

Groene Heerlijkheid

Onderzoek spoortrillingen

Status	Definitief
Versie	001
Rapport	M.2024.0513.04.R001
Datum	22 juli 2024



Colofon

Opdrachtgever

Contactpersoon opdrachtgever

Project Antea - Groene Heerlijkheid Deurne
Betreft trillingsonderzoek
Uw kenmerk -

Rapport M.2024.0513.04.R001
Datum 22 juli 2024
Versie 001
Status concept

Uitgevoerd door DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.
Casuariestraat 5
2511 VB Den Haag
Postbus 370
2501 CJ Den Haag

Contactpersoon ing. J.D. (Jasper) Pondman
088 346 78 17
JPO@dgm.nl

Auteur ing. J.D. (Jasper) Pondman
088 346 78 17
JPO@dgm.nl

Projectadviseur ing. J.D. (Jasper) Pondman
088 346 78 17
JPO@dgm.nl

2e lezer/secr. BDI

Inhoud

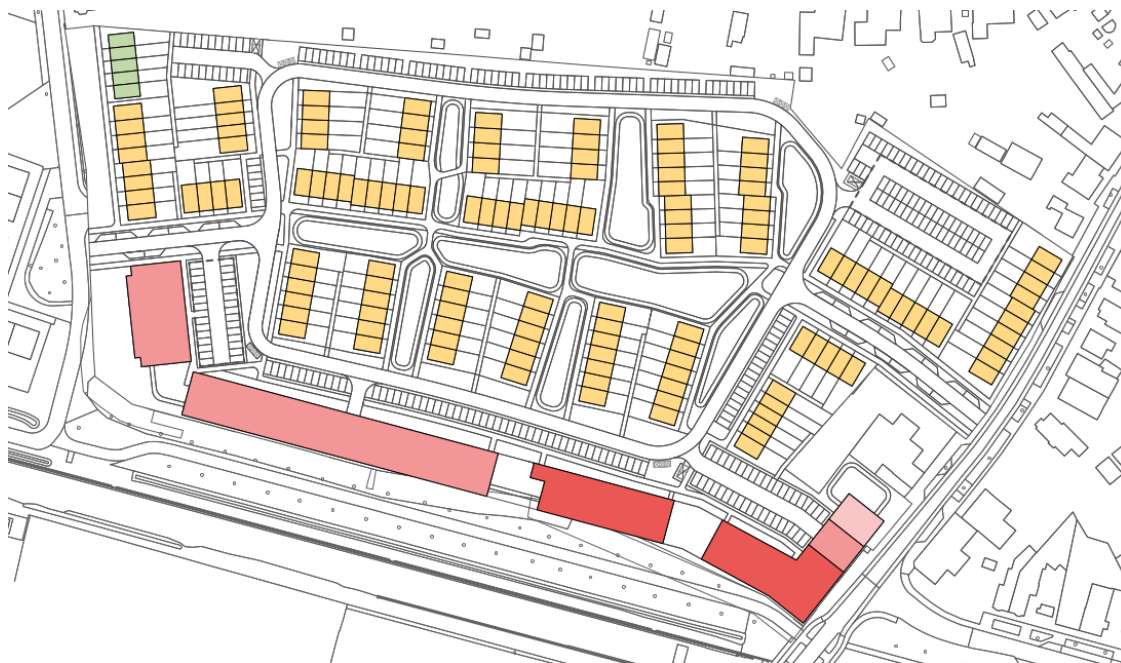
1. Inleiding	4
2. Situatie	5
2.1 Kavel	5
2.2 Spoor	5
3. Toetsingskader	6
4. Metingen	7
4.1 Meetomstandigheden	7
4.2 Meetpunten	7
4.3 Meetapparatuur	7
4.4 Verwerking meetresultaten	8
5. Resultaten	9
5.1 Trillingsmetingen	9
6. Prognose	11
6.1 Methode	11
6.2 Prognoseresultaten	11
7. Conclusies en aanbevelingen	13

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties
Bijlage 2	Trillingsprognose

1. Inleiding

Antea Group werkt aan de ontwikkeling van een woongebied in Deurne. Dit woongebied is aangeduid als Groene Heerlijkheid, in onderstaande figuur is het plan weergegeven. Het woongebied zal in vijf fases gerealiseerd worden.



figuur 1: plangebied Groene Heerlijkheid

Voor het omgevingsplan hebben we een onderzoek naar trillingshinder uitgevoerd. Het plan ligt namelijk op korte afstand van de spoorlijn Venlo - Eindhoven. Onderzocht is of trillingen afkomstig van het spoor het wooncomfort in de toekomstige woningbouw aantasten.

Om inzicht te krijgen in de trillingsrisico's zijn trillingsmetingen verricht. Op basis van de resultaten van deze metingen is een prognose gemaakt van de te verwachten trillingen in de nieuwbouw. Ook worden randvoorwaarden gegeven voor het ontwerp om te kunnen voldoen aan de SBR-richtlijn Trillingen, deel B.

2. Situatie

2.1 Kavel

De Groene Heerlijkheid wordt in meerdere fasen ontwikkeld, zie figuur 2. De bebouwing het dichtst bij het spoor zal bestaan uit appartementenbouw met een bouwhoogte van drie lagen. Het complex aan de Vlierdenseweg, eveneens nabij het spoor, zal echter bestaan uit vier bouwlagen. De minimum afstand van deze bebouwing tot het spoor varieert enigszins, tussen ongeveer 30 meter en 38 meter. Achter deze appartementenbouw, meer naar het noorden, worden grondgebonden woningen gebouwd. De minimum afstand van deze woningen tot het spoor bedraagt 60 meter.

2.2 Spoor

De spoorlijn Venlo - Eindhoven bestaat, ter plaatse van de kavel, uit twee sporen. Op deze lijn passeren intercity's, sprinters en goederentreinen. De west-gaande treinen passeren de kavel op het dichtstbijzijnde spoor, die in oostelijke richting op het verst van de kavel afliggende spoor. Doorgaande treinen passeren hier op maximale snelheid, goederentreinen met zo'n 90 km/u en reizigerstreinen met 140 km/u.

3. Toetsingskader

In het Besluit kwaliteit leefomgeving zijn geen instructievoorwaarden opgesteld voor trillingshinder langs het spoor. Om te bepalen of voor het aspect trillingen van het spoor spraken is van een evenwichtige toedeling van functies aan locaties kan dus niet aangesloten worden bij waarden uit het Bkl.

Om handvatten te geven voor het aspect trillingen in de planvorming heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) in 2019 de ‘Handreiking nieuwbouw en spoortrillingen’ uitgegeven. De handreiking geeft echter geen bindend toetsingskader, maar noemt de SBR-richtlijn trillingen, deel B “Trillingshinder voor personen in gebouwen” (SBR-B) als “best practice” om trillingshinder aan te toetsen. Dit is in Nederland momenteel het gebruikelijke toetsingskader, ook onder de Omgevingswet.

Voor de Groene Heerlijkheid zijn geen specifieke of aanvullende trillingseisen opgegeven. Als toetsingskader wordt daarom de SBR-B aangehouden. In deze richtlijn zijn de in tabel 1 weergegeven streefwaarden opgenomen.

tabel 1: SBR-B - Streefwaarden continue en herhaald voorkomende trillingen, nieuwe situaties

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Wonen	0,10	0,40	0,05	0,10	0,20	0,05
Onderwijs/kantoor/bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,60	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} , indien $A1 < V_{max} < A2$

Nieuwe woongebouwen nabij een weg of spoorlijn voldoen aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte V_{max} kleiner is dan 0,2 (nachtperiode) en de gemiddelde trillingssterkte V_{per} niet hoger dan 0,05. Als V_{max} kleiner is dan 0,1, komt de toetsing van de V_{per} te vervallen.

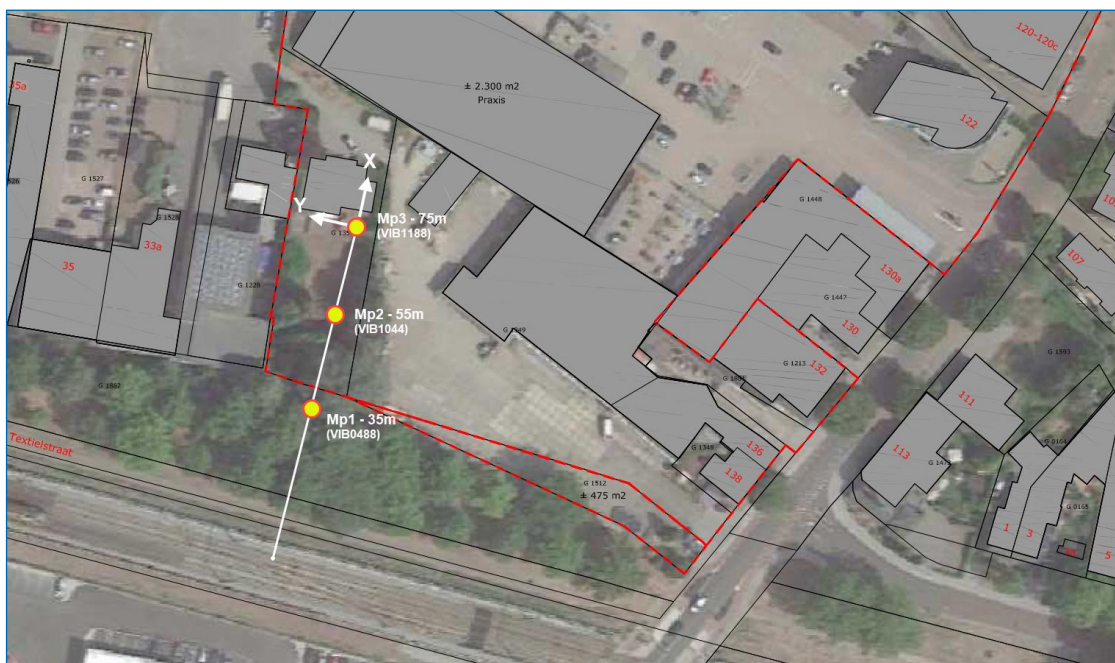
4. Metingen

4.1 Meetomstandigheden

In overeenstemming met de aanbevelingen in de SBR-B is een meetperiode van één week aangehouden, om variaties in spoorgebruik en materieel mee te nemen in de metingen. De metingen zijn uitgevoerd tussen 27 mei en 3 juni 2021. In deze meetperiode was er sprake van een normale dienstregeling en hierop zijn geen afwijkingen geconstateerd.

4.2 Meetpunten

Op de kavel zijn nu nog opstallen aanwezig en zijn er ook veel bedrijfsactiviteiten die de metingen zouden verstoren. De meetpunten zijn daarom uitgezet op het perceel Haspelweg 31. Hier is een meetlijn uitgezet met drie meetpunten op 35 meter, 55 meter en 75 meter van het spoor, zie figuur 2. Deze meetlijn ligt ter hoogte van een wissel in het spoor. Eventuele trillingsverhoging door de wissel is daarmee meegenomen in de metingen.



figuur 2: meetposities

4.3 Meetapparatuur

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de gebruikte meetsystemen. De meetpunten Mp1 t/m Mp3 hebben gedurende een week trillingen gemeten. Op Mp1 is over enkele uren een meetsysteem met hoge meetresolutie ingezet om de spectrale verdeling van treinpassages nauwkeurig te bepalen. Dit meetsysteem is als Mp1* opgenomen in de tabel.

tabel 2: meetlocaties en systemen

Meetpunt	Locatie	Meetsysteem	Serienummer
Mp1	Bodem 35 m afstand	Profound Vibra SBR	VIB 00488
Mp2	Bodem 55 m afstand	Profound Vibra SBR	VIB 01044
Mp3	Bodem 75 m afstand	Profound Vibra SBR	VIB 01188
Mp1*	Bodem 35 m afstand (tijdelijk)	Menhir (AH0153)	191801113

Trillingsmeetapparatuur wordt volgens de kwaliteitseisen minimaal tweejaarlijks gekalibreerd. Alle ingezette meetapparatuur beschikte op het moment van inzet over een geldige kalibratie.

De ingezette meetapparatuur voldoet qua meetnauwkeurigheid aan de hieraan gestelde eisen in de SBR-richtlijn, zijnde een meetnauwkeurigheid van ten hoogste 10%.

4.4 Verwerking meetresultaten

Om alleen treinpassages vrij van verstoring in beeld te brengen, zijn treinpassages en mogelijke verstoringen in de trillingsregistraties geïdentificeerd op basis van onderling vergelijk van de meetsystemen. Waar nodig zijn de passages geverifieerd op basis van de camerabeelden (spoor-gerichte 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 gemeten in 30 seconden intervallen overeenkomstig de SBR-B. Dit is voor identificatie van treinpassages en een check op verstoringen te grof. Dit is daarom gedaan aan de hand van het trillingssignaal V_{top} dat per 3 seconden is vastgelegd en dus een 10x hogere resolutie heeft. Van geïdentificeerde treinpassages, die vrij zijn van verstoring, is vervolgens de bijbehorende effectieve trillingssterkte $V_{eff,max}$ geselecteerd voor verdere analyse en prognose. De hoogste $V_{eff,max}$ is de maatgevende V_{max} volgens de SBR-B richtlijn.

5. Resultaten

5.1 Trillingsmetingen

Bijlage 1 geeft een overzicht van de trillingsregistraties en eventuele verstoringen gedurende een week meten. Afgebeeld is de trillingssterkte V_{top} die, zoals in paragraaf 0 is omschreven, wordt gebruikt voor identificatie van treinp passages. Na identificatie zijn van de top-15 treinp passages de bijbehorende effectieve trillingssterkten $V_{\text{eff,max}}$ geselecteerd en statistisch verwerkt volgens de in de SBR-B aangegeven methodiek. In tabel 3 staan de top-15 (effectieve) trillingssterkten $V_{\text{eff,max}}$ vermeld voor de meetpunten Mp1 t/m Mp3. De passages zijn per meetpunt en per meetrichting gerangschikt op aflopende trillingssterkte.

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

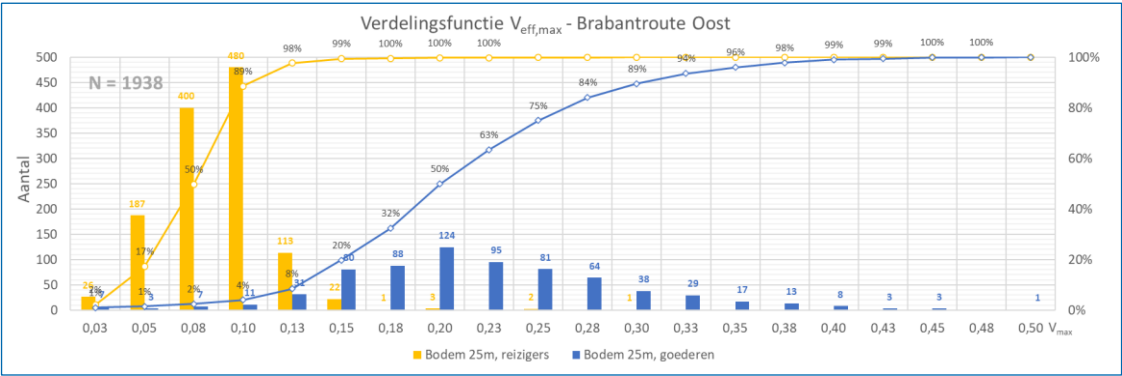
Top-15	Mp1 (35 m)			Mp2 (55 m)			Mp3 (75 m)		
	X*	Y*	Z*	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0,47	0,34	0,39	0,46	0,4	0,35	0,43	0,24	0,22
2	0,46	0,34	0,38	0,46	0,4	0,33	0,42	0,22	0,21
3	0,46	0,33	0,38	0,46	0,36	0,33	0,41	0,2	0,21
4	0,46	0,31	0,35	0,46	0,36	0,33	0,39	0,2	0,2
5	0,44	0,31	0,35	0,43	0,34	0,32	0,37	0,19	0,2
6	0,43	0,3	0,35	0,43	0,32	0,32	0,37	0,17	0,2
7	0,43	0,3	0,35	0,42	0,32	0,32	0,36	0,17	0,19
8	0,41	0,3	0,34	0,41	0,31	0,3	0,35	0,17	0,19
9	0,41	0,29	0,34	0,41	0,31	0,3	0,35	0,17	0,19
10	0,41	0,29	0,34	0,4	0,31	0,3	0,35	0,17	0,19
11	0,4	0,29	0,34	0,37	0,3	0,29	0,35	0,17	0,19
12	0,4	0,29	0,34	0,37	0,3	0,28	0,33	0,17	0,19
13	0,4	0,29	0,33	0,37	0,3	0,28	0,32	0,17	0,18
14	0,4	0,28	0,33	0,37	0,29	0,27	0,32	0,16	0,18
15	0,4	0,28	0,33	0,36	0,28	0,27	0,31	0,16	0,17
Aantal passages (n)	15								
Gemiddelde (μ)	0,43	0,30	0,35	0,41	0,33	0,31	0,36	0,18	0,19
Standaarddeviatie (σ)	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,04	0,02	0,01
$V_{\text{eff,max,stat}}$	0,47	0,34	0,38	0,48	0,40	0,35	0,43	0,23	0,22

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

Beschouwing

Op een afstand van 35 meter van het spoor liggen de gemeten trillingssterkten van de top-15 in verticale richting een factor 3 tot 4 boven de voelbaarheidsgrens van de mens (0,1). In de horizontale richting haaks op het spoor zijn de trillingssterkten het hoogst en liggen deze zelfs een factor 4 tot 5 boven de voelbaarheidsgrens. Op 55 meter en 75 meter afstand is er maar een bescheiden afname van trillingssterkten te zien. Van 35 naar 75 meter nemen de niveaus verticaal af met zo'n 40% maar horizontaal maar met 15%. Deze beperkte afname heeft het karakter van een lijnbron waarvoor geldt dat de geometrische afname van oppervlaktegolven nihil is en er alleen afname is door bodemdemping. De dempingswaarde van het zandpakket is gezien de geringe afname eveneens laag.

Alle treinp passages in de top-15 zijn afkomstig van goederentreinen. De trillingssterkten van reizigerstreinen liggen minstens een factor 2,5 lager. Figuur 3 toont een verdelingsfunctie qua trillingsopwekking uit een eerdere meetsessie in de gemeente Deurne, met onderscheid naar reizigers- en goederentreinen. Hieruit blijkt de dominantie van goederentreinen. Reizigerstreinen zijn voor de eventuele hinderbeleving niet relevant.



figuur 3: verdelingsfunctie trillingssterkte $V_{eff,max}$ per passage, bodem op 25 meter afstand

6. Prognose

6.1 Methode

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

Voor de trillingsversterking die kan optreden in vloeren wordt gerekend met overdrachtscurven waarbij de maximale trillingsversterking optreedt rond de laagste buig-eigenfrequentie van de vloer. De vloerversterking ligt doorgaans in de orde van een factor 1 tot 3 (tot 10 dB), afhankelijk van het gekozen vloertype en het al of niet samenvallen vloereigenfrequenties met dominante frequenties in het treinspectrum. Het is dus van belang om daarmee rekening te houden bij de vloerkeuze. Bij een betonvloer met een laagste buig-eigenfrequentie van 15 Hz of hoger is de versterking meestal lager dan een factor 2. In de prognose wordt rekening gehouden met een vloer met deze stijfheidseigenschappen.

Op verdiepingen kan de horizontale richting dominant zijn als een woningcasco in resonantie raakt op het funderingssysteem en een kantelbeweging ondergaat. Dit kan optreden bij (langere) goederentreinen en speelt zich af bij lage frequenties (≤ 10 Hz), maar laat zich op voorhand vaak moeilijk voorspellen. Bij kortere en sneller rijdende reizigerstreinen is dit risico veel minder aanwezig. In de prognose wordt rekening gehouden met versterking naar hogere verdiepingen bij deze lage frequenties.

De prognose van de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ geldt voor de dominante goederentreinen. Reizigerstreinen wekken aanmerkelijk minder trillingen op en zijn qua toetsing van de $V_{\max}$ niet maatgevend. Reizigerstreinen met een trillingsopwekking boven de voelbaarheidsgrens (0,1) tellen wel mee in de V_{per} -bepaling. Hiervoor is gebruikgemaakt van de in figuur 3 weergegeven verdelingsfunctie. Deze verdelingsfunctie is specifiek voor deze spoorlijn.

6.2 Prognoseresultaten

Bijlage 2 toont de prognoseberekningen voor de eerstelijns bebouwing, de 3-laags appartementen op ongeveer 35 meter afstand, en de tweedelijns bebouwing bestaande uit grondgebonden woningen op ongeveer 65 meter afstand. De prognose is opgesteld voor de maatgevende goederentreinen. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de geprognosticeerde trillingssterkten.

tabel 4: trillingsprognose ($V_{\max}/V_{\text{per}}$) nieuwbouw - goederentreinen

Gebouwtype	Bouwlagen	Richting	Trillingssterkte $V_{\max}$ (V_{per})		
			35 m (1 ^e lijn)	65 m (2 ^e lijn)	100 m (3 ^e lijn)
Appartementen	3-4	Horizontaal	0,15-0,19 (0,01)	0,13-0,17 (0,01)	0,12-0,14 (0,01)
		Verticaal	0,30 (0,03)	0,21 (0,02)	0,15 (0,01)
Grondgebonden woningen	2-3	Horizontaal	0,19 - 0,23 (0,02)	0,17-0,19 (0,01)	0,14-0,17 (0,01)
		Verticaal	0,45 (0,04)	0,32 (0,03)	0,24 (0,02)
		Verticaal	0,54 (0,05)	0,38 (0,04)	0,27 (0,02)

Beschouwing

Uit tabel 4 blijkt dat er in de appartementen op een afstand van 35 meter tot het spoor trillingssterkten kunnen optreden tot ongeveer 0,3 ($V_{\max}$). In de grondgebonden woningen die op een afstand van ongeveer 65 m staan (tweedelijns bebouwing) zijn trillingssterkten tot ongeveer 0,32 te verwachten, mits deze worden gefundeerd op palen. Het afstandseffect (daling) wordt hier teniet gedaan door de lichtere bouwwijze t.o.v. de appartementen.

Pas op een afstand van meer dan 100 meter (derdelijns bebouwing) wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B, want de berekende $V_{\max}$ van 0,24 is voor de toetsing af te ronden op één decimaal, net als de opgegeven streefwaarde uit de SBR-B. De trillingssterkte V_{per} voldoet in alle gevallen (alle afstanden) aan de streefwaarde A3 van 0,05 uit de SBR-B.

Het aantal goederentreinen dat de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ opwekt is zeer beperkt. Ongeveer 5% van de goederentreinen wekt trillingen op hoger dan 80% $V_{\max}$. Daaruit valt op te maken dat voor de tweedelijns bebouwing op 65 meter, met grondgebonden woningen, maar 5% van de goederentreinen de streefwaarde uit de SBR-B (woonfunctie/nachtperiode) overschrijdt. Bij gemiddeld 60 goederentreinen per etmaal (jaaropgave ProRail) komt dit neer op drie treinen, waarvan er gemiddeld maar één in de maatgevende nachtperiode rijdt.

In de prognoses is uitgegaan van traditionele woningbouw met een betonnen draagconstructie, relatief stijve vloeren en voor wat betreft een paalfundering palen met lengte van tenminste 8 meter. Voor zeer korte funderingspalen zullen de resultaten niet verschillen van een fundering op staal. Voor de vloeren is uitgegaan van vloeren met een laagste buig-eigenfrequentie van 15 Hz. Vloeren met een buig-eigenfrequentie in het frequentiegebied van 8 tot 12,5 Hz zullen meer gevoelig zijn voor de trillingsopwekking van treinen. Deze frequenties komen overeen met de omloopp frequenties van een treinwielen en daarmee voor de onderhoudstoestand van deze wielen (vierkante wielen). Het advies is dus om dit frequentiegebied te mijden.

7. Conclusies en aanbevelingen

Uit de gedane trillingsmetingen en daarop gebaseerde prognose blijkt dat er in de appartementen op ongeveer 35 meter afstand van het spoor (eerstelijns bebouwing) niet wordt voldaan aan de streefwaarde A2 van 0,2 uit de SBR-B, geldend voor nieuwbouw met een woonfunctie in de nachtperiode. Ook in de grondgebonden woningen op ongeveer 65 meter wordt niet voldaan aan deze streefwaarde. Pas op een afstand van meer dan 100 meter wordt voldaan aan de SBR-B.

De trillingsspectra tonen dat de 31,5 Hz frequentieband dominant is in het trillingsbeeld, maar dat er ook bij 12,5 tot 16 Hz en bij 4 Hz substantiële trillingen worden opgewekt. Dit maakt het lastig om een effectieve maatregel te bepalen ter vermindering van het trillingsniveau. Er is in de prognose al rekening gehouden met relatief stijve vloeren om vloertrillingen te beperken. Mogelijk dat op dit vlak nog een kleine winst mogelijk is, maar voor een structurele oplossing van het probleem moet gekeken worden naar trillingsisolatie tussen fundering en bovenbouw. Dit geldt dan voor zowel de appartementen in de eerste bebouwingslijn als ook de grondgebonden woningen in de tweede lijn.

Om bij 12,5 tot 16 Hz voldoende winst (factor 2) te behalen is trillingsisolatie nodig met een afveerfrequentie lager dan 7 Hz. Omdat er rond 4 Hz ook nog een aanmerkelijke trillingsbijdrage van zware goederentreinen is, is het frequentiegebied van 3 tot 6 Hz echter te mijden. Praktisch gezien betekent dit dat er zeer slappe trillingsisolatie in de vorm van stalen schroefveren moet worden toegepast. De afveerfrequentie van deze veren zal dan liggen rond 2,5 Hz.

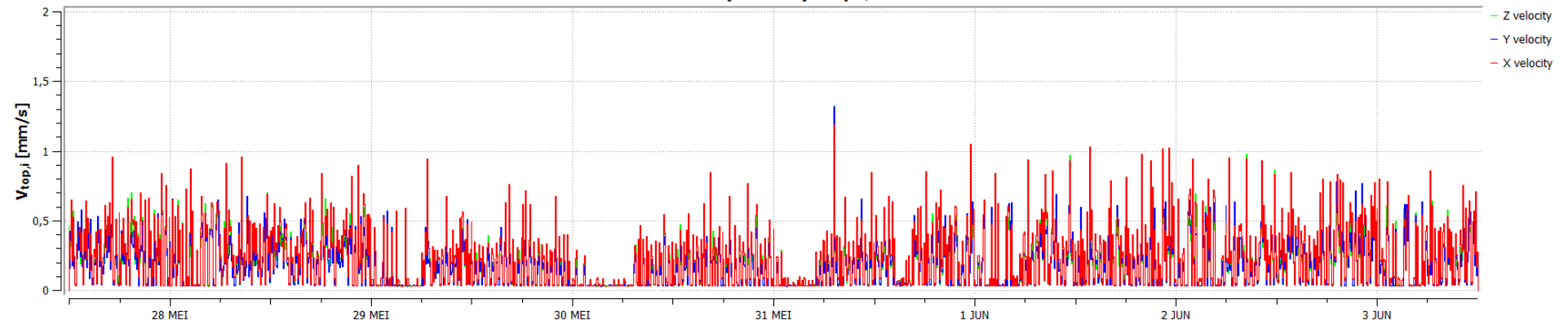
Als aangegeven leidt ongeveer 5% van de goederentreinen tot (een lichte) overschrijding van de streefwaarde (A2/nacht). Dit komt neer op ongeveer drie goederentreinen per etmaal, waarvan er gemiddeld maar één in de nachtperiode rijdt. Overdag is de streefwaarde hoger en treedt géén overschrijding op. Aangezien de gemiddelde trillingssterkte V_{per} , een andere belangrijke maatstaf voor de trillingsbelasting, met een waarde van 0,03 nog ruim voldoet aan de streefwaarde (van 0,05) uit de SBR-B is het de vraag in hoeverre een ingrijpende maatregel als het treffen van trillingsisolatie hier doelmatig is. Dit is dan af te zetten tegen de verbetering van het wooncomfort.

ing. J.D. (Jasper) Pondman
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

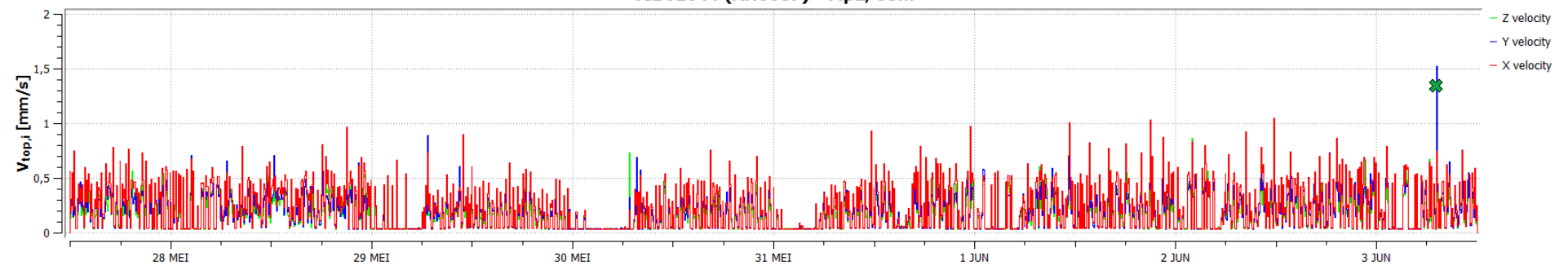
Bijlage 1

Titel	Trillingsregistraties
-------	-----------------------

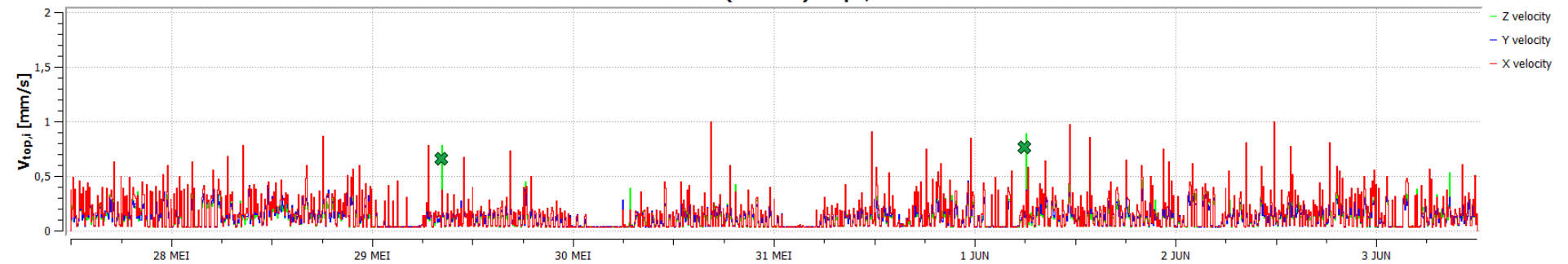
VIB00488 (AH0073) - Mp1, 35m



VIB01044 (AH0087) - Mp2, 55m



VIB01188 (AH0102) - Mp3, 75m



Bijlage 2

Titel	Trillingsprognose
Toelichting	Appartementen op 35 meter en grondgebonden woningen op 65 meter

Trillingsprognose railverkeer

project **Boerenbondlocatie, Deurne** bronspectrum **Goederentrein 1/6 13:49**
 gebouwtype **Appartement.cplx, 3 lagen** vormfactor C_F **0.4** (verhouding v_{rms}/v_{top})
 gebouwafstand (tot spoor) **35 m** referentieafstand **35 m**

passages per uur 2 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
 peiljaar **2021**
 rijsnelheid **90** km/u
 referentie snelheid **90** km/u

X**Bodentrillingen**

1/3-octaaft	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)	75	74	74	75	77	87	79	80	87	92	97	102	102	99	98	103	106	96	88	88	84	77			111
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	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
bronspectrum (rms, max)	78	77	77	78	80	90	82	83	90	95	100	105	105	102	101	106	109	99	91	91	87	80			114
snelheidscorrectie																									
L _v [dB]	78	77	77	78	80	90	82	83	90	95	100	105	105	102	101	106	109	99	91	91	87	80			114
v _{rms} [mm/s]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.05	0.10	0.18	0.18	0.13	0.12	0.19	0.27	0.09	0.04	0.04	0.02	0.01			0.48
																									1.20

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype: User defined 2										overdracht Deurne (H) Appart.cplx														
H _{v,1} [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.3	-3.3	-6.7	-10.0	-10.7	-12.0	-12.5	-12.4	-13.3	-13.9	-18.5	0.0			
L _v [dB]	78	77	77	78	80	90	82	83	90	95	98	102	98	92	91	94	96	87	78	78	69	80			106
v _{rms} [mm/s]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.08	0.04	0.03	0.05	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01			0.21
																									0.53

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

Begane grond	vloertype: user defined																								
H _{v,vloer}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	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]	78	77	77	78	80	90	82	83	90	95	98	102	98	92	91	94	96	87	78	78	69	80			106
v _{rms} [mm/s]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.08	0.04	0.03	0.05	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01			0.21
																									0.53

2e verdieping	vloertype: user defined																								
H _{v,3} [dB]	0.3	0.4	0.8	1.2	2.1	4.1	10.0	2.4	-0.2	-0.7	-1.1	-1.5	-2.0	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3			
H _{v,vloer} [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			
L _v [dB]	78	78	78	79	82	94	92	86	90	94	97	100	96	90	89	92	94	85	76	75	66	78			105
v _{rms} [mm/s]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.04	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.07	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01			0.18
																									0.46

3e verdieping	vloertype: user defined																								
H _{v,3} [dB]	0.4	0.7	1.1	1.9	3.2	6.2	15.0	3.6	-0.3	-1.0	-1.7	-2.3	-3.0	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4			
H _{v,vloer} [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			
L _v [dB]	78	78	78	80	83	96	97	87	90	94	97	99	95	89	87	90	93	83	75	74	65	77			105
v _{rms} [mm/s]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.07	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.06	0.03	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01			0.18
																									0.46

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

Begane grond	gebouwtype: User defined overdracht Deurne (H) Appart.c																								
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]	63	64	66	69	72	84	77	80	87	93	97	101	98	92	91	94	96	87	78	78	69	80			106
v _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.11	0.08	0.04	0.03	0.05	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01			0.19
																									0.014

2e verdieping																									
L _v [dB]	63	65	67	70	74	88	87	82	87	92	96	99	96	89	88	91	94	84	76	75	66	78			104
v _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.06	0.09	0.06	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01			0.16
																									0.009

3e verdieping																									
L _v [dB]	63	65	67	70	75	90	92	83	87	92	96	99	95	88	87	90	93	83	75	74	65	77			104
v _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.06	0.03	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01			0.15
																									0.007

Trillingsprognose railverkeer

project **Boerenbondlocatie, Deurne** bronspectrum **Goederentrein 1/6 13:49**
gebouwtype **Appartement.cplx, 3 lagen** vormfactor C_F **0.4** (verhouding v_{rms}/v_{toop})
gebouwafstand (tot spoor) **35 m** referentieafstand **35 m**

passages per uur **4** (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
peiljaar **2021**
rijnsnelheid **90** km/u
referentie snelheid **90** km/u

Z**Bodemtrillingen**

1/3-octaaf	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)	73	73	73	74	75	85	77	79	86	90	95	101	101	98	97	101	104	95	87	87	83	76			109
spreading	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	
bronspectrum (rms, max)	76	76	76	77	78	88	80	82	89	93	98	104	104	101	100	104	107	98	90	90	86	79	3	3	112
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie																									
L_v [dB]	76	76	76	77	78	88	80	82	89	93	98	104	104	101	100	104	107	98	90	90	86	79			112
V_{rms} [mm/s]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.05	0.08	0.15	0.15	0.11	0.10	0.17	0.23	0.08	0.03	0.03	0.02	0.01			0.41
																									1.02

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype: Utiliteit/Appartementen (3 tot 6 lagen)																							
$H_{v,1}$ [dB]	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.4	-6.8	-7.4	-8.2	-9.4	-11.2	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0	-14.0		
L_v [dB]	70	70	70	71	72	82	74	76	83	87	92	97	97	93	92	95	96	84	76	76	72	65		104
V_{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.07	0.05	0.04	0.06	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00		0.15
																								V_{top}
																								0.39

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

Begane grond	vloertype: vloertype 3 ($f_0 = 10-20$ Hz)																							
$H_{v,yloer}$	0.0	0.2	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	1.4		
L_v [dB]	70	70	70	71	73	83	75	77	84	90	97	104	104	100	98	101	101	89	80	79	74	66		110
V_{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.15	0.16	0.10	0.08	0.11	0.12	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00		0.32
																								V_{top}
																								0.79

2e verdieping	vloertype: vloertype 3 ($f_0 = 10-20$ 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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
$H_{v,yloer}$ [dB]	0.0	0.2	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	1.4		
L_v [dB]	70	70	70	71	73	83	75	77	84	90	97	104	104	100	98	101	101	89	80	79	74	66		110
V_{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.15	0.16	0.10	0.08	0.11	0.12	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00		0.32
																								V_{top}
																								0.79

3e verdieping	vloertype: vloertype 3 ($f_0 = 10-20$ 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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
$H_{v,yloer}$ [dB]	0.0	0.2	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	1.4		
L_v [dB]	70	70	70	71	73	83	75	77	84	90	97	104	104	100	98	101	101	89	80	79	74	66		110
V_{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.15	0.16	0.10	0.08	0.11	0.12	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00		0.32
																								V_{top}
																								0.79

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

Begane grond	gebouwtype: Utiliteit/Appartementen (3 tot 6 lagen)																							
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]	55	57	59	61	65	77	70	74	82	88	95	103	104	100	98	101	101	88	80	79	74	66		110
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.14	0.16	0.10	0.08	0.11	0.12	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00		0.30
																								V_{per}^*
																								0.027

2e verdieping																								
L_v [dB]	55	57	59	61	65	77	70	74	82	88	95	103	104	100	98	101	101	88	80	79	74	66		110
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.14	0.16	0.10	0.08	0.11	0.12	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00		0.30
																								V_{per}^*
																								0.027

3e verdieping																								
L_v [dB]	55	57	59	61	65	77	70	74	82	88	95	103	104	100	98	101	101	88	80	79	74	66		110
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.14	0.16	0.10	0.08	0.11	0.12	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00		0.30
																								V_{per}^*
																								0.027

Appartementencomplex, 3-6 lagen

Trillingsprognose railverkeer

project **Boerenbondlocatie, Deurne** bronspectrum **Goederentrein 1/6 13:49**
 gebouwtype **Woningen, 3 bouwlagen** vormfactor C_F **0.4** (verhouding v_{rms}/v_{toe})
 gebouwafstand (tot spoor) **65 m** referentieafstand **35 m**

passages per uur 2 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
 peiljaar **2021**
 rijsnelheid **90** km/u
 referentie snelheid **90** km/u

X**Bodemtrillingen**

1/3-octaaaf	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)	75	74	74	75	77	87	79	80	87	92	97	102	102	99	98	103	106	96	88	88	84	77				111
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	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0				
bronspectrum (rms, max)	78	77	77	78	80	90	82	83	90	95	100	105	105	102	101	106	109	99	91	91	87	80				114
snelheidscorrectie																										
afstandscorrectie	-5.6	-5.6	-5.5	-5.2	-4.5	-3.5	-2.2	-1.2	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.1	-1.3	-1.6	-2.0	-2.5	-3.0	-3.8	-4.7	-5.8	-7.2				
L _v [dB]	72	72	72	73	75	86	80	82	89	94	99	104	104	101	100	104	106	96	88	87	81	73				112
v _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.05	0.09	0.16	0.16	0.11	0.10	0.15	0.20	0.06	0.02	0.02	0.01	0.00				0.39
																										0.98

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 1 overdracht Deurne (H) Woningen																								
$H_{v,1}$ [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-2.5	-5.0	-7.5	-8.0	-9.0	-9.4	-9.3	-10.0	-10.4	-13.9	0.0				
L_v [dB]	72	72	72	73	75	86	80	82	89	94	98	102	99	93	92	95	97	87	78	76	67	73				107
V_{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.09	0.05	0.04	0.05	0.07	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00				0.21
																										0.53

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

BEG. G / Verstoring van apparatuur (Vrms)																							
Begane grond	vloertype: user defined																						
H _{v,yloer}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	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]	72	72	72	73	75	86	80	82	89	94	98	102	99	93	92	95	97	87	78	76	67	73	107
V _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.09	0.05	0.04	0.05	0.07	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.21
																					V _{ton}	0.53	

1e verdieping	vloertype:										user defined																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
H _{v,3} [dB]	0.2	0.3	0.5	0.8	1.4	2.7	6.7	1.6	-0.1	-0.3	-0.5	-0.7	-0.9	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-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	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

2e verdieping	vloertype:										user defined													
H _{v,3} [dB]	0.4	0.6	1.0	1.7	2.8	5.5	13.3	3.2	-0.2	-0.6	-1.0	-1.4	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0		
H _{v,vloer} [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		
L _v [dB]	72	72	73	74	78	92	93	85	89	93	97	100	97	91	90	93	95	85	76	74	65	71		105
v _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.04	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.07	0.04	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00		0.19
																							V ₁₀₀	0.47

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

Begane grond		gebouwtype:		User defined erdracht Deurne (H) Woning																					
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]		57	59	60	63	67	80	75	79	87	92	97	101	99	93	92	95	97	87	78	76	67	73		106
V _{eff,max} [mm/s]		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.11	0.08	0.04	0.04	0.05	0.07	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00		0.19
																									V _{ps} * 0.014

1e verdieping																									
L _v [dB]	57	59	61	64	69	83	81	80	87	92	96	100	98	92	91	94	96	86	77	75	66	72			105
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.10	0.08	0.04	0.03	0.05	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00			0.18
																									0.011

2e verdieping																														
L _v [dB]	57	59	61	65	70	86	88	82	87	92	96	99	97	91	90	93	95	85	76	74	65	71			104					
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.06	0.09	0.07	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00			0.17					
																								V _{pe} [*]	0.009					

Trillingsprognose railverkeer

project **Boerenbondlocatie, Deurne** bronspectrum **Goederentrein 1/6 13:49**
gebouwtype **Woningen, 3 bouwlagen** vormfactor C_F **0.4** (verhouding v_{rms}/v_{toot})
gebouwafstand (tot spoor) **65 m** referentieafstand **35 m**

passages per uur 4 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
peiljaar **2021**
rijnsnelheid **90** km/u
referentie snelheid **90** 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)	73	73	73	74	75	85	77	79	86	90	95	101	101	98	97	101	104	95	87	87	83	76			109
spreading	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	
bronspectrum (rms, max)	76	76	76	77	78	88	80	82	89	93	98	104	104	101	100	104	107	98	90	90	86	79	3	3	112
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie	-5.6	-5.6	-5.5	-5.2	-4.6	-3.7	-2.6	-1.7	-1.3	-1.4	-1.7	-2.0	-2.5	-3.0	-3.7	-4.5	-5.6	-6.9	-8.6	-10.8	-10.8	-10.8			
L_v [dB]	71	70	70	71	74	85	78	80	87	92	97	102	101	98	96	100	102	91	81	79	75	68			109
V_{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.12	0.12	0.08	0.07	0.10	0.12	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00			0.27
																									0.67

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype: Laagbouw op palen (samenwerking)																								
H _{v,i} [dB]	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-2.4	-3.1	-3.9	-5.0	-6.6	-8.9	-12.4	-12.4	-12.4	-12.4	-12.4			
L _v [dB]	69	68	68	69	72	83	76	78	85	90	95	99	98	94	91	93	93	78	69	67	62	56		104	
v _{rms} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.08	0.05	0.04	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		0.17	
																							V _{top}	0.41	

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

Begane grond	vloertype: vloertype 3 (f0 = 10-20 Hz)																							
Hv,yloer	0.0	0.2	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	1.4		
Lv [dB]	69	69	69	70	72	83	77	80	87	92	99	106	106	101	98	99	98	83	73	70	65	57	111	
vms [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.09	0.19	0.19	0.11	0.08	0.09	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	
																							Vtop	0.85

1e verdieping	vloertype: vloertype 3 (f0 = 10-20 Hz)																								
Hv,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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hv,yloer [dB]	0.0	0.2	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	1.4			
Lv [dB]	69	69	69	70	72	83	77	80	87	92	99	106	106	101	98	99	98	83	73	70	65	57			111
Vrms [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.09	0.19	0.19	0.11	0.08	0.09	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00			0.34
																								Vtop	0.85

2e verdieping	vloertype: vloertype 3 (f0 = 10-20 Hz)																							
Hv,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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hv,yloer [dB]	0.0	0.2	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	1.4		
Lv [dB]	69	69	69	70	72	83	77	80	87	92	99	106	106	101	98	99	98	83	73	70	65	57		111
Vrms [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.09	0.19	0.19	0.11	0.08	0.09	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		0.34
																							Vtop	0.85

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

Begane grond	gebouwtype: Laagbouw op palen (samenwerking)																							
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]	54	55	57	60	64	77	72	76	85	91	98	105	105	100	98	99	98	83	73	70	65	57		110
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.08	0.17	0.18	0.11	0.08	0.09	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		0.32
																							V _{per} [*]	0.030

1e verdieping																									
L _v [dB]	54	55	57	60	64	77	72	76	85	91	98	105	105	100	98	99	98	83	73	70	65	57		110	
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.08	0.17	0.18	0.11	0.08	0.09	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		0.32	
																				V _{per} [*]				0.030	

2e verdieping																											
L _v [dB]	54	55	57	60	64	77	72	76	85	91	98	105	105	100	98	99	98	83	73	70	65	57		110			
V _{eff,max} [mm/s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.08	0.17	0.18	0.11	0.08	0.09	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		0.32			
																				V _{per} [*]				0.030			

Grondgebonden woningen, gefundeerd op palen