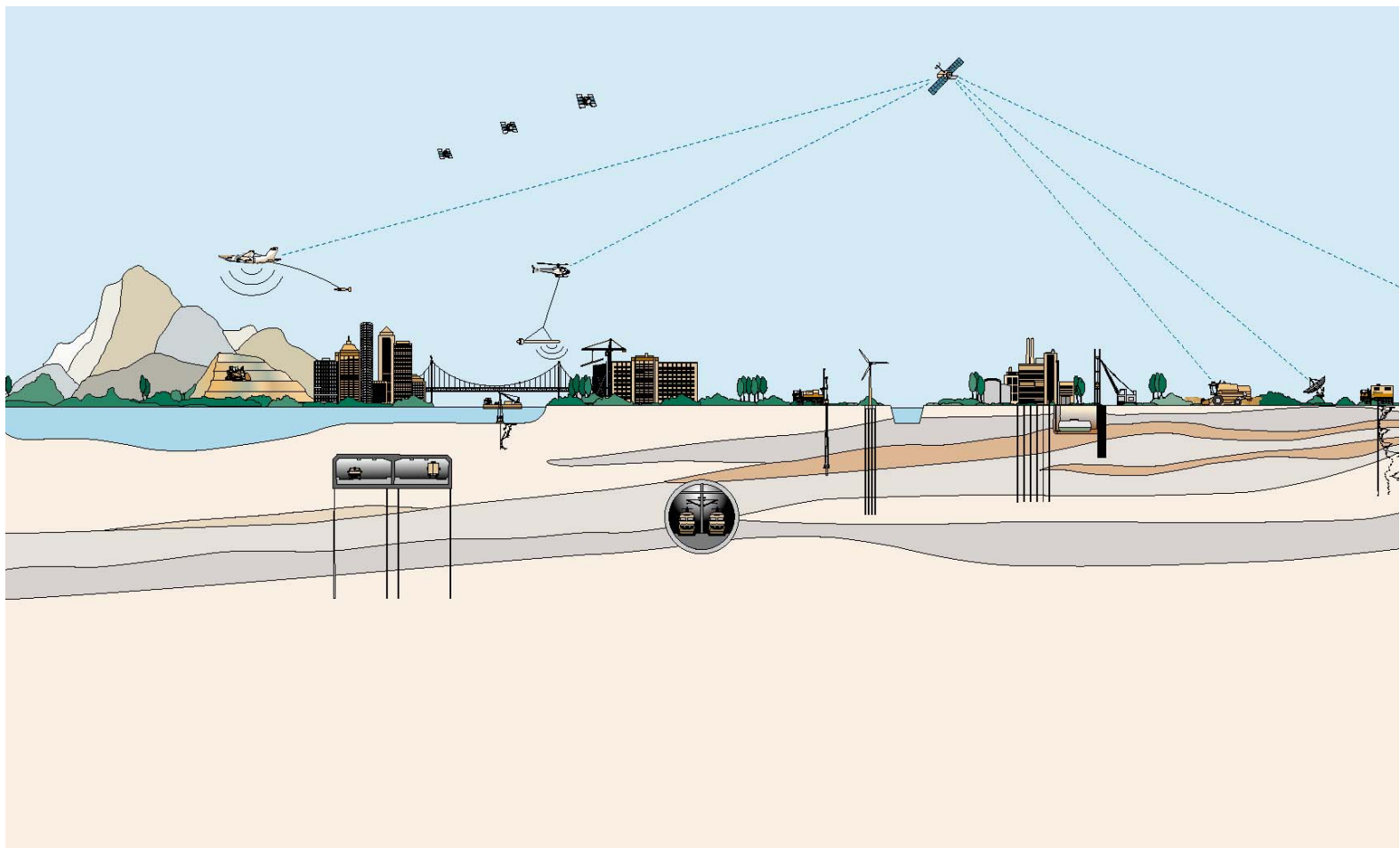


RAPPORT
betreffende

**TRILLINGSRISICOANALYSE
WATERFRONT
TE AALBURG**

Opdrachtnummer: 1213-0018-001



RAPPORT
betreffende

**TRILLINGSRISICOANALYSE
WATERFRONT
TE AALBURG**

Opdrachtnummer: 1213-0018-001

Opdrachtgever : Gemeente Aalburg
Postbus 40
4260 AA Wijk en Aalburg

Projectleider : ir. B. Rijnveld

Opgesteld door : ir. E.K.H.Lee
Adviseur Waterbouw

Gecontroleerd door : ir. B. Rijnveld
Adviseur Waterbouw

ir. A.J. Snethlage
Senior Adviseur Geotechniek

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	29 oktober 2014		
2	31 oktober 2014		

FILE: 1213-0018-001.R01v2

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	1
1.1. Inleiding	1
1.2. Projectomschrijving	1
1.3. Doel van het onderzoek	2
1.4. Beschikbare informatie	2
2. UITGANGSPUNTEN EN GRONDOPBOUW	3
2.1. Globale bodemgesteldheid	3
2.2. (Grond)waterstanden	3
3. TRILLINGSPROGNOSE	4
3.1. Berekeningsmethode	4
3.2. Trillingsbron	4
3.3. Hei- en trilwerkzaamheden	5
3.3.1. Trillingsprognose bronsterkte	5
3.3.2. Trillingsoverdracht door de ondergrond	6
3.3.3. Verdichting losgepakte zandlagen	7
3.4. Zwaar bouwverkeer	7
4. BEOORDELING TALUDHELLING	9
4.1. Mechanisme beschrijving	9
4.2. Berekeningsmethode	9
4.3. Toelaatbare versnellingen en wateroverspanning	9
4.4. Risicocontour bouwverkeer	10
4.5. Risicocontour heiwerkzaamheden	10
4.6. Risicocontour trilwerkzaamheden	11
5. CONCLUSIES	13
6. LITERATUUR	15
<u>BIJLAGEN</u>	<u>Nr.</u>
- Grondonderzoek	1
- Relatieve dichtheid	2
- Trillingsprognose	3
- Beoordeling taludhelling	4
- Zonering	5

1. INLEIDING

1.1. Inleiding

Op 21 oktober 2014 ontving Fugro GeoServices B.V. te Nieuwegein van Gemeente Aalburg te Wijk en Aalburg, de opdracht voor het opstellen van een trillingsrisicoanalyse voor het project Waterfront De Veene nabij de Veense Put.

1.2. Projectomschrijving

Binnen het project Waterfront De Veene zijn een aantal bouwvlakken voor woningbouw voorzien. Het project bevindt zich nabij de Veense Put. Uit eerder onderzoek blijkt dat de stabiliteit van de oevers van de Veense Put onvoldoende is. Omdat voor het project heil- en trilwerkzaamheden en zwaar bouwverkeer voorzien is, kan dit mogelijk invloed op de stabiliteit van de oevers van de Veense Put hebben. In figuur 1-1 en figuur 1-2 is het projectgebied en de plankaart weergegeven.



Figuur 1-1: Projectlocatie, bron Google Earth



Figuur 1-2: Digitale plankaart, bron opdrachtgever

1.3. Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is inzicht verkrijgen in mogelijk te verwachten trillingsintensiteiten als gevolg van het heien van palen, het intrillen van damwandplanken en passerend zwaar verkeer. Daarnaast wordt een grootte van het invloedsgebied bepaald, waarbij verwacht mag worden dat buiten dit gebied de invloed van trillingen (en wateroverspanningen) op de stabiliteit van de oevers van de Veense Put voldoende klein is.

De invloed op andere belendingen dan de oevers van de Veense Put is geen onderdeel van dit onderzoek.

1.4. Beschikbare informatie

De volgende informatie is door de opdrachtgever beschikbaar gesteld of beschikbaar in het archief van Fugro:

- [1] Tekening: 20130443-D31 Situatie te maken werk; Bouw en woonrijp maken Waterfront De Veene; Zijlstra Infra B.V.; 19-02-2014;
- [2] Autocad: S13028-B002-2014-07-04; Gemeente Wijk en Aalburg;
- [3] Rapport Bestemmingsplannen Veense Plassen en locatie aan de Nieuwstraat te Veen, gemeente Wijk en Aalburg, Inpijn-Blokpoel ingenieursbureau, rapportnr. VH6-6220-2, d.d. 29 juli 2010;
- [4] De Veense Plassen – hydrologisch onderzoek, Tauw conceptrapport R001-4723679KMF-evp-V01, 1 juli 2010
- [5] Geotechnisch onderzoek landtong Veense Plassen te Aalburg, versie 4; Fugro GeoServices B.V.; rapportnummer 1213-0018-000.R01; 23 augustus 2014.
- [6] Referentiewaarden waterstanden_tcm174-326696, Rijkswaterstaat, http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata_waterberichtgeving/watergegevens/
- [7] Aanscherping trillingsprognoses met nauwkeuriger bepaalde veiligheidsfactoren, Vakblad Geotechniek jaargang 18, nr. 4, oktober 2014

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

2. UITGANGSPUNTEN EN GRONDOPBOUW

2.1. Globale bodemgesteldheid

De bodemopbouw is bepaald op basis van het in 2010 uitgevoerde grondonderzoek door derden [3] en het in 2013 door Fugro uitgevoerde grondonderzoek [5]. Deze onderzoeken hebben bestaan uit sonderingen, boringen en laboratoriumonderzoek. Op basis van het grondonderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd. De globale bodemgesteldheid en grondparameters zijn weergegeven in tabel 2-1.

Tabel 2-1: Globale bodemgesteldheid

Bovenkant laag [m NAP]	Bodembeschrijving	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]
MV	<u>KLEI</u> , siltig, laagjes zand	18/18	0	29
ca. -1,5	<u>ZAND</u> , matig vast, matig tot zeer grof	17/19	0	30
ca. -7,5	<u>KLEI</u> , matig zandig	18/18	1	29
ca. -9,5	<u>ZAND</u> , matig vast, matig tot zeer grof	18/20	0	30

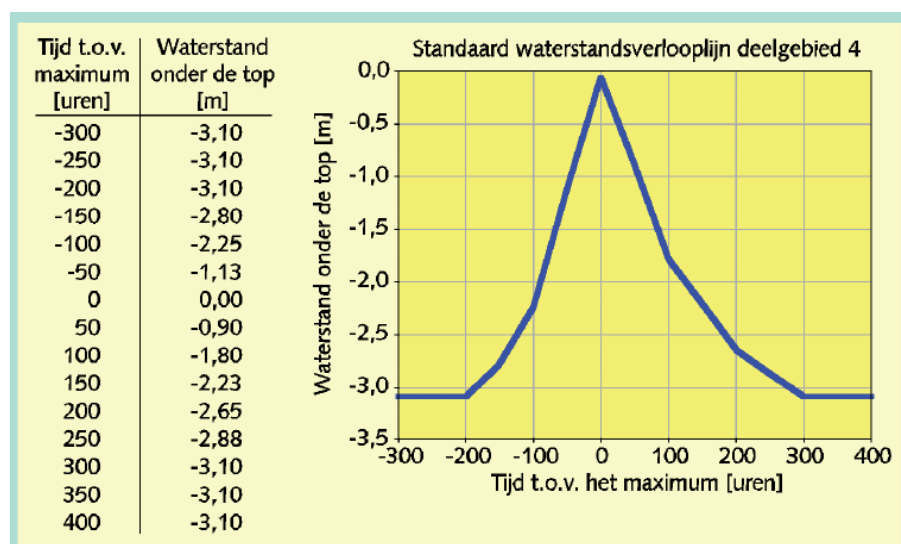
Opmerkingen:

- γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd
- c' = effectieve cohesie
- ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving

2.2. (Grond)waterstanden

In dit rapport zijn de volgende waterstanden gehanteerd:

- Gemiddelde waterstand in de put: NAP + 0,6 m [4];
- Maatgevend hoogwater: NAP +3,5 m (frequentie 1/2000 per jaar) [HRC 2006];
- Hoogwater: NAP +2,6 m (frequentie 1/10 per jaar) [4];
- Getijdenslag: 0,15 m [4];
- Extreem laagwater: NAP -0,3 m (frequentie 1/10 per jaar, locatie Heesbeen) [6];
- Waterstandsverloop bij val na hoogwater conform figuur 2-1 [HR 2006].



Figuur 2-1: Waterstandsverloop bij maatgevende omstandigheden, bron [HR 2006]

3. TRILLINGSPROGNOSE

In dit hoofdstuk wordt een trillingsprognose voor hei- en trilwerkzaamheden en zwaar bouwverkeer gepresenteerd.

3.1. Berekeningsmethode

De trillingsprognose voor heien en trillen vindt plaats op basis van de 2^e en 6^e druk van CUR-publicatie 166 'Damwandconstructies' [CUR 166_2] [CUR 166_6] en op basis van opgedane ervaringen bij projecten met vergelijkbare grondcondities. In [CUR 166_2] en [CUR 166_6] wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken en verschillende palen en planken alsmede de wijze van inbrengen. De benodigde veiligheidsfactor is bepaald op basis van een lognormale verdeling volgens [7]:

$$\gamma = \exp\left[\alpha_s \cdot \beta \cdot \sqrt{\ln(1 + V_0^2)}\right] \quad [-]$$

Waarin:

γ_s	= veiligheidsfactor	[-]
α_s	= invloedscoefficiënt voor de belasting, in dit geval 0,7	[-]
β	= betrouwbaarheidsindex, $\beta_{50\%} = 1,0$, $\beta_{95\%} = 1,65$ en $\beta_{99\%} = 2,32$	[-]
V_0	= variatiecoëfficiënt voor de bronsnelheid	[-]

De trillingsprognose voor zwaar verkeer vindt plaats met het door TNO ontwikkelde model Vibra Prediction met de mogelijkheid voor een drempel. In dit programma kan op basis van de volgende gegevens de invloed van verkeerspassages over drempels en wegoneffenheden worden bepaald:

- de trillingsbron (type voertuig, verkeersintensiteiten en snelheid).
Bepalend voor de dynamische belasting op het wegdek zijn de massa en rotatietraagheid van de bovenbouw van het voertuig, de massa, veer- en demperkarakteristieken van de assen. In het programma zijn een aantal typen voertuigen (meest voorkomend) geïmplementeerd.
- het medium (de ondergrond en de wegconstructie);
Het programma kent een 7-tal voor Nederland kenmerkende bodemprofielen;
- de bebouwing (categorie indeling, constructiewijze vloeren ed).
De opslingering van de trillingsintensiteit bij/binnen de woning is afhankelijk van onder andere de constructiewijze van de woning (houten / betonvloer), de overspanningen van de vloer, de wandconstructie en van de stijfheid van de woning

3.2. Trillingsbron

In dit stadium is informatie over het palenplan van de toekomstige bebouwing nog niet beschikbaar. Daarom is een inschatting gemaakt van de in te zetten hei- en trilblokken. Hierbij is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij uit is gegaan van een verwachte hei energie en slagkracht. Nadat een invulling van het geheide paaltype en paalpuntniveau (funderingsadvies), dienen deze hier gedane aannames geverifieerd te worden. Bij de hei- en trilwerkzaamheden wordt uitgegaan van een heiblok met een bruto hei-energie van 40, 60 en 140kNm, efficiëntie van 90% en heifrequentie van 15 Hz. Voor de trilblok is uitgegaan van een slagkracht van 700, 1300 en 2000kN, efficiëntie van 90% en een trilfrequentie van 40 Hz.

Voor het zwaar verkeer is uitgegaan van een drie-assig voertuig en een maximale rijsnelheid van 15 en 30 km/h.

3.3. Hei- en trilwerkzaamheden

3.3.1. Trillingsprognose bronsterkte

In [CUR 166-2] zijn voor 7 typen grondopbouw waarden gegeven voor u_0 , de referentie trillingsnelheid op 5 m vanaf de trillingsbron. Het bodemprofiel ter plaatse van de projectlocatie komt goed overeen met profiel Tiel.

Heien van palen

Voor het profiel Tiel zijn er geen bronwaarden beschikbaar. Daarom is gebruikt gemaakt van de parameters van het profiel Amsterdam. Voor dit profiel zijn de trillingen voor heien in verticale richting gegeven. Voor de verwachtingswaarde en variatiecoëfficiënt van de referentietrillingsnelheid (of bronsnelheid) worden waarden van respectievelijk $u_{0;verw} = 0,030$ mm/s en $V_0 = 0,6$ gegeven.

De bronsnelheid is afgeleid op basis van de ondergrond. De slagkracht van het heiblok heeft echter ook invloed op de trillingsintensiteit. Om dit effect in rekening te brengen wordt de bronsnelheid gecorrigeerd volgens onderstaande formule:

$$u_{0;corr} = u_0 \sqrt{\Psi \cdot E_{pot}} \quad [\text{mm/s}]$$

Waarin:

$u_{0;corr}$	= gecorrigeerde bronsnelheid	[mm/s]
u_0	= ongecorrigeerde bronsnelheid	[mm/s]
Ψ	= blokefficiency, 90% bij hydraulisch heiblok	[-]
E_{pot}	= energieniveau heiblok	[Nm]

Er wordt uitgegaan van een energieniveau van het heiblok van 40, 60 en 140 kNm. Dan bedraagt de gecorrigeerde bronsnelheid voor de verschillende overschrijdingskansen respectievelijk $u_{0;corr;verw} = 5,7; 7,0$ en $10,7$ mm/s en $u_{0;corr;99\%} = 14,0; 17,2$ en $26,3$ mm/s.

Intrillen van damwanden

Voor intrillen zijn trillingen in horizontale richting maatgevend. Voor de verwachtingswaarde en variatiecoëfficiënt van de referentietrillingsnelheid (of bronsnelheid) worden waarden van respectievelijk $u_{0;verw} = 1,6$ mm/s en $V_0 = 1,5$ gegeven.

De bronsnelheid is afgeleid op basis van de ondergrond. De slagkracht van het heiblok heeft echter ook invloed op de trillingsintensiteit. Om dit effect in rekening te brengen wordt de bronsnelheid gecorrigeerd volgens onderstaande formule:

$$u_{0;corr} = u_0 + 0,002(F - 350) \quad [\text{mm/s}]$$

Waarin:

$u_{0;corr}$	= gecorrigeerde bronsnelheid	[mm/s]
u_0	= ongecorrigeerde bronsnelheid	[mm/s]
F	= slagkracht	[kN]

Er wordt uitgegaan van een slagkracht van het trilblok van 700, 1300 en 2000 kN. Dan bedraagt de gecorrigeerde bronsnelheid voor de verschillende overschrijdingskansen respectievelijk $u_{0;corr;verw} = 2,2; 3,2$ en $4,5$ mm/s en $u_{0;corr;99\%} = 12,7; 19,0$ en $26,4$ mm/s.

3.3.2. Trillingsoverdracht door de ondergrond

Tijdens het heien of intrillen van de palen wordt de omringende grond in beweging gebracht. Hierdoor ontstaan trillingen. De trillingen planten zich als golven door de ondergrond voort. Naarmate de afstand tot de trillingsbron groter is zal het trillingsniveau over het algemeen, ten gevolge van geometrische demping (verspreiding van trillingen) en de materiaaldemping (inwendige wrijving in het medium), afnemen. Wanneer het effect van geometrische demping en materiaaldemping worden samengenomen kan met onderstaande relatie de amplitude van een trilling als functie van de afstand tot de bron bepaald worden:

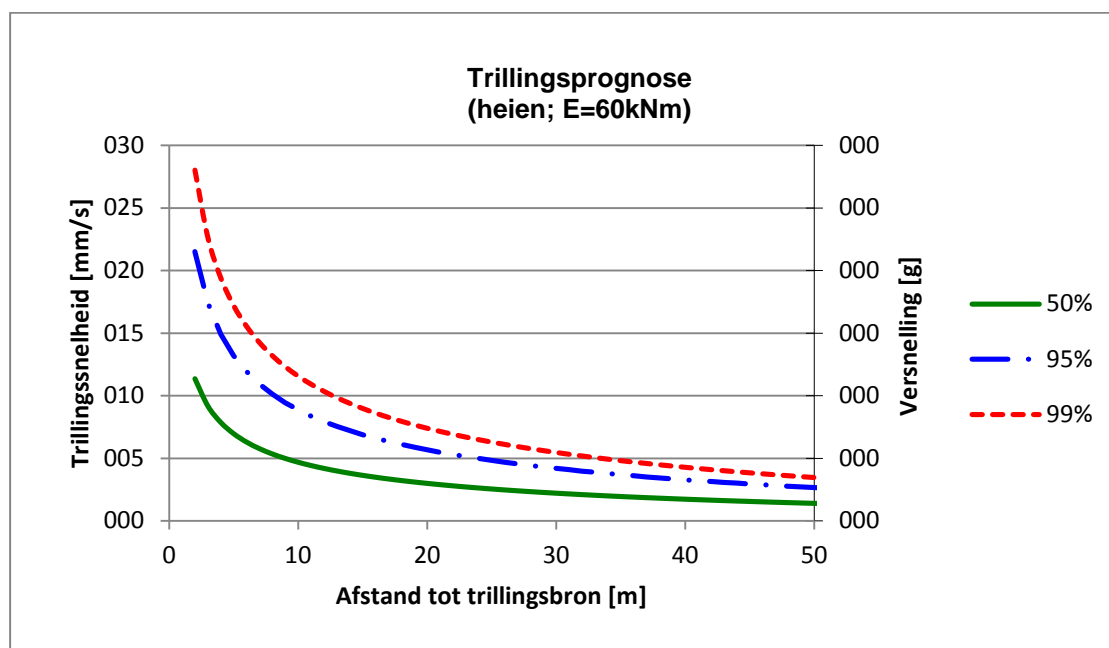
$$u_x = u_{0,corr} \cdot \sqrt{x/x_0} \cdot \exp[-\alpha(x - x_0)] \quad [\text{mm/s}]$$

Waarin:

$u_{0,corr}$	= gecorrigeerde bronsnelheid	[mm/s]
x	= afstand tot trillingsbron	[m]
x_0	= referentieafstand, gelijk aan 5 m	[m]
α	= dempingsfactor	[m ⁻¹]

Heien van palen

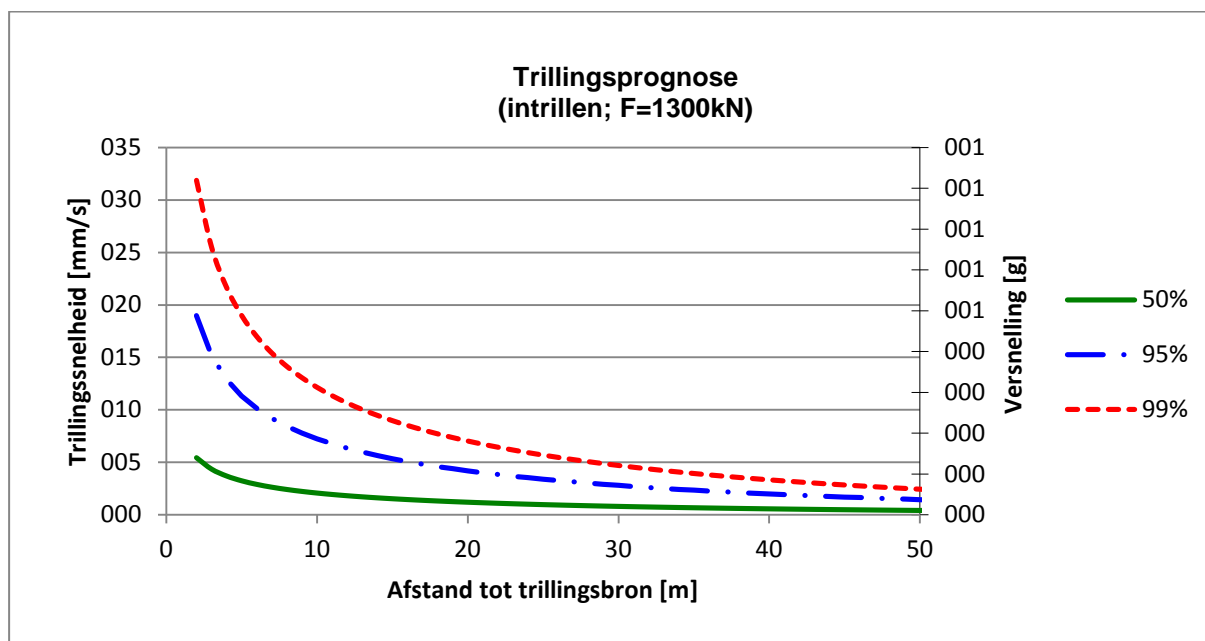
Voor de demping van trillingen ten gevolge van het heien van de palen in een zandige ondergrond wordt een dempingsfactor van $\alpha = 0,01$ gehanteerd. In figuur 3-1 is de resultaat van de trillingsprognose met hei-energie 60 kNm weergegeven. De resultaat van de overige trillingsbronnen zijn weergegeven in bijlage 3.



Figuur 3-1: Trillingsintensiteit versus afstand, hei-energie 60 kNm

Intrillen van damwanden

Voor de demping van trillingen ten gevolge van het intrillen van de palen in een zandige ondergrond kan een dempingsfactor van $\alpha = 0,02$ gehanteerd. In figuur 3-2 is de resultaat van de trillingsprognose met slagkracht 1300 kN weergegeven. De resultaat van de overige trillingsbronnen zijn weergegeven in bijlage 3.



Figuur 3-2: Trillingsintensiteit versus afstand, slagkracht 1300 kN

3.3.3. Verdichting losgepakte zandlagen

Indien er losgepakte zandlagen in de dijk aanwezig zijn, kunnen deze verdichten ten gevolge van de trillingen in de ondergrond. Indien verdichting optreedt heeft dit wateroverspanningen in de ondergrond tot gevolg. Als de trillingsversnelling lager is dan een bepaalde grenswaarde, dan treedt geen verdichting en wateroverspanningen meer op. Deze grenswaarde is afhankelijk van de relatieve dichtheid en wordt gegeven door [CUR 166_6]:

$$\eta_0 = \frac{\ln(1 - R_{e;0})}{-\alpha} \quad [-]$$

Waarin:

- η_0 = grenswaarde van de versnelling m.b.t. verdichting [g]
- $R_{e;0}$ = initiële relatieve dichtheid [-]
- α = empirische parameter, in dit geval 4 [-]

In bijlage 2 zijn voor de sonderingen de relatieve dichtheid afgeleid volgens de correlatie met de conusweerstand zoals deze bepaald is door Baldi [BALDI 1986]. Uit de bepaling van de relatieve dichtheid blijkt dat deze voor de aanwezige zandlagen tussen de 45 en 80% bedraagt. Vanwege de beperkte hoeveelheid beschikbaar onderzoek is in de analyse uitgegaan van een relatieve dichtheid van 50%. Hierbij is de grenswaarde van de versnelling met betrekking tot verdichting $\eta_0 = 0,017g$.

3.4. Zwaar bouwverkeer

De trillingen ten gevolge van zwaar bouwverkeer wordt uitgevoerd met het programma VP Drempel. Hierbij worden twee fasen (bouwfase en woonrijpfase) beschouwd. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Verkeerstype : drie-assig voertuig
- Snelheid : 15 km/h (bouwfase)
- 30 km/h (woonrijpfase)
- Bodemprofiel : Tiel

Drempel : hoogte= 0,1 m; oprit= 0,5 m; plateau = 1,0 m; afrit= 0,1 m. Er wordt dus rekening gehouden met een eventueel klein obstakel op de bouwweg

Wegfundering : 0,25 m. De dikte is nog onbekend, daarom is een conservatieve waarde gehanteerd. Deze aanname dient nog wel geverifieerd te worden.

Wegvlakheid : slecht - oneffenheden in het wegdek

Afstand : 5,0 m

De resultaten van de trillingsprognose zijn weergegeven in tabel 3-1.

Tabel 3-1: Resultaat trillingsprognose bouwverkeer

		Bouwfase	Woonrijpfase
Verkeersnelheid	[km/h]	15,0	30,0
Afstand tot belending	[m]	5,0	5,0
Dominante frequente	[Hz]	10,0	8,0
Trillingen verticale richting	[mm/s]	2,3	3,5
Trillingen horizontale richting	[mm/s]	3,2	5,3
Fundering zetting	[mm/s]	2,3	3,5
Horizontale versnelling	[m/s ²]	0,14	0,18

4. BEOORDELING TALUDHELLING

4.1. Mechanisme beschrijving

Onder een taludafschuiving, ofwel verlies aan macrostabiliteit van een talud, wordt het evenwichtsverlies van een grondmassa onder een helling verstaan. In dit geval wordt ook de invloed van horizontale versnellingen meegenomen.

4.2. Berekeningsmethode

Omdat sprake is van een lange taludhelling is gebruik gemaakt van een analytische berekening van het evenwicht voor een oneindig lange taludhelling. De veiligheidsfactor voor een oneindig lange taludhelling onder invloed van een horizontale versnelling en water(over)spanning kan worden berekend volgens [LIND 1994]:

$$F.S. = \frac{\cos(\alpha) - a/g \cdot \sin(\alpha) - p/100}{\sin(\alpha) + a/g \cdot \cos(\alpha)} \cdot \tan(\varphi') \quad [-]$$

Waarin:

α	= taludhelling	[°]
p	= water(over)spanningsratio ($\Delta p/\sigma'_v$)	[%]
φ'	= effectieve hoek van inwendige wrijving	[°]
a	= horizontale grondversnelling	[m/s ²]
g	= gravitatie versnelling, $g = 9,81$	[m/s ²]

4.3. Toelaatbare versnellingen en wateroverspanning

Voor het bepalen van de toelaatbare wateroverspanningen en versnelling wordt een afname van de stabiliteit van ca. 5% acceptabel geacht, aangezien dit in dezelfde orde als de berekeningsnauwkeurigheid van de modellen ligt. Daarnaast zijn er nog conservatieve aannemen in de berekening aanwezig.

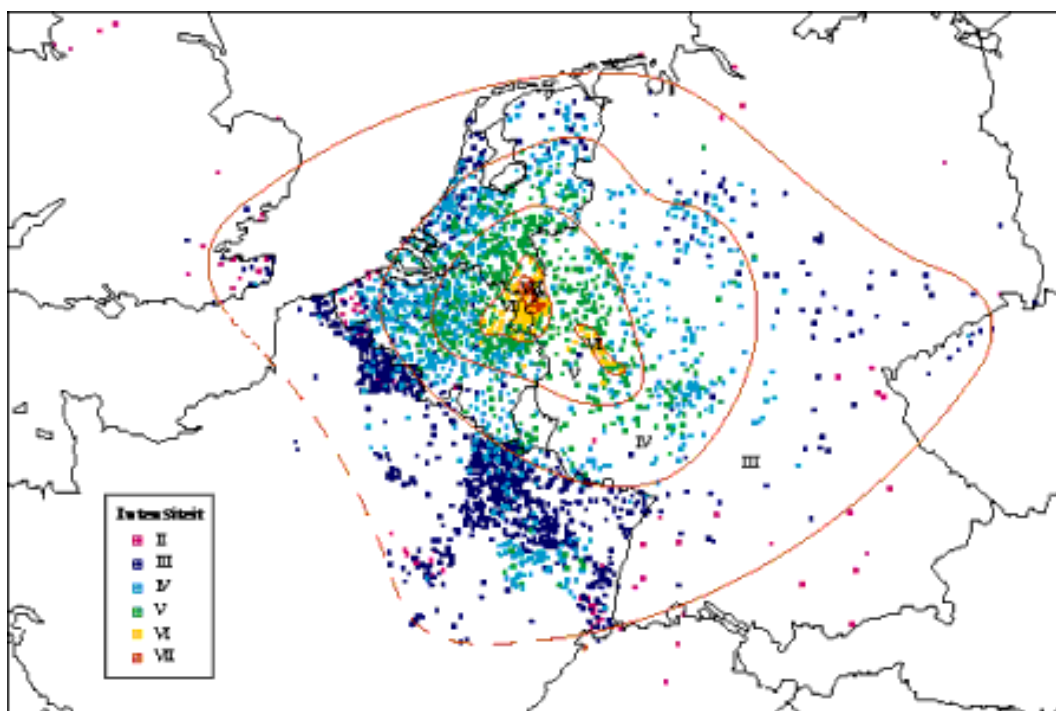
Uit berekeningen blijkt dat taludstabiliteit gevoelig is voor wateroverspanning. Bij een taludhelling van 1v:1h à 1v:2h, een hoek van inwendige wrijving van 30 graden en een relatief lage waarde voor de wateroverspanningsratio (quotiënt van de wateroverspanning en de initiële effectieve verticale spanning) van 10%, neemt de stabiliteitsfactor af met circa 15%. Voor de berekeningen wordt verwezen naar bijlage 4. Dit wordt niet acceptabel geacht, aangezien de huidige stabiliteit niet aan de eisen voldoet. Derhalve wordt het ontstaan van wateroverspanningen nabij de oever ten gevolge van trillingen onacceptabel geacht. Voor het beoordelen van het ontstaan van wateroverspanningen wordt getoetst aan een versnelling van 1,7 m/s², zie paragraaf 3.3.3 waarin de grenswaarde voor de versnelling waarbij geen verdichting/wateroverspanning meer optreedt, is bepaald.

Wanneer er geen wateroverspanning optreedt, neemt bij de eerder genoemde uitgangspunten bij een versnelling van 0,25 m/s² de stabiliteit af met ca. 5%. Derhalve wordt een versnelling van 0,25 m/s² acceptabel geacht. Hierbij wordt uitgegaan van een acceptabele kans op schade van 1%, welke over het algemeen als acceptabel wordt gezien [CUR 166_2].

Merk op dat dit criterium strenger is dan de eis ten aanzien van de toelaatbare versnelling ten aanzien van verdichting. Derhalve wordt de risicocontour bepaald op basis van een toelaatbare versnelling van 0,25 m/s².

In 1992 is zuidwest Nederland getroffen door een aardbeving in Roermond met een kracht van 5,8 op de schaal van Richter. Opgemerkt wordt dat deze versnelling ongeveer overeen

komt met de piekversnelling van de opgetreden aardbeving in 1992 in Roermond. In figuur 4-1 is de intensiteit van de aardbeving weergegeven. De projectlocatie ligt ongeveer op de grens van intensiteitsklasse IV en V. De geschatte piekversnelling ten tijde van de aardbeving is circa 0,025 g à 0,05 g. Deze aardbeving is de zwaarste aardbeving die de huidige taluds van de Veense Put hebben ondergaan. Aangezien niet bekend is of er sinds die tijd wijzigingen in de taludhellingen zijn opgetreden is een bewezen sterkte analyse niet sluitend. Daarnaast verschilt het trillingssignaal ten gevolge van een aardbeving van het trillingssignaal bij heien en trillen. De vergelijking geeft echter wel een indicatie voor de toelaatbare versnelling ten gevolge van trillingen.



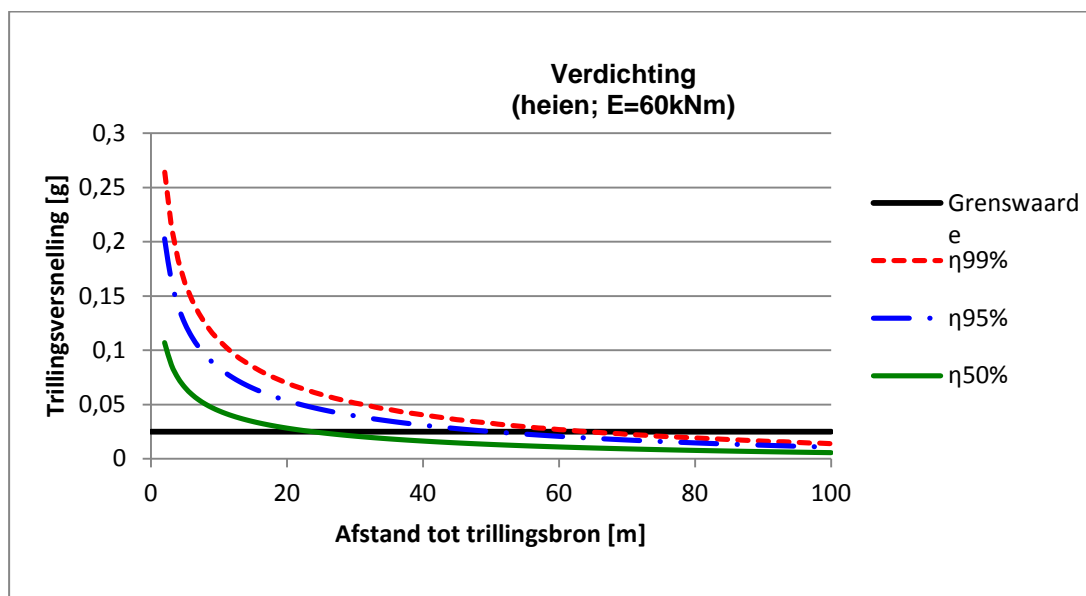
Figuur 4-1: intensiteitskaart aardbeving Roermond 1992,
bron:(http://www.knmi.nl/cms/content/27523/aardbeving_bij_roermond_13_april_1992)

4.4. Risicocontour bouwverkeer

De resultaten van de trillingsprognose voor bouwverkeer zijn weergegeven in tabel 3-1. De risicocontour ten aanzien van versnellingen wordt bepaald door het beoordelen op een versnelling van 0,25 m/s². De versnellingen van de twee fases op een afstand van 5 m bedragen 0,14 en 0,18 /s² en zijn dus lager dan de toelaatbare versnelling van 0,25 m/s². Hierbij voldoet de aangehouden afstand aan de eis. Derhalve wordt voor de risicocontour voor zwaar verkeer een afstand van 5 m gehanteerd.

4.5. Risicocontour heiwerkzaamheden

In figuur 4-2 is de grenswaarde van 0,025g voor de versnelling weergegeven. Tevens zijn in deze figuur de resultaten van de trillingsprognose voor 3 verschillende onderschrijdingskansen weergegeven. De resultaat van een hei energie van 40 en 140 kNm zijn weergegeven in bijlage 3.

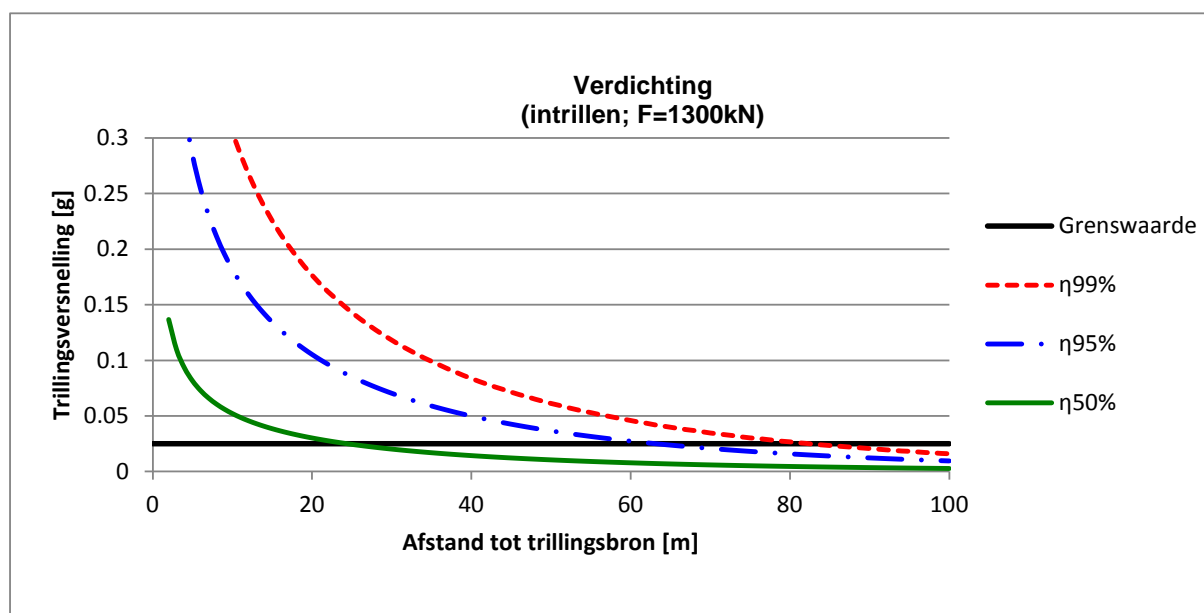


Figuur 4-2: Trillingsprognose in relatie tot grenswaarde van 0,025g, hei-energie 60kNm

Voor de trillingsbronnen met de hei-energie van 40, 60 en 140kNm blijkt dat tot een afstand respectievelijk van circa 55, 65 en 90m dient te zijn om aan de eis te voldoen. Verwacht mag worden dat buiten deze afstand het risico op instabiliteit van het talud aanvaardbaar klein is.

4.6. Risicocontour trilwerkzaamheden

In figuur 4-3 is de grenswaarde van 0,025g voor de versnelling weergegeven. Tevens zijn in deze figuur de resultaten van de trillingsprognose voor 3 verschillende onderschrijdingskansen weergegeven. De resultaat van een slagkracht van 700 en 2000 kN zijn weergegeven in bijlage 3.



Figuur 4-3: Trillingsprognose in relatie tot grenswaarde van 0,025g, slagkracht 1300kN

Voor de trillingsbronnen met de slagkracht van 700, 1300 en 2000 kN blijkt dat tot een afstand respectievelijk van circa 65, 85 en 95 m dient te zijn om aan de eis te voldoen. Verwacht mag worden dat buiten deze afstand het risico op instabiliteit van het talud aanvaardbaar klein is.

5. CONCLUSIES

Uit eerder onderzoek blijkt dat de stabiliteit van de oevers van de Veense Put onvoldoende is. Omdat voor het project Waterfront de Veene hei- en trilwerkzaamheden en zwaar bouwverkeer voorzien zijn, kan dit mogelijk een nadelig invloed op de stabiliteit van de oevers van de Veense Put hebben. Voor deze trillingsbronnen is een trillingsprognose uitgevoerd. Omdat in dit stadium de in te zetten hei- en trilblokken nog niet bekend zijn, zijn hier aannames voor gedaan. Deze aannames dienen voorafgaand aan de werkzaamheden te worden geverifieerd.

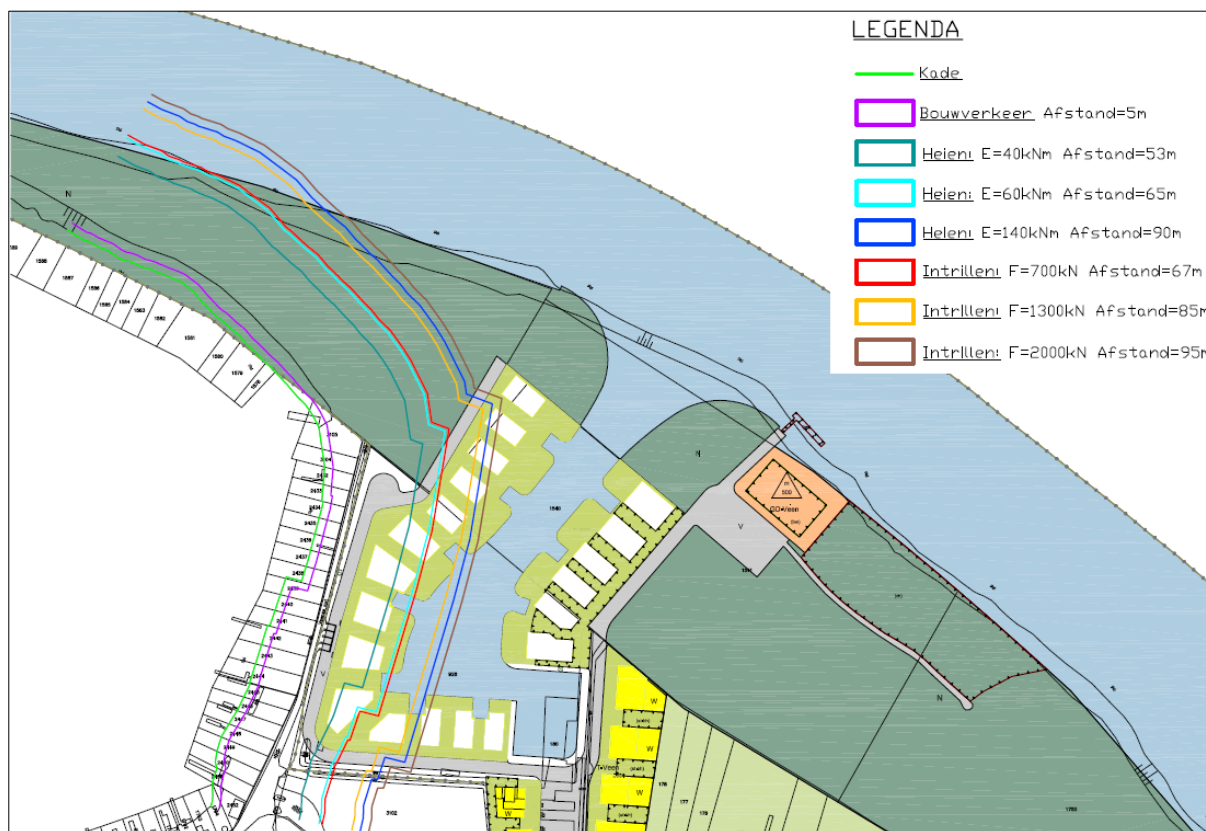
De oevers van de Veense Put zijn beoordeeld op de invloed van wateroverspanning en versnellingen veroorzaakt door bouwactiviteiten. Voor het bepalen van de toelaatbare wateroverspanningen en versnelling wordt een afname van de stabiliteit van ca. 5% acceptabel geacht, aangezien dit in dezelfde orde als de berekeningsnauwkeurigheid van de modellen ligt. Uit de analyses blijkt dat het optreden van wateroverspanning niet acceptabel is. Voor de toelaatbare versnelling is een waarde van maximaal 0,025g gehanteerd.

Uit de analyses blijkt dat toetsen op de versnelling van 0,025g maatgevend is ten opzichte van de zonering ten opzichte van de eis ten aanzien van wateroverspanningen. De minimaal te hanteren afstand tot de oeverlijn voor de betreffende trillingsbronnen zijn weergegeven in tabel 5-1.

Tabel 5-1: Resultaat contourlijnen ten gevolge van de trillingsbron

Trillingsbron	Minimaal te hanteren afstand tot de oeverlijn [m]
Bouwverkeer	5
Heiblok - 40kNm	55
Heiblok - 60kNm	65
Heiblok - 140kNm	90
Trilblok - 700kN	65
Trilblok - 1300kN	85
Trilblok - 2000kN	95

In figuur 5-1 en bijlage 5 is de zonering van de trillingsbron weergegeven ten opzichte van de oeverlijn. Wanneer de trillingsbron buiten de betreffende zonering blijft, mag verwacht worden dat de invloed op de stabiliteit van de oever voldoende klein.



Figuur 5-1: Zonering van de trillingsbron, afstand ten opzicht van de oeverlijn

Het resultaat van de trillingsrisicoanalyse geeft inzicht in de mate van risico waarin de toetsingscriteria worden overschreden. Hoe met dit risico om moet worden gegaan is ter keuze aan de opdrachtgever. Zoals aangegeven zijn bij de trillingsprognose de nodige aannamen gedaan. Door de bouwactiviteiten te monitoren en beheersmaatregelen achter de hand te houden kan wellicht tot een optimalisatie van de risicocontouren worden gekomen. Geadviseerd wordt een monitoringsplan met beheersmaatregelen nader uit te werken.

Indien binnen de risico contouren trillingsarme/vrije systemen toegepast worden is het niet strikt noodzakelijk om te monitoren.

6. LITERATUUR

- [BALDI 1986] Baldi et al., Interpretation of CPT's an CPTU's, Proceedings of the Fourth International Geotechnical Seminar Field Instrumentation and In-Situ Measurement, 143-156, Singapore, 1986
- [CUR 166_2] CUR-publicatie 166 (2e druk), Damwandconstructies, stichting CURNET, Gouda, november 1994.
- [CUR 166_6] CUR-publicatie 166 (6e druk), Damwandconstructies, stichting CURNET, Gouda, november 2012
- [HR 2006] Hydraulische Randvoorwaarden 2006 voor het toetsen van primaire waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007
- [HRC 2006] Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen categorie c voor de derde toetsronde 2006-2011, 2009
- [LIND 1994] J. Lindenberg, E.O.F. Calle, A.C.W.M. Vrouwenvelder, Safety of dikes and embankments in the Netherlands with special reference to earthquakes, Geologie en Mijnbouw 73: 375-379, 1994

BIJLAGE 1

GRONDONDERZOEK

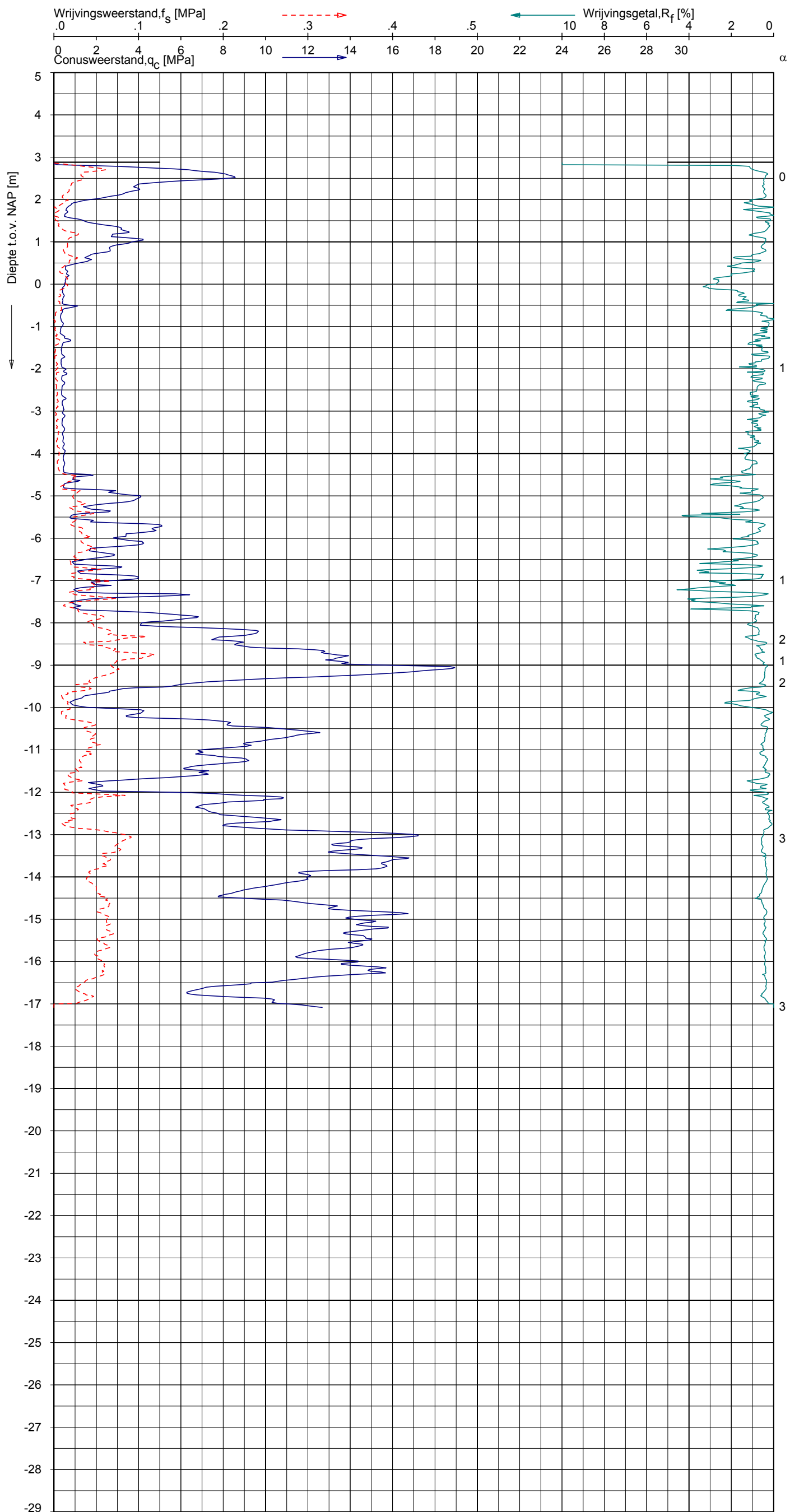
Fugro project Nr.: 1213-0018-001

GRONDONDERZOEK

Trillingsrisicoanalyse Waterfront te Aalburg

Opdr. : 1213-0018-001

Bijl. : 1-1

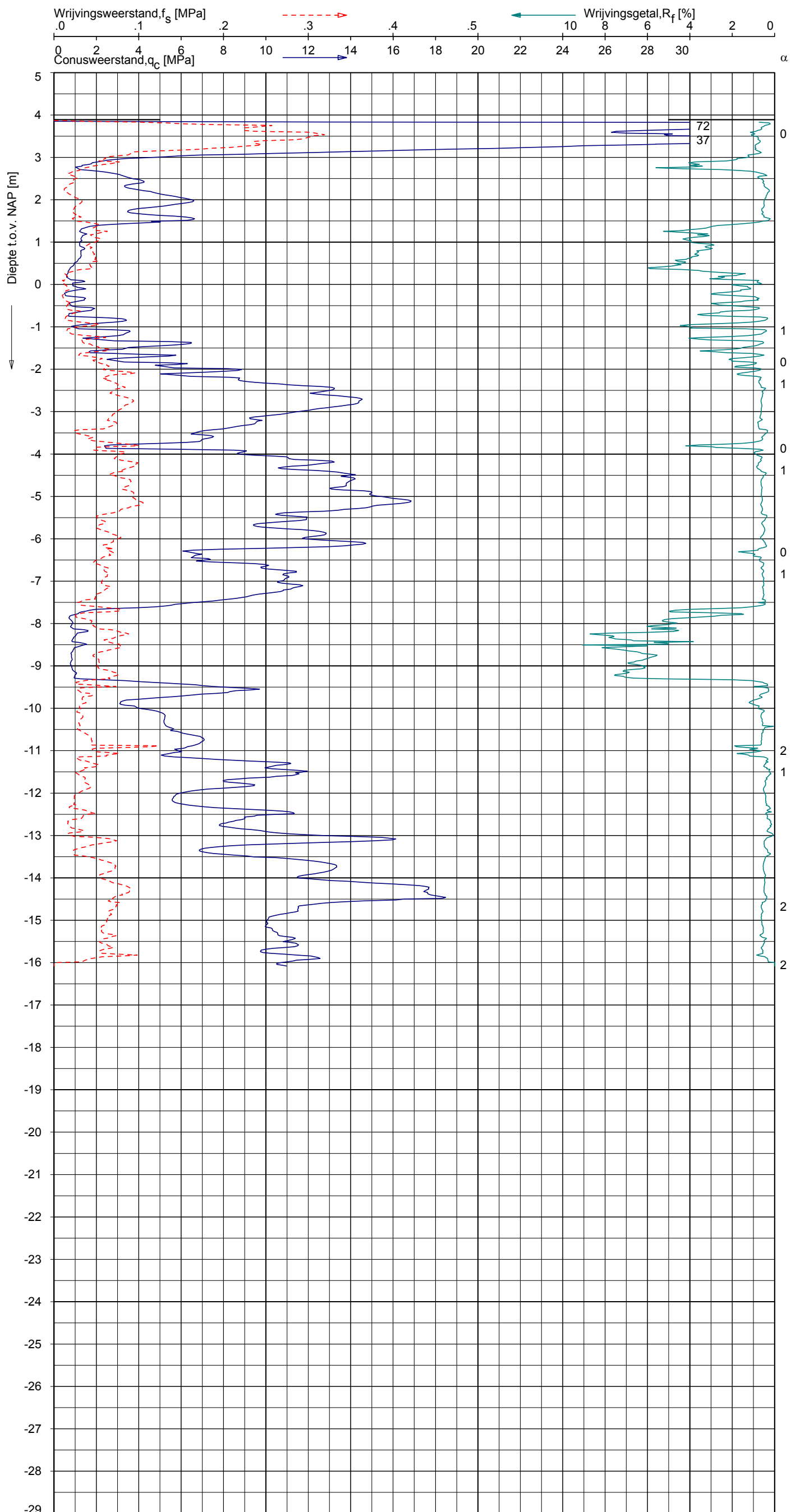


Opg. : d.d. 01-Jul-2010 conus : ELEK/080111 X =
 Get. : NGY d.d. 08-mrt-2013 MV = NAP + 2.88 m Y =

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

Stabiliteitsbepaling Maasdijk & Veenseput te Veen

Opdr. 02P000001
 Sond. 10

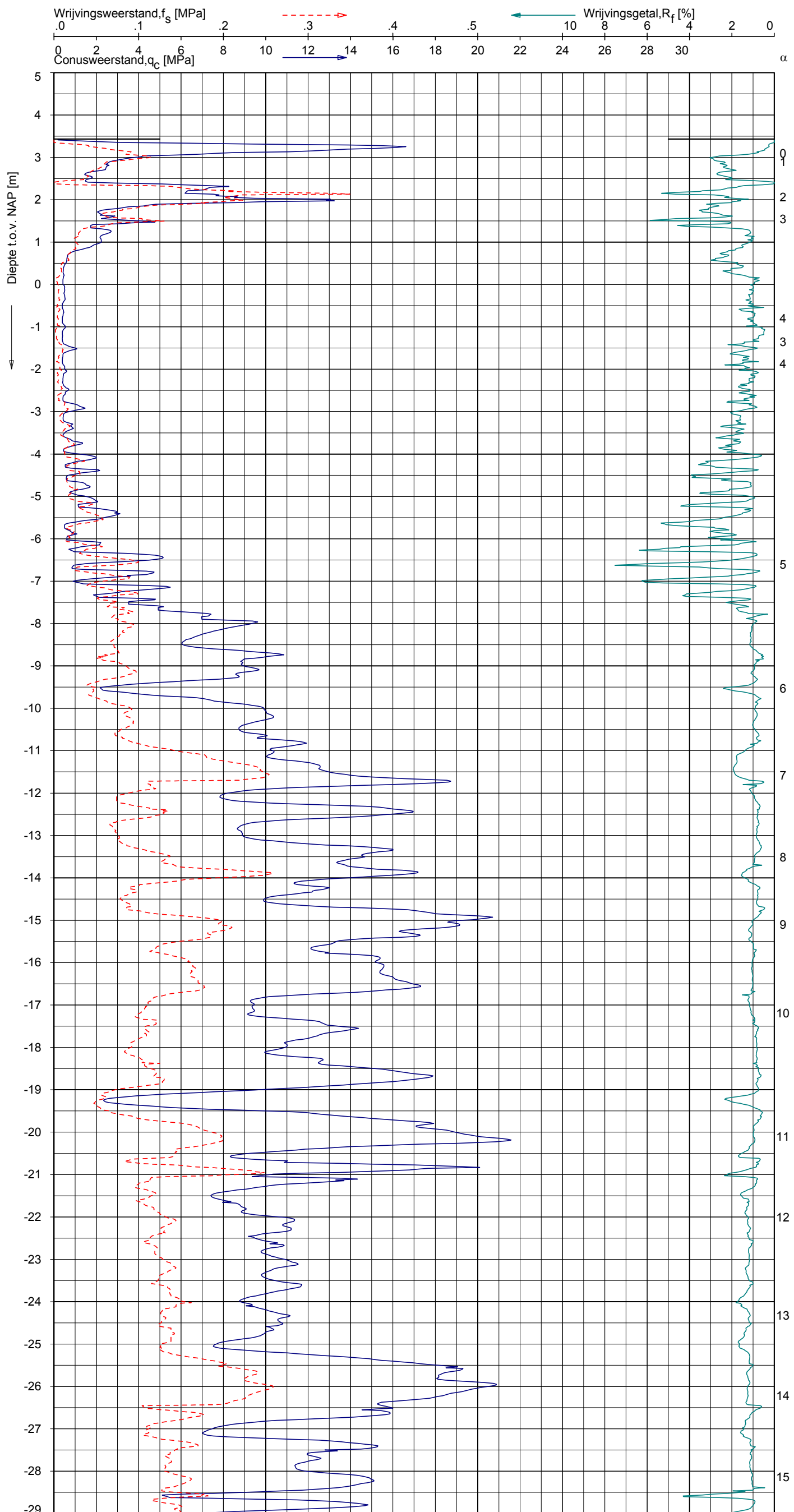


Opg. : d.d. 01-Jul-2010 conus : ELEK/080111 X =
 Get. : NGY d.d. 08-mrt-2013 MV = NAP + 3.89 m Y =

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

Stabiliteitsbepaling Maasdijk & Veenseput te Veen

Opdr. 02P000001
 Sond. 9

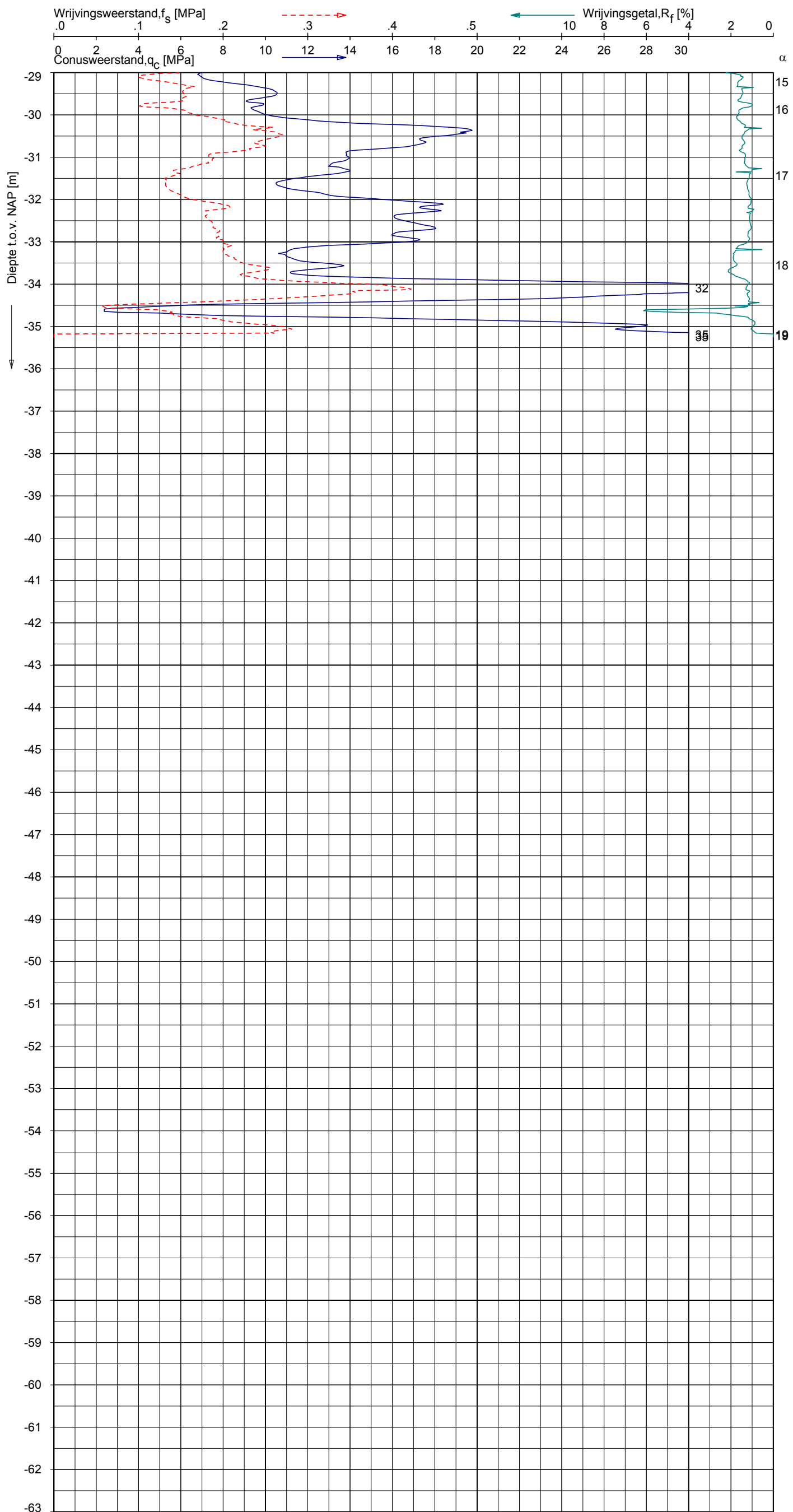


Opg. : d.d. 30-Jun-2010 conus : ELEK/091036 X =
 Get. : NGY d.d. 08-mrt-2013 MV = NAP + 3.43 m Y =

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

Stabiliteitsbepaling Maasdijk & Veenseput te Veen

Opdr. 02P000001
 Sond. 1

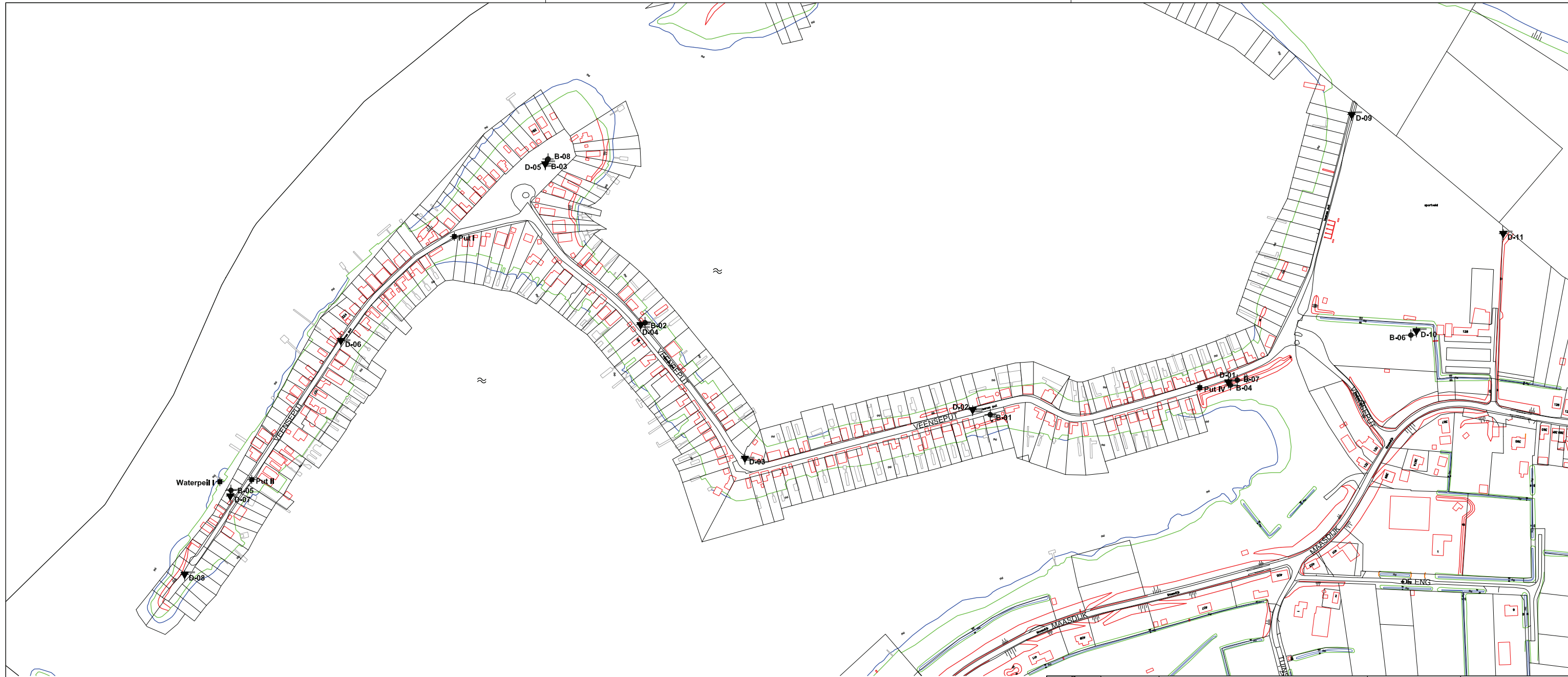


Opg. : d.d. 30-Jun-2010 conus : ELEK/091036 X =
 Get. : NGY d.d. 08-mrt-2013 MV = NAP + 3.43 m Y =

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

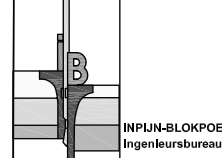
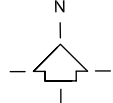
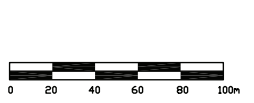
Stabiliteitsbepaling Maasdijk & Veenseput te Veen

Opdr. 02P000001
 Sond. 1



Bron:	E-mail digitale tekening
Bureau + vestigingsplaats:	
Tekening- / bladnummer:	
Datum laatste bewerking:	

Deze situatietekening dient om inzicht te geven in de locatie van de meet- en onderzoekspunten. De tekening dient niet voor andere doeleinden te worden gebruikt.



Oprichtomschrijving / locatie:
Stabiliteitsbepaling Maasdijk & Veenseput te Veen

Omschrijving tekening:
Situatietekening

Oprichtnummer:	VH-6220	Bijlage:	SIT-01
Bewerkt:	JBS	Datum:	21-07-2010
X, Y:		Schaal:	1 : 2500
		Formaat:	A3L

M:\Opdrachten\VIH\VIH-Veld\Tekening\VIH-6220-001-JBS

BIJLAGE 2

RELATIEVE DICHTHEID

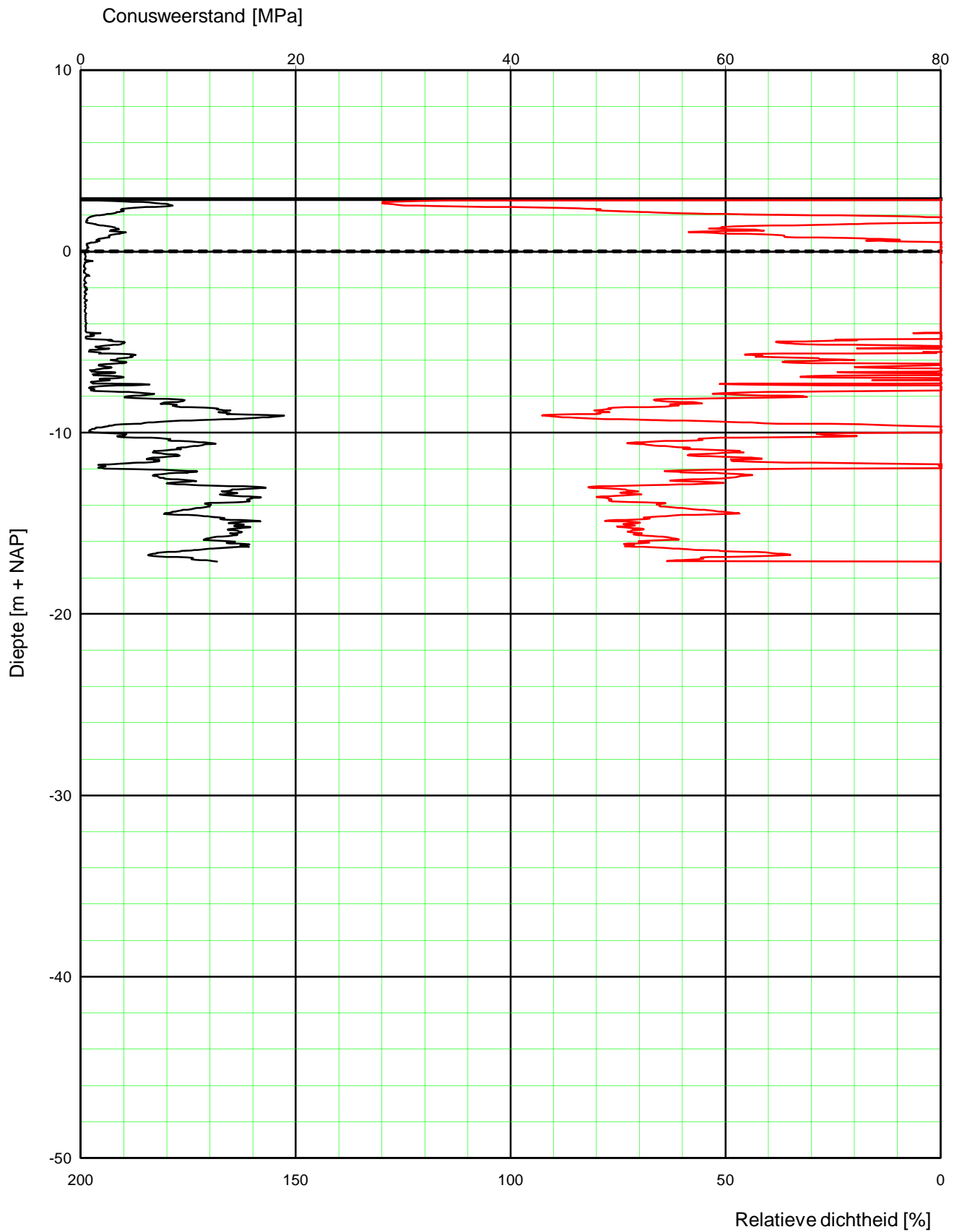
Fugro project Nr.: 1213-0018-001

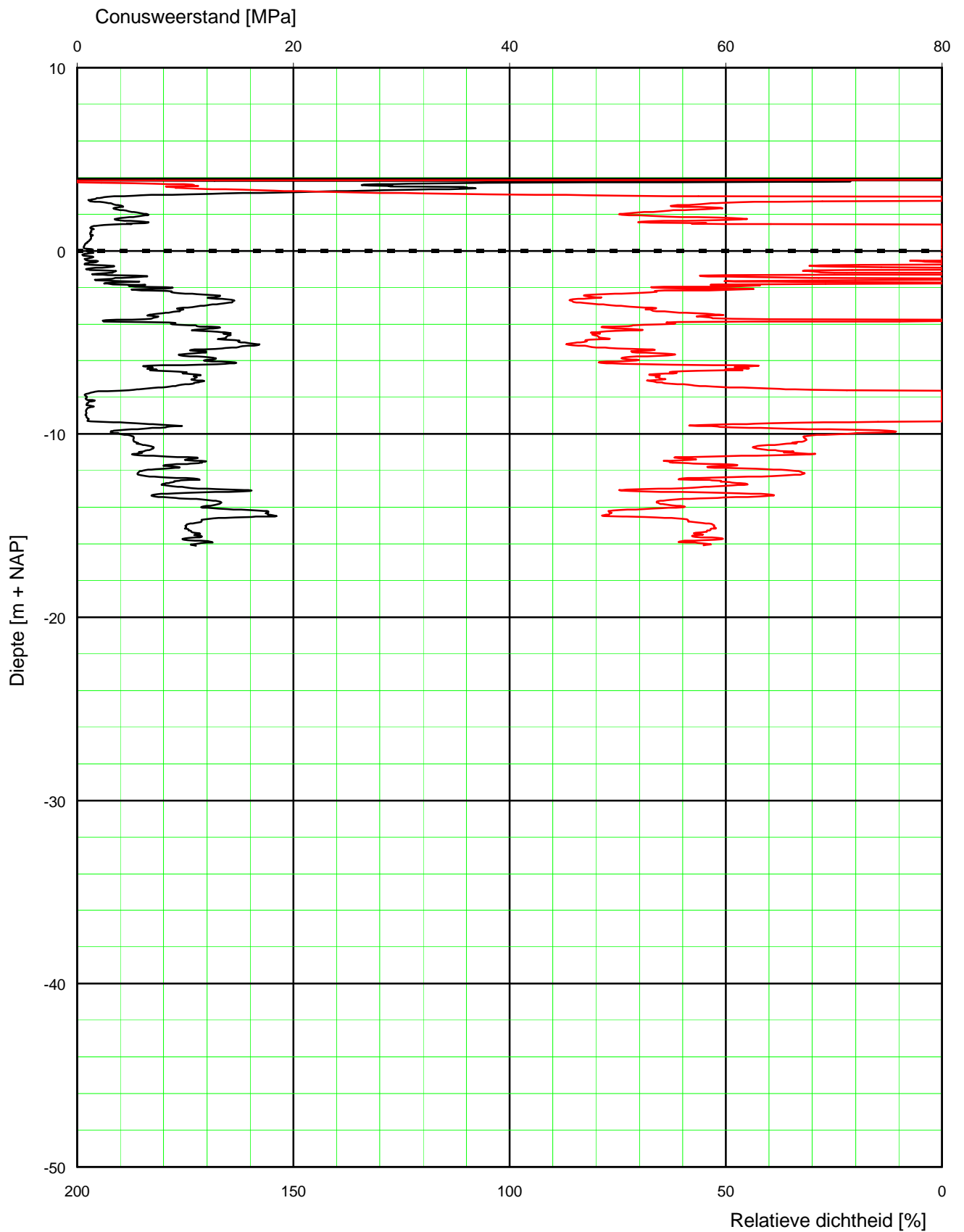
RELATIEVE DICHTHEID

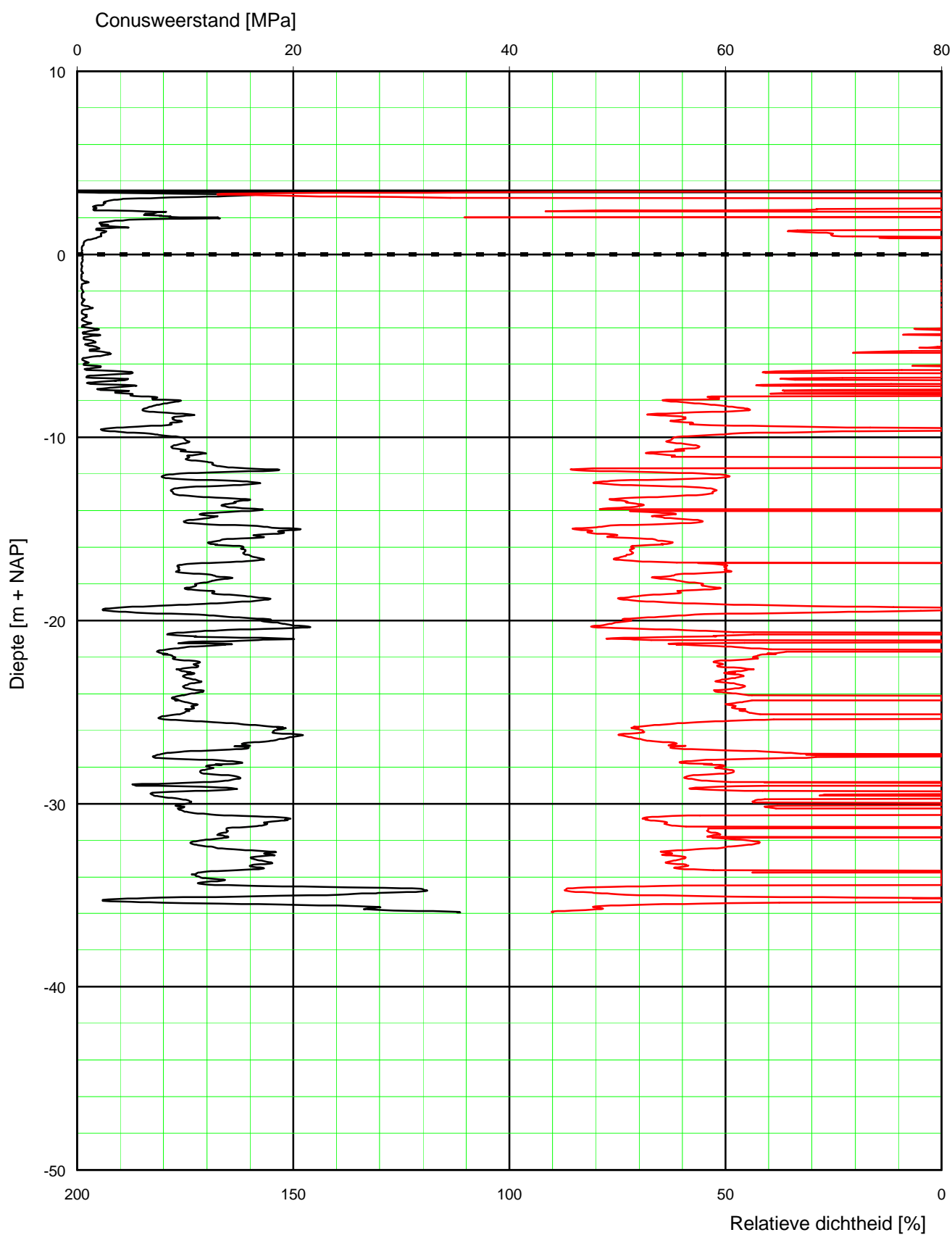
Trillingsrisicoanalyse Waterfront te Aalborg

Opdr. : 1213-0018-001

Bijl. : 2-1







RELATIEVE DICHTHEID ZAND (LUNNE 1997)
DKM-01
VEENSE PLASSEN

BIJLAGE 3

TRILLINGSPROGNOSE

Fugro project Nr.: 1213-0018-001

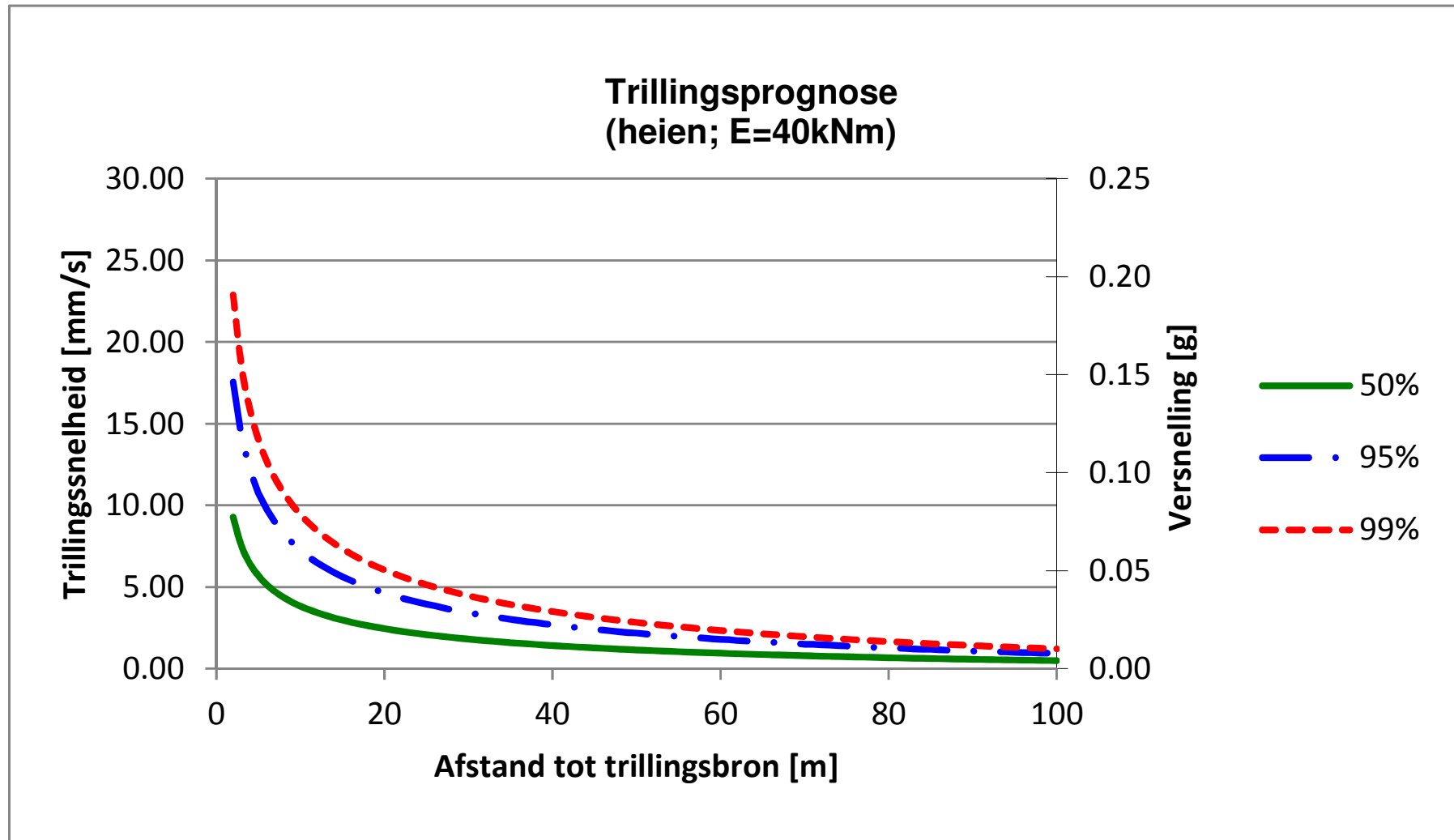
TRILLINGSPROGNOSE

Trillingsrisicoanalyse Waterfront te Aalborg

Opdr. : 1213-0018-001

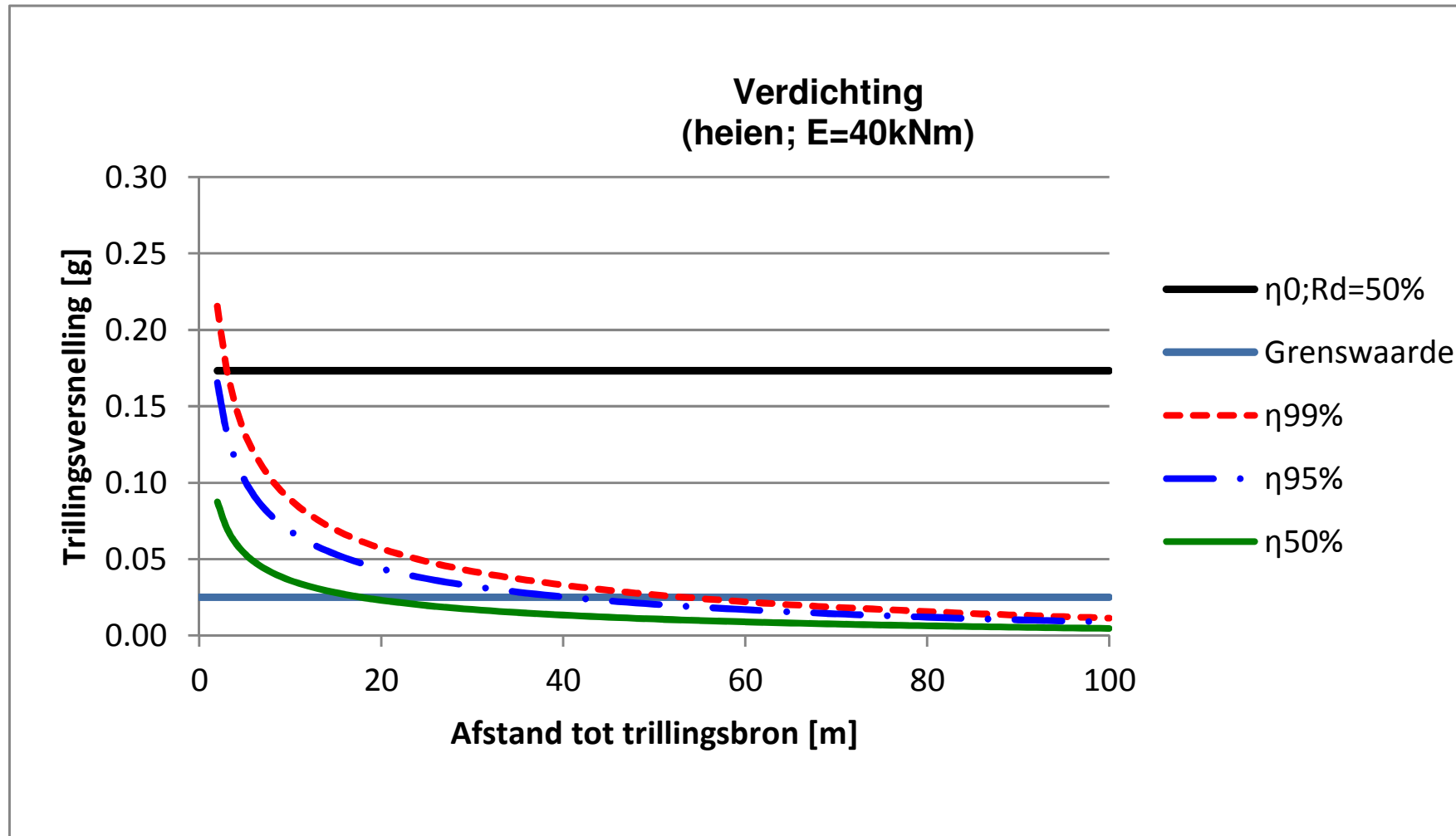
Bijl. : 3-1

Heiblok, heienergie 40kNm: Trillingsprognose



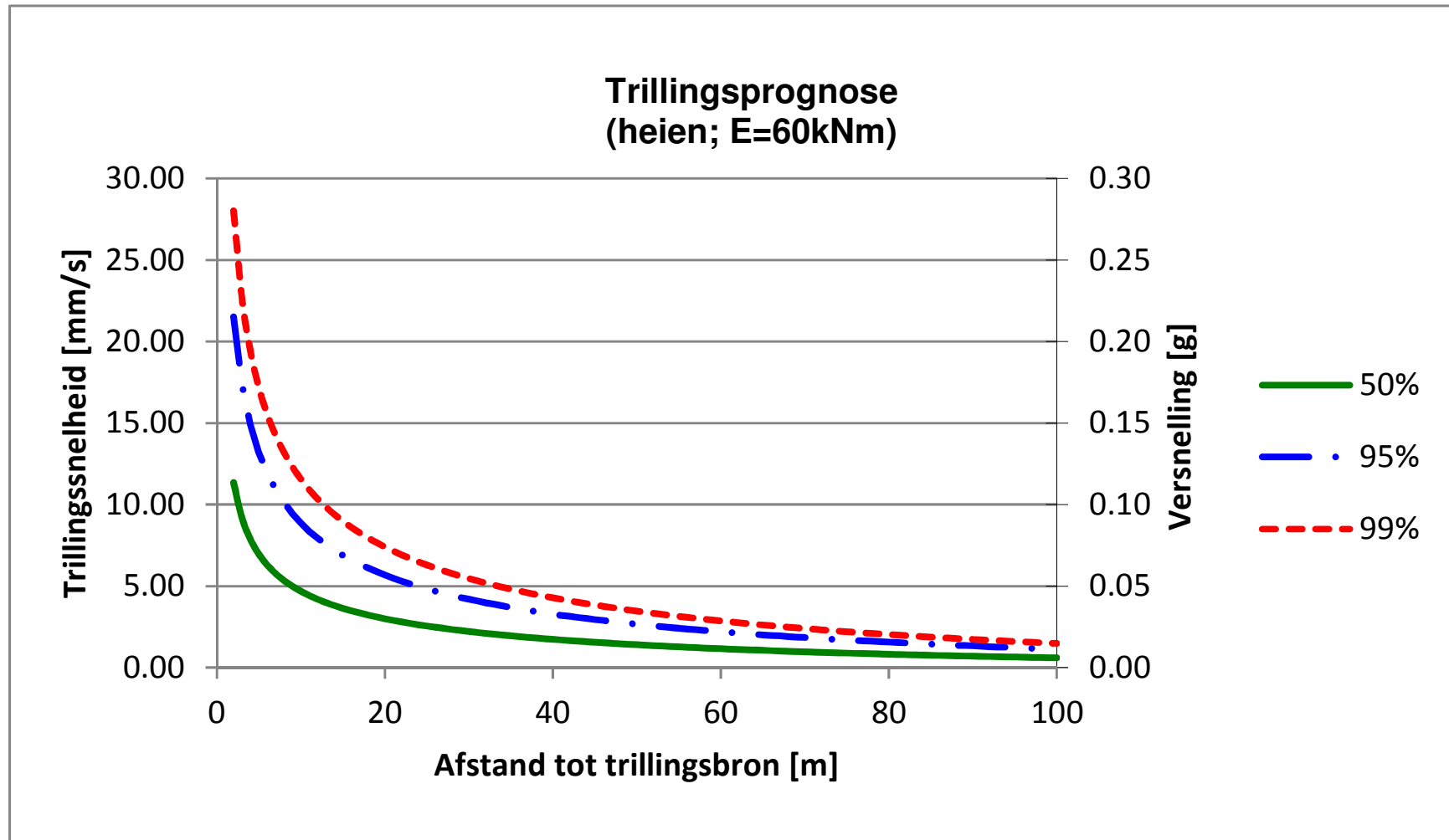
TRILLINGSPROGNOSE

Heiblok, heienergie 40kNm: Verdichting



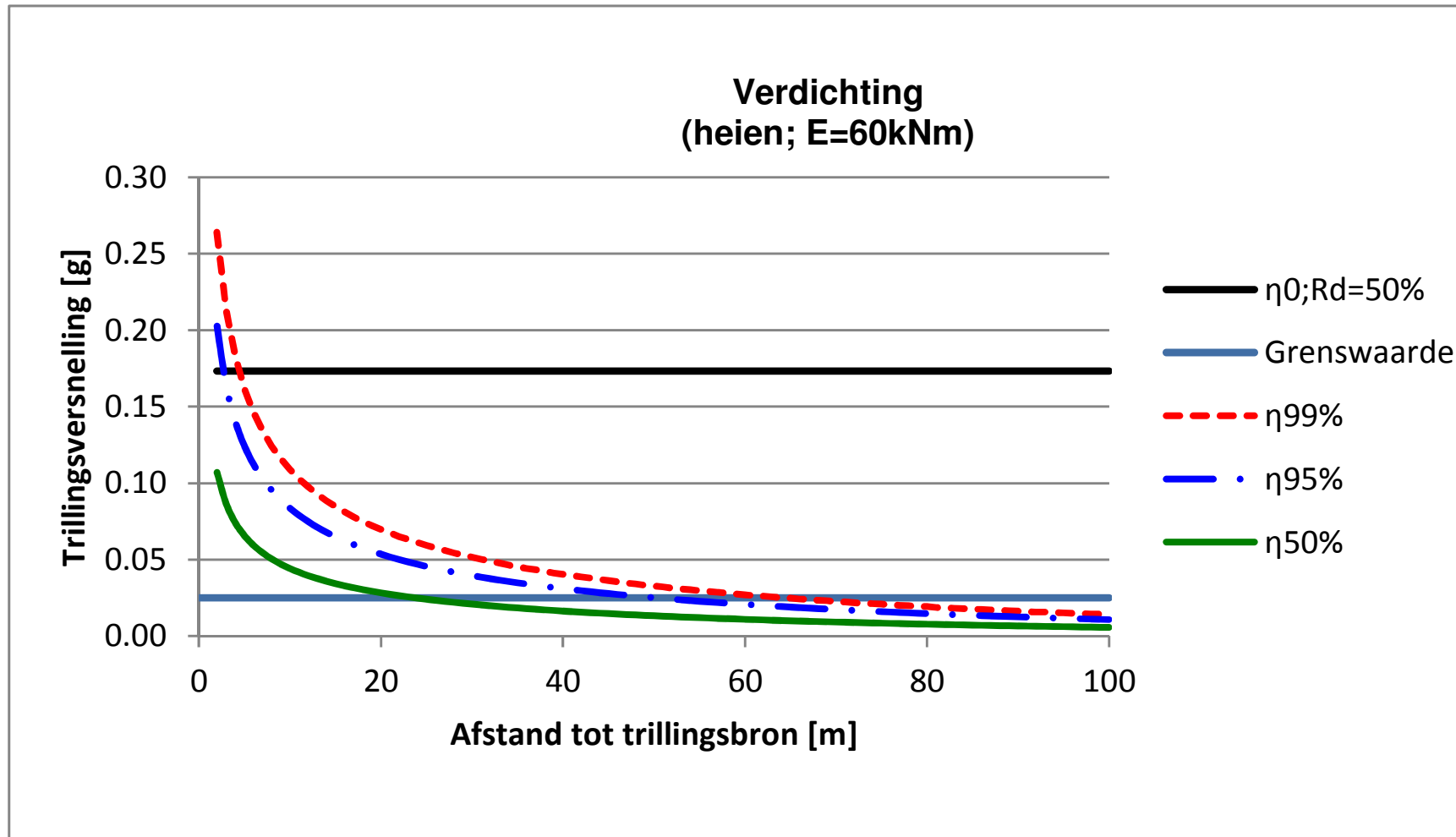
TRILLINGSPROGNOSE

Heiblok, heienergie 60kNm: Trillingsprognose



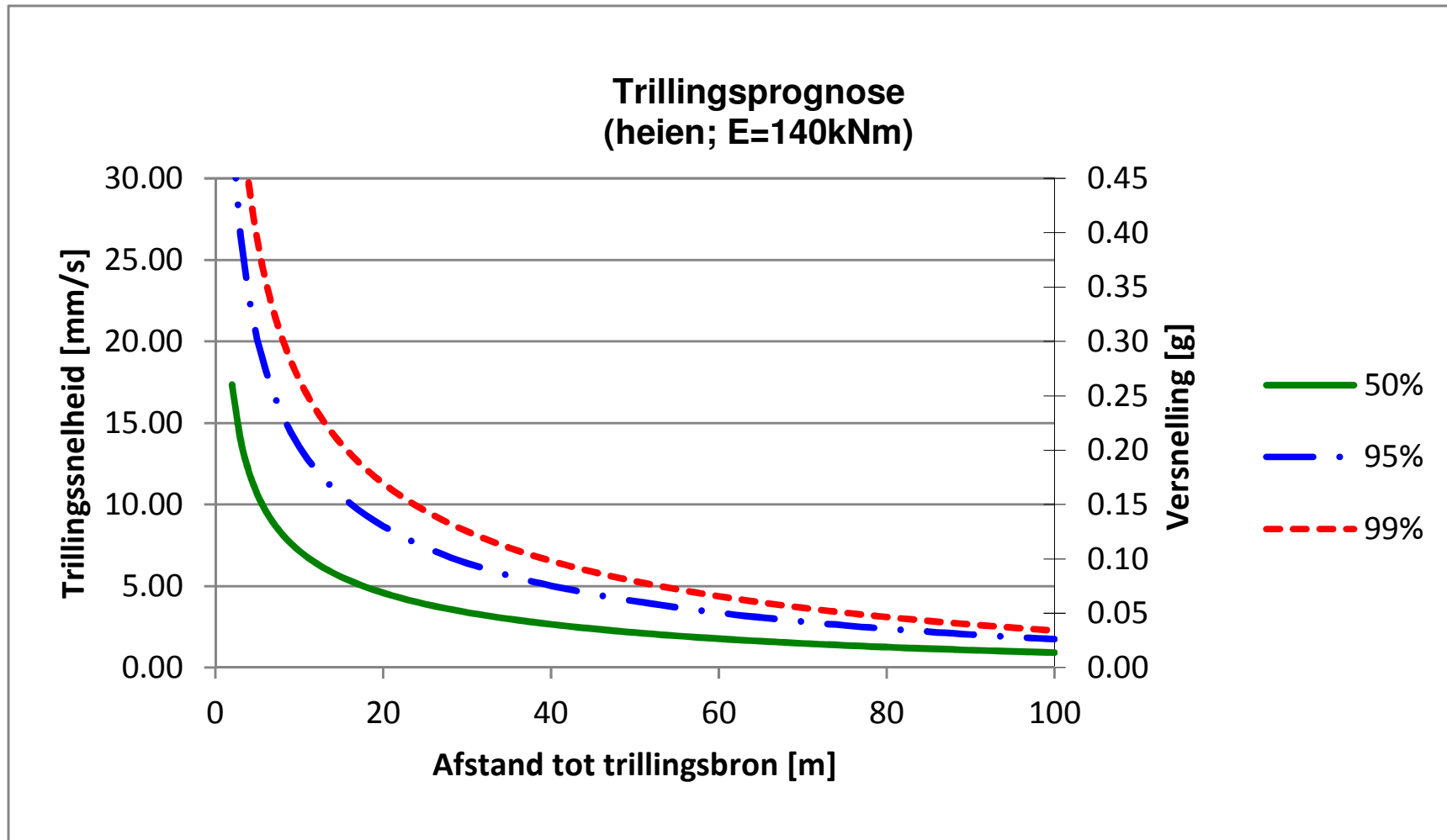
TRILLINGSPROGNOSE

Heiblok, heienergie 60kNm: Verdichting



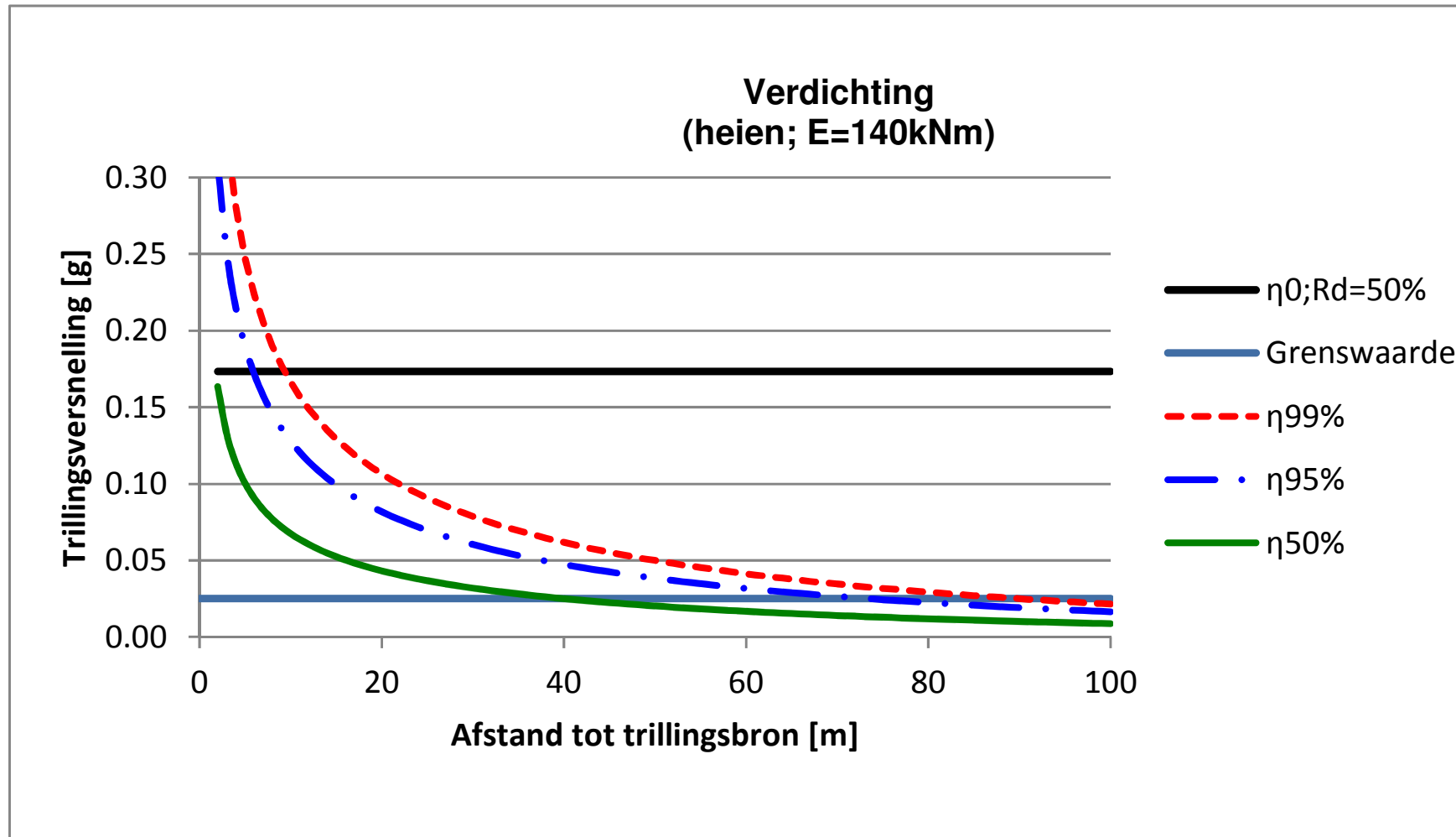
TRILLINGSPROGNOSE

Heiblok, heienergie 140kNm: Trillingsprognose



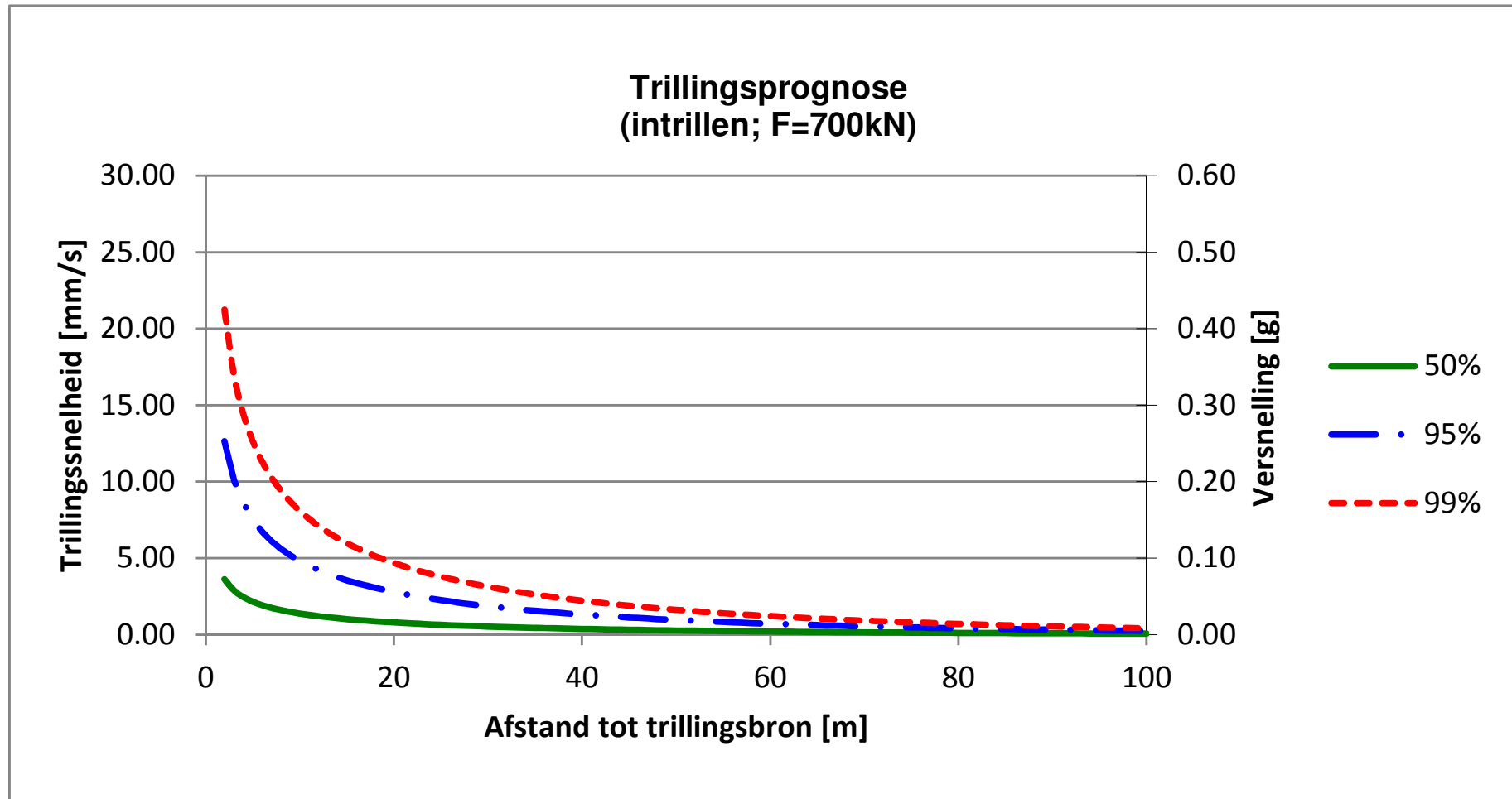
TRILLINGSPROGNOSE

Heiblok, heienergie 140kNm: Verdichting



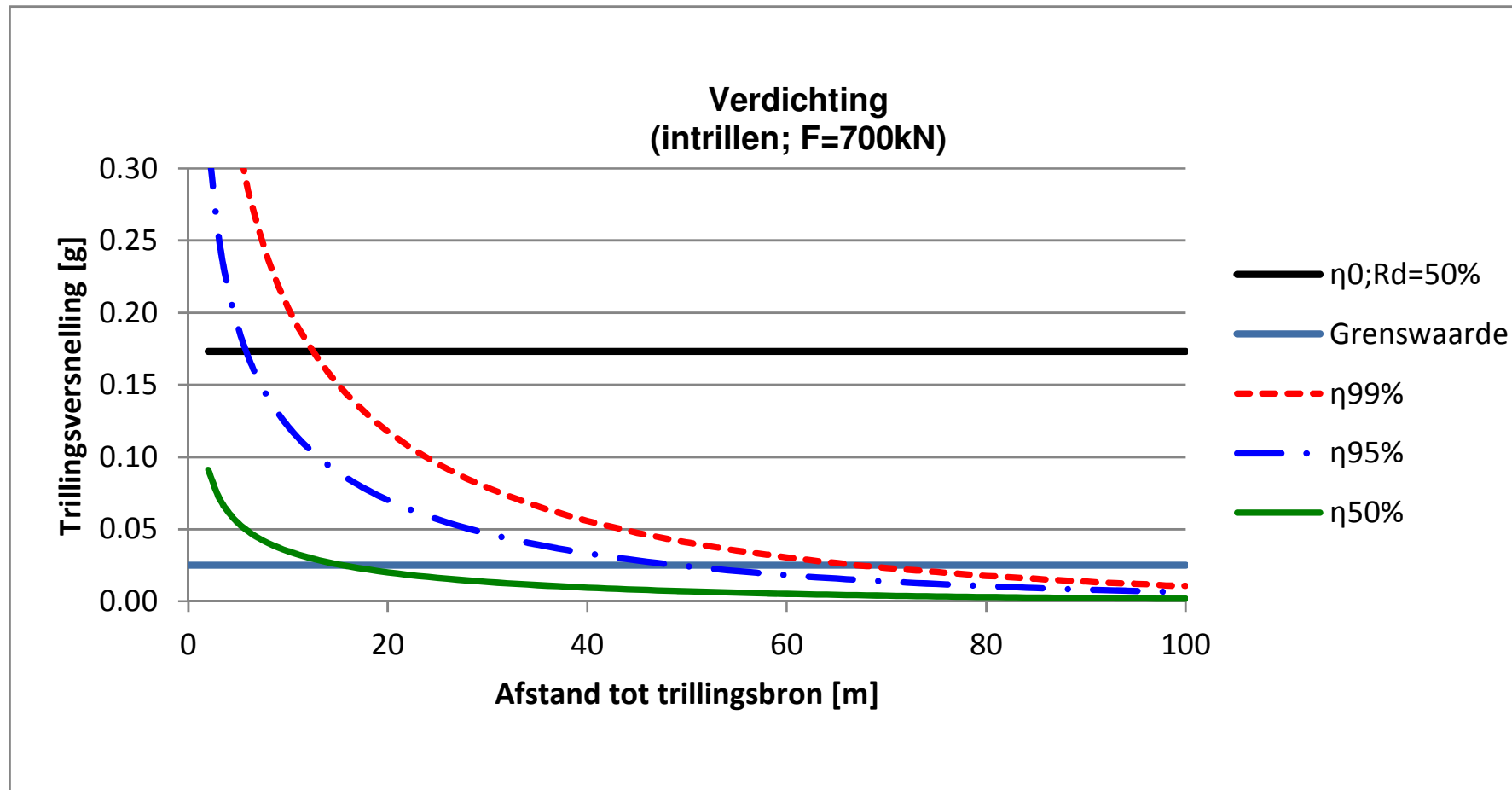
TRILLINGSPROGNOSE

Trilblok, slagkracht 700kN: Trillingsprognose



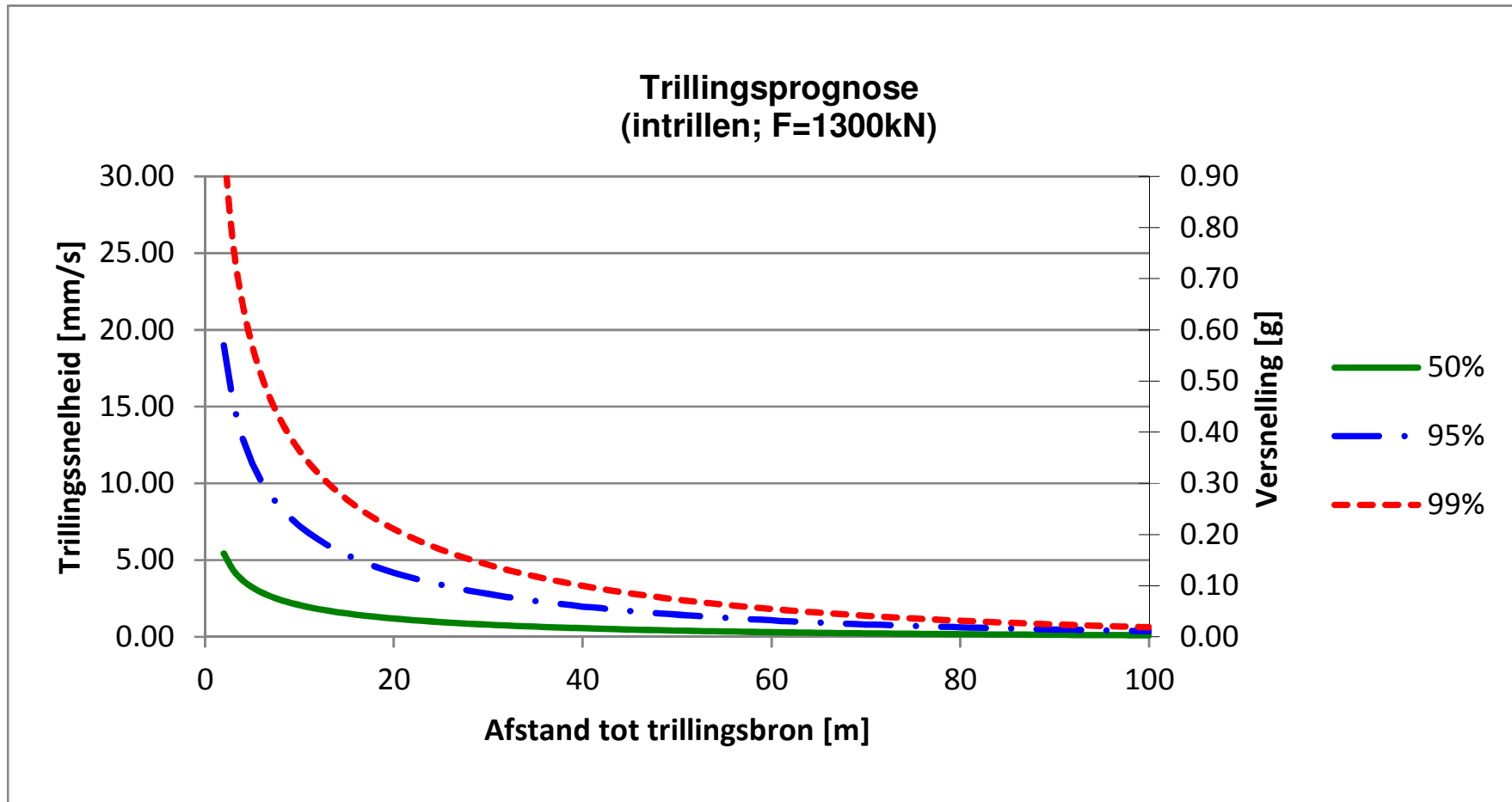
TRILLINGSPROGNOSE

Trilblok, slagkracht 700kN: Verdichting



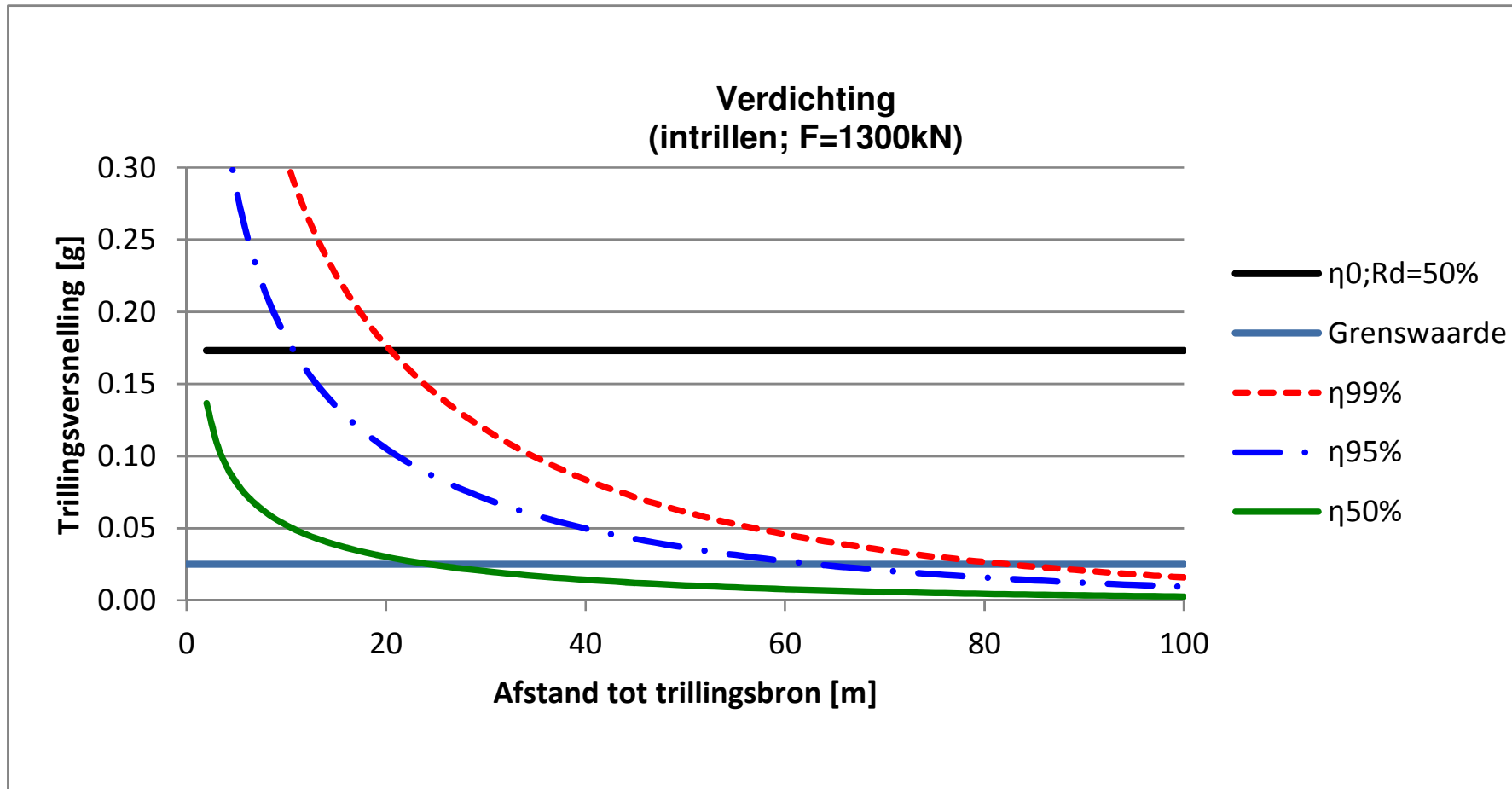
TRILLINGSPROGNOSE

Trilblok, slagkracht 1300kN: Trillingsprognose



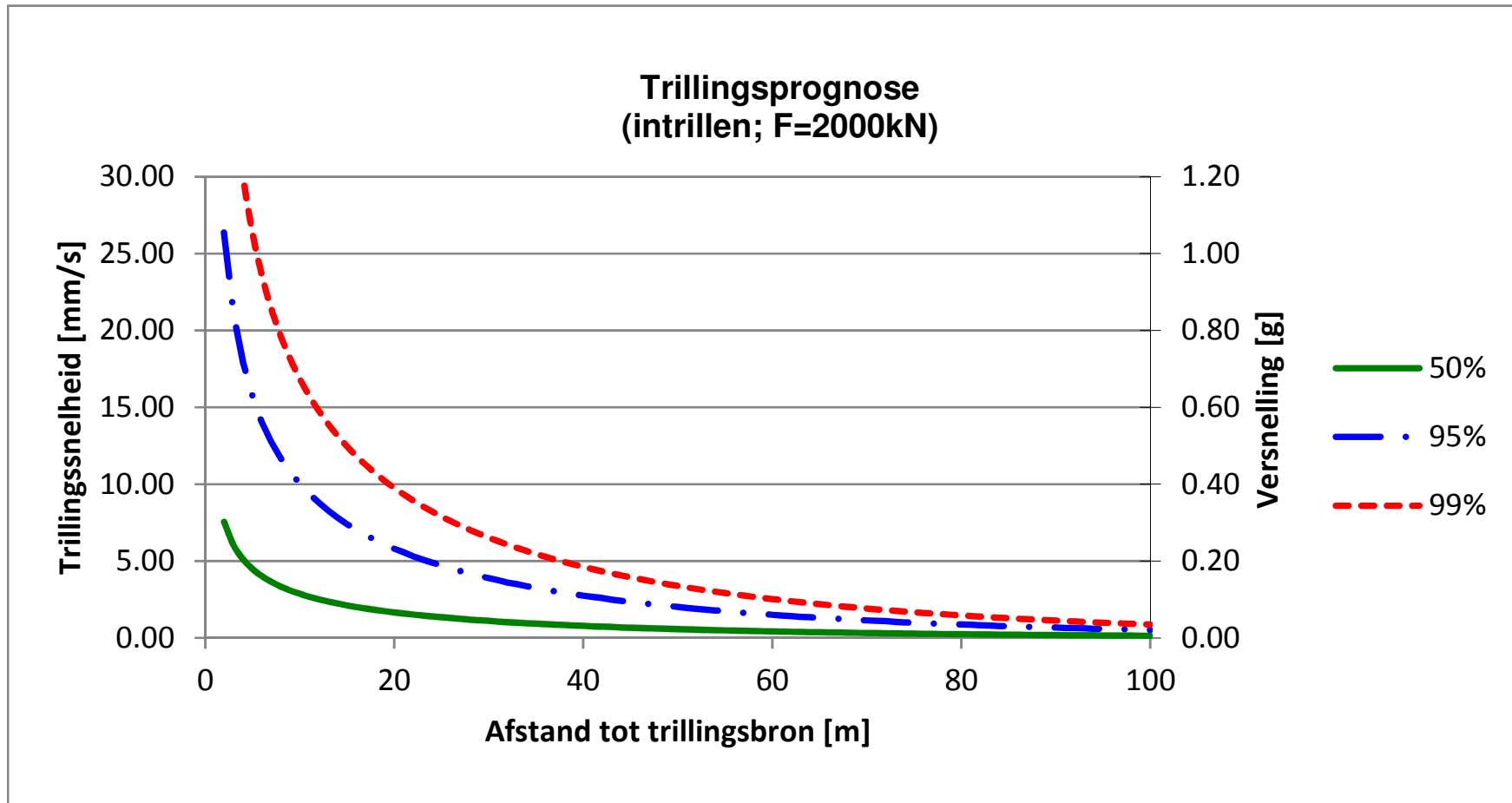
TRILLINGSPROGNOSE

Trilblok, slagkracht 1300kN: Verdichting



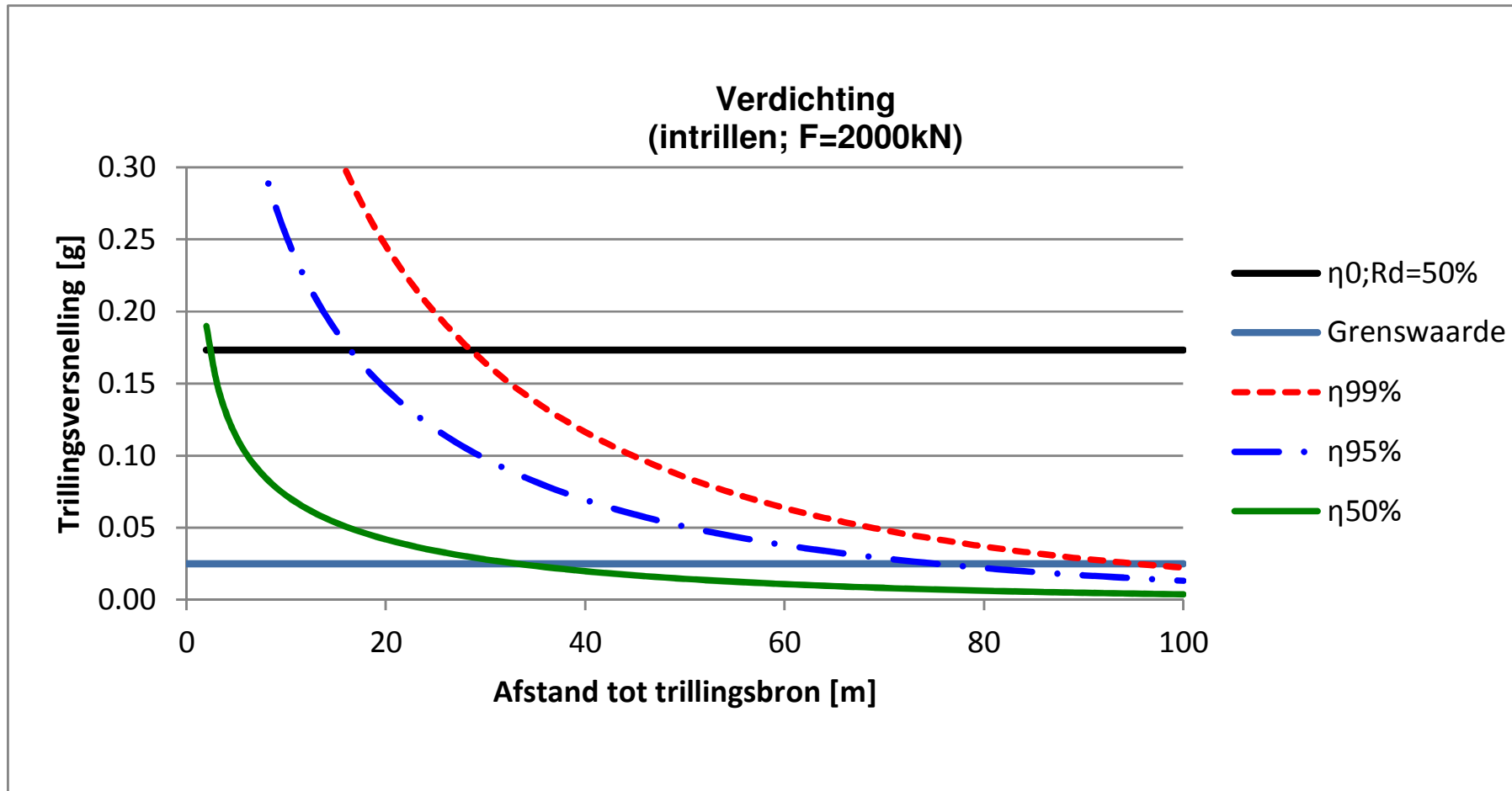
TRILLINGSPROGNOSE

Trilblok, slagkracht 2000kN: Trillingsprognose



TRILLINGSPROGNOSE

Trilblok, slagkracht 2000kN: Verdichting



TRILLINGSPROGNOSE

BIJLAGE 4

BEOORDELING TALUDHELLING

Fugro project Nr.: 1213-0018-001

BEOORDELING TALUDHELLING

Trillingsrisicoanalyse Waterfront te Aalborg

Opdr. : 1213-0018-001

Bijl. : 4-1

Taludhelling 1:1

<i>Taludstabiliteit oneindig lang talud, inclusief aardbeving</i>			
GRENSWAARDE MET 10% WATEROVESPANNING			
gravitatieversnelling	g	9.81	m/s ²
taludhelling (h:v)	cot(α)	1.0	-
taludhelling	α	0.79	rad
	α	45.0	°
horizontale versnelling	a _h	0	m/s ²
hoek van inwendige wrijving	φ'_{rep}	30.0	°
	φ'_{rep}	0.52	rad
tangens van de hoek van inwendige wrijving	tan(φ'_{rep})	0.58	-
materiaalfactor hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{m;\varphi}$	1	-
wateroverspanningsratio t.o.v. limietwaarde	r _u /r _{u;lim}	0	-
wateroverspanningratio	p	10	%
Stabiliteitsfactor voorafgaand aan beving	F.S. _{voor beving}	0.58	-
Stabiliteitsfactor tijdens beving	F.S. _{tijdens beving}	0.50	-
Stabiliteitsfactor direct na beving	F.S. _{na beving}	0.50	-
Ratio stabiliteitsfactor		-0.16	-

<i>Taludstabiliteit oneindig lang talud, inclusief aardbeving</i>			
GRENSWAARDE MET 0% WATEROVESPANNING			
gravitatieversnelling	g	9.81	m/s ²
taludhelling (h:v)	cot(α)	1.0	-
taludhelling	α	0.79	rad
	α	45.0	°
horizontale versnelling	a _h	0.25	m/s ²
hoek van inwendige wrijving	φ'_{rep}	30.0	°
	φ'_{rep}	0.52	rad
tangens van de hoek van inwendige wrijving	tan(φ'_{rep})	0.58	-
materiaalfactor hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{m;\varphi}$	1	-
wateroverspanningsratio t.o.v. limietwaarde	r _u /r _{u;lim}	0	-
wateroverspanningratio	p	0	%
Stabiliteitsfactor voorafgaand aan beving	F.S. _{voor beving}	0.58	-
Stabiliteitsfactor tijdens beving	F.S. _{tijdens beving}	0.55	-
Stabiliteitsfactor direct na beving	F.S. _{na beving}	0.58	-
Ratio stabiliteitsfactor		-0.05	-

BEOORDELING TALUDHELLING

Taludhelling 1:2

<i>Taludstabiliteit oneindig lang talud, inclusief aardbeving</i>			
GRENSWAARDE MET 10% WATEROVESpanNING			
gravitatieversnelling	g	9.81	m/s ²
taludhelling (h:v)	cot(α)	2.0	-
taludhelling	α	0.46	rad
	α	26.6	°
horizontale versnelling	a _h	0	m/s ²
hoek van inwendige wrijving	ϕ'_{rep}	30.0	°
	ϕ'_{rep}	0.52	rad
tangens van de hoek van inwendige wrijving	tan(ϕ'_{rep})	0.58	-
materiaalfactor hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{m;\phi}$	1	-
wateroverspanningsratio t.o.v. limietwaarde	r _u /r _{u;lim}	0	-
wateroverspanningratio	p	10	%
Stabiliteitsfactor voorafgaand aan beving	F.S. _{voor beving}	1.15	-
Stabiliteitsfactor tijdens beving	F.S. _{tijdens beving}	1.03	-
Stabiliteitsfactor direct na beving	F.S. _{na beving}	1.03	-
Ratio stabiliteitsfactor		-0.13	-

<i>Taludstabiliteit oneindig lang talud, inclusief aardbeving</i>			
GRENSWAARDE MET 0% WATEROVESpanNING			
gravitatieversnelling	g	9.81	m/s ²
taludhelling (h:v)	cot(α)	2.0	-
taludhelling	α	0.46	rad
	α	26.6	°
horizontale versnelling	a _h	0.25	m/s ²
hoek van inwendige wrijving	ϕ'_{rep}	30.0	°
	ϕ'_{rep}	0.52	rad
tangens van de hoek van inwendige wrijving	tan(ϕ'_{rep})	0.58	-
materiaalfactor hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{m;\phi}$	1	-
wateroverspanningsratio t.o.v. limietwaarde	r _u /r _{u;lim}	0	-
wateroverspanningratio	p	0	%
Stabiliteitsfactor voorafgaand aan beving	F.S. _{voor beving}	1.15	-
Stabiliteitsfactor tijdens beving	F.S. _{tijdens beving}	1.08	-
Stabiliteitsfactor direct na beving	F.S. _{na beving}	1.15	-
Ratio stabiliteitsfactor		-0.06	-

BEOORDELING TALUDHELLING

BIJLAGE 5
ZONERING

Fugro project Nr.: 1213-0018-001

ZONERING

Trillingsrisicoanalyse Waterfront te Aalburg

Opdr. : 1213-0018-001

Bijl. : 5-1



LEGENDA

- Kade
- Bouwverkeer Afstand=5m
- Heien: E=40kNm Afstand=53m
- Heien: E=60kNm Afstand=65m
- Heien: E=140kNm Afstand=90m
- Intrillen: F=700kN Afstand=67m
- Intrillen: F=1300kN Afstand=85m
- Intrillen: F=2000kN Afstand=95m

1:2000