

Westpoort Heerhugowaard

Onderzoek trillingshinder spoor

Status	concept
Versie	001
Rapport	B.2024.0079.00.R001
Datum	25 april 2024



Colofon

Opdrachtgever	SWECO Nederland B.V. Robijnstraat 11 1812 RB Alkmaar
Contactpersoon opdrachtgever	de heer G. Beentjes george.beentjes@sweco.nl
Project Betreft Uw kenmerk	SWECO - Westpoort Heerhugowaard Trillingsonderzoek -
Rapport Datum Versie Status	B.2024.0079.00.R001 25 april 2024 001 concept
Uitgevoerd door	DGMR Bouw B.V. Weerdjesstraat 70 6811 JE Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
Contactpersoon	ing. R.G. (Reinoud) Fennema 088 346 76 33 RFE@dgmr.nl
Auteur	ir. M.B. (Marc) van 't Veer 088 346 78 65 MVEE@dgmr.nl
Projectadviseur	ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren 088 346 76 02 HR@dgmr.nl
2e lezer/secr.	JBY OZU

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Situatie	5
2.1 Kavel	5
2.2 Spoor en treinmaterieel	5
2.3 Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) Alkmaar-Amsterdam	6
3. Toetsingskader	7
4. Metingen	8
4.1 Meetomstandigheden	8
4.2 Meetpunten	8
4.3 Verwerking meetresultaten	9
5. Resultaten	10
6. Uitgangspunten prognose	11
6.1 Methode	11
6.2 Trilgedrag woningcasco	11
6.3 Trilgedrag vloeren	11
7. Prognose	12
8. Conclusies	13

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties (V_{top})
Bijlage 2	Trillingsprognoses

1. Inleiding

In opdracht van SWECO Nederland heeft DGMR Bouw B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd voor woningontwikkeling op de kavel 'Westpoort' omsloten door de Abe Bonnemaweg en de Westtangent. Het noordwestelijke deel van de kavel ligt binnen 100 meter van het spoor Alkmaar-Hoorn/Den Helder. Hierdoor moet er rekening worden gehouden met trillingen vanaf het spoor. Daarnaast is ook de vraag of voor de realisatie van een eventueel kinderdagverblijf op de hoek van de Abe Bonnemaweg en de J.J.P. Oudweg rekening gehouden moet worden met trillingen vanaf het spoor.

Om de trillingsbelasting in dit gebied in beeld te brengen zijn trillingsmetingen uitgevoerd op de kavel en in de bodem van het mogelijk toekomstige kinderdagverblijf. De onderzoeksresultaten worden getoetst aan de 'Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen' van het ministerie van I&W. In deze handreiking wordt de SBR-B richtlijn deel B - 'Trillingshinder voor personen in gebouwen' (SBR-B) geadviseerd als toetsingskader voor trillingen. Als maatregelen nodig zijn om te voldoen aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn dan geven wij deze op hoofdlijnen aan.

2. Situatie

2.1 Kavel

Het plan Westpoort betreft woningontwikkeling op het stuk grasland omsloten door de Abe Bonnemaweg en de Westtangent, zie figuur 1. De kavel ligt nabij de spoorlijn Alkmaar - Hoorn/Den Helder, ongeveer 1,5 km ten westen van station Heerhugowaard. Het noordwestelijk deel van de kavel ligt op minder dan 100 m afstand tot het spoor, de in de regel aangehouden afstand waarbinnen de invloed van spoortrillingen op het project moet worden beschouwd. Het plan bevat het realiseren van grondgebonden woningen met een maximale bouwhoogte van 12 meter en appartementencomplexen met een maximale bouwhoogte van 25 meter. De appartementen liggen op een afstand groter dan 190 meter van het spoor. De kortste afstand van een woning tot het spoor is 60 meter. Daarnaast is er de wens om een kinderdagverblijf te bouwen op de hoek van de Abe Bonnemaweg en de J.J.P. Oudweg. De exacte locatie van het kinderdagverblijf is nog nader te bepalen, maar ligt minstens op 25 meter van het spoor.

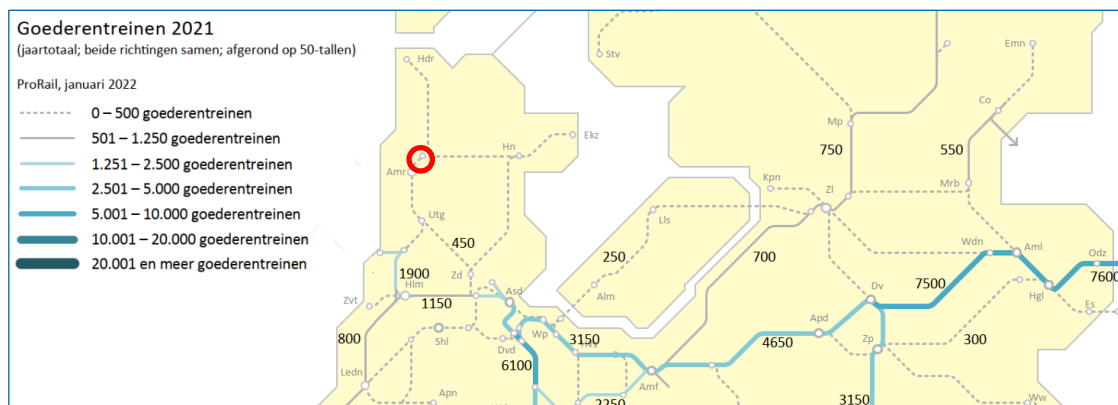


figuur 1: kavel Westpoort met voorgenomen bebouwing

2.2 Spoor en treinmaterieel

Het traject Alkmaar - Hoorn/Den Helder wordt hoofdzakelijk gebruikt door reizigerstreinen. Het reizigersmaterieel bestaat overwegend uit sprinters van het type SLT en zwaardere dubbeldeks intercitytreinen van het type VIRM.

In figuur 2, zijn de aantallen goederentreinen per jaar, beide richtingen samen, weergegeven. Hieruit blijkt dat langs de kavel gemiddeld hooguit één goederentrein per dag per richting passeert, volgens het jaarrapport van ProRail (2021).



figuur 2: goederenvervoer per etmaal, beide richtingen samen (rode cirkel is kavel) Bron: Jaarrapport ProRail (2021)

2.3 Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) Alkmaar-Amsterdam

Op de lijn Alkmaar-Amsterdam is het plan om de reizigerscapaciteit te verhogen door meer treinen te laten rijden. Hiervoor is in het kader van het (PHS) Alkmaar-Amsterdam een ontwerptractébesluit (OTB) genomen, dat ook invloed heeft op het traject tussen Alkmaar en Heerhugowaard. Ook hier neemt het aantal treinen door dit ontwerptractébesluit toe. Tussen Alkmaar en Heerhugowaard neemt de hoeveelheid reizigerstreinen na 20:00 uur toe van drie naar vier treinen per uur per richting (33% toename). In de nachtperiode neemt het aantal treinen toe van twee naar vier treinen per uur per richting, een 100% toename.

3. Toetsingskader

Per 1 januari 2024 is de Omgevingswet van kracht. In de onder deze wet vallende besluiten zijn ook trillingseisen opgenomen, echter deze gelden niet voor railverkeer. Voor railverkeer heeft het ministerie van I&W in het jaar 2019 de 'Handreiking nieuwbouw en spoortrillingen' uitgegeven, die in dit rapport wordt aangehouden. In deze handreiking wordt de SBR-B richtlijn 'Trillingshinder voor personen in gebouwen' geadviseerd als toetsingskader voor trillingen. In deze richtlijn zijn de in tabel 1 weergegeven streefwaarden opgenomen voor nieuwbouw.

tabel 1: SBR-B - streefwaarden continue en herhaald voorkomende trillingen, 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
Bijeenkomstfunctie	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 trillingssterkte V_{max}

A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode V_{per} , wanneer $A1 < V_{max} < A2$

Nieuwe woonbebouwing, nabij weg of spoorlijn, voldoet aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte V_{max} kleiner is dan 0,2 (nacht) en de gemiddelde trillingssterkte V_{per} niet hoger is dan 0,05. Als V_{max} kleiner is dan 0,1, komt de toetsing van de V_{per} te vervallen. Voor de toetsing worden meet- en prognosewaarden afgerond op het aantal decimalen van de streefwaarde.

Voor een bijeenkomstfunctie, zoals het kinderdagverblijf, geldt dat de streefwaarde A2 in alle beoordelingsperioden gelijk is. Er wordt aan de SBR-B voldaan als de maximale effectieve trillingssterkte V_{max} kleiner is dan 0,6 en de gemiddelde trillingssterkte V_{per} niet hoger is dan 0,07.

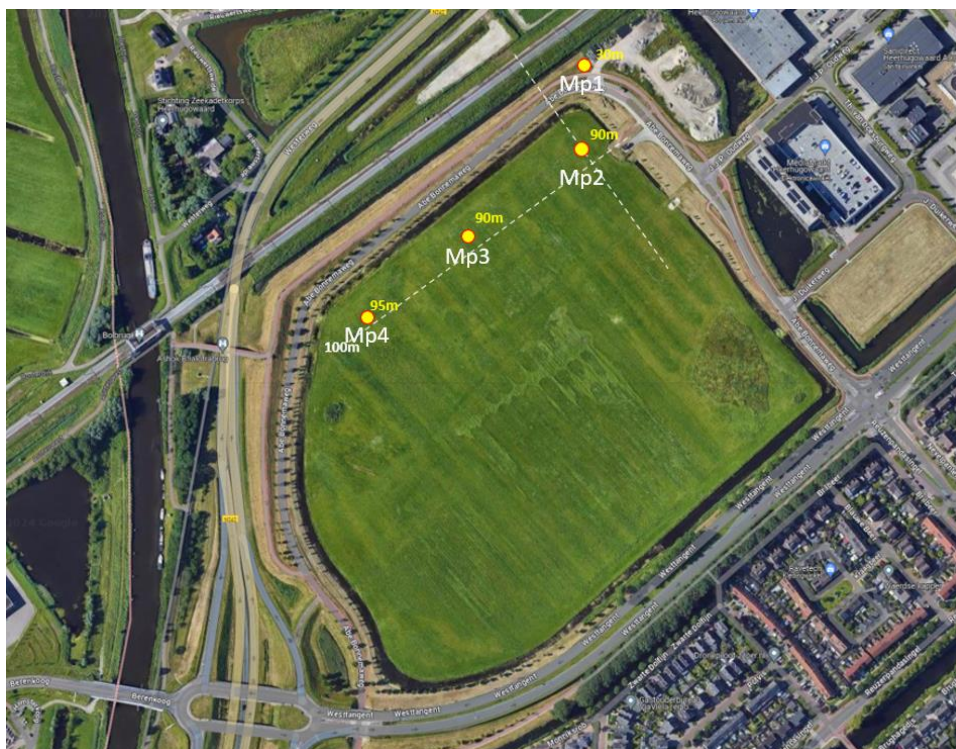
4. Metingen

4.1 Meetomstandigheden

In overeenstemming met de aanbeveling in de SBR-B is gedurende een week gemeten, om variaties in spoorgebruik en materieel mee te nemen in de metingen. De metingen zijn uitgevoerd tussen 19 maart en 27 maart 2024. In deze meetperiode was er sprake van een reguliere dienstregeling.

4.2 Meetpunten

Er zijn drie meetsystemen geplaatst op de kavel en één meetsysteem op de mogelijke locatie van het kinderdagverblijf, in de buitenbocht van de Abe Bonnemaweg. Deze meetpunten zijn weergegeven in figuur 3. De meetpunten op de kavel zijn geplaatst op 90 tot 95 meter afstand van het spoor, volgende de rooilijn van de appartementengebouwen. In tabel 2 is een overzicht gegeven van de gebruikte meetsystemen.



figuur 3: kavel Westpoort met meetpunten Mp1 tot en met Mp4

tabel 2: meetlocaties en systemen

Meetpunt	Afstand	Meetsysteem	Serienummer
Mp1	30 meter	Profound Vibra SBR	VIB00488
Mp2	90 meter	Profound Vibra SBR	VIB00588
Mp3	90 meter	Profound Vibra SBR	VIB01044
Mp4	95 meter	Profound Vibra SBR	VIB01055

4.3 Verwerking meetresultaten

Om alleen de invloed van treinpassages in beeld te brengen zijn treinpassages en mogelijke verstoringen in de trillingsregistraties geïdentificeerd op basis van onderling vergelijk van de meetsystemen. Waar nodig (en mogelijk) zijn pieken in de registraties geverifieerd op basis van de camerabeelden (spoorgerichte camera). Verstoorde treinpassages zijn buiten beschouwing gelaten.

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte V_{top} en de voor trillingshinder maatgevende effectieve trillingssterkte V_{eff} . De V_{eff} wordt overeenkomstig de SBR-B gemeten in 30 seconden intervallen. Dit is voor identificatie van treinpassages en check op verstoringen te grof. De identificatie van passages/verstoringen is daarom gedaan aan de hand van het trillingssignaal V_{top} , dat een 10x hogere resolutie heeft. Van de geïdentificeerde treinpassages (vrij van verstoringen) is vervolgens de bijbehorende effectieve trillingssterkte V_{eff} geselecteerd voor verdere analyse en prognose. De hoogste $V_{eff,max}$ is de maatgevende V_{max} volgens de SBR-B richtlijn.

5. Resultaten

Bijlage 1 geeft een overzicht van de trillingsregistraties gedurende een week meten. Afgebeeld is de trillingssterkte V_{top} die, zoals in paragraaf 4.3 beschreven, wordt gebruikt voor de identificatie van de treinpassages. De figuren laten zien dat bij MP1(30 m bodem depot) en MP2(90 m kavel oost) veel verstoring geweest is. De oorzaak van deze verstoring is onduidelijk, maar komt hoogstwaarschijnlijk door werkverkeer over de Abe Bonnemaweg. De treinpassages met de hoogste trillingsopwekking (vrij van verstoring) zijn weergegeven in tabel 3. Getoond worden de effectieve trillingssterkten ($V_{eff,max}$).

tabel 3: trillingssterkten $V_{eff,max}$ (top-15)

Top-15			MP1 (30m)			MP2 (90m Oost)			MP3 (90m Midden)			MP4 (90m West)		
Nr.	Treintype(ri)	Tijdstip	X ¹	Y ¹	Z ²	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	Intercity(O)	20/3 08:24	0,10	0,10	0,15	0,06	0,06	0,08	0,07	0,09	0,07	0,10	0,07	0,08
2	Sprinter(O)	23/3 18:36	0,09	0,10	0,14	0,05	0,06	0,06	0,09	0,08	0,06	0,10	0,09	0,06
3	Intercity(O)	22/3 22:24	0,08	0,11	0,14	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,08	0,08
4	Sprinter(O)	22/3 10:08	0,10	0,10	0,13	0,06	0,06	0,07	0,06	0,09	0,06	0,10	0,09	0,07
5	Intercity(O)	25/3 10:29	0,10	0,10	0,13	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,10	0,08	0,07
6	Intercity(O)	22/3 07:25	0,08	0,10	0,13	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10	0,08	0,08
7	Intercity(O)	23/3 20:29	0,09	0,10	0,13	0,06	0,05	0,06	0,09	0,08	0,07	0,12	0,10	0,09
8	Intercity(O)	21/3 00:25	0,08	0,10	0,13	0,07	0,06	0,05	0,09	0,08	0,08	0,12	0,08	0,10
9	Intercity(O)	23/3 09:36	0,10	0,10	0,13	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,10	0,08	0,09
10	Intercity(O)	24/3 17:24	0,07	0,11	0,13	0,05	0,05	0,07	0,06	0,09	0,07	0,10	0,10	0,09
11	Sprinter(O)	20/3 18:06	0,10	0,10	0,13	0,06	0,08	0,07	0,06	0,08	0,07	0,10	0,10	0,07
12	Sprinter(O)	23/3 09:36	0,09	0,10	0,13	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08	0,07	0,10	0,10	0,07
13	Sprinter(O)	24/3 17:36	0,09	0,10	0,13	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07
14	Sprinter(O)	26/3 19:36	0,08	0,10	0,13	0,08	0,06	0,07	0,05	0,08	0,06	0,09	0,10	0,07
15	Intercity(O)	23/3 20:29	0,09	0,10	0,13	0,06	0,05	0,06	0,09	0,08	0,07	0,12	0,10	0,09
V_{max}			0,10	0,11	0,15	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,12	0,10	0,10

1) X-richting is de horizontale richting parallel aan het spoor, Y is haaks op het spoor

2) gerangschikt op Mp1, Z-richting

Beschouwing

In tabel 3 is te zien dat de top-15 treinen geheel bestaan uit reizigerstreinen richting Hoorn/Den Helder. Deze treinen reden over het spoor dat het dichtst bij de kavel ligt. Uit tabel 3 waren nummers 6 en 9 kruisende passages. De dominante frequenties lag bij deze passages tussen de 8 en 12,5 Hz, wat doorgaans geassocieerd wordt met de wielkwaliteit van de treinen.

Bij meetpunt Mp1, het meetpunt het dichtst bij het spoor, zijn de hoogste trillingen gemeten in de verticale richting. Opvallend is dat bij meetpunt Mp4 de hoogste trillingen in de X-richting gemeten zijn. Bij meetpunten Mp2 en Mp3 is er niet duidelijk een dominante richting qua trillingen en liggen de trillingsniveaus onder de voelbaarheids grens van 0,1. Dat bij meetpunt Mp4 hogere niveaus in de X-richting zijn gemeten kan meerdere oorzaken hebben. Dit meetpunt bevindt zich het dichtst bij de spoorbruggen over de Westerweg en het kanaal Alkmaar-Kolhorn. Daarnaast zijn er in het spoor ES-lassen aanwezig, maar dat geldt ook voor de overige meetpunten. Bij het uitzetten van de meetpunten werd waargenomen dat bij dit meetpunt op de aanbrengrdiepte van ongeveer 40 cm onder maaiveld nog klei werd aangetroffen waar de overige meetpunten op deze diepte al in de dragende zandlaag lagen. Verwacht wordt dat het afwijkende trillingsbeeld merendeel te maken heeft met deze slappere kleilaag en dat de gemeten hogere trillingen in de horizontale X-richting weinig betekenis hebben voor gebouwen waarvan de fundatie tot in de dragende zandlaag reikt.

6. Uitgangspunten prognose

6.1 Methode

Voor een prognose van de te verwachten trillingssterkten in toekomstige bebouwing is een empirisch rekenmodel opgezet. Daarin is gebruikgemaakt van door TNO ontwikkelde overdrachtsfuncties, aangevuld met door DGMR verzamelde meetdata.

6.2 Trilgedrag woningcasco

Met toenemende afstand tot het spoor nemen de trillingssterkten in horizontale richting meestal sneller af dan in verticale richting. Op grote afstand van het spoor zijn horizontale trillingen vaak van gelijke orde als de verticale trillingen. Vanwege de verwachte trillingsversterking op vloerniveau is de verticale richting in de regel maatgevend voor toekomstige bebouwing.

Op verdiepingen kan de horizontale richting evenwel soms dominant zijn qua trillingen, als een woningcasco in resonantie raakt op het funderingssysteem en een kantelbeweging ondergaat. Dit treedt soms op bij (langere) goederentreinen in combinatie met klei- of veenachtige bodems en speelt zich af bij lage frequenties (≤ 10 Hz). Het optreden van dit gedrag laat zich echter moeilijk voorspellen. Bij kortere en sneller rijdende reizigerstreinen is dit risico minder aanwezig. Op deze lijn zijn de hier bedoelde lange/zware goederentreinen niet voorgekomen. In de prognoses wordt dan ook geen rekening gehouden met substantiële versterking in horizontale richtingen naar hogere verdiepingen.

6.3 Trilgedrag vloeren

Qua trilgedrag van vloeren wordt gerekend met een karakteristiek waarbij de maximale trillingsversterking optreedt rond de laagste buig-eigenfrequentie van de vloer. De vloerversterking ligt bij betonvloeren aangestoten door treintrillingen vaak in de orde van een factor 1 tot 3 (tot 10 dB) en is sterk afhankelijk van het gekozen vloertype en het al dan niet samenvallen van vloereigenfrequenties met dominante frequenties in het treinspectrum. Bij een betonvloer met een laagste buig-eigenfrequentie van 16 Hz is de versterking meestal ruim lager dan een factor 2. Houten vloeren zijn aanmerkelijk lichter, maar daarentegen is de demping van moderne vloerconstructies (CLT, houten kanaalplaat) doorgaans hoger. Per saldo is het ook met houtbouw mogelijk vloeren te ontwerpen met een beperkte trillingsversterking. In de prognoses wordt spectraal gerekend met een maximale versterking van een factor 3 (10 dB) rond de laagste buig-eigenfrequentie van de vloer en met een totale versterking tot een factor 2 (6 dB) op de trillingssterkte $V_{\max}$.

Als met het in de prognose gebruikte vloertype niet voldaan kan worden aan de streefwaarde uit de SBR-B, dan kan een stijver vloertype gekozen worden, waarmee een lager trilniveau wordt behaald.

7. Prognose

In bijlage 2 zijn de prognoseberekeringen opgenomen voor de voorziene gebouwen (uitgevoerd in beton en gefundeerd op palen). De prognose is uitgevoerd voor laagbouw op minimaal 60 meter van het spoor en het kinderdagverblijf op 25 meter afstand van het spoor.

De prognoses voor het kinderdagverblijf zijn opgesteld voor de qua trillingsopwekking maatgevende trein. Voor de V_{per} berekening (gemiddelde trillingssterkte) is de verdelingsfunctie van de V_{max} gebruikt. Hierdoor wordt gerekend met een reële verdeling. Voor de prognose van de laagbouw op 60 en 90 meter afstand van het spoor is gebruikgemaakt van de maatgevende trein geregistreerd op meetpunt 4, wat overeenkomt met de nr.8 trein uit tabel 3.

In tabel 4 zijn de uit bijlage 2 overgenomen verwachte trillingssterkten V_{max} en V_{per} weergegeven voor de voorgenomen laagbouw en het kinderdagverblijf. Voor het kinderdagverblijf is een vloertype gekozen met een lagere eigenfrequentie, omdat kinderdagverblijven doorgaans grotere vloeroverspanningen hebben dan reguliere woningen.

In deze tabel is de V_{per} gecorrigeerd voor de verwachte groei van het aantal reizigerstreinen als gevolg van de invoering van het tracébesluit PHS Alkmaar - Amsterdam.

tabel 4: trillingsprognose V_{max} en (V_{per})

Gebouwtipe	Bouw-lagen	Afstand	Richting	Trillingssterkte V_{max} (V_{per})	Streefwaarde SBR-B A2 (A3)	Toetsing
Kinderdagverblijf (laagbouw op palen)	2-3	25 m	Horizontaal	0,11 (0,001)	0,6 (0,07)	voldoet
			Verticaal	0,34 (0,044)		
Grondgebonden woning (laagbouw op palen)	2-3	60 m	Horizontaal	0,10 (--)	0,2 (0,05)	voldoet
		90 m	Verticaal	0,16 (0,005)		
			Horizontaal	0,09 (--)		
			Verticaal	0,14 (0,002)		voldoet

Beschouwing

Uit tabel 4 valt op te maken dat in een kinderdagverblijf, op 25 meter afstand van het spoor, trillingssterkten V_{max} tot 0,34 zijn te verwachten en een V_{per} van 0,04. Dit voldoet aan de streefwaarden uit de SBR-B voor een gebouw met een bijeenkomstfunctie. Ook met de verwachte groei van het aantal reizigerstreinen voldoet de berekende V_{per} aan de streefwaarde uit de SBR-B.

Voor de grondgebonden woningen, op ongeveer 60 meter van het spoor, wordt een V_{max} -waarde van 0,16 verwacht. Dit voldoet aan de SBR-B streefwaarde (A2) voor de nachtperiode. Hierbij is uitgegaan van klassieke betonbouw met relatief stijve vloeren (buig-eigenfrequentie > 15 Hz) en een fundatie op palen. Volgens het voorkeursontwerp komt de meeste bebouwing op een afstand van minstens 90 meter van het spoor. Op deze afstand is de V_{max} gelijk aan of kleiner dan 0,14 en wordt eveneens voldaan aan de SBR-B.

Als voor de laagbouw op tenminste 60 meter van het spoor gekozen wordt voor een vloertype met lagere eigenfrequentie of voor houtbouw, dan wordt een V_{max} -waarde tot 0,25 verwacht, waarmee ook nog net voldaan wordt aan de SBR-B richtlijn. Bij de voorgenomen bebouwing op deze kavel staan ook appartementengebouwen gepland. Deze staan op een afstand van meer dan 190 meter van het spoor en daarom zijn deze niet kritisch qua trillingen. Als er toch appartementengebouwen worden gebouwd, dicht op het spoor dan geldt daarvoor dat op een afstand van meer dan 50 m tot het spoor zal worden voldaan aan de SBR-B.

8. Conclusies

Tijdens de uitgevoerde trillingsmetingen bij de kavel Westpoort zijn geen goederentreinen waargenomen. In de top-15 treinen (qua trillingssterkte) zijn alleen sprinters en intercity's type VIRM waargenomen richting Hoorn/Den Helder.

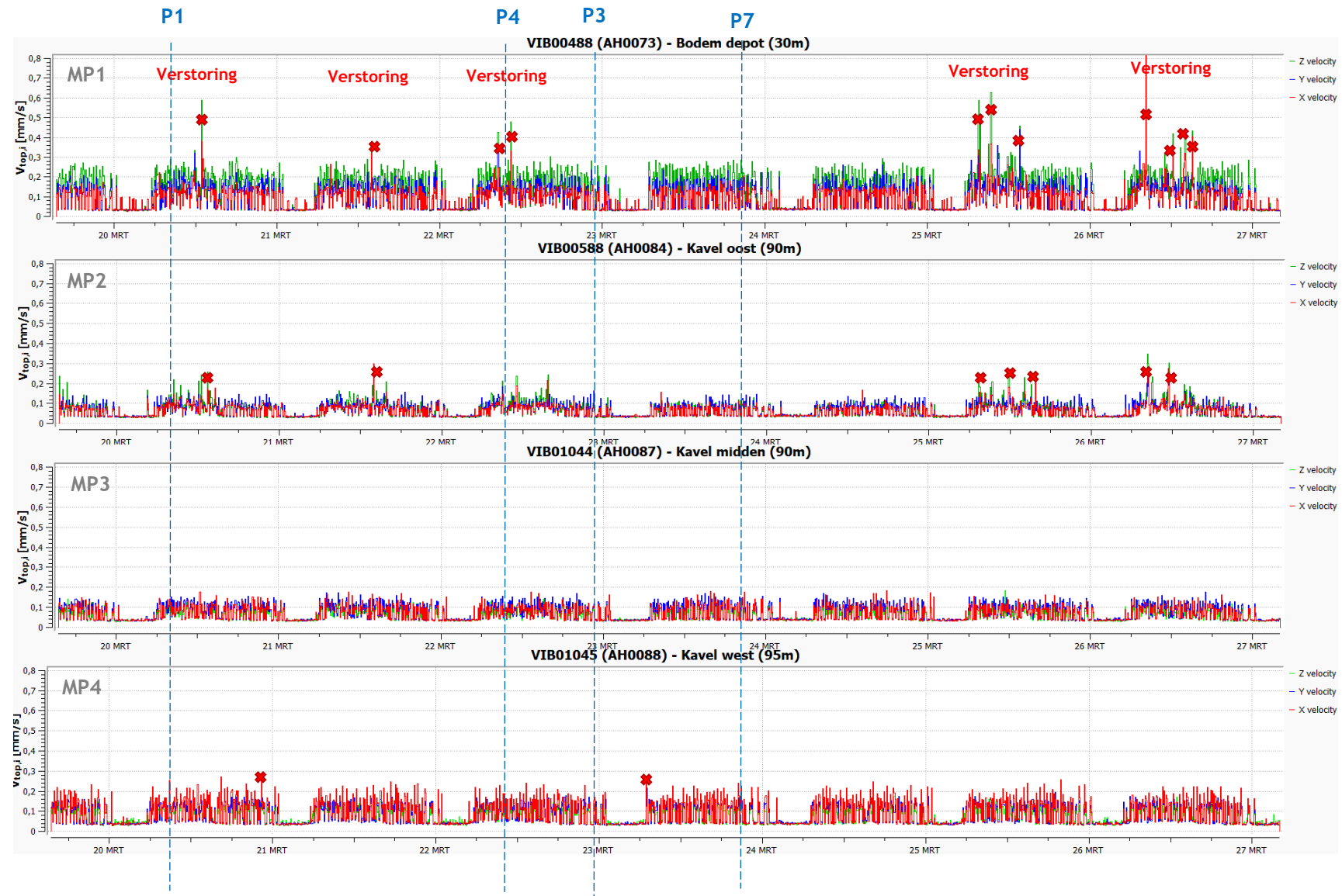
De trillingsprognoses op basis van de gedane trillingsmetingen laten zien dat voor de grondgebonden woningen op tenminste 60 meter afstand tot het spoor voldaan wordt aan de streefwaarden uit de SBR-B, in het geval deze worden uitgevoerd in klassieke betonbouw met een paalfundering. In een eventueel kinderdagverblijf op de plaats van het huidige depot aan de Abe Bonnemaweg, op minimaal 25 meter afstand van spoor, wordt naar verwachting ook voldaan aan de SBR-B. De appartementengebouwen in het bouwplan zijn geprojecteerd op een afstand van meer dan 190 meter tot het spoor en zijn daarbij niet kritisch qua trillingen. Hier wordt dus ook geen trillingshinder verwacht.

Op basis van het gedane trillingsonderzoek wordt geconcludeerd dat het mogelijk is om bij de in het stedenbouwkundig schetsplan getoonde woonvormen en bebouwingsafstanden te voldoen aan de SBR-B en qua trillingen een goed woon- en leefklimaat te bereiken.

ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren
DGMR Bouw B.V.

Bijlage 1

Titel	Trillingsregistraties (V_{top})
Omvang	1 blad



Bijlage 2

Titel	Trillingsprognoses
Omvang	3 bladen

Westpoort Heerhugowaard

Trillingsprognose railverkeer

project Westpoort, Heerhugowaard bronsspectrum Intercity, 20/03-08u25 passages per uur 0,0 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
 gebouwtype Kinderdagverblijf 0,52 (verhouding v_{rms}/v_{rms}) peiljaar 2024
 gebouwfstand (tot spoor) 25 m referentieafstand 30 m rijnsnelheid 110 km/u
 referentie snelheid 110 km/u

X

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)			72	77	73	81	84	90	81	92	94	97	89	78	82	83	81	79	78	65	58				101
spreiding																									
bronspectrum (rms, max)			72	77	73	81	84	90	81	92	94	97	89	78	82	83	81	79	78	65	58				101
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie			0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0				101
L_w [dB]			73	78	74	82	84	91	81	92	95	97	90	79	83	84	82	81	79	67	60				101
v_{rms} [mm/s]			0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,04	0,06	0,07	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00				0,23
v_{top}																									0,23

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	Laagbouw op palen (geen samenwerking)
H_{vib} [dB]		-2,6 -2,4 -2,1 -1,5 -0,6 1,0 3,4 3,1 -2,8 -3,4 -3,8 -4,3 -5,0 -5,8 -6,6 -7,4 -8,1 -8,9 -9,7
L_w [dB]		70 75 72 81 84 92 85 92 94 86 75 78 78 75 73 71 58 50
v_{rms} [mm/s]		0,00 0,01 0,00 0,01 0,02 0,04 0,02 0,06 0,04 0,05 0,02 0,01 0,01 0,01 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,20

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

Begane grond	vloer type:	user defined
H_{vib} [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 0,0 0,0 0,0
L_w [dB]		70 75 72 81 84 92 85 92 94 86 75 78 78 75 73 71 58 50
v_{rms} [mm/s]		0,00 0,01 0,00 0,01 0,02 0,04 0,02 0,06 0,04 0,05 0,02 0,01 0,01 0,01 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,20

1e verdieping	vloer type:	user defined
H_{vib} [dB]		0,1 0,2 0,3 0,5 0,8 1,3 2,1 2,0 0,1 0,0 -0,1 -0,2 -0,2 -0,3 -0,4 -0,4 -0,5 -0,6 -0,6
L_w [dB]		70 76 72 81 85 93 87 92 94 86 75 77 78 75 73 71 57 50
v_{rms} [mm/s]		0,00 0,01 0,00 0,01 0,02 0,05 0,02 0,07 0,04 0,05 0,02 0,01 0,01 0,01 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,22

2e verdieping	vloer type:	user defined
H_{vib} [dB]		0,2 0,4 0,6 1,0 1,6 2,7 4,3 4,1 0,1 -0,1 -0,2 -0,4 -0,5 -0,6 -0,8 -0,9 -1,0 -1,2 -1,3
L_w [dB]		71 76 72 82 86 95 89 99 92 94 86 74 77 78 75 72 70 56 49
v_{rms} [mm/s]		0,00 0,01 0,00 0,01 0,02 0,05 0,03 0,09 0,04 0,05 0,02 0,01 0,01 0,01 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,26

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

Begane grond	gebouwtype:	SBR-veging
L_w [dB]		-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
$v_{eff,max}$ [mm/s]		59 66 64 75 79 88 82 94 91 93 85 74 77 78 75 73 71 58 50
v_{eff}		0,00 0,00 0,00 0,01 0,01 0,03 0,01 0,05 0,03 0,05 0,02 0,01 0,01 0,01 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,000

1e verdieping	L_w [dB]	59 66 64 75 80 90 84 96 91 93 85 74 77 78 75 73 71 57 50
$v_{eff,max}$ [mm/s]		0,00 0,00 0,00 0,01 0,01 0,03 0,02 0,06 0,04 0,05 0,02 0,01 0,01 0,01 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,009

2e verdieping	L_w [dB]	59 66 65 76 81 91 86 98 91 93 85 74 77 78 74 72 70 56 49
$v_{eff,max}$ [mm/s]		0,00 0,00 0,00 0,01 0,01 0,04 0,02 0,08 0,04 0,05 0,02 0,01 0,01 0,01 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,101

Trillingsprognose railverkeer

project Westpoort, Heerhugowaard bronsspectrum Intercity, 20/03-08u25 passages per uur 6,8 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
 gebouwtype Kinderdagverblijf 0,56 (verhouding v_{rms}/v_{rms}) peiljaar 2024
 gebouwfstand (tot spoor) 25 m referentieafstand 30 m rijnsnelheid 110 km/u
 referentie snelheid 110 km/u

Z

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)			66	79	81	88	84	93	101	102	95	87	84	82	78	83	79	71	67	66	59				106
spreiding																									
bronspectrum (rms, max)			66	79	81	88	84	93	101	102	95	87	84	82	78	83	79	71	67	66	59				106
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie			0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0				106
L_w [dB]			67	80	82	89	85	94	102	103	95	87	85	82	79	84	80	72	68	68	61				106
v_{rms} [mm/s]			0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,05	0,12	0,14	0,06	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00				0,21
v_{top}																									0,37

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	Laagbouw op palen (geen samenwerking)
H_{vib} [dB]		-1,0 -1,0 -1,0 -1,0 -1,0 -1,0 -1,0 -1,0 -1,0 -1,6 -2,3 -3,1 -4,1 -5,6 -7,8 -10,8 -10,8 -10,8
L_w [dB]		66 79 81 88 84 93 101 102 94 86 83 79 75 79 72 61 57 57 50
v_{rms} [mm/s]		0,00 0,01 0,01 0,02 0,02 0,05 0,11 0,12 0,05 0,02 0,01 0,01 0,01 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,32

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

Begane grond	vloer type:	vloer type 2 ($f_0 = 6,3-10$ Hz)
H_{vib} [dB]		0,8 1,0 1,3 2,0 2,9 4,5 6,5 8,4 7,9 7,4 6,7 6,4 5,8 5,1 4,7 4,2 3,2 2,7 2,1
L_w [dB]		67 80 82 90 87 98 107 110 102 93 89 86 81 84 76 66 61 60 52
v_{rms} [mm/s]		0,00 0,01 0,01 0,03 0,02 0,08 0,23 0,32 0,13 0,04 0,03 0,02 0,01 0,02 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,76

1e verdieping	vloer type:	vloer type 2 ($f_0 = 6,3-10$ Hz)
H_{vib} [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 0,0
L_w [dB]		67 80 82 90 87 98 107 110 102 93 89 86 81 84 76 66 61 60 52
v_{rms} [mm/s]		0,00 0,01 0,01 0,03 0,02 0,08 0,23 0,32 0,13 0,04 0,03 0,02 0,01 0,02 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,76

2e verdieping	vloer type:	vloer type 2 ($f_0 = 6,3-10$ Hz)
H_{vib} [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 0,0
L_w [dB]		67 80 82 90 87 98 107 110 102 93 89 86 81 84 76 66 61 60 52
v_{rms} [mm/s]		0,00 0,01 0,01 0,03 0,02 0,08 0,23 0,32 0,13 0,04 0,03 0,02 0,01 0,02 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,76

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

Begane grond	gebouwtype:	SBR-veging
L_w [dB]		-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
$v_{eff,max}$ [mm/s]		55 70 74 84 82 94 105 108 101 92 89 85 80 84 76 66 61 60 52
v_{eff}		0,00 0,00 0,01 0,02 0,01 0,05 0,17 0,26 0,11 0,04 0,03 0,02 0,01 0,02 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,044

1e verdieping	L_w [dB]	55 70 74 84 82 94 105 108 101 92 89 85 80 84 76 66 61 60 52
$v_{eff,max}$ [mm/s]		0,00 0,00 0,01 0,02 0,01 0,05 0,17 0,26 0,11 0,04 0,03 0,02 0,01 0,02 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,111

2e verdieping	L_w [dB]	55 70 74 84 82 94 105 108 101 92 89 85 80 84 76 66 61 60 52
$v_{eff,max}$ [mm/s]		0,00 0,00 0,01 0,02 0,01 0,05 0,17 0,26 0,11 0,04 0,03 0,02 0,01 0,02 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00
v_{top}		0,34

Westpoort Heerhugowaard

Trillingsprognose railverkeer

project: Westpoort, Heerhugowaard
 gebouwtype: Laagbouw
 gebouwafstand (tot spoor): 60 m
 bronspectrum vormfactor C_b : 0,67
 referentieafstand: 90 m
 Intercity, 21/03 00u25
 (verhouding v_{rms}/v_{lim})
 passages per uur: 0,0 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
 peiljaar: 2024
 rijnsnelheid: 110 km/u
 referentie snelheid: 110 km/u

X

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)			40	74	68	79	72	82	77	88	100	88	81	76	76	70	72	63	63	64	61				101
spreiding																									
bronspectrum (rms, max)			40	74	68	79	72	82	77	88	100	88	81	76	76	70	72	63	63	64	61				101
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,5	2,9	3,5	4,2				
L_w [dB]			41	75	69	80	73	83	78	89	102	89	82	77	78	72	74	66	66	67	65				102
V_{rms} [mm/s]			0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,12	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00				0,13
																									0,19

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype: Laagbouw op palen (geen samenwerking)																			
$H_{v,1}$ [dB]	-2,6	-2,4	-2,1	-1,5	-0,6	1,0	3,4	3,1	-2,8	-3,4	-3,8	-4,3	-5,0	-5,8	-6,6	-7,4	-8,1	-8,9	-9,7	
L_w [dB]	38	72	67	78	73	84	81	93	99	86	79	73	73	66	68	59	58	58	56	100
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04	0,09	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
																		v_{top}		0,15

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

Begane grond	vloer type:	user defined																			
$H_{v,1}$		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			
L_1 [dB]		38	72	67	78	73	84	81	93	99	86	79	73	73	66	68	59	58	58	100	
V_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04	0,09	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	
																				v_{rms}	0,15

1e verdieping	vloer type: user defined																		vloer type: vloer	
H _{v,1} [dB]	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.3	2.1	2.0	0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	
H _{v,100} [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	0.0	0.0	
L _w [dB]	38	72	67	79	74	85	83	95	99	86	79	73	73	66	67	58	57	58	55	
V _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.05	0.09	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	v _{top}																		101	
																			0.11	
																			0.16	

2e verdieping		vloer type: user defined																				
$H_{v,1}$ [dB]		0,2	0,4	0,6	1,0	1,6	2,7	4,3	4,1	0,1	-0,1	-0,2	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,3		
$H_{v,100}$ [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	0,0	0,0		
L_w [dB]		38	73	68	79	74	87	86	97	99	86	78	73	73	65	67	58	57	57	54		101
v_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,07	0,09	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
																					v_{avg}	0,17

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

Begane grond	gebouwtype:																		
SBR-weging	-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
L_w [dB]	27	63	59	72	68	80	79	91	98	85	78	73	73	66	68	58	58	58	56
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
																		V_{max}	0,000
																			99
																			0,09

1e verdieping																					
L_w [dB]	27 63 60 73 69 82 81 93 98 85 78 73 73 65 67 58 57 58 55																		V_{max}	99	
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,01 0,01 0,04 0,08 0,02 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00																		V_{max}	0,09	
																				V_{max}	0,00

2e verdieping																			
L_w [dB]	27	63	60	73	70	83	83	95	98	85	78	72	72	65	67	58	57	57	54
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
																			100
																			0,10
																			0,000

Trillingsprognose railverkeer

project: Westpoort, Heerhugowaard
 gebouwtype: Laagbouw
 gebouwafstand (tot spoor): 60 m
 bronspectrum vormfactor C_b : 0,55
 referentieafstand: 90 m
 Intercity, 21/03 00u25
 (verhouding v_{rms}/v_{lim})
 passages per uur: 0,2 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
 peiljaar: 2024
 rijnsnelheid: 110 km/u
 referentie snelheid: 110 km/u

Z

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)			67	67	73	84	79	84	81	84	100	83	90	80	84	70	73	66	59	55	55				101
spreiding																									
bronspectrum (rms, max)			67	67	73	84	79	84	81	84	100	83	90	80	84	70	73	66	59	55	55				101
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4				
L_w [dB]			68	68	74	85	80	85	82	85	101	84	90	81	86	71	74	67	60	56	56				102
V_{rms} [mm/s]			0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,11	0,02	0,03	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00				0,12
																									0,22

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype: Laagbouw op palen (geen samenwerking)																		
$H_{v,1}$ [dB]	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,6	-2,3	-3,1	-4,1	-5,6	-7,8	-10,8	-10,8	-10,8	-10,8
L_v [dB]	67	67	73	84	79	84	81	84	100	82	88	78	81	65	66	56	49	45	45
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,10	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
																		v_{100}	0,19

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

Begane grond	vloer type: vloer type 3 (f0 = 10-20 Hz)																			
Hv, vloer	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,2	1,8	2,7	4,2	6,4	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1	
Lw [dB]	67	67	74	85	80	85	83	86	104	89	96	85	87	71	72	61	53	48	47	105
vms [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,16	0,03	0,06	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
																				0,32

1e verdieping	vloer type:	vloer type 3																		(f ₀ = 10-20 Hz)																		V ₁₀₀		0,32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	0,0	0,0	

2e verdieping	vloer type: vloer type 3																		$(f_0 = 10-20 \text{ Hz})$		V_{vib}		0,32
$H_{v,1}$ [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	0,0	0,0	0,0	0,0		
$H_{v,100}$ [dB]	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,2	1,8	2,7	4,2	6,4	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1				
L_w [dB]	67	67	74	85	80	85	83	86	104	89	96	85	87	71	72	61	53	48	47		105		
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,16	0,03	0,06	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,18		
																					0,32		

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

Begane grond	gebouwtype:																					
SBR-weging	-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			
L_w [dB]	56	58	66	79	75	82	80	85	103	88	95	85	87	71	71	61	53	48	47	104		
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,14	0,02	0,06	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16		
																		v_{max}	0,005			

1e verdieping																			V _{ref} *		0,005	
L _w [dB]	56 58 66 79 75 82 80 85 103 88 95 85 87 71 71 61 53 48 47																		104			
V _{eff,max} [mm/s]	0,00 0,00 0,00 0,01 0,01 0,01 0,01 0,02 0,14 0,02 0,06 0,02 0,02 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00																		0,16			
	V _{ref} *																		0,005			

2e verdieping																				
L_w [dB]	56	58	66	79	75	82	80	85	103	88	95	85	87	71	71	61	53	48	47	104
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,14	0,02	0,06	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
																		V_{max} *	0,005	

Westpoort Heerhugowaard

Trillingsprognose railverkeer

project Westpoort, Heerhugowaard
gebouwtype Laagbouw
gebouwfstand (tot spoor) 90 m

bronspectrum
vormfactor C_v
referentieafstand

Intercity, 21/03 00u25
0,67
90 m
(verhouding v_{rms}/v_{lim})

passages per uur
peiljaar
rijnsnelheid
referentie snelheid

0,0
2024
110
110

(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
km/u
km/u

X

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)			40	74	68	79	72	82	77	88	100	88	81	76	76	70	72	63	63	64	61				101
bronspectrum (rms, max)			40	74	68	79	72	82	77	88	100	88	81	76	76	70	72	63	63	64	61				101
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie																									
L_v [dB]			40	74	68	79	72	82	77	88	100	88	81	76	76	70	72	63	63	64	61				101
V_{rms} [mm/s]			0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,11	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,17

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	Laagbouw op palen (geen samenwerking)																							
$H_{v,0}$ [dB]		-2,6	-2,4	-2,1	-1,5	-0,6	1,0	3,4	3,1	-2,8	-3,4	-3,8	-4,3	-5,0	-5,8	-6,6	-7,4	-8,1	-8,9	-9,7					
L_v [dB]		37	71	66	77	72	83	80	92	98	85	77	72	71	64	66	56	55	55	51					99
V_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,04	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,09
																									0,13

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

Begane grond	vloer type:	user defined																							
$H_{v,0}$ [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	0,0	0,0					
L_v [dB]		37	71	66	77	72	83	80	92	98	85	77	72	71	64	66	56	55	55	51					99
V_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,04	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,09
																									0,13

1e verdieping	vloer type:	user defined																							
$H_{v,0}$ [dB]		0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,3	2,1	2,0	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6					
$H_{v,0,ref}$ [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	0,0	0,0					
L_v [dB]		37	71	66	78	73	84	82	94	98	85	77	72	71	64	65	56	54	54	51					100
V_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,05	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,10
																									0,14

2e verdieping	vloer type:	user defined																							
$H_{v,0}$ [dB]		0,2	0,4	0,6	1,0	1,6	2,7	4,3	4,1	0,1	-0,1	-0,2	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,3					
$H_{v,0,ref}$ [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	0,0	0,0					
L_v [dB]		37	72	67	78	74	86	85	96	98	85	77	71	71	63	65	55	54	53	50					100
V_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,06	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,10
																									0,15

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

Begane grond	gebouwtype:																				
SBR-weging	-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		
L_v [dB]	26	62	58	71	67	79	78	90	96	84	77	71	71	64	66	56	55	55	51	98	
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	
	V_{max}^*																			0,000	
1e verdieping																					
SBR-weging	26	62	59	72	68	81	80	92	97	84	77	71	71	64	65	56	54	54	51	98	
L_v [dB]																					
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	
	V_{max}^*																			0,000	
2e verdieping																					
SBR-weging	26	62	59	72	69	82	82	94	97	84	77	71	71	63	65	55	54	53	50	99	
L_v [dB]																					
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	
	V_{max}^*																			0,000	

Trillingsprognose railverkeer

project Westpoort, Heerhugowaard
gebouwtype Laagbouw
gebouwfstand (tot spoor) 90 m

bronspectrum
vormfactor C_v
referentieafstand

Intercity, 21/03 00u25
0,55
90 m
(verhouding v_{rms}/v_{lim})

passages per uur
peiljaar
rijnsnelheid
referentie snelheid

0,0
2024
110
110

(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
km/u
km/u

Z

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)			67	67	73	84	79	84	81	84	100	83	90	80	84	70	73	66	59	55	55				101
bronspectrum (rms, max)			67	67	73	84	79	84	81	84	100	83	90	80	84	70	73	66	59	55	55				101
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie																									
L_v [dB]			67	67	73	84	79	84	81	84	100	83	90	80	84	70	73	66	59	55	55				101
V_{rms} [mm/s]			0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,10	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,11
																									0,20

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	Laagbouw op palen (geen samenwerking)																							
$H_{v,0}$ [dB]		-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,6	-2,3	-3,1	-4,1	-5,6	-7,8	-10,8	-10,8	-10,8	-10,8					
L_v [dB]		66	66	72	83	78	83	80	83	99	81	87	77	80	64	65	55	48	44	44					100
V_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,10
																									0,17

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

Begane grond	vloer type:	vloer type 3 (f ₀ = 10-20 Hz)																				
H _{v,0} [dB]		0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,2	1,8	2,7	4,2	6,4	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1		
L _v [dB]		66	66	73	84	79	84	82	85	103	88	95	84	86	70	70	60	52	47	46		104
v _{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,14	0,02	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,16
																						0,29

1e verdieping	vloer type:	vloer type 3 (f ₀ = 10-20 Hz)																				
H _{v,0} [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	0,0	0,0		
H _{v,0,ref} [dB]		0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,2	1,8	2,7	4,2	6,4	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1		
L _v [dB]		66	66	73	84	79	84	82	85	103	88	95	84	86	70	70	60	52	47	46		104
v _{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,14	0,02	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,16
																						0,29

2e verdieping	vloer type:	vloer type 3 (f ₀ = 10-20 Hz)																				
H _{v,0} [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	0,0	0,0		
H _{v,0,ref} [dB]		0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,2	1,8	2,7	4,2	6,4	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1		
L _v [dB]		66	66	73	84	79	84	82	85	103	88	95	84	86	70	70	60	52	47	46		104
v _{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,14	0,02	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,16
																						0,29