

BMO - 6 MEI 2008 005604

Beh. Ambt.:
Streefdat.:
Afschr.:
B.V.O.:

Gemeente Woerden
t.a.v. de heer C. Vermeent
Postbus 45
3440 AA WOERDEN

Project : Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden
Betreft : Toezending definitief rapport
Ons kenmerk : T.2007.0219.00.B001/RFE/JZA

Arnhem, 29 april 2008

Geachte heer Vermeent,

Hierbij ontvangt u in drievoud definitief rapport T.2007.0219.00.R001 van 29 april 2008 betreffende het trillingsonderzoek in het kader van bovengenoemd project.

Met vriendelijke groeten,
DGMR Bouw B.V.

R.G. Fennema

ing. R.G. Fennema

Bijlagen: 3 rapporten

Gemeente Woerden 08.005604



Registratiedatum: 06/05/2008
Behandelend afdeling RMD
Afgehandeld door/op:

k:\doc\t\2007\021900\t2007021900b001.doc 29-04-2008

Adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software

lid
ONRI
info@dgmr.nl
www.dgmr.nl

Van Pallandtstraat 9-11, Postbus 153
NL-6800 AD Arnhem
T +31 (0)26 351 21 41
F +31 (0)26 443 58 36

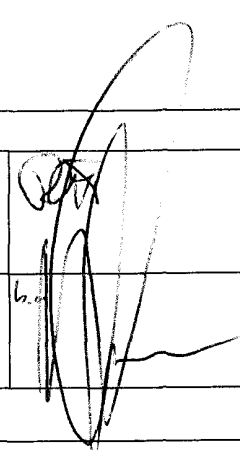
Eisenhowerlaan 112, Postbus 82223
NL-2508 EE Den Haag
T +31 (0)70 350 39 99
F +31 (0)70 358 47 52

Morra 2, Postbus 671
NL-9200 AR Drachten
T +31 (0)512 52 23 24
F +31 (0)512 52 25 19

Prof. P. Willemsstraat 21-23
NL-6224 CC Maastricht
T +31 (0)43 362 36 54
F +31 (0)43 352 00 20



Colofon

Rapportnummer:	T.2007.0219.00.R001	
Plaats en datum:	Arnhem, 29 april 2008	
Versie:	002	Status: DEFINITIEF
Opdrachtgever:	Gemeente Woerden Postbus 45 3440 AA WOERDEN	
Contactpersoon:	de heer C.J.M. Vermeent Telefoon: +31 (0)348 42 89 05 Fax: +31 (0)348 42 41 08 E-mail:	
Uitgevoerd door:	DGMR Bouw B.V. Informatie: ing. R.G. Fennema E-mail: rfe@dgm.nl Telefoon: +31 (0)26 351 21 41 Fax: +31 (0)26 443 58 36	
Auteur(s):	ing. R.G. Fennema ir. B.J. Aalbers	
Eindverantwoordelijke: Voor deze:	ir. P.J. van Bergen ing. B. van der Graaf	
Secretariaat:	JZA	

©DGMR Bouw B.V. Alle rechten voorbehouden. Wilt u (delen van) dit rapport kopiëren of vermenigvuldigen, vraagt u dan schriftelijk toestemming daarvoor bij DGMR Bouw B.V.

Samenvatting

In opdracht van de gemeente Woerden heeft DGMR Bouw B.V. onderzoek gedaan naar de te verwachten trillingssterkten in woningbouw en kantorenbouw op de bouwlocatie(s) Snellerpoort. Snellerpoort ligt ten zuiden van station Woerden en de spoorlijn Utrecht – Den Haag. De spoorlijn bestaat uit vier sporen en wordt intensief bereden door stoptreinen, intercity's en goederentreinen. De locatie Snellerpoort bestaat uit twee langgerekte kavels parallel aan het spoor. De westelijke kavel is bestemd voor kantoorontwikkeling en de oostelijke kavel is bestemd voor woningbouw.

Het trillingsonderzoek heeft tot doel om de invloed van treinverkeer op de lijn Utrecht – Den Haag op de te ontwikkelen bouwwerken te kunnen prognosticeren en te toetsen aan de vigerende richtlijnen. Als toetsingskader is daarbij aangehouden de SBR-richtlijn Trillingen, deel B – "Hinder voor personen in gebouwen".

Het onderzoek heeft bestaan uit verkennende trillingsmetingen op zowel de westelijke alsook de oostelijke kavel, metingen aan twee woningen ten noorden van het spoor en metingen aan het kantoorgebouw van Roche op de locatie Snellerpoort, zij het op ruime afstand van het spoor.

Trillingsmetingen op de westelijke en oostelijke kavel van het bouwplan Snellerpoort laten grote verschillen zien in zowel de amplitude van de trillingssterkte alsook de spectrale verdeling ervan. Deze verschillen zijn onder andere toe te schrijven aan de aanwezigheid van wissels, de spooruitvoering en de rijnsnelheden van het treinmateriaal, maar ook aan de bodemopbouw ter plaatse.

Trillingsmetingen aan de woning Colijnstraat 23 in de Staatsliedenbuurt en het kantoor van Roche in het plan Snellerpoort laten bovendien tegenstrijdigheden zien in de overdrachtsverzwakking van bodem naar gebouwfundatie. Voor de woning Colijnstraat 23 is de overdracht ook sterk afwijkend van hetgeen volgens de theorie verwacht mag worden wat mogelijk is te wijten aan de zeer slappe toplaag van de bodem. De sonderingsgegevens laten zien dat de bovenste 6 m van het bodempakket bestaat uit een zeer slappe klei-/veenlaag. Verwacht wordt dat trillingen in deze slappe toplaag maar een beperkte aanstoting van op palen gefundeerde bouwwerken tot gevolg hebben.

De prognoseberekningen die rekening houden met voornoemde effecten laten zien dat op de westelijke kavel in het geval van utiliteitsbouw (vier tot acht verdiepingen) al op een rooilijnafstand van 25 m kan worden voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B.

Voor de woningbouw op de oostelijke kavel is de verwachting dat in het geval van gestapelde bouw op een rooilijnafstand van 30 m tot het spoor weliswaar kan worden voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B voor de dagperiode, maar niet aan de streefwaarde A2 voor de $v_{\max}$ in de nachtperiode. Om ook aan deze streefwaarde te kunnen voldoen, is een rooilijnafstand benodigd van circa 50 m. Voor laagbouw is een nog iets grotere rooilijnafstand van circa 60 m aan te bevelen.

Inhoudsopgave	Pagina
1. INLEIDING.....	6
2. SITUATIE EN UITGANGSPUNTEN	7
2.1 Bebouwing	7
2.2 Bodemopbouw.....	7
2.3 Spoor	8
3. TOETSINGSKADER	9
3.1 Trillingshinder voor personen.....	9
4. TRILLINGSMETINGEN	10
4.1 Bouwkavels	10
4.2 Referentie bebouwing	11
4.2.1 <i>Kantoor Roche</i>	11
4.2.2 <i>Woningen Staatsliedenbuurt</i>	11
5. MEETRESULTATEN	12
5.1 Trillingsmetingen bouwkwavel.....	12
5.1.1 <i>Vertikaal</i>	12
5.1.2 <i>Horizontaal</i>	13
5.1.3 <i>Trillingsspectra</i>	13
5.2 Trillingsmetingen bebouwing	14
5.2.1 <i>Kantoor Roche</i>	14
5.2.2 <i>Staatsliedenbuurt</i>	14
6. PROGNOSE RAILVERKEER	16
6.1 Uitgangspunten	16
6.1.1 <i>Bronspectrum</i>	16
6.1.2 <i>Trillingsoverdracht bodem naar fundatie</i>	16
6.1.3 <i>Trillingsoverdracht naar hoger gelegen verdiepingen</i>	17
6.1.4 <i>Vloerveldversterking</i>	17
6.2 Prognoseresultaten	17
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	19

Figuren

- Figuur 1: trillingsregistratie v_{top} bouwkavel oost
- Figuur 2: bemande registratie bouwkavel oost
- Figuur 3: trillingsregistratie v_{top} bouwkavel west
- Figuur 4: bemande registratie bouwkavel west
- Figuur 5: afstandsverzwakking bodem en verzwakking bodem naar fundatie
- Figuur 6: trillingsspectra kavel west
- Figuur 7: trillingsspectra kavel oost (Roche)
- Figuur 8: trillingsspectra kavel oost (fietstunnel)
- Figuur 9: trillingsregistratie kantoor Roche
- Figuur 10: spectrale trillingsverzwakking bodem naar gebouw
- Figuur 11: trillingsregistratie Staatsliedenbuurt
- Figuur 12: trillingsspectra Colijnstraat 23
- Figuur 13: vergelijk trillingsspectra Colijnstraat 23 en Lohmanstraat 32
- Figuur 14: bronspectra treinpassages

- Bijlage 1: overzicht meetposities
- Bijlage 2: meetjournaal
- Bijlage 3: trillingsprognoses railverkeer
- Bijlage 4: trillingsprognoses gestapelde bouw 50 m
- Bijlage 5: trillingsprognoses laagbouw 60 m

1. Inleiding

In opdracht van de gemeente Woerden heeft DGMR Bouw B.V. onderzoek gedaan naar de te verwachten trillingssterkten in woningen en kantoren op de bouwlocatie(s) Snellerpoort. Snellerpoort ligt ten zuiden van de spoorlijn Utrecht – Den Haag en oostelijk van station Woerden. Aanleiding voor dit onderzoek zijn diverse klachten van bewoners van panden op betrekkelijk korte afstand tot het spoor. In het verleden zijn hiervoor door derden nadere trillingsmetingen uitgevoerd.

De spoorlijn bestaat uit vier sporen en wordt intensief bereden door stoptreinen, intercity's en goederentreinen. De doorgaande treinen die niet stoppen op station Woerden bereiken daarbij rijksnelheden tot 130 km/u. De locatie Snellerpoort bestaat globaal uit twee kavels. De Westelijke kavel meet ongeveer 300 bij 60 m en is bestemd voor kantoorontwikkeling. De oostelijke kavel meet ongeveer 600 bij 130 tot 200 m en is bestemd voor woningbouw.

Het trillingsonderzoek heeft tot doel om de invloed van treinverkeer op de lijn Utrecht – Den Haag op de te ontwikkelen bouwwerken te kunnen prognosticeren en te toetsen aan de vigerende richtlijnen. Voor de nieuwbouw zijn door de opdrachtgever geen specifieke trillingseisen geformuleerd. Als toetsingskader voor trillingen wordt daarom aangehouden de SBR-richtlijn Trillingen, deel B – "Hinder voor personen in gebouwen".

Het onderzoek heeft bestaan uit verkennende trillingsmetingen op zowel de westelijke alsook de oostelijke bouwkvael, metingen aan twee woningen in de Staatsliedenbuurt ten noorden van het spoor en metingen aan het kantoorgebouw van Roche dat zich op de locatie Snellerpoort bevindt, zij het op ruime afstand van het spoor.

Om een gefundeerde prognose te kunnen maken van trillingen in de bouwwerken door railverkeer is het van belang om de trillingen op de bouwkvael, de trillingsoverdracht van bodem naar bouwwerk en de overdracht naar hoger gelegen verdiepingen te kennen.

Daarom zijn behalve trillingsmetingen op de bouwkvaelen ook metingen verricht aan het gebouw van Roche op 100 m ten zuiden van het spoor en de woningen Dr. Colijnstraat 23 en De Savornin Lohmanstraat 32 in de Staatsliedenbuurt ten noorden van het spoor. Deze woningen liggen op een afstand van 20 à 25 m tot het spoor.

In dit rapport worden de meetresultaten gepresenteerd en geanalyseerd en worden de prognoses van de te verwachten trillingssterkten door railverkeer getoetst aan de SBR-richtlijn trillingen.

2. Situatie en uitgangspunten

2.1 Bebouwing

De invulling van zowel de westelijke alsook de oostelijke kavel is nog niet definitief. Van belang voor de prognose zijn de aan te houden rooilijnafstanden en de constructieve gegevens van de bebouwing. In het uitwerkingsplan WRNO018/Pme/concept van 30 november 2006 wordt op de oostelijke kavel aaneengesloten bebouwing getoond op een rooilijnafstand van circa 50 m. De eerstelijns bebouwing bestaat uit vier tot maximaal negen bouwlagen appartementen en is tevens bedoeld als geluidsafscherming voor verder van het spoor af gelegen bebouwing.

Tussen de eerstelijns bebouwing en het spoor ligt nog een waterpartij. Mogelijk wordt deze nog aan de andere zijde van de bebouwing gelegd waarmee de bebouwing opschuift richting spoor tot een rooilijnafstand van circa 30 m.

Op de westelijke kavel worden contouren getoond van bebouwing (kantoren) op circa 25 m van het spoor. Deze rooilijn afstand zal vermoedelijk niet meer wijzigen. Ook hier is de verwachting dat de bebouwing zal bestaan uit vier tot negen bouwlagen.

2.2 Bodemopbouw

Voor de oostelijke kavel met bestemming woningbouw zijn sonderingsgegevens ontvangen met kenmerk:

- Van Dijk Geo- en Milieutechniek, opdracht 110962 van 22 januari 2008.

Uit de sonderingsgegevens blijkt dat de bodemopbouw globaal bestaat uit een circa 6 m dikke zeer slappe toplaag bestaand uit klei, veen en los gepakt zand. Hieronder bevindt zich een zandpakket tot aan de verkende diepte van 20 m met oplopende conusweerstand van 5 tot 20 MPa. Op circa 13m –NAP gaat het zandpakket over van matig naar vast gepakt met duidelijk hogere waarden voor de conusweerstand.

Op 6 à 7 m –NAP bevindt zich een scherpe laagscheiding tussen de klei-/veenbovenlaag en het onderliggende zandpakket.

Vanwege het grote verschil in samenstelling van de top- en onderlaag en de scherpe laagscheiding mag worden verwacht dat:

- trillingen met frequentie vanaf 10 à 15 Hz slecht worden doorgegeven;
- laagfrequente trillingen door resonanties in de toplaag en reflecties op de laagscheiding relatief ver kunnen dragen.

Op grond van de sonderingen mag verwacht worden dat voor woningbouw het paalpuntniveau op minimaal 9 m –NAP zal liggen en voor utiliteitsbouw nog dieper.

Omdat de toplaag als zeer slap is te beschouwen, mag worden verwacht dat de trillingsoverdracht naar punten op ruime afstand van het spoor deels via de dieper liggende dragende laag zal geschieden. Anderzijds kunnen bouwwerken op palen minder gevoelig zijn voor de in de toplaag (dominant) aanwezige trillingen tot 10 Hz vanwege blokkering van trillingen via de funderingspalen met de stevige onderlaag. De gedane trillingsmetingen op maaiveld zijn in elk geval met de nodige voorzichtigheid te hanteren ten behoeve van de trillingsprognose.

2.3 Spoor

De spoorlijn Utrecht – Den Haag is recentelijk uitgebreid van twee naar vier sporen. De sporen liggen enigszins verhoogd op een talud. Ter plaatse van het station circa 2 m boven maaiveld en in oostelijke richting aflopend tot circa een halve meter boven maaiveld. De aanwezigheid van een talud heeft doorgaans een positieve invloed op het reduceren van trillingen naar de omgeving. De sporen zijn uitgevoerd als voegloos spoor op betonnen dwarsliggers.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de door ProRail opgegeven vervoersintensiteiten voor deze lijn. De gegevens zijn ontleend aan het akoestisch spoorboekje 2007.

Tabel 1
Vervoersintensiteiten naar materieel in bakken per uur (dag/avond/nacht)

Peiljaar	MAT64	ICR/ICM	CARGO	IRM/DDM	SGM
2005	21,66/16,03/4,48	29,82/21,00/3,89	19,79/24,07/27,64	67,78/57,45/14,63	5,60/1,71/1,80
2010-15	32,00/32,00/6,00	56,64/56,64/10,63	44,01/63,70/44,86	215,36/137,36/25,87	--/--/--

In tabel 1 valt te zien dat er in de komende tien jaar een verdubbeling tot verdrievoudiging van het aantal intercity's en goederentreinen valt te verwachten.

3. Toetsingskader

Voor de toetsing van trillingen op het risico van gebouwschade of hinder voor personen in deze gebouwen, heeft de Stichting Bouwresearch in augustus 2002 de SBR-richtlijn 'Trillingen' uitgegeven. Deze richtlijn bestaat uit drie delen met de volgende aandachtsgebieden:

- schade aan gebouwen (deel A);
- hinder voor personen in gebouwen (deel B);
- storing aan apparatuur (deel C).

De richtlijn heeft geen wettelijke status, maar heeft mede door jurisprudentie een ruim draagvlak opgebouwd en wordt geïnterpreteerd als de meest recente stand der inzichten. Voor dit project zijn geen nadere trillingseisen geformuleerd en wordt voor de beoordeling van trillingen op het aspect trillingshinder de SBR-richtlijn deel B aangehouden.

3.1 Trillingshinder voor personen

In de SBR-richtlijn Trillingen, deel B worden voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd (weg- en railverkeer) streefwaarden gesteld voor nieuwe situaties. Voor de gebouwfuncties 'wonen' en 'kantoor' zijn de streefwaarden voor de optredende maximale trillingssterkte $v_{\max}$ en de langtijdgemiddelde effectieve waarde v_{per} in de vloer weergegeven in tabel 1. Of de $v_{\max}$ (A2) of v_{per} (A3) maatgevend is, hangt af van de vervoersintensiteit. Voor de bepaling van de $v_{\max}$ wordt een laagfrequente verzwakking toegepast op de effectieve trillingssterkte v_{eff} vanwege de afnemende gevoeligheid van de mens voor frequenties onder 16 Hz. De $v_{\max}$ is de hoogste waarde van de gewogen effectieve trillingssterkte ($v_{\text{eff},30}$) per periode van 30 seconden.

Tabel 2
Streefwaarden (in mm/s) voor trillingen ter voorkoming van hinder, nieuwe situaties

gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
onderwijs en kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $v_{\max}$; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingsterkte $v_{\max}$;

A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode v_{per} , indien $A1 < v_{\max} < A2$.

De SBR-richtlijn Trillingen deel B is gebaseerd op de DIN4150 Teil 2. Deze richtlijn kwalificeert de trillingssterkten in KB-klassen en hanteert dezelfde laagfrequente weegcurve als de SBR-richtlijn. Hierdoor zijn de dimensieloze getalswaarden voor de $v_{\max}$ (v_{eff}) gelijk aan de KB-waarden. De DIN geeft de volgende kwalificatie:

- $KB \geq 0.1$: juist voelbaar;
- $KB \geq 0.4$: goed voelbaar;
- $KB \geq 1.6$: sterk voelbaar.

In afwijking van de SBR beveelt DGMR voor alle functies een bovenste streefwaarde (A2) van 0.3 mm/s (dagperiode) aan omdat uit ervaring is gebleken dat boven dit niveau het aantal trillingsklachten sterkt toeneemt.

4. Trillingsmetingen

Om een betrouwbare prognose te kunnen maken van de invloed van treinpassages op trillingen in nog te bouwen objecten zijn trillingsmetingen verricht in de bodem op de beide bouwkavels en ter referentie ook aan het kantoor van Roche en de woningen Dr. Colijnstraat 23 en De Savornin Lohmanstraat 32 in de Staatsliedenbuurt. De metingen zijn uitgevoerd op 22 en 23 november 2007.

Tijdens de metingen is het verloop van de effectieve trillingssterkte v_{eff} en de topwaarde van trillingssterkte v_{top} in de tijd vastgelegd en zijn van de zwaarste treinpassages tevens het ruwe trillingssignaal opgeslagen. In het kader van trillingshinder is de effectieve trillingssterkte v_{eff} de maatgevende grootheid waarbij een trillingssterkte groter dan 0.1 mm/s als voelbaar wordt beschouwd.

4.1 Bouwkavels

Op de twee bouwkavels zijn in totaal drie meetlijnen uitgezet haaks op het spoor, elke meetlijn bestond uit twee meetpunten met verschillende afstand tot het spoor. Op de westelijke kavel bevond zich een meetlijn ter hoogte van het station. De meetlijnen op de oostelijke kavel bevonden zich ter hoogte van het kantoorgebouw van Roche en verder oostelijk ter hoogte van de fietstunnel onder het spoor. De meetpunten zijn aangegeven in bijlage 1.

De metingen zijn uitgevoerd met het door TNO ontwikkelde Vibra- α meetsysteem. Deze systemen hebben de hoogst optredende trillingssterkte v_{top} en v_{eff} per interval van 5 sec geregistreerd en daarnaast van de 15 sterkste trillingen per uur het bijbehorende tijdsignaal opgeslagen voor analyse. In tabel 2 zijn de meetrichtingen en gebruikte kanaalnummers te vinden.

Tabel 3
Overzicht meetposities en meetrichtingen

systeem	meetpunt	afstand tot spoor	kanaal	meetrichting
Vibra- α (AH0017) ser.nr. 2011073	kavel west	37 m	1	V : vertikaal
			2	H1 : horizontaal $\perp$ spoor
		15 m	3	V : vertikaal
			4	H1 : horizontaal $\perp$ spoor
Vibra- α (AH0018) ser.nr. 2202-084	kavel oost (Roche)	35 m	1	V : vertikaal
			2	H1 : horizontaal $\perp$ spoor
		25 m	3	V : vertikaal
			4	H1 : horizontaal $\perp$ spoor
Vibra- α (DH1013) ser.nr. 9710035	kavel oost (fietstunnel)	75 m	1	V : vertikaal
			2	H1 : horizontaal $\perp$ spoor
		25 m	3	V : vertikaal
			4	H1 : horizontaal $\perp$ spoor

Op donderdag 22 november tussen 12.30 en 16.00 uur en op vrijdag 23 november tussen 13.30 en 15.00 uur zijn bemande metingen verricht waarbij een journaal is bijgehouden van passerende treinen. Hierdoor bestaat er een directe koppeling tussen individuele treinpassages en de gemeten trillingssterkten op de meetpunten. Passages van goederentreinen in de avonduren zijn bijgehouden door de bewoners van de twee woningen in de Staatsliedenbuurt.

4.2 Referentie bebouwing

4.2.1 Kantoor Roche

Aan het dichtst bij het spoor gelegen hoekpunt van het Roche kantoor is een 2D-trillingsopnemer opgehangen dat de verticale en de horizontale richting evenwijdig aan het spoor heeft gemeten. Een tweede 1D-trillingsopnemer op het zelfde meetsysteem heeft de trillingen in de bodem naast het kantoor gemeten. In verticale richting is hieruit een overdracht te bepalen van bodem naar gebouwfundatie. In tabel 3 zijn de meetrichtingen en gebruikte kanaalnummers te vinden.

Tabel 4
Overzicht meetposities en meetrichtingen

systeem	meetpunt	afstand tot spoor	kanaal	meetrichting
Syscom 055 ser.nr. 6090838	hoekpunt gevel	100 m	1	X : horizontaal ⊥ spoor
			2	Y : horizontaal // spoor
			3	Z : vertikaal

4.2.2 Woningen Staatsliedenbuurt

Aan de woning Colijnstraat 23 is eveneens de overdracht van bodem naar fundatie gemeten. Hiertoe is de woning voorzien van een 2D-opnemer aan de gevel en een 2D-opnemer op de bodem voor de woning. Voor deze meting is een vibra-a systeem ingezet.

De woning Savornin Lohmanstraat 32 is voorzien van een 3D-opnemer aan de gevel. Voor de meting is een trillingsmeetsysteem van het type Syscom MR2002 ingezet. Omdat niet in de bodem is gemeten, kan voor deze woning geen overdracht worden bepaald, maar wel een goede indruk worden verkregen van te verwachten trillingen op een woning fundatie.

In tabel 4 zijn de meetrichtingen en kanaalnummers van beide meetsystemen te vinden.

Tabel 5
Overzicht meetposities en meetrichtingen

systeem	meetpunt	afstand tot spoor	kanaal	meetrichting
Vibra-α (AH0012) ser.nr. 9712-044	Colijnstraat 23 gevel	20 m	1	V : vertikaal
			2	H1 : horizontaal ⊥ spoor
	Colijnstraat 23 bodem	20 m	3	V : vertikaal
Syscom 051 ser.nr. 1005310	Lohmanstraat 32 gevel	20 m	4	H1 : horizontaal ⊥ spoor
			1	X : horizontaal ⊥ spoor
			2	Y : horizontaal // spoor
			3	Z : vertikaal

5. Meetresultaten

5.1 Trillingsmetingen bouwkaavel

5.1.1 Vertikaal

In figuur 1a zijn de topwaarden van de trillingssterkte v_{top} gemeten langs de twee meetlijnen op de oostelijke bouwkaavel uitgezet tegen de tijd. Op de meetlijn nabij de fietstunnel worden in verticale richting veel hogere trillingssterkten gemeten dan op de meetlijn ter hoogte van het Roche kantoor. Nabij de fietstunnel liggen ook enkele wissels in het spoor. Op 70 m afstand zijn de gemeten trillingssterkten zelfs nog hoger dan op 35 m ter hoogte van Roche.

Figuur 2 toont de gemeten trillingssterkten v_{top} van beide meetsystemen in de verticale richting over het tijdsbestek van de bemande meting op 22 november. Op deze figuur zijn de tijdstippen van treinpassages aangegeven door middel van verticale streeplijnen. De treinpassages kunnen worden teruggevonden in het journaal dat is opgenomen in bijlage 2. De hoogste waarden op de meetlijn nabij Roche worden veroorzaakt door de duidelijk herkenbare goederentreinpassages rond 14.43 en 15.49 uur. Opmerkelijk is dat meer naar het oosten, nabij de fietstunnel, niet de goederentreinen verantwoordelijk zijn voor de sterkste trillingen gedurende deze bemande meting, maar de sneller rijdende intercity treinen. In de avonduren en in de nacht van 22 op 23 november worden echter wel enkele hoge trillingssterkten geregistreerd die zijn toe te schrijven aan goederentreinen.

In figuur 3a zijn de trillingssterkten v_{top} langs de meetlijn op de westelijke kavel uitgezet tegen de gemeten trillingssterkten op de oostelijke kavel ter hoogte van de fietstunnel. Figuur 4a geeft meer in detail een weergave van de bemande meting op donderdag 22 november.

Ook in dit vergelijk vallen de hoge trillingssterkten nabij de fietstunnel op ofschoon de afstand tot het spoor met 25 m verhoudingsgewijs veel groter is dan de 15 m op de westelijke kavel.

Al met al kan gesteld worden dat de drie meetlijnen een uiteenlopend beeld oproepen over de relatie van trillingssterkte als functie van de afstand tot het spoor. Niettemin kunnen op basis van de twee meetpunten per meetlijn overdrachtsverzwakkingen worden bepaald als functie van de afstand tot het spoor. In figuur 5a zijn de overdrachtsverzwakkingen weergegeven in verticale meetrichting voor de drie meetsystemen op de bouwkaavels. Te zien valt dat de overdrachtsverzwakkingen redelijk constant zijn over de treinpassages. In tabel 5 zijn de gemiddelde overdrachtsverzwakkingen samengevat. Deze waarden worden gebruikt om de bodemparameters van het prognosemodel in te stellen. Opvallend is dat ter hoogte van het kantoor van Roche een relatief grote afstandsverzwakking in verticale richting wordt gemeten ofschoon de afstandstoename beperkt is in vergelijking tot de meting op de westelijke kavel.

Tabel 6
Gemeten overdrachtsverzwakkingen bodem

	westelijke kavel 15 naar 37 m	oostelijk (Roche) 25 naar 35 m	oostelijk (fietstunnel) 25 naar 70 m
vertikaal	-5.7 dB	-6.0 dB	-8.8 dB
horizontaal	-7.7 dB	-3.3 dB	-6.1 dB

5.1.2 Horizontaal

In figuren 1b en 3b zijn de gemeten trillingssterkten in de horizontale richting haaks op het spoor weergegeven. In vergelijking tot de verticale trillingen zijn met uitzondering van het westelijke meetpunt op 15 m van het spoor de gemeten trillingssterkten in horizontale richting lager en nabij de fietstunnel zelfs fors lager.

Op 15 m van het spoor (meetpunt west) zijn de trillingen horizontaal en vertikaal vergelijkbaar, maar is de afname met de afstand in horizontale richting wat groter. Geconcludeerd kan worden dat de horizontale trillingen dicht bij het spoor in de orde van grootte liggen van de verticale trillingen, maar meer afnemen met toenemende afstand tot het spoor.

Verwacht mag worden dat de horizontale trillingen ook sneller afnemen met de diepte waardoor op het aanlegniveau van een gebouwfundatie, 1 à 1.5 m onder het maaiveld, de horizontale trillingen doorgaans beduidend lager zijn dan die in de verticale richting. Dit effect wordt sterker met toenemende afstand tot de bron. Daarnaast zijn vloerveldresonanties een overwegend verticaal verschijnsel. Om deze redenen mag verwacht worden dat de trillingen in verticale richting maatgevend zijn. De prognose zal daarom worden uitgewerkt voor de verticale richting.

5.1.3 Trillingsspectra

Per meetsysteem zijn van tien tot twaalf zwaardere treinpassages de bijbehorende trillingsspectra bepaald. In de figuren 6 tot en met 8 worden de gemeten spectra in verticale richting getoond evenals het hieruit bepaalde gemiddelde spectrum en het 95% betrouwbare spectrum. Het gemiddelde spectrum dient als uitgangspunt voor de prognose van de langtijdgemiddelde trillingssterkte v_{per} . Het max (95% betrouwbare) spectrum dient als basis voor de prognose van de maximaal optredende trillingssterkte v_{max} .

Te zien valt dat er grote verschillen zijn in de gemeten spectrale verdeling tussen de drie meetlijnen. Oostelijk nabij de fietstunnel vertonen de spectra een uitgesproken piek rond 4 Hz en dit karakter blijft ook behouden op grote afstand van het spoor. Het vermoeden bestaat dat er bij deze frequentie sprake is van een verhoogde overdracht van de bodem door de aanwezigheid van een eigenfrequentie in het bodempakket. Verder valt op te merken dat het terrein hier erg drassig was en dat er wissels in het tracé liggen. De spectra met de hoogste trillingssterkten behoren hier toe aan de goederentreinpassages van 22.44 uur en 22.48 uur.

Ter hoogte van het kantoor van Roche zien de gemeten trillingsspectra er anders uit. Ook hier is er een piek bij 4 Hz waarneembaar, weliswaar circa 10 dB lager dan nabij de fietstunnel, maar daarnaast is ook het frequentiegebied van 8 tot 12 Hz dominant aanwezig. Deze frequenties worden opgewekt o.a. door wieloneffenheden (vierkante wielen) bij rijsnelheden van 80 tot 100 km/h.

De piek rond 4 Hz kan worden veroorzaakt door goederentreinen en stoptreinen met rijsnelheden rond 40 à 50 km/h. Dat frequenties van 8 tot 12 Hz hier meer nadrukkelijk tot uiting komen dan meer oostelijk het geval is, kan te maken hebben met gepleegde bodemverbetering.

De spectra gemeten op de westelijke kavel tonen enige gelijkenis met die gemeten op de oostelijke kavel ter hoogte van Roche, maar de piek bij 4 Hz is op korte afstand (15 m) van het spoor duidelijk minder prominent aanwezig. De gemeten spectra op 37 m van het spoor zijn qua vorm vergelijkbaar met die gemeten nabij Roche op 35 m, maar de amplitudes liggen gemiddeld hoger.

5.2 Trillingsmetingen bebouwing

5.2.1 Kantoor Roche

In figuur 9 worden de gemeten trillingssterkten (verticaal) aan de gevel van en in de bodem voor het kantoor van Roche getoond. Afgebeeld zijn de topwaarde van de trillingssterkte v_{top} en de effectieve trillingssterkte v_{eff} . De effectieve trillingssterkte is maatgevend voor het aspect trillingshinder, maar de topwaarde van de trillingssterkte biedt doorgaans meer mogelijkheden voor herkenning van waarnemingen uit het journaal in de trillingsregistratie. In dit geval zijn echter de trillingssterkten aan de gevel dusdanig laag dat er nauwelijks nog treinpassages herkenbaar zijn. Te zien valt dat de trillingssterkte v_{top} ten gevolge van treinpassages niet groter is dan 0.08 mm/s en dat de effectieve trillingssterkte op de draagconstructie van het gebouw niet hoger is dan 0.03 mm/s wat ruim onder de voelbaarheidsgrens is. Verwacht mag worden dat naar een vloerveld in het gebouw enige trillingsversterking zal optreden tot orde van grootte 0.05 à 0.1 mm/s. Incidenteel zouden er net voelbare trillingen kunnen optreden. De gemeten trillingssterkten in de verticale meetrichting zijn ongeveer een factor 1,5 à 2 hoger dan die in de horizontale richting wat de beweringen in paragraaf 5.1.2 onderstreept dat op grote afstand van het spoor in een gebouw de verticale trillingen maatgevend zullen zijn.

Ondanks het feit dat de gemeten trillingssterkten het achtergrondniveau nauwelijks overstijgen, is getracht een spectrale overdrachtsverzwakking van bodem naar gebouw vast te stellen door de maximum optredende spectra in de bodem en aan het gebouw op elkaar te delen. Figuur 10 toont de overdrachtcurve. Deze toont een toenemende overdrachtsverzwakking tot 10 Hz waarna de verzwakking weer afneemt bij toenemende frequenties. Omdat de dominante frequenties van treintrillingen, als gebleken, niet hoger liggen dan 12 Hz moet aan het verloop van de overdrachtcurve vanaf circa 15 Hz weinig waarde worden toegekend omdat de trillingen vanaf deze frequentie eerder door andere zaken dan treinverkeer worden gedomineerd.

5.2.2 Staatsliedenbuurt

Aan de woning Colijnstraat 23 is gemeten aan de gevel en in de bodem juist voor de woning. Hieruit kan in principe de overdrachtsverzwakking van bodem naar fundatie worden bepaald.

Daarnaast geven de metingen een indruk van wat aan trillingen verwacht mag worden in woningbouw (doorzonwoning) op een palenfundering op een afstand van circa 20 tot 25 m van het spoor. Aan de woning Savornin Lohmanstraat is alleen gemeten aan de gevel. Deze woning ligt op dezelfde afstand tot het spoor als de woning Colijnstraat 23.

In figuren 11a en 11b worden de gemeten trillingssterkten v_{top} (verticaal) aan de gevel van beide woningen getoond. De gemeten trillingssterkten zijn op de woning Savornin Lohmanstraat 32 doorgaans wat hoger. De maximaal gemeten trillingssterkte v_{top} op de woning Savornin Lohmanstraat 32 bedroeg 0.45 mm/s. De bijbehorende effectieve trillingssterkte bedroeg 0.22 mm/s. Wanneer een versterking van gevel naar de woningvloer wordt aangenomen van een factor 2 zal de maatgevende effectieve trillingssterkte v_{max} ongeveer 0.4 à 0.45 mm/s bedragen. Voor nieuwbouw (nieuwe situaties) zal dit niet toelaatbaar zijn wanneer dit optreedt in de nachtperiode van 23.00 uur tot 07.00 uur.

Figuur 5 toont de verzwakking van bodem naar fundatie gemeten aan de woning Colijnstraat 23. De verzwakking bedraagt gemiddeld 8 dB ofwel een factor 2.5. Voor de prognose is het van belang te weten hoe de spectrale verdeling van deze verzwakking is. Hiertoe zijn de trillingsspectra voor acht zwaardere treinpassages uitgewerkt voor bodem- en gevelmeetpunt. Deze spectra worden getoond in figuren 12a en 12b. Opvallend is dat de spectra voor frequenties vanaf 10 Hz nauwelijks verschillen terwijl er bij frequenties tot 5 Hz juist grote verschillen zijn. De verzwakking van 8 dB zit dus vooral bij frequenties tot 5 Hz. Dit in grote tegenstelling met de vuistregels, zie ref./1/, dat er bij frequenties tot 10 Hz doorgaans geen trillingsverzwakking optreedt. Een verklaring hiervoor kan zijn de slappe toplaag van de bodem die juist deze lage frequenties sterk doorgeeft terwijl de woning bij deze frequenties nog stijf verbonden is met het dieper liggende zandpakket waarin deze laagfrequente trillingen maar in geringe mate aanwezig zijn.

Om twijfel aan de juistheid van deze meetresultaten weg te nemen, worden in figuur 13 de trillingsspectra in verticale richting van de zwaardere goederentreinpassage van 14.43 uur voor beide woningen getoond. Deze verdeling is nagenoeg gelijk hoewel aan verschillende woningen is gemeten en met totaal verschillende meetsystemen.

In figuur 10 is de gemiddelde verzwakkingscurve weergegeven die is bepaald door de spectra in de bodem en aan de gevel op elkaar te delen.

6. Prognose railverkeer

6.1 Uitgangspunten

De trillingsprognoses voor de te ontwikkelen bouwwerken worden gebaseerd op de in de bodem van de bouwkevels gemeten trillingsspectra, zoals getoond in de figuren 6 t/m 8. Op het trillingsspectrum worden de overdrachtsfactoren toegepast die de overdracht van bodem naar fundering, van fundering naar hoger gelegen verdiepingen en de vloerveldversterking in rekening brengen.

De prognose wordt gemaakt voor de verticale meetrichting omdat, zoals uiteengezet in paragraaf 5.1.2, in deze richting de hoogste trillingssterkten zijn te verwachten.

Voor een prognose van de optredende effectieve trillingssterkte $v_{\max}$ wordt uitgegaan van het trillingsspectrum dat slechts in 5% van de gevallen wordt overschreden (95% betrouwbaar). De bepaling van de langtijdgemiddelde trillingssterkte v_{per} wordt gebaseerd op het gemiddelde trillingsspectrum. Hierin worden alleen de trillingen ten gevolge van voelbare treinpassages meegenomen. Het aantal treinpassages dat hieraan voldoet, bedraagt in de huidige situatie gemiddeld circa 8 per uur. Door een toename van de vervoersintensiteit zal dit naar het jaar 2010-2015 oplopen tot circa zestien passages per uur.

6.1.1 Bronspectrum

De prognoseberekening voor de nieuwbouw gebeurt op basis van gemeten trillingsspectra omdat alle overdrachtsverzwakkingen in beginsel frequentieafhankelijk zijn. In figuur 14 wordt per meetpunt het uit de figuren 6 t/m 8 afgeleide 95% betrouwbare trillingsspectrum getoond dat wordt gebruikt voor de prognoses.

Te zien valt dat deze spectra onderling sterk verschillen. Op de westelijke kavel ligt het accent op frequenties van 8 tot 12 Hz (omloopfrequentie wielen), nabij de fietsbrug zijn frequenties van 3 tot 6 Hz dominant en ter hoogte van Roche komen frequenties van 3 tot 12 Hz voor, zij het minder uitgesproken dan in voornoemde gevallen.

6.1.2 Trillingsoverdracht bodem naar fundatie

Voor de trillingsoverdracht van bodem naar fundatie wordt gerekend met de door DGMR op basis van ervaring en actuele metingen bepaalde overdrachtsfactoren voor laagbouw op palen (woningbouw) en voor utiliteitsbouw met bouwhoogtes van vier tot acht bouwlagen. De utiliteitsbouw houdt qua overdracht het midden tussen de door TNO in ref./1/ bepaalde overdrachtsfactoren voor laagbouw en hoogbouw.

Daarnaast zal voor bebouwing op korte afstand tot het spoor, voor wat betreft de frequenties tot circa 10 Hz, rekening worden gehouden met het te verwachten grote verschil tussen trillingen in de slappe bovenlaag en die in het dieper liggende zandpakket. Dit zal worden gedaan door voor deze frequenties een additionele verzwakking toe te passen, gebaseerd op de bepaalde overdrachtsverzwakking voor de woning Colijnstraat 23.

6.1.3 Trillingsoverdracht naar hoger gelegen verdiepingen

Wanneer een gebouw in een eigen trilvorm wordt aangestoten, kan trillingsversterking naar hoger gelegen verdiepingen optreden. Over het algemeen liggen dergelijke trilvormen bij frequenties lager dan 10 Hz. Daarboven is er doorgaans verzwakking naar hoger gelegen verdiepingen. Met beide effecten wordt in de prognose rekening gehouden. Bij laagbouw zal er doorgaans geen sterk uitgesproken verschil zijn en worden de verschillen veelal meer bepaald door de constructieve eigenschappen van de vloeren.

6.1.4 Vloerveldversterking

Gezien de omvang van het project en de vele mogelijke vloerafmetingen en varianten is moeilijk te zeggen wat de specifieke trillingsrespons van een vloerveld zal zijn. In moderne bouw met betrekkelijk lichte voorgespannen vloeren en grote overspanningen ligt de laagste eigenfrequentie veelal in de orde van 5 tot 20 Hz, waarbij de lagere waarden vooral betrekking hebben op utiliteitsbouw. Voor de prognose wordt in beide gevallen een eigenfrequentie van 10 tot 16 Hz aangenomen en een maximale trillingsversterking van een factor 3 ofwel 10 dB bij de resonantiefrequentie. Praktisch betekent dit op het gesommeerde spectrum (railverkeer) een factor 1.5 tot 3 versterking.

6.2 Prognoseresultaten

In bijlage 3 zijn prognoseberekeringen gegeven voor respectievelijk utiliteitsbouw op de westelijke kavel, woningbouw (laagbouw) op de oostelijke kavel nabij de meetlijn Roche en woningbouw verder oost ter hoogte van de fietstunnel. De prognoses worden gegeven voor de periode 2010-2015.

De rooilijnafstanden die zijn aangehouden betreffen 25 m voor de utiliteitsbouw en 30 m voor de woningbouw.

Als uitgangspunt is telkens genomen het bepaalde trillingsspectrum op de corresponderende meetlijn omgerekend naar een referentieafstand van 5 m. Op deze bronspectra worden alle overdrachtsfactoren zoals beschreven in de paragrafen 6.1.2 tot en met 6.1.4 toegepast.

De prognoses worden gegeven voor de begane grond vloer en twee verdiepingvloeren en geldt in beginsel voor het eerste stramien (utiliteitsbouw) achter de gevel aan spoorzijde. Voor verder af gelegen stramienen zullen de trillingssterkten mogelijk lager uitvallen hoewel in gebouwen het afstandseffect minder sterk is vanwege trillingsvoortplanting in de vloeren zelf. Voor de woningbouw wordt onderscheid gemaakt in laagbouw en appartementencomplexen. De eerstelijns bebouwing zal vanwege de geluidswerende functie naar verwachting worden uitgevoerd als gestapelde bebouwing (appartementen). De bouwmasa zal daarmee meer gelijken op die van utiliteitsbouw en daarmee ook de te verwachten trillingsverzwakking van bodem naar gebouw. In tabel 6 zijn de prognoseresultaten uit bijlage 3 samengevat.

Tabel 7

Prognose (2010-15) maximum trillingssterkte $v_{\max}$ en langtijdgemiddelde trillingssterkte v_{per}

	kavel west 25 m utiliteitsbouw		kavel oost (Roche) 30 m				kavel oost (tunnel) 30 m			
			laagbouw		appartementen		laagbouw		appartementen	
	$v_{\max}$	v_{per}	$v_{\max}$	v_{per}	$v_{\max}$	v_{per}	$v_{\max}$	v_{per}	$v_{\max}$	v_{per}
begane grond	0.42	0.06	0.37	0.06	0.27	0.04	0.32	0.07	0.25	0.05
1 ^e verdieping		-	0.35	0.06	0.25	0.04	0.36	0.07	0.29	0.06
2 ^e verdieping	0.32	0.04	0.37	0.06	0.27	0.04	0.43	0.09	0.34	0.07
4 ^e verdieping	0.28	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-

Uit tabel 6 kan geconcludeerd worden dat voor utiliteitsbouw op de westelijke kavel kan worden voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B. Voor de woningbouw geldt echter dat er een conflictsituatie is in de nachtperiode met de tamelijke strenge streefwaarde A2 voor de $v_{\max}$ van 0.2 mm/s. Deze zal naar verwachting worden overschreden. Ook de langtijdgemiddelde trillingssterkte v_{per} laat overschrijdingen zien van de streefwaarde A3. Dit geldt zeker wanneer er op een rooilijnafstand van 30 m tot het spoor laagbouw zou worden gezet, maar ook bij appartementen is er kans op overschrijding.

De prognoseberekeningen in bijlage 5 laten zien dat wanneer een rooilijnafstand van 50 m wordt aangehouden en de eerstelijns bebouwing bestaat uit gestapelde bouw (appartementen), er naar verwachting net kan worden voldaan aan de streefwaarde (A2) voor de $v_{\max}$ in de nachtperiode. Ook de langtijdgemiddelde trillingssterkten v_{per} zijn in dat geval voldoende laag om nu, maar ook bij de geschetste toename van het spoorgebruik, te voldoen aan de streefwaarden.

Voor laagbouw, zie bijlage 5, bedraagt de minimaal aan te houden afstand zelfs 60 m. Laagbouw leidt namelijk tot circa 30 à 40% hogere trillingssterkten dan gestapelde bouw (appartementen). De resultaten zijn samengevat in tabel 7.

Tabel 8

Prognose (2010-15) maximum trillingssterkte $v_{\max}$ en langtijdgemiddelde trillingssterkte v_{per}

	kavel oost (Roche) 50 m				kavel oost (fietstunnel) 50 m			
	laagbouw		appartementen		laagbouw		appartementen	
	$v_{\max}$	v_{per}	$v_{\max}$	v_{per}	$v_{\max}$	v_{per}	$v_{\max}$	v_{per}
begane grond	0.20	0.03	0.14	0.02	0.18	0.04	0.14	0.03
1 ^e verdieping	0.19	0.03	0.14	0.02	0.21	0.04	0.17	0.03
2 ^e verdieping	0.21	0.04	0.15	0.03	0.25	0.05	0.20	0.04

7. Conclusies en aanbevelingen

Trillingsmetingen op de westelijke en oostelijke kavel van het bouwplan Snellerpoort laten grote verschillen zien in zowel de amplitude van de trillingssterkte alsook de spectrale verdeling ervan. Deze verschillen zijn onder andere toe te schrijven aan de aanwezigheid van wissels, de spooruitvoering en de rijsnelheden van het treinmaterieel, maar waarschijnlijk ook aan de bodemopbouw (bovenste laag) ter plaatse.

De sonderingsgegevens laten zien dat de bovenste 6 m van het bodempakket bestaat uit een zeer slappe klei-/veenlaag wat een verklaring kan zijn voor de relatief sterke trillingsoverdracht bij 4 Hz. Verwacht wordt dat trillingen in deze slappe toplaag maar een beperkte aanstoting van op palen gefundeerde bouwwerken tot gevolg heeft. In de prognoseberekeringen is hiervoor gecorrigeerd.

De prognoseberekeringen die rekening houden met voornoemde effecten laten zien dat op de westelijke kavel in het geval van utiliteitsbouw (vier tot acht verdiepingen) al op een rooilijnaafstand van 25 m kan worden voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B. Hierbij is rekening gehouden met de toename van het spoorgebruik naar het tijdvak 2010-2015.

Voor de woningbouw op de oostelijke kavel is de verwachting dat in het geval van gestapelde bouw op een rooilijnaafstand van 30 m tot het spoor, met het huidige spoorgebruik, weliswaar kan worden voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B voor de dagperiode, maar niet aan de streefwaarde A2 voor de $v_{\max}$ in de nachtperiode.

Met een toename van de vervoersintensiteit op het spoor naar het tijdvak 2010-2015 zal ook de langtijdgemiddelde trillingssterkte in de dagperiode naar verwachting niet meer voldoen aan de streefwaarde A3 voor de v_{per} .

Om alle streefwaarden te kunnen voldoen, is een rooilijnaafstand benodigd van circa 50 m voor gestapelde bouw en circa 60 m voor laagbouw.

Arnhem, 29 april 2008
DGMR Bouw B.V.

Referenties

- /1/ Gedrag van constructie en fundering, module THC4 van cursus: "Trillingshinder en contactgeluid", Stichting Postacademisch Onderwijs – Delft, november 2001

Figuur 1 t/m 14

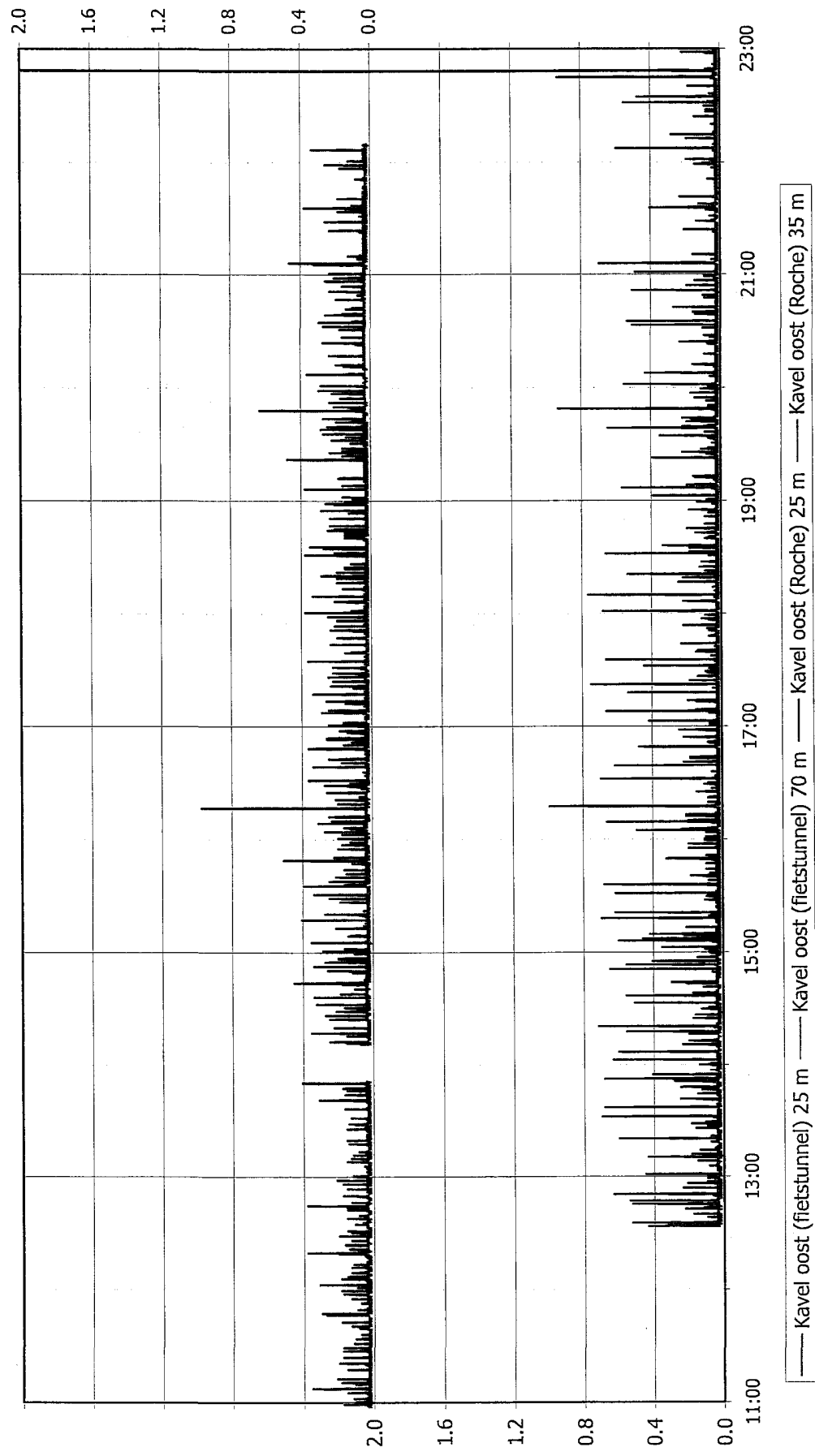
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie bouwkavel

Trillingsniveaus v_{top} in [mm/s] - Verticaal

22 november 2007



Figuur 1a

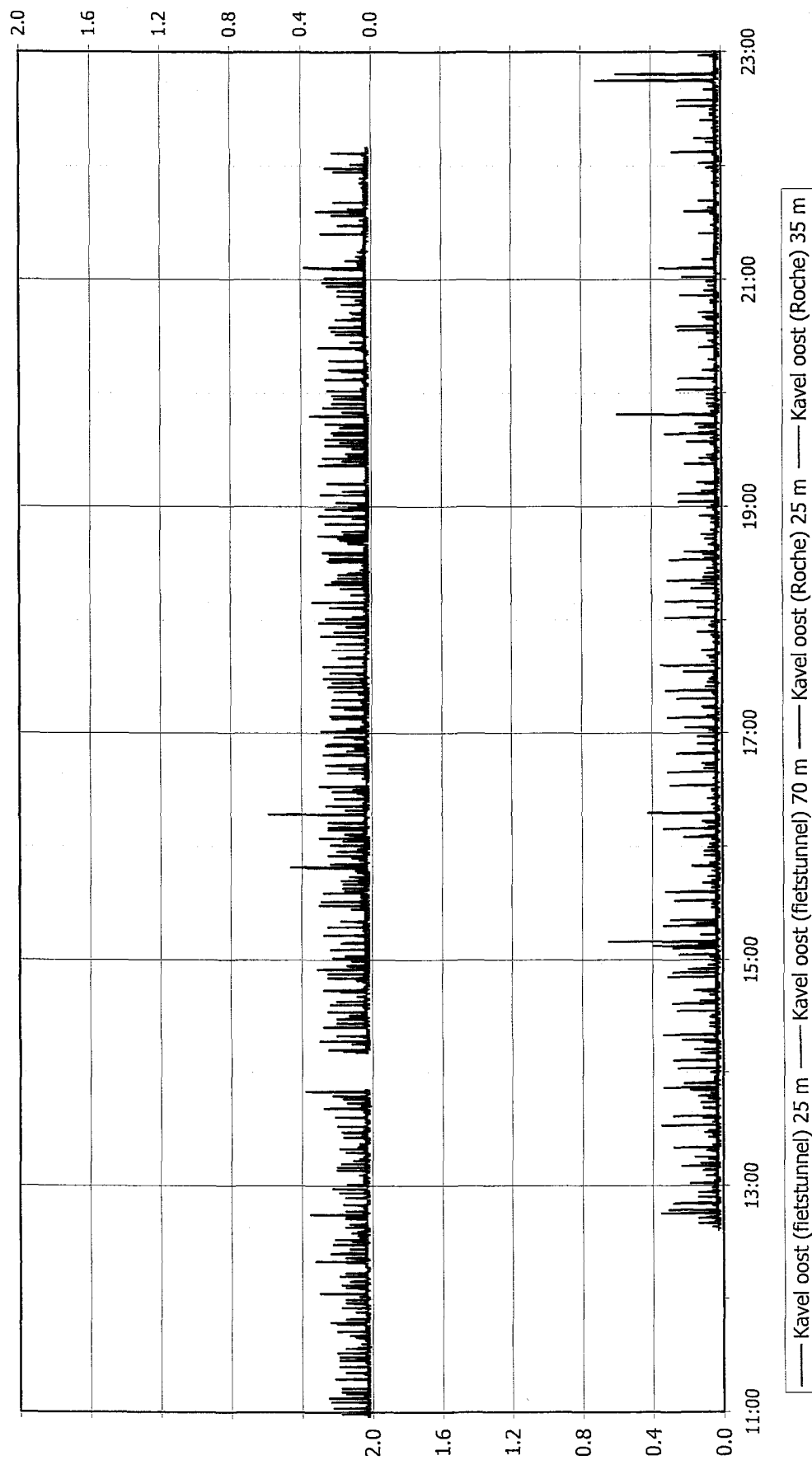
T.2007.02:19.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie bouwkavel

Trillingsniveaus v_{top} in [mm/s] - Horizontaal

22 november 2007



Figuur 1b

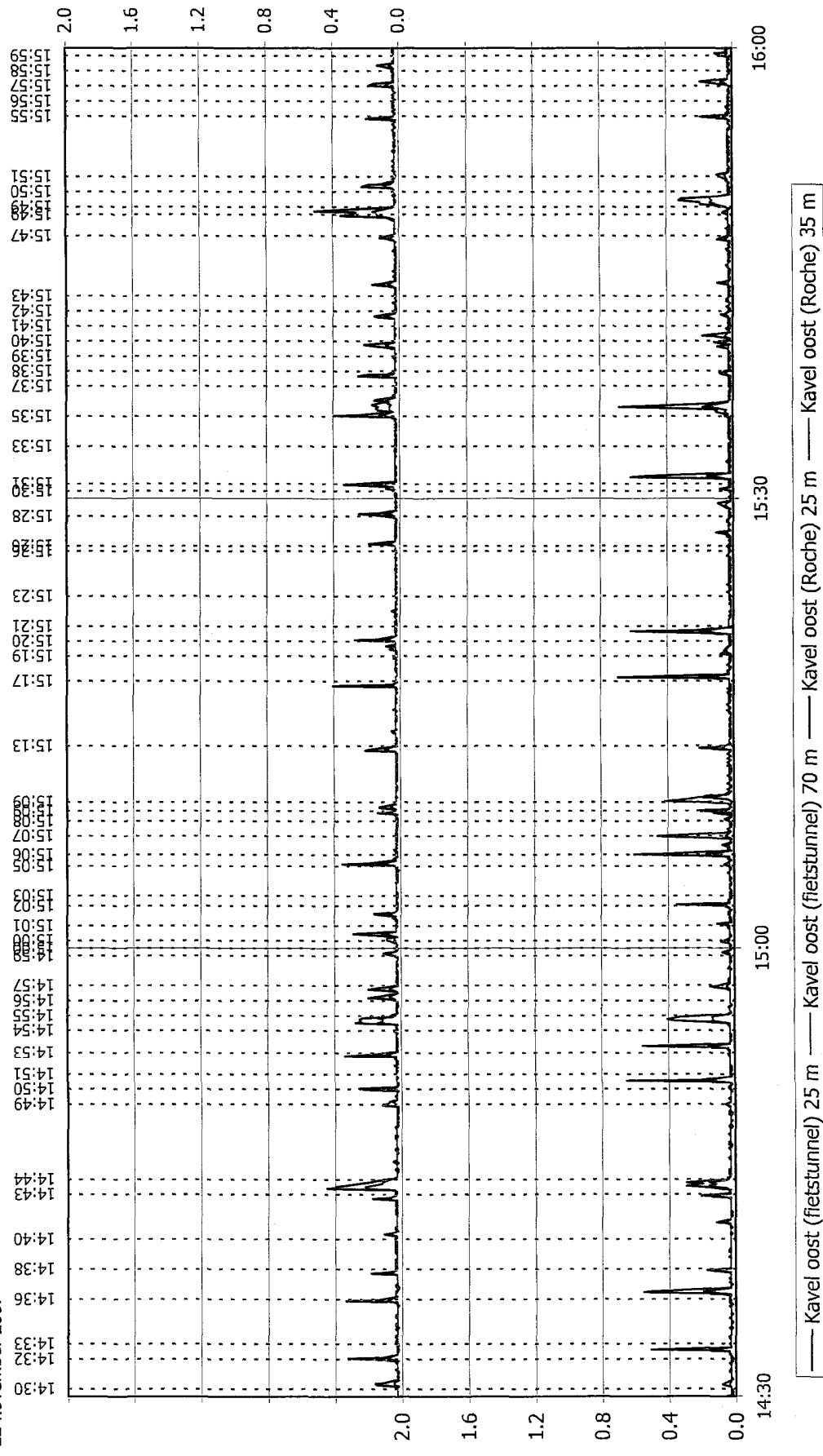
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie bouwkavel - bemande meting

Trillingsniveaus V_{top} in [mm/s] - Verticaal

22 november 2007



Figuur 2

Trillingsmetingen Woerden.xls / bemand kavel oost (V)

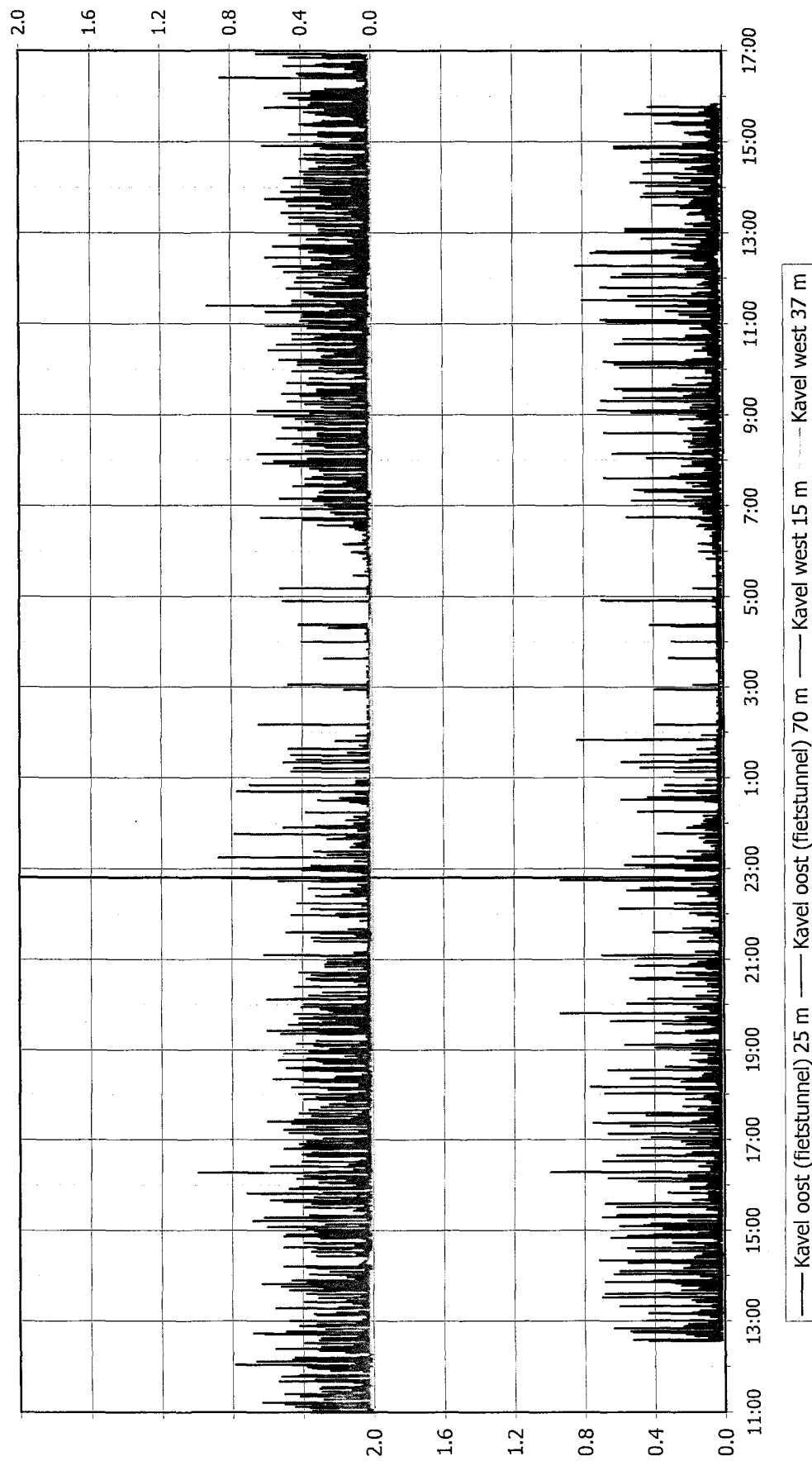
dGm^R

T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

Trillingsregistratie bouwkavel

Trillingsniveaus V_{top} in [mm/s] - Verticaal

22-23 november 2007



Figuur 3a

Trillingsmetingen Woerden.xls / Kavel Vtop (V)

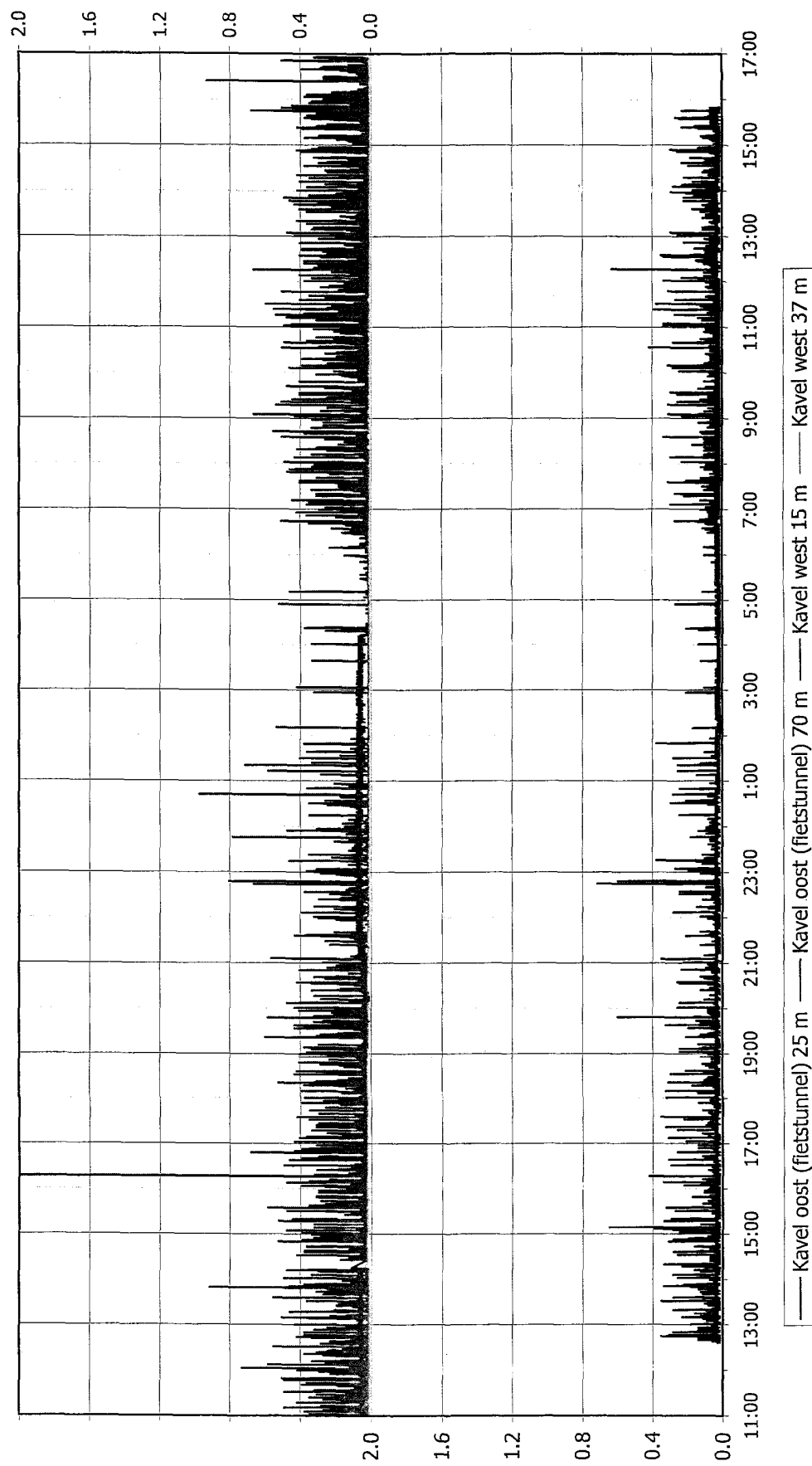
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie bouwkaavel

Trillingsniveaus V_{top} in [mm/s] - Horizontaal

22-23 november 2007



Figuur 3b

Trillingsmetingen Woerden.xls / Kavel Vtop (H)

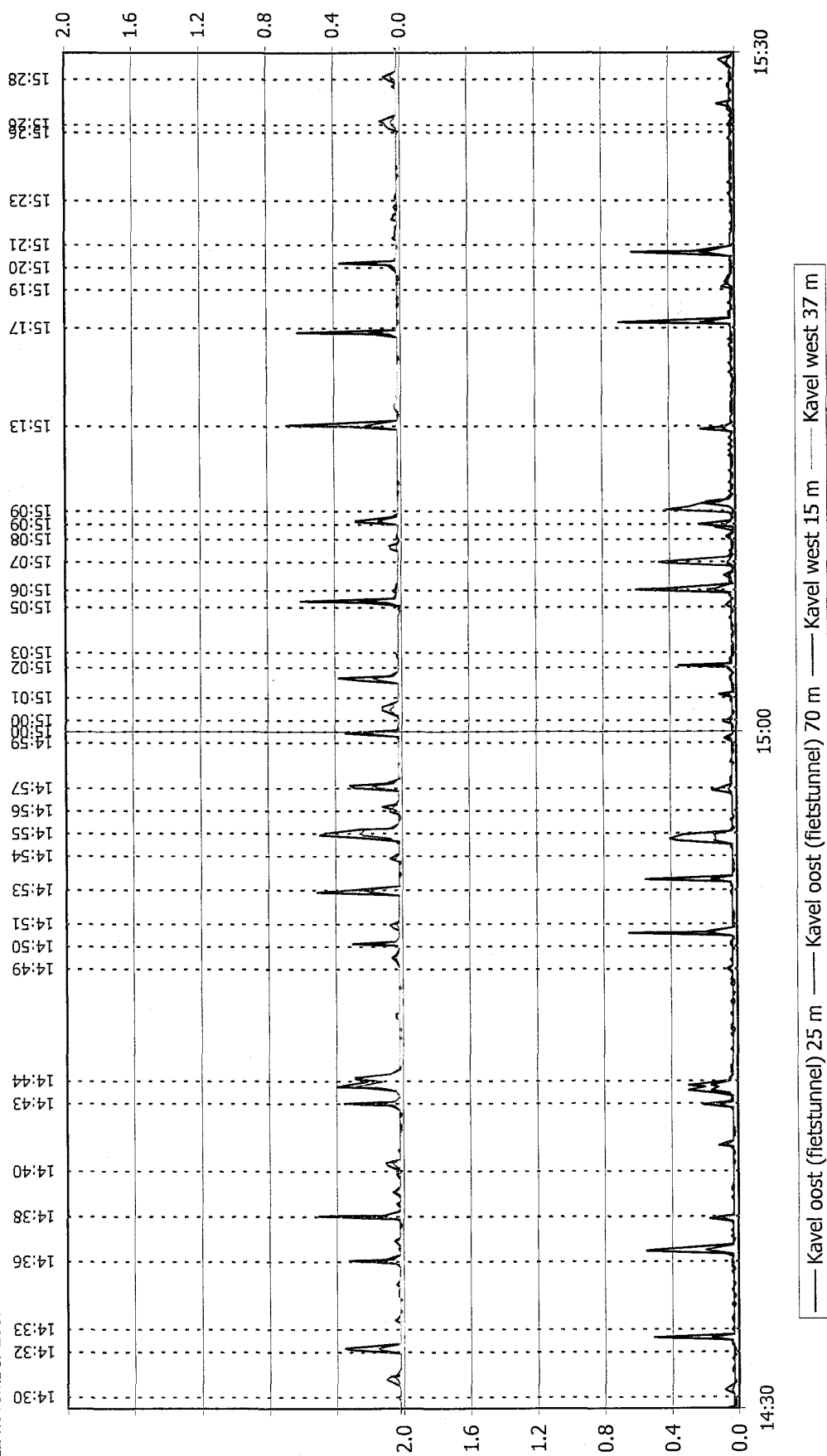
T.2007.0219:00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie bouwkavel - bemande meting

Trillingsniveaus v_{top} in [mm/s] - Verticaal

22 november 2007



Figuur 4a

Trillingsmetingen Woerden.xls / bemande donderdag (V)

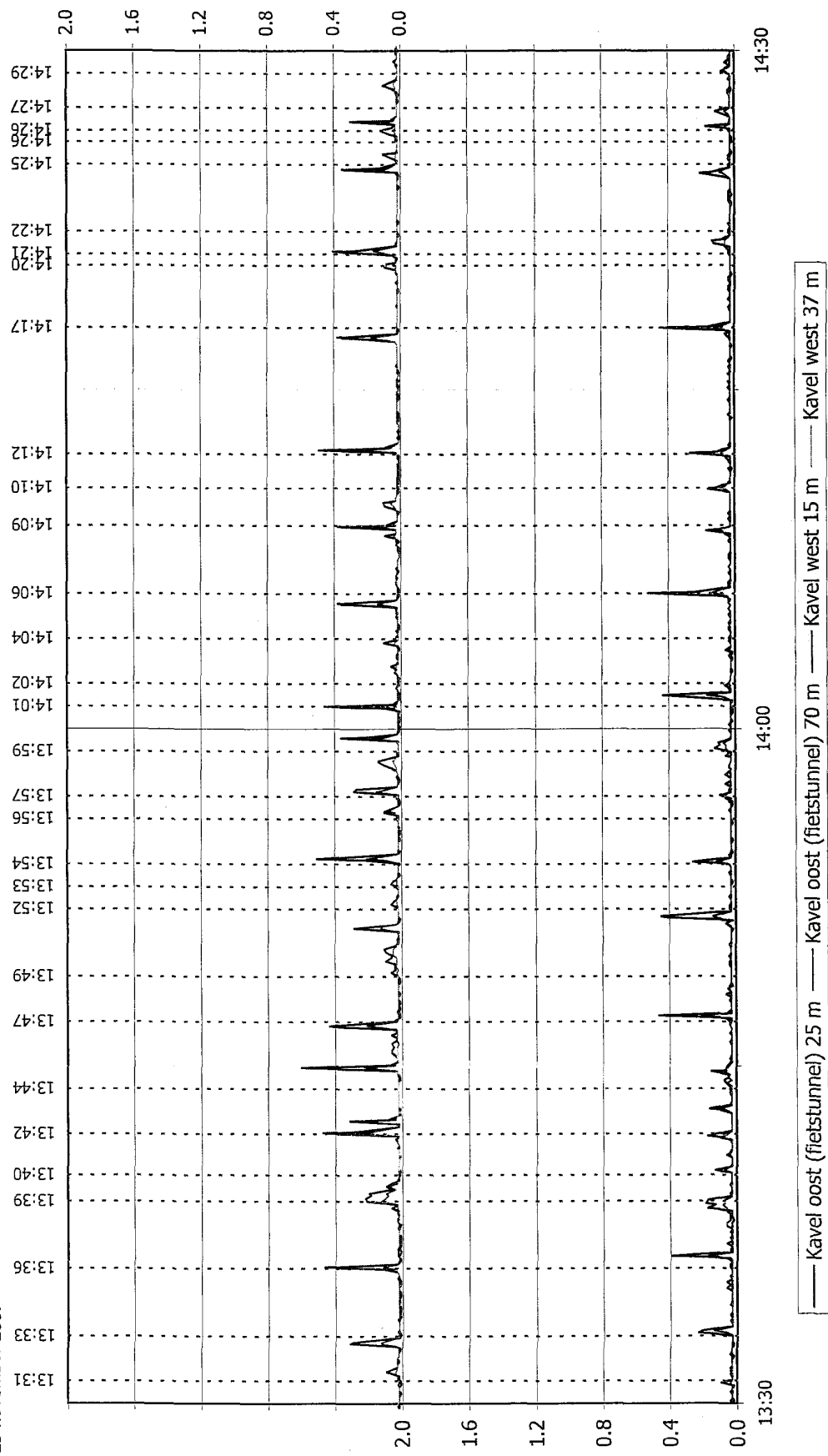
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

Trillingsregistratie bouwkavel - bemande meting

Trillingsniveaus v_{top} in [mm/s] - Verticaal

23 november 2007

dGm^R



Figuur 4b

Trillingsmetingen Woerden.xls / bemand vrijdag (V)

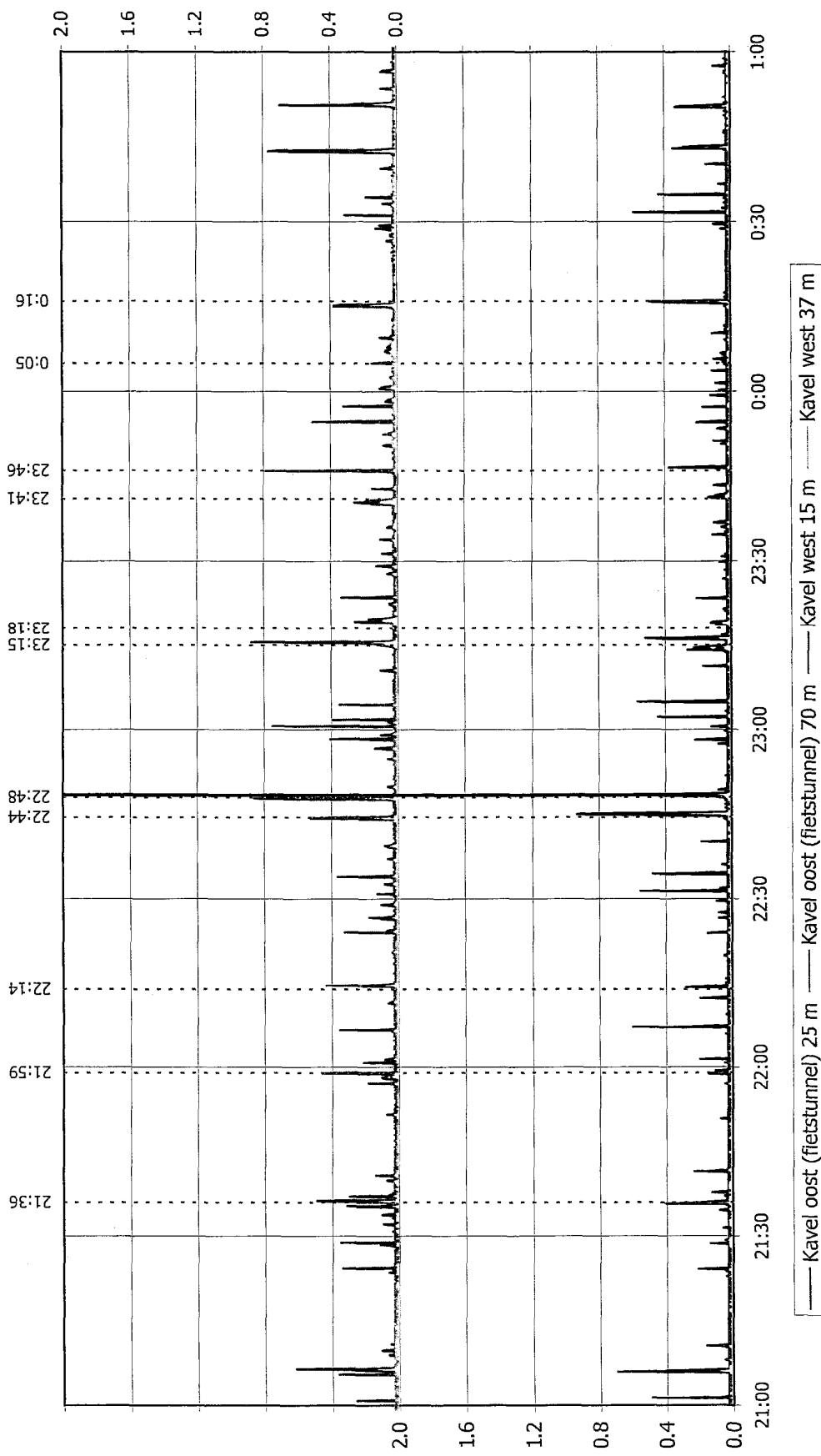
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie bouwkavel (met waarnemingen bewoners)

Trillingsniveaus v_{top} in [mm/s] - Verticaal

22 november 2007



Figuur 4c

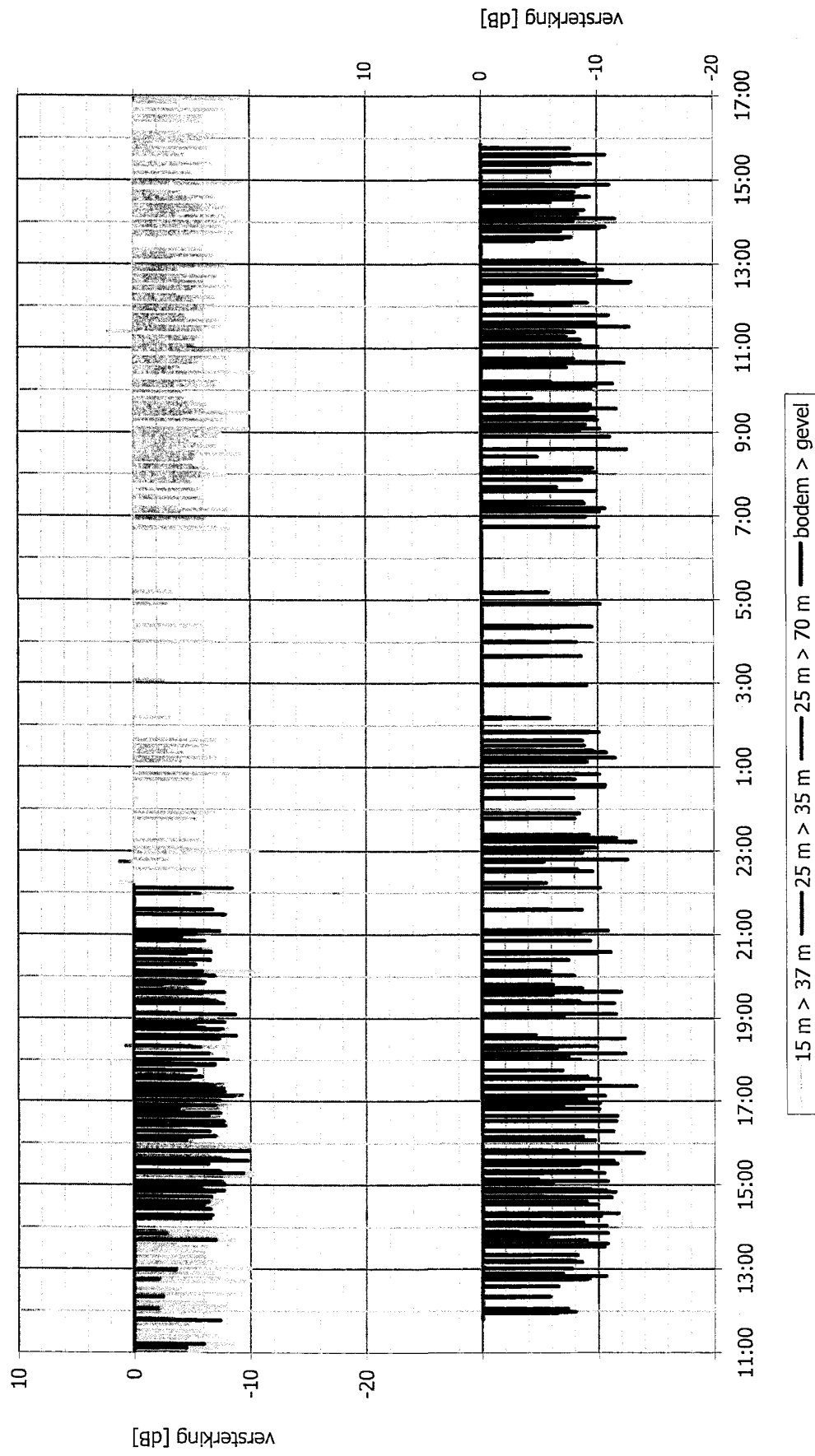
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie bouwkafe

Afstandsverzwakking bodem en verzwakking bodem naar gevel (Colijnstraat 23) - Verticaal

22-23 november 2007



Figuur 5a

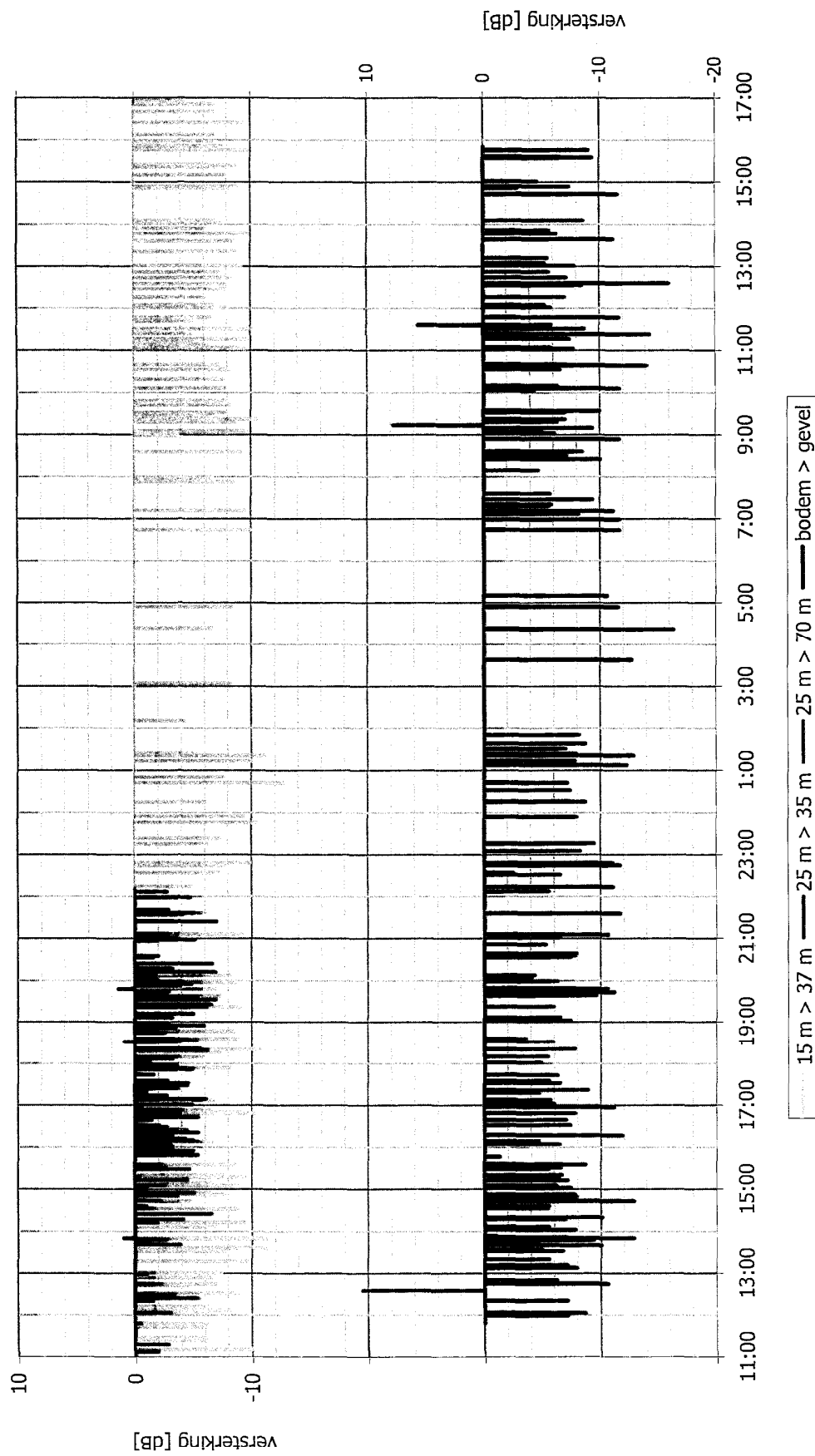
Trillingsmetingen Woerden.xls / Versterking (V)

T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie bouwkavel

Afstandsverzwakking bodem en verzwakking bodem naar gevel (Colijnstraat 23) - Horizontaal
22-23 november 2007



Figuur 5b

Trillingsmetingen Woerden.xls / Versterking (H)

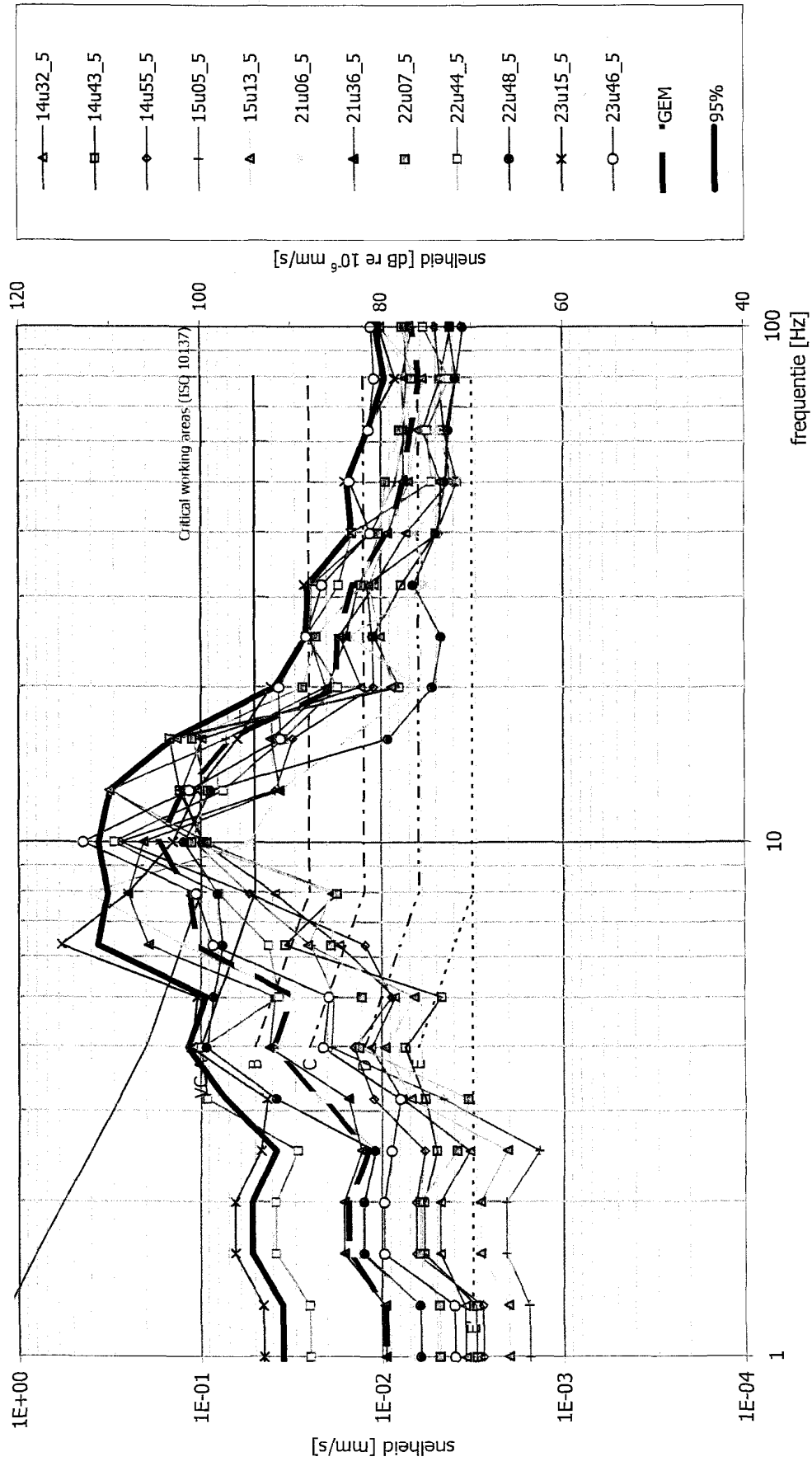
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

Trillingsspectra treinpassages - Kavel West op 15 m uit spoor

Trilsnelheden v_{top} in 1/3-octaaftanden, vertikaal

22-23 november 2007

dGm^R



Figuur 6a

Spectra Woerden.xls / West 15m_V

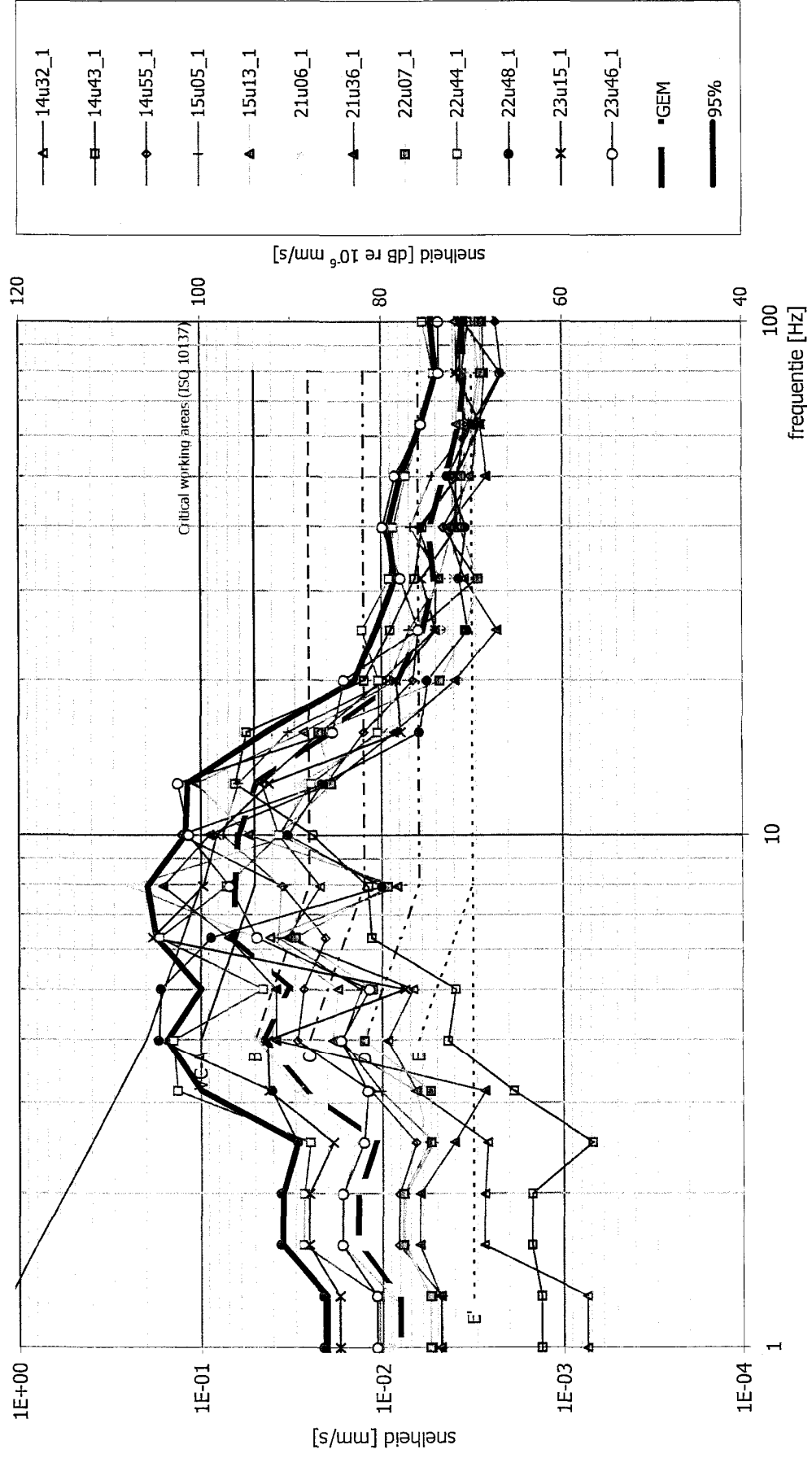
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

Trillingspectra treinpassages - Kavel West op 37 m uit spoor

Trilsnelheden v_{top} in 1/3-octaafbanden, vertikaal

22-23 november 2007

dGm^R



Figuur 6b

Spectra Woerden.xls / West 37m_V

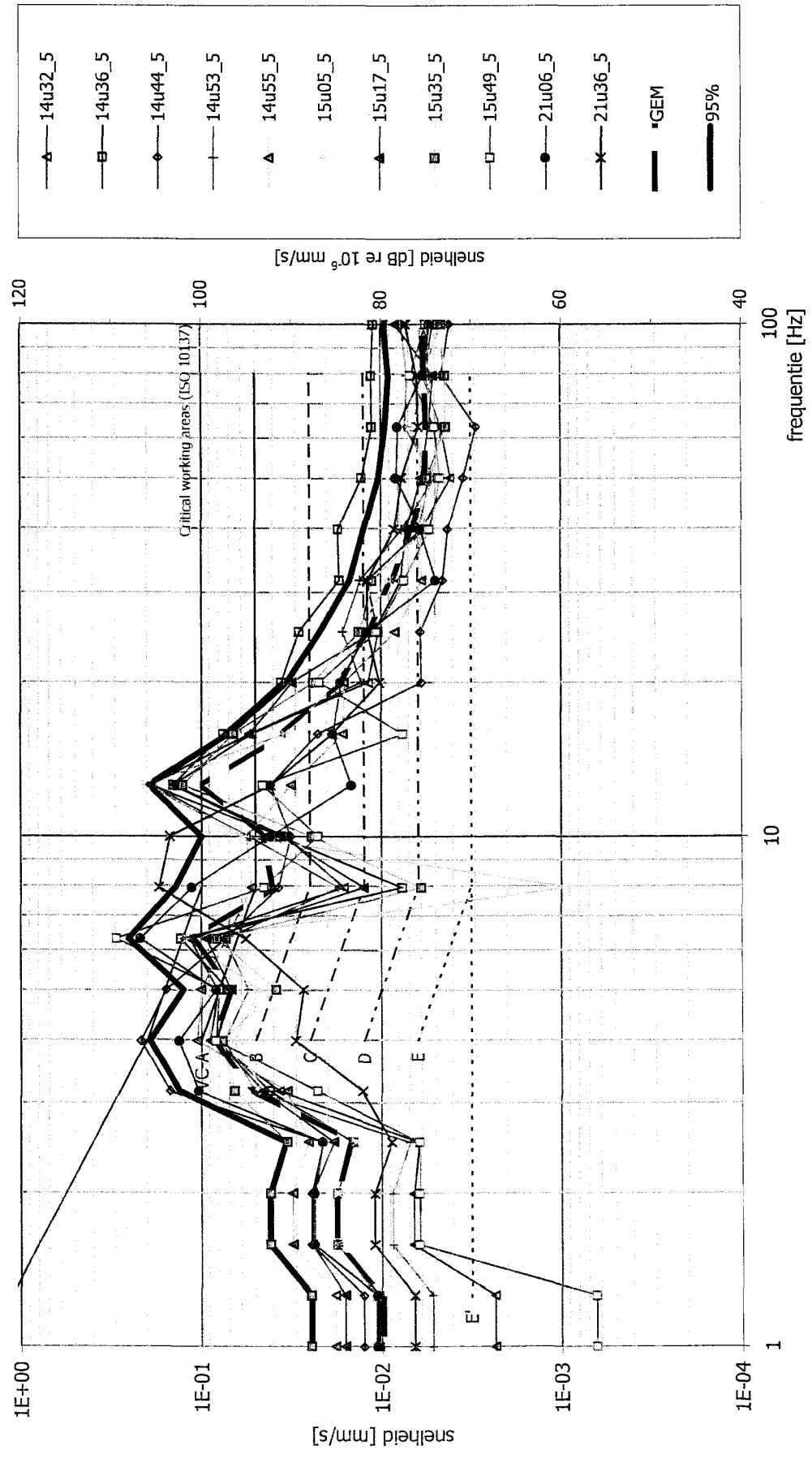
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsspectra treinpassages - Kavel Oost (Roche) op 25 m uit spoor

Trilsnelheden v_{top} in 1/3-octaaftaafbanden, vertikaal

22-23 november 2007



Figuur 7a

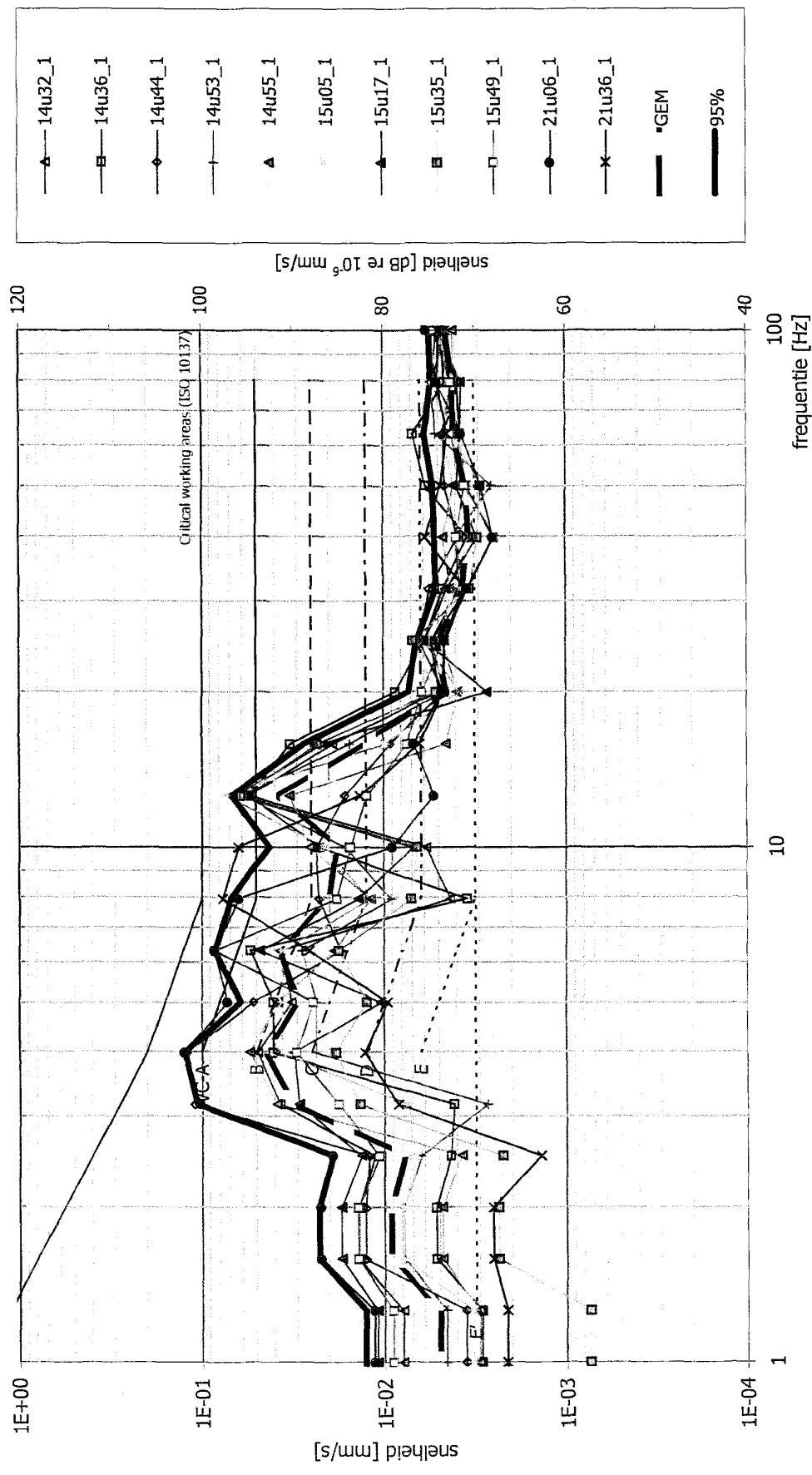
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

Trillingspectra treinpassages - Kavel Oost (Roche) op 35 m uit spoor

Trilsnelheden v_{top} in 1/3-octaaftanden, vertikaal

22-23 november 2007

dGm^R



Figuur 7b

Spectra Woerden.xls / Roche 35m_V

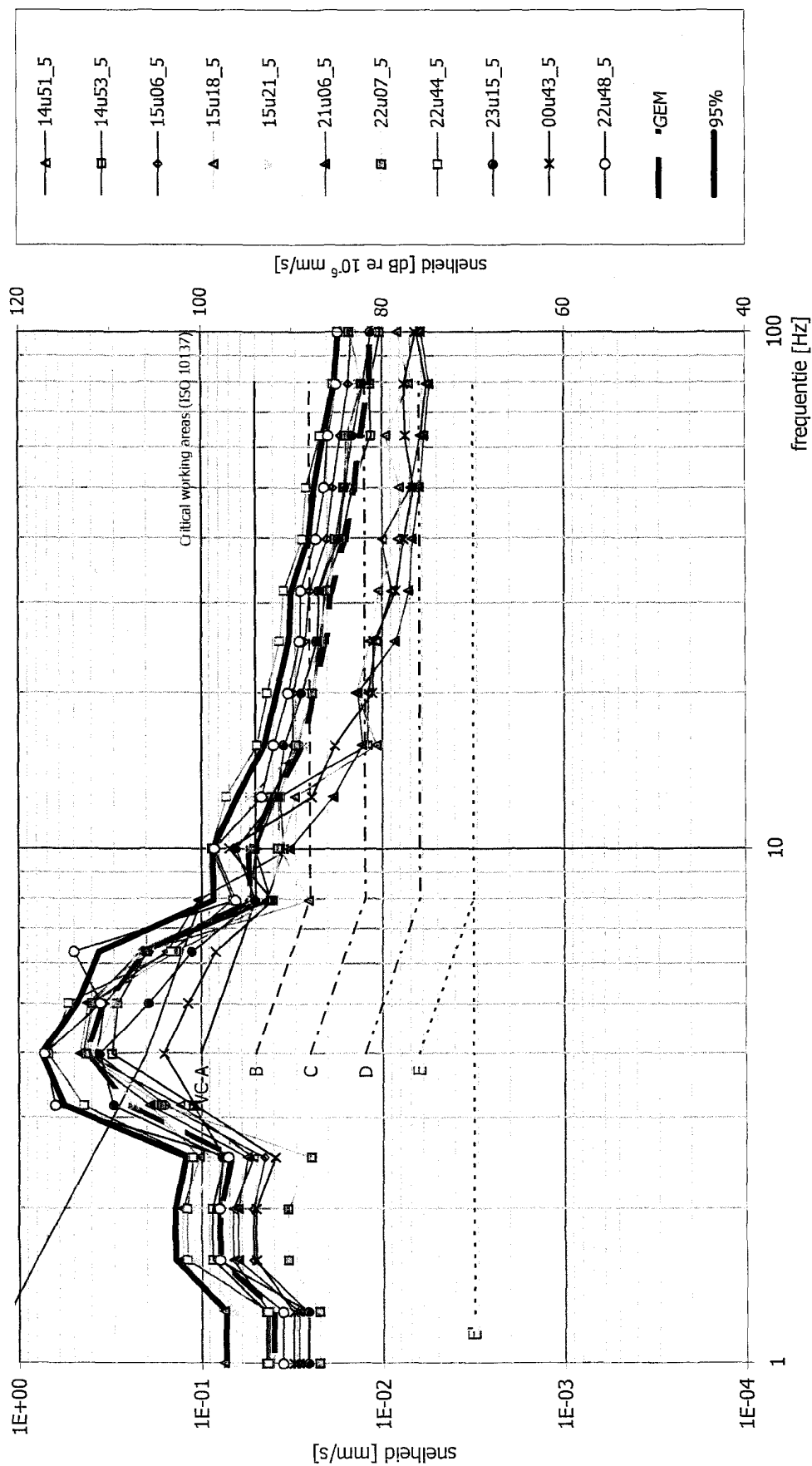
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsspectra treinpassages - Kavel Oost (fietsbrug) op 25 m uit spoor

Trilsnelheden v_{top} in 1/3-octaaftanden, vertikaal

22-23 november 2007



Figuur 8a

Spectra Woerden.xls / Oost 25m_V

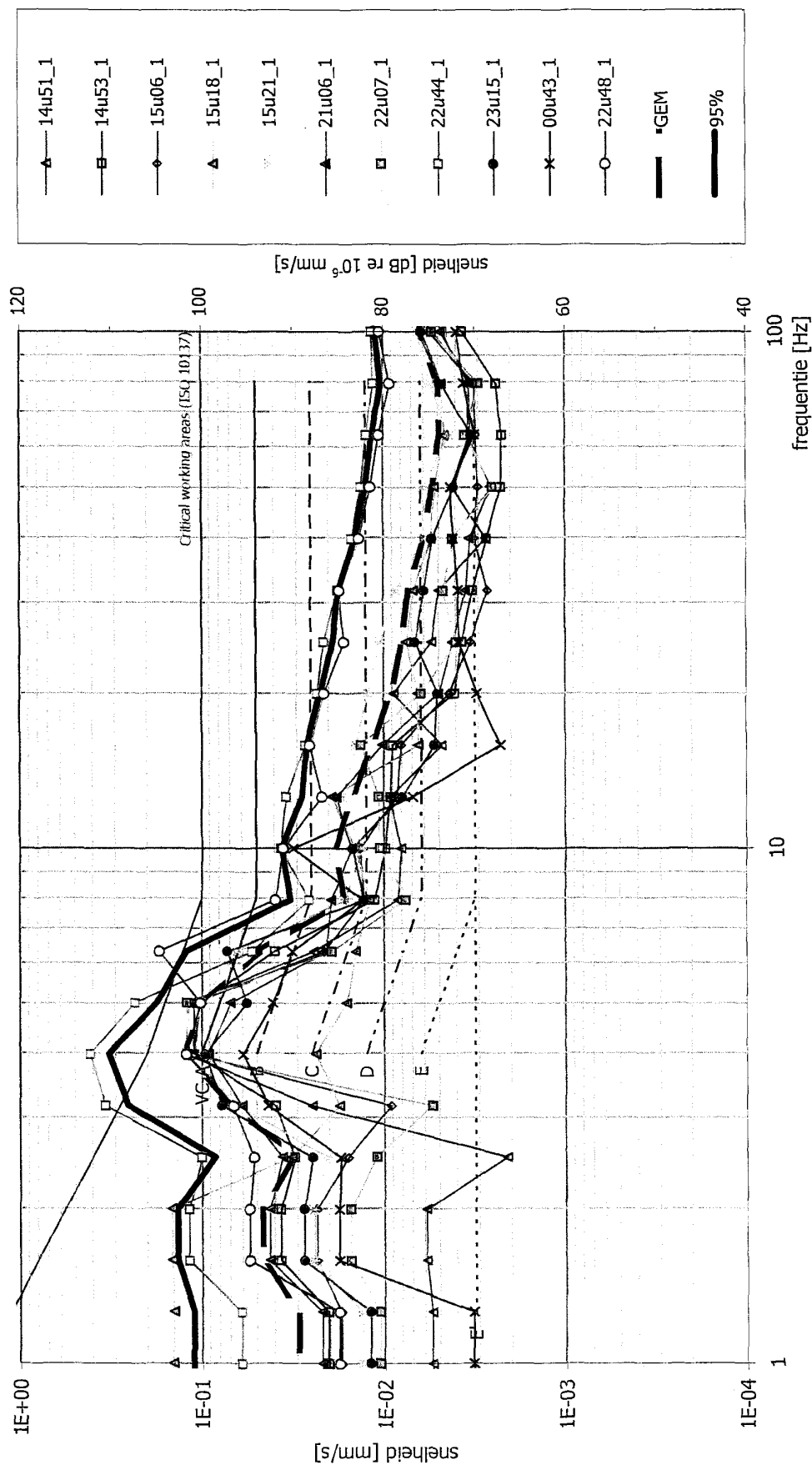
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingspectra treinpassages - Kavel Oost (fietsstunnel) op 70 m uit spoor

Trilsnelheden V_{top} in 1/3-octaafbanden, vertikaal

22-23 november 2007



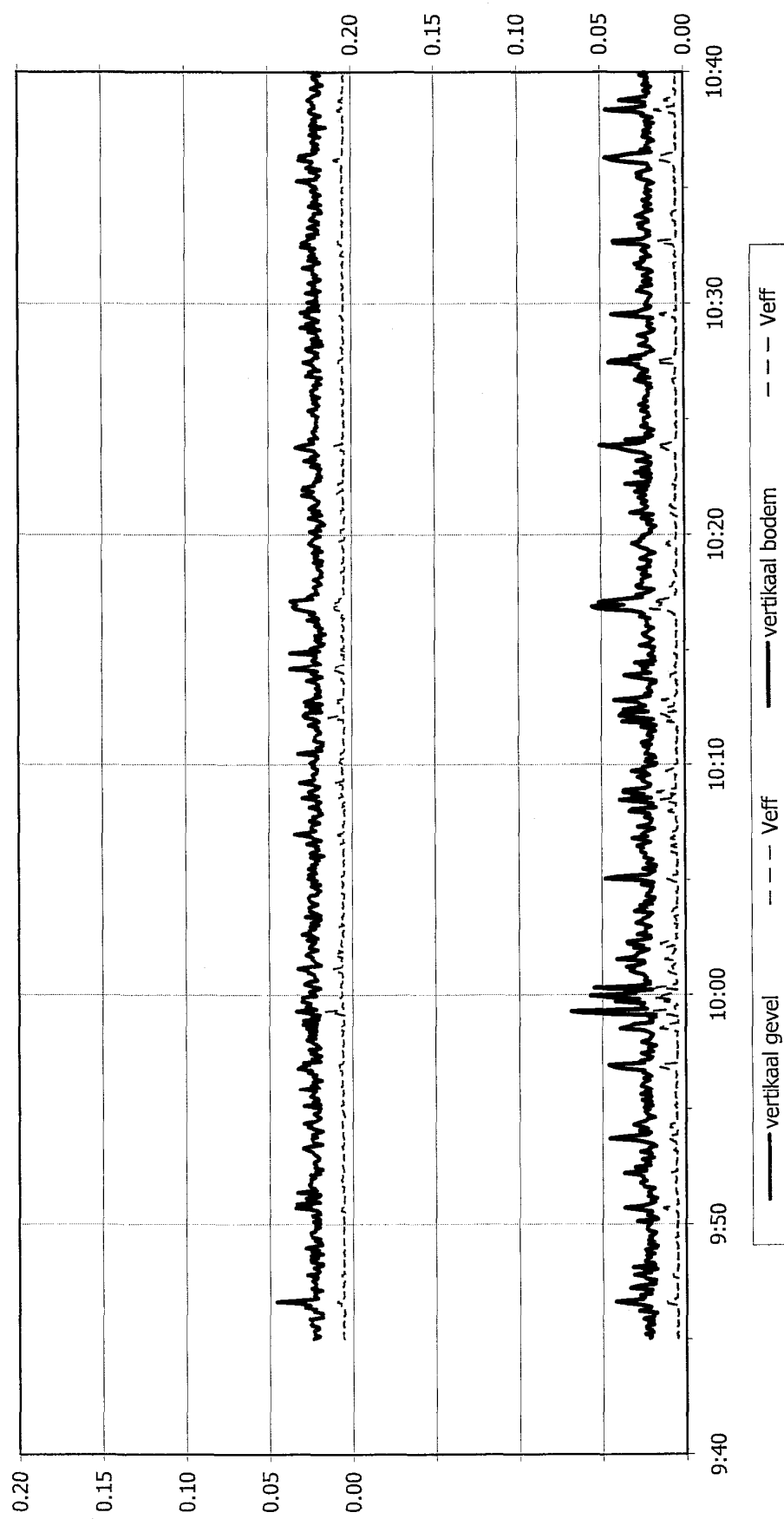
Figuur 8b

Spectra Woerden.xls / Oost 70m_V

dG^R

Trillingssterkte v_{top} en v_{eff} in [mm/s]

Meetdatum: 22 november 2007



Syscom Woerden.xls / Roche 22 november

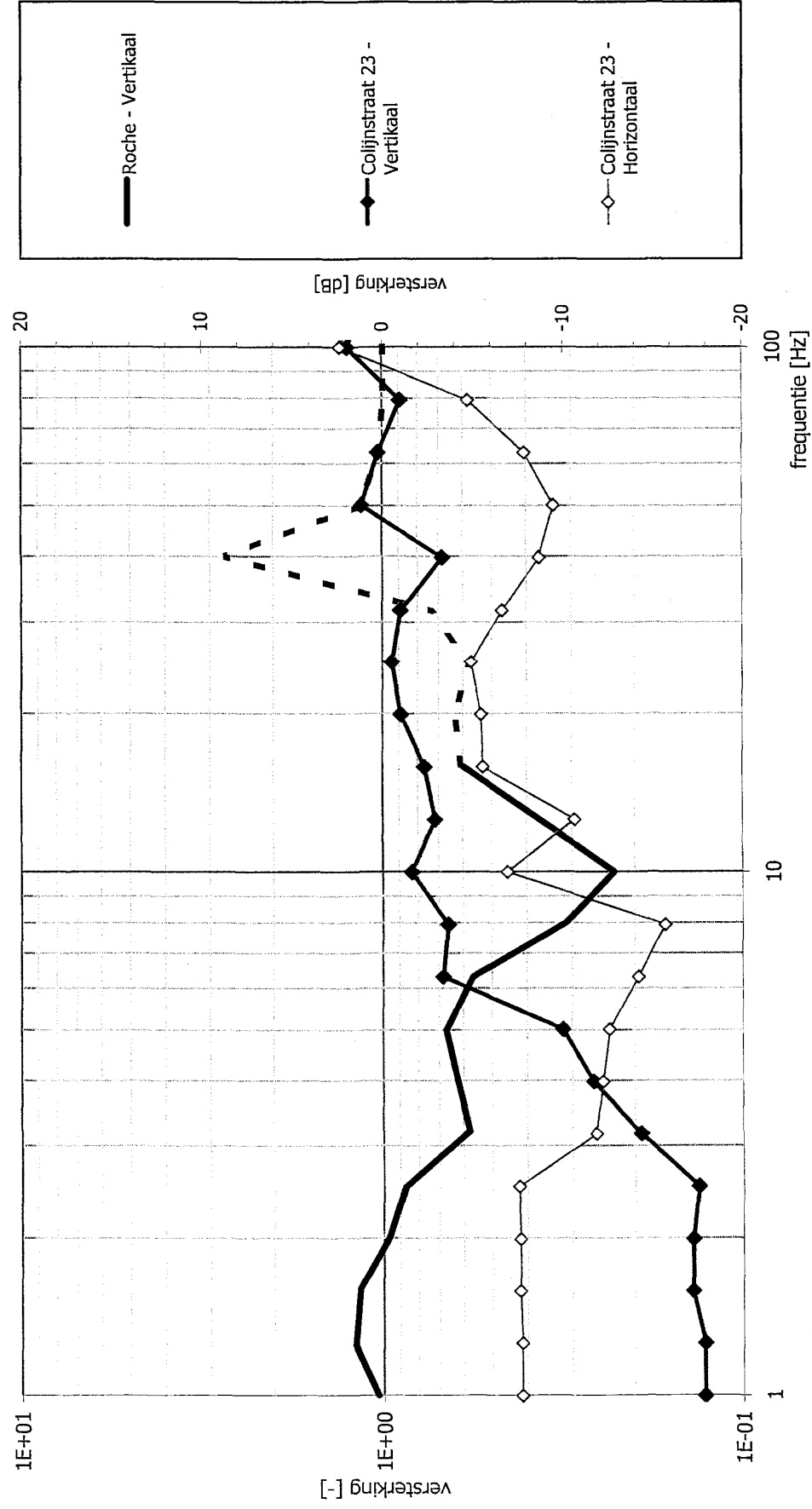
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsverzwakking bodem naar gebouw - Kantoor Roche

Verzwakking in 1/3-octaaftanden - channel 3 / verticaal

Meetdatum: 22-23 november 2007



Figuur 10

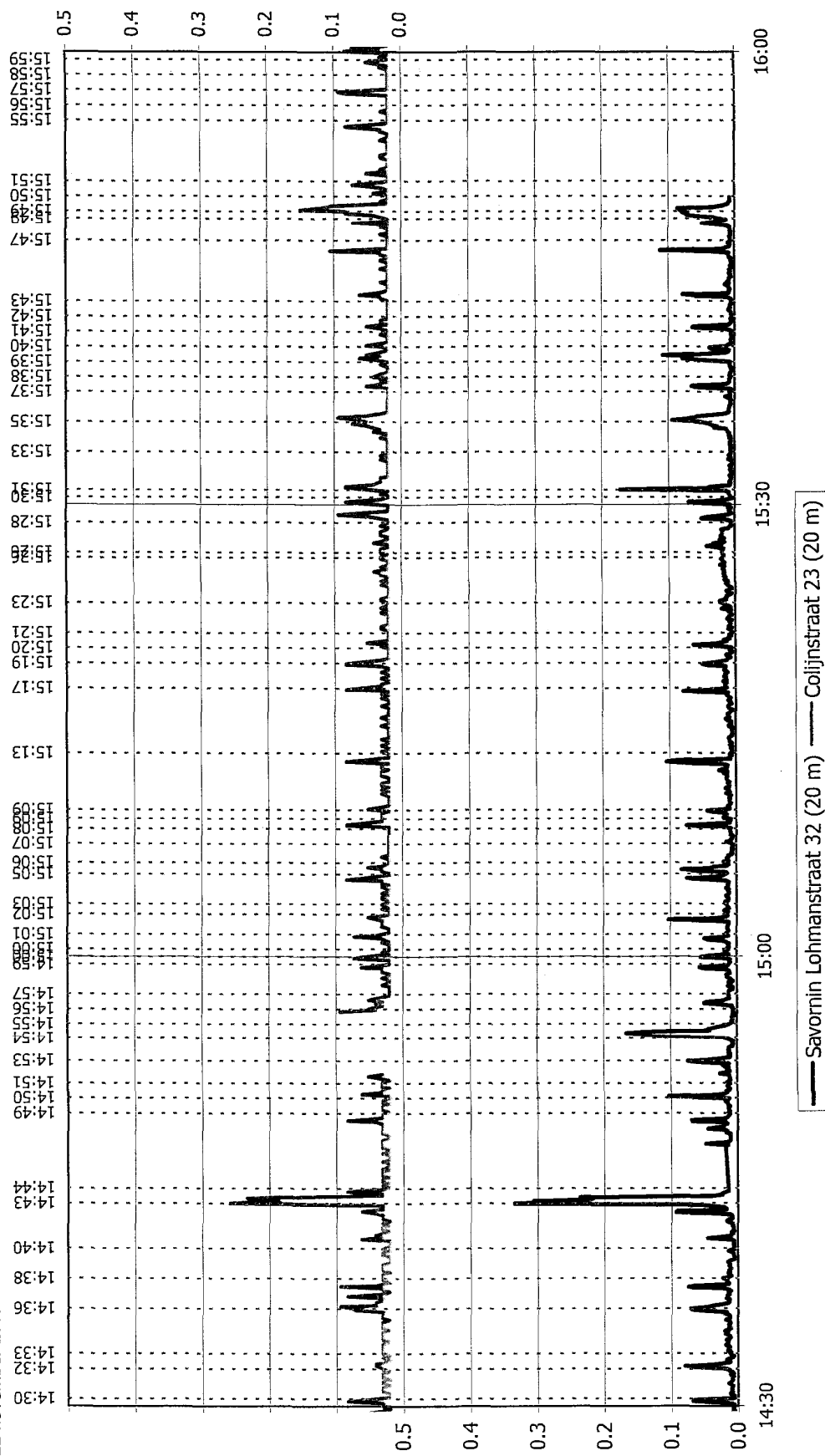
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie woningen Staatsliedenbuurt - bemande meting

Trillingsniveaus V_{top} in [mm/s] - Verticaal

22 november 2007



Figuur 11a

Trillingsmetingen Woerden.xls / Staatsliedenbuurt

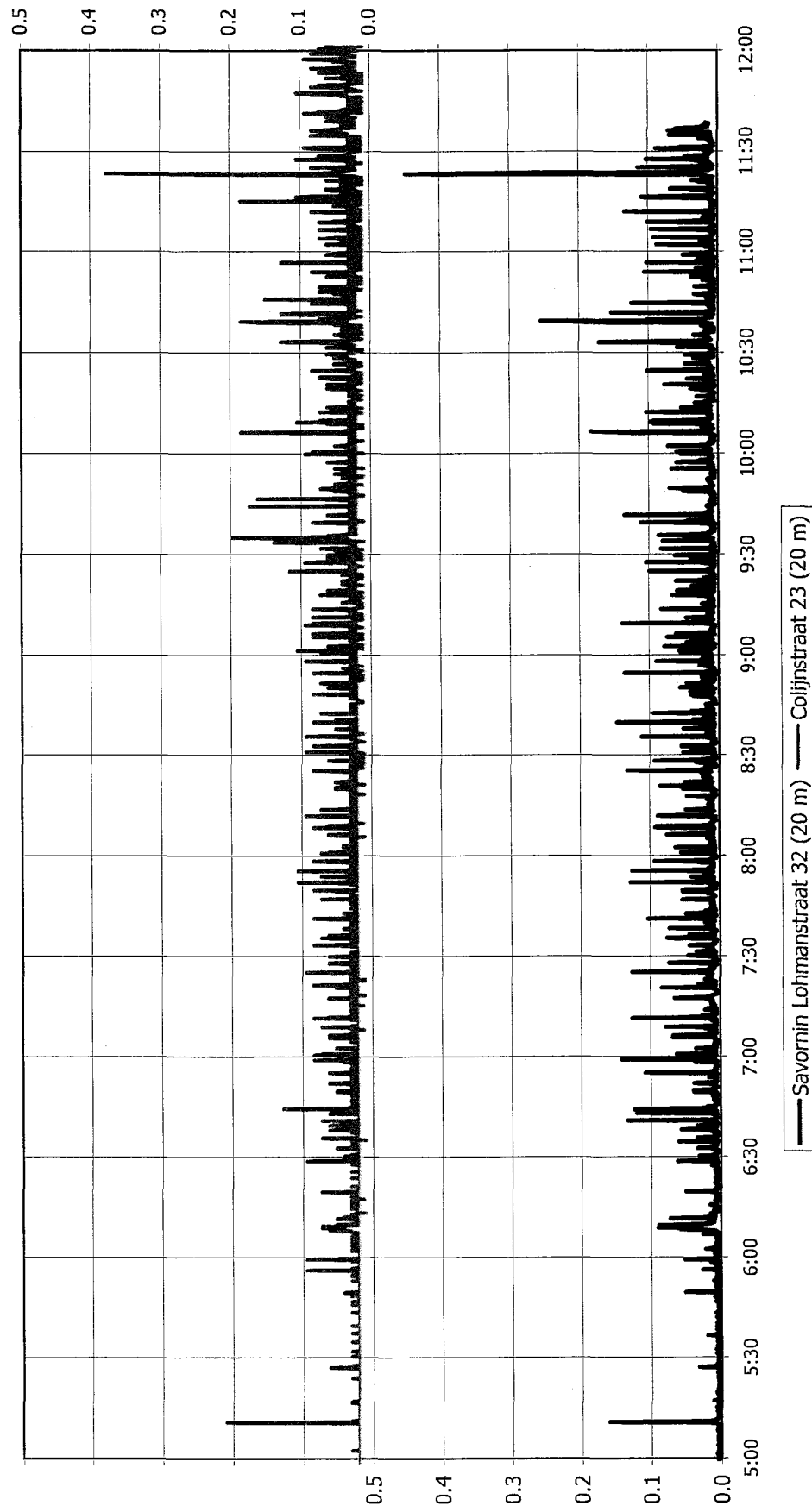
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsregistratie woningen Staatsliedenbuurt - onbemande meting

Trillingsniveaus v_{top} in [mm/s] - Verticaal

23 november 2007



Figuur 11b

Trillingsmetingen Woerden.xls / Staatsliedenbuurt (2)

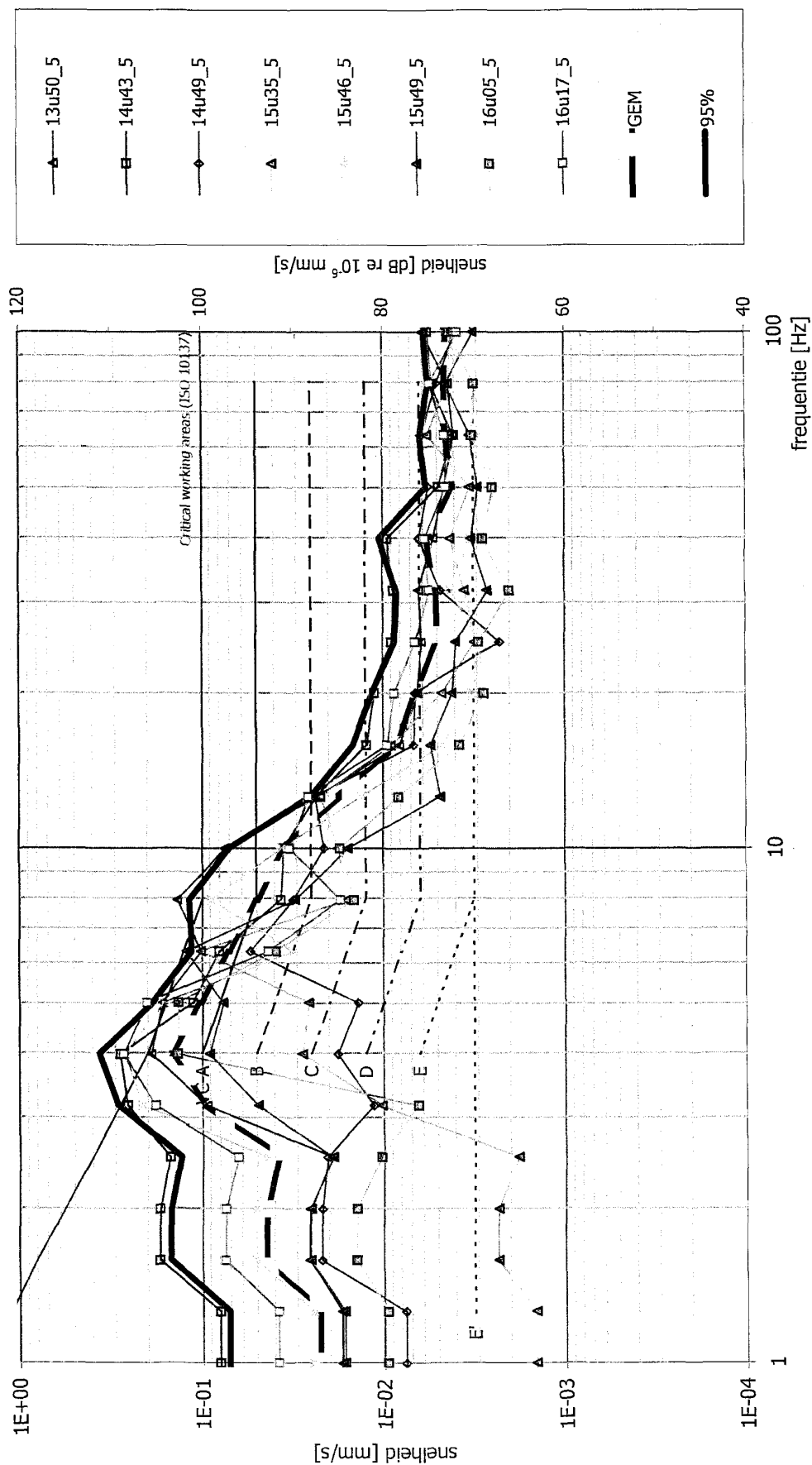
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingsspectra treinpassages - Colijnstraat 23 op 20 m uit spoor

Trilsnelheden v_{top} in 1/3-octaaftanden, Bodem vertikaal

22-23 november 2007



Figuur 12a

Spectra Woerden.xls / Bodem_V

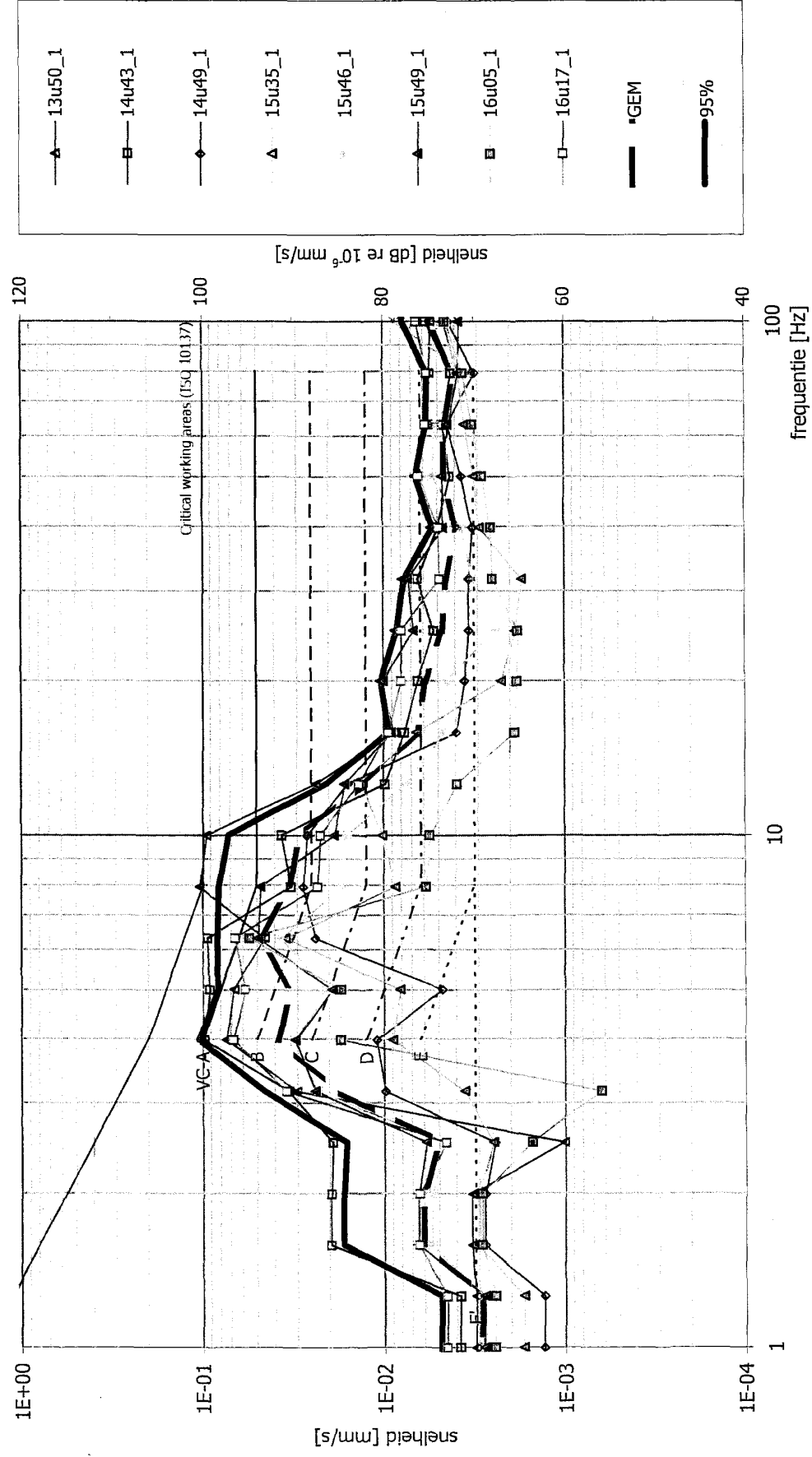
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

Trillingsspectra treinpassages - Colijnstraat 23 op 20 m uit spoor

Trilsnelheden v_{top} in 1/3-octaafbanden, Gevel vertikaal

22-23 november 2007

dGm^R



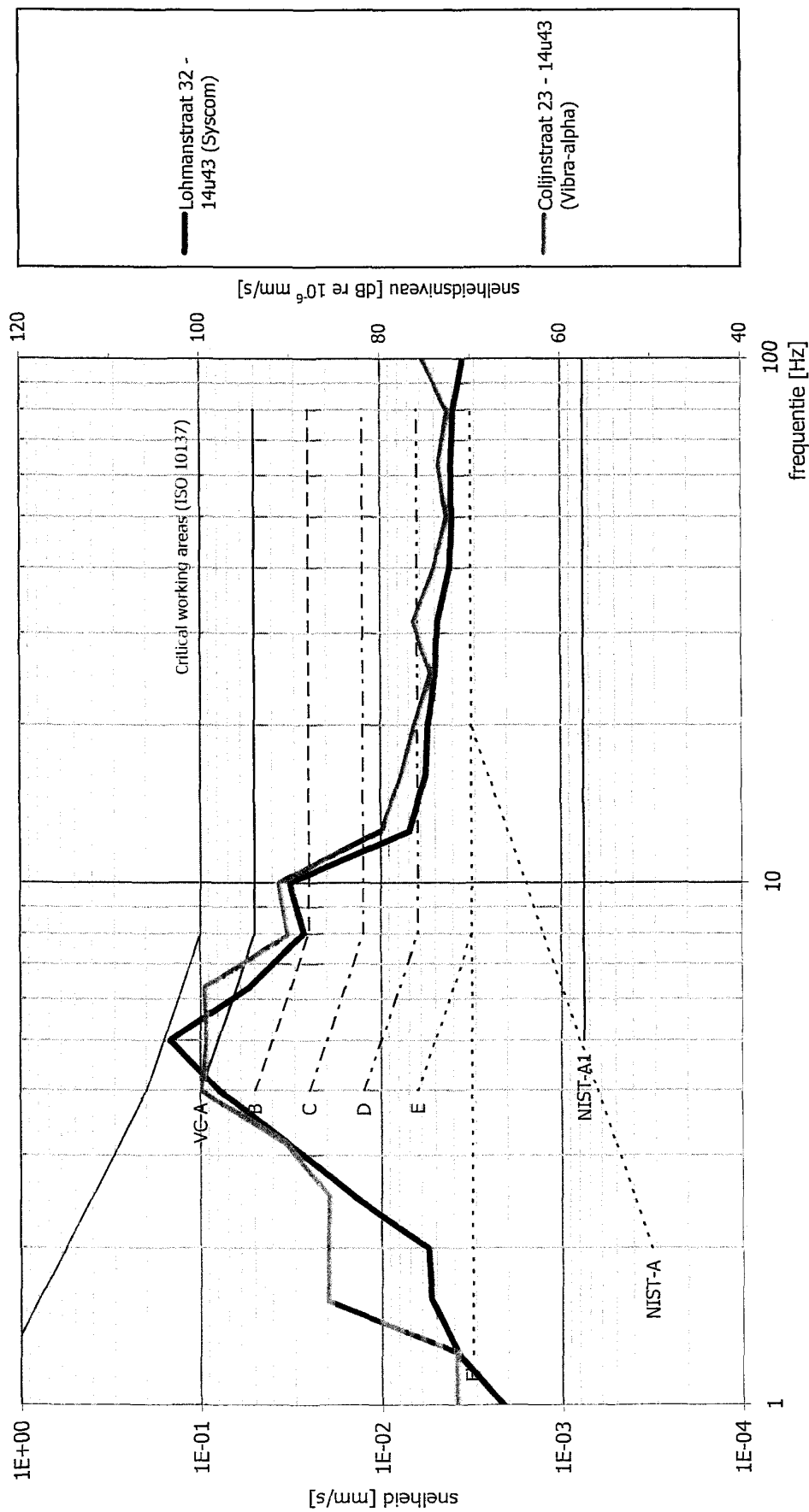
Figuur 12b

Spectra Woerden.xls / Gevel_V

Trillingsspectra Staatsliedenbuurt

Trilsnelheden V_{rms} in 1/3-octaaftanden - verticaal

Meetdatum: 22-23 november 2007



Figuur 13

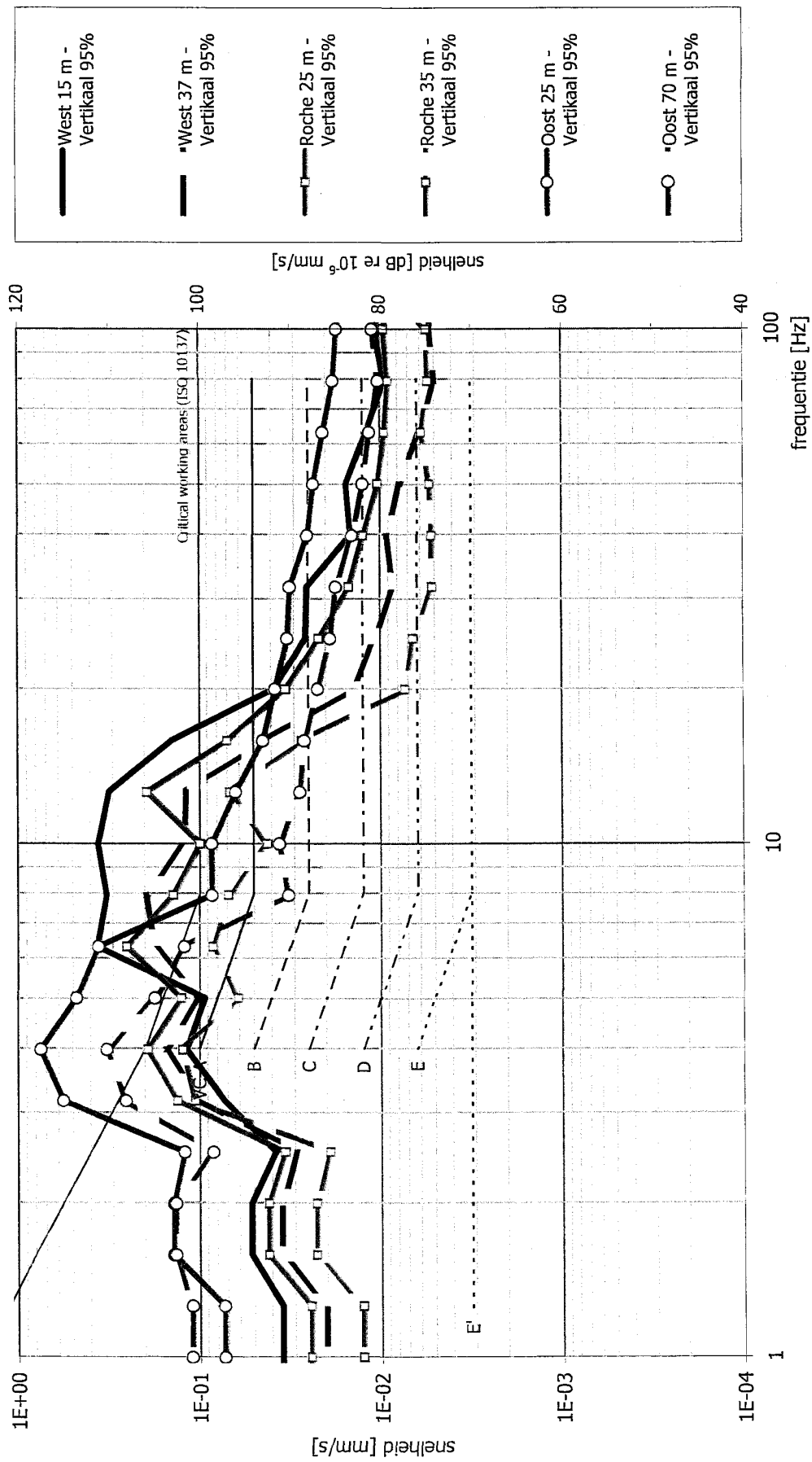
T.2007.0219.00 - Nieuwbouw Snellerpoort, Woerden

dGm^R

Trillingspectra treinpassages - Vertikaal

Trilsnelheden V_{top} in 1/3-octaaftanden

22-23 november 2007



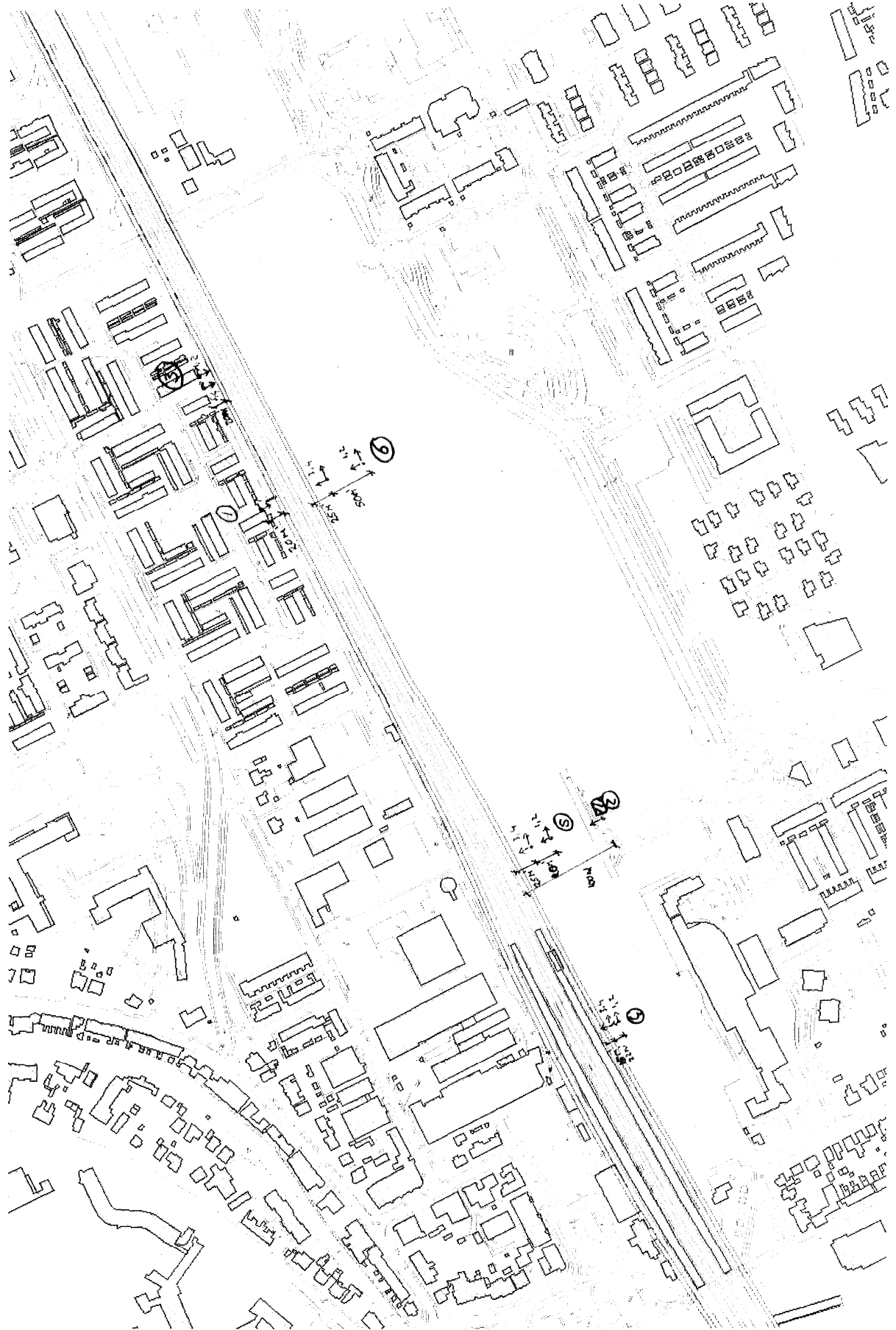
Figuur 14

Spectra Woerden.xls / Vergelijk (V)

Bijlage 1

Overzicht meetposities

- ① SYSCOM AH0054
(DE SAUVIN DORMA 1400 24)
- ② SYSCOM AH0055
(ROCHE)
- ③ VISRA X AH0012
(DE GUYONNET 23)
- ④ VISRA X AH0017
(KAVEL WEST)
- ⑤ VISRA X AH0018
(KAVEL EAST, ROCHE)
- ⑥ VISRA X AH0013
(KAVEL EAST, FLETSBERG)



Bijlage 2

Meetjournaal

Journal	Spoor	Materieel	Richting	A/D/V	Snelheid
22-11-2007 14:30:00		Stoptrein 2x3	West	A	
22-11-2007 14:32:00		IC 4+3	Oost	D	80-100
22-11-2007 14:33:00		Stoptrein 2+3	West	V	
22-11-2007 14:36:00		IC 2+4	Oost	D	
22-11-2007 14:36:00		DD 1x6	West	A	
22-11-2007 14:38:00		DD 1x6	West	D	80
22-11-2007 14:38:00		DD 1x6	West	V	
27-11-2007 14:39:00		Stoptrein 4+2	Oost	A	
22-11-2007 14:40:00		Stoptrein 4+2	Oost	V	
22-11-2007 14:43:00		IC 4+3	West	D	80-100
22-11-2007 14:44:00		Goederen 32 bakken	West	D	
22-11-2007 14:49:00		Stoptrein 2x3	West	A	
22-11-2007 14:50:00		DD 1x6	Oost	D	80-100
22-11-2007 14:51:00		Stoptrein 2x3	West	V	
22-11-2007 14:52:30		IC 3x3	Oost	D	80
22-11-2007 14:54:00		DD 1x6	Oost	A	
22-11-2007 14:55:00		Goederen 43 bakken	West	D	50-60
22-11-2007 14:56:00		DD 1x6	Oost	V	
22-11-2007 14:57:00		IC 3x3	West	D	
22-11-2007 14:59:30		IC 2x3	Oost	D	60-80
22-11-2007 14:59:00		Stoptrein 2x3	Oost	A	
22-11-2007 15:00:00		Stoptrein 2x3	West	A	
22-11-2007 15:01:00		Stoptrein 2x3	Oost	V	
22-11-2007 15:02:20		IC 2x4	Oost	D	60-80
22-11-2007 15:03:00		Stoptrein 2x3	West	V	
22-11-2007 15:05:00		DD 1x6	West	A	
22-11-2007 15:05:45		IC 4+3+3	Oost	D	80-100
22-11-2007 15:07:00		Stoptrein 2+4	Oost	A	
22-11-2007 15:08:00		DD 1x6	West	V	
22-11-2007 15:08:40		DD 1x6	West	D	80
22-11-2007 15:09:15		Stoptrein 2+4	Oost	V	
22-11-2007 15:13:00		IC 2x4	West	D	80
22-11-2007 15:17:20		IC 2x3	Oost	D	80
22-11-2007 15:19:00		Stoptrein 2+4	West	A	
22-11-2007 15:20:00		DD 1x6	Oost	D	80
22-11-2007 15:21:00		Stoptrein 2+4	West	V	
22-11-2007 15:23:00		DD 1x6	Oost	A	
22-11-2007 15:26:00		DD 1x6	Oost	V	
22-11-2007 15:26:20		Stoptrein 2x3	Oost	A	
22-11-2007 15:28:20		Stoptrein 2x3	Oost	V	
22-11-2007 15:30:00		Stoptrein 2x3	West	A	
22-11-2007 15:30:30		IC 2x4	Oost	D	80-100
22-11-2007 15:33:00		Stoptrein 2x3	West	V	
22-11-2007 15:33:00		Goederen 46 bakken	West		
22-11-2007 15:35:00		IC 3x4	Oost	D	100
22-11-2007 15:35:00		Goederen 46 bakken	West	D	30
22-11-2007 15:37:00		IC 3x3	West	D	80
22-11-2007 15:38:00		Stoptrein 2+4	Oost	A	
22-11-2007 15:39:00		Stoptrein 2+4	Oost	V	
22-11-2007 15:40:00		IC 2x3	West	D	80
22-11-2007 15:40:00		DD 1x6	West	A	
22-11-2007 15:41:00		DD 1x6	West	V	60
22-11-2007 15:42:00		DD 1x6	West	D	60
22-11-2007 15:43:00		IC 2x3	West	D	50
22-11-2007 15:47:00		Goederen (ANWB) 2 bakker	West	D	50
22-11-2007 15:48:30		Goederen 43 bakken	Oost	D	
22-11-2007 15:49:00		Stoptrein 4+2	West	A	50
22-11-2007 15:50:00		DD 1x6	Oost	D	
22-11-2007 15:51:00		Stoptrein 4+2	West	V	70
22-11-2007 15:55:00		IC 2x3	West	D	
22-11-2007 15:56:00		DD 1x6	Oost	A	80
22-11-2007 15:57:00		IC 2x4	West	D	
22-11-2007 15:58:00		DD 1x6	Oost	V	
22-11-2007 15:59:00		Stoptrein 2x3	Oost	A	

Journaal	Spoor	Materieel	Richting	A/D/V	Snelheid
22-11-2007 16:00:00		Stoptrein 2x3	West	A	
tijdcorrectie					
23-11-2007 13:30:00		Stoptrein 2x3	West	A	
23-11-2007 13:32:00		IC 2x3	Oost	D	80
23-11-2007 13:35:00		IC 2x3	Oost	D	80
23-11-2007 13:38:00		Goederen 42 bakken	West	D	
23-11-2007 13:39:10		Stoptrein 2x3	Oost	V	
23-11-2007 13:41:00		DD 1x4	West	A	
23-11-2007 13:41:00		DD 1x6	West	D	
27-11-2007 13:42:00		onderhoud	Oost	D	60
23-11-2007 13:43:00		Goederen 20-30 bakken	West	A	30
23-11-2007 13:43:00		DD 3+4	West	D	80
23-11-2007 13:46:00		IC 2x3	Oost	D	80
23-11-2007 13:48:00		Goederen 23-30 bakken	West	V	
23-11-2007 13:51:00		IC 10 bakken	Oost	D	80
23-11-2007 13:51:00		Stoptrein 4+2	West	A	
23-11-2007 13:52:00		Stoptrein 4+2	West	V	
23-11-2007 13:53:00		IC 4+3	West	D	80
23-11-2007 13:55:00		Stoptrein 2x3	Oost	A	
23-11-2007 13:56:00		IC 4+3	West	D	60-80
23-11-2007 13:56:00		DD 1x6	Oost	A	
23-11-2007 13:58:00		DD 1x6	Oost	V	
23-11-2007 13:58:00		Stoptrein 2x3	Oost	V	
23-11-2007 13:58:00		Stoptrein 2x2	West	D	60
23-11-2007 14:00:00		IC 4+3	Oost	D	60-80
23-11-2007 14:01:00		Stoptrein 2+3	West	A	
23-11-2007 14:03:00		Stoptrein 2+3	West	V	
23-11-2007 14:05:00		IC 2x3	Oost	D	80-100
23-11-2007 14:05:00		DD 1x6	West	A	
23-11-2007 14:08:00		dd 1x6	West	V	
23-11-2007 14:08:00		IC 8 bakken	West	D	80-100
23-11-2007 14:09:40		Stoptrein 2x3	Oost	V	
23-11-2007 14:11:10		IC 2x4	West	D	80-100
23-11-2007 14:16:45		IC 2x3	Oost	D	80
23-11-2007 14:19:30		Stoptrein 1x3	West	A	
23-11-2007 14:20:00		IC 11 bakken	Oost	D	80-100
23-11-2007 14:21:00		Stoptrein 1x3	West	V	
23-11-2007 14:24:00		IC 1x4	West	D	80
23-11-2007 14:24:00		DD 1x6	Oost	A	
23-11-2007 14:25:00		Stoptrein 2x3	West	A	
23-11-2007 14:25:30		DD 1x6	West	A	
23-11-2007 14:26:30		IC 2x3	Oost	D	60-80
23-11-2007 14:28:00		Stoptrein 2x3	Oost	V	
23-11-2007 14:30:00		Stoptrein 2x3	Oost	A	

Goederentreinen (journaal bewoners)

22-11-2007 21:06:00
 22-11-2007 21:36:00
 22-11-2007 21:59:00
 22-11-2007 22:14:00
 22-11-2007 22:44:30
 22-11-2007 22:48:00
 22-11-2007 23:15:00
 22-11-2007 23:18:00
 22-11-2007 23:41:00
 22-11-2007 23:46:00
 23-11-2007 00:05:00
 23-11-2007 00:16:00
 23-11-2007 12:44:00
 23-11-2007 13:38:00

Bijlage 3

Trillingsprognose railverkeer

Railverkeer

project Snellerpoort Woerden kavel west
 gebouw kantoor 0.7
 gebouwfstand (tot spoor) 25 m referentie afstand 5 m

passages per uur 16 (met $v_{\text{eff}} > 0,1$ mm/s)
 per jaar 2010-15

Bodemtrillingen

	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	sum
1/3-octaal																									
bronspectrum (amplitude, gem)	86	86	90	90	87	93	98	96	106	107	110	107	102	91	91	91	87	86	85	84	85	85	85	87	114
spreadig	11	11	11	11	10	11	9	10	11	9	7	8	7	7	3	5	4	6	5	4	4	3	3	3	3
bronspectrum (amplitude, max)	97	97	100	100	98	103	107	105	117	116	116	115	108	98	95	96	91	92	90	88	89	87	88	89	123
snelheidscorrectie	-10.5	-10.5	-10.5	-10.5	-10.4	-10.3	-10.1	-9.7	-9.2	-8.7	-8.6	-9.1	-10.0	-11.3	-13.0	-15.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5
afstandscorrectie	86	86	90	90	87	93	97	96	108	107	108	106	98	86	82	80	75	75	73	71	72	71	72	73	114
prognose [dB]	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.07	0.06	0.25	0.22	0.25	0.20	0.08	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
prognose [mm/s]																				V _{peak}				0.69	

SBR-A / Gebouwschade (V_{top})

	vloer type 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
gebouwtipe:	Slappe bodem Utiliteit																							
Stijf punt fundatie	-17.9	-17.9	-17.2	-17.2	-16.0	-14.3	-11.0	-8.0	-6.0	-5.3	-4.9	-4.8	-5.2	-5.8	-6.5	-7.6	-9.2	-11.7	-11.7	-11.7	-11.7	-11.7	-11.7	-11.7
H _{v,1} [dB]	69	69	73	73	71	79	86	88	88	102	102	103	101	93	81	75	73	66	64	61	59	60	59	61
V _{top} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.12	0.12	0.14	0.12	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
																				V _{peak}				0.37

SBR-C / Verstoring van apparatuur (V_{rms})

	vloer type 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
Begane grond	vloer type 2																							
V _{top} > V _{rms}	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
H _{v,1} [dB]	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
H _{v,veer} [dB]	66	66	70	70	69	77	86	88	104	106	109	109	101	88	82	79	71	68	65	61	61	58	58	114
V _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.16	0.20	0.29	0.27	0.11	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
																				V _{peak}				0.69

	vloer type 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
2e verdieping	vloer type 2																							
H _{v,1} [dB]	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.3	1.7	1.4	-0.5	-2.5	-4.4	-6.4	-8.1	-9.8	-11.5	-13.1	-14.7	-16.3	-18.0	-19.5	-21.1	-22.8	-24.4
H _{v,veer} [dB]	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
V _{rms} [mm/s]	66	66	70	71	70	78	87	90	105	106	107	104	94	79	72	67	58	53	48	43	41	37	35	34
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.19	0.19	0.22	0.16	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
																				V _{peak}				0.55

	vloer type 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
4e verdieping	vloer type 2																							
H _{v,1} [dB]	0.2	0.2	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	3.4	2.8	-1.0	-5.0	-8.9	-12.8	-16.2	-19.5	-23.1	-26.2	-29.4	-32.6	-36.0	-39.1	-42.2	-45.6	-48.7
H _{v,veer} [dB]	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
V _{rms} [mm/s]	66	66	70	71	70	79	88	92	107	105	104	100	88	71	62	56	45	39	32	25	22	16	12	9
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.22	0.18	0.16	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35
																				V _{peak}				0.49

SBR-B / Hinder voor personen (V_{eff})

	vloer type 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
Begane grond	vloer type 2																							
SBR-weging	-15.1	-13.2	-11.2	-9.5	-7.8	-6.1	-4.7	-3.5	-2.5	-1.7	-1.2	-0.8	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L _v [dB]	51	53	59	61	62	71	81	85	102	104	108	108	100	87	82	78	71	68	65	61	61	58	58	112
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.12	0.17	0.25	0.25	0.10	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
																				V _{per} *				0.06

	vloer type 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
2e verdieping	vloer type 2																							
L _v [dB]	51	53	59	61	62	72	82	86	103	104	106	103	94	79	72	67	58	53	48	43	41	37	35	34
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.14	0.16	0.19	0.15	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
																				V _{per} *				0.04

	vloer type 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
4e verdieping	vloer type 2																							
L _v [dB]	51	53	59	62	62	73	83	88	104	103	103	99	87	71	62	55	45	39	32	25	22	16	12	9
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.16	0.15	0.14	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
																				V _{per} *				0.04

* gebied voor de beschouwde treinpassages

Bodemtrillingen

[illegible]**SBR-A / woningschade (vtop)**[illegible]SBR-C / Verstoring van apparatuur (v_{rms})[illegible]

1e verdieping	vloertype:
---------------	------------

[illegible]

2e verdieping vloertype:

F _{max}										F _{max}														
F _{max}					F _{max}					F _{max}					F _{max}									
F _{max}					F _{max}					F _{max}					F _{max}									
F _{max}					F _{max}					F _{max}					F _{max}									
F _{max}					F _{max}					F _{max}					F _{max}									
F _{max} [dB]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	1.8	2.8	4.1	4.0	0.3	-4.8	-10.3	-14.8	-19.1	-23.6	-27.7	-31.7	-35.7	-39.9	-43.8	-47.7	-52.0	-55.9
FV _{max} [dB]	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
L _v [dB]	65	66	71	72	72	86	94	96	107	105	100	102	87	75	65	55	47	38	32	26	21	15	9	5
V _{max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.06	0.23	0.17	0.10	0.12	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V _{rmsk}																								
0.52																								

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})

[illegible]

1e verdieping

	50	52	60	62	64	80	89	91	103	101	99	103	92	82	74	67	60	54	50	46	43	38	35	33	108
L_v [dB]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.13	0.11	0.09	0.15	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.13	0.11	0.09	0.15	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
																								0.25	0.04

2e verdieping

[illegible]

Railverkeer

project
gebouw
woningafstand (tot spoor)

Snellerpoort Woerden
gestapelde bouw
30 m

bronspectrum
crestfactor C_F
referentie afstand

kavel oost (fietsstunnel)
0.7
5 m

passages per uur
per jaar

16 (met $V_{eff} > 0,1$ mm/s)
2010-15

Bodemtrillingen

	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
1/3-octaaft bronspectrum (amplitude, gem)	102	102	108	108	107	118	123	123	115	103	103	101	99	99	99	101	101	100	99	98	98	97	98	99	126
spread	5	5	5	5	5	7	5	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	
bronspectrum (amplitude, max)	108	108	113	113	112	125	128	123	120	107	107	105	103	103	103	106	105	104	103	102	101	100	101	102	131
sneldiscorrectie	-12.1	-12.1	-12.1	-12.1	-12.0	-11.8	-11.5	-11.0	-10.5	-10.0	-9.9	-10.7	-12.0	-13.6	-15.8	-18.9	-20.2	-20.2	-20.2	-20.2	-20.2	-20.2	-20.2	-20.2	-20.2
afstandscorrectie	96	96	101	101	100	114	116	112	110	97	97	94	91	89	88	87	84	84	83	82	81	80	80	82	120
prognose [dB]	0.06	0.06	0.11	0.12	0.10	0.48	0.64	0.41	0.31	0.07	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.98
prognose [mm/s]																									1.41
																									V_{peak}

SBR-A / woningschade (vtop)

Slapde bodem Utiliteit	woningtype:
$H_{v,1}$ [dB]	-17.9 -17.9 -17.2 -17.2 -16.0 -14.3 -11.0 -8.0 -6.0 -5.3 -4.9 -4.8 -5.2 -5.8 -6.5 -7.6 -9.2 -11.7 -11.7 -11.7 -11.7 -11.7 -11.7 -11.7
$L_{v,1}$ [dB]	78 78 84 84 99 105 104 104 92 92 90 86 84 81 79 75 72 71 70 70 68 69 70
V_{top} [mm/s]	0.01 0.01 0.02 0.02 0.02 0.02 0.09 0.18 0.16 0.16 0.04 0.03 0.02 0.02 0.01 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
	V_{peak}

SBR-C / Verstoring van apparatuur (V_{rms})

vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)	vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	-3.0 -3.0
$L_{v,1}$ [dB]	0.0 0.2 0.4 0.8 1.0 1.5 2.3 3.5 5.2 7.4 9.3 10.3 10.6 10.0 9.5 8.3 7.5 6.3 5.0 3.5 2.0 1.0 0.0 0.0 0.0
V_{rms} [mm/s]	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.08 0.17 0.20 0.07 0.09 0.07 0.05 0.03 0.02 0.02 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
	V_{peak}

vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)	vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	0.1 0.1 0.1 0.2 0.3 0.6 0.9 1.4 2.0 2.0 0.1 -2.4 -5.1 -7.4 -9.5 -11.8 -13.8 -15.8 -17.9 -20.0 -21.9 -23.9 -26.0 -28.0
$L_{v,1}$ [dB]	0.0 0.2 0.4 0.8 1.0 1.5 2.3 3.5 5.2 7.4 9.3 10.3 10.6 10.0 9.5 8.3 7.5 6.3 5.0 3.5 2.0 1.0 0.0 0.0
V_{rms} [mm/s]	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.08 0.18 0.20 0.08 0.09 0.05 0.03 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
	V_{peak}

vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)	vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	0.1 0.2 0.3 0.4 0.7 1.1 1.8 2.8 4.1 4.0 0.3 -4.8 -10.3 -14.8 -19.1 -23.6 -27.7 -31.7 -35.7 -39.9 -43.8 -47.7 -52.0 -55.9
$L_{v,1}$ [dB]	0.0 0.2 0.4 0.8 1.0 1.5 2.3 3.5 5.2 7.4 9.3 10.3 10.6 10.0 9.5 8.3 7.5 6.3 5.0 3.5 2.0 1.0 0.0 0.0
V_{rms} [mm/s]	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.09 0.20 0.24 0.32 0.11 0.09 0.04 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
	V_{peak}

SBR-B / Hinder voor personen (V_{eff})

vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)	vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	-15.1 -13.2 -11.2 -9.5 -7.8 -6.1 -4.7 -3.5 -2.5 -1.7 -1.2 -0.8 -0.5 -0.3 -0.2 -0.1 -0.1 -0.1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
$L_{v,1}$ [dB]	60 62 70 72 74 92 100 101 104 95 98 96 93 90 87 85 80 77 74 72 70 67 67 67 108
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.01 0.04 0.10 0.12 0.15 0.05 0.08 0.06 0.04 0.03 0.02 0.02 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
	V_{peak}

vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)	vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	60 62 70 73 75 92 101 103 106 97 98 94 88 83 78 73 67 61 56 52 48 43 41 39 109
$L_{v,1}$ [dB]	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.01 0.04 0.11 0.14 0.19 0.07 0.08 0.05 0.02 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.01 0.04 0.12 0.16 0.24 0.09 0.08 0.04 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
	V_{peak}

vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)	vloertype: 2 ($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	60 62 70 73 75 93 101 104 108 99 98 91 83 75 68 61 53 45 39 32 26 19 15 11 111
$L_{v,1}$ [dB]	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.01 0.04 0.12 0.16 0.24 0.09 0.08 0.04 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.01 0.04 0.12 0.16 0.24 0.09 0.08 0.04 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
	V_{peak}

Bijlage 4

Trillingsprognose gestapelde bouw 50m

Railverkeer

project
gebouw
woningafstand (tot spoor)

Snellerpoort Woerden
gestapelde bouw
50 m

bronspectrum
crestfactor C_F
referentie afstand

kavel oost (Roche)
0.65
5 m

passages per uur
per jaar

16 (met $v_{eff} > 0,1$ mm/s)
2010-15

Bodemtrillingen

1/3-octaf	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
bronspectrum (amplitude, gem)	90	90	95	95	94	104	109	106	110	101	102	109	101	96	95	94	93	92	91	92	92	92	91	93	116
spread	8	8	7	7	7	8	7	5	7	11	7	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	
bronspectrum (amplitude, max)	98	98	103	103	101	113	116	112	117	112	109	115	107	102	100	99	98	97	96	96	96	95	95	96	123
snijheidscorrectie	-17.8	-17.8	-17.6	-17.4	-17.1	-16.6	-16.1	-15.6	-15.1	-14.6	-14.8	-16.5	-19.2	-22.3	-26.5	-32.1	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	
afscandcorrectie	80	81	85	85	84	96	100	96	102	97	94	98	88	79	73	67	64	63	62	61	62	61	60	62	107
prognose [dB]	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.06	0.10	0.06	0.13	0.07	0.05	0.08	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
prognose [mm/s]																									0.34
																									0.16

SBR-A / woningschade (vtop)

Stijf punt fundatie	woningtype:	Slappe bodem (Uutleil)
$H_{v,1}$ [dB]	-17.9	-17.9
L_v [dB]	63	68
V_{ms} [mm/s]	0.00	0.00

SBR-C / Verstoring van apparatuur (v_{ms})

Begane grond	vloertype:	vloertype 2	($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	-3.0	-3.0	-3.0
$H_{v,2}$ [dB]	0.0	0.2	0.4
L_v [dB]	60	60	65
V_{ms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00

1e verdieping	vloertype:	vloertype 2	($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	0.1	0.1	0.1
$H_{v,2}$ [dB]	0.0	0.2	0.4
L_v [dB]	60	60	66
V_{ms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00

2e verdieping	vloertype:	vloertype 2	($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	0.1	0.2	0.3
$H_{v,2}$ [dB]	0.0	0.2	0.4
L_v [dB]	60	60	66
V_{ms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})

Begane grond	vloertype:	vloertype 2	($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	-15.1	-13.2	-11.2
$H_{v,2}$ [dB]	44	47	54
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00	0.00	0.00

1e verdieping	vloertype:	vloertype 2	($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	45	47	54
$H_{v,2}$ [dB]	0.00	0.00	0.00
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00	0.00	0.00

2e verdieping	vloertype:	vloertype 2	($f_0 = 12,5-16$ Hz)
$H_{v,1}$ [dB]	45	47	54
$H_{v,2}$ [dB]	0.00	0.00	0.00
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00	0.00	0.00

* geldend voor de beschouwde treinpassages

Railverkeer

project
gebouw
woningstand (tot spoor)

Snellerpoort Woerden
gestapelde bouw
50 m

bronspectrum
crestfactor C_F
referentie afstand

kavel oost (fietswoning)
0.7
5 m

passages per uur
per jaar

16 (met V_{eff} > 0,1 mm/s)
2010-15

Bodemtrillingen

1/3-octave																										
1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	sum		
bronspectrum (amplitude, gem)																										
102	102	108	108	107	118	123	120	115	103	103	101	99	99	99	101	101	100	99	98	98	97	98	99	126		
spread																										
5	5	5	5	5	7	5	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3			
bronspectrum (amplitude, max)																										
108	108	113	113	112	125	128	123	120	107	107	105	103	103	103	106	105	104	103	102	101	100	101	102	131		
snheidscorrectie																										
-17.8	-17.8	-17.6	-17.4	-17.1	-16.6	-16.1	-15.6	-15.1	-14.6	-14.8	-16.5	-19.2	-22.3	-26.5	-32.1	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3	-34.3		
prognose [dB]																										
90	90	96	96	95	109	112	108	105	93	92	89	84	81	77	73	70	70	69	67	67	66	66	68	115		
prognose [mm/s]																										
0.03	0.03	0.06	0.06	0.06	0.27	0.38	0.24	0.19	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57		
																									V _{oorsk}	0.82

SBR-A / woningschade (vtop)

woningtype:	Slappe bodem Utiliteit																							
H _{v,1} [dB]	-17.9	-17.9	-17.2	-17.2	-16.0	-14.3	-11.0	-8.0	-6.0	-5.3	-4.9	-4.8	-5.2	-5.8	-6.5	-7.6	-9.2	-11.7	-11.7	-11.7	-11.7	-11.7	-11.7	-11.7
L _v [dB]	72	72	78	79	79	94	101	100	99	88	88	84	79	75	70	66	61	58	57	56	55	54	55	56
V _{top} [mm/s]	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.11	0.10	0.09	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18

SBR-C / Verstoring van apparatuur (V_{rms})

woningtype:	vloertype 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
V _{top} > V _{rms}	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
H _{v,veer} [dB]	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
L _v [dB]	69	69	76	76	77	93	100	100	102	92	94	91	86	82	77	72	66	62	60	58	56	53	53	106
V _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.10	0.10	0.10	0.12	0.04	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21

1e verdieping

woningtype:	vloertype 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
H _{v,1} [dB]	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	0.9	1.4	2.0	2.0	0.1	-2.4	-5.1	-7.4	-9.5	-11.8	-13.8	-15.8	-17.9	-20.0	-21.9	-23.9	-26.0	-28.0
H _{v,veer} [dB]	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
L _v [dB]	69	69	76	77	77	93	101	102	104	94	94	89	81	74	67	60	53	47	42	38	34	29	27	25
V _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.11	0.12	0.15	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34

2e verdieping

woningtype:	vloertype 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
H _{v,1} [dB]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	1.8	2.8	4.1	4.0	0.3	-4.8	-10.3	-14.8	-19.1	-23.6	-27.7	-31.7	-35.7	-39.9	-43.8	-47.7	-52.0	-55.9
H _{v,veer} [dB]	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
L _v [dB]	69	70	76	77	78	94	102	103	106	96	94	86	76	67	58	48	39	31	24	18	12	5	1	-3
V _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.12	0.14	0.19	0.06	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28

SBR-B / Hinder voor personen (V_{eff})

woningtype:	vloertype 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
SBR-weging	-15.1	-13.2	-11.2	-9.5	-7.8	-6.1	-4.7	-3.5	-2.5	-1.7	-1.2	-0.8	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L _v [dB]	54	56	65	67	69	87	95	97	99	90	93	90	86	82	77	72	66	62	60	58	56	53	53	103
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.07	0.09	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14

1e verdieping

woningtype:	vloertype 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
L _v [dB]	54	56	65	67	70	87	96	98	101	92	93	88	81	74	67	60	52	47	42	38	34	29	27	25
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.08	0.11	0.04	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17

2e verdieping

woningtype:	vloertype 2 (f ₀ = 12,5-16 Hz)																							
L _v [dB]	54	56	65	67	70	88	97	99	103	94	93	85	75	67	58	48	39	31	24	18	12	5	1	-3
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.09	0.14	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20

* geldend voor de beschouwde treinpassages

Bijlage 5

Trillingsprognose laagbouw 60m

Railverkeer

project	Snellerpoort Woerden	kavel oost (Roche)	passages per uur	16	(met $v_{eff} > 0,1$ mm/s)
gebouw	laagbouw	bronspectrum crestfactor C_F	peiljaar	2010-15	
woningafstand (tot spoor)	60 m	referentie afstand			5 m

Bodemtrillingen

Bodemvibratie																										
	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	som	
1/3-octaf	90	90	95	95	94	104	109	106	110	101	102	109	101	96	95	94	93	92	91	92	92	92	91	93	116	
bronspectrum (amplitude, gem)	8	8	7	7	7	8	7	5	7	11	7	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3		
spread	98	98	103	103	101	113	116	112	117	112	109	115	107	102	100	99	98	97	96	96	96	95	95	96		
bronspectrum (amplitude, max)	-20.3	-20.2	-20.0	-19.7	-19.3	-18.8	-18.2	-17.7	-17.2	-16.7	-17.1	-19.3	-22.6	-26.6	-31.7	-38.5	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2		
snelheidscorrectie	78	78	83	83	82	94	98	94	100	95	91	96	84	75	68	61	57	56	55	54	55	54	53	105		
afstandscorrectie	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.08	0.05	0.10	0.06	0.04	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17		
prognose [dB]																								V _{rmsk}		
prognose [mm/s]																								V _{rmsk}		0.27

SBR-A / woningschade (vtop)

	Bak R / woningseizoen (2007)																						
Stijf punt fundatie	woningtype: Slappe bodem Laagbouw																						
$H_{v,1}$ [dB]	-17.9	-17.9	-17.2	-17.2	-16.0	-14.3	-11.0	-6.9	-3.4	-1.9	-1.9	-2.2	-2.5	-2.9	-3.5	-4.2	-5.2	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4
L_v [dB]	60	60	66	66	66	80	87	87	97	93	89	93	82	72	65	56	52	49	48	48	49	48	47
V_{log} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.07	0.04	0.03	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
																							0.16

SBR-C / Verstoring van apparatuur (v_{rms})

	vloertype:		vloertype 2		(f0 = 12.5-16 Hz)																			
Begane grond	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
Vlog > Vrms	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
Lv [dB]	57	57	63	64	64	78	86	88	99	97	96	101	89	79	71	62	57	54	52	50	49	47	45	46
Vrms [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.09	0.07	0.06	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1e verdieping		(f0 = 12.5-16 Hz)																						
vloertype:		vloertype 2																						
	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	0.9	1.4	2.0	2.0	0.1	-2.4	-5.1	-7.4	-9.5	-11.8	-13.8	-15.8	-17.9	-20.0	-21.9	-23.9	-26.0	-28.0	
	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0
	57	57	63	64	64	79	87	89	101	99	96	98	84	72	62	51	43	38	34	30	27	23	19	18
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.11	0.09	0.06	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vrms [mm/s]										Vrms													
											0.28													

2e verdieping													vloertype: 2													(f0 = 12.5-16 Hz)													vloertype: 1												
Hv,2 [dB]													0.1 0.2 0.3 0.4 0.7 1.1 1.8 2.8 4.1 4.0 0.3 -4.8 -10.3 -14.8 -19.1 -23.6 -27.7 -31.7 -35.7 -39.9 -43.8 -47.7 -52.0 -55.9													0.0 0.2 0.4 0.8 1.0 1.5 2.3 3.5 5.2 7.4 9.3 10.3 10.6 10.0 9.5 9.0 8.3 7.5 6.3 5.0 3.5 2.0 1.0 0.0													57 58 63 64 65 79 88 90 103 101 96 96 79 65 52 39 30 22 16 10 5 -1 -7 -10 106 0.21 0.32												
Lr [dB]													0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.01 0.02 0.03 0.14 0.12 0.06 0.06 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00													Vmax [mm/s]													Vpeak												

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})

SBR-B / intact voor personen (v_eff)																								
Begane grond																								
SBR-weging	-15.1	-13.2	-11.2	-9.5	-7.8	-6.1	-4.7	-3.5	-2.5	-1.7	-1.2	-0.8	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L_v [dB]	42	44	52	54	56	72	81	84	96	96	95	100	89	79	71	62	57	54	52	50	49	47	45	46
V_eff,max [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.07	0.06	0.05	0.10	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
																								0.15
																								0.02

1e verdieping																									pos	
																									V _{pos} *	
																									0.02	
																									0.15	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	
																									0.00	

2e verdieping																									Vpe*		
L_v [dB]	42	44	52	55	57	73	83	87	100	100	95	95	79	64	52	39	30	22	16	10	5	-1	-7	-10	104		
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.11	0.10	0.06	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17		
* geldend voor de beschouwde treinpassages																											
Vpe*																									0.03		

* geldend voor de beschouwde treinpassages

Railverkeer

project
gebouw
woningaantal (tot spoor)

Snellerpoort Woerden
laagbouw
60 m

bronspectrum
crestfactor C_F
referentie afstand

kavel oost (fietsstunnel)
0.7
5 m

passages per uur
per jaar

16 (met v_{eff} > 0,1 mm/s)
2010-15

Bodemtrillingen

1/3-octaf	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
bronspectrum (amplitude, gem)	102	102	108	108	107	118	123	120	115	103	103	101	99	99	99	101	101	100	99	98	98	97	98	99	126
spread	5	5	5	5	5	7	5	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	
bronspectrum (amplitude, max)	108	108	113	113	112	125	128	123	120	107	107	105	103	103	103	106	105	104	103	102	101	100	101	102	131
snelheidscorrectie	-20.3	-20.2	-20.0	-19.7	-19.3	-18.8	-18.2	-17.7	-17.2	-16.7	-17.1	-19.3	-22.6	-26.6	-31.7	-38.5	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2	-41.2
prognose [dB]	87	88	93	94	93	107	109	106	103	91	90	86	80	76	72	67	63	63	62	61	60	59	59	61	113
prognose [mm/s]	0.02	0.02	0.05	0.05	0.04	0.21	0.29	0.19	0.14	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	
																								0.64	

SBR-A / woningschade (vtop)

Stijf punt fundatie	woningtype: Slapje bodem Laagbouw																								
H _{v,1} [dB]	-17.9	-17.9	-17.2	-17.2	-16.0	-14.3	-11.0	-6.9	-3.4	-1.9	-1.9	-2.2	-2.5	-2.9	-3.5	-4.2	-5.2	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4
L _v [dB]	70	70	76	76	77	92	98	99	100	89	88	84	78	73	68	63	58	56	55	54	54	52	53	54	104
V _{top} [mm/s]	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.08	0.09	0.10	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.24

SBR-C / Verstoring van apparatuur (v_{ms})

Begane grond	vloertype: vloertype 2 (f ₀ = 12.5-16 Hz)																								
H _{v,1} [dB]	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
H _{v,10} > V _{ms}	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0	0.0
L _v [dB]	67	67	73	74	75	91	98	99	102	93	94	91	85	80	75	69	64	61	59	56	54	51	51	51	106
V _{ms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.08	0.09	0.13	0.05	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.28

1e verdieping	vloertype: vloertype 2 (f ₀ = 12.5-16 Hz)																								
H _{v,1} [dB]	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	0.9	1.4	2.0	2.0	0.1	-2.4	-5.1	-7.4	-9.5	-11.8	-13.8	-15.8	-17.9	-20.0	-21.9	-23.9	-26.0	-28.0	
H _{v,10} > V _{ms}	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0	
L _v [dB]	67	67	74	74	75	91	99	101	104	95	95	88	80	73	65	57	50	45	41	36	32	28	25	23	107
V _{ms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.08	0.11	0.16	0.06	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.33

2e verdieping	vloertype: vloertype 2 (f ₀ = 12.5-16 Hz)																								
H _{v,1} [dB]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	1.8	2.8	4.1	4.0	0.3	-4.8	-10.3	-14.8	-19.1	-23.6	-27.7	-31.7	-35.7	-39.9	-43.8	-47.7	-52.0	-55.9	
H _{v,10} > V _{ms}	0.0	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	2.3	3.5	5.2	7.4	9.3	10.3	10.6	10.0	9.5	9.0	8.3	7.5	6.3	5.0	3.5	2.0	1.0	0.0	
L _v [dB]	67	67	74	75	76	92	99	102	106	97	95	86	75	66	56	45	36	29	23	16	10	4	-1	-5	109
V _{ms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.09	0.12	0.20	0.07	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.39

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})

Begane grond	vloertype: vloertype 2 (f ₀ = 12.5-16 Hz)																								
SBR-weging	-15.1	-13.2	-11.2	-9.5	-7.8	-6.1	-4.7	-3.5	-2.5	-1.7	-1.2	-0.8	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L _v [dB]	51	54	62	65	67	85	93	96	100	91	93	90	85	80	75	69	63	61	59	56	54	51	51	51	103
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.09	0.04	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
																									0.03

1e verdieping	vloertype: vloertype 2 (f ₀ = 12.5-16 Hz)																								
L _v [dB]	52	54	62	65	67	85	94	97	102	93	93	88	80	73	65	57	50	45	41	36	32	28	25	23	104
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.07	0.12	0.05	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
																									0.03

2e verdieping	vloertype: vloertype 2 (f ₀ = 12.5-16 Hz)																								
L _v [dB]	52	54	63	65	68	86	95	98	104	95	94	85	75	65	55	45	36	29	23	16	10	4	-1	-5	106
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.08	0.15	0.06	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
																									0.04

* geldend voor de beschouwde treinpassages