

Project: woning familie van der Stelt (3650)
Hogeweg kad-A436
Simonshaven

Onderdeel: Funderingsadvies
Rapportnummer: 61232022-FA-I / 37075

Opdrachtgever: IJB Funderingen B.V.
Postbus 210
8530 AE Lemmer

Datum: 17 januari 2024

Opsteller: C. de Bar (tel. 0514-588041)

Collegiale toets: drs. ing. P.G. Rumpt

INHOUD:

1	Inleiding.....	3
1.1	Algemeen.....	3
1.2	Toegepaste normen.....	3
2	Project omschrijving.....	3
3	Grondmechanisch bodemonderzoek.....	4
3.1	Beschikbaar onderzoek.....	4
3.2	Bodemopbouw.....	4
3.3	Hoogte maaiveld.....	4
3.4	Waterstand.....	4
4	Funderingsadvies.....	5
5	Berekeningsmethode draagvermogen drukpalen	6
5.1	Algemeen.....	6
5.2	Negatieve kleeft	7
5.3	Positieve kleeft	7
6	Berekeningsresultaten draagvermogen (druk)	8
6.1	Prefab betonnen heipalen.....	8
6.2	Inwendig geheide stalen buispalen met aangelaste voetplaat.....	9
7	Uitvoeringsaspecten	10
7.1	Prefab betonnen heipalen.....	10
7.1.1	Heien in de omgeving van bestaande bebouwing	10
7.1.2	Heibegleiding / Paalinstallatie.....	11
7.2	Inwendig geheide stalen buispalen met aangelaste voetplaat.....	11
7.3	Bouwput	12

BIJLAGEN:

- Bijlage A Berekening negatieve kleeft
- Bijlage B Berekeningsvoorbeeld draagvermogen prefab heipalen
- Bijlage C Berekeningsvoorbeeld draagvermogen inwendig geheide buispalen
- Bijlage D Grondonderzoek rapport nr AA21424

I Inleiding

I.1 Algemeen

Voor het project woning familie van der Stelt (3650) Hogeweg kad-A436 in Simonshaven heeft IJB Geotechniek B.V. van IJB Funderingen B.V. opdracht ontvangen voor het opstellen van een funderingsadvies.

I.2 Toegepaste normen

In dit rapport is een voorontwerpadvies voor de fundering opgesteld conform onderstaande normen en/of richtlijnen:

- NEN 9997-I+C2:2017
(Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel I: Algemene regels).

De uitgangspunten op basis waarvan dit rapport is uitgewerkt dienen door een constructeur te worden getoetst. Graag worden wij van eventuele wijzigingen op de hoogte gehouden zodat we kunnen beoordelen in hoeverre het al dan niet noodzakelijk is dit rapport aan te passen.

2 Project omschrijving

Het betreft hier de nieuwbouw van de woning voor de familie van der Stelt.
Voor zover ons bekend worden er geen kelder(s) gerealiseerd.

Op het moment van schrijven van dit rapport zijn de exacte belastingen op de funderingselementen bij ons niet bekend. In dit stadium van het project wordt derhalve volstaan met het verstrekken van die gegevens die nodig zijn om het ontwerp van het project mogelijk te maken. Definitieve toetsing van het ontwerp kan in een later stadium plaatsvinden.

Uitgangspunt voor dit funderingsadvies zijn uitsluitend axiale op druk belaste palen met een rekenwaarde van 200 à 400 kN ($F_{c;d}$) en een zodanig vlak terrein dat buiging van de palen door horizontale gronddruk is uitgesloten.

3 Grondmechanisch bodemonderzoek

3.1 Beschikbaar onderzoek

Het beschikbare, door Geosonda uitgevoerde onderzoek (rapport nr.: AA21424) bestaat uit:

- 5 continue sonderingen met elektrische conus en met elektronische registratie. De sonderingen zijn uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1.

Voor deze rapportage is gebruikt gemaakt van de sonderingen 1 t/m 4.

De resultaten van het onderzoek zijn vastgelegd ten opzichte van N.A.P. en zijn als bijlage in dit rapport opgenomen. De maximaal verkende diepte bedraagt ca. -36.13 m N.A.P..

IJB Geotechniek is niet verantwoordelijk voor het door Geosonda uitgevoerde bodemonderzoek.

3.2 Bodemopbouw

Op basis van de sondeerresultaten, waaronder metingen van de plaatselijke mantelwrijving, is globaal de volgende schematische bodembeschrijving opgesteld:

Diepte in m t.o.v. N.A.P.	Bodembeschrijving
Van maaiveld tot ca. -6.00 à -6.40	Klei en/of veen, toplaag zand humeus
Van ca. -6.00 à -6.40 tot -24.50 à -25.00	Zand, wisselend gepakt, lokaal silt en/of silthoudend
Van ca. -24.50 à -25.00 tot max. verkende diepte	Zand vast gepakt, lokaal klei en/of silt lagen

3.3 Hoogte maaiveld

Ten tijde van het grondonderzoek varieerde de maaiveldhoogte ter plaatse van de gebruikte sondeerpunten van -0.89 m N.A.P. tot -1.31 m N.A.P..

Het straatpeil (as van de weg) in de directe omgeving is ingemeten op -1.06 m N.A.P..

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties in het terrein is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw in te meten ten opzichte van N.A.P.. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

3.4 Waterstand

De waterstand in de sloot is aangetroffen op -2.60 m N.A.P.. Het betreft hier een momentopname die is afgeleid aan de hand van de stand van het water in de sloot tijdens de uitvoering. De werkelijke stand van het water kan afwijken door invloed van ondermeer de weersgesteldheid en de seizoenen. Het betreft hier een indicatie die zonder aanvullend onderzoek niet geschikt is voor welke conclusie en/of toepassing dan ook.

Het beschikbare grondonderzoek geeft geen informatie aangaande de grondwaterstand.

4 Funderingsadvies

Geadviseerd wordt het toepassen van een fundering op palen. In overleg met de opdrachtgever is een fundering op prefab betonnen heipalen en inwendig geheide stalen buispalen met aangelaste voetplaat verder uitgewerkt.

Op de volgende pagina's zijn de berekende paal draagvermogens weergegeven.

Aandachtspunten:

- Uit de berekening van het paal draagvermogen volgt een grote toelaatbare belasting per paal. Bij toepassing van een hoge belasting en een kleine paal diameter loopt, indien er enige paalafwijking in de bouw optreedt, het moment zeer snel op. Het criterium voor wat er op een paal kan volgen dan uit toelaatbare paalafwijking en het moment wat door de paal opgenomen kan worden.
- Bij het opstellen van dit funderingsadvies op prefab betonnen heipalen is ervan uitgegaan dat er in de directe omgeving van het heiwerk geen trillingsgevoelige belendingen en/of objecten aanwezig zijn. Indien dit wel het geval is, moet gekozen worden voor een trillingsvrij systeem en dient contact te worden opgenomen met ons bureau.
- Er wordt geadviseerd om tussen de sonderingen in alleen paalpuntniveaus toe te passen waarbij de in de tabel aangegeven paalcapaciteit van alle aangrenzende sonderingen op dit niveau groter is dan de optredende paalbelasting. Als het betreffende niveau niet vermeld staat bij een aangrenzende sondering wordt geadviseerd om voor het overgangsgebied dit niveau niet te kiezen.

Het heien van prefab betonnen heipalen veroorzaakt trillingen. Om heitruillingen te beperken en rekening te houden met de omgeving wordt het volgende geadviseerd:

- Eventueel een trillingsprognose (SBR-richtlijn) laten opstellen. Wanneer trillingen voldoen aan de SBR-richtlijn is de kans op het ontstaan van (cosmetische) schade klein.
- Het uit laten voeren van een bouwkundige vooropname van de omliggende bebouwing en deze aan de betrokkenen (relevante omwonenden) ter beschikking te stellen.
- Het heiwerk te beginnen met de palen direct naast de dichtstbijzijnde belending en vervolgens van de belending af ('van buiten naar binnen') te heien.
- De palen niet te diep in de zandlaag heien. Eventueel meer palen toepassen op een iets hoger gelegen paalpuntniveau.
- Het toepassen van een voldoende zwaar heiblok e.e.a. te bepalen nadat het palenplan gereed is.
- Tijdens het heiwerk trillingsmetingen uit laten voeren. Door middel van deze metingen kan het niveau van de trillingsintensiteit worden vastgesteld. Indien nodig kan door het aanpassen van de valhoogte van het heiblok e.e.a. worden bijgesteld. Mocht de trillingsintensiteit echter onaanvaardbaar hoog zijn dan zal alsnog gekozen moeten worden voor een trillingsarm/vrij paalsysteem.

5 Berekeningsmethode draagvermogen drukpalen

5.1 Algemeen

Uitgangspunt in de berekening is dat de toekomstige maaiveldhoogte ongeveer gelijk blijft aan de hoogte ten tijde van het grondonderzoek. Met significante ophogingen of afgravingen is in dit rapport geen rekening gehouden.

Berekening van op druk belaste palen conform NEN 9997-1.

De constructie is ingedeeld in geotechnische categorie 2.

Factoren bij de berekening van prefab betonnen heipalen en inwendig geheide stalen buispalen:

α_s	0.010	NEN 9997-1, 7.6.2.3, tabel 7.c
α_p	0.7	NEN 9997-1, 7.6.2.3, tabel 7.c
γ_t	1.20	NEN 9997-1, tabel A.6, voor combinatie R3c
ξ_3 en ξ_4	1.39	NEN 9997-1, tabel A.10.a, voor $n = 1$ en een niet stijf bouwwerk. Voor $n \leq 3$ geldt $\xi_3 = \xi_4$
β		NEN 9997-1, 7.6.2.3(g)
Geheide betonpaal	#250	1.00
	#290	1.00
Inwendig geheide buispaal	Ø273 (voet Ø285)	0.90
	Ø324 (voet Ø336)	0.91
s	1.0	NEN 9997-1, 7.6.2.3(h)

Toetsen:

Eis ten aanzien van grenstoestand GEO: $F_{c;d} \leq R_{c;net;d}$ met $R_{c;net;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$.

Voor de meest gangbare paaltypen, zoals grondverdringende palen en avegaarpalen met relatief kleine diameter is deze grenstoestand maatgevend.

5.2 Negatieve kleeft

Voor dit project is rekening gehouden met een neerwaartse gerichte wrijving langs de paalschacht over een traject van maaiveld tot ca. -6.00 à -6.40 m N.A.P.. In de berekening is verder uitgegaan van een grondwaterstand van -2.00 m N.A.P. en een bovenbelasting van 10 kN/m².

De representatieve waarde van paalbelasting door negatieve kleeft ($F_{nk,rep}$) is bepaald volgens NEN 9997-I, 7.3.2.2(d).

De rekenwaarde ($F_{nk;d}$) wordt bepaald met behulp van de partiële factor $\gamma_{f,nk}$ zoals vermeld in NEN 9997-I, 7.3.2.2(b) $\rightarrow F_{nk;d} = \gamma_{f,nk} * F_{nk,rep}$. Voor $\gamma_{f,nk}$ is de waarde 1.0 aangehouden.

De rekenwaarde ($F_{nk;d}$) bedraagt voor dit project ca. 42 kN/m¹-paalomtrek (zie bijlage A). Deze waarde is verwerkt in de tabel paalpuntniveaus en rekenwaarden netto draagkracht die elders in dit rapport staat vermeld.

5.3 Positieve kleeft

Samendrukbare lagen boven het basisniveau en eventueel daarop rustende zandlagen worden geacht geen aandeel te leveren in de schachtwrijving van op druk belaste palen. Schachtwrijving wordt ontleend aan de grondlagen beneden ca. -6.40 à -6.70 m N.A.P..

6 Berekeningsresultaten draagvermogen (druk)

6.1 Prefab betonnen heipalen

Werknummer: AA21424			Rc;net;d		
			<-----kN----->		
Sondering	Maaiveld	Paalpunt	#250*250	#290*290	#320*320
<-----m tov NAP----->			<-----mm----->		

01	-1.00	-14.00	193	240	279
01	-1.00	-14.50	225	278	309
01	-1.00	-15.00	215	261	299
01	-1.00	-15.50	229	278	317
01	-1.00	-16.00	236	284	324
01	-1.00	-16.50	266	323	368
01	-1.00	-17.00	279	339	387
01	-1.00	-17.50	294	356	405
01	-1.00	-18.00	322	398	453
01	-1.00	-18.50	338	406	459
01	-1.00	-19.00	351	417	468

02	-0.89	-14.00	194	242	276
02	-0.89	-14.50	217	263	303
02	-0.89	-15.00	214	252	286
02	-0.89	-15.50	216	262	298
02	-0.89	-16.00	226	273	309
02	-0.89	-16.50	233	286	329
02	-0.89	-17.00	267	324 *	370
02	-0.89	-17.50	285	345	393
02	-0.89	-18.00	300	364	414
02	-0.89	-18.50	323	382	433
02	-0.89	-19.00	331	398	439

03	-1.31	-14.00	172	215	250
03	-1.31	-14.50	181	211	242
03	-1.31	-15.00	182	221	253
03	-1.31	-15.50	191	231	264
03	-1.31	-16.00	198	240	272
03	-1.31	-16.50	233	285	327
03	-1.31	-17.00	249	303	346
03	-1.31	-17.50	277	334	382
03	-1.31	-18.00	290	347	394
03	-1.31	-18.50	300	361	408
03	-1.31	-19.00	307	369	417

04	-1.00	-14.00	184	229	265
04	-1.00	-14.50	207	228	251
04	-1.00	-15.00	193	233	266
04	-1.00	-15.50	204	246	280
04	-1.00	-16.00	212	257	292
04	-1.00	-16.50	240	286	327
04	-1.00	-17.00	251	304	346
04	-1.00	-17.50	264	319	362
04	-1.00	-18.00	305	360	405
04	-1.00	-18.50	307	368	415
04	-1.00	-19.00	317	380	427

Rc;net;d = rekenwaarde netto draagkracht

APRSON version 1.0.0.36

PRJ : u:_aprprj\2023\61232022-1-hp.prj

XLS : u:_aprxls\2023\61232022-1.xlsx

GEF : u:_aprgef\2023\61232022*.gef

* Zie berekeningsvoorbeeld bijlage B.

Geadviseerd wordt om voor alle palen één paalpuntniveau te hanteren.

Kans op lage en/of aflopende kalenderwaarde.

Funderingsadvies 61232022-FA-I / 37075

woning familie van der Stelt (3650) Hogeweg kad-A436 Simonshaven

6.2 Inwendig geheide stalen buispalen met aangelaste voetplaat

Werknummer: AA21424			Rc;net;d	
			<-----kN----->	
Sondering	Maaiveld	Paalpunt	Ø273*285	Ø324*336
<----m tov NAP----->			<-----mm----->	

01	-1.00	-14.00	171	221
01	-1.00	-14.50	200	255
01	-1.00	-15.00	189	237
01	-1.00	-15.50	201	252
01	-1.00	-16.00	206	256
01	-1.00	-16.50	233	292
01	-1.00	-17.00	245	307
01	-1.00	-17.50	257	321
01	-1.00	-18.00	283	360
01	-1.00	-18.50	295	365
01	-1.00	-19.00	306	372

02	-0.89	-14.00	172	220
02	-0.89	-14.50	192	241
02	-0.89	-15.00	187	229
02	-0.89	-15.50	189	236
02	-0.89	-16.00	198	246
02	-0.89	-16.50	204	259
02	-0.89	-17.00	234	294 *
02	-0.89	-17.50	249	312
02	-0.89	-18.00	262	328
02	-0.89	-18.50	282	344
02	-0.89	-19.00	289	357

03	-1.31	-14.00	153	198
03	-1.31	-14.50	160	193
03	-1.31	-15.00	160	201
03	-1.31	-15.50	167	209
03	-1.31	-16.00	173	216
03	-1.31	-16.50	204	259
03	-1.31	-17.00	219	275
03	-1.31	-17.50	243	303
03	-1.31	-18.00	253	313
03	-1.31	-18.50	262	325
03	-1.31	-19.00	268	331

04	-1.00	-14.00	163	210
04	-1.00	-14.50	183	207
04	-1.00	-15.00	169	211
04	-1.00	-15.50	178	222
04	-1.00	-16.00	185	232
04	-1.00	-16.50	210	259
04	-1.00	-17.00	220	275
04	-1.00	-17.50	231	288
04	-1.00	-18.00	268	325
04	-1.00	-18.50	268	331
04	-1.00	-19.00	276	340

Rc;net;d = rekenwaarde netto draagkracht

APRSON version 1.0.0.36

PRJ : u:_aprprj\2023\61232022-1-sb.prj

XLS : u:_aprxls\2023\61232022-1.xlsx

GEF : u:_aprgef\2023\61232022*.gef

* Zie berekeningsvoorbeeld bijlage C.

Geadviseerd wordt om voor alle palen één paalpuntniveau te hanteren.

Kans op lage en/of aflopende kalenderwaarde.

7 Uitvoeringsaspecten

7.1 Prefab betonnen heipalen

Uitvoering dient bij voorkeur te geschieden door een gerenommeerd heibedrijf.

Het heiwerk kan uitgevoerd worden met een 4 tons (250x250) of 5 tons (290x290) hydroblok of gelijkwaardig.

Definitieve blokkeus te maken nadat het palenplan gereed is en in overleg met de heier, ons bureau en de Dienst bouw- en woningtoezicht van de betreffende gemeente.

Het energieniveau dient zodanig te worden ingesteld dat op het geadviseerde paalpuntniveau goed interpreteerbare kalenderwaardes kunnen worden gerealiseerd. Goed interpreteerbare kalenderwaardes zijn kalenderwaardes waarbij voor een zakking van de paalkop van 0.25 m 15 à 40 klappen nodig zijn.

Geadviseerd wordt de eerste paal te heien ter plaatse van een sondering en deze, voor zover praktisch over de volle lengte van de paal te kalenderen.

De op het geadviseerde paalpuntniveau geconstateerde kalender kan in combinatie met de sonderingen als maatstaf worden gebruikt voor de bepaling van het paalpuntniveau van de tussen de sonderingen te heien palen. Bij elke volgende sondering is het noodzakelijk om het kalenderbeeld te controleren en deze maatstaf eventueel te wijzigen.

Bij een verschil in paalpuntniveau tussen de sonderingen wordt aanbevolen het heiwerk aan te vangen bij het diepst voorgeschreven paalpuntniveau en vervolgens 'van laag naar hoog' te heien. Van elke paal dienen de kalenders over tenminste de laatste 2 à 2.5 m te worden vastgelegd en in de directe omgeving van sonderingen, voor zover praktisch, over de volle lengte van de paal. Tevens dient te worden genoteerd het heimiddel (i.g.v. hydroblok: valgewicht en valhoogte en aantal slagen per minuut), het paalnummer, de paalafmeting en het bereikte inheinniveau.

Geadviseerd wordt om gedurende het kalenderen het aantal slagen tot ca. 60 per minuut te beperken en de valhoogte voor palen met gelijke schachtdiameter gelijk te houden.

7.1.1 Heien in de omgeving van bestaande bebouwing

Het heien van prefab betonpalen veroorzaakt trillingen. Bij het opstellen van dit funderingsadvies is er van uitgegaan dat er in de directe omgeving van het heiwerk geen trillings- en/of zettingsgevoelige belendingen en/of objecten aanwezig zijn en er dus geheid kan en mag worden.

In hoeverre dat in de gegeven situatie al of niet correct is, is niet door ons beoordeeld. In twijfelgevallen is overleg met IJB Geotechniek gewenst.

7.1.2 Heibegleiding / Paalinstallatie

Gezien de variabele bodemgesteldheid en het belang van een betrouwbare fundering voor het bouwwerk is deskundig toezicht tijdens de uitvoering van het heiwerk / het installeren van de paalen noodzakelijk.

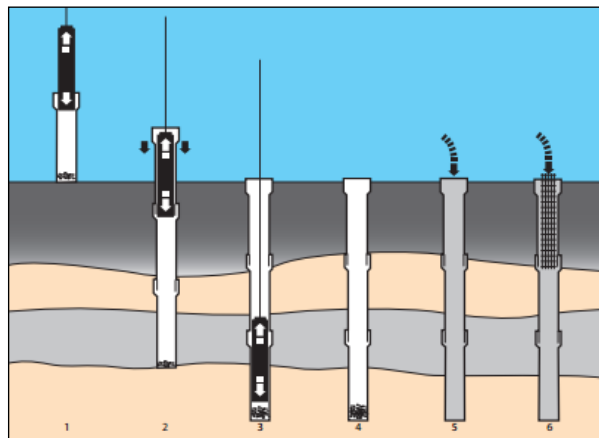
Voor wat betreft de taken en verantwoordelijkheden van de toezichthouder wordt verwezen naar CUR aanbeveling 114 (Toezicht op de realisatie van paalfunderingen, 2009).

Heibegleiding betekent controle en vastleggen van de gegevens elke paal:

- Paalnummer en paal positie.
- Afhei-hoogte.
- Paaldimensies.
- Bereikte puntniveau.
- Type heihamer toegepaste valhoogte.
- Aantal slagen van de heihamer per minuut.

De rapportage van de heibegleiding geeft dan duidelijke informatie voor de constructeur, adviseur geotechniek en bouw- en woningtoezicht.

7.2 Inwendig geheide stalen buispalen met aangelaste voetplaat



Vervaardiging:

1. Start eerste segment stalenbuispaal met aangelaste voetplaat en grind op de voetplaat.
2. Heiproces inwendig heien segmenten stalenbuispaal tot maaiveld.
3. Segmenten stalenbuispalen worden in de tromp vastgelast en vervolgens ingeheid.
4. Afbranden stalenbuis; controle of stalenbuispaal droog en vrij van verontreiniging is.
5. Aanbrengen betonvulling.
6. De paalkop dient van voldoende wapening te worden voorzien die tot tenminste 1.00 m – laagst bekende stand van het grondwater doorloopt.

Uitvoering van de inwendig geheide stalen buispalen dient bij voorkeur te geschieden door een gerenommeerde, gespecialiseerde aannemer werkend conform de huidige regelgeving alsmede de eigen uitvoerings- en kwaliteitsrichtlijnen.

De wanddikte van de buiselementen dient zodanig te worden gekozen dat heispanningen kunnen worden opgenomen zonder de buiselementen en/of lassen kapot gaan. Alvorens de palen vol met beton te storten dient te worden gecontroleerd of er water in de paal staat. Tevens dient te worden gecontroleerd of de paal recht is.

Wij adviseren de eerste paal ter plaatse van een sondering te heien en deze, voor zover praktisch, over de volle lengte van de paal te kalenderen. De op het geadviseerde paalpuntniveau geconstateerde kalender kan in combinatie met de sonderingen als maatstaf worden gebruikt voor de bepaling van het paalpuntniveau van de tussen de sonderingen te heien palen. Bij elke volgende sondering is het noodzakelijk deze maatstaf te toetsen en daar waar nodig aan te passen.

Bij een verschil in paalpuntniveau tussen de sonderingen wordt aanbevolen het heiwerk aan te vangen bij het diepst voorgeschreven paalpuntniveau en vervolgens van 'laag naar hoog' te heien.

Van elke paal dienen de kalenders over tenminste de laatste 1.00 m te worden vastgelegd en in de directe omgeving van sonderingen, voor zover praktisch, over de volle lengte van de paal.

Tijdens het kalenderen van de palen dient de valhoogte van het blok steeds gelijk te zijn. Heiwerk trillingsarm uitvoeren.

Wapening van de palen conform opgave paalleverancier en conform de huidige voorschriften. Eén en ander te toetsen door en ter beoordeling van de constructeur

7.3 Bouwput

Uitvoerende partijen die met hun personeel en materieel in de bouwput moeten werken, stellen eisen aan de bouwput zodat hierin veilig en arbo-technisch verantwoord gewerkt kan worden. Veelal dient de bouwput te worden voorzien van een zandlaag met daarin drainage en afwatering zodanig dat de grondwaterstand minimaal 0.3 m onder werkniveau komt te liggen.

Voor specifieke eisen adviseren we u contact op te nemen met de uw uitvoerende partij.

Bijlage A Berekening negatieve kleeft

Paalbelasting door negatieve kleeft voor een alleenstaande paal volgens NEN 9997-1

Uitgangspunten

Werknummer: AA21424

Gehanteerde sondering: 1

Bij de berekening is uitgegaan van samendrukbare lagen tot -6.40 m t.o.v. N.A.P..

De zakking van de dieper gelegen lagen zijn dusdanig klein dat ze buiten beschouwing kunnen worden gelaten. De bodemopbouw is geschematiseerd in 3 lagen; een toplaag, een samendrukbare laag en een onsamendrukbare laag.

Berekening negatieve kleeft

De representatieve waarde van de maximale paalbelasting door negatieve kleeft voor een alleenstaande paal bedraagt volgens NEN 9997-1, 7.3.2.2(d):

$$\begin{aligned} F_{s,nk,rep} &= O_{s,gem} * (d_1 * K_{0,1;k} * \tan(\delta_{1;k}) * \sigma'_{v,1;k} + d_2 * K_{0,2;k} * \tan(\delta_{2;k}) * \sigma'_{v,2;k}) \\ &= 42 \text{ kN/m}^1\text{-paalomtrek} \end{aligned}$$

waarin:

		in dit geval:
d_1	= dikte toplaag	0.50 m
d_2	= dikte van de samendrukbare laag	4.90 m
$K_{0,1;k} * \tan(\delta_{1;k})$	= produkt van de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor met de tangens van de wrijvingshoek tussen paal en grond voor de toplaag	0.25
$K_{0,2;k} * \tan(\delta_{2;k})$	= idem voor de samendrukbare lagen	0.25
$\sigma'_{v,1;k}$	= karakteristieke waarde van de gemiddelde effectieve korrelspanning in de toplaag	14.3 kN/m ²
$\sigma'_{v,2;k}$	= idem voor de samendrukbare lagen	33.0 kN/m ²
$O_{s,gem}$	= gemiddelde omtrek van de paalschacht	1.00 m

De *rekenwaarde* van de maximale negatieve kleeftbelasting van een alleenstaande paal bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk,d} &= F_{nk,rep} * Y_{f,nk} \\ &= 42 \text{ kN/m}^1\text{-paalomtrek} \end{aligned}$$

waarin

	in dit geval:
$Y_{f,nk}$	= Partiële belastingsfactor volgens NEN 9997-1, 7.3.2.2(d) 1.0

Bijlage B Berekeningsvoorbeeld draagvermogen prefab heipalen

BEREKENING DRAAGKRACHT EN LASTZAKKINGSGEDRAG VAN EEN PAAL VOLGENS NEN 9997-1 Versie EC7/januari 2017

Uitgangspunten

Grondonderzoek : Werknummer AA21424; Sondering 02
Reductie qc : Nee
Paaltype : 1 Grondverdringende paal; Beton
Paalpuntniveau : 17.00 m - NAP
Afmeting paalschacht: #290 mm
Afmeting paalpunt : #290 mm; Deq = 327 mm

Puntweerstand

De maximum puntweerstand bedraagt volgens 7.6.2.3(e):

$$q_{b;max} = \frac{1}{2} * \alpha_p * \beta * s * ((q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}) / 2 + q_{c;III;gem})$$

= 2.18 MPa

waarin: in dit geval:

α_p = Paalklassefactor voor de berekening van de draagkracht van de paalpunt, volgens 7.6.2.3(f). 0.70

β = Factor die de invloed van de paalvoetvorm (figuur 7.i) in rekening brengt, volgens 7.6.2.3(g). 1.00

s = Factor die de invloed van de vorm van de paalvoet in rekening brengt, volgens 7.6.2.3(h). 1.0

$q_{c;I;gem}$ = Gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I lopend van paalpuntniveau tot 0.7 à 4.0 * Deq beneden paalpuntniveau, volgens 7.6.2.3(e). 4.8 MPa

$q_{c;II;gem}$ = Gemiddelde minimale waarde van de conusweerstand over traject II lopend van paalpuntniveau tot 0.7 à 4.0 * Deq beneden paalpuntniveau, volgens 7.6.2.3(e). De onderkant van de trajecten I en II ligt in dit geval op 1.5 * Deq beneden het paalpuntniveau. 3.1 MPa

$q_{c;III;gem}$ = Gemiddelde minimale waarde van de conusweerstand over traject III lopend van paalpuntniveau tot 8.0 * Deq boven het paalpuntniveau, volgens 7.6.2.3(e). 2.3 MPa

De maximum pndraagkracht bedraagt volgens 7.6.2.3(c):

$$R_{b;cal;max} = A_{punt} * q_{b;max} * 1000$$

= **183 kN**

waarin: in dit geval:

A_{punt} = Oppervlak van de paalpunt 0.0841 m²

Schachtwrijving

De maximum schachtwrijving bedraagt volgens 7.6.2.3(i):

$$q_{s;max;z} = \alpha_s * q_{c;z;a}$$

= 0.0361 MPa

waarin: in dit geval:

α_s = Factor volgens tabel 7.c voor zand en grind en volgens tabel 7.d voor klei, leem en veen, volgens 7.6.2.3(i). 0.0100

$q_{c;z;a}$ = Gemiddelde waarde van de afgesnoten conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend, volgens 7.6.2.3(i). 3.6 MPa

De maximum schachtwrijvingskracht bedraagt volgens 7.6.2.3(c):

$$R_{s;cal;max} = O_s * \Delta L;gem * q_{s;max;z} * \Delta L * 1000$$

= **439 kN**

waarin: in dit geval:

$O_s; \Delta L;gem$ = Gemiddelde omtrek van de paalschacht over het traject waarover de schachtwrijving wordt berekend, volgens 7.6.2.3(c). 1.160 m

ΔL = Lengte van het traject waarover de schachtwrijving wordt berekend, volgens 7.6.2.3(c). 10.50 m
In dit geval van 6.50 m - NAP tot 17.00 m - NAP.

$$R_{s;cal;max} / R_{b;cal;max} = 2.40$$

Funderingsadvies 61232022-FA-I / 37075

woning familie van der Stelt (3650) Hogeweg kad-A436 Simonshaven

Draagkracht

De maximum draagkracht bedraagt volgens 7.6.2.3(c):

$$R_{c;cal} = R_{b;cal;max} + R_{s;cal;max} = 622 \text{ kN}$$

De karakteristieke waarde voor de draagkracht bedraagt volgens 7.6.2.3(5):

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_3 = 448 \text{ kN}$$

waarin: ξ_3, ξ_4 = Correlatiefactor voor de bepaling van karakteristieke waarden uit sonderingen voor een niet stijf bouwwerk, volgens tabel A.10.a. in dit geval: 1.390

Opmerking:

Het paalpuntniveau wordt per sondering bepaald $\rightarrow n = 1$ en $\xi_3 = \xi_4$.

De rekenwaarde voor de maximale draagkracht bedraagt volgens 7.6.2.3(3 en 4):

$$R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s = R_{c;k} / \gamma_t = \underline{\underline{373 \text{ kN}}}$$

waarin: γ_t = Totale/gecombineerde partiële weerstandsfactor voor op druk belaste palen, volgens A.3.3.2. Voor geheide palen volgens tabel A.6 combinatie R3c. Voor geboorde palen volgens tabel A.7 combinatie R3c. Voor schroefpalen type avegaar volgens tabel A.8 combinatie R3c. in dit geval: 1.20

De rekenwaarde van de netto draagkracht bedraagt:

$$R_{c;net;d} = R_{c;d} - F_{nk;d} = \underline{\underline{324 \text{ kN}}}$$

waarin: $F_{nk;d}$ = Rekenwaarde paalbelasting door negatieve kleeft in dit geval: 49 kN

Lastzakkingsrelaties grenstoestand GEO volgens 7.6.4.2(h)

<-----zakking----->			<-----draagkracht GT GEO----->		
sb	sel	s1	Rb	Rs	Ftot;d
mm	mm	mm	kN	kN	kN
0.2	0.3	0.5	5	33	37
0.5	0.5	1.0	10	65	75
0.8	0.8	1.6	16	96	112
1.3	1.0	2.3	23	127	149
1.9	1.3	3.2	31	156	187
2.7	1.6	4.2	40	184	224
3.9	1.8	5.7	51	210	261
5.8	2.1	7.9	63	235	299
9.2	2.4	11.6	78	258	336
34.5	2.8	37.2	110	263	373

waarin:
sb = Zakking paalpunt als gevolg van $F_{tot;d}$, volgens 7.6.4.2(i).
sel = Elastische verkorting van de paalschacht als gevolg van de gemiddelde normaalkracht in de paal bepaald uit $F_{tot;d}$, volgens 7.6.4.2(j).
s1 = sb + sel, volgens 7.6.4.2(h).
Rb = Kracht op de paalpunt, volgens figuur 7.n.
Rs = Schuifkracht op de paalschacht, volgens figuur 7.o.
 $F_{tot;d}$ = Rekenwaarde paalbelasting inclusief negatieve kleeft ($R_b + R_s$)

Grenstoestand GEO:

Rekenwaarde maximum draagkracht $R_{c;d} = 373 \text{ kN}$
Rekenwaarde paalbelasting door negatieve kleeft $F_{nk;d} = 49 \text{ kN}$
Rekenwaarde netto draagkracht $R_{c;net;d} = 324 \text{ kN}$
Rekenwaarde belasting op de paalkop exclusief $F_{nk;d}$ $F_d = 324 \text{ kN}$
Rekenwaarde paalbelasting, inclusief $F_{nk;d}$ (afgeleid) $F_{tot;d} = 373 \text{ kN}$
Zakking paalkop als gevolg van $F_{tot;d}$ $s_1 = 37.2 \text{ mm}$
Rekenwaarde veerstijfheid paalkop* $k_{1;d} = k_{1;kar} / 1.3 = 41.6 \text{ kN/mm}$

Indien F_d tot 324 kN beperkt blijft wordt aan zowel grenstoestand STR als aan grenstoestand GEO voldaan.

Funderingsadvies 61232022-FA-I / 37075

woning familie van der Stelt (3650) Hogeweg kad-A436 Simonshaven

Lastzakingsrelaties BGT volgens 7.6.4.2(h)

<-----zakking----->			<-----draagkracht BGT----->		
sb	sel	s1	Rb	Rs	Ftot;rep
mm	mm	mm	kN	kN	kN
0.2	0.3	0.5	5	39	45
0.5	0.6	1.1	12	78	90
0.8	0.9	1.7	19	116	134
1.3	1.2	2.5	27	152	179
1.9	1.6	3.4	37	187	224
2.7	1.9	4.6	48	221	269
3.9	2.2	6.1	61	252	313
5.8	2.6	8.3	76	282	358
9.2	2.9	12.1	94	309	403
34.5	3.3	37.8	132	316	448

waarin:

sb = Zakking paalpunt als gevolg van Ftot;rep, volgens 7.6.4.2(i).
sel = Elastische verkorting van de paalschacht als gevolg van de gemiddelde normaalkracht in de paal bepaald uit Ftot;rep, volgens 7.6.4.2(j).
s1 = sb + sel, volgens 7.6.4.2(h).
Rb = Kracht op de paalpunt, volgens figuur 7.n.
Rs = Schuifkracht op de paalschacht, volgens figuur 7.o.
Ftot;rep = Representatieve waarde paalbelasting inclusief negatieve kleef (Rb + Rs)

BGT:

Karakteristieke waarde maximum draagkracht Rc;k = 448 kN

Rekenwaarde belasting op de paalkop, als bij GT GEO Fd = 324 kN

Gemiddelde belastingsfactor ygem = 1.30

Representatieve waarde belasting op de paalkop Frep = 250 kN

exclusief Fnk;rep

Representatieve waarde paalbelasting door Fnk;rep = 49 kN

negatieve kleef

Representatieve waarde paalbelasting inclusief Ftot;rep = 298 kN

Fnk;rep (afgeleid)

Zakking paalkop als gevolg van Ftot;rep s1 = 5.5 mm

Karakteristieke waarde veerstijfheid paalkop* k1;kar = Ftot;rep / s1
= 54.1 kN/mm

*)

De veerstijfheden voor de paalkop zijn berekend voor een alleenstaande paal met statische belastingen.

Bij paalgroepen en/of niet statische belastingen moet een reductie worden toegepast.

Bijlage C

Berekeningsvoorbeeld draagvermogen inwendig geheide buispalen

BEREKENING DRAAGKRACHT EN LASTZAKKINGSGEDRAG VAN EEN PAAL VOLGENS NEN 9997-1

Versie EC7/januari 2017

Uitgangspunten

Grondonderzoek : Werknummer AA21424; Sondering 02
Reductie q_c : Nee
Paaltype : 1 Grondverdringende paal; Staal
Paalpuntniveau : 17.00 m - NAP
Afmeting paalschacht: Ø324 mm
Afmeting paalpunt : Ø336 mm; $Deq = 336$ mm

Puntweerstand

De maximum puntweerstand bedraagt volgens 7.6.2.3(e):

$$q_{b;max} = \frac{1}{2} * \alpha_p * \beta * s * ((q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}) / 2 + q_{c;III;gem})$$
$$= 1.98 \text{ MPa}$$

waarin: in dit geval:

α_p = Paalklassefactor voor de berekening van de draagkracht van de paalpunt, volgens 7.6.2.3(f). 0.70
 β = Factor die de invloed van de paalvoetvorm (figuur 7.i) in rekening brengt, volgens 7.6.2.3(g). 0.91
 s = Factor die de invloed van de vorm van de van de paalvoet in rekening brengt, volgens 7.6.2.3(h). 1.0
 $q_{c;I;gem}$ = Gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I lopend van paalpuntniveau tot 0.7 à 4.0 * Deq beneden paalpuntniveau, volgens 7.6.2.3(e). 4.9 MPa
 $q_{c;II;gem}$ = Gemiddelde minimale waarde van de conusweerstand over traject II lopend van paalpuntniveau tot 0.7 à 4.0 * Deq beneden paalpuntniveau, volgens 7.6.2.3(e). De onderkant van de trajecten I en II ligt in dit geval op 1.4 * Deq beneden het paalpuntniveau. 3.1 MPa
 $q_{c;III;gem}$ = Gemiddelde minimale waarde van de conusweerstand over traject III lopend van paalpuntniveau tot 8.0 * Deq boven het paalpuntniveau, volgens 7.6.2.3(e). 2.2 MPa

De maximum pndraagkracht bedraagt volgens 7.6.2.3(c):

$$R_{b;cal;max} = A_{punt} * q_{b;max} * 1000$$
$$= \underline{175 \text{ kN}}$$

waarin: in dit geval:
 A_{punt} = Oppervlak van de paalpunt 0.0887 m²

Schachtwrijving

De maximum schachtwrijving bedraagt volgens 7.6.2.3(i):

$$q_{s;max;z} = \alpha_s * q_{c;z;a}$$
$$= 0.0361 \text{ MPa}$$

waarin: in dit geval:

α_s = Factor volgens tabel 7.c voor zand en grind en volgens tabel 7.d voor klei, leem en veen, volgens 7.6.2.3(i). 0.0100
 $q_{c;z;a}$ = Gemiddelde waarde van de afgesnuten conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend, volgens 7.6.2.3(i). 3.6 MPa

De maximum schachtwrijvingskracht bedraagt volgens 7.6.2.3(c):

$$R_{s;cal;max} = O_s * \Delta L;gem * q_{s;max;z} * \Delta L * 1000$$
$$= \underline{386 \text{ kN}}$$

waarin: in dit geval:

$O_s; \Delta L;gem$ = Gemiddelde omtrek van de paalschacht over het traject waarover de schachtwrijving wordt berekend, volgens 7.6.2.3(c). 1.018 m
 ΔL = Lengte van het traject waarover de schachtwrijving wordt berekend, volgens 7.6.2.3(c). 10.50 m
In dit geval van 6.50 m - NAP tot 17.00 m - NAP.

$$R_{s;cal;max} / R_{b;cal;max} = 2.20$$

Funderingsadvies 61232022-FA-I / 37075

woning familie van der Stelt (3650) Hogeweg kad-A436 Simonshaven

Draagkracht

De maximum draagkracht bedraagt volgens 7.6.2.3(c):

$$R_{c;cal} = R_{b;cal;max} + R_{s;cal;max} \\ = 561 \text{ kN}$$

De karakteristieke waarde voor de draagkracht bedraagt volgens 7.6.2.3(5):

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_3 \\ = 404 \text{ kN}$$

waarin: in dit geval:
 ξ_3, ξ_4 = Correlatiefactor voor de bepaling van karakteristieke waarden uit sonderingen voor een niet stijf bouwwerk, volgens tabel A.10.a. 1.390

Opmerking:

Het paalpuntniveau wordt per sondering bepaald $\rightarrow n = 1$ en $\xi_3 = \xi_4$.

De rekenwaarde voor de maximale draagkracht bedraagt volgens 7.6.2.3(3 en 4):

$$R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s = R_{c;k} / \gamma_t \\ = \underline{\underline{336 \text{ kN}}}$$

waarin: in dit geval:
 γ_t = Totale/gecombineerde partiële weerstandsfactor voor op druk belaste palen, volgens A.3.3.2. 1.20
Voor geheide palen volgens tabel A.6 combinatie R3c.
Voor geboorde palen volgens tabel A.7 combinatie R3c.
Voor schroefpalen type avegaar volgens tabel A.8 combinatie R3c.

De rekenwaarde van de netto draagkracht bedraagt:

$$R_{c;net;d} = R_{c;d} - F_{nk;d} \\ = \underline{\underline{294 \text{ kN}}}$$

waarin: in dit geval:
 $F_{nk;d}$ = Rekenwaarde paalbelasting door negatieve kleeft 43 kN

Lastzakingsrelaties grenstoestand GEO volgens 7.6.4.2(h)

<-----zakking----->			<-----draagkracht GT GEO----->		
sb	sel	s1	Rb	Rs	Ftot;d
mm	mm	mm	kN	kN	kN
0.2	0.0	0.2	4	29	34
0.5	0.0	0.5	9	58	67
0.8	0.1	0.9	15	86	101
1.3	0.1	1.4	22	113	135
1.9	0.1	2.0	29	139	168
2.8	0.1	2.9	38	163	202
4.0	0.2	4.2	49	187	235
6.0	0.2	6.2	61	208	269
9.5	0.2	9.7	75	228	303
35.4	0.3	35.7	105	231	336

waarin:
sb = Zakking paalpunt als gevolg van $F_{tot;d}$, volgens 7.6.4.2(i).
sel = Elastische verkorting van de paalschacht als gevolg van de gemiddelde normaalkracht in de paal bepaald uit $F_{tot;d}$, volgens 7.6.4.2(j).
s1 = sb + sel, volgens 7.6.4.2(h).
Rb = Kracht op de paalpunt, volgens figuur 7.n.
Rs = Schuifkracht op de paalschacht, volgens figuur 7.o.
 $F_{tot;d}$ = Rekenwaarde paalbelasting inclusief negatieve kleeft ($R_b + R_s$)

Grenstoestand GEO:

Rekenwaarde maximum draagkracht $R_{c;d} = 336 \text{ kN}$
Rekenwaarde paalbelasting door negatieve kleeft $F_{nk;d} = 43 \text{ kN}$
Rekenwaarde netto draagkracht $R_{c;net;d} = 294 \text{ kN}$
Rekenwaarde belasting op de paalkop exclusief $F_{nk;d}$ $F_d = 294 \text{ kN}$
Rekenwaarde paalbelasting, inclusief $F_{nk;d}$ (afgeleid) $F_{tot;d} = 336 \text{ kN}$
Zakking paalkop als gevolg van $F_{tot;d}$ $s_1 = 35.7 \text{ mm}$
Rekenwaarde veerstijfheid paalkop* $k_1;d = k_1;kar / 1.3$
 $= 55.6 \text{ kN/mm}$

Indien F_d tot 294 kN beperkt blijft wordt aan zowel grenstoestand STR als aan grenstoestand GEO voldaan.

Funderingsadvies 61232022-FA-I / 37075

woning familie van der Stelt (3650) Hogeweg kad-A436 Simonshaven

Lastzakingsrelaties BGT volgens 7.6.4.2(h)

<-----zakking----->			<-----draagkracht BGT----->		
sb	sel	s1	Rb	Rs	Ftot;rep
mm	mm	mm	kN	kN	kN
0.2	0.0	0.2	5	35	40
0.5	0.1	0.6	11	70	81
0.8	0.1	0.9	18	103	121
1.3	0.1	1.4	26	136	161
1.9	0.1	2.1	35	167	202
2.8	0.2	2.9	46	196	242
4.0	0.2	4.2	59	224	283
6.0	0.2	6.2	73	250	323
9.5	0.3	9.8	90	273	363
35.4	0.3	35.7	126	277	404

waarin:

sb = Zakking paalpunt als gevolg van Ftot;rep, volgens 7.6.4.2(i).
 sel = Elastische verkorting van de paalschacht als gevolg van de gemiddelde normaalkracht in de paal bepaald uit Ftot;rep, volgens 7.6.4.2(j).
 s1 = sb + sel, volgens 7.6.4.2(h).
 Rb = Kracht op de paalpunt, volgens figuur 7.n.
 Rs = Schuifkracht op de paalschacht, volgens figuur 7.o.
 Ftot;rep = Representatieve waarde paalbelasting inclusief negatieve kleeft (Rb + Rs)

BGT:

Karakteristieke waarde maximum draagkracht Rc;k = 404 kN
 Rekenwaarde belasting op de paalkop, als bij GT GEO Fd = 294 kN
 Gemiddelde belastingsfactor ygem = 1.30
 Representatieve waarde belasting op de paalkop Frep = 226 kN
 exclusief Fn;rep
 Representatieve waarde paalbelasting door Fn;rep = 43 kN
 negatieve kleeft
 Representatieve waarde paalbelasting inclusief Ftot;rep = 269 kN
 Fn;rep (afgeleid)
 Zakking paalkop als gevolg van Ftot;rep s1 = 3.7 mm
 Karakteristieke waarde veerstijfheid paalkop* k1;kar = Ftot;rep / s1
 = 72.3 kN/mm

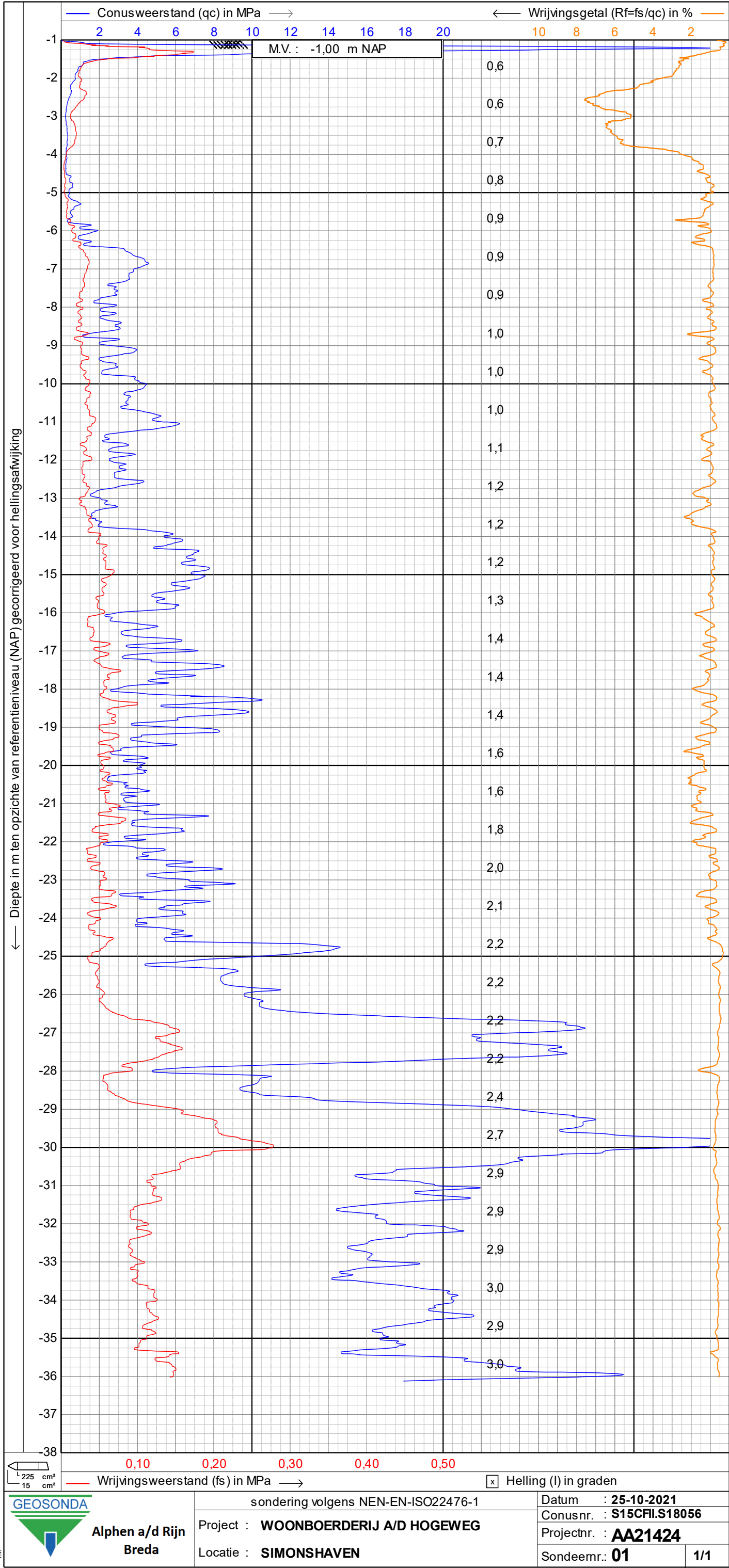
*)

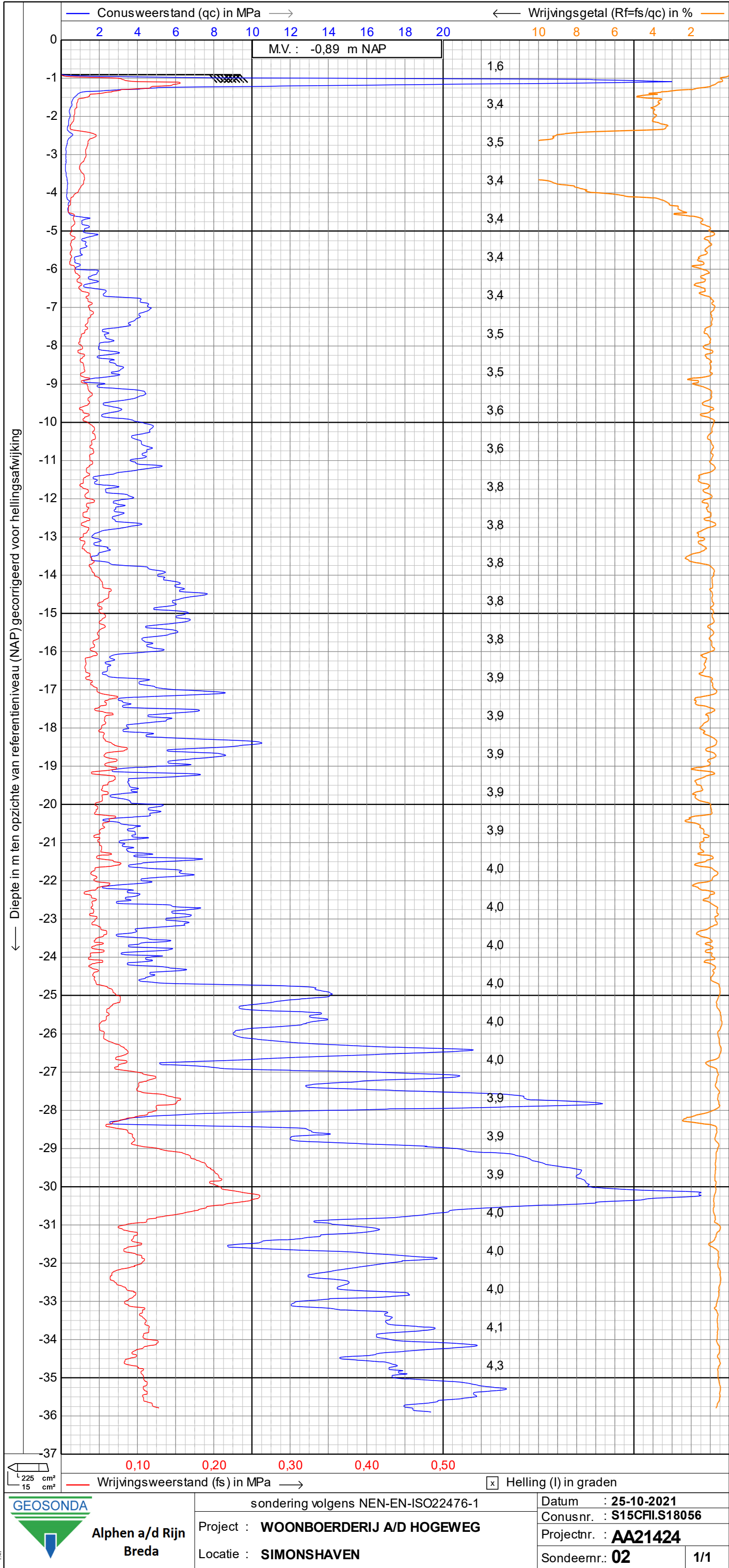
De veerstijfheden voor de paalkop zijn berekend voor een alleenstaande paal met statische belastingen.

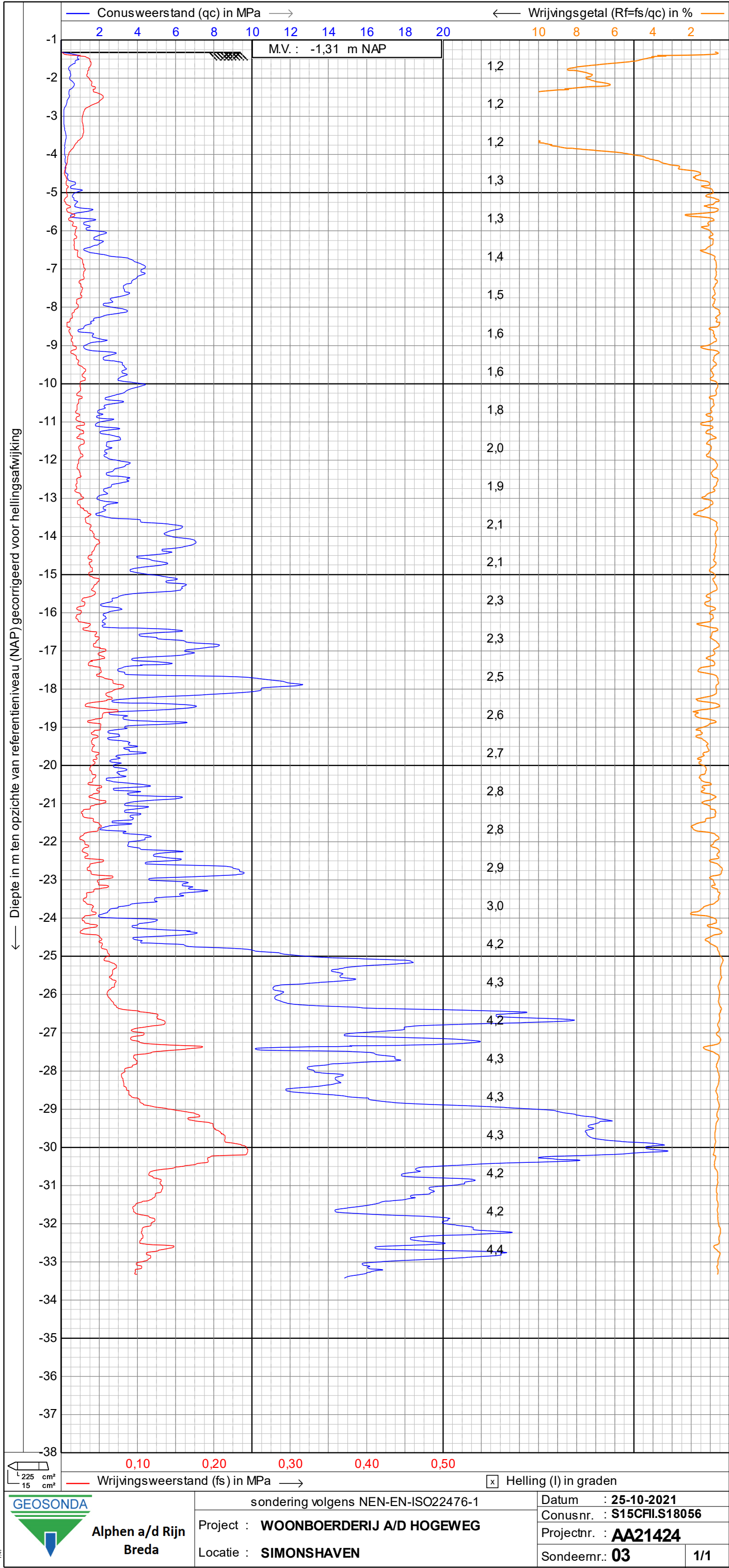
Bij paalgroepen en/of niet statische belastingen moet een reductie worden toegepast.

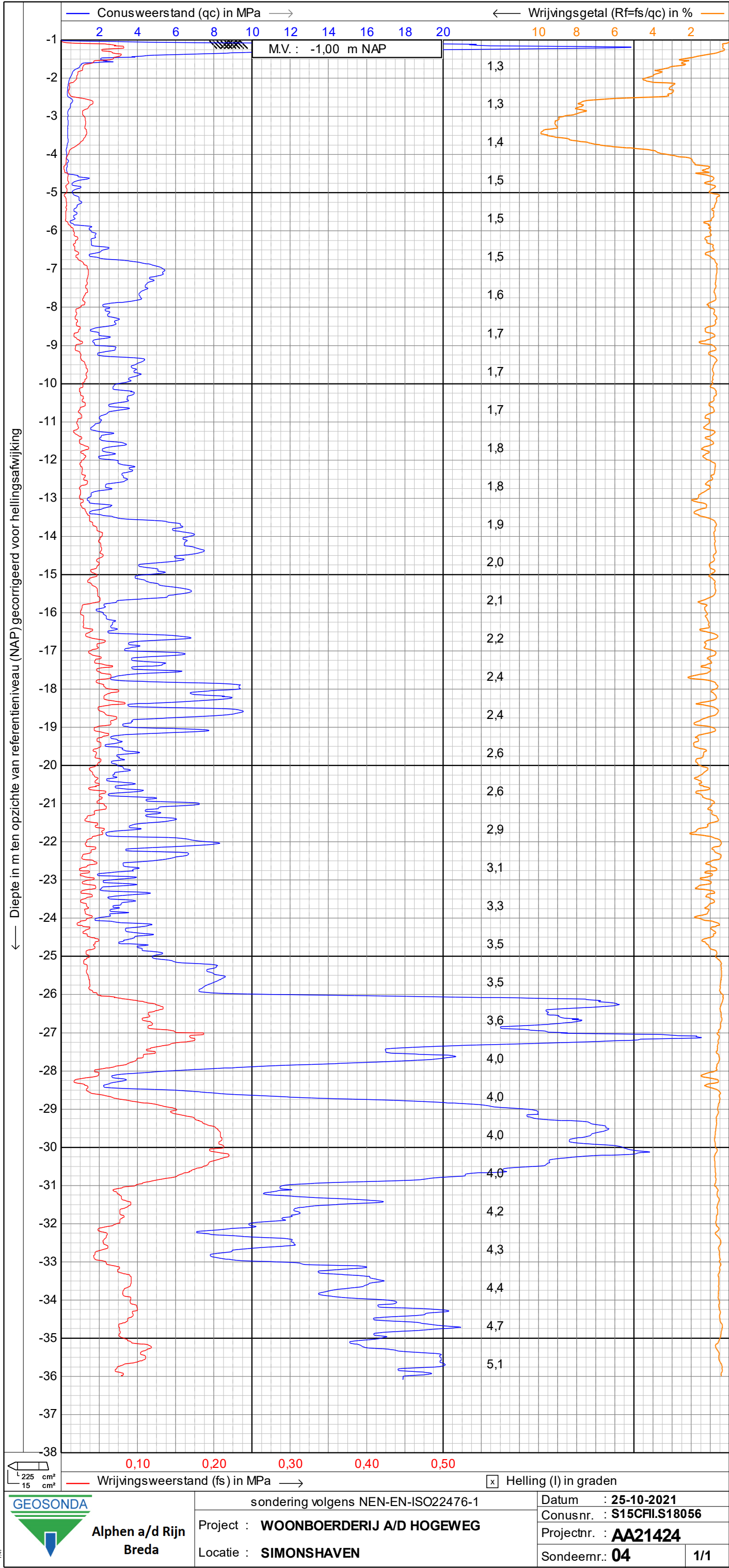
Bijlage D Grondonderzoek rapport nr AA21424

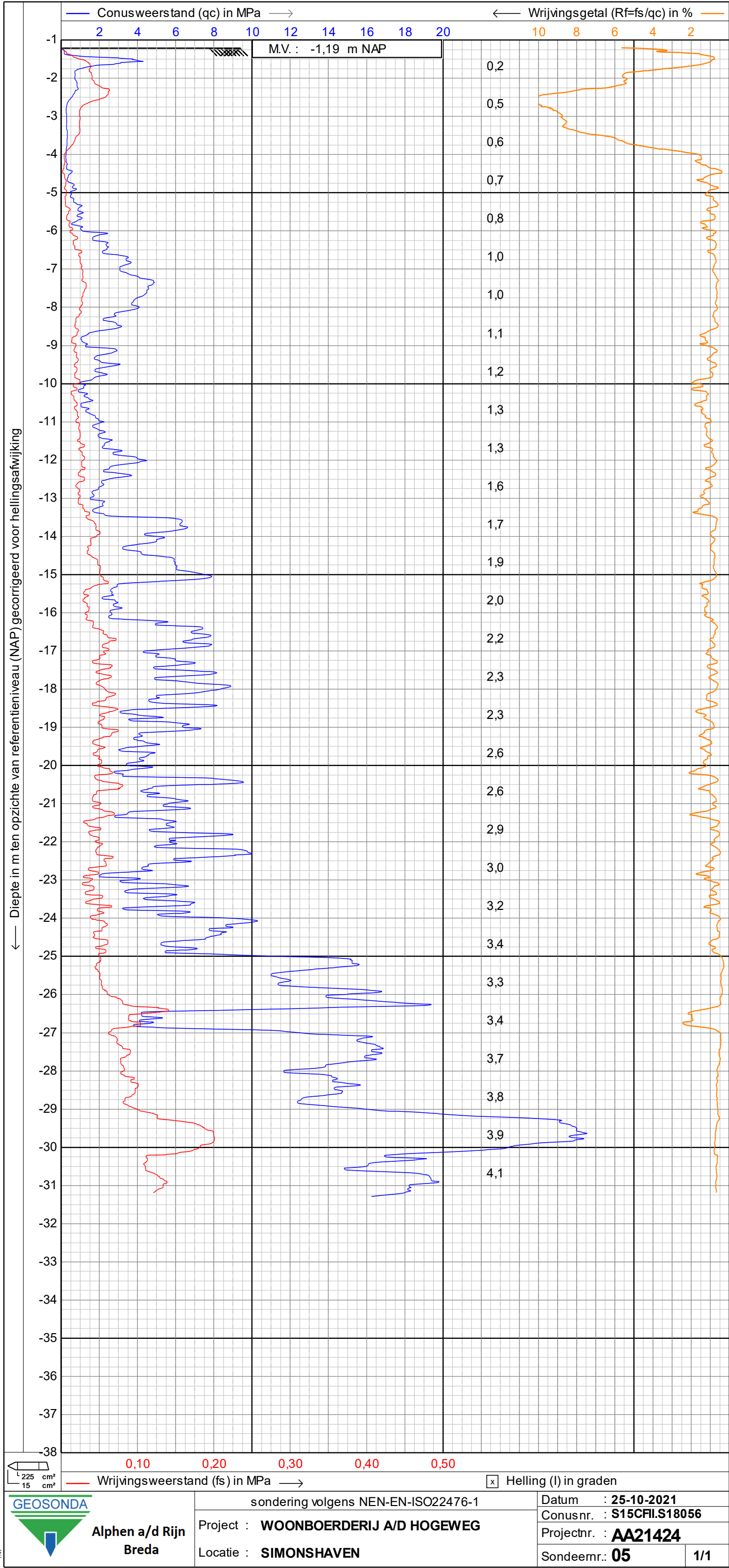
Funderingsadvies 61232022-FA-I / 37075
woning familie van der Stelt (3650) Hogeweg kad-A436 Simonshaven











COÖRDINATEN TABEL

[illegible]

