

Trillingsonderzoek Snellerpoort

Actualisatie trillingsonderzoek t.b.v.
woningbouw Snellerpoort Woerden

Status	definitief
Versie	001
Rapport	M.2019.0994.00.R001
Datum	14 oktober 2019



Colofon

Opdrachtgever	Gemeente Woerden
Contactpersoon opdrachtgever	De heer H. Misset
Project Betreft Uw kenmerk	Woerden / Update trillingsonderzoek Snellerpoort Trillingsonderzoek -
Rapport Datum Versie Status	M.2019.0994.00.R001 14 oktober 2019 001 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
Contactpersoon	ing. R.G. (Reinoud) Fennema 088 346 76 33 rfe@dgmr.nl
Auteur	ing. J.J. (Jesse) Bijl 088 346 76 39 jby@dgmr.nl
Projectadviseur	ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen 088 346 75 69 ln@dgmr.nl
2e lezer/secr.	RFE BDI

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Uitgangspunten	5
2.1 Toetsingskader	5
2.2 Situatie	5
3. Meting	7
3.1 Meetopstelling	7
3.2 Verwerking meetdata	7
4. Meetresultaten	8
5. Prognose	10
5.1 Methode	10
5.2 Resultaten	10
6. Conclusies en aanbevelingen	12

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties V_{top} op kavel
Bijlage 2	Trillingsprognoses - Afstand tot spoor 50m

1. Inleiding

Ten noordoosten van station Woerden ligt de kavel Snellerpoort, nu voornamelijk in gebruik als weide/grasland. Op deze kavel zal uitbreiding plaatsvinden van de woonwijk Snel en Polanen. De nieuwbouw zal bestaan uit grondgebonden woningen en appartementencomplexen en de minimale afstand van deze bebouwing tot het spoor bedraagt circa 50 meter. Vanwege de korte afstand van het bouwplan tot het spoor heeft DGMR, in opdracht van de gemeente Woerden, onderzoek gedaan naar de te verwachten trillingen in de nieuw te bouwen woningen.

In het jaar 2007 is ook al eens trillingsonderzoek uitgevoerd op deze kavel. De nu uitgevoerde actualisatie is gedaan vanwege mogelijke wijzigingen aan het spoor en in het spoorgebruik die van invloed zouden kunnen zijn op de te realiseren bebouwing.

Het onderzoek richt zich op de trillingen afkomstig van treinen op de spoorlijn Utrecht - Gouda/Alphen aan den Rijn. Op station Woerden passeren zowel stoptreinen als intercity's. Daarnaast komen er op deze lijn goederentreinen voor.

Om een goed beeld te krijgen van de trillingsrisico's zijn op zes punten op de kavel, verdeeld over twee meetlijnen langs het spoor, trillingsmetingen verricht. Op basis van de meetresultaten wordt een prognose gegeven van de te verwachten trillingen in de nieuwbouw en worden zo nodig randvoorwaarden gegeven voor het ontwerp om te kunnen voldoen aan de SBR-richtlijn Trillingen deel B 'Hinder voor personen in gebouwen'.

2. Uitgangspunten

2.1 Toetsingskader

Voor de nieuwbouw zijn geen (afwijkende) trillingseisen opgegeven. Optredende trillingen worden beoordeeld aan de hand van de in Nederland gebruikelijke SBR-richtlijn Trillingen deel B: 'Trillingshinder voor personen in gebouwen', uitgave 2002 (revisie 2006). In deze richtlijn zijn de in tabel 1 weergegeven streefwaarden opgenomen.

tabel 1: SBR-B - Streefwaarden herhaald voorkomende trillingen (railverkeer), 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

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}
 A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode V_{per} , indien $A1 < V_{max} < A2$

Voor nieuwe woningen nabij een spoorlijn wordt voldaan aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte V_{max} kleiner is dan 0,2 (A2/nacht) en de tijdgemiddelde trillingssterkte V_{per} niet hoger is dan 0,05 (A3). Als V_{max} lager is dan 0,1 dan komt de toetsing van de V_{per} te vervallen.

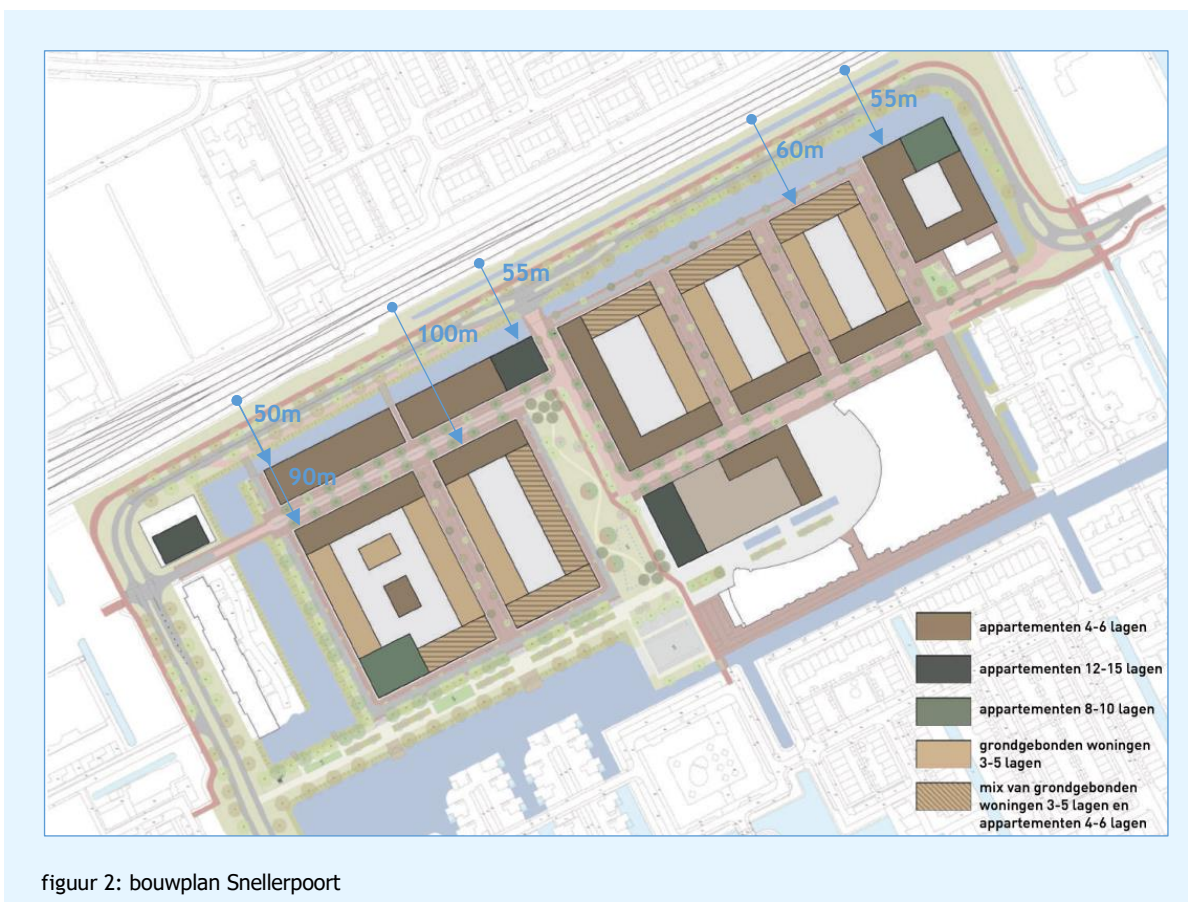
2.2 Situatie

Snellerpoort ligt ten zuiden van de spoorlijn en ten noorden van de Steinhagenseweg. In figuur 1 is een luchtfoto en in figuur 2 het bouwplan weergegeven. De afstand tussen het spoor en de eerstelijns bebouwing bedraagt circa 50 meter. De bouwwijze (constructie) van de nieuwbouw is nog niet nader ingevuld.



figuur 1: luchtfoto met meetpunten

Bron: Google Maps



figuur 2: bouwplan Snellerpoort

De spoorlijn, bestaande uit vier tot zes sporen, verbindt Utrecht met Gouda/Alphen aan den Rijn en wordt gebruikt door (personen)vervoersbedrijf NS. Tijdens de metingen zijn diverse treintypen waargenomen, grofweg op te delen als stoptreinen en intercity's (VIRM en NID). In basis doen ten minste veertien treinen per uur station Woerden aan. De rijksnelheden ter hoogte van de bouwkael zijn zeer uiteenlopend, van bijna stilstaande treinen tot treinen met een snelheid van 140 km/u die niet stoppen op station Woerden.

Naast personenvervoer wordt dit spoor ook gebruikt voor goederenvervoer. Uit de jaarrapportage van ProRail is op te maken dat het om circa acht goederenpassages per dag gaat.

3. Meting

De metingen zijn uitgevoerd tussen 16 en 23 september 2019. In deze week zijn er geen afwijkingen geconstateerd in de bedrijfsvoering op het spoor. Treinen reden met de gebruikelijke snelheden op de gebruikelijke sporen.

3.1 Meetopstelling

In figuur 1 zijn de meetposities weergegeven. De horizontale X-richting is haaks op het spoor en de Y-richting is parallel aan het spoor. Voor de metingen is gebruik gemaakt van meetsystemen van het merk en type Profound Vibra-sbr. Deze systemen worden jaarlijks gekalibreerd. De sensoren zijn ingegraven op een diepte van circa 30 cm om goed contact met de bodem te verkrijgen. Tabel 2 geeft een overzicht van de gebruikte meetapparatuur.

tabel 2: meetsystemen

Meetlijn	Meetpunt	Afstand tot spoor	DGMR id.	Serienummer
Meetlijn west	Mp1	25 m	AH0071	VIB00485
	Mp2	50 m	AH0073	VIB00488
	Mp3	75 m	AH0088	VIB01045
Meetlijn oost	Mp4	25 m	AH0087	VIB01044
	Mp5	50 m	AH0101	VIB01187
	Mp6	75 m	AH0102	VIB01188

3.2 Verwerking meetdata

Voor de prognose van te verwachten trillingen in de bebouwing zijn de top-15 zwaarste treinen qua trillingen geselecteerd en verwerkt. De prognose wordt gebaseerd op het statistisch maximum van de top-15 zwaarste treinpassages met een betrouwbaarheid van 95%, overeenstemmend met de SBR-B-richtlijn. De overdrachtsverzwakking tussen de meetpunten wordt eveneens bepaald op de statistische maxima.

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte V_{top} en de voor trillinghinder maatgevende effectieve trillingssterkte V_{eff} . De V_{eff} wordt gemeten in 30 seconden intervallen volgens de SBR-B. Met behulp van een spoorgerichte camera zijn treinen (en treintype) geïdentificeerd in de meetdata. Deze treinpassages zijn gecontroleerd op eventuele verstoringen aan de hand van de registraties van de overige meetsystemen. Daarvoor is gebruik gemaakt van het trillingssignaal V_{top} , dat in tegenstelling tot de V_{eff} op kortere meetintervallen ingesteld kan worden en daardoor meer geschikt is om verstoringen te herkennen. Hiervoor is een interval van 3 seconden aangehouden. Van de geïdentificeerde treinpassages, die vrij zijn van verstoring, is vervolgens de bijbehorende effectieve trillingssterkte $V_{eff,max}$ geselecteerd voor verdere analyse en prognose.

4. Meetresultaten

Bijlage 1 geeft een overzicht van treinpassages en eventuele verstoringen gedurende een week meten op de kavel. Afgebeeld is de trillingssterkte V_{top} , die, zoals in paragraaf 3.2 is omschreven, wordt gebruikt voor identificatie van de treinpassages. Uit de onderliggende registraties van de V_{eff} is vervolgens de top-15 treinpassages geselecteerd en statistisch verwerkt conform de in de SBR-B aangegeven methodiek.

Tabellen 3 en 4 tonen de top-15 (effectieve) trillingssterkten $V_{eff,max}$. De passages zijn gerangschikt op aflopende trillingssterkte in verticale richting, geldend voor het eerste meetpunt per meetlijn.

tabel 3: trillingssterkten $V_{eff,max}$ (top-15) in de bodem - meetlijn west: Mp1, Mp2 en Mp3

Top		Mp1 (25 m)			Mp2 (50 m)			Mp3 (75 m)		
		X*	Y*	Z*	X	Y	Z	X	Y	Z
1	21/9/19 01:14	0,28	0,27	0,73	0,28	0,2	0,47	0,17	0,28	0,42
2	17/9/19 11:48	0,34	0,30	0,68	0,14	0,18	0,32	0,14	0,17	0,25
3	23/9/19 10:17	0,33	0,27	0,66	0,14	0,18	0,28	0,17	0,18	0,31
4	16/9/19 21:40	0,33	0,17	0,66	0,13	0,13	0,28	0,14	0,14	0,23
5	19/9/19 11:15	0,25	0,20	0,59	0,17	0,14	0,26	0,15	0,14	0,2
6	17/9/19 13:44	0,27	0,21	0,53	0,16	0,12	0,27	0,14	0,14	0,23
7	20/9/19 11:57	0,22	0,15	0,52	0,14	0,12	0,34	0,16	0,16	0,22
8	17/9/19 13:50	0,16	0,13	0,51	0,16	0,10	0,32	0,17	0,19	0,32
9	19/9/19 23:52	0,17	0,16	0,50	0,16	0,14	0,32	0,16	0,18	0,20
10	19/9/19 05:15	0,18	0,15	0,48	0,16	0,10	0,23	0,17	0,13	0,24
11	19/9/19 15:13	0,23	0,20	0,47	0,18	0,12	0,28	0,14	0,12	0,20
12	21/9/19 15:47	0,17	0,15	0,47	0,16	0,11	0,34	0,14	0,14	0,22
13	17/9/19 22:46	0,16	0,15	0,47	0,14	0,13	0,38	0,15	0,15	0,21
14	19/9/19 20:47	0,22	0,17	0,46	0,16	0,14	0,29	0,26	0,19	0,34
15	19/9/19 21:44	0,29	0,15	0,45	0,15	0,11	0,22	0,11	0,12	0,17
Aantal passages (n)		15								
Gemiddelde (μ)		0,24	0,19	0,55	0,16	0,13	0,31	0,16	0,16	0,25
Standaarddeviatie (σ)		0,06	0,05	0,09	0,04	0,03	0,06	0,03	0,04	0,07
$V_{eff,max,stat}$		0,39	0,31	0,74	0,24	0,20	0,44	0,23	0,25	0,40

* X-richting is $\perp$ spoor - Y-richting is // spoor en Z-richting is verticaal

tabel 4: trillingssterkten $V_{eff,max}$ (top-15) in de bodem, meetlijn oost: Mp4, Mp5 en Mp6

Top		Mp4 (40 m)			Mp5 (65 m)			Mp6 (90 m)		
		X*	Y*	Z*	X	Y	Z	X	Y	Z
1	19/9/19 05:15	0,23	0,15	0,47	0,14	0,15	0,24	0,11	0,12	0,23
2	20/9/19 11:57	0,19	0,13	0,45	0,10	0,10	0,23	0,10	0,08	0,15
3	19/9/19 03:31	0,21	0,17	0,43	0,16	0,12	0,38	0,11	0,10	0,17
4	17/9/19 13:44	0,28	0,15	0,41	0,20	0,14	0,32	0,12	0,14	0,18
5	19/9/19 15:13	0,27	0,17	0,41	0,21	0,15	0,29	0,13	0,14	0,19
6	21/9/19 00:37	0,21	0,13	0,40	0,10	0,11	0,17	0,10	0,10	0,13
7	21/9/19 00:38	0,21	0,13	0,40	0,10	0,11	0,17	0,10	0,10	0,13
8	17/9/19 11:48	0,23	0,18	0,39	0,12	0,12	0,25	0,13	0,10	0,19
9	21/9/19 04:07	0,18	0,12	0,39	0,11	0,10	0,19	0,10	0,10	0,18
10	23/9/19 10:17	0,21	0,19	0,38	0,13	0,11	0,27	0,11	0,13	0,19
11	19/9/19 17:20	0,18	0,14	0,35	0,10	0,10	0,18	0,10	0,10	0,14
12	21/9/19 01:14	0,16	0,11	0,33	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,15
13	19/9/19 11:15	0,14	0,12	0,33	0,10	0,10	0,18	0,10	0,10	0,19
14	19/9/19 06:07	0,15	0,13	0,33	0,10	0,10	0,16	0,08	0,09	0,11
15	19/9/19 09:54	0,16	0,13	0,33	0,10	0,10	0,14	0,10	0,10	0,10
Aantal passages (n)		15								
Gemiddelde (μ)		0,20	0,14	0,39	0,12	0,11	0,22	0,11	0,11	0,16
Standaarddeviatie (σ)		0,04	0,02	0,05	0,04	0,02	0,07	0,01	0,02	0,04
$V_{eff,max,stat}$		0,29	0,19	0,47	0,21	0,15	0,39	0,13	0,14	0,24

* X-richting is $\perp$ spoor - Y-richting is // spoor en Z-richting is verticaal

Over de tabellen 3 en 4 is op te merken dat:

- De top-15 alleen bestaat uit goederentreinen. Dit is te zien aan de trillingsniveaus en de camerabeelden.
- Op alle meetlocaties de Z-richting (verticaal) dominant is.
- De trillingssterkten op meetlijn west een stuk hoger zijn dan op meetlijn oost;
- De trillingssterkten in de verticale richting van Mp2 naar Mp3 een kleine afname vertoont (meer kleigrond) terwijl de afname van Mp5 naar Mp6 een stuk groter is (meer veengrond).

Nadere beschouwing

Spectrale analyse laat zien dat het trillingsbeeld op meetlijn west voornamelijk bepaald wordt door een piek bij 5 Hz. Dit in tegenstelling tot meetlijn oost, waar naast deze 5 Hz piek er ook duidelijke bijdragen zijn in het frequentiegebied tussen 5 Hz en 10 Hz.

Spectrale analyse laat verder zien dat de geringe trillingsafname met toenemende afstand tot het spoor vooral betrekking heeft op trillingen met een dominante frequentie van 5 Hz. Deze 5 Hz trilling heeft het karakter van een lijnbron, waarvoor geldt dat de trillingen (oppervlaktegolven) slechts afnemen door demping maar niet door geometrisch afname (verspreiding). Gevolg is dat er op relatief grote afstand van het spoor nog goed voelbare trillingen in de bodem optreden. Het prognosemodel is afgestemd op dit karakteristieke trillingsverloop.

5. Prognose

5.1 Methode

Om inzicht te krijgen in de te verwachten trillingssterkten in toekomstige bebouwing is een empirisch rekenmodel opgezet dat aansluit bij de op de kavel gemeten trillingssterkten. Een belangrijke schakel in de prognoseketen betreft de overdrachtsverzwakking die optreedt op de overgang van de bodem naar een gebouwfundatie. Deze parameter is sterk afhankelijk van de gebouwmassa, het funderingssysteem en de bodemopbouw ter plaatse. In de praktijk worden dan ook sterk uiteenlopende waarden gemeten qua overdracht. Het doen van overdrachtsmetingen aan al gerealiseerde bebouwing in het projectgebied verhoogd dan ook de betrouwbaarheid van prognoses. Voor de trillingsoverdracht van bodem naar de gebouwfundatie is uitgegaan van de in eerder onderzoek (2007) gemeten trillingsoverdrachten aan woningen ten noorden van het spoor (Colijnstraat en Savornin Lohmanstraat) en aan het kantoorgebouw van Roche. Daaruit is gebleken dat er voor panden met een paalfundering en op relatief korte afstand tot het spoor er bij lage frequenties al een aanzienlijke overdrachtsverzwakking optreedt als gevolg van de blokkerende werking van de funderingspalen.

Voor de mogelijke trillingsversterking van vloeren, wordt gerekend met overdrachtscurven waarbij het maximum versterking optreedt rond de laagste buig-eigenfrequentie van de vloer. De maximale trillingsversterking ligt in de orde van een factor 2,5 tot 3 (8 tot 10 dB), afhankelijk van het vloertype. In de praktijk komt dit neer op een versterking (vloermidden) van globaal een factor 1 tot 3 (0 tot 10 dB), afhankelijk van de ligging van de vloereigenfrequentie ten opzichte van de dominante frequentie in het treinspectrum. Omdat de kavelmetingen uitwijzen dat de meeste trillingsenergie zit bij frequenties tot 10 Hz, is het aan te bevelen te kiezen voor vloertypen met een laagste (buig)eigenfrequentie van tenminste 13 Hz om sterke trillingsversterking in vloeren te voorkomen. In de prognoseberekeringen wordt dit als uitgangspunt aangenomen.

Omdat het aanlegniveau van de fundatie lager ligt dan het maaiveld en trillingen in horizontale richting snel afnemen met de diepte, mag worden verwacht dat het trillingsniveau in verticale richting maatgevend is. De mogelijk optredende trillingsversterking van het vloerveld in verticale richting is hiervoor de belangrijkste reden.

Op hogere verdiepingen kan wel enige trillingsversterking optreden in horizontale richtingen maar dit treedt dan op bij zeer lage frequentie en zal door de weegfunctie van de SBR-B bij lage frequenties niet gauw tot hinder leiden. Bovendien betreft dit een trilvorm met grote modale massa die bij korte en snel rijdende treinen meestal slechts gedeeltelijk tot ontwikkeling komt.

5.2 Resultaten

Bijlage 2 toont de prognoseberekeringen voor drie typen op palen gefundeerde gebouwen: grondgebonden woningen 3-5 lagen, appartementen 4-6 lagen en appartementen 12-15 lagen (hoogbouw). Resultaten voor de overige bouwvarianten, zie figuur 2, zijn te bepalen door interpolatie. De in bijlage 2 opgenomen prognoses gelden voor een bebouwingsafstand van 50 meter. Dit is de minimum bebouwingsafstand op de verstrekte invullingsvarianten van de kavel. Met deze modellen zijn ook de resultaten voor de overige afstanden verkregen, zie [tabel 5](#).

tabel 5: trillingsprognose ($V_{\max}/V_{\text{per}}$) nieuwbouw, laagste vloereigenfrequentie ≥ 13 Hz

Gebouwtype	Bouwlagen	Richting	Trillingssterkte $V_{\max}$ (V_{per})			
			50 m	60 m	75 m	100 m
Grondgebonden woningen	3-5	Verticaal	0,28 (0,02)	0,23 (0,02)	0,19 (0,02)	0,12 (0,01)
Appartementen	4-6		0,24 (0,02)	0,20 (0,01)	0,17 (0,01)	0,11 (0,01)
Hoogbouw	8-15		0,19 (0,02)	0,16 (0,01)	0,13 (0,01)	0,08 (--)

Tabel 5 laat zien dat er in het geval van grondgebonden woningen, van 3 tot 5 bouwlagen, op een afstand van ongeveer 70 meter kan worden voldaan aan de SBR-B. Op het oostelijk deel van de kavel staan dergelijke wooneenheden gepland op een afstand van ongeveer 60 meter, dus binnen deze contour. Het rekenmodel houdt geen rekening met uitmiddeling van trillingen over de gebouwdiepte noch met uitmiddeling met naastliggende en verbonden hogere gebouwen. Voorts is het in trillingsonderzoeken ten behoeve van de spoorbeheerder (ProRail) tegenwoordig gebruikelijk de trillingssterkte $V_{\max}$ af te ronden op 1 decimaal alvorens te toetsen. In dat geval zou op 60 meter een trillingssterkte van 0,2 getoetst worden aan een streefwaarde van 0,2 en dus voldoen. Al met al zijn er met de voorgenomen nieuwbouw op een geprojecteerde afstand van minimaal 60 meter geen hinderproblemen te verwachten.

Zo beschouwd zal voor de hogere appartementen bouw van tenminste acht bouwlagen (hoogbouw) er op een afstand van 50 meter tot het spoor al voldaan worden aan de streefwaarden uit de SBR-B. Omdat het voldoen aan de SBR-B geheel wordt bepaald door de nu slechts af en toe passerende goederentreinen, waarvan er gemiddelde hooguit 1 per uur voorkomt (gemiddeld hooguit 8 per etmaal), zal de langtijdgemiddelde trillingssterkte V_{per} ruimschoots voldoen aan de SBR-B.

6. Conclusies en aanbevelingen

Uit het trillingsonderzoek blijkt dat de geprojecteerde nieuwbouw op de kavel Snellerpoort in Woerden voldoet aan de streefwaarden uit de SBR-B ten aanzien van trillingshinder.

De hoogte van de voorgenomen bouwclusters in combinatie met de door de bodemopbouw noodzakelijke paalfundering geeft een voldoende hoge weerstand tegen trillingen, waardoor trillingshinder niet is te verwachten. Geadviseerd wordt wel om woningvloeren zo te dimensioneren dat de laagste buig-eigenfrequentie niet samenvalt met het voor treinpassages bepalende frequentiegebied van 0 - 10 Hz. Dit komt erop neer dat voor de laagste eigenfrequentie een ondergrens van 13 Hz is aan te houden.

Qua trillingen zijn de slechts af en toe voorkomende goederentreinen bepalend. De reizigers-treinen veroorzaken maar weinig trillingen.

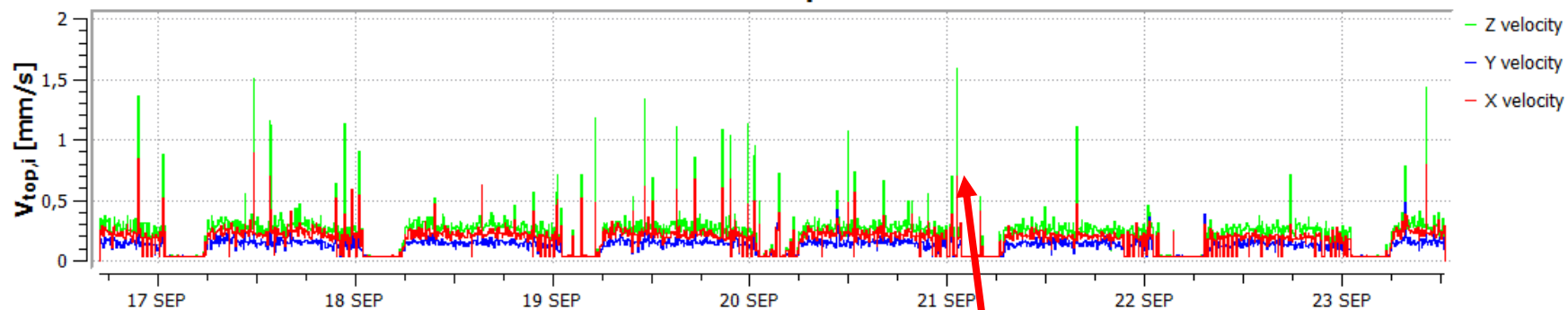


ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

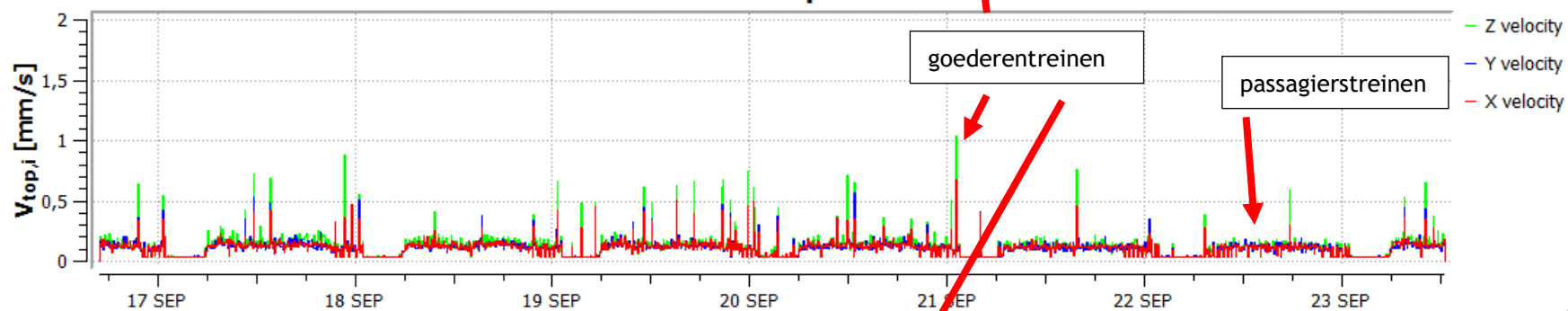
Bijlage 1

Titel	Trillingsregistraties V_{top} op kavel
-------	---

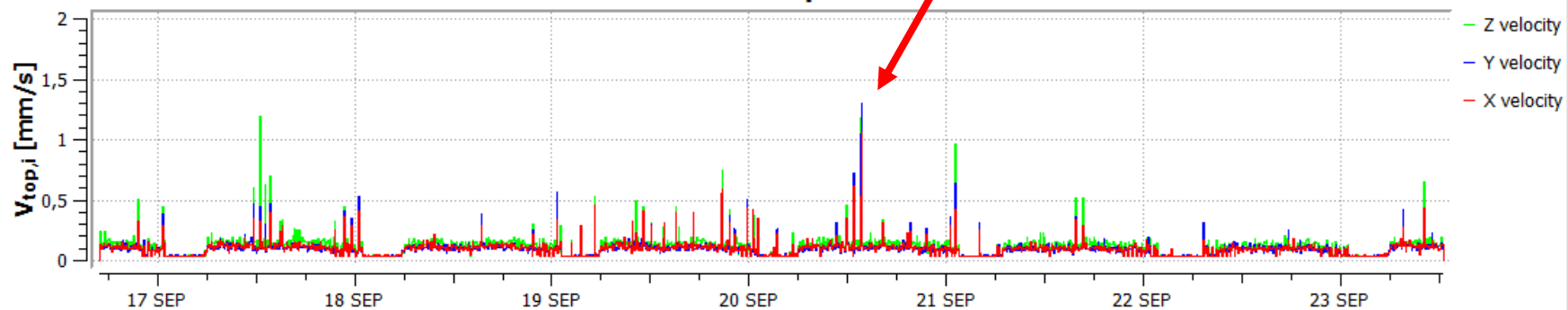
VIB00485 - Mp1 - 25m



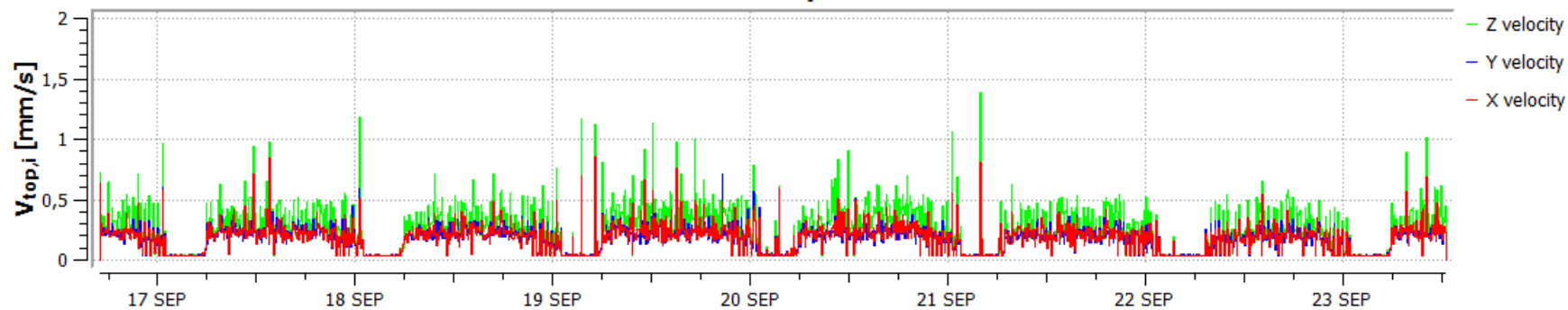
VIB00488 - Mp2 - 50m



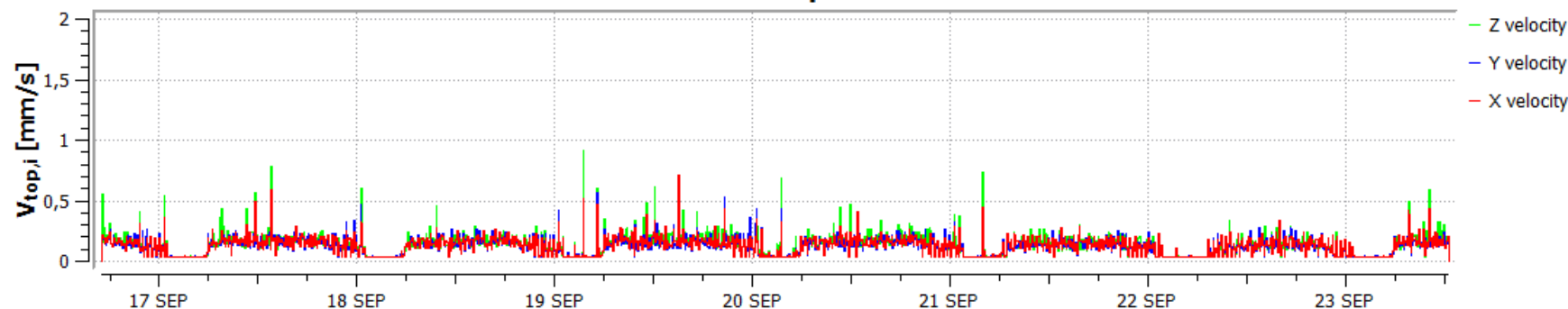
VIB01045 - Mp3 - 75m



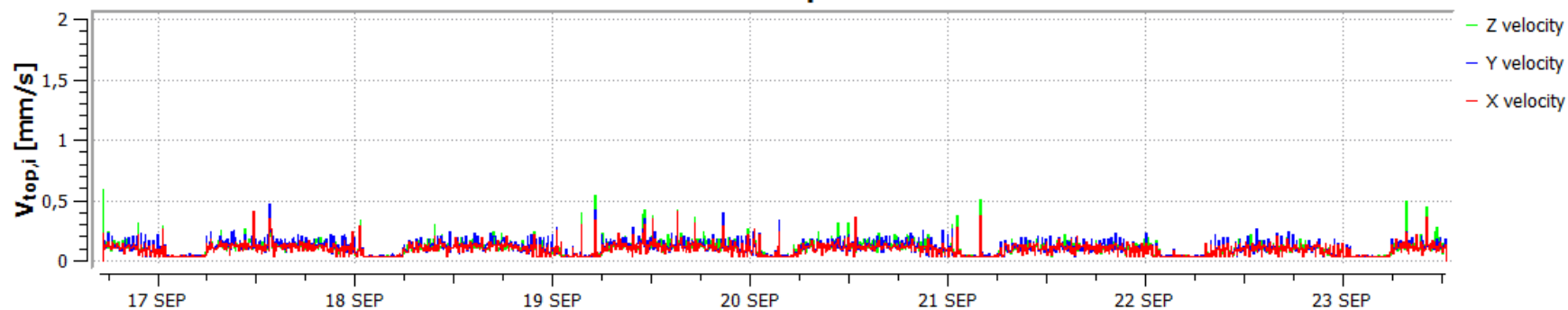
VIB01044 - Mp4 - 25m



VIB01187 - Mp5 - 50m



VIB01188 - Mp6 - 75m



Bijlage 2

Titel	Trillingsprognoses - Afstand tot spoor 50m
Omvang	3

Z

Trillingsprognose railverkeer

project Snellerpoort, Woerden
 gebouwtype Grondgebonden 3-5 lagen
 gebouwafstand (tot spoor) 50 m

bronspectrum Mp1 - 21/9/2019 01:14, Goederentrein
 vormfactor C_v 0,679 (verhouding v_{rms}/v_{top})
 referentieafstand 25 m

passages per uur 1 (alleen $V_{diff} > 0,1$)
 peiljaar 2019
 rijsnelheid 85 km/u
 referentie snelheid 85 km/u

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 (rms, gem)					82	98	107	117	97	95	104	86	86	77	76	76	74	75	75	76	74				118
spreiding					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				
bronspectrum (rms, max)					85	101	110	120	100	98	107	89	89	80	79	79	77	78	78	79	77				121
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie					-4,4	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-4,7	-5,7	-7,0	-8,8	-10,8	-11,5	-11,5	-11,5				
L_v [dB]					81	97	106	116	97	94	103	85	85	75	73	72	69	67	67	68	66				117
v_{rms} [mm/s]					0,01	0,07	0,20	0,64	0,07	0,05	0,14	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,70
																									1,02

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 1	grondgebonden dbv. meting Colijnstraat																						
$H_{v,1}$ [dB]			-13,0	-12,0	-10,0	-7,0	-5,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,6	-8,9	-12,4	-12,4	-12,4	-12,4						
L_v [dB]			68	85	96	109	92	90	99	81	81	70	67	65	60	54	55	56	53						110
v_{rms} [mm/s]			0,00	0,02	0,06	0,29	0,04	0,03	0,09	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						0,31
																									0,46

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

Begane grond	vloertype:	vloertype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v,vloer}$			0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3						
L_v [dB]			69	86	97	111	94	93	104	88	89	78	75	72	65	59	59	59	56						112
v_{rms} [mm/s]			0,00	0,02	0,07	0,34	0,05	0,05	0,16	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						0,39
																									0,58

1e verdieping	vloertype:	vloertype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v,1}$ [dB]			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
$H_{v,vloer}$ [dB]			0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3						
L_v [dB]			69	86	97	111	94	93	104	88	89	78	75	72	65	59	59	59	56						112
v_{rms} [mm/s]			0,00	0,02	0,07	0,34	0,05	0,05	0,16	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						0,39
																									0,58

2e verdieping	vloertype:	vloertype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v,1}$ [dB]			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
$H_{v,vloer}$ [dB]			0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3						
L_v [dB]			69	86	97	111	94	93	104	88	89	78	75	72	65	59	59	59	56						112
v_{rms} [mm/s]			0,00	0,02	0,07	0,34	0,05	0,05	0,16	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						0,39
																									0,58

2e verdieping	vloertype:	vloertype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v,1}$ [dB]			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
$H_{v,vloer}$ [dB]			0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3						
L_v [dB]			69	86	97	111	94	93	104	88	89	78	75	72	65	59	59	59	56						112
v_{rms} [mm/s]			0,00	0,02	0,07	0,34	0,05	0,05	0,16	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						0,39
																									0,58

SBR-veiding	-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	0,0	0,0	0,0	0,0	
L_v [dB]					61	80	93	107	91	91	103	87	88	77	74	72	65	59	59	59	56	109
$v_{diff,max}$ [mm/s]					0,00	0,01	0,04	0,23	0,04	0,04	0,14	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	
																					$V_{\mu\alpha}^*$	0,018

1e verdieping																									
L_v [dB]		61	80	93	107	91	91	103	87	88	77	74	72	65	59	59	59	56						109	
$v_{diff,max}$ [mm/s]		0,00	0,01	0,04	0,23	0,04	0,04	0,14	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						0,28	
																			V_{diff}^*					0,018	

2e verdieping																				
L _v [dB]	61	80	93	107	91	91	103	87	88	77	74	72	65	59	59	59	56	109		
V _{diff,max} [mm/s]	0,00	0,01	0,04	0,23	0,04	0,04	0,14	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28		
																	V _{diff,max} *	0,018		

Trillingsprognose railverkeer

project	Snellerpoort, Woerden	bronspectrum	Mp1 - 21/9/2019 01:14, Goederentrein	passages per uur	1	(alleen $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtype	Appartementen 4-6 lagen	vormfactor C_v	0,679	peiljaar	2019	
gebouwafstand (tot spoor)	50 m	referentieafstand	25 m	rijnsnelheid	85	km/u
				referentie snelheid	85	km/u

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 (rms, gem)					82	98	107	117	97	95	104	86	86	77	76	76	74	75	75	76	74				118
spreiding					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				
bronspectrum (rms, max)					85	101	110	120	100	98	107	89	89	80	79	79	77	78	78	79	77				121
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie					-4,4	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-4,7	-5,7	-7,0	-8,8	-10,8	-11,5	-11,5	-11,5				
L_v [dB]					81	97	106	116	97	94	103	85	85	75	73	72	69	67	67	68	66				117
V_{rms} [mm/s]					0,01	0,07	0,20	0,64	0,07	0,05	0,14	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,70
																									1,02

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 2	appartementen obv. meting Colijnstraat																						
$H_{v,1}$ [dB]					-15,9	-14,3	-11,0	-8,0	-6,0	-5,3	-6,0	-6,4	-6,8	-7,4	-8,2	-9,4	-11,2	-14,0	-14,0	-14,0	-14,0				
L_v [dB]					65	83	95	108	91	89	97	78	78	68	65	63	57	53	53	54	52				109
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,01	0,06	0,25	0,03	0,03	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,27
																									0,40

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

Begane grond	vloertype:	vloertype 3	($f_0 = 10-20$ Hz)																						
$H_{v,1}$ [dB]					0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]					66	84	96	110	93	92	102	85	86	75	72	69	63	58	57	57	54				111
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,02	0,07	0,30	0,04	0,04	0,13	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,34
																									0,50

3e verdieping	vloertype:	vloertype 3	($f_0 = 10-20$ Hz)																						
$H_{v,1}$ [dB]					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
$H_{v,1,0,0}$ [dB]					0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]					66	84	96	110	93	92	102	85	86	75	72	69	63	58	57	57	54				111
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,02	0,07	0,30	0,04	0,04	0,13	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,34
																									0,50

6e verdieping	vloertype:	vloertype 3	($f_0 = 10-20$ Hz)																						
$H_{v,1}$ [dB]					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
$H_{v,1,0,0}$ [dB]					0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]					66	84	96	110	93	92	102	85	86	75	72	69	63	58	57	57	54				111
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,02	0,07	0,30	0,04	0,04	0,13	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,34
																									0,50

SBR-B / Hinder 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		
L_v [dB]						58	78	92	106	90	90	101	84	86	75	72	69	63	58	57	57	54			108
$V_{eff,max}$ [mm/s]						0,00	0,01	0,04	0,20	0,03	0,03	0,11	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,24
																									0,015

3e verdieping																									
L_v [dB]						58	78	92	106	90	90	101	84	86	75	72	69	63	58	57	57	54			108
$V_{eff,max}$ [mm/s]						0,00	0,01	0,04	0,20	0,03	0,03	0,11	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,24
																									0,015

6e verdieping																									
L_v [dB]						58	78	92	106	90	90	101	84	86	75	72	69	63	58	57	57	54			108
$V_{eff,max}$ [mm/s]						0,00	0,01	0,04	0,20	0,03	0,03	0,11	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,24
																									0,015

Trillingsprognose railverkeer

project	Snellerpoort, Woerden	bronspectrum	Mp1 - 21/9/2019 01:14, Goederentrein	passages per uur	1	(alleen $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtype	Appartementen 10-15 lagen	vormfactor C_v	0,679	peiljaar	2019	
gebouwfstand (tot spoor)	50 m	referentieafstand	25 m	rij snelheid	85	km/u
				referentie snelheid	85	km/u

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 (rms, gem)					82	98	107	117	97	95	104	86	86	77	76	74	75	75	76	74					118
spreadinq					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					
bronspectrum (rms, max)					85	101	110	120	100	98	107	89	89	80	79	79	77	78	78	79	77				121
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie					-4,4	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-4,7	-5,7	-7,0	-8,8	-10,8	-11,5	-11,5	-11,5				
L_r [dB]					81	97	106	116	97	94	103	85	85	75	73	72	69	67	67	68	66				117
V_{rms} [mm/s]					0,01	0,07	0,20	0,64	0,07	0,05	0,14	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,70
																									V_{op}
																									1,02

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 3	hoogbouw obv. meting Gblijnsstraat																						
$H_{v,1}$ [dB]					-18,0	-16,0	-13,0	-10,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,4	-9,0	-9,8	-10,8	-12,4	-15,1	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0				
L_r [dB]					63	81	93	106	89	86	95	76	76	65	62	60	53	47	47	48	46				107
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,01	0,05	0,20	0,03	0,02	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,22
																									V_{op}
																									0,32

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

Begane grond	vloetype:	vloetype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v,vib}$ [dB]					0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_r [dB]					64	82	94	108	91	89	100	83	84	73	69	66	59	52	51	51	48				109
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,01	0,05	0,24	0,03	0,03	0,10	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,27
																									V_{op}
																									0,40

1e verdieping	vloetype:	vloetype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v,3}$ [dB]					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
$H_{v,vib}$ [dB]					0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_r [dB]					64	82	94	108	91	89	100	83	84	73	69	66	59	52	51	51	48				109
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,01	0,05	0,24	0,03	0,03	0,10	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,27
																									V_{op}
																									0,40

2e verdieping	vloetype:	vloetype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v,3}$ [dB]					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
$H_{v,vib}$ [dB]					0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_r [dB]					64	82	94	108	91	89	100	83	84	73	69	66	59	52	51	51	48				109
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,01	0,05	0,24	0,03	0,03	0,10	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,27
																									V_{op}
																									0,40

SBR-B / Hinder 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			
L_r [dB]					56	76	90	104	88	88	99	82	84	73	69	66	59	52	51	51	48				106
$V_{eff,max}$ [mm/s]					0,00	0,01	0,03	0,16	0,03	0,02	0,09	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,19
																									V_{per}^*
																									0,012

1e verdieping																									
L_r [dB]					56	76	90	104	88	88	99	82	84	73	69	66	59	52	51	51	48				106
$V_{eff,max}$ [mm/s]					0,00	0,01	0,03	0,16	0,03	0,02	0,09	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,19
																									V_{per}^*
																									0,012

2e verdieping																									
L_r [dB]					56	76	90	104	88	88	99	82	84	73	69	66	59	52	51	51	48				106
$V_{eff,max}$ [mm/s]					0,00	0,01	0,03	0,16	0,03	0,02	0,09	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,19
																									V_{per}^*
																									0,012