-	-
-1,50	15000	29000	15000	21000	26000	26000	-	-	-	-	-	-
-2,00	17000	32000	15000	24000	29000	29000	-	-	-	-	-	-
-2,50	21000	35000	19000	24000	32000	31000	-	-	-	-	-	-
-3,00	30000	37000	22000	26000	34000	36000	-	-	-	-	-	-
-8,50	-	-	-	-	-	-	30000	24000	25000	19000	35000	34000
-9,00	-	-	-	-	-	-	28000	29000	26000	20000	35000	33000

Paaltype buisschroef / omega (Jacbo) NEN9997-1:2017, afmeting Ø500 mm

PPN [m tov nap]	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S27	S28	S29	S30	S31	S32
-1,00	14000	28000	14000	19000	25000	26000	-	-	-	-	-	-
-1,50	16000	31000	16000	23000	28000	28000	-	-	-	-	-	-
-2,00	19000	35000	17000	25000	31000	32000	-	-	-	-	-	-
-2,50	23000	38000	21000	25000	34000	33000	-	-	-	-	-	-
-3,00	33000	41000	24000	28000	37000	37000	-	-	-	-	-	-
-8,50	-	-	-	-	-	-	31000	26000	27000	21000	38000	37000
-9,00	-	-	-	-	-	-	30000	31000	29000	21000	39000	36000



Voorbeeldberekening

Project :	Breda, Klokkenberg
Projectnr :	17119100

Uitgangspunten

Referentie niveau:	NAP
Gehanteerde sondering:	S13
Paaltype:	buisschroef / omega (Jacbo) NEN9997-1:2017
Paalpuntniveau [m NAP] :	-2
Schachtafmeting [mm]:	400
Maaiveld [m NAP] :	5,18
Paalkopniveau [m NAP] :	2,4
Lage grondwaterstand [m NAP] :	1,5

Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem}$ [Mpa] :	16,5
$q_{c,II,gem}$ [Mpa] :	11,1
$q_{c,III,gem}$ [Mpa] :	1,3
a_p :	0,56
β :	1
s :	1
$p_{r,max;punt}$ [Mpa] :	4,23
a_s :	0,006
$q_{c,z;a}$ [Mpa] :	10,8
$q_{s,max}$ [Mpa] :	0,065
$R_{s;cal,max}$ [kN] :	130
A_{punt} [m ²] :	0,126
O_s [m] :	1,257
Δ_L [m] :	1,6
$R_{b;cal,max}$ [kN] :	532
$R_{c;cal,max}$ [kN] :	662
ξ_3 en ξ_4 :	1,30
$R_{c;cal,max;k}$ [kN] :	510
γ_t :	1,2
$R_{c;d}$ [kN] :	425
$R_{c;net;d}$ [kN] :	425

Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau [m] :	nvt
Negatieve kleef eindniveau [m] :	nvt
Gebruikte waterstand [m] :	nvt
F_{snkd} [kN] :	0



Voorbeeldberekening

Project :	Breda, Klokkenberg
Projectnr :	17119100

Lastzakking

Toetsing grenstoestand STR/GEO

Rekenwaarde draagkracht [kN] :	425
Rekenwaarde totale belasting lager dan [kN] :	425
Rekenwaarde negatieve kleeft [kN] :	0
Rekenwaarde constructieve belasting [kN] :	425
Optredende paalkopzakking [mm] :	79,8
Toelaatbare paalkopzakking [mm] :	150

Toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand SLS

Representatieve waarde draagkracht [kN] :	510
Gemiddelde (aangenomen) belastingfactor:	1,3
Representatieve waarde constructieve belasting [kN] :	327
Representatieve waarde negatieve kleeft [kN] :	0
(afgeleide) representatieve belasting op de paal [kN] :	327
Optredende paalkopzakking [mm] :	79,8
Toelaatbare paalkopzakking [mm] :	150

Beddingscoëfficiënt

Representatieve K-waarde [kN/m] :	20000
Reken K-waarde [kN/m] :	15000

Bijlage C Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp

Algemene richtlijnen en aandachtspunten uitvoering en ontwerp (gebaseerd op onder andere: NEN 9997, SBR Handboek funderingen)

Algemeen

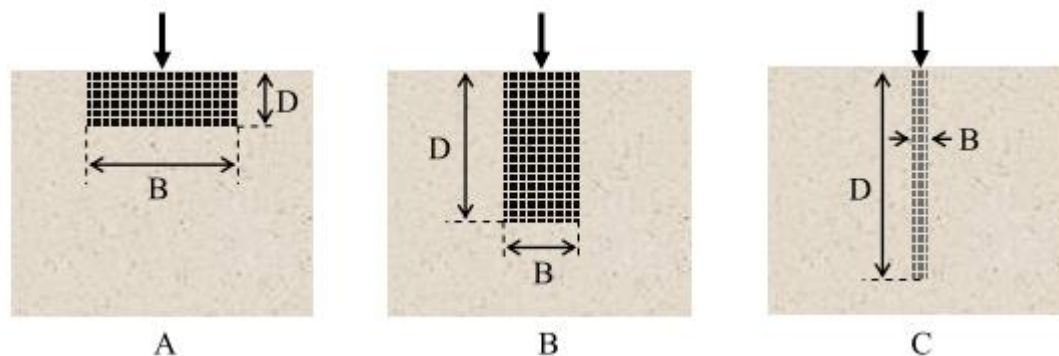
Bij de uitvoering moet zijn gecontroleerd of aan de onderstaande uitgangspunten van het ontwerp van de fundering is voldaan:

- ◆ de grondgesteldheid, de grondwatertoestand en mogelijk andere omgevingsfactoren mogen niet ongunstiger zijn dan is aangenomen ten behoeve van het ontwerp. Hiertoe dient onder meer te worden nagegaan of het grondonderzoek voldoet aan de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1 (zie ook navolgend);
- ◆ de positie, diepte en afmetingen van de fundering moeten overeenstemmen met de ontwerpspecificaties;
- ◆ de kwaliteit van de constructieve onderdelen moet voldoen aan de desbetreffende materiaaleisen en de funderingselementen mogen niet zijn beschadigd;
- ◆ indien de nieuwe fundering zich binnen het belastingsverspreidingsgebied van de bestaande fundering bevindt, moet de noodzaak van extra voorzieningen zijn overwogen.
- ◆ de aanleg van een fundering nabij een bestaande fundering moet voorzichtig en volgens de aanwijzingen in het geotechnisch ontwerpverslag zijn uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Definitie funderingstypen

- ◆ **fundering op staal**; een ondiepe fundering op de vaste grond. Een fundering op staal is vaak goedkoper dan een fundering op palen, wanneer op geringe diepte goede, draagkrachtige bodemlagen aanwezig zijn. Bij samendrukbare bodem is het vaak niet goed mogelijk om een fundering op staal te realiseren, omdat de zettingen dan te groot zouden worden.
- ◆ **diepfundering**; tussenvorm palen en staal, met elementen met een diepte tussen circa 3 en 5 x de breedte. Een diepfundering kan interessant zijn wanneer pas op een diepte van 2 tot 4 m een draagkrachtige bodemlaag aanwezig is en voor een normale fundering op staal te veel grondwerk zou zijn vereist.
- ◆ **fundering op palen**, bestaande uit elementen met een diepte > 5 x de breedte/diameter. Een fundering op palen wordt doorgaans toegepast in gebieden met slappe of heterogene bodem, bij uitbreiding van bestaande bebouwing (om zettingsverschillen te voorkomen) en/of bij zeer hoge funderingsbelastingen.

Een schematisch overzicht van de hoofdtypen is weergegeven in navolgende figuur.



Soorten funderingen: (A) fundering op staal (stroken, poeren, plaatfundering), (B) diepfundering en (C) paalfundering

Afstand WKO-boringen tot fundering

Bij de uitvoering van een mechanische boring direct naast een gebouw of constructie (zoals een viaduct, dijklichaam, spoor, weg, riolering, etc.) moet men rekening houden met mogelijke negatieve effecten op (de fundering van) deze bouwwerken of constructies als gevolg van de grondontspanning die de boring veroorzaakt. Deze grondontspanning ontstaat bij het plaatsen van een eventuele mantelbuis en bij het boorproces.

Schade aan gebouwen en constructies kan worden voorkomen, door de boring op veilige afstand hiervan te plaatsen. Conform de uitvoeringseisen uit SIKB Protocol 2101 "Mechanisch boren", versie 4.0 d.d. 1 februari 2018 geldt dat, tenzij anders overeengekomen, een boring op een afstand van minimaal 10 x de boorgatdiameter van een bestaand gebouw of constructie dient te worden geplaatst en 15 x de boorgatdiameter van een bekend c.q. gepland gebouw of constructie.

Grondwater

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden moet de bodem van de sleuf of de put droog zijn, tenzij speciale maatregelen zijn genomen om uitspoeling van beton of bindmiddelen te voorkomen. Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Een verlaging van de grondwaterstand is doorgaans middels een van de volgende drie bemalingsmethoden te realiseren:

- ◆ horizontale drains in en rond de bouwput
- ◆ korte (vacuüm)filters rondom de bouwput, h.o.h. 2 m geplaatst, met zuigleiding aan een zuigperspomp verbonden
- ◆ plaatsing van enige grote en diepe deepwell-pompputten met een flinke reikwijdte met betrekking tot de verlaging van de grondwaterstand.
- ◆ Van geval tot geval dient dit apart te worden bekeken of een bemalingsadvies is vereist. De noodzaak hiertoe kan onder meer afhankelijk zijn van de ligging van de bouwplaats (binnen of buiten beschermd gebied), het verwachte onttrekkingsdebiet/waterbezwaar (aanvraag vergunningen bij overschrijding vergunningsgrens) en invloed naar de omgeving (aanwezigheid van monumentale panden, of bomen).

Ons bureau kan hieromtrent nader adviseren en desgewenst en indien van toepassing de (MER-) vergunnings- of meldingsprocedure verzorgen.

Bijlage D Algemene eisen grondverbetering en verdichting

Eisen aan en controle tijdens de uitvoering grondverbetering

(gebaseerd op onder andere: NEN 6740, NEN 9997, SBR Handboek funderingen)

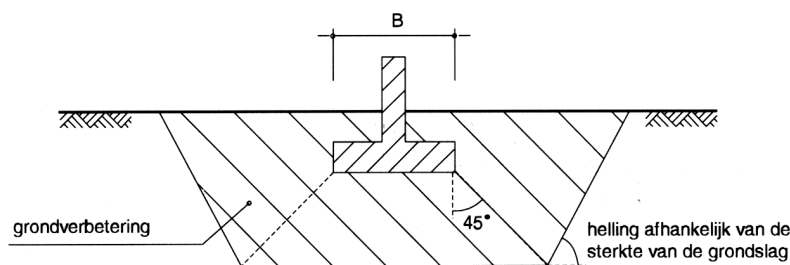
Algemeen

Voor de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de uitvoering van de grondverbetering en/of controle van de verdichting voldoet aan de eisen zoals gesteld in de vigerende norm NEN 9997-1 en de navolgende richtlijnen.

Uitvoering ontgraving

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

In beginsel dient te worden ontgraven tot de in het rapport vermelde niveaus. De bodem van de ontgraving moet en zodanige breedte hebben, dat deze buiten het spannings-spreidingsgebied van de fundering ligt. Tenzij in het rapport anders is vermeld moet de grondverbetering tenminste worden aangebracht binnen een gebied waarin de belasting onder 45° spreidt (zie ook navolgende figuur).



Voor elk bouwdeel moet het graafwerk worden begonnen bij de sondering, waar het diepste ontgravingsniveau is geadviseerd. Op deze wijze kunnen in het werk aan de hand van de aangetroffen grondlagen de overgangen naar minder diepe ontgravingsniveaus worden vastgesteld. Deze overgangen moeten geleidelijk of trapsgewijs worden uitgevoerd in samenhang met de laagdikten van de grondverbetering.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet bij een staalfundering met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

Het ontgravingsvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingsniveau niet cohesieve grond bevindt.

Indien direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss- afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingsniveau niet wordt geroerd. Om verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei; leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Uitvoering grondverbetering

Grondverdichting beoogt het bereiken van een zo groot mogelijke pakkingsdichtheid van de (zand)korrels. Dit kan worden bereikt door het uitoefenen van grote klappen (aanstampen, explosieverdichters of zeer grote valgewichten bij grote terreinen). Tegenwoordig worden echter hoofdzakelijk trilapparaten gebruikt.

De te gebruiken trilapparatuur dient te worden afgestemd op het beoogde verdichtingsbereik. De onderstaande tabel geeft inzicht in het dieptebereik van in te zetten trilapparatuur.

Massa trilplaat [kg]	Slagkracht [kN]	Verdichtingsbereik [m]
200 à 250	15	0,25-0,35
300 à 400	30	0,35-0,55
450 à 550	45	0,55-0,75
600 à 750	60	0,75-1,00

Een aanvulling met zand moet laagsgewijs zijn verdicht. Bij een breedte van de aanvulling van ten hoogste 0,5 m mag de laagdikte bij het verdichten niet groter dan of gelijk aan 0,1 m zijn geweest. Bij een breedte groter dan of gelijk aan 1 m mag

de laagdikte ten hoogste 0,3 m zijn. Bij tussen gelegen waarden van de aanvullingsbreedte mag de laagdikte door interpolatie tussen de hiervoor genoemde waarden zijn bepaald.

Het verdichtingsbereik is daarbij ook sterk afhankelijk van het aantal walsovergangen. Naarmate de trillende passage herhaald wordt, neemt de dieptewerking en de verdichtingsgraad nog iets toe. In het algemeen worden er ten minste 3 kruislings gerichte overgangen gevraagd. In de praktijk wordt er vaak van 5 passages uitgegaan.

Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nage trilrd worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste ca. 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- ◆ Het grondwaterniveau moet zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. NEN6740 en NEN 9997-1 stellen dat in GC2 de grondwaterstand zich minimaal 0,3 m onder het oppervlak bevinden, waarop de verdichtingmachine werkt. In de praktijk wordt vaak een diepte van 0,5 m gehanteerd.
- ◆ Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.
- ◆ De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.

N.B. Transportmiddelen zoals bulldozers, loaders en scrapers geven slechts een verdichting tot een zeer geringe diepte, waarbij zeer veel overgangen noodzakelijk zijn voor het bereiken van een voldoende verdichting. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Het uitvoeren van een grondverbetering geschiedt vrijwel uitsluitend met zand. Dit kan van elders zijn aangevoerd of ook wel zijn vrijgekomen bij het ontgraven van de bouwput zelf (de goede grondlagen). In het verleden werden er veel eisen aan het materiaal gesteld teneinde een hoge draagkracht te kunnen verzekeren. Tegenwoordig is er in het kader van de prestatieconcepten of een resultaatsverplichting, in dit geval een vereiste conusweerstand, veel meer vrijheid voor de aannemer om zelf vast te stellen welk zand hij gebruikt. Zo kan er soms met langduriger trillen en/of zwaardere apparatuur ook met minder geschikt zand toch een goed draagkrachtige grondslag worden gecreëerd.

Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit conform NEN 6740 aan de volgende eigenschappen voldoen:

- ◆ de korrelfractie kleiner dan 0,016 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- ◆ de korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.

Daarnaast gelden de volgende praktische criteria:

- ◆ Het zand dient bij voorkeur een goede gradering te hebben; dat wil zeggen dat alle fracties zoveel mogelijk vertegenwoordigd zijn (zeefkromme met een niet te steil verloop). De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. D_{60} = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D_{10} - zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- ◆ het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;
- ◆ de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn. Brekerzand is bijvoorbeeld erg stabiel, maar stuifzand rolt gemakkelijk.
- ◆ de Proctorcurve van het zand (relatie vochtgehalte en verdichtbaarheid) rond de maximale dichtheid dient bij voorkeur een flauw verloop te hebben. Het vochtgehalte fungeert bij de verdichting enerzijds als smeermiddel en anderzijds door de capillairspanningen als lijm. Te veel vocht geeft echter verweking en werkt dus averechts. Over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 á 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.

Hierbij wordt het volgende opgemerkt:

- ◆ Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichtingsenergie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt.
- ◆ In plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt eveneens dat de gelijkmatigheidscoëfficiënt $D_{60}/D_{10} > 3$ moet zijn.

Controle verdichting

De kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan als volgt wordt gecontroleerd:

- ◆ verkenning met het visiteerijzer; hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- ◆ mechanische (lichte)slagsonderingen; hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.

- ◆ sonderingen; middels handsonderingen kan een pakket van beperkte dikte (in beginsel 50 cm) worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepte enigszins te vergroten. Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- ◆ in-situ-dichtheidsbepalingen; met volumesteeekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.
- ◆ plaatdruk- en CBR-proeven; middels deze methoden kunnen de stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering worden gecontroleerd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de beperkte indringingsdiepte van de proeven.

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- ◆ De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- ◆ Bij controle met een (hand)sondeerapparaat moet, bij constructies ingedeeld in GC2, de conusweerstand toenemen met de diepte. Op 0,2 m diepte geldt $q_c \geq 3$ MPa, op 0,5 m onder de onderkant van de fundering moet $q_c \geq 5$ MPa zijn (eis NEN 6740).
Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden. Voor constructies in GC1 geldt dat $q_c \geq 2$ MPa op 0,3 m diepte volstaat.
- ◆ De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor-dichtheid te bedragen.

N.B. De bemaling mag pas worden beëindigd na afloop van de funderingswerkzaamheden, of als is aangetoond dat het opkomen van het water in de sleuf niet meer leidt tot een kwaliteitsachteruitgang van de al uitgevoerde werken.

Bijzondere aspecten

In afwijking op grondverbetering met zand, zoals hiervoor beschreven, bestaan alternatieven. Voorbeelden hiervan (niet noodzakelijkerwijs toepasbaar in onderhavige situatie) zijn ondermeer:

- ◆ Verdichten van de grondslag tot op grote diepte door middel van ingebrachte verticale vibratoren c.q. trilnaalden. Deze techniek wordt veelal aangeduid met 'Rütteln' of 'Vibroflotation'.
- ◆ Verbetering van de ondergrond door middel van kolommen van grind-, steenslag of gebroken betongranulaat. De kolommen worden vervaardigd met behulp van een trilnaald die op diepte wordt gespoten. De trilnaald wordt getrokken en het ontstane gat wordt gevuld met grind, steenslag of gebroken puin. Vervolgens wordt de trilnaald weer op diepte gebracht en kunnen de hierboven omschreven handelingen worden herhaald totdat de gewenste kolomdiameter is gerealiseerd.
- ◆ Versteving van een bestaande grondslag. Grond kan in situ met cement gemengd worden om op die manier de draagkracht aan het oppervlak sterk te vergroten. In het buitenland is relatief veel ervaring opgedaan met de versteving van kleigronden door ze met kalk te vermengen. Gebeurt dit met een avegaar in een patroon zoals dit met verticale zanddrains ook wel geschiedt, dan wordt er van kalkpalen gesproken.
- ◆ Grondvervangings door met cement gestabiliseerd zand. Onder verhardingen, naast kelders enzovoort ter reductie van de zijdelingse gronddruk.
- ◆ Grondvervangings door lichtgewicht korrels (bijvoorbeeld argex of lytag) ten behoeve van isolatie en/of gewichtsreductie. Deze techniek wordt in oude binnensteden toegepast om de zware zandlagen naast gebouwen te vervangen door stroken met licht aanvulmateriaal. Hierdoor kan de negatieve kleefbelasting op de funderingspalen aanzienlijk gereduceerd worden om zo verdere zettingsverschillen te vermijden.
- ◆ Grondvervangings door schuimbeton of polystyreen in gebieden met een samendrukbare ondergrond om een zogeheten 'evenwichtsconstructie' te bereiken. Deze techniek wordt vooral bij lichte woningbouw en bedrijfsvloeren toegepast.



Geosonda is onderdeel van:



Nederland



België



Frankrijk



https://www.abo-group.eu/bedrijven_abo/abo-erg/

 Bodem	 Milieu	 Geotechniek	 Energie	 Afval
◆ Bodemonderzoek en grondverzetstudies ◆ Sediment- en baggerspecieonderzoek ◆ Milieuboringen ◆ Grondwatermodellering en risicostudies ◆ Bodemsaneringsproject en en pilootstudies ◆ Begeleiding bodemsaneringswerken	◆ Milieuaudits en vergunningen ◆ Natuur- en landinrichting ◆ Natuurlijke rijkdommen en biodiversiteit ◆ Afwateringsstudies en integraal waterbeheer ◆ Ruimtelijke planning en mobiliteit ◆ Duurzame stadsontwikkeling en brownfieldmanagement ◆ Archeologisch onderzoek	◆ Sonderingen, boringen, metingen. ◆ Akoestisch doormetern palen ◆ Advisering fundering, zetting, stabiliteit, damwand, bouwput, verharding en trillingen ◆ Advisering bemaling, wateroverlast en infiltratie ◆ Labproeven: sterkte, classificatie, consolidatie	◆ Energiestudies, energieplannen en certificaten ◆ Hernieuwbare energie ◆ Energie- en procestechniek ◆ Energiebuffering en 'smart grids' ◆ Energie- en procesmetingen ◆ Studies klimaatverandering	◆ Afvalstoffenplannen ◆ Afval- en asbestinventarisatie ◆ Inrichting en afwerking stortplaatsen ◆ Afvalpreventie en – verwerking ◆ 'Landfill mining' ◆ 'Life-cycle analysis'

Geosonda bv

Vestiging Breda: Franse Akker 13 | 4824 AL Breda

Vestiging Alphen aan den Rijn: Curieweg 19 | 2408 BZ Alphen aan den Rijn

Tel (direct): +31 (0) 76 522 0566 | advies@geosonda.nl

Tel (alg.): +31 (0) 172 449 822 | www.geosonda.nl