



Geotechnisch funderingsadvies t.b.v.:

**BRANDWEERKAZERNE EN WERF
AAN DE WINKELSWEG
HENGELO (Gld)**

Opdracht nr. : 15.3285
Rapport : 15.3285R01

Opdrachtgever : Gemeente Bronckhorst
Postbus 200
7255 ZJ Hengelo (Gld)

Constructeur : Peree Bouwadvies B.V.
Postbus 2097
7420 AB Deventer

Datum grondonderzoek : 12 en 13 november 2015

Datum rapport : 16 december 2015

Bijlagen : Richtlijnen grondverbeteringen
Voorbeeldberekening draagkracht poerfundering
Voorbeeldberekening draagvermogen vloerfundering
Situatietekening
Sondeergrafieken 1 t/m 16
Boorbeschrijvingen HB-1 t/m HB-6

KOOPS & ROMEIJN GRONDMECHANICA
De Plak 23, 6681 DN Bommel
Tel. 0481 - 451179



1.0 INLEIDING

Op 8 oktober 2015 ontving Koops & Romeijn grondmechanica van gemeente Bronckhorst de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch grondonderzoek alsmede het uitbrengen van een funderingsadvies ten behoeve van de nieuwbouw van de brandweerkazerne en de gemeentewerf te Hengelo (Gld).

Dit rapport bevat de resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek, alsmede het op basis hiervan opgestelde funderingsadvies.

2.0 PROJECTOMSCHRIJVING

Volgens de verstrekte gegevens omvat het plan de bouw van een brandweerkazerne in gedeeltelijk 2 bouwlagen en een open loods. De rekenwaarde van de lijn- en kolombelastingen (V_d) bedragen volgens opgave van de constructeur maximaal 75 kN/m^1 en 250 à 2200 kN . De vloerbelasting bedraagt 10 kN/m^2 .

Het bouwpeil wordt aangenomen op NAP +15,60 m.

Voor het bouwwerk is aangehouden :

- | | |
|--|-----------|
| - de veiligheidsklasse (NEN-EN 1990) | : CC2 RC2 |
| - de Geotechnische Categorie (NEN 9997-1, art 2.1) | : GC2 |

3.0 GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek is uitgevoerd op 12 en 13 november 2015 en heeft bestaan uit 16 sonderingen, waarvan 4 met meting van de plaatselijke kleef. De sondeerresultaten zijn weergegeven op de grafieken 1 t/m 16, waarin de diepte is uitgezet t.o.v. NAP.

Aanvullend op het sondeeronderzoek zijn 6 ondiepe handboring verricht ter nadere verkenning van de toplagen en bepaling van de actuele grondwaterstand. Op basis van een veldclassificatie zijn boorbeschrijvingen gemaakt, welke in de bijlagen HB-1 t/m HB-6 zijn gepresenteerd.

De sondeerlocaties, welke door de sondeerploeg in het terrein zijn uitgezet en gewaterpast t.o.v. NAP, zijn tezamen met enkele referentiepunten aangegeven op de situatietekening. Als basis heeft hiervoor gediend de door de opdrachtgever verstrekte tekening.

De sonderingen zijn uitgevoerd vanaf een 18-tons rups aangedreven sondeer(track)truck, m.b.v. een elektrische (kleefmantel)conus met hellingmeter, conform norm NEN 5140 / NEN 9997-2. De conusweerstand is hierbij continu elektrisch gemeten en geregistreerd. Bij 4 sonderingen is naast de conusweerstand ook de plaatselijke mantelwrijving elektrisch gemeten en geregistreerd. Bij deze (kleef)sonderingen is in de grafiek ook het wrijvingsgetal weergegeven. Dit is de verhouding tussen de plaatselijke mantelwrijving en de conusweerstand ($W/C * 100\%$). Empirisch is vastgesteld dat het wrijvingsgetal, beneden het grondwaterniveau, een nauwe relatie heeft met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw wordt verkregen.



Uitgaande van de in Nederland meest voorkomende grondsoorten kan ter indicatie de volgende relatie worden aangehouden :

- wrijvingsgetal van 0,5 tot 2 % : zand
- wrijvingsgetal van 2 tot 5 % : klei
- wrijvingsgetal van 5 tot 10 % : veen

4.0 TERREIN- EN GRONDGESTELDHEID

De onderzochte bouwlocatie is gelegen aan de Winkelsweg / Zelhemseweg te Hengelo (Gld). Ten tijde van het onderzoek bedroeg de maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties NAP +14,27 à +15,26 m.

Een tweetal putpeilen, een vloer- en straatpeil zijn gewaterpast op respectievelijk NAP +15,43 / +15,36 / +15,01 en +15,52 m.

Op basis van het grondonderzoek kan de grondopbouw globaal als volgt worden omschreven:

<u>Diepte in m t.o.v. NAP</u>		<u>Bodembeschrijving</u>
Maaiveld	tot +14,7 à +13,7	ZAND, los gepakt, humeus
+14,7 à +13,7	tot +12,5 à +11,5	ZAND, matig vast tot vast gepakt
+12,5 à +11,5	tot +11,5 à +9,5	ZAND, los gepakt, met lemige laagjes
+11,5 à +9,5	tot +1,0 à +0,5	ZAND, matig vast tot vast gepakt, plaatselijk op wisselende diepten doorsneden door lemige laagjes
+0,5		maximaal verkende diepte

In de boorgaten werd d.d. 13 november 2015 de actuele grondwaterstand waargenomen op maaiveld -2,6 à -3,0 m (circa NAP +12,2 à +11,8 m). Dit betreffen éénmalige opnamen; o.a. door wisselingen in neerslagoverschot zijn fluctuaties van de grondwaterstand mogelijk.

5.0 FUNDERINGSADVIES

Gezien de aangetroffen bodemopbouw en de aard van de bebouwing is een fundering op staal, in combinatie met een grondverbetering, mogelijk, mits enige zetting kan worden geaccepteerd. Onderstaand wordt nader ingegaan op voornoemde funderingsoplossing.

Algemeen

Een geotechnische constructie moet worden onderzocht of een van de volgende grenstoestanden is bereikt:

- UGT de uiterste grenstoestand waarbij op de grens constructie/grond een bezwijkmechanisme optreedt: de verticale belasting $V_d \leq R_d$
- BGT de bruikbaarheidsgrenstoestand, waarbij de vervormingen leiden tot verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten:
 $s < 0,15 \text{ m}$
 $\beta < 1 : 300$



- Bepaling van de rekenwaarde van de maximale draagkracht

De bepaling van de maximale draagkracht van een fundering is, gezien de niet cohesieve bodemopbouw, uitgewerkt uitgaande van de gedraineerde toestand (NEN 9997-1, art. 6.5.2.2).

De maximale draagkracht loodrecht op het funderingsvlak wordt in de gedraineerde toestand bepaald volgens NEN 9997-1, 6.5.2.2 (h):

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

waarbij:

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

waarin:

R_d = de rekenwaarde van de draagkracht loodrecht op het funderingsoppervlak [kN]

$\sigma'_{\max;d}$ = de rekenwaarde van de funderingsdruk op het effectieve funderingsoppervlak [kN/m²]

A' = het effectieve funderingsoppervlak, bepaald volgens 6.5.2.2 (b) [m²]

Voor verdere uitwerking/verklaring van deze formule wordt verwezen naar NEN 9997-1, 6.5.2.2.

- Bepaling van de zakking van de bovenkant van het funderingselement

De zakking van een fundering op staal wordt bepaald volgens:

$$s = s_1 + s_2$$

waarin:

s = de totale zetting [m]

s_1 = de primaire zetting, bepaald volgens 6.6.2 (e) [m]

s_2 = de secundaire zakking, bepaald volgens 6.6.2 (g) [m]

Fundering stroken en poeren

Voor een fundering op staal dient conform art. 6.4 (6) (c) van NEN 9997-1 in het algemeen te worden uitgegaan van een vorstvrij aanlegniveau van minimaal 0,8 m beneden het toekomstige maaiveld.

Voor de nieuwbouw komen gewapend betonnen stroken en poeren in aanmerking. Uitgaande van een bouwpeil van NAP +15,60 m, zal het aanlegniveau van de funderingselementen ca. NAP +14,60 m bedragen.

Daar in het invloedsgebied van de funderingen humeus en/of los gepakt materiaal is aangetroffen, is de uitvoering van een grondverbetering noodzakelijk. De grondverbetering omvat het ontgraven van deze lagen tot op het schone en ongeroerde zand en het vervolgens aanvullen met goed verdicht zand tot het gewenste aanlegniveau. Voor nadere gegevens omtrent het uitvoeren van de verdichting van het ontgravingsniveau, de uitvoering van de grondverbetering en het aftrillen van het funderingsoppervlak wordt verwezen naar de in de bijlagen gegeven richtlijnen.



In tabel 1 is per sondering het, ten behoeve van de grondverbetering, minimaal vereiste ontgravingsniveau aangegeven.

Tabel 1: minimale ontgravingsniveaus

Sondering	Maaiveldhoogte [m t.o.v. NAP]	Minimaal ontgravingsniveau [m t.o.v. NAP]
1	+15,21	+13,8
2	+15,26	+14,0
3	+15,13	+13,8
4	+14,71	+13,7
5	+14,76	+13,6
6	+14,67	+13,2
7	+14,59	+13,3
8	+14,61	+13,4
9	+14,53	+13,3
10	+14,56	+13,0
11	+14,45	+13,0
12	+15,00	+13,9
13	+14,53	+13,5
14	+14,37	+13,2
15	+14,27	+13,2
16	+14,56	+13,2

Opgemerkt wordt dat bovengenoemde ontgravingsniveaus gebaseerd zijn op de resultaten van de uitgevoerde sonderingen.

Plaatselijk zijn archeologische onderzoeken uitgevoerd, waarbij de bovenlaag is verstoord. De aangegeven ontgravingsniveaus kunnen hier afwijken.

Het vereiste niveau van de grondverbetering tussen de verschillende sonderingen dient met behulp van handsonderingen nader in beeld te worden gebracht. Bovendien dient tijdens de uitvoering een visuele inspectie plaats te vinden. Indien plaatselijk nog *humeus materiaal* wordt aangetroffen op de minimale ontgravingsniveaus, dient daar dieper te worden ontgraven.

Gezien de tijdens het grondonderzoek waargenomen grondwaterstand zal het niet noodzakelijk zijn dat de grondwaterstand, tijdens de uitvoering van de funderingswerkzaamheden zal worden verlaagd door middel van een (bron)bemaling.

Het is wel aan te bevelen om vaarafgaande aan de werkzaamheden de actuele grondwaterstand vast te stellen. Tijdens het aanbrengen van de grondverbetering dient de grondwaterstand zich minimaal 0,5 m beneden het ontgravingsniveau te bevinden.

De grondwaterstand is bij de berekeningen aangenomen op NAP +13,0 m.

De rekenwaarden voor de verticale draagkracht zijn voor funderingsstroken en -poeren bepaald voor diverse afmetingen en bij verschillende gronddekkingen. De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabellen. Bij de berekeningen is, waar van toepassing, uitgegaan van gewogen ϕ waarden van de ondergrond, daar het invloedsgebied van sommige funderingselementen zich kan uitstrekken tot in minder vast gepakte lagen.

De bepaling van de maximaal toelaatbare rekenwaarden voor de draagkracht is voor een strook- en poerfundering getoetst aan zowel het bezwijkdraagvermogen van de ondergrond, als aan de geldende criteria van absolute zetting en maximale relatieve rotatie.

Uit de berekeningen bleek dat het noodzakelijk is om de rekenwaarde van de funderingsdruk te limiteren tot 150 à 200 kN/m² (afhankelijk van de grootte van de belasting) teneinde zettingen en vooral zettingsverschillen binnen acceptabele grenzen te houden.



Een voorbeeldberekening voor een poerfundering is aan dit rapport toegevoegd.

Tabel 2: Rekenwaarde draagkracht strookfundering (uiterste grenstoestand)
(maximale grondspanning 150 kN/m²)

strookbreedte [m]	toelaatbare belasting R_d [kN/m ¹]	
	gronddekking d = 0,1 m	gronddekking d = 0,2 m
0,4	29	38
0,5	42	53
0,6	57	71
0,7	75	92
0,8	95	114
0,9	118	135
1,0	143	150
1,1	165	165
1,2	180	180

Tabel 3: Rekenwaarde draagkracht poerfundering (uiterste grenstoestand)

poerafmeting [m x m]	toelaatbare belasting R_d [kN]		
	gronddekking d = $\geq 0,3$ m		
	150 kN/m ²	175 kN/m ²	200 kN/m ²
1,2 x 1,2	215	250	285
1,3 x 1,3	250	295	335
1,4 x 1,4	290	340	390
1,5 x 1,5	335	390	450
1,6 x 1,6	380	445	510
1,7 x 1,7	430	505	maximaal
1,8 x 1,8	485	565	
2,0 x 2,0	600	700	
2,2 x 2,2	725	840	
2,4 x 2,4	860	1000	
2,6 x 2,6	1010	1180	
2,8 x 2,8	1175	maximaal	
3,0 x 3,0	1350		
3,2 x 3,2	1535		
3,4 x 3,4	1730		
3,6 x 3,6	1940		
3,8 x 3,8	2160		
4,0 x 4,0	2400		

Opmerking

Onder een gronddekking wordt verstaan de permanent aanwezige zandaanvulling die rondom de funderingselementen boven het aanlegniveau aanwezig is.

Voor zowel de poeren als de stroken dient voldaan te worden aan de eis : $V_d \leq R_d$
(overeenkomend met $\sigma'_{opt;r;d} \leq \sigma'_{max;d}$).



Zettingen (grenstoestand 2)

Zoals bekend, moet worden voldaan aan de eisen van de bruikbaarheidsgrenstoestand:

$$s \leq 0,15 \text{ m}$$

$$\beta \leq 1 : 300$$

Uit zettingsberekeningen conform artikel 6.6.2 van de NEN 9997-1 blijkt dat na een goede uitvoering van de funderingswerkzaamheden, zettingen in de orde van grootte van ca. 5 à 20 mm worden verwacht. De zettingsverschillen tussen de onderlinge funderingselementen zullen maximaal 10 mm bedragen.

Tijdens de ruwbouwfase zal naar verwachting 10 à 30% van de zettingen en zettingsverschillen optreden.

Gerekend moet worden met een zettingsverschil van 50% van de gemiddelde zetting tussen twee afzonderlijke op staal gefundeerde elementen.

De optredende zettingen en zettingsverschillen zullen binnen de in de normen gestelde waarden liggen. De constructie voldoet daarmee aan bruikbaarheidsgrenstoestand.

Uitvoering en beddingcoëfficiënt

Grondverbeteringen dienen te worden uitgevoerd met behulp van schoon goed gegradeerd zand dat laagsgewijs wordt verdicht. Om een goede spreiding van de funderingsdrukken mogelijk te maken moet de grondverbetering onder een hoek van 45° met de verticaal gerekend vanaf de rand van de funderingselementen worden aangebracht.

Voor nadere gegevens omtrent het uitvoeren van de grondverbetering en de verdichting van het funderingsoppervlak wordt verwezen naar de in de bijlagen gegeven richtlijnen.

Indien de grondverbetering en de verdichting van het funderingsoppervlak conform de genoemde richtlijnen worden uitgevoerd, kan voor de constructieve berekeningen van de funderingselementen een verticale beddingcoëfficiënt van **10 à 15 MN/m³** worden gehanteerd.

Fundering betonvloeren

Grondaanvulling /draagvermogen begane grondvloeren

Uitgaande van de aangetroffen onderzoeksresultaten, wordt geadviseerd ter plaatse van de betonvloeren minimaal 0,4 m van de bestaande toplaag te verwijderen en tot het aanlegniveau een grondverbetering uit te voeren met behulp van een goede kwaliteit zand tot 0,3 m beneden het aanlegniveau van de vloeren en vervolgens aan te vullen met menggranulaat.

Uitgaande van de uitvoering van bovenomschreven werkwijze is, voor de begane grondvloer van de bedrijfshal, de rekenwaarde voor de verticale draagkracht van de ondergrond $\sigma'_{\text{max;d}}$ berekend op 120 kN/m². Een voorbeeld berekening voor de vloer is aan dit rapport toegevoegd.

De navolgende uitgangspunten zijn bij de berekening gehanteerd :

- een betonvloer met een minimale dikte van 0,20 m
- een ondergrond bestaande uit minimaal 0,4 m menggranulaat op verdicht zand
- een meewerkende breedte van de vloer van 1,0 m



Onder meewerkende breedte wordt bij een plaatfundering bedoeld het gedeelte van de plaat dat belast wordt conform NEN 9997-1 art. 6.8.

Voor nadere bijzonderheden betreffende de uitvoering van een grondverbetering wordt verwezen naar de Algemene Richtlijnen Uitvoering Grondverbetering, welke als bijlagen zijn toegevoegd.

Uit zettingsberekeningen conform artikel 6.6.2 van de NEN 9997-1 blijkt dat na een goede uitvoering van de funderingswerkzaamheden, zettingen bij een permanente belasting van 10 kN/m^2 , en rekening houdend met extra ophogingen tot het aanlegniveau, in orde grootte van < 5 à $< 10 \text{ mm}$ worden verwacht. De zettingsverschuillen zullen beperkt blijven tot ca. 5 mm .

Indien de verdichting van het funderingsoppervlak conform de genoemde richtlijnen is uitgevoerd, kan voor de constructieve berekeningen van de stroken en de keldervloer een verticale beddingsconstante van 6 à 10 MN/m^3 worden gehanteerd.

Koops & Romeijn Grondmechanica

J.Th.M. Meurs,
Adviseur geotechniek



ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR HET UITVOEREN VAN EEN
GRONDVERBETERING EN VOOR HET AANBRENGEN VAN ZAND
NAAST EN ONDER OP STAAL TE FUNDEREN CONSTRUCTIES

1. Het toe te passen materiaal moet schoon zand zijn dat liefst niet meer dan 5 gewichtsprocenten (bepaald van de korrels) aan deeltjes $< 60 \mu\text{m}$ bevat. In veel gevallen kan ook materiaal tot een maximum van 10 gewichtsprocenten $< 60 \mu\text{m}$ worden gebruikt. Het humusgehalte mag ten hoogste 3% bedragen.
2. Dit zand moet laagsgewijs mechanisch worden verdicht. De laagdikte mag niet te groot zijn, afhankelijk van de wijze van verdichten:
trilsleden met een gewicht van 500 à 1000 kg: laagdikte ca. 30 cm
trilsleden met een gewicht van 1000 à 2000 kg: laagdikte 30 à 70 cm
bulldozers, loaders, trilwalsen, bandenwalsen : ca. 30 cm.

Verdichting in 4 gangen, overlappend. De verdichting dient te beginnen op de bodem van de ontgraving, indien deze uit zand bestaat en mogelijk door het ontgraven is geroerd of reeds van nature los gepakt was. Bij grondverbeteringen van kleine afmetingen wordt het gebruik van mechanische stampers aanbevolen.

3. De grondwaterstand mag niet hoger zijn dan 0,5 m onder het te verdichten oppervlak. Bij toepassing van zwaardere trilapparatuur kan het nodig zijn, dat de grondwaterstand nog dieper moet liggen. Zo nodig zal een bronbemaling moeten worden geïnstalleerd. Bij het afzetten van de bronbemaling mag het grondwater slechts geleidelijk opkomen.
4. Tenzij anders vermeld in het advies, zal de aanlegbreedte van de grondverbetering zo groot moeten zijn dat de funderingsdruk binnen de grondverbetering onder een hoek van 45° kan spreiden.
5. De kwaliteit van de grondverbetering dient gelijkmatig te zijn. Dit dient te worden gecontroleerd aan de hand van sonderingen en indien niet anders mogelijk, eenvoudig doorprikken met een staaf. Het resultaat zal tenminste op een diepte van 0,3 m een conusweerstand van 6 MN/m^2 moeten opleveren en tot deze diepte gelijkmatig moeten toenemen. Een goede grondverbetering levert conusweerstand van tenminste 10 MN/m^2 beneden een diepte van 0,6 m. Zettingen t.g.v. klink zullen, als aan het bovenstaande voldaan is, niet optreden.
6. Het aanplempen of inwateren van zand levert een grondverbetering van onvoldoende kwaliteit.



ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR HET UITVOEREN VAN EEN
GRONDVERBETERING EN VOOR HET AANBRENGEN VAN MENGGRANULAAT
ONDER OP STAAL TE FUNDEREN CONSTRUCTIES

1. Het toe te passen materiaal moet voldoen aan de eisen zoals gesteld in de RAW 2010, artikel 28.16.05. (menggranulaat 0/31,5)
2. Het materiaal moet laagsgewijs mechanisch worden verdicht. De laagdikte mag niet te groot zijn, afhankelijk van de wijze van verdichten:
trilsleden met een gewicht van 500 à 1000 kg: laagdikte ca. 30 cm
trilsleden met een gewicht van 1000 à 2000 kg: laagdikte 40 à 60 cm
bulldozers, loaders, trilwalsen, bandenwalsen : ca. 40 à 50 cm.

Verdichting in meerdere gangen, overlappend. De verdichting dient te beginnen op de bodem van de ontgraving.

3. De grondwaterstand mag in het algemeen niet hoger zijn dan 0,5 m onder het te verdichten oppervlak. Bij toepassing van zwaardere trilapparatuur kan het nodig zijn, dat de grondwaterstand nog dieper moet liggen. Zo nodig zal een bronbemaling moeten worden geïnstalleerd. Bij het afzetten van de bronbemaling mag het grondwater slechts geleidelijk opkomen. Indien het grondwater niet snel toestroomt, kan door snel uitvoeren van kleine oppervlakken ook reeds een goed resultaat verkregen worden.
4. Tenzij anders vermeld in het advies, zal de aanlegbreedte van de grondverbetering zo groot moeten zijn dat de funderingsdruk binnen de grondverbetering onder een hoek van 45° kan spreiden.
5. De kwaliteit van de verbetering dient gelijkmatig te zijn. Dit kan, afhankelijk van de grootte van het terrein, gecontroleerd worden door middel van de CMC methode (proef 4.2) of bij grote oppervlakken met behulp van de nucleaire methode (proef 8). De beddingsconstante kan bepaald worden door uitvoering van in situ plaatbelastingsproeven.

VOORBEELDBEREKENING DRAAGVERMOGEN STROOKFUNDERING

Uitgangspunten:

- gehanteerde sondering : 2
- aanlegniveau : NAP +15,4 m
- grondwaterstand : NAP +13,0 m
- dekking : 0,2 m betonvloer
- gewogen gemiddelde rekenwaarde
van de effectieve wrijvingshoek $\varphi'_{\text{gem},d}$: 25,4°

In de berekening is uitgegaan van een gedraineerde situatie (lange termijn gedrag) en gewogen parameters voor de grondslag tussen het funderingsoppervlak en de maatgevende invloedsdiepte.

De invloedsdiepte is aangehouden op 1,5 maal de effectieve funderingsbreedte b' .

De rekenwaarde van de funderingsdruk op het effectieve funderingsoppervlak in de gedraineerde toestand volgens art. 6.5.2.2 van NEN 9997-1 bedraagt:

$$\begin{aligned}\sigma'_{\text{max},d} &= \sigma'_{v,z;d} \cdot N_q \cdot s_q \cdot b_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma'_{\text{gem},d} \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot b_\gamma \cdot i_\gamma \\ &= 120 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

waarin:

in dit geval:

$\sigma'_{v,z;d}$	=	rekenwaarde van de verticale korrelspanning op het aanlegniveau	4,4 kN/m ²
N_q	=	draagkrachtfactor voor de invloed gronddekking	11,1 -
s_q	=	vormfactor voor de invloed van de gronddekking ($L_{\text{ef}} = \infty$)	1,0 -
b_q	=	reductiefactor voor helling onderzijde fundering	1,0 -
i_q	=	reductiefactor voor de belastinghelling	1,0 -
$\gamma'_{\text{gem},d}$	=	rekenwaarde van het (gewogen) effectieve volumieke gewicht van de grond onder aanlegniveau	15,1 kN/m ³
b'	=	effectieve breedte funderingsoppervlak	1,0 m
N_γ	=	draagkrachtfactor voor de invloed van het effectieve volumieke gewicht van de grond onder aanlegniveau	9,6 -
s_γ	=	vormfactor voor de invloed van het effectieve gewicht van de grond onder aanlegniveau ($L_{\text{ef}} = \infty$)	1,0 -
b_γ	=	reductiefactor voor helling onderzijde fundering	1,0 -
i_γ	=	reductiefactor voor de belastinghelling	1,0 -

VOORBEELDBEREKENING DRAAGVERMOGEN POERFUNDERING

Uitgangspunten:

- gehanteerde sondering : 1
- aanlegniveau : NAP +14,6 m
- grondwaterstand : NAP +13,0 m
- gronddekking : 0,5 m
- gewogen gemiddelde rekenwaarde
van de effectieve wrijvingshoek $\varphi'_{\text{gem},d}$: 28,4°

In de berekening is uitgegaan van een gedraineerde situatie (lange termijn gedrag) en gewogen parameters voor de grondslag tussen het funderingsoppervlak en de maatgevende invloedsdiepte.

De invloedsdiepte is aangehouden op 1,5 maal de effectieve funderingsbreedte b' .

De rekenwaarde van de funderingsdruk op het effectieve funderingsoppervlak in de gedraineerde toestand volgens art. 6.5.2.2 van NEN 9997-1 bedraagt:

$$\begin{aligned}\sigma'_{\text{max},d} &= \sigma'_{v,z;d} \cdot N_q \cdot S_q \cdot b_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma'_{\text{gem},d} \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot b_\gamma \cdot i_\gamma \\ &= 293 \text{ kN/m}^2 \text{ (gelimiteerd op } 200 \text{ kN/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

waarin:

in dit geval:

$\sigma'_{v,z;d}$	=	rekenwaarde van de verticale korrelspanning op het aanlegniveau	7,3 kN/m ²
N_q	=	draagkrachtfactor voor de invloed gronddekking	15,4 -
S_q	=	vormfactor voor de invloed van de gronddekking	1,5 -
b_q	=	reductiefactor voor helling onderzijde fundering	1,0 -
i_q	=	reductiefactor voor de belastinghelling	1,0 -
$\gamma'_{\text{gem},d}$	=	rekenwaarde van het (gewogen) effectieve volumieke gewicht van de grond onder aanlegniveau	14,6 kN/m ³
b'	=	effectieve breedte funderingsoppervlak	1,6 m
N_γ	=	draagkrachtfactor voor de invloed van het effectieve volumieke gewicht van de grond onder aanlegniveau	15,6 -
S_γ	=	vormfactor voor de invloed van het effectieve gewicht van de grond onder aanlegniveau	0,7 -
b_γ	=	reductiefactor voor helling onderzijde fundering	1,0 -
i_γ	=	reductiefactor voor de belastinghelling	1,0 -

De rekenwaarde van de draagkracht loodrecht op het funderingsoppervlak bedraagt:

$$R_d = \sigma'_{\text{max},d} \cdot A' = 512 \text{ kN}$$

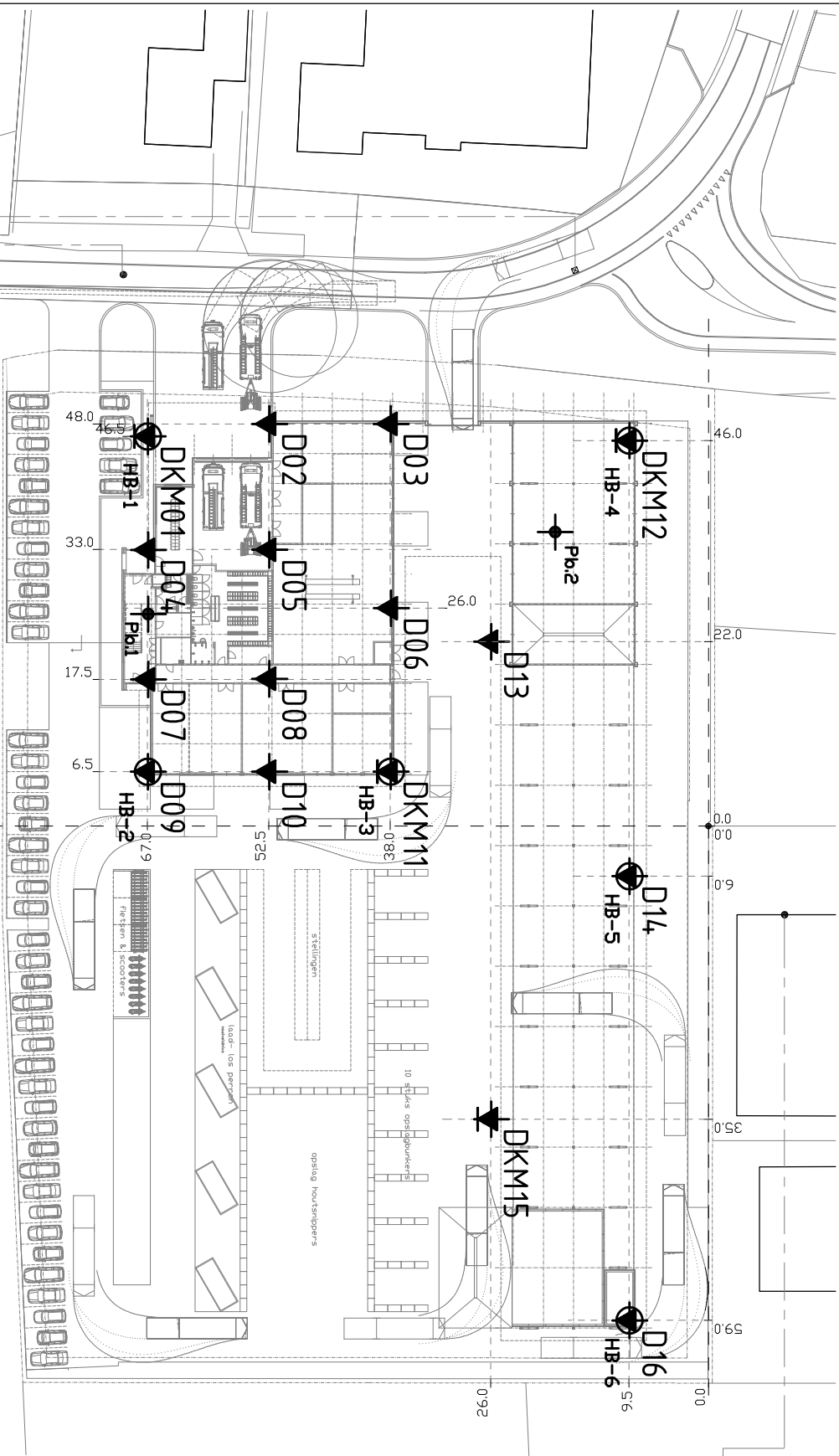
waarin:

in dit geval:

$$A' = \text{effectieve funderingsoppervlak} \quad 2,56 \text{ m}^2$$



Vloer = 15.01 + N.A.P.



Peilmaten indicatief, niet te gebruiken als uitgangshoogte

Rpd 2 = 15.43 + N.A.P.

Strpl = 15.52 + N.A.P.

Rpd 1 = 15.36 + N.A.P.

Brandweerkazerne a/d Winkelweg
te Hengelo (Gld.)

Opdr.nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

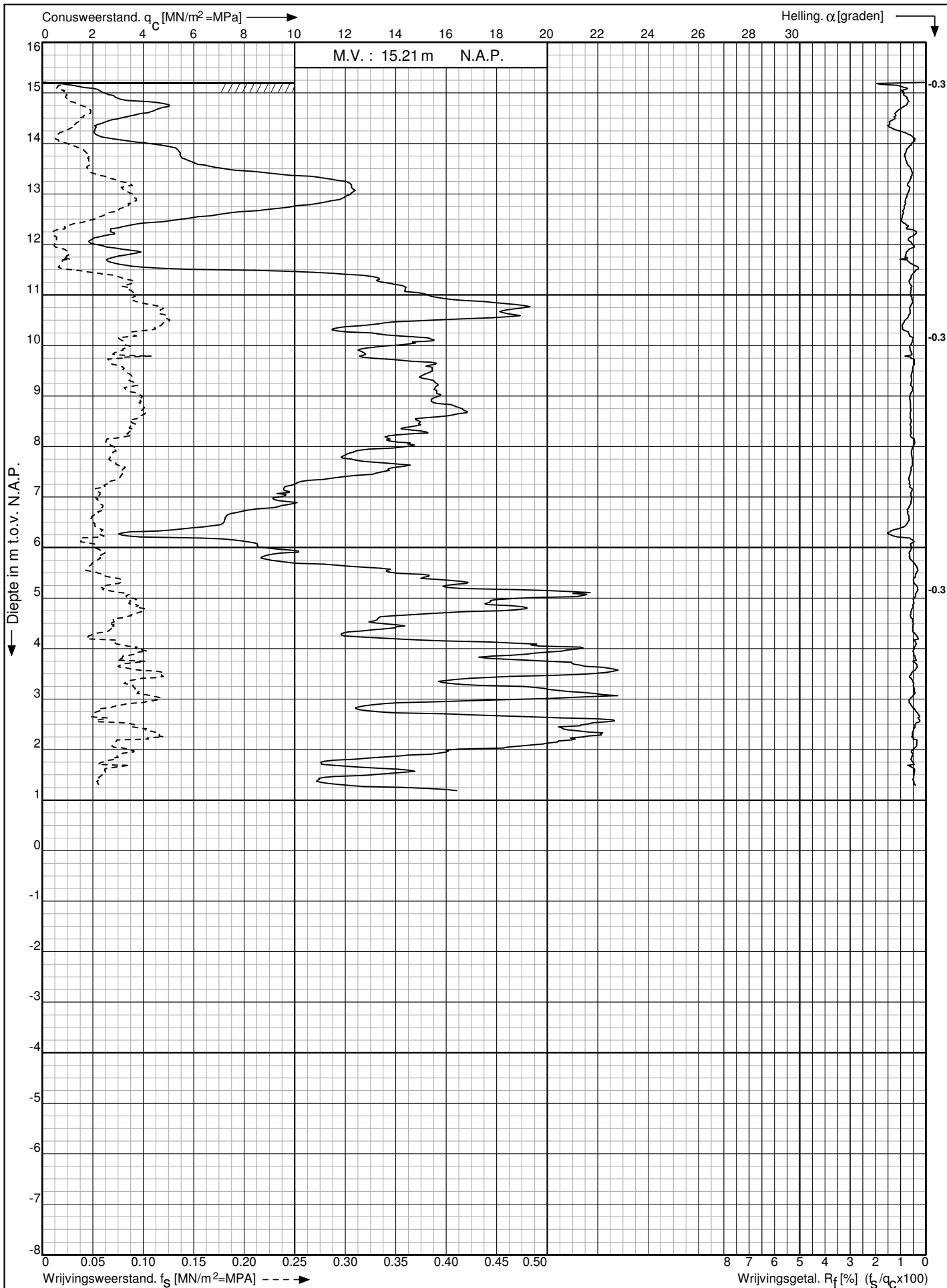
Situatietekening

VERKLARING DER TEKENS	
▼	SONDERING
▼	SONDERING MET PL.WIJVING
▽	NIET UITGEVOERD
⊙	SONDERING MET BORING
⊙	BORING



GRONDMECHANICA
Tel. 0522-260084

KOOPS



Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

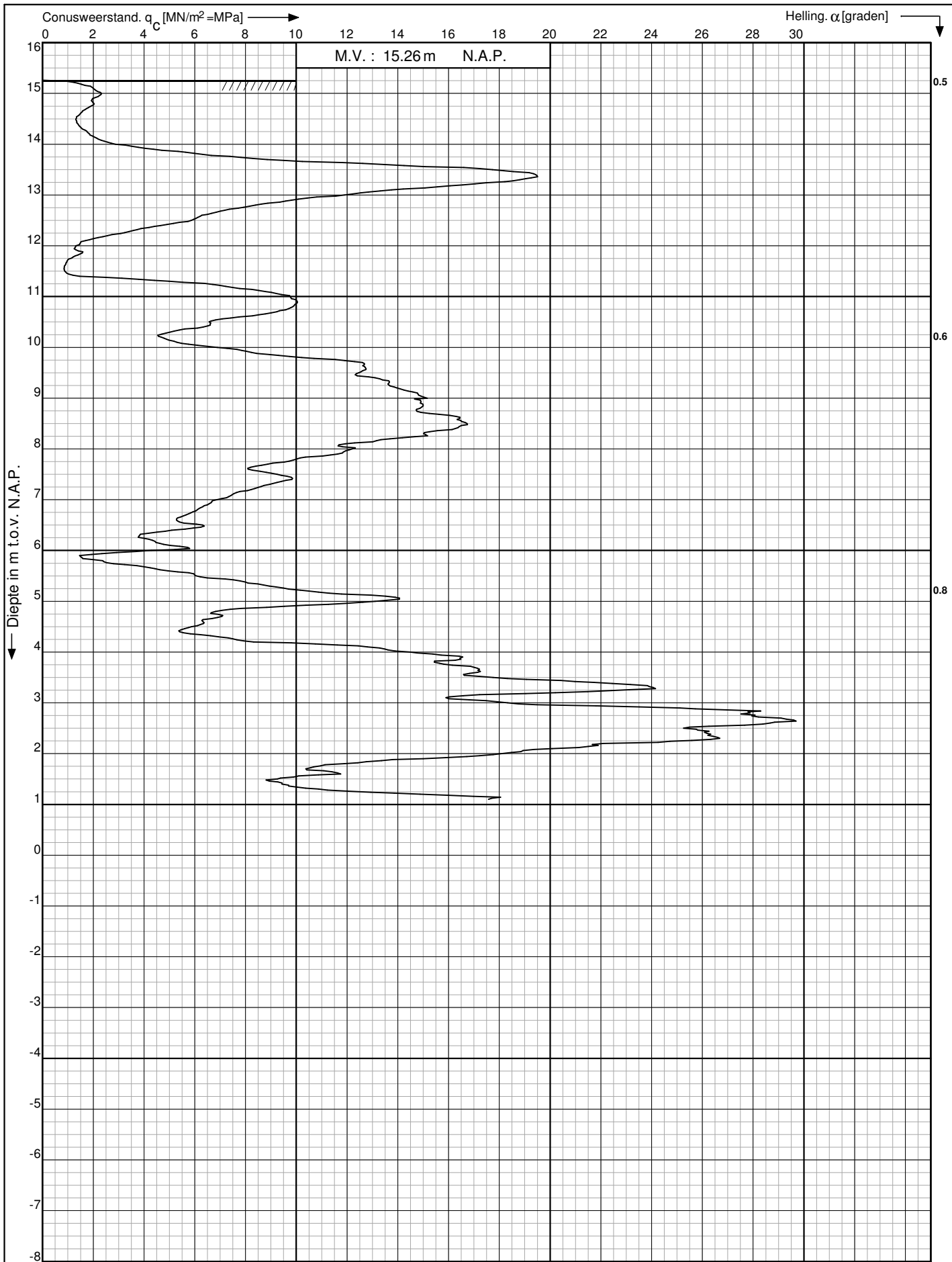
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 1





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

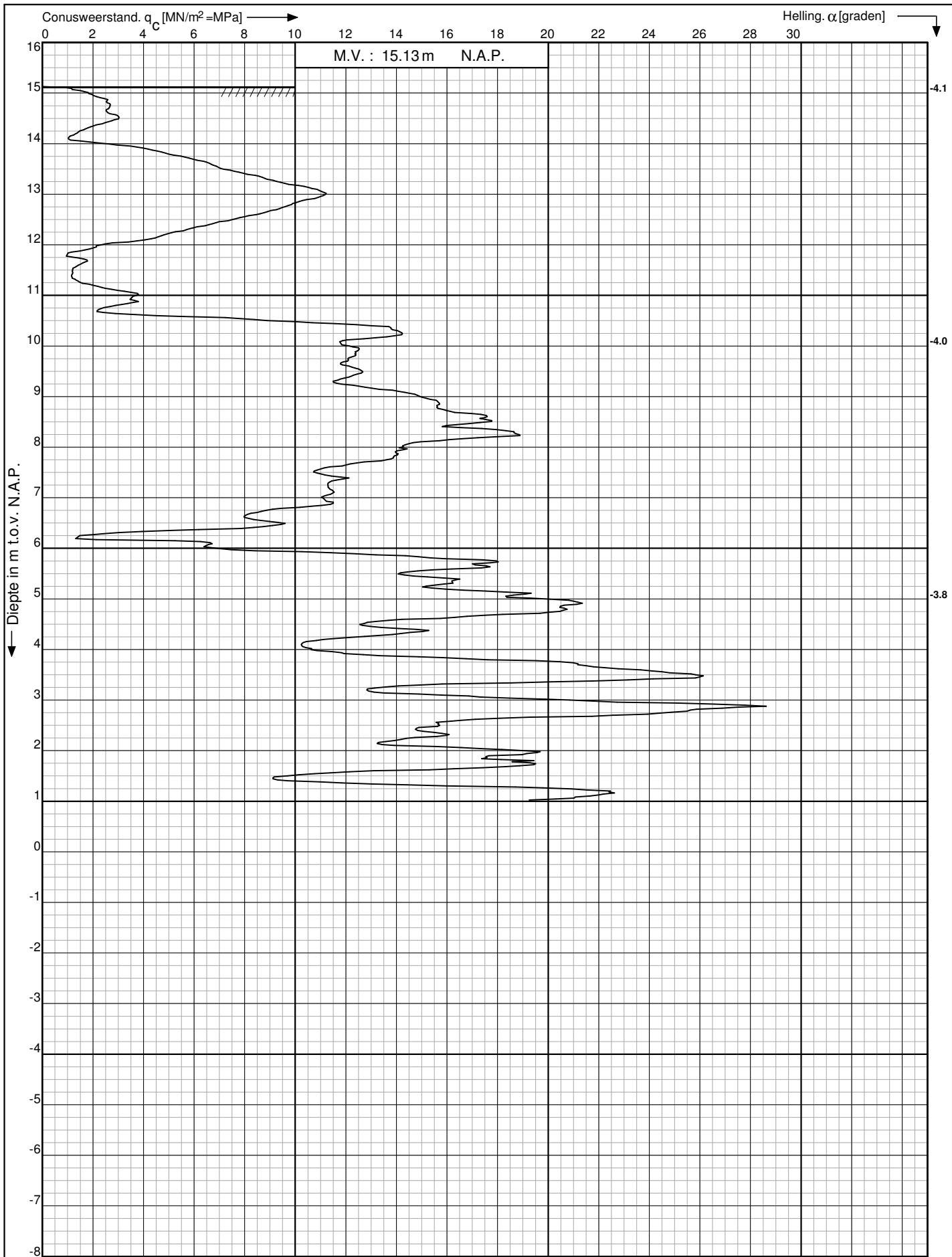
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 2





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

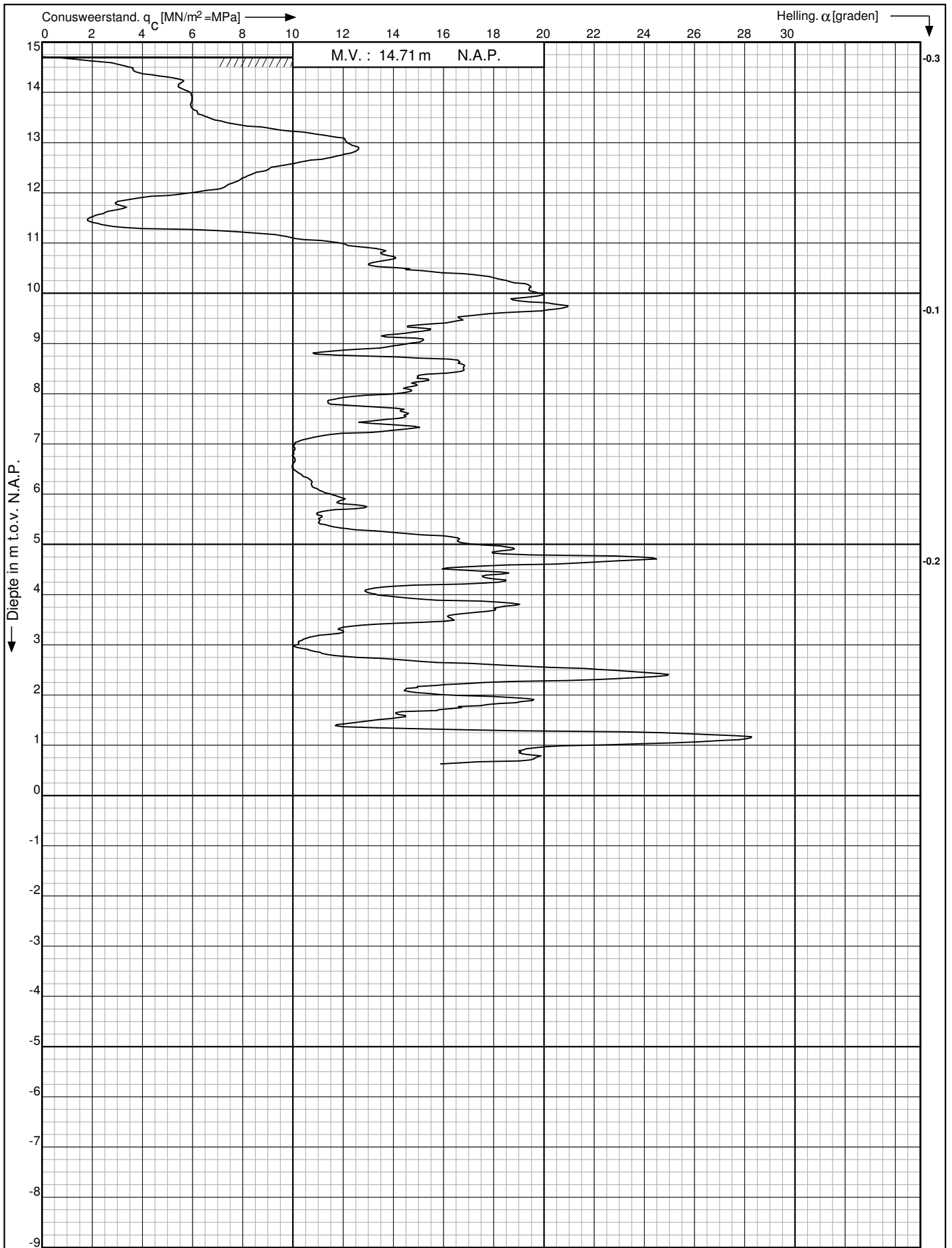
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 3





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

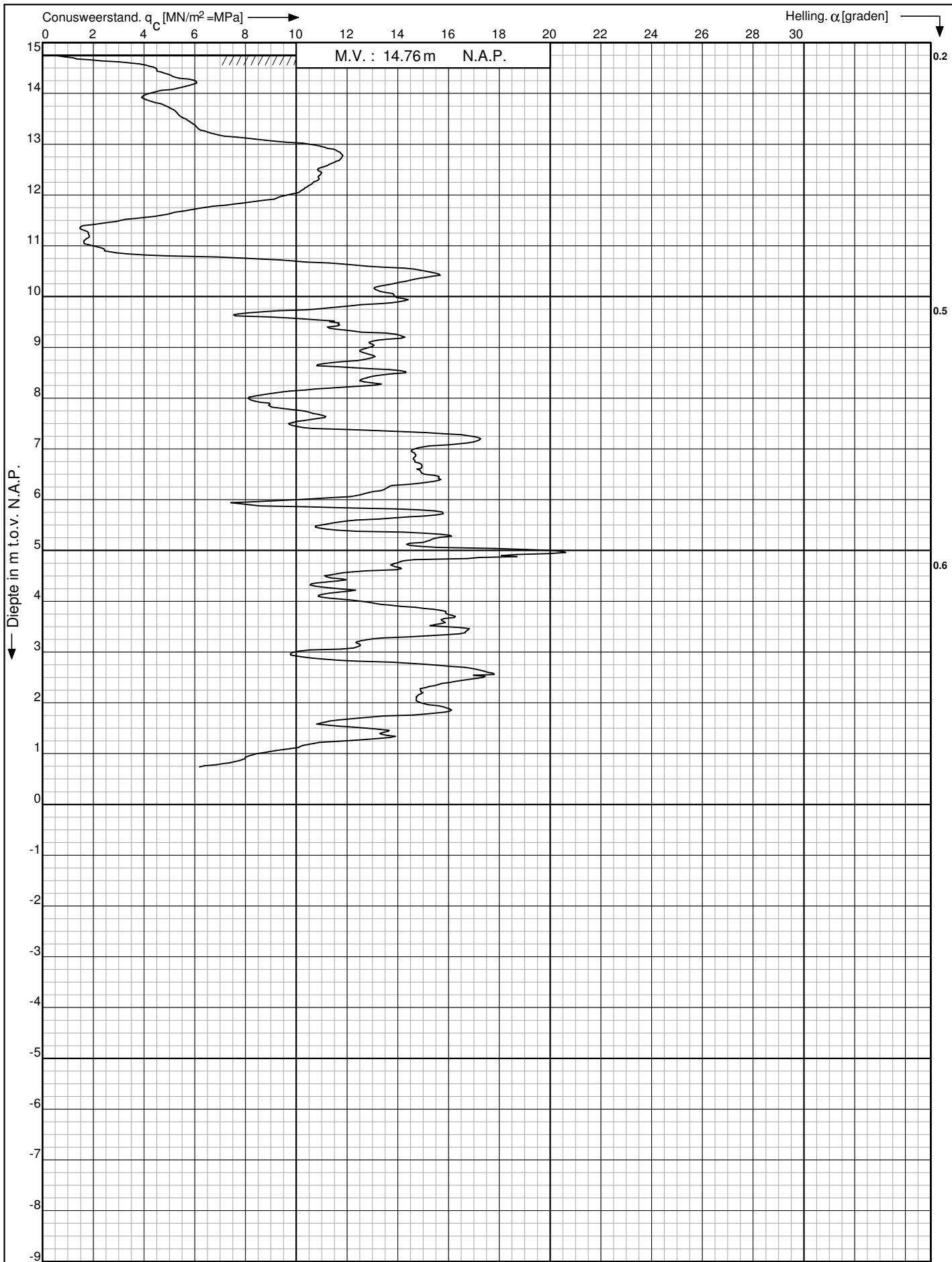
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 4





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

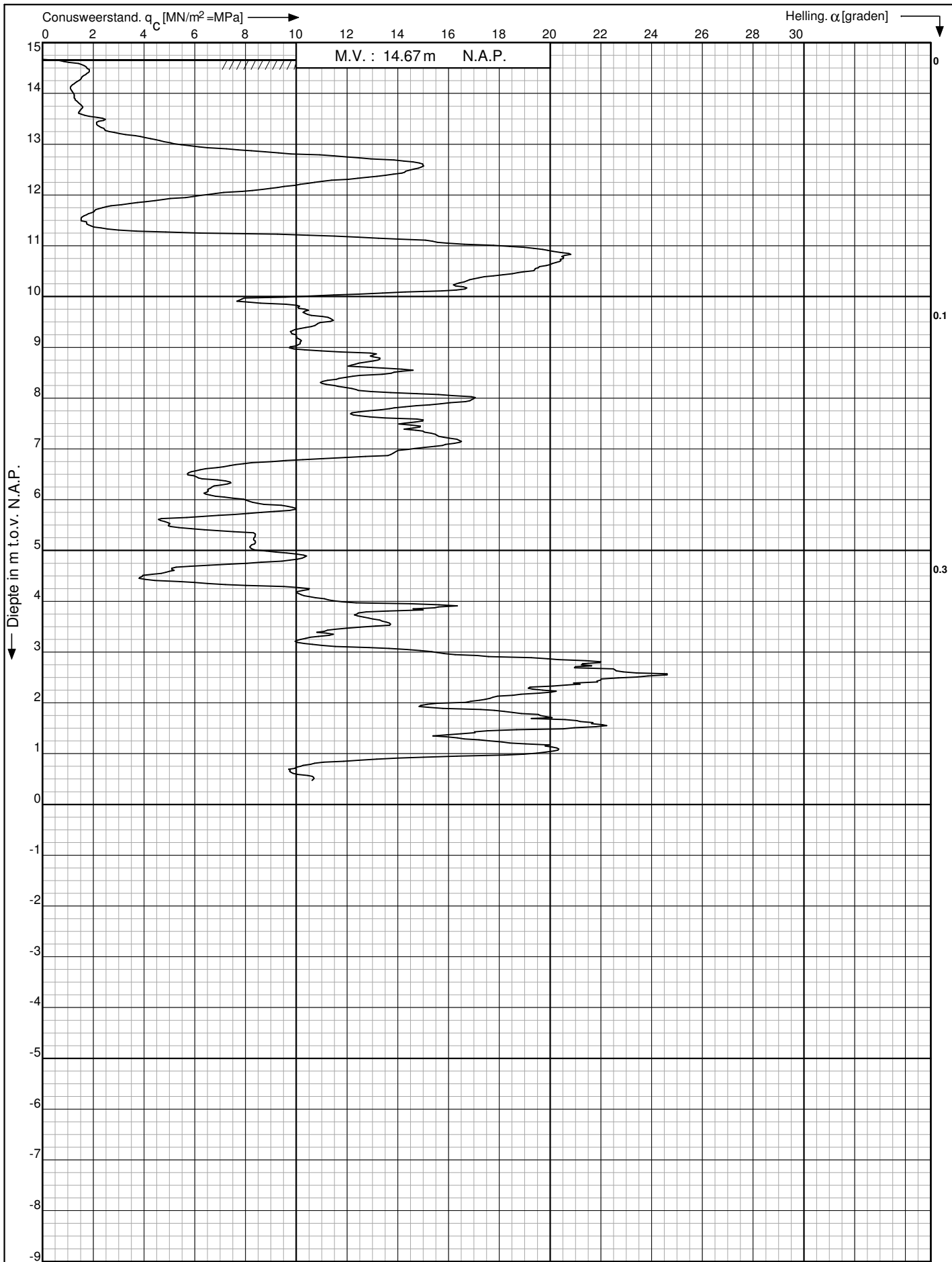
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 5





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

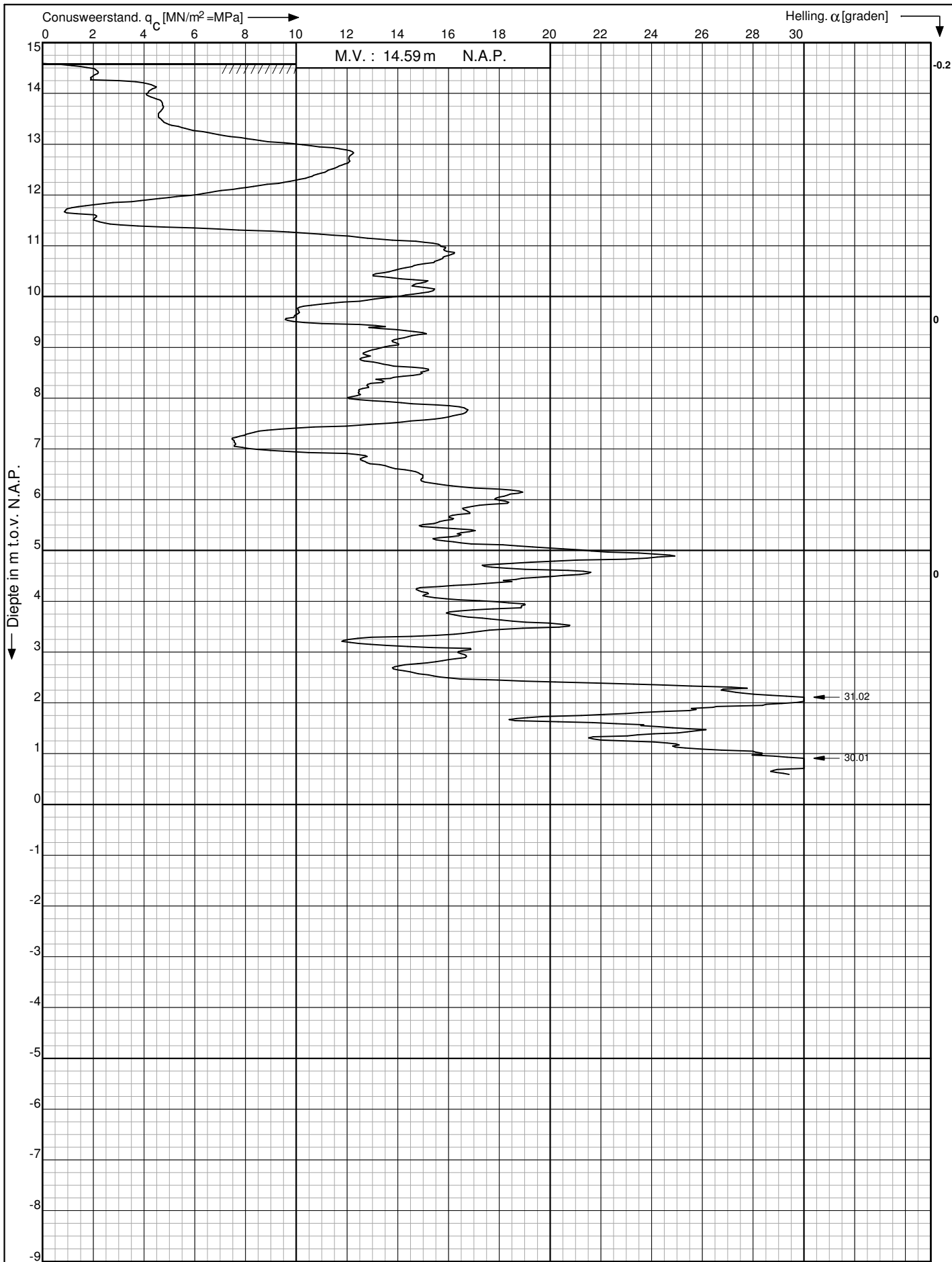
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 6





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

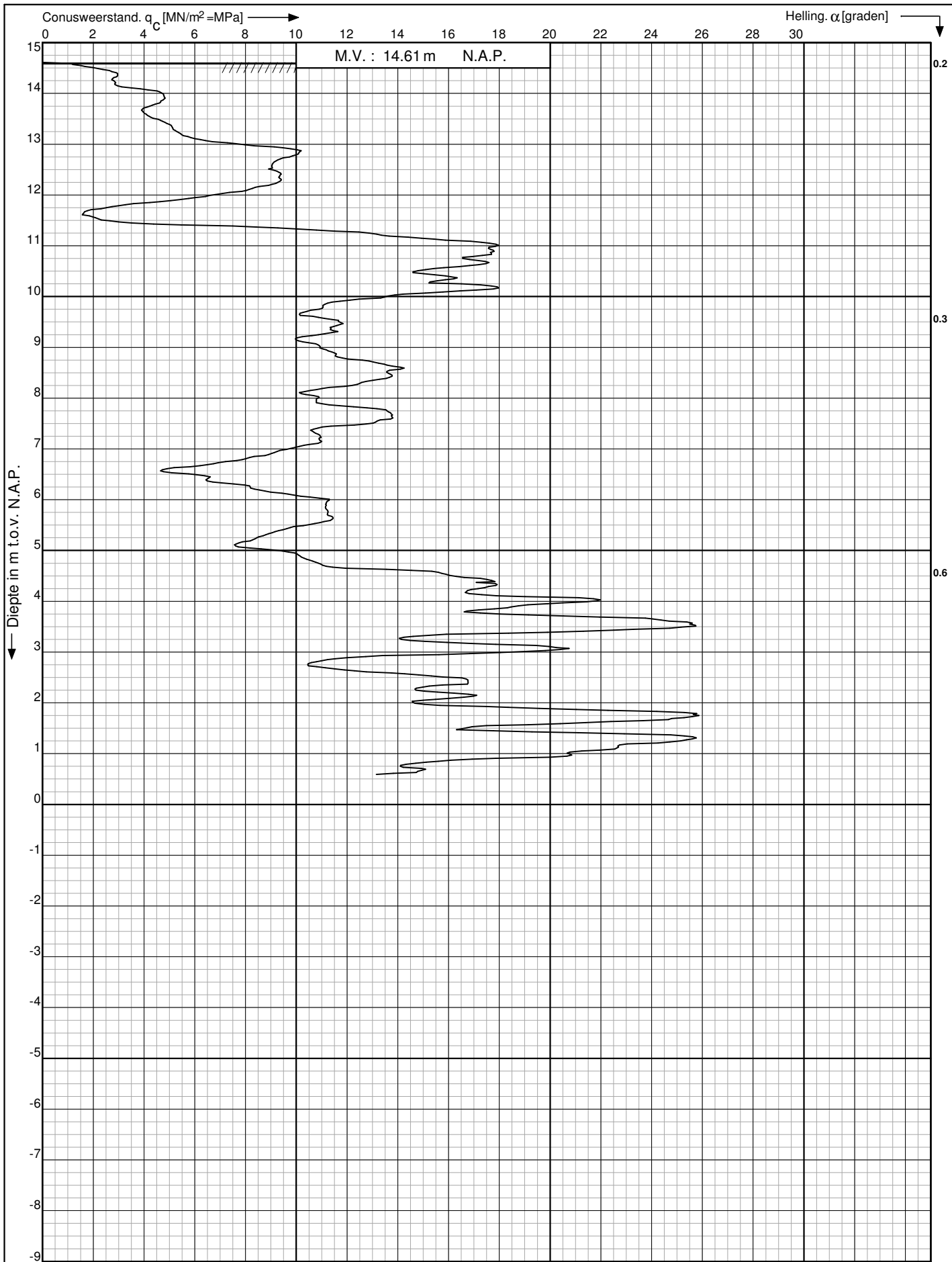
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 7





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

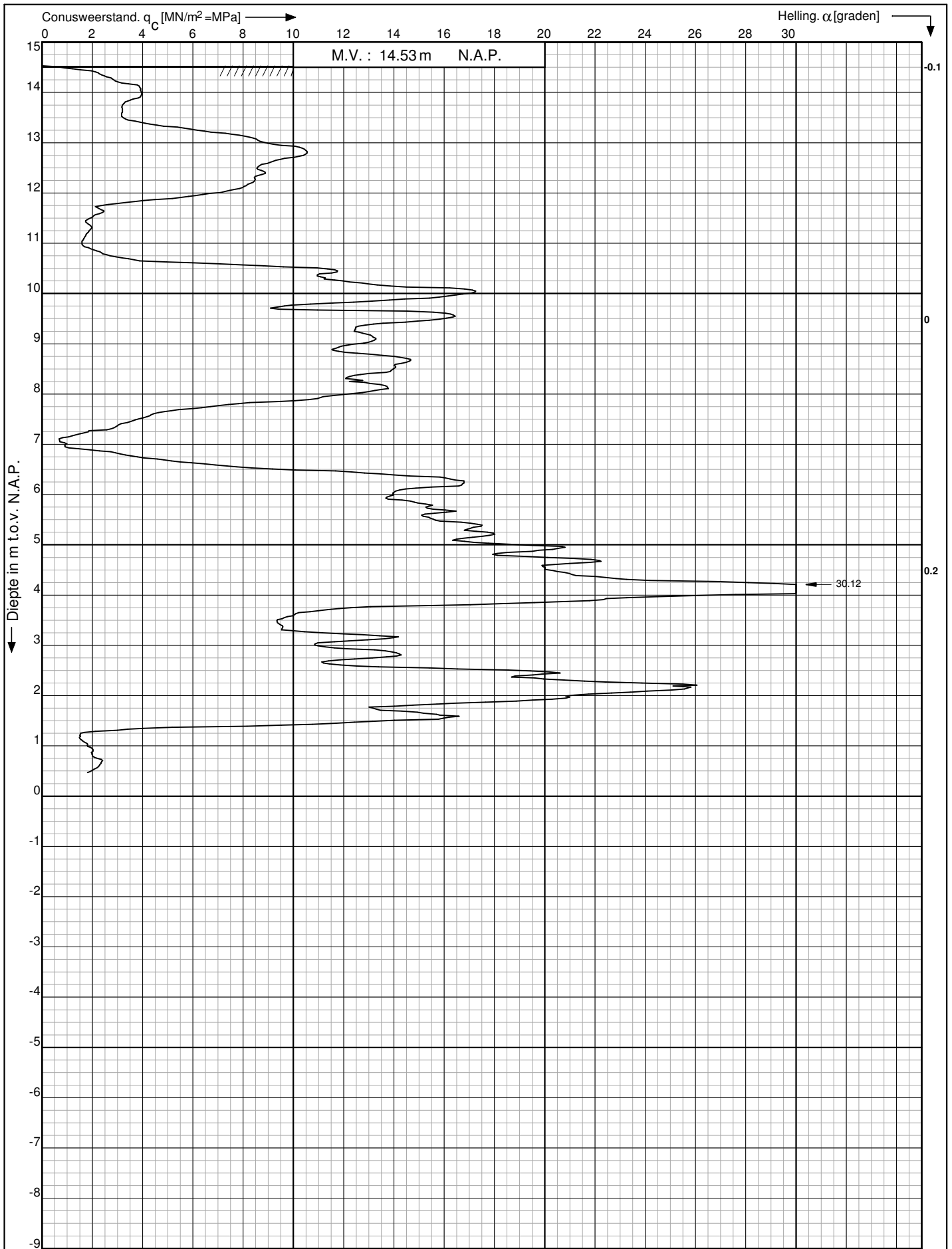
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 8





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

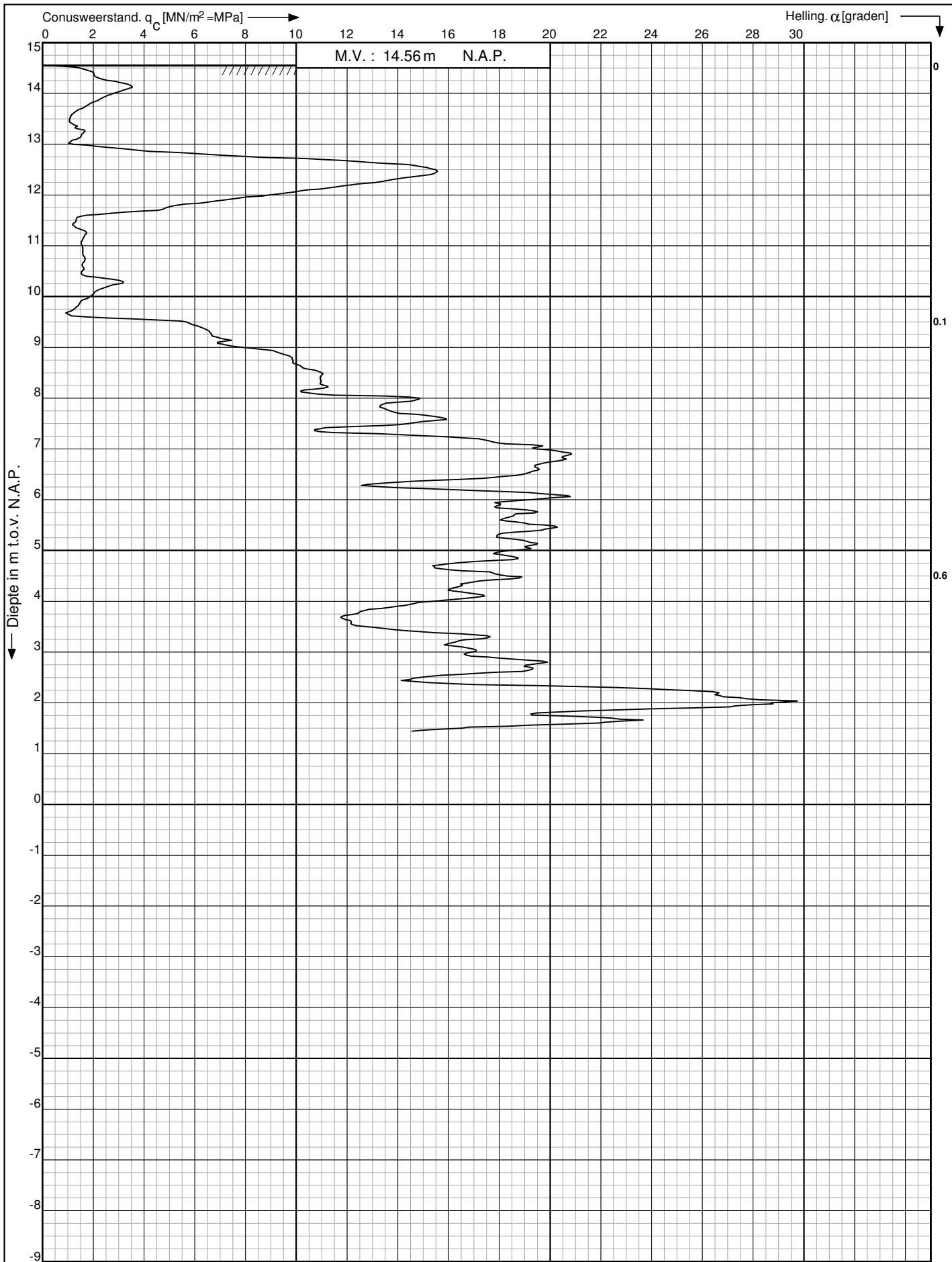
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 12-11-2015

Sond. nr. : 9





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

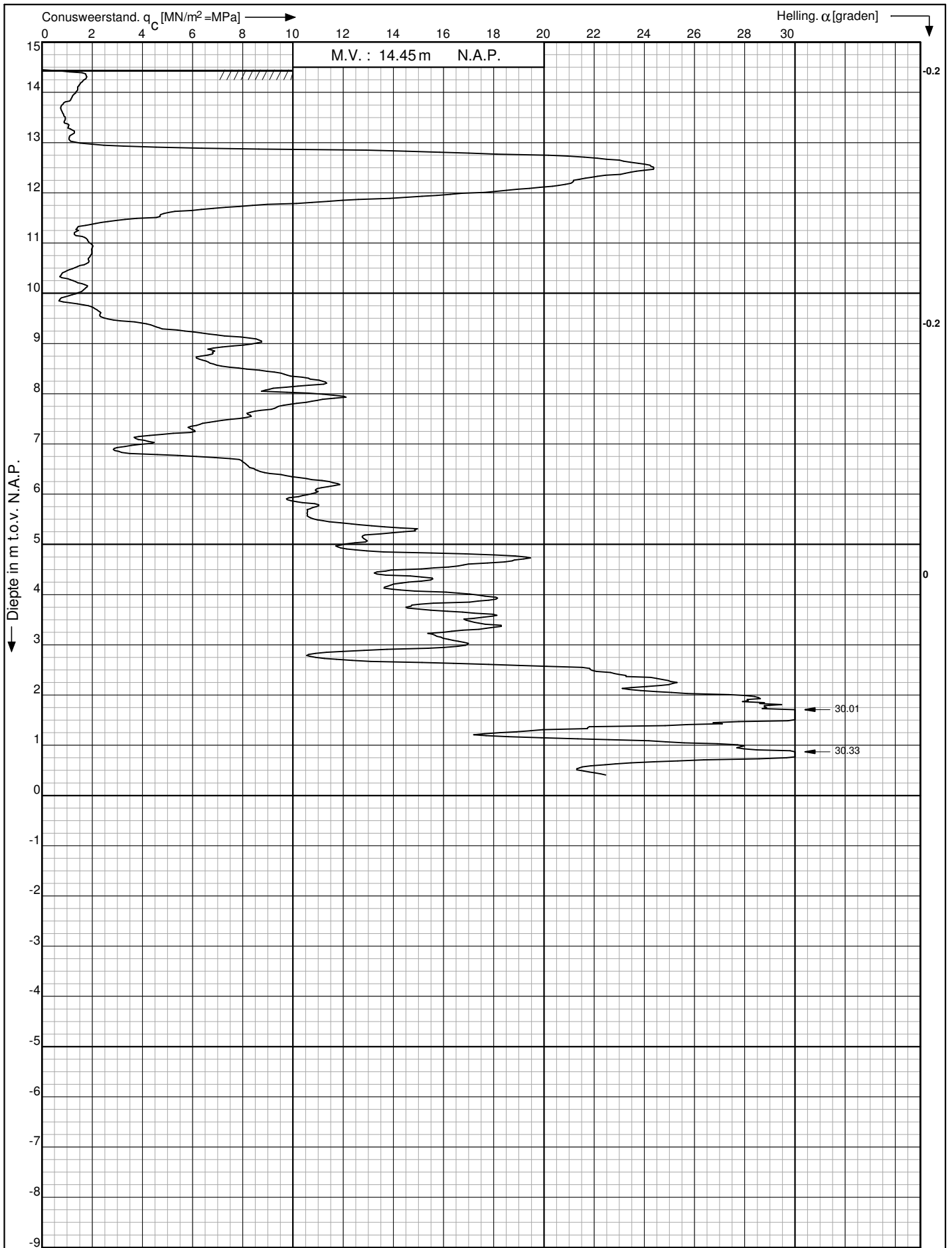
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitg. : 12-11-2015

Sond. nr. : 10





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

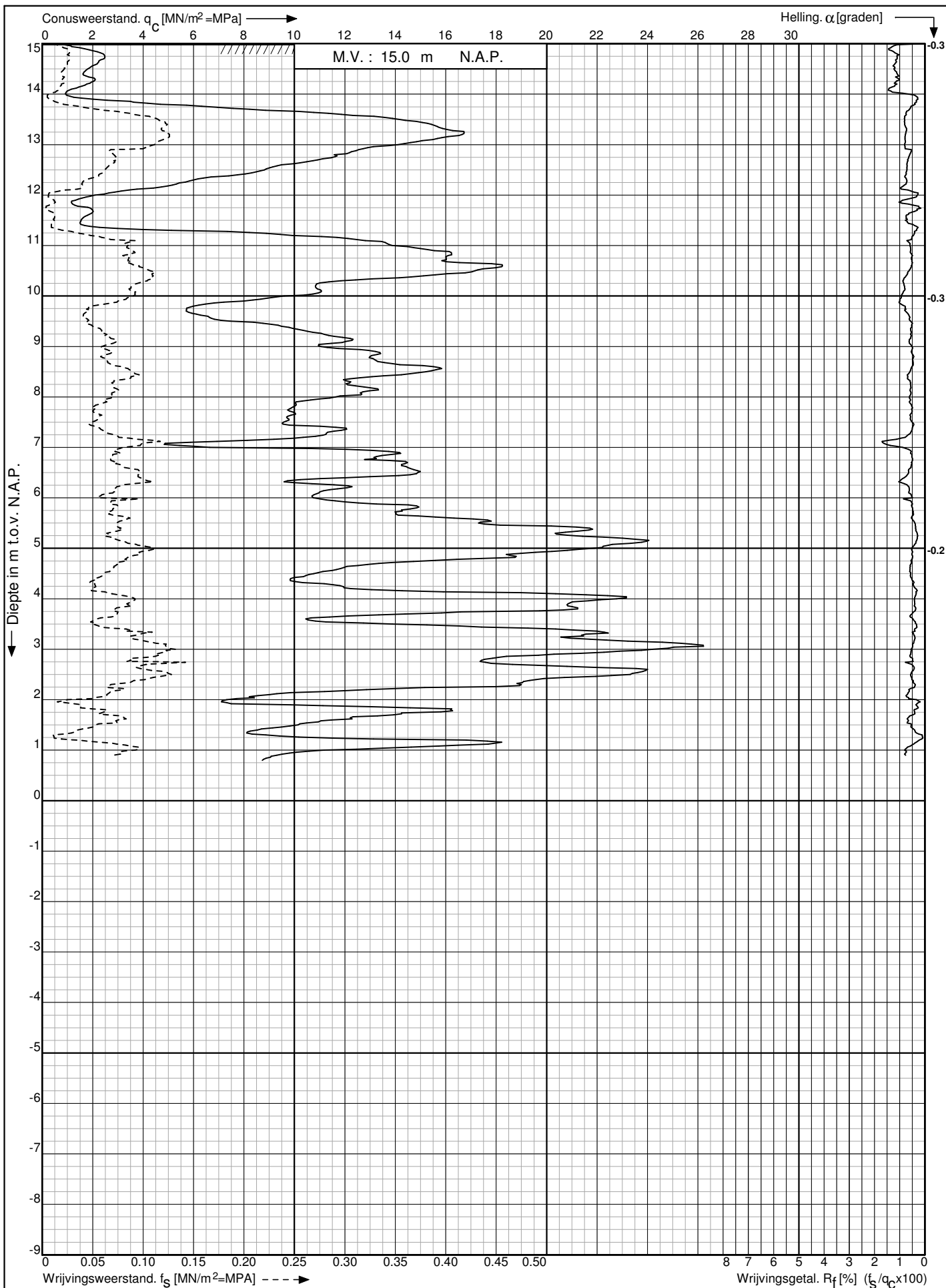
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 12-11-2015

Sond. nr. : 11





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

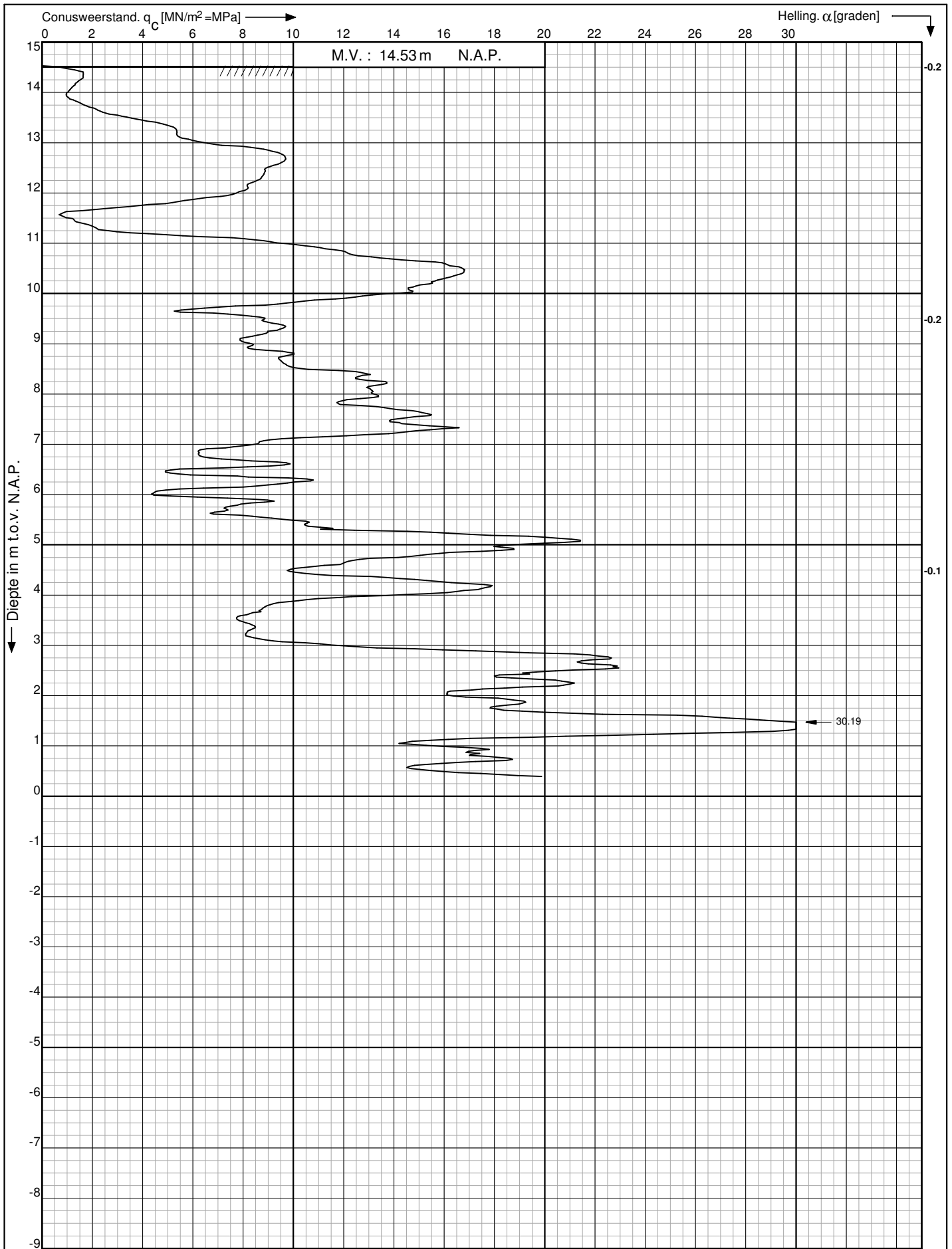
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 13-11-2015

Sond. nr. : 12





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

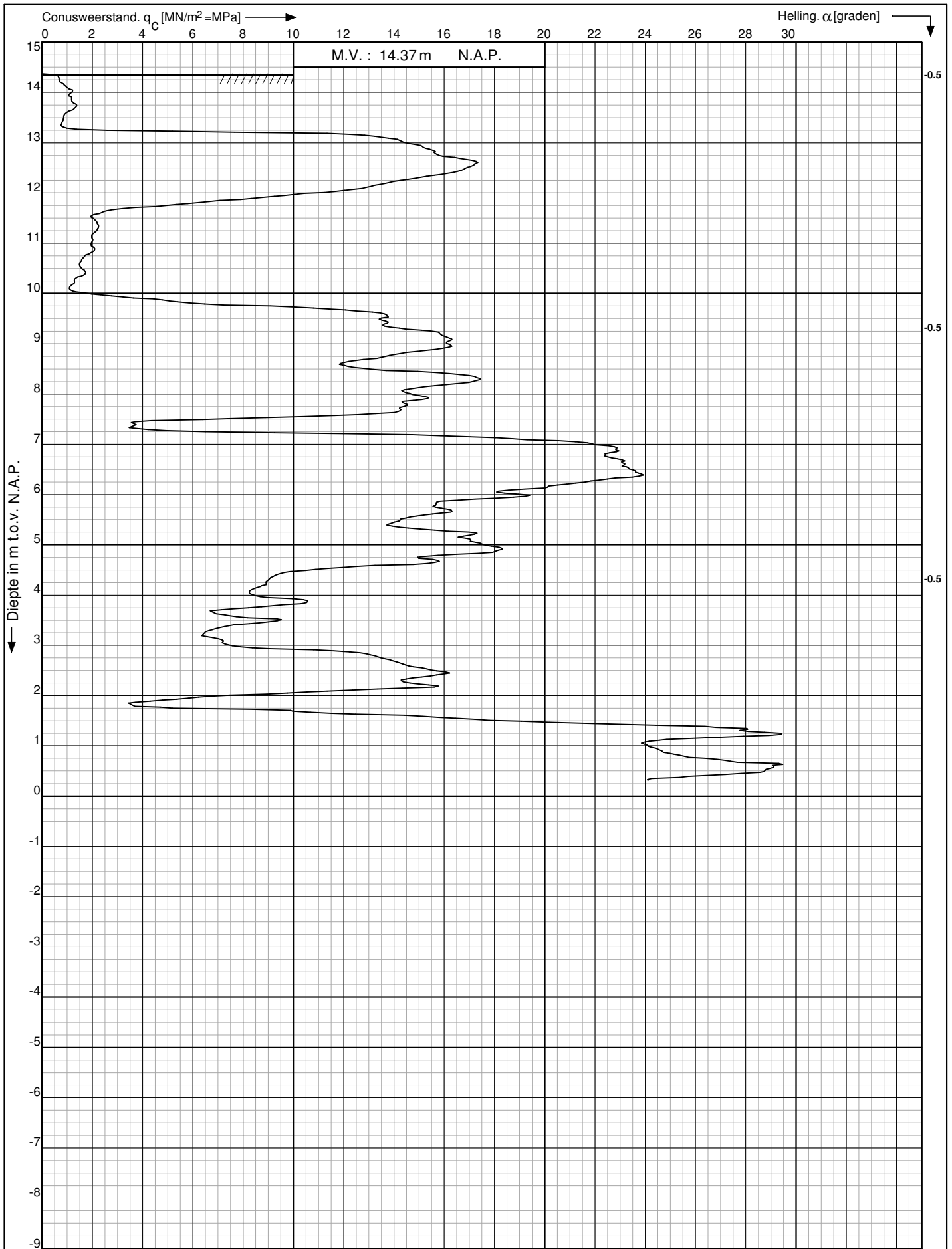
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 12-11-2015

Sond. nr. : 13





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

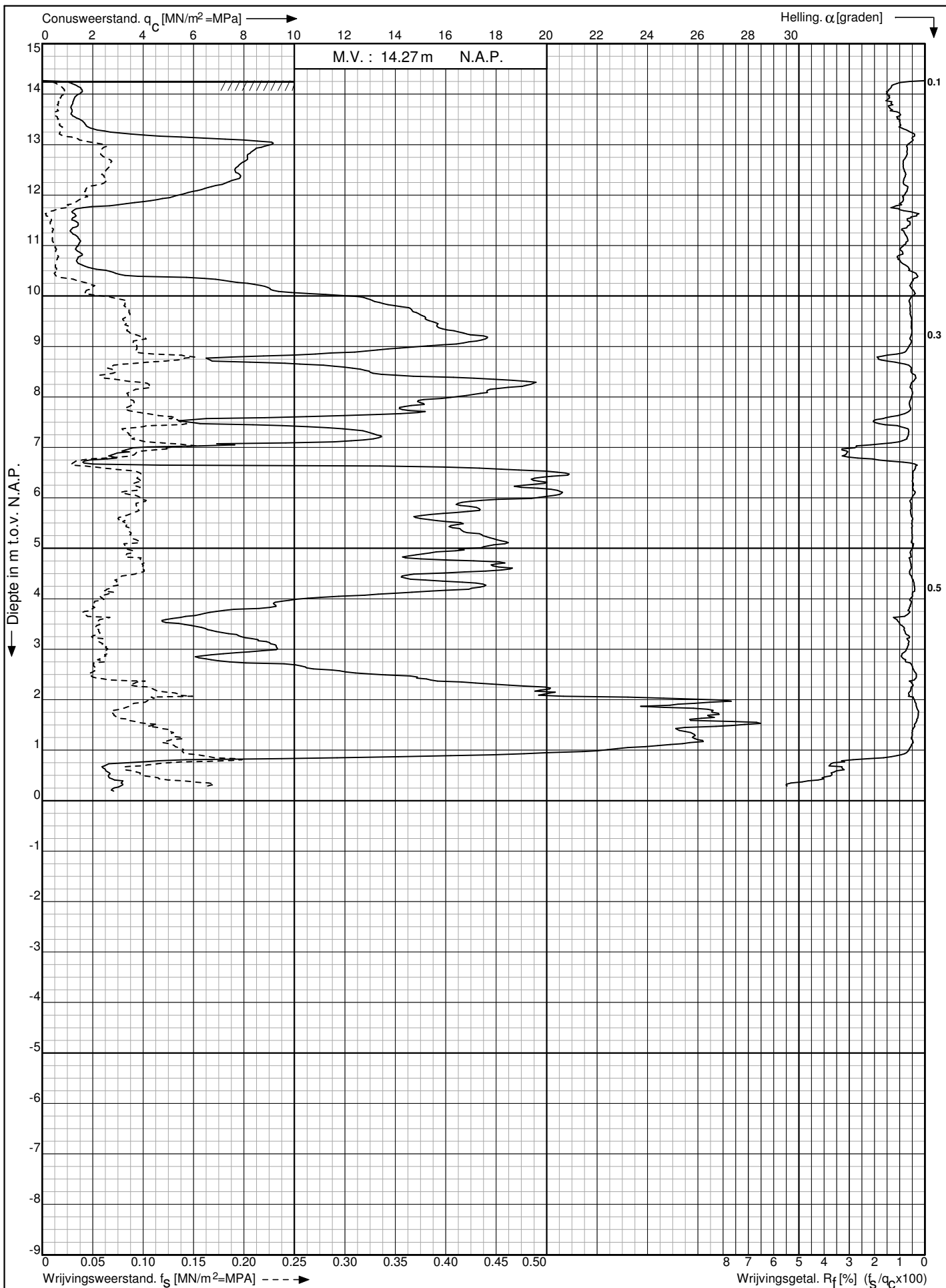
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 12-11-2015

Sond. nr. : 14





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

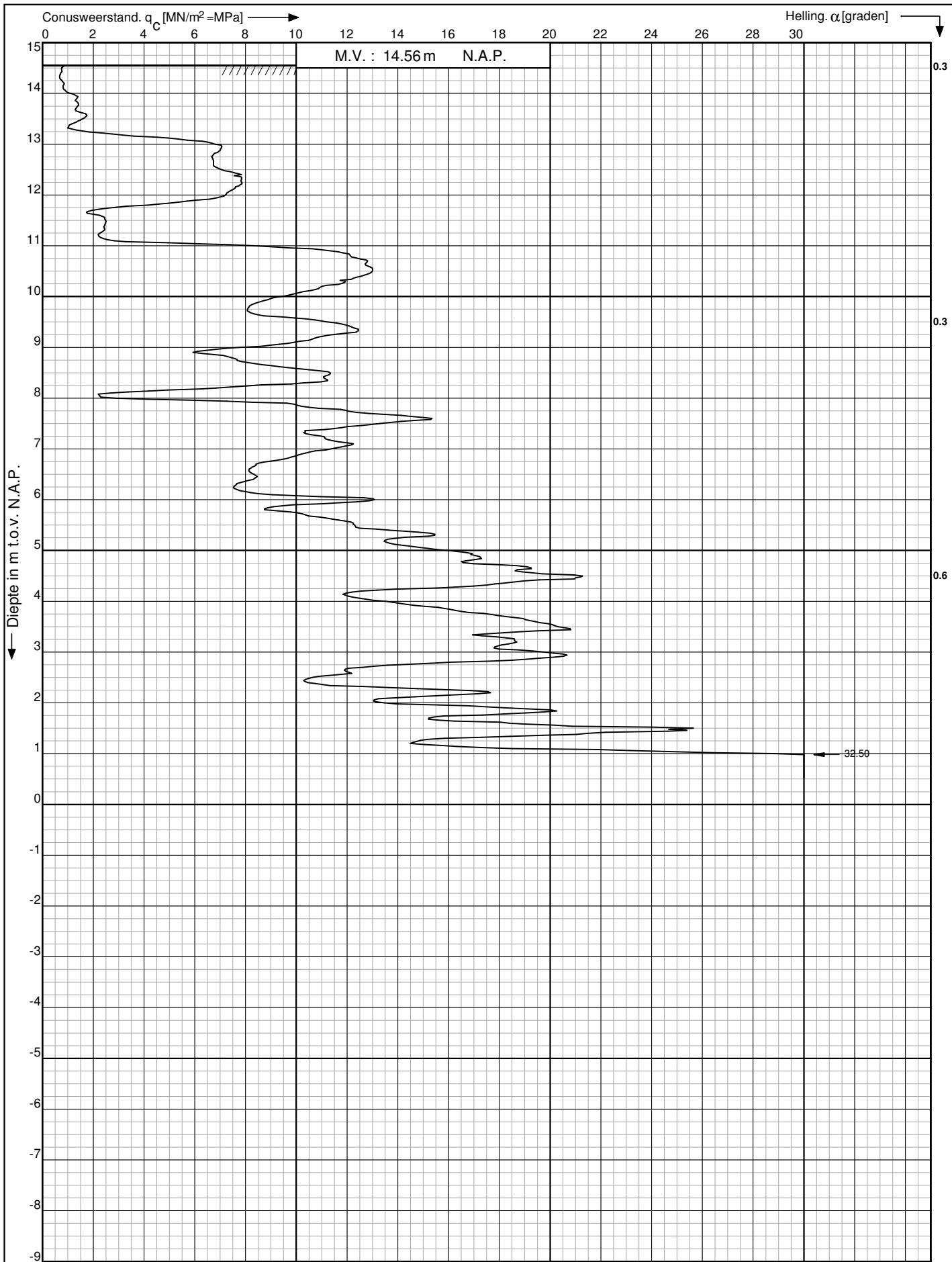
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 12-11-2015

Sond. nr. : 15





Brandweerkazerne a/d Winkelweg te
Hengelo (Gld).

Sondering volgens : NEN 5140

Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 15-3285

Datum uitv. : 12-11-2015

Sond. nr. : 16





Resultaten Handboring HB-1.

0.00	-	0.75	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, bruin/zwart, humeus, siltig, (geroerd).
0.75	-	1.05	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, bruin, oerhoudend.
1.05	-	1.30	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, l.bruin.
1.30	-	2.75	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn/fijn, l.grijs/geel, pl.w.oerhoudend.
2.75	-	3.20	m-mv.	<u>Zand</u> , fijn, l.grijs, w.oerhoudend, siltig.

Datum uitvoering : 13 november 2015
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering DKM-001
Maaiveldhoogte : 15.21 m + N.A.P.
Grondwaterstand : ca. 3.00 m – mv.

Resultaten Handboring HB-2.

0.00	-	0.55	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, bruin/zwart, humeus, siltig.
0.55	-	0.90	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, bruin, w.oerhoudend, siltig.
0.90	-	1.15	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, l.bruin, w.oerhoudend.
1.15	-	2.45	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn/fijn, l.grijs/geel, pl.w.oerhoudend.
2.45	-	3.00	m-mv.	<u>Zand</u> , fijn, l.bruin/grijs, pl.w.oerhoudend, siltig.

Datum uitvoering : 13 november 2015
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering D-009
Maaiveldhoogte : 14.53 m + N.A.P.
Grondwaterstand : ca. 2.75 m – mv.

Resultaten Handboring HB-3.

0.00	-	0.60	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, d.bruin/zwart, humeus.
0.60	-	1.30	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, d.bruin.
1.30	-	1.50	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, d.bruin, siltig.
1.50	-	1.65	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, bruin/grijs.
1.65	-	2.25	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, l.bruin/grijs.
2.25	-	2.80	m-mv.	<u>Zand</u> , fijn, l.grijs/geel, pl.w.oerhoudend.
2.80	-	3.10	m-mv.	<u>Zand</u> , fijn, grijs, siltig.
3.10	-	3.10	m-mv.	<u>Zand</u> , m.fijn, grijs, w.grindhoudend.

Datum uitvoering : 13 november 2015
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering DKM-011
Maaiveldhoogte : 14.45 m + N.A.P.
Grondwaterstand : ca. 2.60 m – mv.



Resultaten Handboring HB-4.

0.00 - 0.40 m-mv. Zand, m.fijn, d.bruin/zwart, humeus.
0.40 - 0.75 m-mv. Zand, m.fijn, bruin, humeus.
0.75 - 2.55 m-mv. Zand, fijn, l.grijs/geel, w.oerhoudend.
2.55 - 3.00 m-mv. Zand, fijn, l.bruin/grijs, w.oerhoudend, siltig.

Datum uitvoering : 13 november 2015
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering DKM-012
Maaiveldhoogte : 15.00 m + N.A.P.
Grondwaterstand : ca. 2.95 m – mv.

Resultaten Handboring HB-5.

0.00 - 0.70 m-mv. Zand, m.fijn, d.bruin/zwart, humeus.
0.70 - 1.20 m-mv. Zand, fijn, d.bruin, humeus.
1.20 - 1.45 m-mv. Zand, fijn, rood/bruin, oerhoudend
1.45 - 2.75 m-mv. Zand, m.fijn/fijn, l.grijs/geel, pl.w.oerhoudend.
2.75 - 3.00 m-mv. Zand, fijn, l.grijs/geel, w.oerhoudend, siltig.

Datum uitvoering : 13 november 2015
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering D-014
Maaiveldhoogte : 14.37 m + N.A.P.
Grondwaterstand : ca. 2.60 m – mv.

Resultaten Handboring HB-6.

0.00 - 0.60 m-mv. Zand, m.fijn, d.bruin/zwart, humeus.
0.60 - 1.30 m-mv. Zand, fijn, d.bruin, humeus.
1.30 - 1.50 m-mv. Zand, fijn, bruin/rood, oerhoudend.
1.50 - 2.05 m-mv. Zand, fijn, l.grijs/geel, w.oerhoudend.
2.05 - 2.75 m-mv. Zand, m.fijn, l.bruin, oerhoudend.
2.75 - 3.00 m-mv. Zand, m.fijn, l.bruin, oerhoudend, siltig.

Datum uitvoering : 13 november 2015
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering D-016
Maaiveldhoogte : 14.56 m + N.A.P.
Grondwaterstand : ca. 2.80 m – mv.