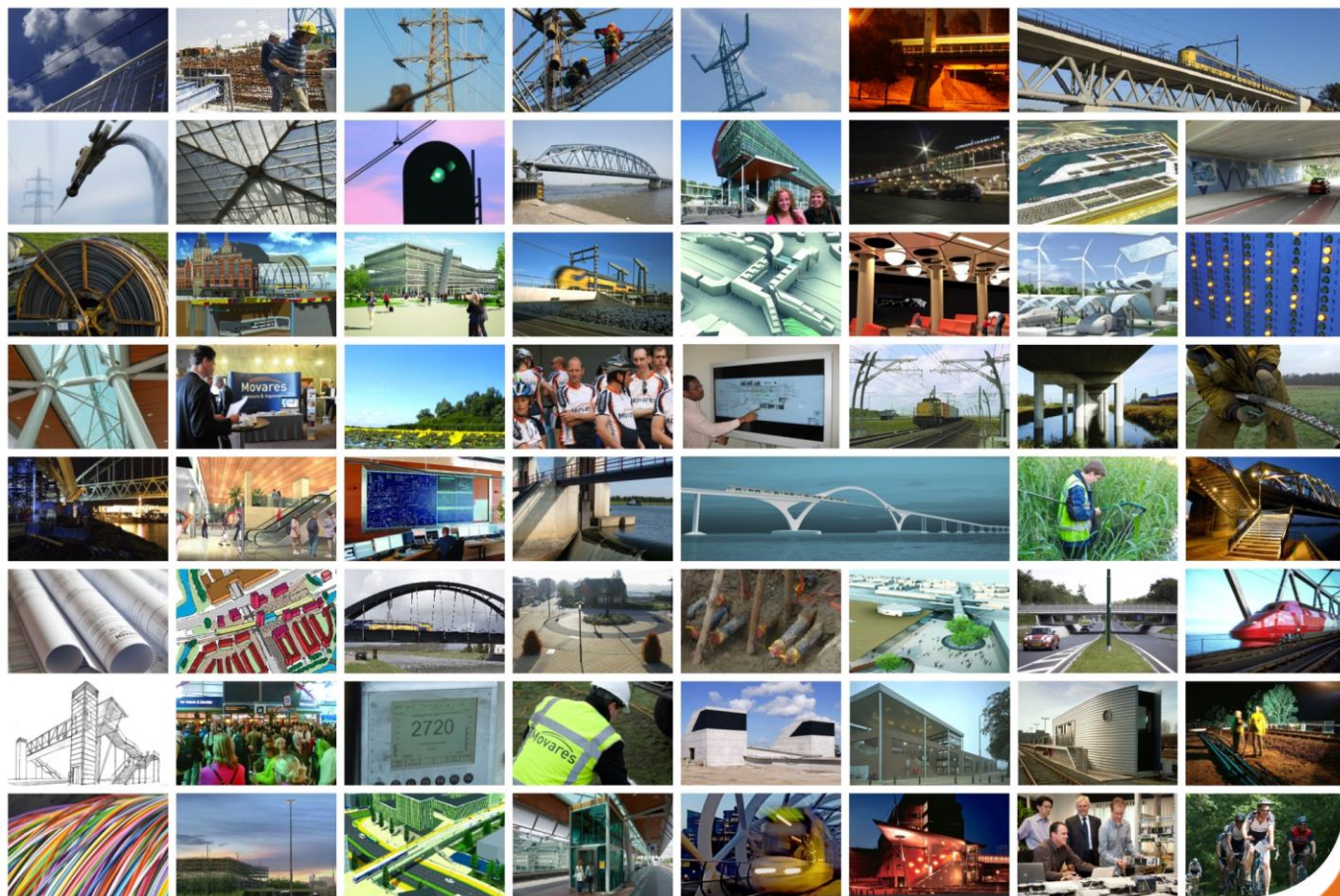




D79-MKA-KA-1800197

25 oktober 2018 - Versie 1.0

Autorisatieblad

Trillingsonderzoek ENKA-terrein Ede

Bestemmingsplan ENKA-terrein Ede

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Kabbouch, M	✓	25-10-2018
Gecontroleerd door	Boon, PM	✓	25-10-2018
Vrijgegeven door	Boon, PM	✓	25-10-2018

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Versie historie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
0.2	Boon, PM	27-09-2018	Conceptversie
1.0	Boon, PM	25-10-2018	Definitieve versie

Samenvatting

AM ontwikkelt in Ede woningbouw op een aantal percelen. Dit gebied ligt langs de spoorlijn Ede – Arnhem, dichtbij station Ede-Wageningen. Op basis van de afstand tot het spoor en het spoorgebruik is trillingshinder in de woningen niet op voorhand uit te sluiten. Doel van het huidige onderzoek is om de trillingsbelasting in de geplande woningen in Ede te bepalen en, indien nodig, een advies te geven over de maatregelen waarmee trillingshinder voorkomen kan worden.

Op basis van metingen op maaiveldniveau op de geplande bouwlocatie is een prognose gemaakt van de verwachte trillingsniveaus op midden vloerveld in de gebouwen. De resultaten zijn getoetst aan de streefwaarden uit de richtlijn SBR-B.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan in een aantal bouwblokken dichtbij het spoor in veld H een overschrijding van de (strengere) streefwaarden voor een nieuwe situatie niet worden uitgesloten, ook bij een goede bouwwijze. Dit komt vooral doordat de trillingen slecht uitdempsen met de afstand op de stijve bodem ter plaatse van het ENKA-terrein, waardoor de trillingen ook op grotere afstand nog vrij hoog zijn. Een belangrijke nuancering hierbij is dat de trillingen in de genoemde bouwblokken weliswaar hoger zijn dan de streefwaarden voor nieuwbouw, maar wel lager dan de streefwaarden voor bestaande bebouwing, waarin het zogenaamde ‘gewenningseffect’ is meegenomen. Dit treedt na verloop van tijd op, mensen wennen dan aan het wonen langs het spoor met de bijbehorende geluids- en trillingseffecten.

Op basis van dit onderzoek adviseren wij het volgende:

- Gezien het incidentele karakter van de overschrijdingen en het feit dat er geen overschrijdingen zijn van de streefwaarden voor een bestaande situatie, zijn er geen maatregelen noodzakelijk om een acceptabel woon- en leefklimaat in de woningen te garanderen. Vereist is daarbij wel dat een vanuit trillingsperspectief ‘goede bouwwijze’ wordt gekozen, d.w.z. het beperken van grote open ruimtes en een kolommenstructuren in de onderste bouwlagen en het prefereren van metselwerk boven beton, en beton boven staal.
- Wanneer het wenselijk is om de trillingen toch wat verder te reduceren, dan kan in bouwblok H in de panden dichtbij het spoor gekozen worden voor een dempende oplegging van de vloeren of de fundering (loskoppelen van de vloeren van de constructie door rubberen oplegblokken, of loskoppelen van de fundering door middel van een dubbele fundatie met rubberen oplegblokken daartussen). Bij de keuze van de oplegblokken is het belangrijk dat de eigenfrequentie van het systeem niet hoger is dan zo’n 10 Hz. Hiervoor is een relatief slap rubberen oplegblok noodzakelijk. Wanneer de massa van de woningen bekend is, kan in overleg met een fabrikant een juist oplegblok worden gekozen. Een minder ingrijpende (en dus minder kostbare) maatregel is om bij de detaillering van de panden rekening te houden met de trillingen, door bijvoorbeeld een vloertype te kiezen met meer demping (zo heeft een breedplaatvloer een hogere demping dan een kanaalplaatvloer of een massieve betonvloer), en te kiezen voor materialen met een zo hoog mogelijke demping (staal heeft bijv. minder demping dan beton, beton minder dan metselwerk en metselwerk weer minder dan hout). Ook het toevoegen van extra binnenwanden leidt tot een hogere

damping. Met deze maatregelen kunnen de trillingen naar verwachting ook worden teruggebracht tot onder de streefwaarden voor een nieuwe situatie.

Om trillingshinder te voorkomen zal bij de nadere detaillering van de bouwblokken een trillingsdeskundige betrokken zijn bij de toetsing van VO en DO van de bouwblokken.

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Doel	4
1.3 Aanpak	4
1.4 Leeswijzer	4
2 Situatiebeschrijving en uitgangspunten	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Omgeving	5
2.3 Bouwlocatie	6
2.4 Geplande bebouwing	7
3 Beoordelingskader	9
3.1 Algemeen	9
3.2 Grootheden	9
3.3 Streefwaarden	9
3.3.1. <i>Nieuwe of bestaande situatie</i>	10
3.3.2. <i>Periode gedurende de dag</i>	10
3.3.3. <i>Gebouwfunctie</i>	10
3.4 Beoordeling in huidige onderzoek	10
4 Meetresultaten	12
4.1 Inleiding	12
4.2 Meetresultaten	12
5 Analyse en berekeningen	14
5.1 Prognosemethode	14
5.1.1. <i>Overdracht tussen meetpunten</i>	15
5.1.2. <i>Overdracht in gebouwen</i>	15
5.2 Resultaten	16
5.2.1. <i>Verwachte trillingen in gebouwen</i>	16
5.2.2. <i>Bovengrens van trillingen in gebouwen</i>	18
5.3 Betrouwbaarheid	20
5.4 Voorkomen van trillingshinder	21
6 Conclusies en aanbevelingen	23
Colofon	24
Bijlage I - Gegevens van de metingen	i
Bijlage II - Meetresultaten	ii
Bijlage III – Bodemopbouw	iv

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

AM ontwikkelt in Ede woningbouw op een aantal percelen. Dit gebied ligt langs de spoorlijn Ede – Arnhem, dichtbij station Ede-Wageningen. Op basis van de afstand tot het spoor en het spoorgebruik is trillingshinder in de woningen niet op voorhand uit te sluiten. U heeft ons gevraagd om een trillingsonderzoek uit te voeren waarmee inzicht wordt gekregen in de volgende onderdelen:

- De trillingen vanuit het treinverkeer
- De verwachte impact op de door u in het gebied te ontwerpen en realiseren woningen
- Of er maatregelen dienen te worden genomen tegen trillingen in de woningen, en zo ja, welke maatregelen dit zouden moeten zijn

1.2 Doel

Doel van het huidige onderzoek is om de trillingsbelasting in de geplande woningen in Ede te bepalen en, indien nodig, een advies te geven over de maatregelen waarmee trillingshinder voorkomen kan worden.

1.3 Aanpak

Trillingen van spoorverkeer zijn locatiespecifiek. Wij hebben daarom de volgende aanpak gevolgd:

1. Uitvoeren van een trillingsmeting ter plaatse van de toekomstige bouwvlakken. Deze meting bestaat uit twee onderdelen:
 - a. Meting waarmee wij de uitdamping van de trillingen met de afstand hebben vastgesteld (hoe verder van het spoor, hoe lager de trillingen). Deze meting heeft een beperkte meetduur van enkele uren;
 - b. Meting waarmee wij over langere tijd de trillingen hebben vastgesteld. Het grillige karakter van goederentreinen (grote variatie in passeertijd, zwaarte, etc.) maakt een meetduur van een week noodzakelijk.
2. Op basis van de beperkte bouwgegevens (bouwhoogte) en de resultaten van de metingen geven wij vervolgens een advies over de te verwachten trillingshinder en hoe trillingshinder in de woningen kan worden voorkomen.

1.4 Leeswijzer

De situatiebeschrijving is weergegeven in hoofdstuk 2. Het beoordelingskader voor trillingshinder staat beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de meetresultaten weergegeven. Hoofdstuk 5 bevat een analyse van de meetresultaten en advies t.a.v. (bouwkundige) optimalisaties om trillingshinder te voorkomen. Het laatste hoofdstuk beschrijft de conclusies en aanbevelingen.

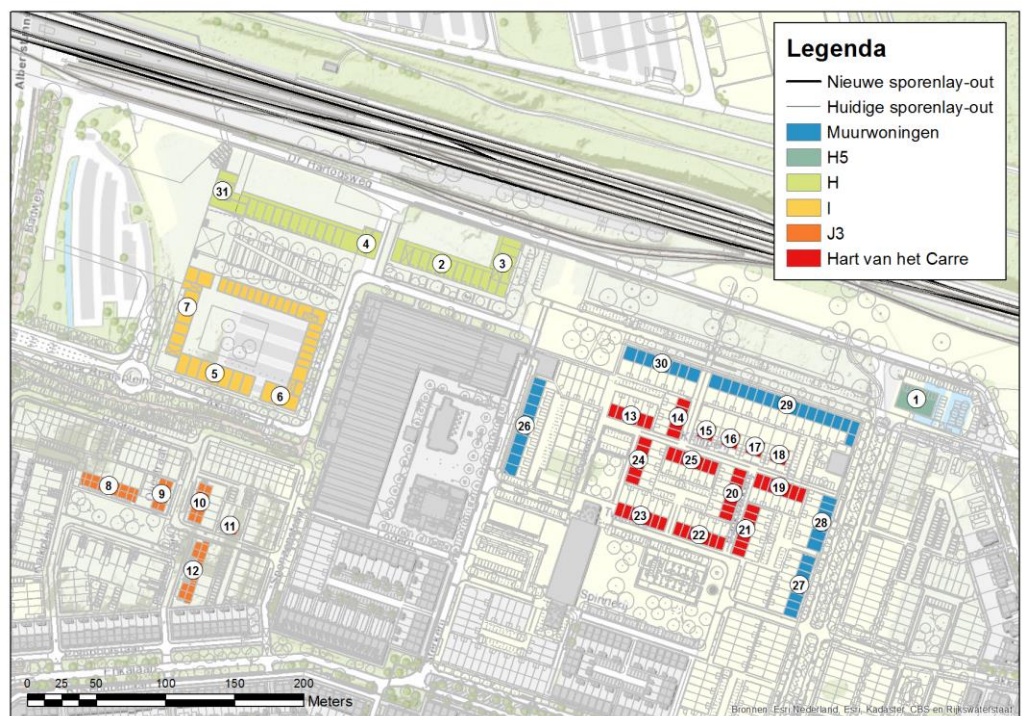
2 Situatiebeschrijving en uitgangspunten

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de meetlocatie en de uitgangspunten voor het onderzoek.

2.2 Omgeving

De onderzoekslocatie bevindt zich ten zuiden van de spoorlijn Ede-Wageningen – Arnhem, zie Figuur 2-1. De spoorlijn wordt zowel door reizigers- als door goederenverkeer gebruikt. De sporenlay-out wordt in de toekomst gewijzigd, zie Figuur 2-1, in het kader van het project Spoorzone Ede. De toekomstige sporenlay-out wordt gebruikt voor de trillingsprognose van de woningen, omdat deze situatie al juridisch is vastgelegd in een onherroepelijk bestemmingsplan. De kortste afstand van woningen tot het spoor is daarmee 36 meter (bouwblok H)



Figuur 2-1 Plangebied nieuwbouw ENKA-terrein

De rijsnelheden van het treinverkeer zijn weergegeven in Tabel 2-1, en gebaseerd op gegevens uit het *Geluidregister Spoor* en het trillingsonderzoek ten behoeve van *Ede Spoorzone*.

Tabel 2-1 Rijsnelheden treinverkeer

Corridor	Type trein	Snelheid
Ede-Wageningen – Arnhem	Doorgaande reizigerstreinen (ICE)	140 km/h
Ede-Wageningen – Arnhem	Stoppende reizigerstreinen (IC en SPR)	0 tot 100 km/h
Ede-Wageningen – Arnhem	Goederentreinen	90 km/h

Het aantal treinen gedurende dag, avond en nacht is weergegeven in Tabel 2-2. De intensiteiten zijn gebaseerd op het trillingsonderzoek zoals uitgevoerd ten behoeve van *Ede Spoorzone*.

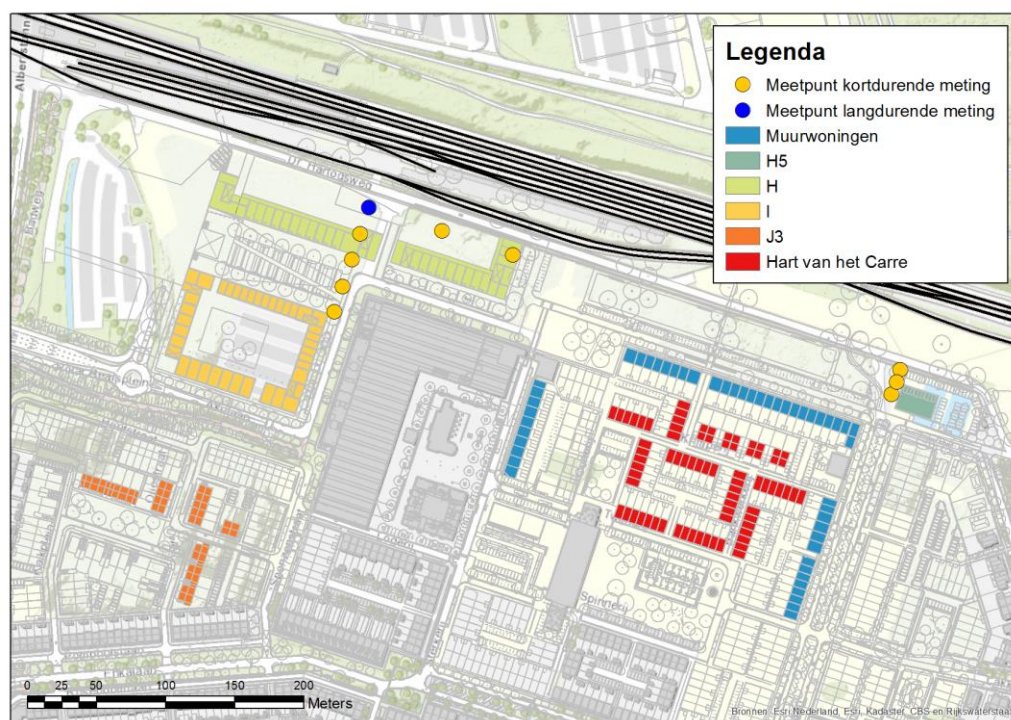
Tabel 2-2 *Intensiteiten treinverkeer per uur per richting*

Treintype en verbinding	Dag (7:00 – 19:00)	Avond (19:00 – 23:00)	Nacht (23:00 – 7:00)
Intercity Utrecht – Arnhem v.v.	6.00	6.00	1.93
ICE Utrecht – Arnhem v.v.	1.00	1.00	0.32
Sprinter Ede-Wageningen Arnhem v.v.	2.00	2.00	0.64
Goederen Utrecht – Arnhem v.v.	0.07	0.08	0.05

Nabij het onderzoeksgebied bevinden zich geen andere trillingsbronnen met een waarneembare trillingssterkte. Andere bronnen zijn daarom niet meegenomen in dit onderzoek.

2.3 Bouwlocatie

De metingen zijn uitgevoerd op maaiveldniveau op de locatie van de geplande nieuwbouw. De te bouwen panden liggen op een afstand vanaf zo'n 39 meter tot het dichtstbijzijnde hoofdspoor. Het spoor ligt hier op maaiveldniveau. Een plattegrond van de locatie met daarop de meetlocaties is weergegeven in Figuur 2-2. Op deze locatie zijn twee metingen uitgevoerd op maaiveld: een onbemande lange meting met één meetpunt en een bemande korte meting met tien meetpunten op meerdere locaties. Het meetpunt voor de lange meting is ook tijdens de korte meting gebruikt. Een foto van de meetopstelling is weergegeven in Figuur 2-3.



Figuur 2-2 *Locatie van de meetlocatie met de meetpunten.*



Figuur 2-3 Foto van de meetopstelling van de langeduurmeting

2.4 Geplande bebouwing

De eigenschappen van de toekomstige bebouwing zijn globaal bekend. In dit onderzoek is gerekend met de eigenschappen zoals opgenomen in Tabel 2-3. Omdat de woningen nog niet nader zijn gedetailleerd, is zowel een verwachte trillingssituatie als een maximale trillingssituatie berekend per bouwblok, op basis van de gegeven eigenschappen.

Gezien de scheef weglappende grondlagen, zie Bijlage III, is gerekend met gebouwen die op boorpalen zijn gefundeerd. Bij de hoogbouw (bouwblokken H5, H en I) worden mogelijke DPA+-palen toegepast. De nummering van de gebouwen correspondeert met de nummers in Figuur 2-1.

Tabel 2-3 Eigenschappen bebouwing

Nr	Naam	Type gebouw	Type constructie	Hoogte	Beukmaat	Vloertype
1	H5	Appartementen	Wanden-breedplaat	27	9	Breedplaatvloer
2	H	Appartementen	Tunnelbouw	12	6.6	Massief beton
3	H	Appartementen	Tunnelbouw	18	6.6	Massief beton
4	H	Appartementen	Tunnelbouw	18	6.6	Massief beton
31	H	Appartementen	Tunnelbouw	27	6.6	Massief beton
5	I	Appartementen	Tunnelbouw	18	8.1	Massief beton
6	I	Appartementen	Tunnelbouw	18	5.4	Massief beton
7	I	Appartementen	Tunnelbouw	15	8.1	Massief beton
8	J3	Rijwoningen	Wanden-kanaalplaat	9	5.7	Kanaalplaatvloer
9	J3	Rijwoningen	Wanden-kanaalplaat	9	5.7	Kanaalplaatvloer
10	J3	Rijwoningen	Wanden-kanaalplaat	9	5.7	Kanaalplaatvloer
11	J3	2/1 kapwoningen	Wanden-kanaalplaat	9	4.54	Kanaalplaatvloer
12	J3	2/1 kapwoningen	Wanden-kanaalplaat	9	4.54	Kanaalplaatvloer
13	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton

Nr	Naam	Type gebouw	Type constructie	Hoogte	Beukmaat	Vloertype
14	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
15	Hart van het Carre	2/1 kapwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
16	Hart van het Carre	2/1 kapwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
17	Hart van het Carre	2/1 kapwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
18	Hart van het Carre	2/1 kapwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
19	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
20	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
21	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
22	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
23	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
24	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
25	Hart van het Carre	Rijwoningen	Tunnelbouw	9	6	Massief beton
26	Muurwoningen	Rijwoningen	Wanden-breedplaat	9	7.5	Breedplaatvloer
27	Muurwoningen	Rijwoningen	Wanden-breedplaat	9	7.5	Breedplaatvloer
28	Muurwoningen	Rijwoningen	Wanden-breedplaat	9	7.5	Breedplaatvloer
29	Muurwoningen	Rijwoningen	Wanden-breedplaat	9	6.5	Breedplaatvloer
30	Muurwoningen	Rijwoningen	Wanden-breedplaat	9	6.5	Breedplaatvloer

3 Beoordelingskader

3.1 Algemeen

Treinverkeer kan aanleiding geven tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen leiden tot hinder voor omwonenden. De Duitse DIN 4150-2 (1999) norm beschrijft criteria voor het meten en beoordelen van trillingen. De Nederlandse SBR-richtlijn (2002) is hierop gebaseerd. Deze SBR-richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen en bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan gebouwen;
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: verstoring van apparatuur.

Op basis van langdurige ervaring met trillingen langs het spoor is schade als gevolg van passerende treinen onwaarschijnlijk op een afstand van meer dan 30 meter tot het spoor. Er is daarom niet beoordeeld op de SBR A-richtlijn. Ook verstoring van apparatuur (SBR C-richtlijn) is niet aan de orde. In dit onderzoek is daarom alleen beoordeeld op de SBR B-richtlijn.

3.2 Grootheden

Conform de SBR B-richtlijn worden twee grootheden bepaald:

1. De trillingssterkte V_{max} . Dit is een dimensieloze indicatie van de maximaal ervaren trillingen gedurende de meetperiode, de zogenaamde pieksterkte van de trillingen. Deze grootheid wordt bepaald per 30 seconden, zie par. 9.2 en 9.3 van de SBR B-richtlijn. Van al deze maximale waarden per 30 seconden wordt de maximale waarde bepaald, de $V_{eff, max}$. Vervolgens wordt, op basis van de vijftien hoogst gemeten waarden een statistische berekening uitgevoerd met als resultaat de trillingssterkte die niet wordt overschreden door 95 procent van de passerende treinen, de V_{max} . Deze trillingssterkte is beoordeeld op de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn;
2. De trillingsintensiteit V_{per} , een dimensieloze indicatie van het tijdsgemiddelde van de trillingen. Deze grootheid wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0.1 uitkomt. Trillingssnelheden onder de 0.1 zijn niet of nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van V_{per} . Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingssnelheden boven de 0.1 uitkomen, zie ook par. 9.8 van de SBR B-richtlijn.

3.3 Streefwaarden

De SBR B-richtlijn kent drie types streefwaarden:

1. A1, de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
2. A2, de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
3. A3, de streefwaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} .

De hoogte van de streefwaarden is afhankelijk van een aantal criteria:

1. Of er sprake is van een nieuwe of bestaande situatie;
2. Periode gedurende de dag;
3. Gebouwfunctie.

De verschillende criteria worden hieronder toegelicht.

3.3.1. Nieuwe of bestaande situatie

In de SBR B-richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwe en bestaande situaties, waarbij de streefwaarden voor nieuwe situaties strenger zijn dan voor bestaande situaties. Omdat het om nieuwe gebouwen gaat langs een bestaande spoorlijn, wordt het onderzoeksgebied beoordeeld als nieuwe situatie, zie par. 10.3 van de SBR B-richtlijn.

3.3.2. Periode gedurende de dag

De SBR B-richtlijn maakt daarnaast onderscheid tussen dag, avond en nacht. Hierbij geldt dat de streefwaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht strenger zijn dan die gedurende de dag en avond. De SBR B-richtlijn kent de volgende periodes: dag (7.00 – 19.00 uur), avond (19.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur). De streefwaarden voor dag en avond zijn aan elkaar gelijk. Bij metingen aan treinverkeer worden gewoonlijk de streefwaarden voor de nacht gehanteerd, omdat deze strenger zijn dan die van de dag. Deze keuze is gerechtvaardigd omdat het treinverkeer 's nachts doorgaans vergelijkbare trillingen geeft als het treinverkeer overdag.

3.3.3. Gebouwfunctie

Als derde criterium wordt onderscheid gemaakt naar de functie van een gebouw. De SBR B-richtlijn kent de gebouwfuncties *Gezondheidszorg*, *Wonen*, *Kantoor*, *Bijeenkomsten* en *Kritische werkruimte*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes. Op basis van deze drie criteria zijn de streefwaarden voor A1, A2 en A3 weergegeven in Tabel 3-1 voor nieuwe situaties. De huidige onderzoekslocatie heeft bestemming *wonen*, zie de omkaderde waarden in Tabel 3-1. Er worden ook commerciële functies voorzien in een deel van de bebouwing, deze vallen buiten het toepassingsgebied van de SBR B-richtlijn en worden daarom doorgaans niet op trillingshinder beoordeeld. Deze ruimtes hebben ook geen langdurige verblijfsfunctie.

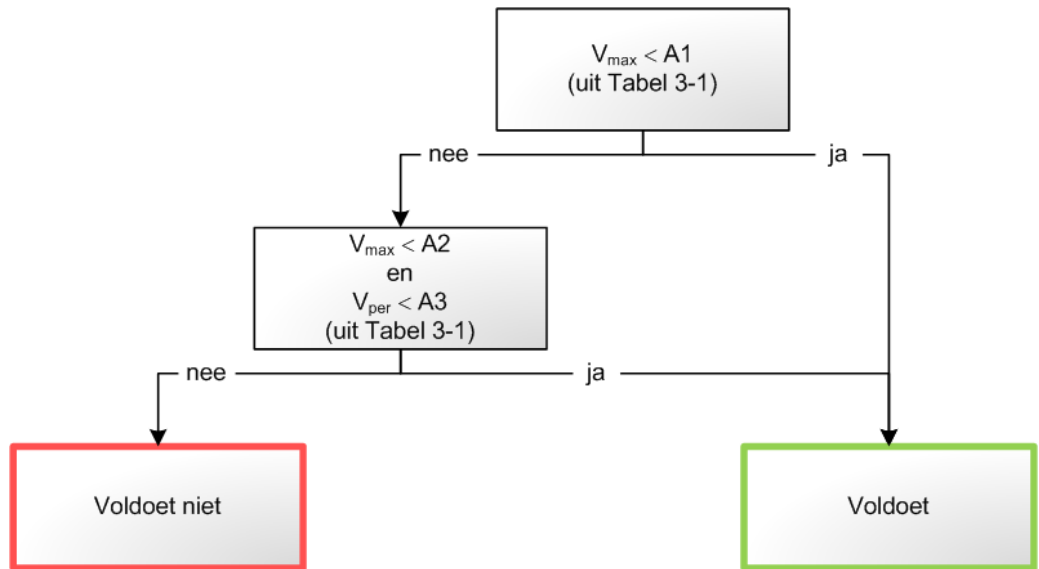
Tabel 3-1 Streefwaarden nieuwe situatie volgens SBR B-richtlijn

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
<i>Gezondheidszorg</i>	0.1 ¹⁾	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
<i>Wonen</i>	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
<i>Kantoor</i>	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
<i>Bijeenkomsten</i>	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
<i>Kritische werkruimte</i>	0.1	0.1	---	0.1	0.1	---

¹⁾ Een streefwaarde van 0.1 betekent een waarde kleiner dan 0.15

3.4 Beoordeling in huidige onderzoek

Om te beoordelen of een situatie voldoet, dient het schema in Figuur 3-1 te worden doorlopen. Een locatie voldoet aan het beoordelingskader wanneer de trillingssterkte lager is dan A1. Een tweede mogelijkheid om te voldoen is als de trillingssterkte lager is dan A2 en de trillingsintensiteit lager is dan A3.



Figuur 3-1 Stroonschema beoordeling nieuwe situatie in SBR B-richtlijn

4 Meetresultaten

4.1 Inleiding

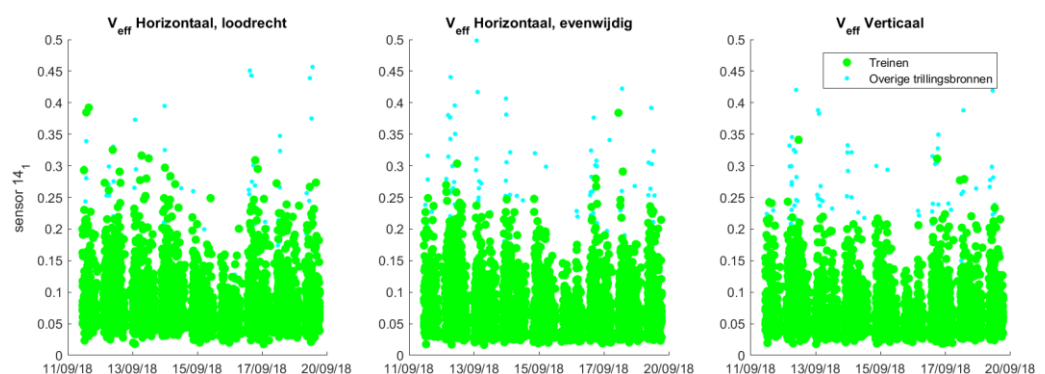
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de metingen beschreven. Er zijn twee metingen uitgevoerd:

1. Een korte meting met meerdere meetpunten, bedoeld om de variatie in bodemopbouw en spreiding van de trillingsniveaus binnen het onderzoeksgebied vast te stellen;
2. Een lange meting met één meetpunt, om de variatie van de trillingen over de tijd vast te stellen. Op deze manier ontstaat een representatief beeld van de trillingen over een looptijd van een week.

4.2 Meetresultaten

De gemeten trillingssnelheden van de treinen tijdens de lange meting zijn per richting weergegeven in Figuur 4-1. Dit betreft de trillingen op maaiveld op ca. 58 m afstand van het spoor. Op maaiveld zorgen vooral de doorgaande ICE's voor hoge trillingen. De trillingen zijn weergegeven in drie richtingen:

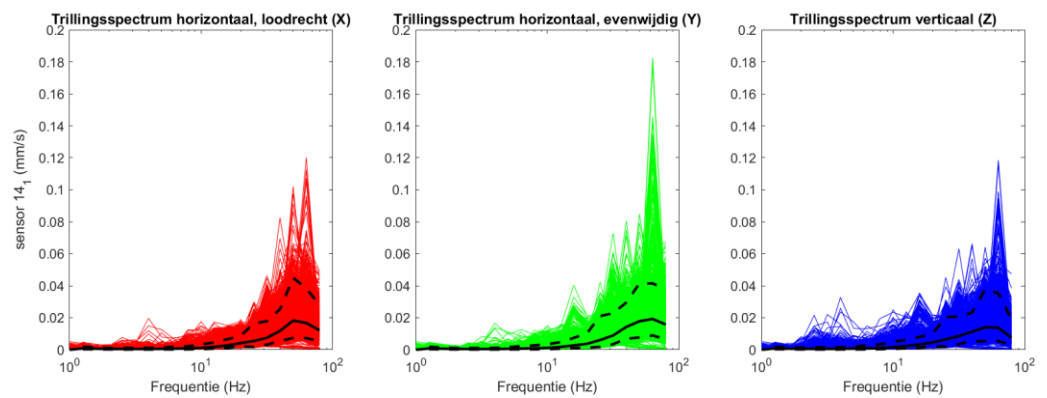
1. Horizontaal, loodrecht op het spoor (ook wel X genoemd);
2. Horizontaal, parallel aan het spoor (ook wel Y genoemd);
3. Verticaal (ook wel Z genoemd).



Figuur 4-1 Trillingssterktes op maaiveldniveau als functie van de tijd

Het trillingsspectrum van de gemeten treinen in deze periode is weergegeven in Figuur 4-2. Er is geen dominante richting. In de richting loodrecht op het spoor geven met name de (doorgaande) ICE's en goederentreinen hoge trillingswaarden, met dominante frequenties rond 60 Hz.

Daarnaast is met de korte meting voor elk meetpunt bepaald hoe de gemeten trillingen in dat meetpunt zich verhouden tot de trillingen in het meetpunt voor de lange meting, zie Bijlage II. Met deze verhoudingen zijn voor elk meetpunt de trillingen van alle gepasseerde treinen vastgesteld.



Figuur 4-2 *Trillingsspectra van treinpassages tijdens de lange meting*

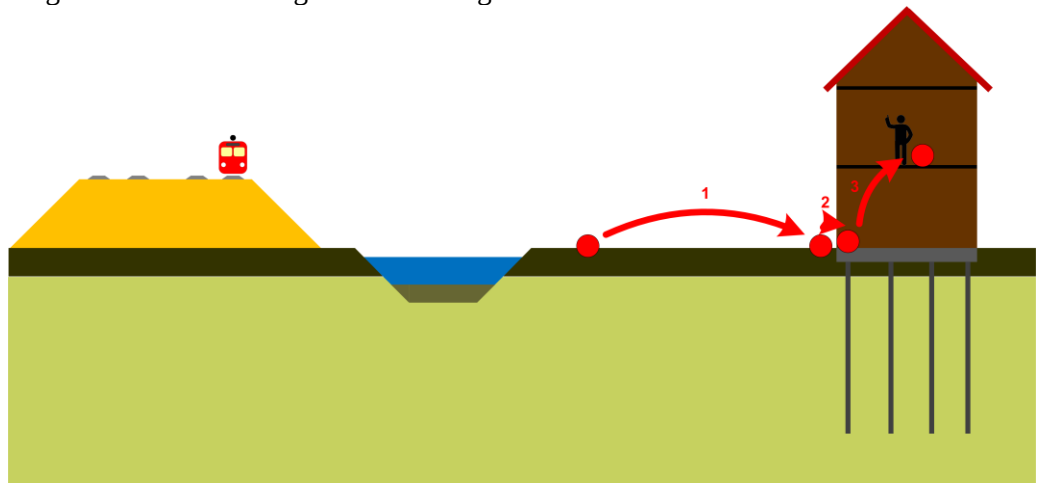
5 Analyse en berekeningen

5.1 Prognosemethode

De resultaten van de korte en de lange meting zijn gecombineerd met informatie over de geplande bebouwing. Hiermee is een prognose gemaakt van de trillingssterktes aan de fundering en op de vloeren van de gebouwen, op de locatie van elk bouwvlak. Daarnaast brengen we de onzekerheid van de predicties (onder meer veroorzaakt door onzekerheid in exacte dimensionering, materiaalkeuze en constructiewijze) in rekening door een 50%-waarde en een 95%-waarde te onderscheiden:

- 50%-waarde: De kans dat de trillingen lager zijn dan deze waarde is 50%. Deze waarde representeert daarmee de verwachtingswaarde voor trillingen in de woningen en geldt voor gebouwen met gemiddelde constructieve eigenschappen.
- 95%-waarde: De kans dat de trillingen lager zijn dan deze waarde is 95%. De kans op voorkomen is klein, maar niet verwaarloosbaar. De 95%-waarde wordt gebruikt als redelijkerwijs maximaal te verwachten trillingssterkte en geldt voor gebouwen met ongunstige constructieve eigenschappen. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld dat de onderste laag van een hoog gebouw met een kolommenstructuur is gerealiseerd, waardoor de horizontale stijfheid lager is en met name horizontale, laagfrequente trillingen hoger kunnen zijn in de bovenste delen van het gebouw.

De prognoses van trillingen op funderingsniveau en op midden vloerveld wordt gedaan volgens de methode die getoond is in Figuur 5-1.



Figuur 5-1 Methode voor het vaststellen van de trillingen in een gebouw

Deze methode werkt als volgt:

1. De trillingen van de langeduurmeting worden vertaald naar een meetpunt op maaiveld ter plaatse van het bouwvlak, door de trillingen bij het bouwvlak uit de korteduurmeting te delen op de trillingen bij het meetpunt van de langeduurmeting uit de korteduurmeting. Deze overdracht corrigeert voor bijvoorbeeld verschillen in afstand tot het spoor (uitdemping van de trillingen met de afstand) en voor variatie in de bodem of de spoorligging.
2. De trillingen op maaiveld worden vertaald naar een meetpunt op de fundering van het bouwvlak, op basis van de eigenschappen van het gebouw (afmetingen, type fundering).

- De trillingen op de fundering worden vertaald naar een meetpunt op de hoogste vloer van het bouwblok, op basis van de eigenschappen van het gebouw (afmetingen, type constructie).

Resultaat van deze berekening is een predictie van de trillingssituatie in het gebouw, waarbij elke afzonderlijke trein zoals gemeten is bij de langeduurmeting is vertaald naar een trillingssignaal in de woning. Over deze trillingen worden de parameters V_{max} en V_{per} bepaald, waarna deze worden beoordeeld op de SBR B-richtlijn.

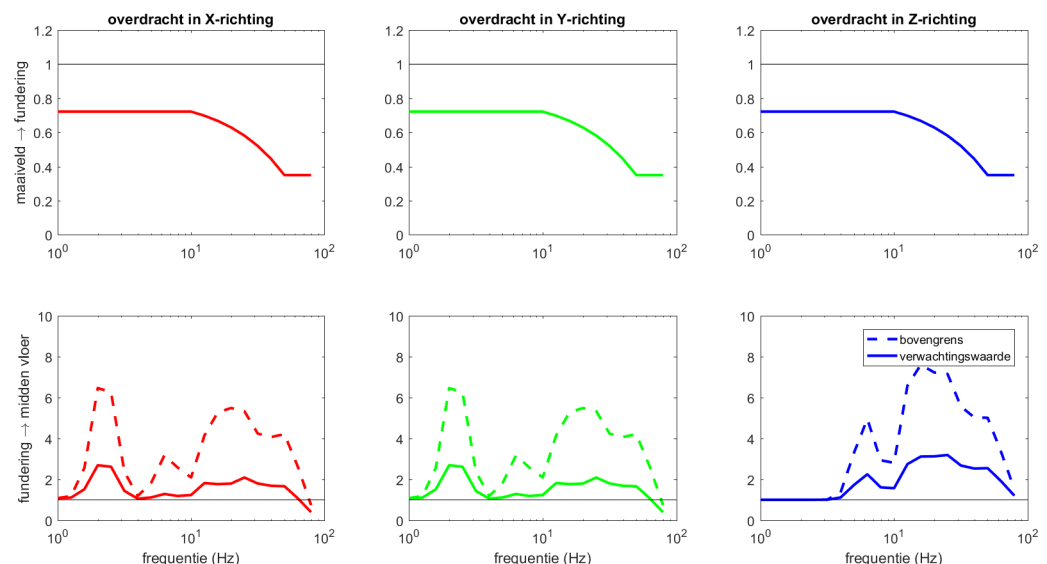
5.1.1. Overdracht tussen meetpunten

De overdracht van het meetpunt uit de langeduurmeting naar de overige meetpunten is bepaald tijdens de korte meting. Deze overdrachten zijn weergegeven in Bijlage II. Door deze overdrachten te vermenigvuldigen met de trillingen uit de langeduurmeting, zijn de trillingen uit die meting op elk willekeurig punt te bepalen. Voor tussenliggende punten wordt geïnterpoleerd op basis van de Barkan-vergelijking, een empirische formule die de uitdemping van de trillingen met de afstand beschrijft.

5.1.2. Overdracht in gebouwen

Een document van VROM geeft indicatieve richtlijnen voor het bepalen van de overdracht van trillingen van maaiveld naar fundering¹. Deze theoretische waarden komen goed overeen met praktijkwaarden uit metingen en zijn daarom in dit onderzoek aangehouden.

De overdracht van fundering naar midden vloerveld is afhankelijk van de gebouwconstructie, gebouwafmetingen, type vloer en de eigenfrequentie van de vloer. Het document van VROM geeft voor deze overdrachten een beeld dat niet geheel met praktijkmetingen overeenkomt. De gebruikte overdrachten van fundering naar midden vloerveld in dit onderzoek zijn daarom gebaseerd op een combinatie van meetresultaten in vergelijkbare gebouwen en analytische formules die het gedrag van gebouwen en vloeren beschrijven. Voor bouwblok 1 zijn deze resultaten weergegeven in Figuur 5-2. Hierbij is X loodrecht op het spoor en Y parallel aan het spoor.



Figuur 5-2 Overdracht van de trillingssterkte van maaiveld naar de fundering (boven) en van de fundering naar midden vloerveld (onder) voor bouwblok 1 (bouwvlak H5)

¹ Rekenmodel voor de bepaling van trillingssterkte, Ministerie VROM, mei 1995, distributienummer 12462/164.

5.2 Resultaten

De trillingen op de locatie van de lange duurmetering zijn weergegeven in Tabel 5-1. Op maaiveld zijn de trillingen al hoger dan de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn voor nieuwe situaties.

Tabel 5-1 Meetresultaten en beoordeling op maaiveld en fundering

	X	Y	Z
V_{per}, dag	0.02	0.02	0.02
V_{per}, avond	0.02	0.02	0.02
V_{per}, nacht	0.01	0.01	0.01
V_{max}, gemeten	0.39	0.38	0.34

5.2.1. Verwachte trillingen in gebouwen

Vervolgens is voor alle bouwvlakken een prognose gemaakt van de trillingssterktes in de gebouwen op de vloeren op de hoogst bewoonde verdieping. Er is steeds een bandbreedte weergegeven, omdat uit de meetpunten die parallel aan het spoor zijn geplaatst blijkt dat het meest rechtse meetpunt (meetpunt bij bouwblok 1 in veld H5) aanzienlijk hogere trillingen laat zien, zie ook Bijlage II. De verwachting is dat dit komt door de daar aanwezige wissels in de sporen, hoewel die in theorie op afstanden van meer dan 60 meter normaal gesproken niet voor significant hogere trillingen zorgen dan doorgaand spoor. Omdat het spoor in het kader van het project *Spoorzone Ede* wordt vernieuwd en deze wissels worden verwijderd, zijn er twee berekeningen uitgevoerd:

- Een berekening op basis van de werkelijke meetresultaten (dus met de hoge trillingen die mogelijk afkomstig zijn van de wissels)
- Een berekening op basis van de overige meetpunten langs het spoor (die sterk vergelijkbare trillingen laten zien). Deze berekening is meer representatief voor de toekomstige situatie, waarbij het spoor is vernieuwd.

Overschrijdingen van het beoordelingskader zijn in de tabel oranje gearceerd wanneer er alleen een overschrijding optreedt van de (streng) streefwaarden voor de nacht, en rood als ook de (minder streng) streefwaarden voor de dag worden overschreden.

Tabel 5-2 Verwachte trillingen in woningen

Bouwblok	Perceel	Verwachte trillingen		Zonder spoorvernieuwing	
		V _{max}	V _{per}	V _{max}	V _{per}
1	H5	0.01	0.20	0.10	2.01
2	H	0.01	0.25	0.01	0.25
3	H	0.03	0.54	0.03	0.54
4	H	0.02	0.29	0.02	0.29
31	H	0.03	0.39	0.03	0.39
5	I	0.00	0.12	0.00	0.12
6	I	0.00	0.14	0.00	0.14
7	I	0.01	0.16	0.01	0.16
8	J3	0.00	0.08	0.00	0.08
9	J3	0.00	0.08	0.00	0.08
10	J3	0.00	0.08	0.00	0.08
11	J3	0.00	0.06	0.00	0.06

Bouwblok	Perceel	Verwachte trillingen		Zonder spoorvernieuwing	
		V _{max}	V _{per}	V _{max}	V _{per}
12	J3	0.00	0.06	0.00	0.06
13	Hart van het Carre	0.00	0.13	0.00	0.14
14	Hart van het Carre	0.00	0.15	0.01	0.17
15	Hart van het Carre	0.00	0.13	0.01	0.36
16	Hart van het Carre	0.00	0.13	0.01	0.36
17	Hart van het Carre	0.00	0.13	0.03	0.71
18	Hart van het Carre	0.00	0.13	0.03	0.71
19	Hart van het Carre	0.00	0.12	0.03	0.64
20	Hart van het Carre	0.00	0.12	0.01	0.32
21	Hart van het Carre	0.00	0.11	0.01	0.29
22	Hart van het Carre	0.00	0.09	0.00	0.10
23	Hart van het Carre	0.00	0.09	0.00	0.10
24	Hart van het Carre	0.00	0.12	0.00	0.12
25	Hart van het Carre	0.00	0.12	0.01	0.32
26	Muurwoningen	0.00	0.15	0.01	0.17
27	Muurwoningen	0.00	0.12	0.01	0.35
28	Muurwoningen	0.00	0.13	0.04	0.83
29	Muurwoningen	0.01	0.17	0.07	1.38
30	Muurwoningen	0.01	0.17	0.01	0.20

Kleur	Toelichting
	Mogelijke overschrijding, alleen 's nachts
	Mogelijke overschrijding, zowel overdag als 's nachts

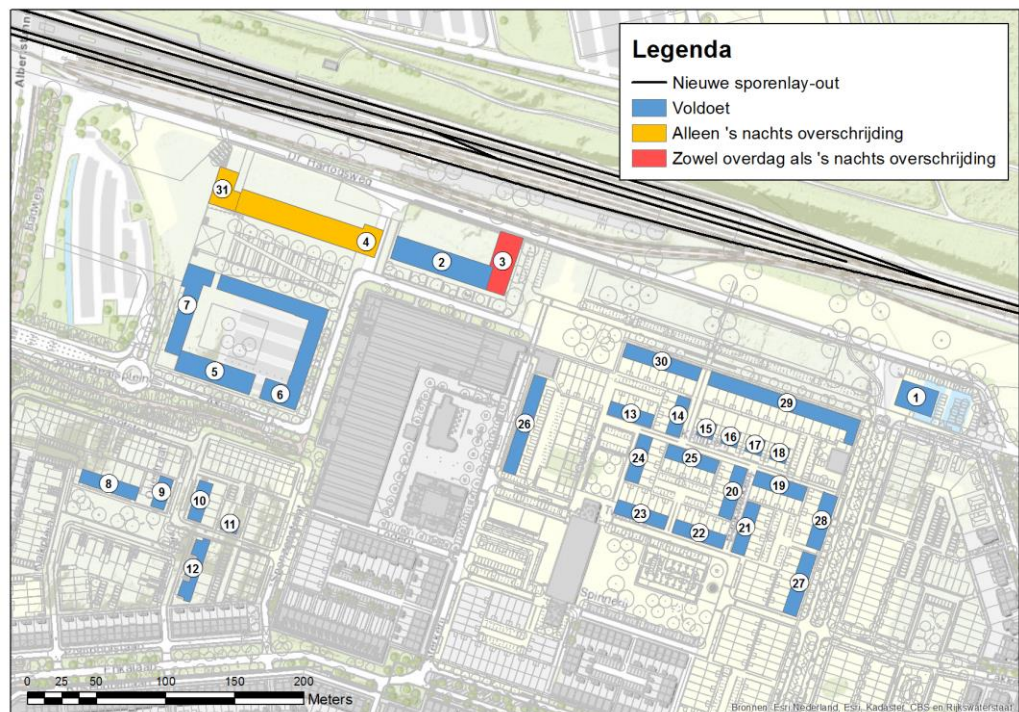
De verticale trillingen op midden vloerveld zijn in de meeste gevallen dominant boven de horizontale trillingen, vooral omdat de horizontale beweging van een pand doorgaans meer demping kent dan de verticale beweging van vloeren, waardoor de trillingen in horizontale richting minder sterk worden opgeslingerd.

Een aantal opmerkingen bij de resultaten:

- Zonder correctie voor de wissels treden er vrij hoge tot zeer hoge trillingswaarden op in de bouwblokken Hart van het Carre, bij de Muurwoningen en in bouwvlak H5. Zoals gemeld is de verwachting dat het vernieuwen van de sporen leidt tot een aanzienlijke verbetering van de trillingen, en dat de resultaten onder 'Verwachte trillingen' representatief zijn voor de eindsituatie. In de analyse wordt daarom van deze situatie uitgegaan.
- In de bouwblokken van het veld H treden de hoogste trillingen op. Dit zijn de enige bouwblokken waar een overschrijding niet kan worden uitgesloten op basis van de verwachte trillingsniveaus. In alle gevallen zijn het doorgaande ICE's en goederentreinen die voor de overschrijdingen zorgen. Het gaat om incidentele overschrijdingen, veroorzaakt door treinen met ongunstige trillingskarakteristieken.

- Bij enkele bouwblokken in veld H zijn de verwachte trillingen (50%-waarde) van enkele treinen weliswaar hoger dan de streefwaarden voor nieuwbouw, maar wel lager dan de streefwaarden voor bestaande bebouwing, waarin het zogenaamde ‘gewenningseffect’ is meegenomen. Dit treedt na verloop van tijd op, mensen wennen dan aan het wonen langs het spoor met de bijbehorende geluids- en trillingseffecten. Gezien het incidentele karakter van de treinpassages die hoger zijn dan de streefwaarden, en het feit dat de trillingen lager zijn dan de (hogere) streefwaarden voor bestaande bebouwing, ontstaat geen onaanvaardbaar woon- en leefklimaat. De trillingen van het overgrote deel van de treinen blijven ruim onder de streefwaarden, dit is terug te zien in de lage waarden van de trillingsintensiteit V_{per} .

De locaties van de bouwblokken waar een overschrijding van de streefwaarden voor een nieuwe situatie niet kan worden uitgesloten, zijn weergegeven in Figuur 5-1.



Figuur 5-3 Locaties van bouwvlakken met mogelijke overschrijding (verwachte situatie)

5.2.2. Bovengrens van trillingen in gebouwen

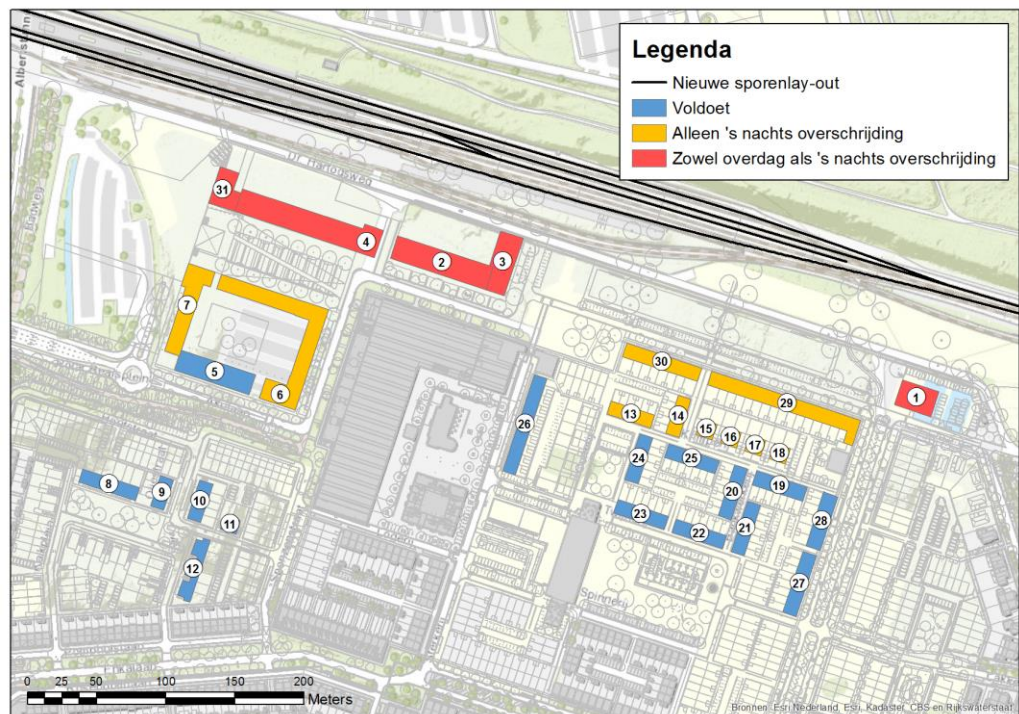
De hierboven genoemde waarden zijn de verwachtingswaarde van de trillingen (50%-waarde). Met de 95%-waarde is een bovengrens voor te verwachten trillingen gegeven, deze 95%-waarde correspondeert met de bovengrens aan de opslingering van trillingen in woningen zoals wij die tegenkomen in praktijkmetingen. Concreet correspondeert deze 95%-bovengrenswaarde met een situatie waarin gebouwen relatief kaal zijn ingericht (grote open ruimtes, weinig tussenwanden, vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van staal en beton). De 50%-waarde correspondeert meer met de meest voorkomende situaties en is naar verwachting het meest representatief voor de te bouwen woningen.

In Tabel 5-3 is per bouwblok de bovengrens van de trillingen in de woningen weergegeven. Overschrijdingen van het beoordelingskader zijn in de tabel oranje gearceerd wanneer er alleen een overschrijding optreedt van de (strengere) streefwaarden voor de nacht, en rood als ook de (minder strenge) streefwaarden voor de dag worden overschreden. In deze tabel zijn alleen de resultaten weergegeven voor de 'Verwachte situatie', dus inclusief het verwachte effect van de spoorvernieuwing.

Tabel 5-3 *Bovengrens voor trillingen in woningen*

Bouwblok	Perceel	V _{max}	V _{per}
1	H5	0.03	0.47
2	H	0.04	0.59
3	H	0.08	1.26
4	H	0.05	0.68
31	H	0.07	0.84
5	I	0.01	0.31
6	I	0.02	0.32
7	I	0.02	0.42
8	J3	0.01	0.20
9	J3	0.01	0.21
10	J3	0.01	0.21
11	J3	0.00	0.13
12	J3	0.00	0.12
13	Hart van het Carre	0.02	0.31
14	Hart van het Carre	0.02	0.34
15	Hart van het Carre	0.02	0.32
16	Hart van het Carre	0.02	0.32
17	Hart van het Carre	0.02	0.32
18	Hart van het Carre	0.02	0.31
19	Hart van het Carre	0.02	0.28
20	Hart van het Carre	0.02	0.28
21	Hart van het Carre	0.01	0.25
22	Hart van het Carre	0.01	0.22
23	Hart van het Carre	0.01	0.23
24	Hart van het Carre	0.02	0.28
25	Hart van het Carre	0.02	0.28
26	Muurwoningen	0.01	0.32
27	Muurwoningen	0.01	0.24
28	Muurwoningen	0.01	0.29
29	Muurwoningen	0.02	0.33
30	Muurwoningen	0.02	0.33

De locaties van de bouwblokken waar een overschrijding van de streefwaarden voor een nieuwe situatie niet kan worden uitgesloten, zijn weergegeven in Figuur 5-1.



Figuur 5-4 Locaties van bouwvlakken met mogelijke overschrijding (bovengrens)

Een aantal opmerkingen bij de resultaten:

- Ook bij de 95 procentswaarde is er in de bouwblokken met overschrijdingen sprake van incidentele overschrijdingen (minder dan 1 keer per dag), uitgezonderd de twee bouwblokken waar ook een overschrijding is van V_{per} , hier gaat het om meer dan één keer per uur een overschrijding van de streefwaarden. Dit is terug te zien in de hogere waarde van V_{per} (bouwblokken 3 en 31).
- Zoals eerder vermeld zijn, bij een goede bouwwijze, de rekenresultaten voor de verwachtingswaarde het meest representatief. De bovengrenswaarde is alleen representatief bij relatief slappe, open gebouwen met weinig demping in de constructie (veel staal in de constructie, weinig tussenwanden, etc.).

5.3 Betrouwbaarheid

De prognoses zijn gebaseerd op de meest recente inzichten en de uitgangspunten zoals opgenomen in hoofdstuk 2. Desondanks zijn er een aantal parameters die kunnen leiden tot andere uitkomsten dan zoals hierboven beschreven:

1. Wijzigingen in de sporenlay-out, het spoorgebruik of de rijnsnelheid van de treinen ten opzichte van de situatie waarvan in dit onderzoek is uitgegaan (*Spoorzone Ede*). In het geval van wijzigingen buiten de spoorzone zal ProRail doorgaans trillingsonderzoek uitvoeren. Overigens is een verhoging van de rijnsnelheid niet waarschijnlijk gezien de huidige snelheden. Verder is de invloed van het verwijderen van de wissels, zoals eerder aangegeven, nog onzeker. In de praktijk geven nieuwe wissels op afstanden van meer dan 50 meter doorgaans geen hogere trillingen dan doorgaand spoor. De geconstateerde hogere trillingen op 70 meter van een aantal wissels in de huidige situatie (met ouder type wissels) worden naar verwachting, gezien de lage uitdemping van de trillingen met de afstand, echter wel veroorzaakt door de daar aanwezige wissels. In de toekomst, na vernieuwing van het spoor in het kader van het project *Spoorzone Ede*, liggen er minder wissels,

liggen deze verder weg en zijn dit nieuwe wissels, waardoor er ook in bouwvlak H5 geen hogere trillingen worden verwacht dan bij doorgaand spoor. De hiervoor vermelde predictie van de verwachte trillingen is daarom naar verwachting meer accuraat dan de predictie van de trillingen ‘zonder spoorvernieuwing’ zoals weergegeven in Tabel 5-2 en Tabel 5-3.

2. Toename van het aantal treinen, waardoor de waarde van V_{per} hoger wordt. De waarde van V_{max} neemt hierdoor niet toe. De waarde voor V_{per} is nu echter dusdanig laag, dat ook bij verhoging van de intensiteit van goederentreinen geen overschrijdingen te verwachten zijn;
3. De ligging van het spoor heeft invloed op de trillingen van het treinverkeer, deze spoorligging hangt samen met (onder meer) de onderhoudscyclus van het spoor. Naar verwachting zorgt deze variatie in spoorligging voor een variatie van +/- 25 procent in de trillingen;
4. Omdat de exacte detaillering van de bebouwing nog niet bekend is, is de spreiding in te verwachten waarden op midden veld nog vrij hoog. Deze spreiding is in rekening gebracht in de prognoses van de 50%-waarde en de 95%-waarde.

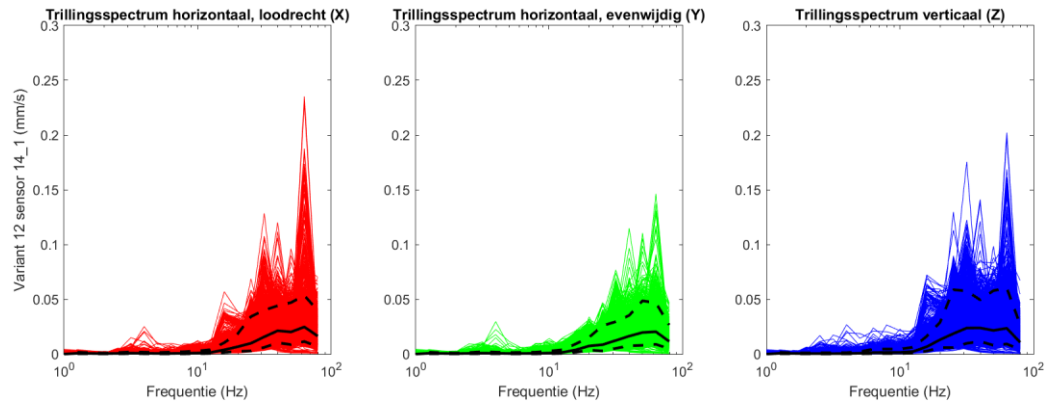
5.4 Voorkomen van trillingshinder

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan in een aantal bouwblokken dichtbij het spoor in veld H een overschrijding van de (strengere) streefwaarden voor een nieuwe situatie niet worden uitgesloten, ook bij een goede bouwwijze. Dit komt vooral doordat de trillingen slecht uitdempsen met de afstand op de stijve bodem ter plaatse van het ENKA-terrein, waardoor de trillingen ook op grotere afstand nog vrij hoog zijn. Een belangrijke nuancering hierbij is dat de trillingen in de genoemde bouwblokken weliswaar hoger zijn dan de streefwaarden voor nieuwbouw, maar wel lager dan de streefwaarden voor bestaande bebouwing, waarin het zogenaamde ‘gewinningseffect’ is meegenomen. Dit treedt na verloop van tijd op, mensen wennen dan aan het wonen langs het spoor met de bijbehorende geluids- en trillingseffecten. Gezien het incidentele karakter van de treinpassages die hoger zijn dan de streefwaarden, en het feit dat de trillingen lager zijn dan de (hogere) streefwaarden voor bestaande bebouwing, ontstaat geen onaanvaardbaar woon- en leefklimaat. De trillingen van het overgrote deel van de treinen blijven ruim onder de streefwaarden, dit is terug te zien in de lage waarden van de trillingsintensiteit V_{per} .

Op basis van bovenstaande adviseren wij het volgende:

- Gezien het incidentele karakter van de overschrijdingen en het feit dat er geen overschrijdingen zijn van de streefwaarden voor een bestaande situatie, zijn er geen maatregelen noodzakelijk om een acceptabel woon- en leefklimaat in de woningen te garanderen. Vereist is daarbij wel dat een vanuit trillingsperspectief ‘goede bouwwijze’ wordt gekozen, d.w.z. het beperken van grote open ruimtes en een kolommenstructuren in de onderste bouwlagen en het prefereren van metselwerk boven beton, en beton boven staal.
- Wanneer het wenselijk is om de trillingen toch verder te reduceren, dan kan in bouwblok H in de panden dichtbij het spoor gekozen worden voor een dempende oplegging van de vloeren of de fundering (loskoppelen van de vloeren van de constructie door rubberen oplegblokken, of loskoppelen van de fundering door middel van een dubbele fundatie met rubberen oplegblokken daartussen). Bij de keuze van de oplegblokken is het belangrijk dat de eigenfrequentie van het systeem niet hoger is dan zo’n 10 Hz, omdat het effect van de maatregel anders averechts kan zijn, zie ook Figuur 5-5. Hiervoor is een relatief slap rubberen oplegblok

noodzakelijk. Wanneer de massa van de woningen bekend is, kan in overleg met een fabrikant een juist oplegblok worden gekozen.



Figuur 5-5 Verwachte trillingsspectra in bouwblok 3 (bouwvlak H). Te zien is dat de trillingen toenemen vanaf ca. 15 Hz

Een minder ingrijpende (en dus minder kostbare) maatregel is om bij de detaillering van de panden rekening te houden met de trillingen, door bijvoorbeeld een vloertype te kiezen met meer demping (zo heeft een breedplaatvloer een hogere demping dan een kanaalplaatvloer of een massieve betonvloer), en te kiezen voor materialen met een zo hoog mogelijke demping (staal heeft bijv. minder demping dan beton, beton minder dan metselwerk en metselwerk weer minder dan hout). Ook het toevoegen van extra binnenwanden leidt tot een hogere demping. Met deze maatregelen kunnen de trillingen naar verwachting ook worden teruggebracht tot onder de streefwaarden voor een nieuwe situatie.

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek zijn metingen en berekeningen uitgevoerd om de verwachte trillingsniveaus in nieuw te bouwen woningen in Ede (ENKA-terrein) te bepalen. Deze verwachte waarden zijn getoetst aan de streefwaarden voor nieuwbouw uit de SBR-B-richtlijn.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan in een aantal bouwblokken dichtbij het spoor in veld H een overschrijding van de (strengere) streefwaarden voor een nieuwe situatie niet worden uitgesloten, ook bij een goede bouwwijze. Dit komt vooral doordat de trillingen slecht uitdempsen met de afstand op de stijve bodem ter plaatse van het ENKA-terrein, waardoor de trillingen ook op grotere afstand nog vrij hoog zijn. Een belangrijke nuancering hierbij is dat de trillingen in de genoemde bouwblokken weliswaar hoger zijn dan de streefwaarden voor nieuwbouw, maar wel lager dan de streefwaarden voor bestaande bebouwing, waarin het zogenaamde ‘gewenningseffect’ is meegenomen. Dit treedt na verloop van tijd op, mensen wennen dan aan het wonen langs het spoor met de bijbehorende geluids- en trillingseffecten.

Op basis van dit onderzoek adviseren wij het volgende:

- Gezien het incidentele karakter van de overschrijdingen en het feit dat er geen overschrijdingen zijn van de streefwaarden voor een bestaande situatie, zijn er geen maatregelen noodzakelijk om een acceptabel woon- en leefklimaat in de woningen te garanderen. Vereist is daarbij wel dat een vanuit trillingsperspectief ‘goede bouwwijze’ wordt gekozen, d.w.z. het beperken van grote open ruimtes en een kolommenstructuur in de onderste bouwlagen en het prefereren van metselwerk boven beton, en beton boven staal.
- Wanneer het wenselijk is om de trillingen toch verder te reduceren, dan kan in bouwblok H in de panden dichtbij het spoor gekozen worden voor een dempende oplegging van de vloeren of de fundering (loskoppelen van de vloeren van de constructie door rubberen oplegblokken, of loskoppelen van de fundering door middel van een dubbele fundatie met rubberen oplegblokken daartussen). Bij de keuze van de oplegblokken is het belangrijk dat de eigenfrequentie van het systeem niet hoger is dan zo’n 10 Hz. Hiervoor is een relatief slap rubberen oplegblok noodzakelijk. Wanneer de massa van de woningen bekend is, kan in overleg met een fabrikant een juist oplegblok worden gekozen.
Een minder ingrijpende (en dus minder kostbare) maatregel is om bij de detaillering van de panden rekening te houden met de trillingen, door bijvoorbeeld een vloertype te kiezen met meer demping (zo heeft een breedplaatvloer een hogere demping dan een kanaalplaatvloer of een massieve betonvloer), en te kiezen voor materialen met een zo hoog mogelijke demping (staal heeft bijv. minder demping dan beton, beton minder dan metselwerk en metselwerk weer minder dan hout). Ook het toevoegen van extra binnenwanden leidt tot een hogere demping. Met deze maatregelen kunnen de trillingen naar verwachting ook worden teruggebracht tot onder de streefwaarden voor een nieuwe situatie.

Om trillingshinder te voorkomen zal bij de nadere detaillering van de bouwblokken een trillingsdeskundige betrokken zijn bij de toetsing van VO en DO van de bouwblokken.

Colofon

Opdrachtgever AM

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Infrastructuur: Waterbouw, Geotechniek en Dynamica

Utrecht

Telefoon 030 - 265 3670

Ondertekenaar Pieter Boon
Adviseur Dynamica

Projectnummer RM006304

Kenmerk D79-MKA-KA-1800197

Bijlage I - Gegevens van de metingen

Conform de eisen in de SBR B-richtlijn, hoofdstuk 11, bevat deze bijlage de gegevens van de metingen.

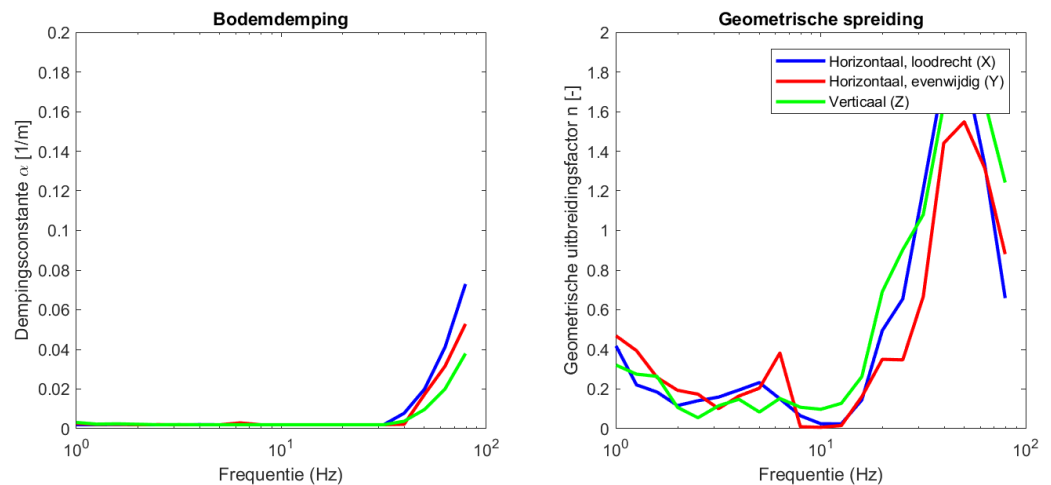
1	Uitvoerende organisatie	<i>Movares Nederland B.V. Daalseplein 101 3511 SX Utrecht</i>
	Verantwoordelijke persoon	<i>Ir. P.M. Boon e-mail: pieter.boon@movares.nl tel.: 06-10039454</i>
2	Meting uitgevoerd door	<i>Mohamed Kabbouch</i>
3	Tijdperiode meting	<i>19-09-2018 13:50 tot 19-09-2018 17:30 (korteduurmeting) 11-09-2016 12:10 tot 19-11-2018 18:00 (langeduurmeting)</i>
4	Type trillingsbron	<i>Treinen.</i>
5	Gebouwomschrijving	<i>Woningen met een maximale bouwhoogte van 27 m.</i>
6	Locatie metingen	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 2</i>
7	Geotechnische gegevens	<i>Zie Bijlage III</i>
8	Meetposities	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 2</i>
9	Gebruikte meetopnemers	<i>Tien 3D-geofoons</i>
	Gebruikte registratieapparatuur	<i>Webcam gekoppeld aan meetcomputer</i>
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	<i>Raspberry Pi met USB-DUX. Meetcomputers leggen zowel de trillingssterkte per 30 seconden als het tijdssignaal vast.</i>
10	Overzicht meetwaarden	<i>Zie figuren in hoofdstuk 4</i>
11	Motivatatie classificatie gebouw	<i>Zie hoofdstuk 2</i>
12	Overige relevante omstandigheden	<i>Zie hoofdstuk 2</i>

© 2018, Movares Nederland B.V.

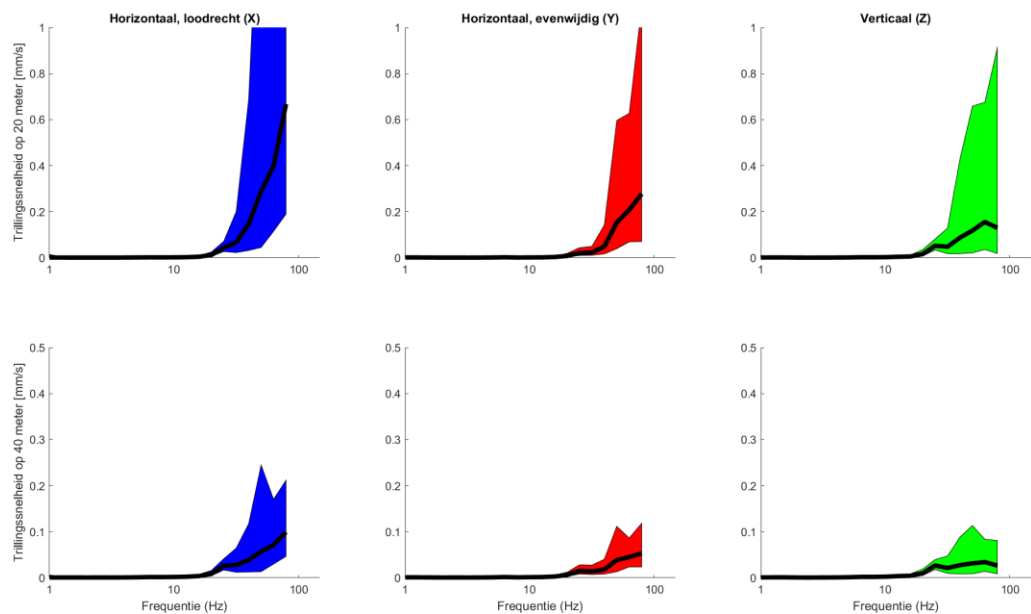
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage II - Meetresultaten

In Figuur II - 1 zijn de dynamische bodemeigenschappen weergegeven. Links is de bodemdemping weergegeven, rechts de geometrische spreiding van de trillingen. De bodemdemping is zeer laag, waardoor de trillingen slecht uitdempnen met de afstand. Dit komt door de stijve zandbodem, zie ook Bijlage III. In Figuur II - 2 zijn de trillingsspectra (gemiddelde en bandbreedte) weergegeven van passerende intercity's op 20 en 40 meter afstand, zoals gemeten op maaiveld. Duidelijk zichtbaar is hier dat de trillingen met name hoogfrequent (boven de 50 Hz) zeer hoog zijn.

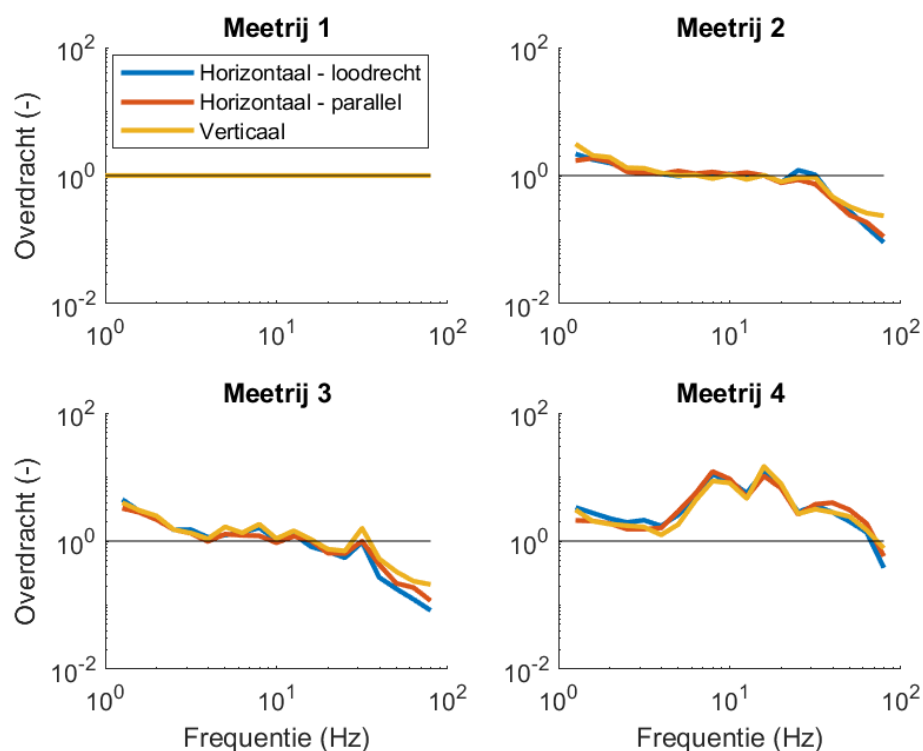


Figuur II - 1 Bodemdemping en geometrische spreiding bij het ENKA-terrein



Figuur II - 2 Trillingssnelheid op 20 m en 40 m van de eerste meetrij

In Figuur II - 3 is de verhouding weergegeven tussen de verschillende meetpunten, gedefinieerd van links naar rechts in Figuur 2-2 als meetrij 1, meetrij 2 (enkel meetpunt), meetrij 3 (enkel meetpunt) en meetrij 4. Een waarde kleiner dan 1 betekent dat de trillingen op de betreffende sensor lager zijn dan bij meetrij 1, een waarde boven 1 betekent dat de trillingen op de betreffende sensor hoger zijn. De verhouding is weergegeven als tertsbandspectrum tussen 1 en 100 Hz. Duidelijk zichtbaar is hier dat meetrij 2 en 3 vooral hoogfrequent wat lagere trillingen laten zien, maar verder goed vergelijkbaar zijn, terwijl meetrij 4 (vermoedelijk door de verouderde wissels daar) tot wel een factor 10 hogere trillingen geeft tussen de 6 en 30 Hz.



Figuur II - 3 Verhouding tussen trillingssignalen in de overige meetpunten ten opzichte van het referentiemeetpunt uit de langeduurmeting (meetrij 1).

Bijlage III – Bodemopbouw

In het hierna volgende document zijn representatieve sonderingen voor het gebied weergegeven.

Hoofdvestiging

Strijkviertel 30, 3454 PM De Meern

T: 030 - 666 1746 | F: 030 - 666 4854

I: www.vandijktech.nl | E: info@vandijktech.nl**GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.****Nevenvestiging**

Overspoor 9, 1688 JG Nibbixwoud

T: 0229 - 578 123 | F: 0229 - 578 847

E: nibbixwoud@vandijktech.nl

Datum : 6 november 2017

Opdrachtnummer : **116804**

Project : woningbouw ontwikkeling
Enka monumentale muur

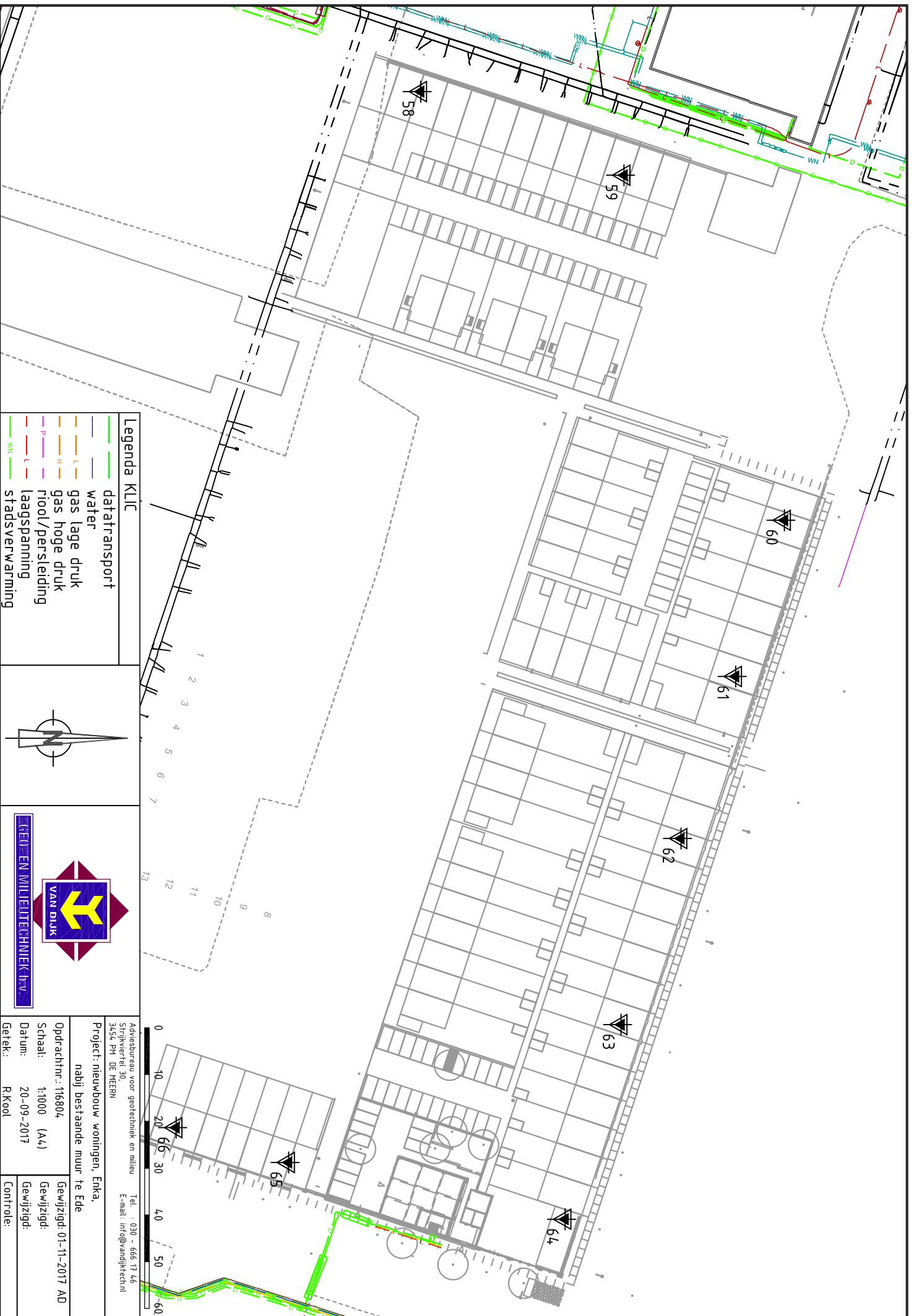
Plaats : **EDE**

Opdrachtgever : AM BV Noordwest
t.a.v. dhr. B.W. Gipman
Postbus 4052
3502 HB Utrecht
030-6097222

Constructeur : Ingenieursbureau Goudstikker-de Vries b.v.
t.a.v. dhr. A. Dijkstra
Postbus 10009
1301 AA Almere
036-5483400 / 036-5483499

Inhoud

Situatie : 1
Sonderingen : 9
Waterpasstaat : 1
Elektrisch sonderen : 1
Verklaring der tekens : 1



58

Plaatselijke wrijving (MPa) ———→

0 0.05 0.10 0.15 0.20

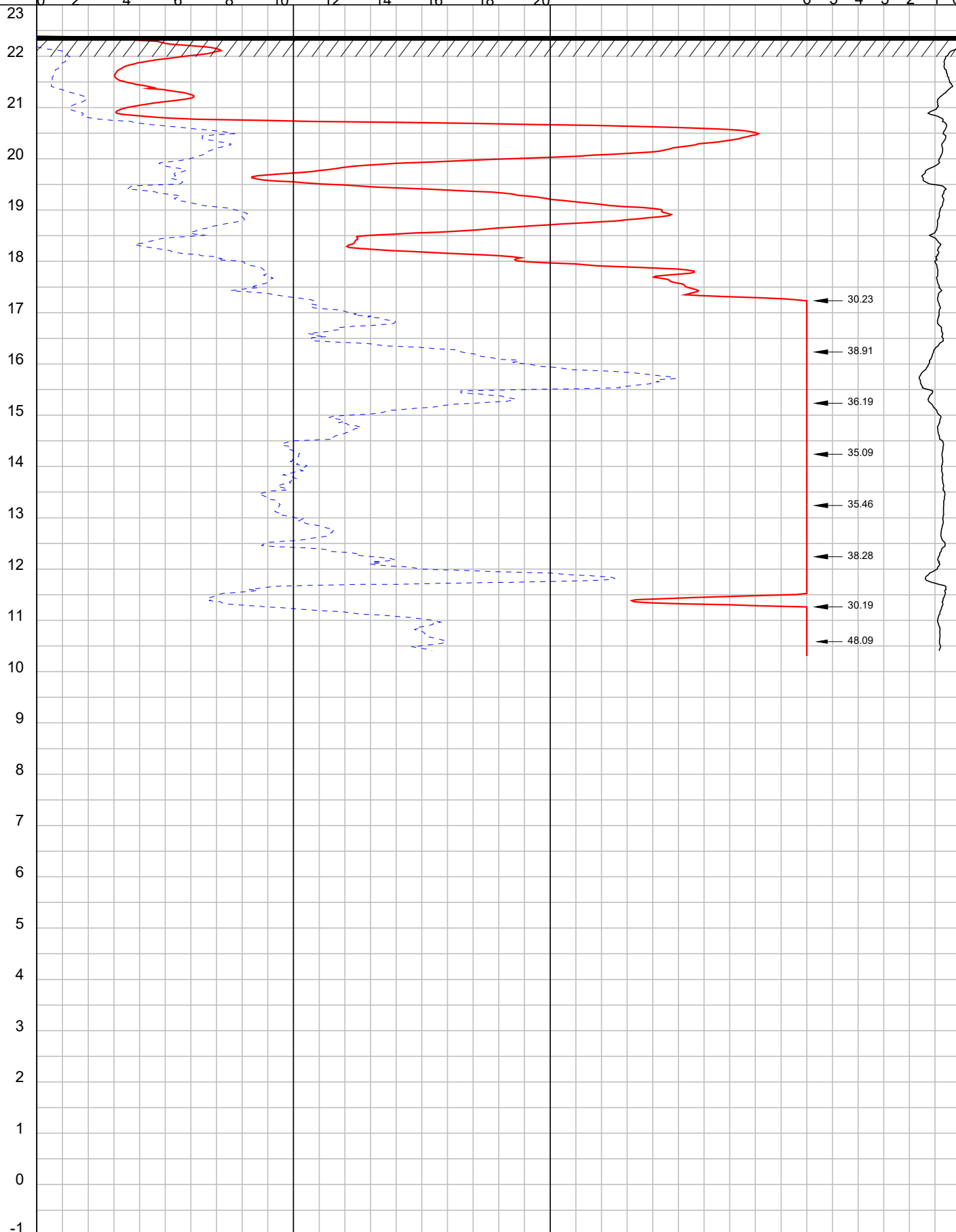
Conusweerstand (MPa) ———→

← Wrijvingsgetal (%)

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20

6 5 4 3 2 1 0

DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

Plaats : Ede

Maaiveld : 22.39 m t.o.v. NAP

Uitgevoerd : 20-10-2017

conus : CF-15 140118

Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

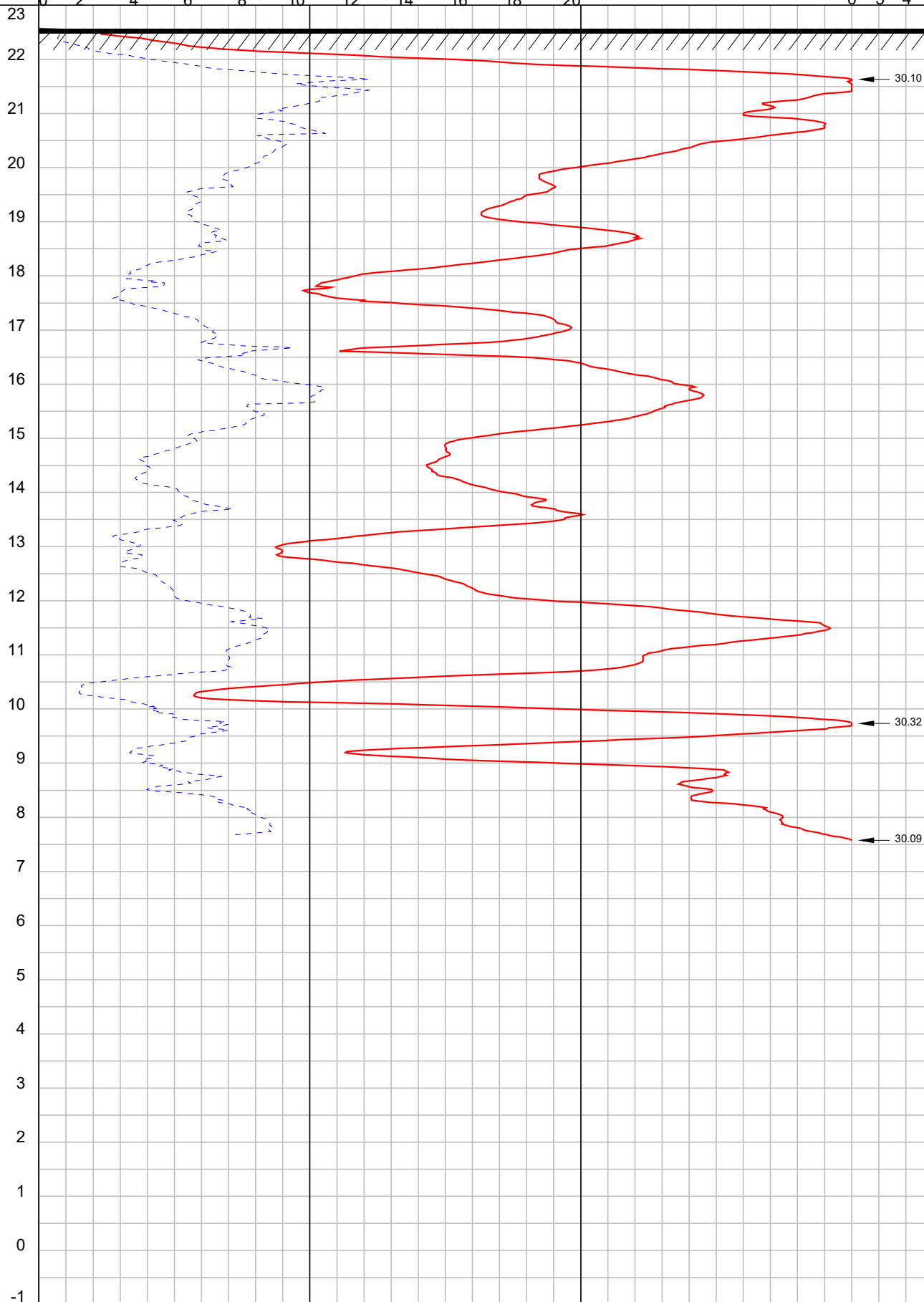
SONDERING : 58

59

Plaatselijke wrijving (MPa) ———→
 0 0.05 0.10 0.15 0.20
 Conusweerstand (MPa) ———→

← Wrijvingsgetal (%)
 6 5 4 3 2 1 0

DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



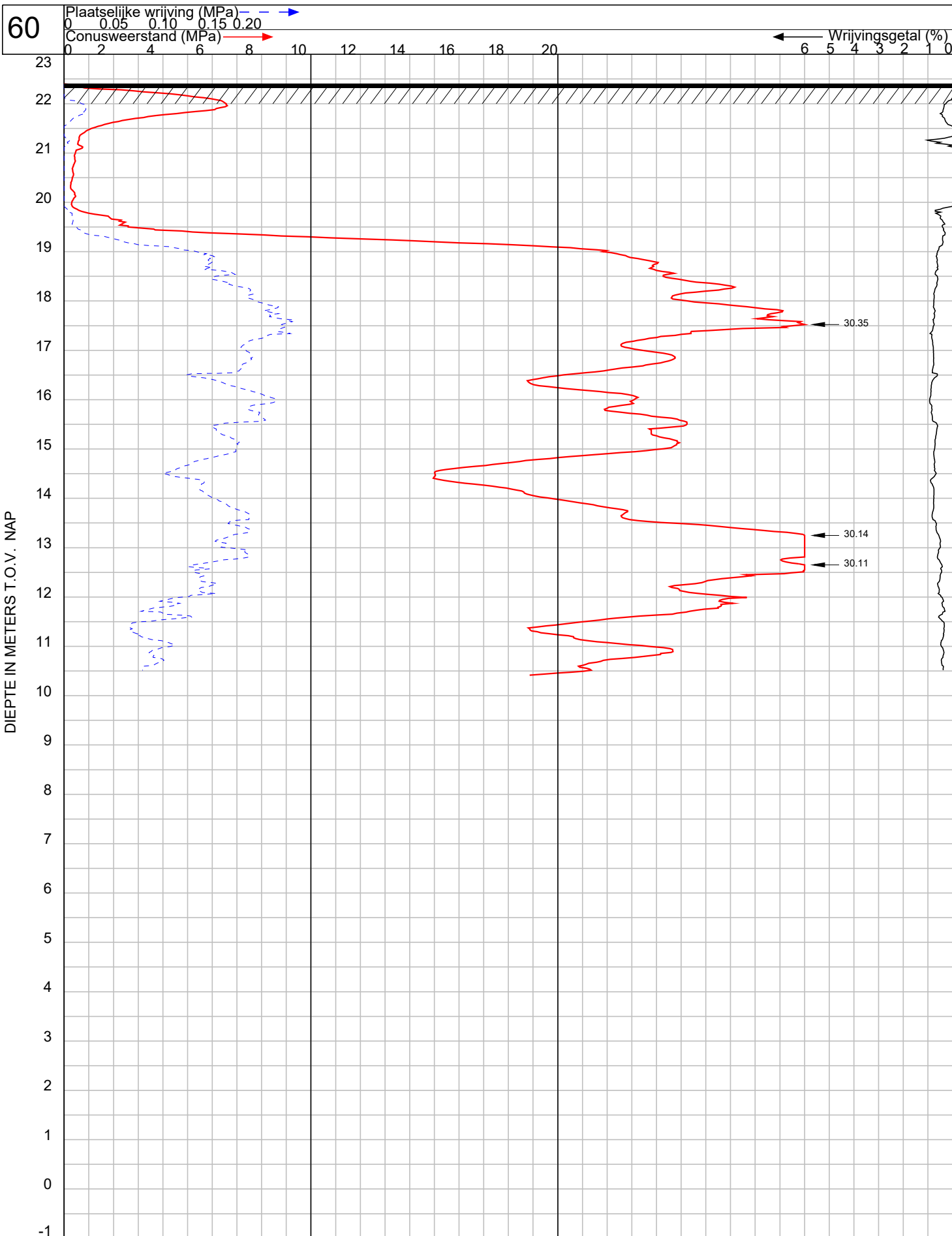
GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

Plaats : Ede

Maaiveld : 22.57 m t.o.v. NAP
 Uitgevoerd : 20-10-2017 conus : CF-15 140118
 Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

SONDERING : 59



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

Plaats : Ede

Maaiveld : 22.40 m t.o.v. NAP
 Uitgevoerd : 20-10-2017 conus : CF-15 140118
 Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

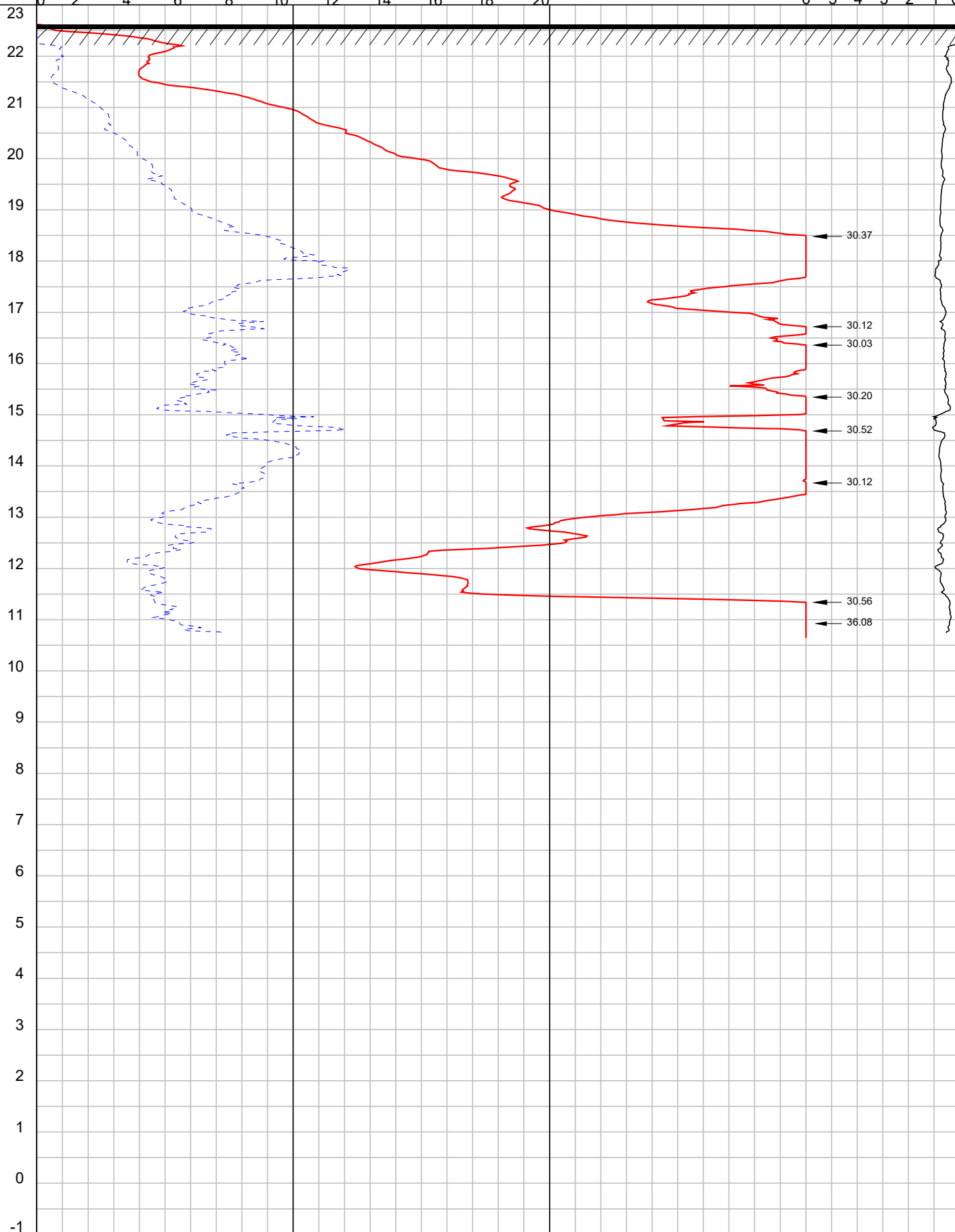
SONDERING : 60

61

Plaatselijke wrijving (MPa) ———→
 0 0.05 0.10 0.15 0.20
 Conusweerstand (MPa) ———→

← Wrijvingsgetal (%)
 6 5 4 3 2 1 0

DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

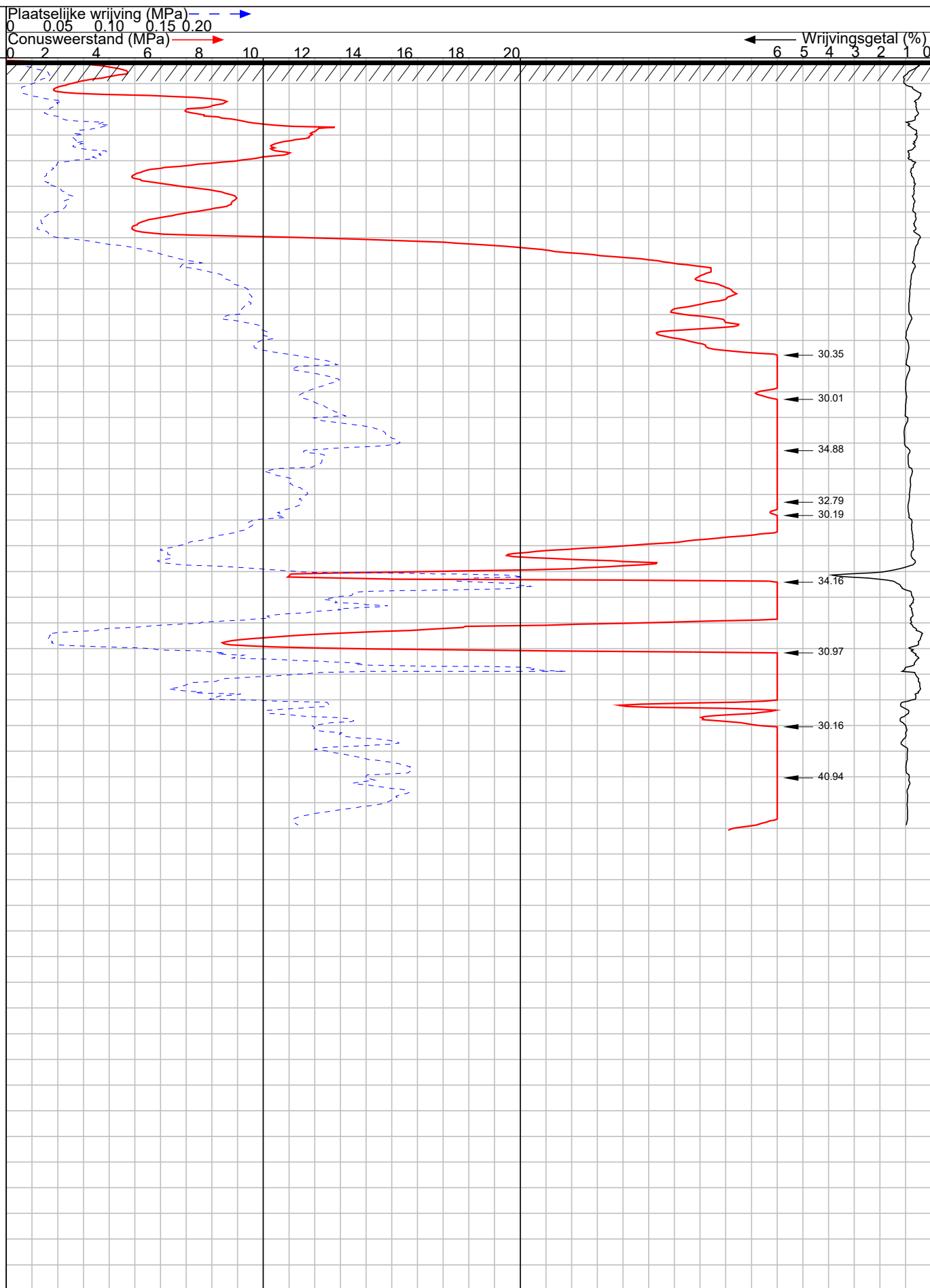
Plaats : Ede

Maaiveld : 22.62 m t.o.v. NAP
 Uitgevoerd : 20-10-2017 conus : CF-15 140118
 Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

SONDERING : 61

62



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

Plaats : Ede

Maaiveld : 22.95 m t.o.v. NAP

Uitgevoerd : 20-10-2017

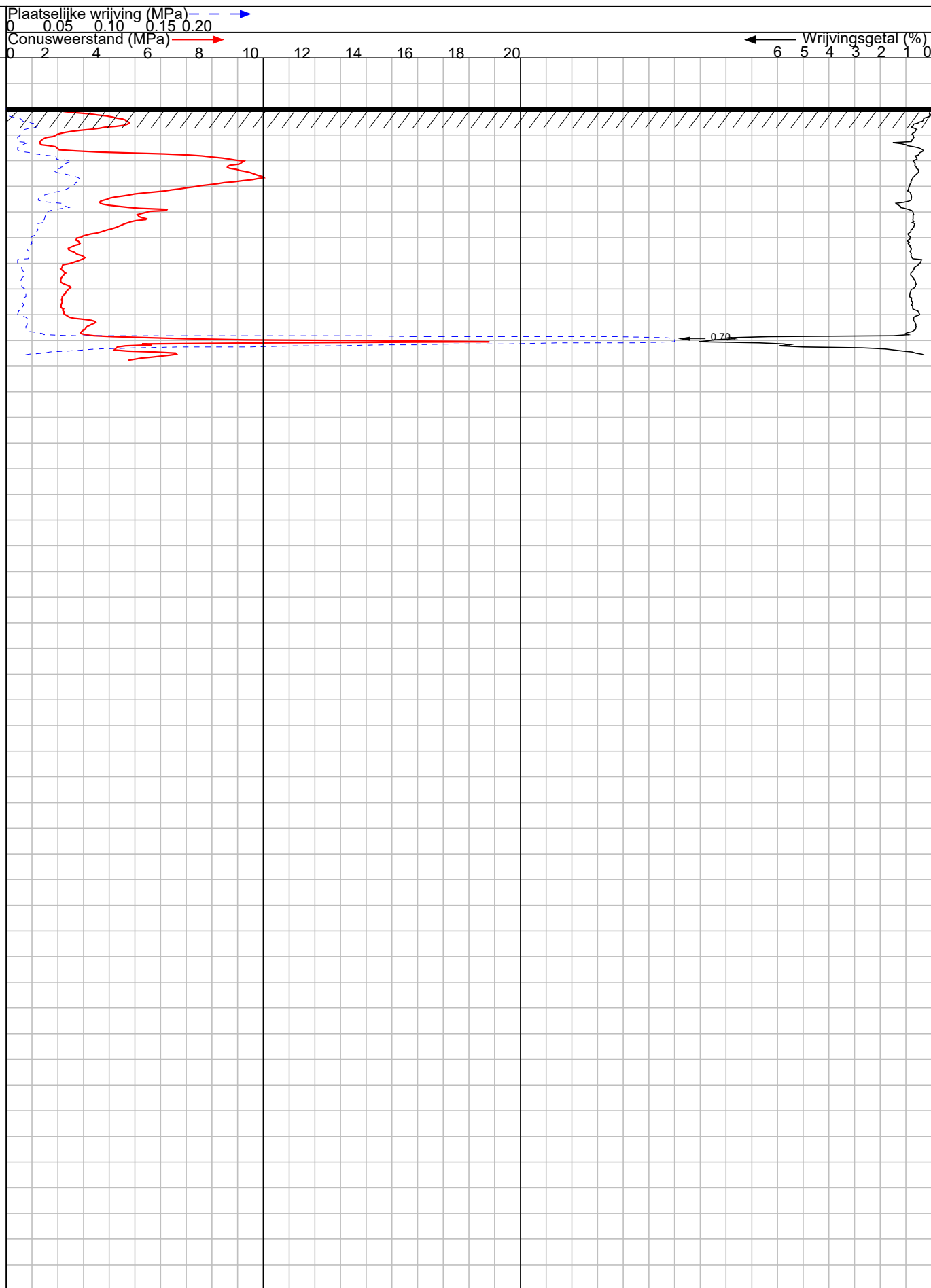
conus : CF-15 140118

Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

SONDERING : 62

63



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

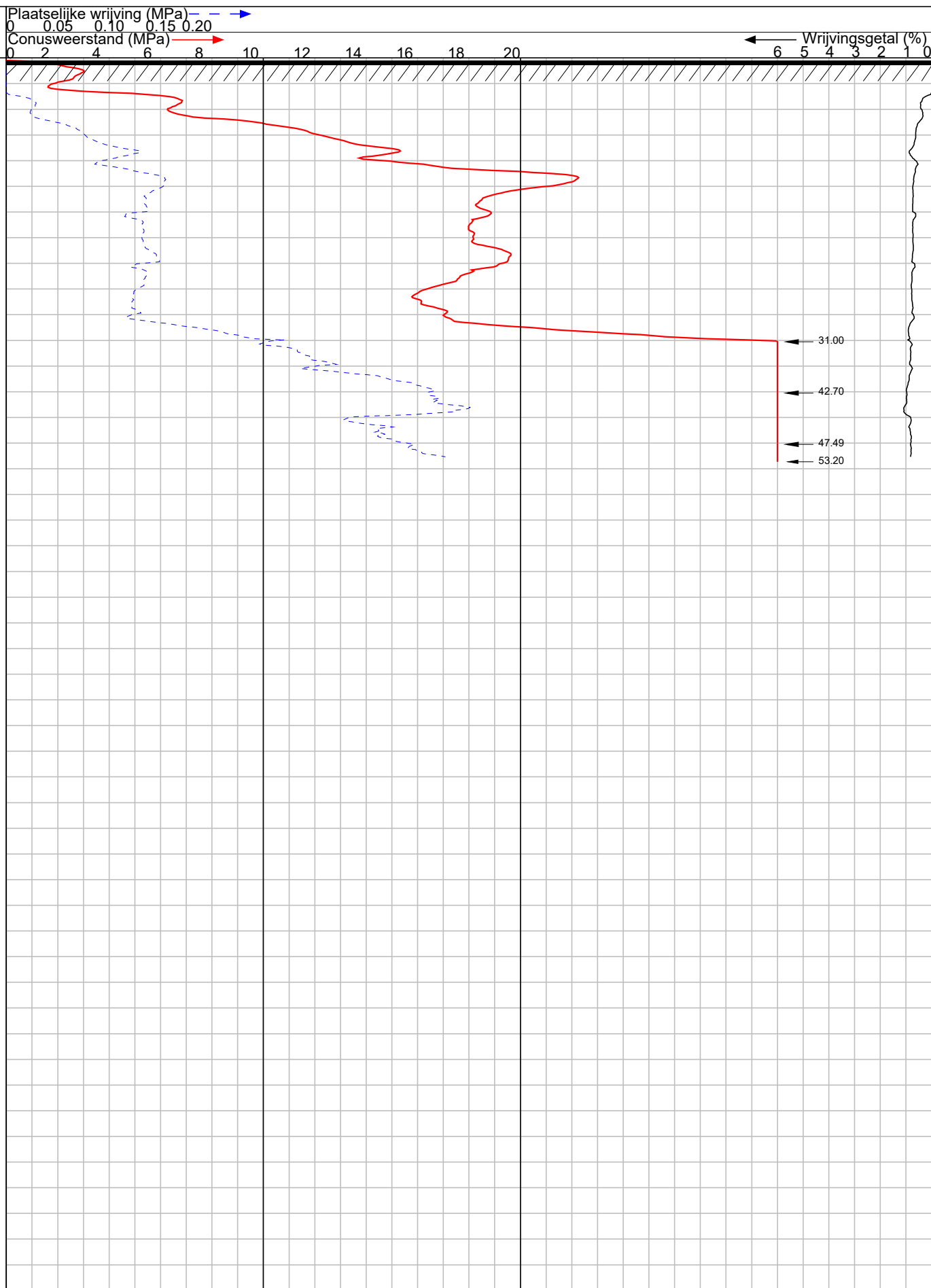
Plaats : Ede

Maaiveld : 23.03 m t.o.v. NAP
 Uitgevoerd : 20-10-2017 conus : CF-15 140118
 Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

SONDERING : 63

64



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

Plaats : Ede

Maaiveld : 22.95 m t.o.v. NAP
 Uitgevoerd : 20-10-2017 conus : CF-15 140118
 Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

SONDERING : 64

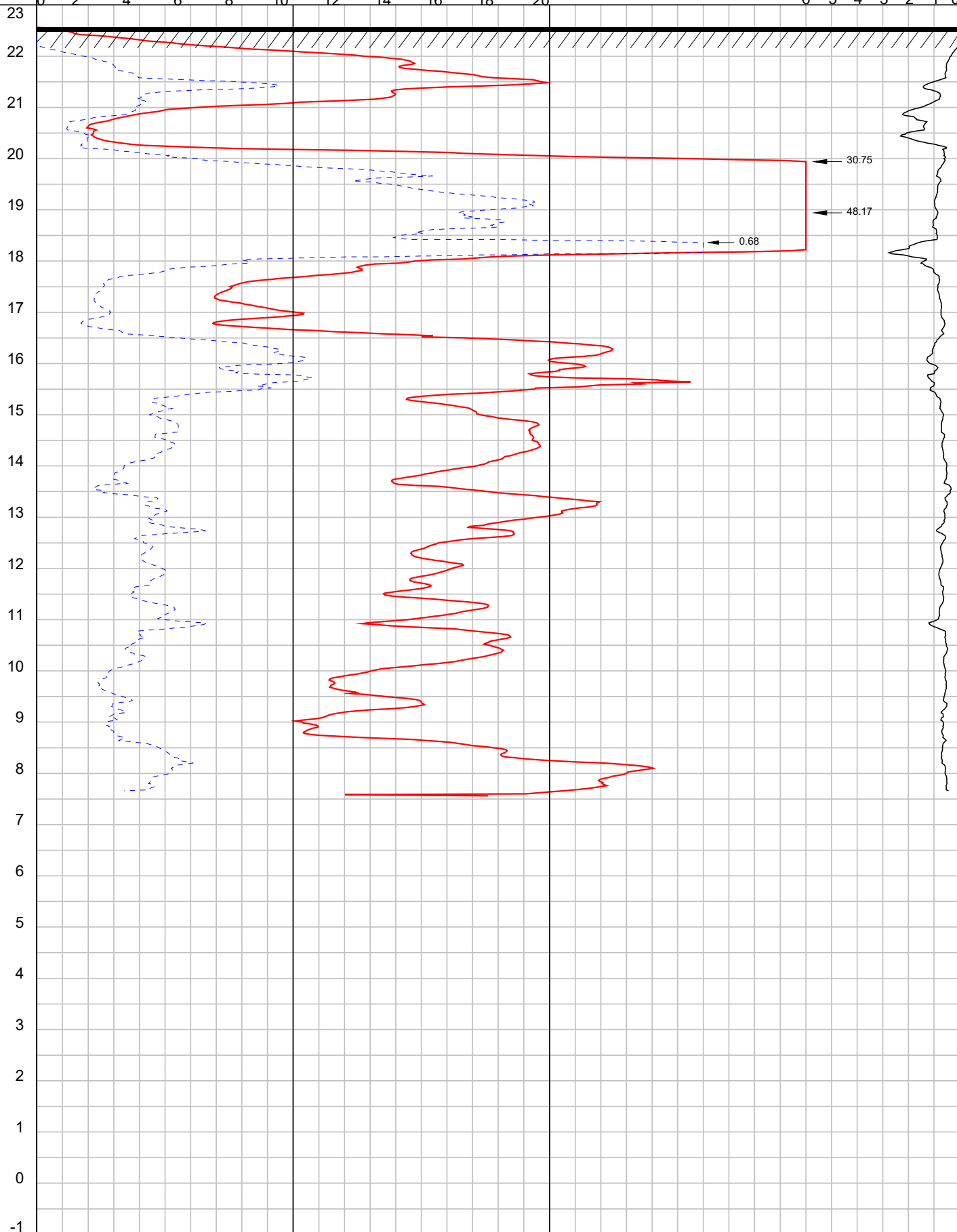
65

Plaatselijke wrijving (MPa) ———→

Conusweerstand (MPa) ———→

← Wrijvingsgetal (%)

DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

Plaats : Ede

Maaiveld : 22.56 m t.o.v. NAP

Uitgevoerd : 20-10-2017

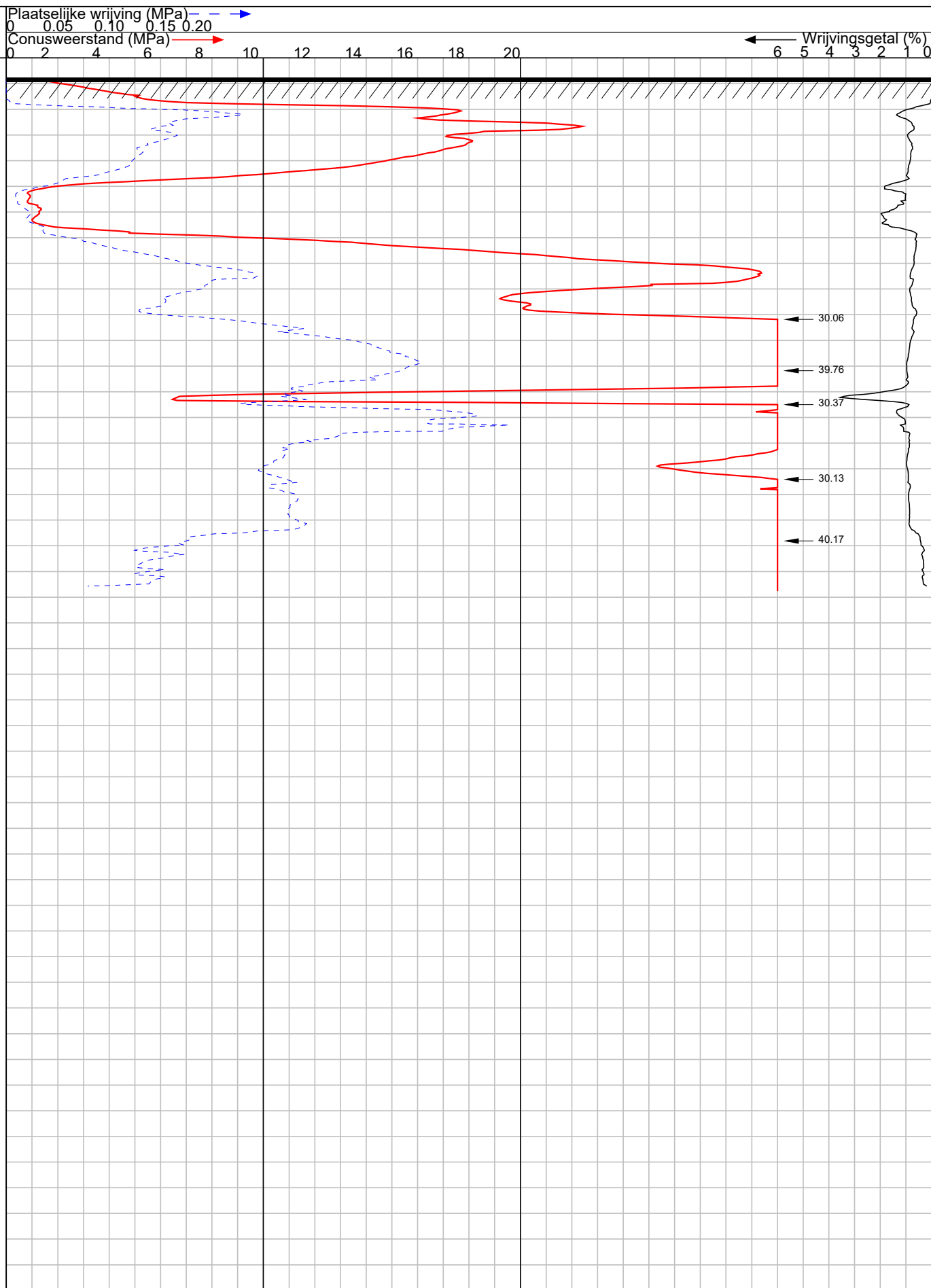
conus : CF-15 140118

Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

SONDERING : 65

66



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

Plaats : Ede

Maaiveld : 22.61 m t.o.v. NAP
 Uitgevoerd : 13-10-2017 conus : CF-15 140118
 Omschrijving : nieuwbouw woningen Enka, bestaande muur

OPDRACHT NR: 116804

SONDERING : 66

WATERPASSTAAT



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

OPDRACHTNR.: 116804		PLAATS:Ede	
sondering/boring nr	hoogte maaiveld in m t.o.v. NAP	RD X-coördinaten in m	RD Y-coördinaten in m
58	22,39	174973,28	448525,37
59	22,57	174991,14	448568,81
60	22,40	175064,89	448603,10
61	22,62	175098,26	448592,67
62	22,95	175132,91	448580,99
63	23,03	175172,68	448568,18
64	22,95	175214,26	448556,22
65	22,56	175202,14	448497,12
66	22,61	175194,70	448473,08
put	22,75		
bk.betonbalk	22,54		
De gemeten hoogten en coördinaten zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan deze rapportage			
Meetmethode:	Coördinaten en hoogten gemeten met 06-GPS		
Gewaterpast door:	van DIJK geo- en milieutechniek b.v.		
Datum waterpassing:	5 oktober 2017		
Datum verwerking:	1 november 2017		

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Algemeen

De sonderingen worden bij van Dijk geo- en milieutechniek bv uitgevoerd conform NEN – EN-ISO 22476-1:2012/CI.

De sondeerresultaten geven een goed en betrouwbaar beeld van de gelaagdheid van de ondergrond.

De sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm² en een tophoek van 60° wordt met een constante snelheid van 20 mm/s in de grond gedrukt. Indien ook de plaatselijke wrijving gemeten moet worden, zal een conus met een mantel van ca 15000 mm² worden toegepast. De meetsignalen worden met een kabel, dan wel via een lichtgeleider (draadloos), naar een meeteenheid, verbonden aan een computer, gestuurd. De gedigitaliseerde meetsignalen worden opgeslagen.

De bestanden worden op kantoor definitief verwerkt. De gemeten parameters worden tegen de diepte uitgezet.

Klassenindeling

In de norm NEN-EN-ISO 22476-1:2012/CI is de nauwkeurigheid van sonderen in 4 toepassingsklassen verdeeld. Zoals uit onderstaande tabel volgt is de indeling gebaseerd op de nauwkeurigheid van meting van de parameters en de diepte.

toepassingsklasse	meetgrootte	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand Plaatselijke wrijving Helling Sondeerdiepte	35kPa of 5% 5 kPa of 10% 2° 0,1 m of 1%	20 mm
2	Conusweerstand Plaatselijke wrijving Helling Sondeerdiepte	100 kPa of 5% 5 kPa of 15% 2° 0,1 m of 1%	20 mm
3	Conusweerstand Plaatselijke wrijving Helling Sondeerdiepte	200 kPa of 5% 25 kPa of 15% 5° 0,2 m of 2%	50 mm
4	Conusweerstand Plaatselijke wrijving Sondeerlengte	500kPa of 5% 50 kPa of 20% 0,2 m of 2%	50 mm
Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid (van de meetwaarde).			

Standaard zal van Dijk geo- en milieutechniek bv sonderen in toepassingsklasse 3 met een meetinterval van 20 mm.

Wrijvingsgetal

Wordt tijdens het sonderen simultaan conusweerstand en plaatselijke wrijving gemeten, dan kan het wrijvingsgetal worden berekend.

Dit is het quotiënt uitgedrukt in procenten van de plaatselijke wrijving en conusweerstand op een bepaalde diepte ($R_f = f_s/q_c \cdot 100\%$).

Dit wrijvingsgetal geeft meer inzicht omtrent de bodemopbouw onder de grondwaterstand.

In grote lijnen kunnen de volgende hoofdgrondsoorten worden herkend:

grondsoort	R_f in %	grondsoort	R_f in %
grof zand	0,2 – 0,6	klei	3,0 – 5,0
zand	0,6 – 1,2	potklei	5,0 – 7,0
silt/leem	1,2 – 4,0	veen	5,0 - >10

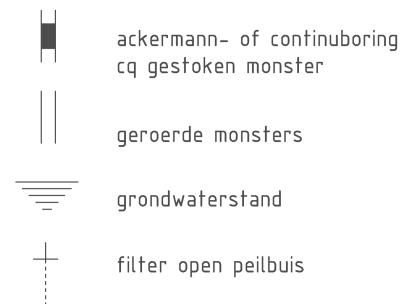
Boven de grondwaterstand en in geroerde gronden kunnen aanzienlijke afwijkingen voorkomen. Overigens geven wrijvingsgetallen een indicatie van de samenstelling van de ondergrond. Boringen al dan niet met ongeroerde monsters, aangevuld met laboratorium proeven, geven uiteraard meer inzicht.

verklaring der tekens



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

BOORSTAAT

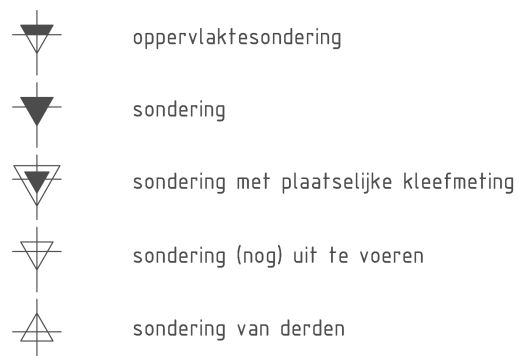


peilbuis

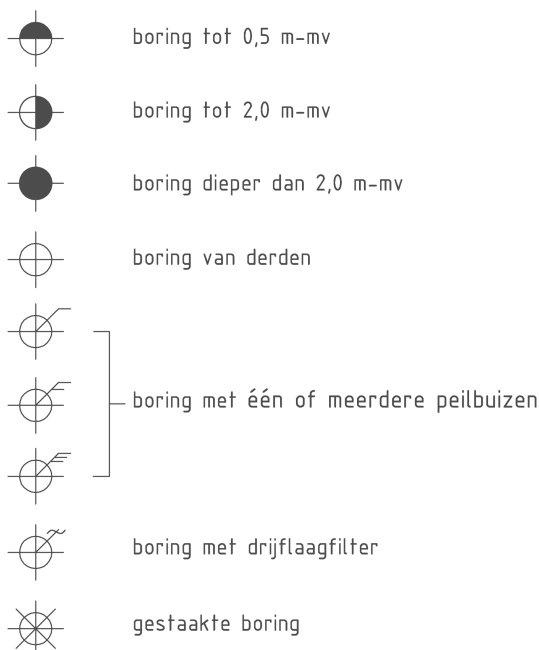


SITUATIETEKENING

sonderingen



boringen – peilbuizen



diversen

