Nijmegen - Bouwplan Hoge Bongerd

datum	3 december 2024	*project*	Nijmegen - Hoge Bongerd
vestiging	Arnhem	*betreft*	Onderzoek spoortrillingen
uw kenmerk	--	*versie*	001
ons kenmerk	M.2024.1427.00.N001	*auteur*	
2e lezer/secr.	JBY|BDI	*contactpersoon*	
		e-mail/telefoon	

Trillingen spoor

1. Inleiding

De gemeente Nijmegen ontwikkelt woningbouw in Nijmegen-Noord, het stadsdeel ten noorden van de Waal. Dit stadsdeel rondom de dorpen Lent en Oosterhout wordt doorsneden door de spoorlijn Arnhem – Nijmegen, een belangrijke railverbinding met intensief reizigersvervoer en ook goederenvervoer. Spoorverkeer brengt een risico op trillingshinder voor aanwonenden met zich mee en de gemeente Nijmegen wil dit uit oogpunt van goede ruimtelijke ordening laten onderzoeken. Het onderzoeken van mogelijke hinder door spoorverkeer is tegenwoordig ook gebruikelijk en sinds de door het ministerie van I&W uitgegeven “Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen” in 2019, meestal ook opgenomen in gemeentelijke bouwregels.

Op het spoor rond Nijmegen Centraal is een Tracébesluit (TB) van kracht, het in april 2022 definitief geworden Tracébesluit “PHS Nijmegen en westentree”. Dit programma omvat diverse spooraanpassingen op Nijmegen Centraal, met de bedoeling om de doorstroming van treinen te bevorderen. Onderdeel hierin is het verhogen van de rijsnelheden van treinen, met name op het spoor ten noorden van het station, zo ook op het spoordeel in Nijmegen-Noord. Het verhogen van de rijsnelheid heeft in de regel een negatief effect op de trillingsopwekking. De gevolgen hiervan zijn in mei 2022 door DGMR al in grote lijnen in beeld gebracht[1]. In deze notitie wordt, rekening houdend met de gevolgen van deze snelheidsverhoging, een trillingsprognose gegeven voor het bouwplan Hoge Bongerd.

Het nu voorliggende onderzoek maakt gebruik van eerder door DGMR verricht trillingsonderzoek[2], waarin onderzoek is gedaan op meerdere kavels in Nijmegen Noord, waaronder op de kavel van Hoge Bongerd. Deze metingen, uitgevoerd in het jaar 2017, geven nog steeds een goed beeld van de trillingsopwekking door reizigerstreinen en goederentreinen, omdat het zwaardere intercity- en goederenmaterieel niet wezenlijk anders is evenals de bodemsituatie en de ligging van het spoor op een verhoogd baanlichaam. Er zijn daarom geen hernieuwde metingen gedaan. Wel is hierop de uit het PHS Nijmegen voortvloeiende snelheidsverhoging in rekening te brengen. De invloed van deze snelheidsverhoging op de trillingsopwekking wordt in hoofdstuk 4 behandeld.

[1] *DGMR-rapport M.2021.1176.00.N001 - Trillingsgevolgen PHS Nijmegen (herziene trillingscontouren), 20 mei 2022*
[2] *DGMR-rapport M.2016.1475.00.R001 – Nijmegen Noord, Trillingsonderzoek Lent, 5 april 2017*

2. Situatie

Dit onderzoek gaat over het bouwplan Hoge Bongerd, het paars geaccentueerde gebied in figuur 1. Het plan zal bestaan uit ongeveer 250 eengezinswoningen danwel appartementen, waarbij de minimale afstand tot het spoor ongeveer 30 meter bedraagt.
In figuur 1 zijn ook de eerdere meetpunten uit het trillingsonderzoek uit 2017 aangegeven, op respectievelijk 35 meter en 100 meter afstand van het spoor. Deze meetpunten houden voldoende rekening met mogelijke variaties in trillingsopwekking langs het spoor en trillingsafname met toenemende afstand tot het spoor. Meestal wordt ook een afstand van 100 meter aangehouden voor het doen van trillingsonderzoek, tenzij er aanleiding[3] is om deze afstand ruimer te kiezen. Dat is voor dit plan niet het geval, wat ook blijkt uit de voor het Tracébesluit "PHS Nijmegen en Westentree" uitgevoerde trillingsonderzoeken[4] op het zuidelijk deel van de kavel (langs de Parmasingel).



figuur 1: ontwikkeling Hoge Bongerd, met meetpunten 2017

3. Toetsingskader

Het ministerie van I&W heeft 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. Deze zijn in de gemeentelijke planregels ook van toepassing verklaard op dit project.

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

	Dag en avond			Nacht		
Gebouwfunctie	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

AI = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte Vm»,; A2 = bovenste streefwaarde voor de triUingssterkte Vmox
A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode Vpe,, indien AI < V_{max} < A2

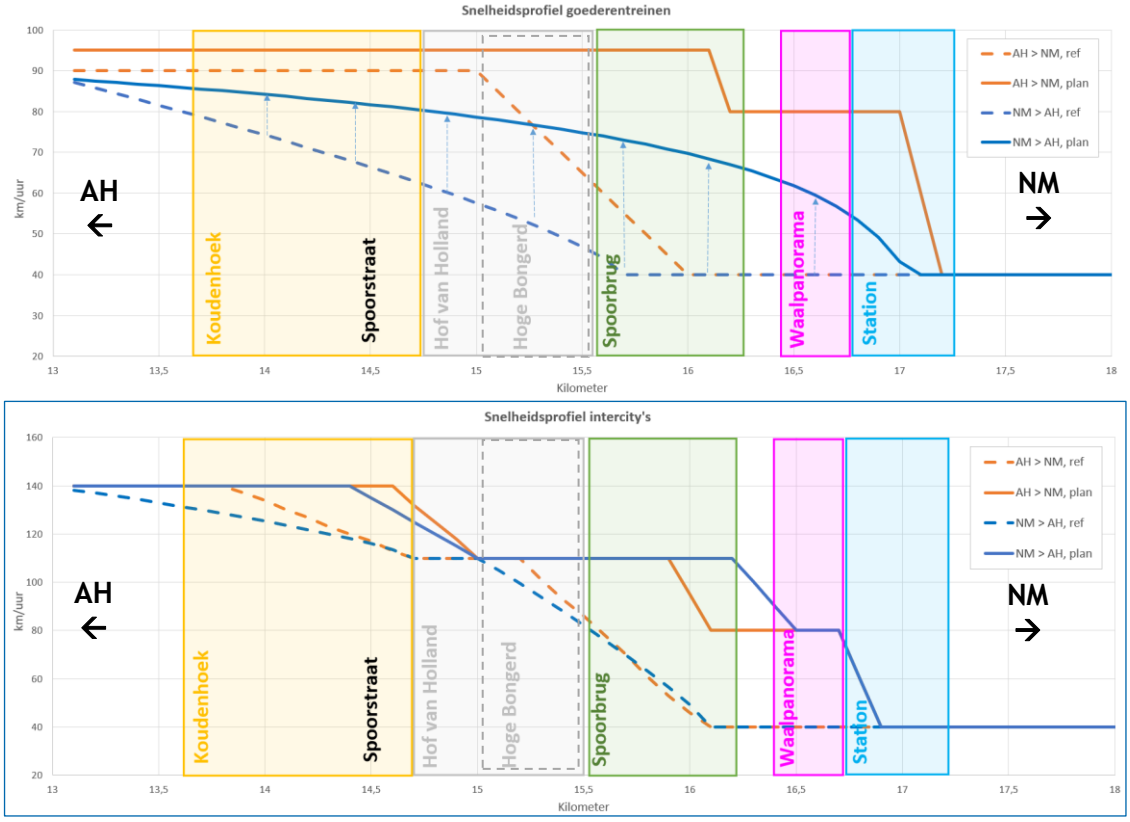
[3] *Eerdere trillingsproblemen in de nabijheid op grotere afstand vormen een aanleiding om het zoekgebied te vergroten.*
[4] *Trillingsrapport OTB, Arcadis NMPARC-02-05-RP-UV-0001 van 12 mei 2021*

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.

4. Gevolgen invoering PHS Nijmegen

4.1 Verhoging rijsnelheid

Ter bevordering van de doorstroming op station Nijmegen worden de rijsnelheden van treinen ten noorden van station Nijmegen verhoogd. In figuur 2 zijn de snelheidsprofielen van goederentreinen en intercity's in de plansituatie (na snelheidsverhoging) en in de referentiesituatie te zien.
De profielen van het op station Lent stoppende sprintermaterieel worden niet getoond. Van de reizigerstreinen zijn de intercity's qua trillingen maatgevend.



figuur 2: snelheidsprofiel goederentreinen en intercity's, km 13.1 – 17.3 (Bron: ProRail)

Uit figuur 2 zijn de volgende snelheidswijzigingen voor het project Hoge Bongerd af te leiden:

- Zuidwaartse goederentreinen (afremmend) 5 tot 30 km/u harder
- Noordwaartse goederentreinen (optrekkend) 20 tot 30 km/u harder
- Zuidwaartse intercity's (afremmend) 0 tot 20 km/u harder
- Noordwaartse intercity's (optrekkend) 0 tot 20 km/u harder

De snelheidswijziging is het grootst ter hoogte van de Oosterhoutsedijk, daar waar de spoordijk overgaat in de brug over de (Spiegel)Waal. Het snelheidsverschil bedraagt daar zo'n 30 km/u voor goederentreinen en 20 km/u voor reizigerstreinen.

k:\doc\m\2024\1427\m202414270 0n001.docx 03-12-2024

4.2 Invloed rijsnelheid

Het verband tussen rijsnelheid en trillingsopwekking is afhankelijk van vele factoren waaronder: de afstand tot het spoor, de bodemsamenstelling, het type materieel en het snelheidsbereik waarbinnen de verandering optreedt. In notitie M.2021.1176.00.N001 van 20 mei 2022 is ingegaan op deze snelheidsrelatie en zijn op basis van meerdere onderzoeken de volgende relaties afgeleid:

- Reizigerstreinen $V_{plan} = (S_{plan}/S_{ref})^{1,0} * V_{ref}$
- Goederentreinen $V_{plan} = (S_{plan}/S_{ref})^{0,8} * V_{ref}$

Hierin stellen V_{plan} en V_{ref} de effectieve trillingssterkten in de plan- en referentiesituatie voor en S_{plan} en S_{ref} de van toepassing zijnde rijsnelheden. De trillingstoename als functie van de rijsnelheid kent bij reizigerstreinen dus een iets steiler verloop als bij goederentreinen. Voor reizigerstreinen is de trillingstoename evenredig met de rijsnelheid. Deze relaties gelden voor een snelheidsbereik van globaal 60 tot 120 km/u. Daaronder en daarboven wijkt het verloop mogelijk af.

5. Prognose

De trillingsprognoses zijn gebaseerd op de in 2017 gedane metingen op de kavel, waarbij ook rekening is gehouden met gedane metingen[5] in het kader van het Tracébesluit in woningen aan de Parallelweg. Hieruit blijkt dat goederentreinen maatgevend zijn voor de prognoses. Ter hoogte van het plan Hoge Bongerd rijden de zuidwaartse goederentreinen ongeveer 95 km/u, 5 km/u meer dan ten tijde van de trillingsmetingen. De trillingsopwekking van deze goederentreinen neemt hierdoor maar met ongeveer 0,5 dB toe. De noordwaartse goederentreinen rijden 75 à 80 km/u, 20 tot 30 km/u meer dan voor de invoering van het PHS. Dit geeft een trillingstoename van 3 à 4 dB, maar daarmee blijven de zuidgaande goederentreinen nog steeds maatgevend.

In de prognoses wordt het gemiddelde trillingsspectrum van de zwaarste goederentreinen (top-5), gecorrigeerd voor toegenomen rijsnelheid, als uitgangspunt genomen.

In tabel 2 is voor afstanden van 30 meter (minimum bebouwingsafstand) tot 100 meter afstand van het spoor een prognose gegeven van de maximale trillingssterkte V_{max} en de gemiddelde trillingssterkte $V^{\wedge}$. De prognosebladen voor de kleinste afstand waarop voldaan wordt aan de SBR-B zijn ook opgenomen in bijlage 2. In de prognoses is uitgegaan van relatief stijve woningvloeren met een laagste buig-eigenfrequentie van 12 Hz. Vloeren met een lagere buig-eigenfrequentie zullen meer in trilling gebracht worden, waarbij trillingssterkten aanzienlijk kunnen toenemen. Zonder nader onderzoek naar de gevolgen is dit niet aan te bevelen.

tabel 2: trillingsprognose V_{max} en V_{Der} - Hoge Bongerd (eigenfrequenties vloeren ≥ 12 Hz)

Gebouwtype	Bouwlagen	Afstand spoor	$vm_{„}$	V_{per}
Grondgebonden woningen, paalfundering	2-3	30 m	0,43	0,02
		50 m	0,31	0,01
		70 m"	0,23	0,01
		85 m	0,19	0,00
		100 m	0,15	0,00
Appartementenbouw, paalfundering	3-5	30 m"	0,26	0,01
		50 m	0,19	0,00
		70 m	0,14	0,00
		85 m	0,11	0,00
		100 m	0,09	--

" prosnoseblad opgenomen in bijlade 2

[5] *Trillinssrapport OTB, Arcadis NMP-ARC-02-05-RP-UV-0001 van 12 mei 2021*

Uit tabel 2 blijkt dat voor grondgebonden woningen (beton) een minimale afstand tot het spoor van 70 meter is aan te houden om te voldoen aan de SBR-B. Voor appartementen (betonbouw, paalfundering) geldt dat op een afstand van 35 meter wordt voldaan.

Voor op staal gefundeerde woningen en houtbouwwoningen (tot drie lagen) wordt verwacht dat deze pas mogelijk zijn op ten minste 85 meter (afgerond) afstand van het spoor. Voor appartementenbouw in hout, maar met een paalfundering, bedraagt deze afstand 55 meter.

Voor op palen gefundeerde woningen in beton/steen (1-3 lagen) is in bijlage 1 ook een contourkaart opgenomen. Deze is overgenomen uit het in 2022 uitgevoerde onderzoek[6], waarin de gevolgen van het PHS Nijmegen (verhogen rijsnelheden) in beeld zijn gebracht.

6. Conclusies en aanbevelingen

Voor de bouwontwikkeling in het plan Hoge Bongerd is op basis van beschikbare trillingsonderzoeken (sinds 2017) in het gebied Nijmegen Noord en rekening houdend met de geplande snelheidsverhoging van treinen door het PHS Nijmegen een trillingsprognose opgesteld.
Uit deze prognoses blijken de volgende minimumafstanden voor bouwontwikkeling om te kunnen voldoen aan de trillingsrichtlijn SBR-B:

Betonbouw:
- Grondgebonden woningen (1-3 lagen) in beton, op palen 70 meter
- Appartementen (3-5 lagen) in beton, op palen 35 meter

Houtbouw:
- Grondgebonden woningen (1-3 lagen) in hout, op staal 85 meter
- Appartementen (3-5 lagen) in hout, op palen 55 meter

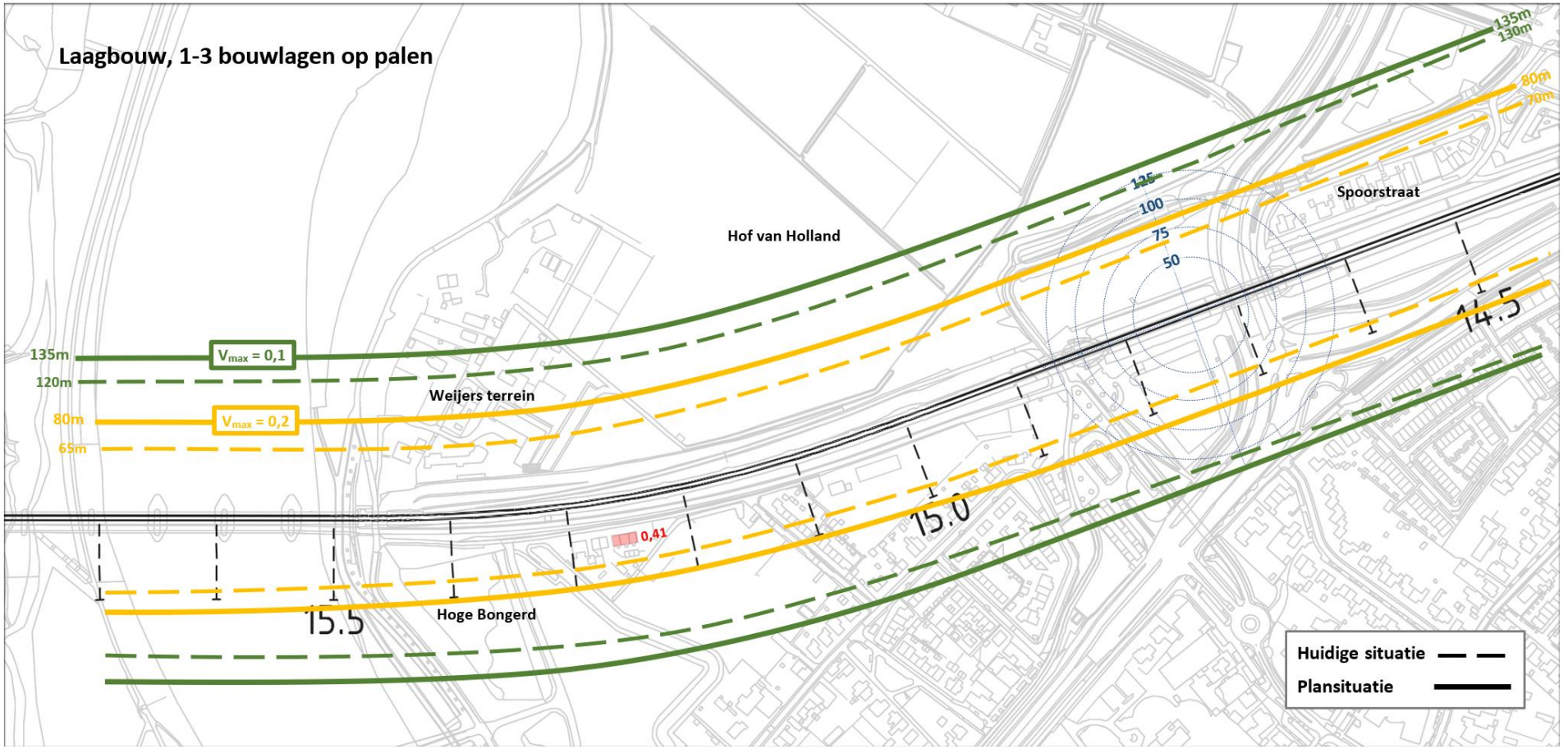
In de prognoses is uitgegaan van relatief stijve vloeren met een laagste buig-eigenfrequentie van 12 Hz. Als slappere vloeren worden toegepast kunnen trillingssterkten aanmerkelijk hoger uitvallen en zal moeten worden aangetoond dat dit toelaatbaar is. Vloeren met een laagste buigeigenfrequentie onder 10 Hz is binnen een afstand van 100 meter tot het spoor af te raden.

W.J. (Wim) Wigerink
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

[6] DGMR-notitie M.2021.1176.00.N001, d.d. 20 mei 2022

Bijlage 1

Titel	Trillingscontouren Hoge Bongerd
Omvang	1
Bron	DGMR-notitie M.2021.1176.00.N001, d.d. 20 mei 2022
Toelichting	voor (referentie) en na (plansituatie) invoering PHS Nijmegen



Trillingscontouren referentiesituatie en plansituatie (invoering PHS Nijmegen)

Bijlage 2

Titel	Trillingsprognoses
Omvang	1
Bron	Hoge Bongerd

Trillingsprognose railverkeer

project	Hoge Bongerd	bronspectrum	Mp8 - 28/2/2017 04:07, Goederentrein	passages per uur	0	(voelbaar V_{eff} > 0,1)
gebouwtype	Grondgebonden, 3 lagen	vormfactor C_F	0,4 (verhouding v_{rms}/v_{top})	peiljaar	2019	
gebouwafstand (tot spoor)	70 m	referentieafstand	35 m	rijsnelheid	95	km/u
				referentie snelheid	75	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)	54	67	75	68	81	82	83	88	105	94	95	92	79	78	75	79	69	63	58	55	53				106
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				
bronspectrum (rms, max)	57	70	78	71	84	85	86	91	108	97	98	95	82	81	78	82	72	66	61	58	56				109
snelheidscorrectie	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6				
afstandscorrectie	-6,1	-6,0	-5,9	-5,7	-5,5	-5,1	-4,8	-4,6	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,7	-5,5	-6,6	-7,6				
L_v [dB]	53	66	74	67	80	81	83	88	105	94	95	92	79	78	76	80	69	63	57	53	50				106
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,18	0,05	0,06	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,21
																									0,52

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	Laagbouw op palen (samenwerking)																						
$H_{v,1}$ [dB]	-1,8	-1,8	-1,7	-1,5	-1,3	-0,9	-0,3	0,6	1,6	1,2	-2,2	-2,4	-3,1	-3,9	-5,0	-6,6	-8,9	-12,4	-12,4	-12,4	-12,4				
L_v [dB]	51	64	72	66	79	80	83	89	107	95	93	89	76	74	71	73	60	51	45	41	38				108
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,22	0,06	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,24
																				v_{top}					0,60

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

Begane grond	vloertype:	vloertype 3					(fo = 10-20 Hz)																	
$H_{v,vloer}$	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,7	2,7	4,6	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]	51	64	72	66	79	81	84	90	109	98	98	96	84	81	78	79	66	56	49	44	40				110
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,27	0,08	0,08	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,30
																				v_{top}					0,75

3e verdieping	vloertype:	vloertype 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	-0,2	-0,7	-1,1	-1,5	-2,0	-2,5	-2,9	-3,4	-3,8	-4,3				
$H_{v,vloer}$ [dB]	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,7	2,7	4,6	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]	51	64	72	66	79	81	84	90	109	98	98	96	84	80	76	77	63	53	46	40	36				110
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,27	0,08	0,08	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,30
																				v_{top}					0,75

5e verdieping	vloertype:	vloertype 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	-0,3	-1,1	-1,9	-2,6	-3,3	-4,1	-4,8	-5,6	-6,4	-7,1				
$H_{v,vloer}$ [dB]	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,7	2,7	4,6	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]	51	64	72	66	79	81	84	90	109	98	98	96	83	79	75	76	62	51	44	38	33				110
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,27	0,08	0,08	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,30
																				v_{top}					0,75

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]	36	51	61	56	71	75	79	86	106	96	97	96	84	81	77	79	66	56	49	44	40				107
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,20	0,06	0,07	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				**0,23**
																				V_{per}*					0,005

3e verdieping																								
L_v [dB]	36	51	61	56	71	75	79	86	106	96	97	95	83	80	76	77	63	53	46	40	36				107
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,20	0,06	0,07	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				**0,23**
																				V_{per}*					0,005

5e verdieping																								
L_v [dB]	36	51	61	56	71	75	79	86	106	96	97	95	83	79	75	76	62	51	43	38	33				107
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,20	0,06	0,07	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				**0,23**
																				V_{per}*					0,005

Grondgebonden woningen (1-3 lagen) in beton/steen, op palen

Trillingsprognose railverkeer

project	Hoge Bongerd	bronspectrum	Mp8 - 28/2/2017 04:07, Goederentrein	passages per uur	0	(voelbaar V_{eff} > 0,1)
gebouwtype	Appartementen, 3-5 lagen	vormfactor C_F	0,4 (verhouding v_{rms}/v_{top})	peiljaar	2019	
gebouwafstand (tot spoor)	30 m	referentieafstand	35 m	rijsnelheid	95	km/u
				referentie snelheid	75	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)	54	67	75	68	81	82	83	88	105	94	95	92	79	78	75	79	69	63	58	55	53				106
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				
bronspectrum (rms, max)	57	70	78	71	84	85	86	91	108	97	98	95	82	81	78	82	72	66	61	58	56				109
snelheidscorrectie	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6				
afstandscorrectie	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2				
L_v [dB]	60	73	81	74	86	87	89	94	111	99	101	97	85	83	81	85	74	69	64	61	59				112
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,03	0,05	0,34	0,09	0,11	0,07	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00				0,38
																									0,96

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	Appartementen (3 tot 5 lagen)																						
$H_{v,1}$ [dB]	-5,8	-5,7	-5,5	-5,2	-4,8	-4,0	-2,9	-1,7	-2,6	-7,2	-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]	54	67	76	69	82	83	86	92	108	92	95	91	78	75	73	75	63	55	50	47	45				109
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,25	0,04	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,27
																				v_{top}					0,67

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

Begane grond	vloertype:	vloertype 3					(fo = 10-20 Hz)																	
$H_{v,vloer}$	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,7	2,7	4,6	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]	54	67	76	69	82	84	87	93	110	95	99	98	86	83	80	82	69	60	54	50	48				111
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,05	0,31	0,05	0,09	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,34
																				v_{top}					0,85

3e verdieping	vloertype:	vloertype 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	-0,5	-1,2	-2,0	-2,7	-3,4	-4,1	-4,8	-5,5	-6,3	-7,0	-7,2				
$H_{v,vloer}$ [dB]	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,7	2,7	4,6	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]	54	67	76	69	82	84	87	93	110	95	99	96	84	80	76	78	64	54	48	43	40				111
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,05	0,31	0,05	0,09	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,34
																				v_{top}					0,84

5e verdieping	vloertype:	vloertype 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	-0,9	-2,0	-3,3	-4,5	-5,6	-6,8	-8,1	-9,2	-10,4	-11,7	-12,0				
$H_{v,vloer}$ [dB]	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,7	2,7	4,6	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3				
L_v [dB]	54	67	76	69	82	84	87	93	110	95	99	96	83	79	74	75	61	50	43	38	36				110
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,05	0,31	0,05	0,08	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,33
																				v_{top}					0,84

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

Begane grond	gebouwtype:	Appartementen (3 tot 5 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]	39	54	64	59	74	78	82	90	107	93	98	97	85	83	79	82	69	60	54	50	48				108
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,23	0,05	0,08	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				**0,26**
																				V_{per}*					0,007

3e verdieping																								
L_v [dB]	39	54	64	59	74	78	82	90	107	93	98	96	83	80	76	78	64	54	48	43	40				108
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,23	0,05	0,08	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				**0,26**
																				V_{per}*					0,006

5e verdieping																								
L_v [dB]	39	54	64	59	74	78	82	90	107	93	97	95	82	78	74	75	61	50	43	38	36				108
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,23	0,05	0,07	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				**0,25**
																				V_{per}*					0,006

Appartementengebouwen (3-5 lagen) in beton, op palen