

Runxputteweg, Limmen (perceel C-4264)

Onderzoek trillingshinder spoor

Status	definitief
Versie	001
Rapport	B.2023.0213.00.R001
Datum	19 april 2023



Colofon

Opdrachtgever	SAB Postbus 479 6800 AL ARNHEM
Contactpersoon opdrachtgever	De heer S. Nanning
Project Betreft Uw kenmerk	SAB - Runxputteweg, Limmen Trillingsonderzoek -
Rapport Datum Versie Status	B.2023.0213.00.R001 19 april 2023 001 definitief
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	ing. J.J. (Jesse) Bijl 088 346 76 39 jby@dgmr.nl
Projectadviseur	ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren 088 346 76 02 hr@dgmr.nl
2e lezer/secr.	JB Y MBR

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Situatie	5
2.1 Kavel	5
2.2 Spoor en treinmaterieel	5
3. Toetsingskader	6
4. Metingen	7
4.1 Meetomstandigheden	7
4.2 Meetpunten	7
4.3 Verwerking meetresultaten	7
5. Resultaten	8
6. Uitgangspunten prognose	9
6.1 Methode	9
6.2 Trilgedrag woningcasco	9
6.3 Trilgedrag vloeren	9
7. Prognose	10
8. Conclusies	11

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties
Bijlage 2	Trillingsprognoses

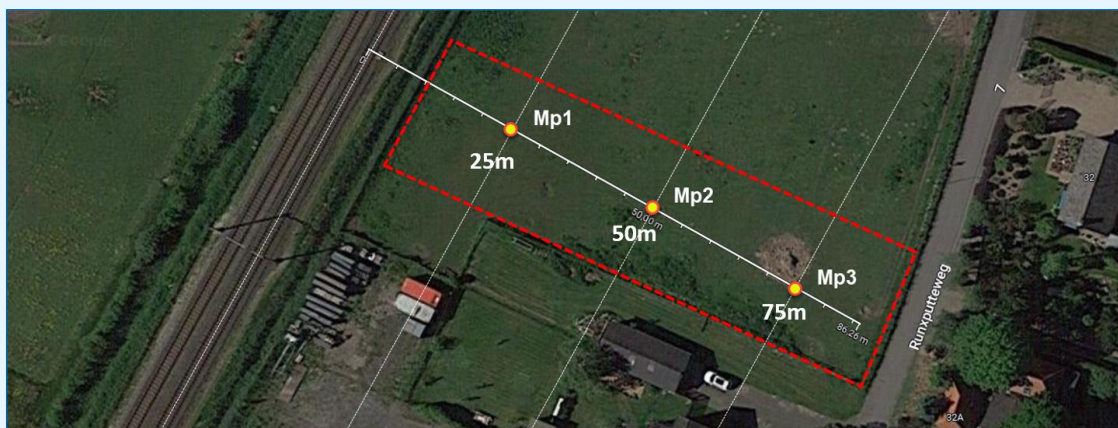
1. Inleiding

In opdracht van SAB heeft DGMR Bouw B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling van een woning op perceel C-4264 aan de Runxputteweg in Limmen. Het perceel grenst aan de spoorlijn Zaandam - Alkmaar. Hierdoor is er rekening te houden met trillingen van het spoor. Om de trillingsbelasting op het perceel in beeld te brengen is een trillingsonderzoek uitgevoerd, waarbij verkennende trillingsmetingen zijn uitgevoerd op het perceel. Hieruit is de trillingsbelasting op het perceel bepaald. Met deze gegevens en de kenmerken van de voorgenomen planinvulling (vrijstaande woning) is een trillingsprognose opgesteld. Deze is getoetst aan de hiervoor geldende streefwaarden uit de trillingsrichtlijn SBR-B. Als er aanvullende maatregelen nodig zijn om te voldoen aan de SBR-B dan zijn deze op hoofdlijnen aangegeven.

2. Situatie

2.1 Kavel

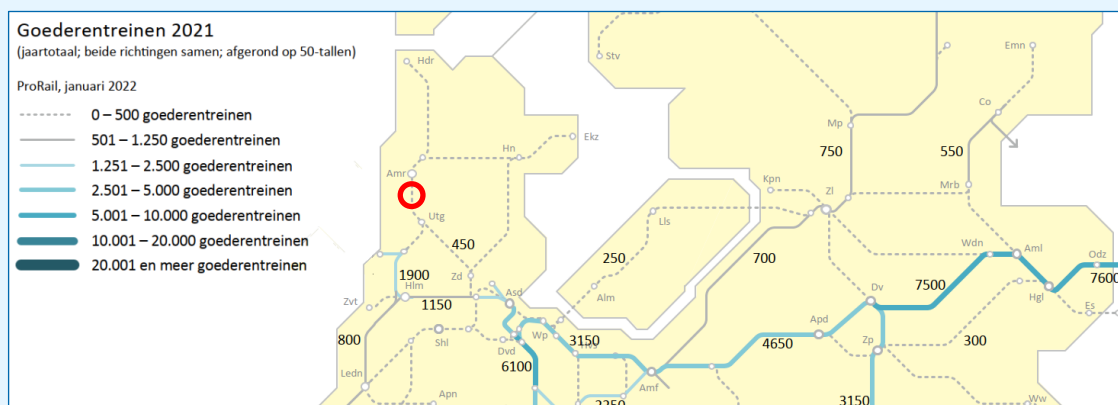
Het bouwplan bestaat uit het realiseren van een vrijstaande woning op perceel C-4264 in Limmen, zie figuur 1. Dit perceel ligt nabij de spoorlijn Zaandam - Alkmaar. De aan te houden afstand van de woning tot het spoor hangt mede af van in hoeverre spoortrillingen tot hinder kunnen leiden en de daartegen te treffen maatregelen.



figuur 1: perceel C-4264, Limmen (rood omlijnd) met daarop ingetekend het meetraster

2.2 Spoor en treinmaterieel

Op het traject Zaandam - Alkmaar rijden overwegend reizigerstreinen, zowel sprinters (type SLT) alsook intercity's (type VIRM). Goederentreinen komen op dit traject weinig voor en zijn gedurende de meetweek ook niet waargenomen. Volgens het jaarrapport spoorgoederenvervoer van ProRail, zie figuur 2, rijden er per jaar 0 tot 500 goederentreinen (beide richtingen samen). Dit is de laagste klasse die ProRail toekent aan lijnen van het hoofdnet en het kan zijn dat er maar een fractie van die 500 treinen rijdt. Per dag rijdt er dus hooguit één goederentrein per richting, inclusief werktreinen (spooronderhoud).



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

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.

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

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 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. 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 30 maart en 6 april 2023. In deze meetperiode was er sprake van een normale dienstregeling.

4.2 Meetpunten

Er zijn drie meetsystemen geplaatst op de kavel. Deze liggen op één lijn op 25 meter, 50 meter en 75 meter afstand van het hart van het oostelijke spoor. De meetpunten Mp1 t/m Mp3 zijn aangegeven in figuur 1. Alle sensoren zijn geplaatst met de X-richting haaks op het spoor en de Y-richting parallel aan het spoor. In tabel 2 is een overzicht gegeven van de gebruikte meetsystemen.

tabel 2: meetlocaties en systemen

Meetpunt	Afstand	Meetsysteem	Serienummer
Mp1	25 meter	Profound Vibra SBR	VIB00488
Mp2	50 meter	Profound Vibra SBR	VIB00588
Mp3	75 meter	Profound Vibra SBR	VIB01045

4.3 Verwerking meetresultaten

Om alleen de invloed van treinpassages, zonder verstoringen, 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). Verstoorte 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 $V_{eff,max}$ 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 en eventuele verstoringen gedurende een week meten. Afgebeeld is de trillingssterkte V_{top} die, zoals in paragraaf 4.3 is omschreven, wordt gebruikt voor de identificatie van treinpassages. De passages met de hoogste trillingsopwekking zijn weergegeven in tabel 3. Getoond worden de effectieve trillingssterkten ($V_{eff,max}$), gerangschikt op aflopende trillingssterkte in Z-richting (verticaal) van meetpunt Mp1.

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

Top-15			Mp1 (25 m)			Mp2 (50 m)			Mp3 (75 m)		
Nr.	Treintype	Tijdstip	X ^{1,2)}	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	Sprinter SLT (N)	31/3 - 00:54	0,27	0,17	0,11	0,17	0,14	0,10	0,09	0,10	0,09
2	Sprinter SLT (N)	2/4 - 00:53	0,26	0,18	0,11	0,21	0,12	0,10	0,10	0,10	0,09
3	Sprinter SLT (N)	1/4 - 14:23	0,24	0,17	0,11	0,17	0,12	0,10	0,10	0,10	0,08
4	Sprinter SLT (N)	4/4 - 13:21	0,24	0,16	0,12	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09	0,07
5	Sprinter SLT (N)	3/4 - 00:30	0,22	0,15	0,11	0,14	0,11	0,09	0,10	0,08	0,09
6	Sprinter SLT (N)	30/3 - 17:50	0,21	0,13	0,11	0,14	0,12	0,08	0,09	0,08	0,07
7	Sprinter SLT (N)	1/4 - 15:55	0,21	0,18	0,12	0,13	0,11	0,09	0,10	0,10	0,07
8	Sprinter SLT (N)	2/4 - 11:23	0,21	0,15	0,12	0,13	0,11	0,09	0,10	0,10	0,09
9	Sprinter SLT (N)	3/4 - 11:48	0,21	0,20	0,13	0,11	0,10	0,08	0,08	0,05	0,05
10	Sprinter SLT (N)	4/4 - 12:48	0,21	0,19	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,07	0,08
11	Locomotief (Z)	5/4 - 00:19	0,21	0,13	0,11	0,12	0,10	0,07	0,07	0,06	0,06
12	?	5/4 - 14:48	0,21	0,13	0,10	0,12	0,10	0,10	0,09	0,07	0,09
13	Sprinter SLT (N)	30/3 - 19:52	0,20	0,11	0,13	0,11	0,11	0,08	0,10	0,08	0,07
14	Sprinter SLT (N)	4/4 - 00:22	0,20	0,18	0,14	0,16	0,11	0,10	0,09	0,10	0,07
15	?	5/4 - 20:56	0,20	0,11	0,10	0,13	0,11	0,08	0,09	0,08	0,09
V_{max}			0,27	0,20	0,14	0,21	0,14	0,10	0,10	0,10	0,09

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

2) Gerangschikt op Mp1, X-richting

? Camera uitgevallen

Beschouwing

In tabel 3 is te zien dat de top-15 bijna helemaal bestaat uit sprinters (SLT) op het oostelijke spoor, dus rijdend in noordelijke richting. De zwaardere intercity's komen nauwelijks voor in de top-15. Het oostelijke spoor ligt het dichtst bij de meetpunten en dat heeft vooral invloed op het eerste meetpunt (25 meter afstand), maar belangrijker is dat zich in het oostelijke spoor een elektronische scheidingslas (ES-las) bevindt. Dat is een onderbreking in de spoorstaaf die tot meer trillingsopwekking leidt. Het passeren van deze ES-las is in het veld ook duidelijk hoorbaar. Dat de qua aslast lichtere sprinters (SLT) meer trillingen opwekken dan de zwaardere intercity's (VIRM) is opvallend.

De hoogste trillingen treden op in de X-richting (haaks op het spoor) en de effectieve trillingssterkte $V_{eff,max}$ is een factor 1,5 tot 2,5 hoger dan de trillingssterkte in verticale richting (Z). Met toenemende afstand tot het spoor nemen de horizontale trillingssterkten sneller af dan de verticale en op 75 meter afstand van het spoor is er nauwelijks verschil tussen de drie meetrichtingen. In alle drie de richtingen ligt het trilniveau daar op of net onder de voelbaarheidsgrens van 0,1.

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 de door TNO ontwikkelde overdrachtsfuncties, aangevuld met door DGMR verzamelde meetdata.

6.2 Trilgedrag woningcasco

Op verdiepingen kan de horizontale richting soms dominant zijn qua trillingen, als een woningcasco in resonantie raakt op het funderingssysteem en een kantelbeweging ondergaat. Dit treedt vaak op 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. Op deze lijn komen de hierboven bedoelde lange/zware goederentreinen niet voor en hoeft in de prognose geen rekening te worden gehouden met substantiële versterking in horizontale richtingen op hogere verdiepingen en bij deze zeer lage frequenties.

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 vaak in de orde van een factor 1 tot 3 (tot 10 dB) en is afhankelijk van het gekozen vloertype en het al dan niet samenvallen van vloereigenfrequenties met dominante frequenties in het treinspectrum. Voor bebouwing nabij het spoor is het van belang om de vloerkeuze daarop af te stemmen. Bij een betonvloer met een laagste buig-eigenfrequentie van 16 Hz is de versterking meestal ruim lager dan een factor 2. In de prognose wordt rekening gehouden met deze stijfheidseigenschappen.

7. Prognose

In bijlage 2 zijn de prognoseberekningen opgenomen voor een grondgebonden woning gefundeerd op staal en op funderingspalen. De prognoses zijn gegeven voor afstanden van 25, 50 en 75 meter afstand van het spoor en zijn opgesteld voor de qua trillingsopwekking maatgevende trein. Voor de V_{per} berekening (gemiddelde trillingssterkte) is de verdelingsfunctie van de V_{max} gebruikt, zoals gemeten op het eerste bodemmeetpunt. Hierdoor wordt qua trillingssterkte gerekend met een reële mix van treinen.

In tabel 4 worden de uit bijlage 2 overgenomen verwachte trillingssterkten V_{max} en V_{per} voor de voorgenomen bebouwing weergegeven.

tabel 4: trillingsprognose V_{max} en (V_{per}) - Nieuwbouw grondgebonden woning

Gebouwtype	Bouwlagen	Richting	25 meter	50 meter	75 meter
			0,18 - 0,26 (0,02) 0,21 (0,01)	0,14 - 0,21 (0,01) 0,17 (0,01)	0,11 - 0,17 (0,00) 0,13 (0,00)
Laagbouw gefundeerd op palen	2-3	Horizontaal* Verticaal			

* V_{max} begane grond - hoogste verdieping

Beschouwing

Uit tabel 4 valt op te maken dat er op 25 meter afstand van het spoor al bijna voldaan wordt aan de streefwaarden uit de SBR-B. Alleen op de verdieping(en) zal dan nog lichte overschrijding van de streefwaarde (A2) in de nachtperiode aan de orde kunnen zijn. Op 50 meter afstand wordt voldaan aan de SBR-B aangezien de prognosewaarde mag worden afgerond (één decimaal). Gebruik makend van deze afrondingsmogelijkheid ligt de grens op 30 meter afstand van het hart van het dichtstbijzijnde (oostelijke) spoor. De berekende trillingssterkte V_{max} bedraagt dan net geen 0,25. Maatgevend voor het voldoen aan de SBR-B is in alle gevallen de horizontale X-richting, haaks op het spoor.

In het geval men dicht op het spoor wilt bouwen dan 50 meter is het van belang dat woningvloeren voldoen aan een laagste buig-eigenfrequentie van 16 Hz. Dit is ook het uitgangspunt geweest in de prognose. Op tenminste 50 meter afstand van het spoor vervalt deze randvoorwaarde.

8. Conclusies

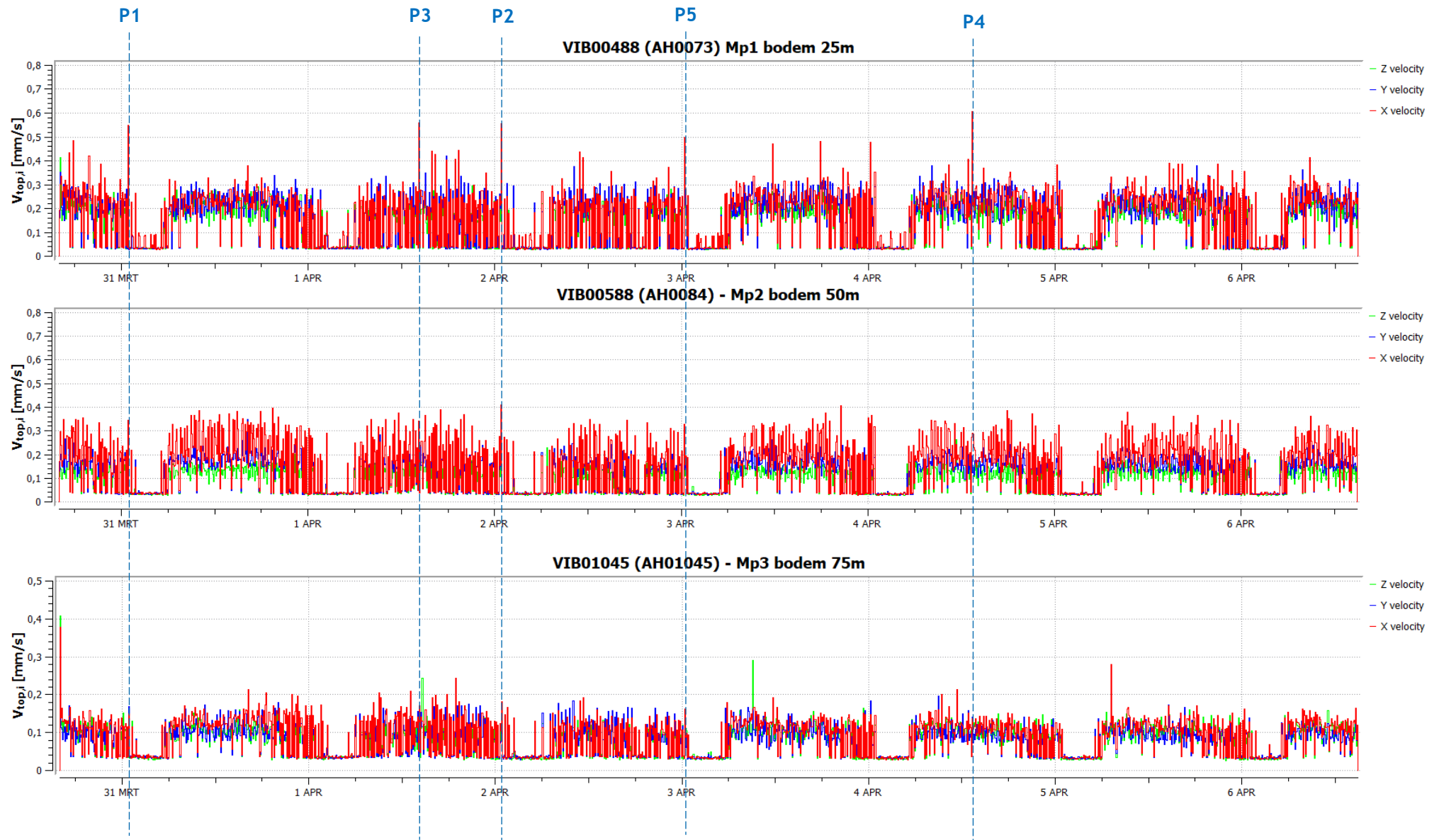
Tijdens de uitgevoerde trillingsmetingen zijn geen goederentreinen waargenomen. Deze blijken maar zeer af en toe voor te komen en merendeel bestaat dit uit werktreinen (spooronderhoud). Reizigerstreinen geven doorgaans maar een beperkte trillingsbelasting op de kavel, maar op deze kavel liggen de trilsterkten bij een deel van de treinen wat hoger dan verwacht. Wat hierbij opvalt is dat het juist de wat lichtere sprintertreinen (type SLT) zijn die de meeste trillingen opwekken, meer dan de zwaardere intercity's (type VIRM). De hoogste trillingen zijn afkomstig van het oostelijke spoor, niet zozeer omdat dit spoor dicht bij de kavel ligt, maar omdat in dit spoor zich ter hoogte van de kavel een ES-las bevindt. Deze ES-las werkt trilling verhogend en het passeren van deze ES-las is ook duidelijk hoorbaar.

Het realiseren van een grondgebonden (vrijstaande) woning op meer dan 50 meter afstand van het hart van het oostelijke spoor is mogelijk en zal onvoorwaardelijk voldoen aan de SBR-B. De minimale afstand waarop een op palen gefundeerde woning nog voldoet aan de SBR-B is 30 meter, maar dan moeten vloeren wel voldoen aan een laagste buig-eigenfrequentie van 16 Hz, opdat het opslingeren van vloeren tijdens een treinpassage beperkt blijft. De berekende trillingssterkte $V_{\max}$ is dan net lager dan 0,25 en voldoet na afronding aan de streefwaarde (A2) uit de SBR-B. Geadviseerd wordt echter om meer afstand te nemen en 50 meter aan te houden.

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

Bijlage 1

Titel	Trillingsregistraties
Omvang	1 blad



Bijlage 2

Titel	Trillingsprognoses
Omvang	3 bladen (25m - 50m - 75m)

X

Trillingsprognose railverkeer

project	Runxputteweg Limmen	bronspectrum	Sprinter 2/4 - 00:52	passages per uur	0 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtipe	Vrijstaande woning	vormfactor C_F	0,6 (verhouding v_{rms}/v_{top})	peiljaar	2023
gebouwfstand (tot spoor)	25 m	referentieafstand	50 m	rijksnelheid	140 km/u
				referentie snelheid	140 km/u

Bodemtrillingen

1/3-octaf	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
bronspectrum (rms, gem)			72	72	71	71	74	88	99	104	104	98	89	80	87	73	72	70	72	73	69				108
spreiding																									
bronspectrum (rms, max)			72	72	71	71	74	88	99	104	104	98	89	80	87	73	72	70	72	73	69				108
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie			3,0	2,7	2,3	1,9	1,6	1,5	1,7	2,0	2,3	2,7	3,3	4,0	4,9	6,0	7,4	9,1	9,3	9,3	9,3				
L_v [dB]			75	75	74	73	75	89	101	106	106	100	92	84	92	79	80	79	81	82	78				110
v_{rms} [mm/s]			0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,11	0,20	0,20	0,10	0,04	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01				0,33
																									0,55

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtipe:	User defined 0	overdracht laagbouw (H)																						
$H_{v,1}$ [dB]		0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-2,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0				
L_v [dB]		75	75	74	73	74	87	98	103	102	95	86	78	86	73	74	73	75	76	72					107
v_{rms} [mm/s]		0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,08	0,14	0,12	0,06	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00					0,22
																									0,36

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

Begane grond	vloortype:	User defined																							
$H_{v,1}$ [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	
$H_{v,100}$ [dB]		75	75	74	73	74	87	98	103	102	95	86	78	86	73	74	73	75	76	72					107
v_{rms} [mm/s]		0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,08	0,14	0,12	0,06	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00					0,22
																									0,36

1e verdieping	vloortype: user defined																			v _{top}		0,30
H _{v,3} [dB]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,2	1,9	2,3	0,7	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0			
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 _v [dB]	76	75	74	74	75	88	100	105	103	95	86	77	85	72	73	72	74	75	71		108	
v _{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,10	0,19	0,13	0,06	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00		0,26	
																				v _{top}	0,43	

2e verdieping	vloortype: user defined																			v _{top}					0,43
H _{v,3} [dB]	0,2	0,3	0,5	0,9	1,4	2,3	3,8	4,7	1,3	-0,2	-0,6	-1,0	-1,4	-1,8	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0						
H _{v,floor} [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]	76	75	74	74	76	89	102	108	103	95	86	77	85	71	72	71	73	74	70		110				
v _{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,12	0,24	0,15	0,06	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00		0,32				
																				v _{top}	0,53				

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

Begane grond	gebouwtipe: User defined 0															overdracht laagbouw (H)											
SBR-weging	-15,1	-13,2	-11,2	-9,5	-7,8	-6,1	-4,7	-3,5	-2,5	-1,7	-1,2	-0,8	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
L_v [dB]			64	65	66	67	70	84	95	101	101	94	86	78	86	72	74	73	75	76	72			105			
$v_{eff,max}$ [mm/s]			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,12	0,11	0,05	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00			0,18			
																				V_{per}				0,007			

1e verdieping																									
L_v [dB]		64	66	66	68	70	85	97	104	101	94	86	77	85	72	73	72	74	75	71					107
$v_{eff,max}$ [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,15	0,12	0,05	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00					0,21
																									0,015

2e verdieping																									
L_v [dB]		64	66	66	68	71	86	99	106	102	94	85	77	85	71	72	71	73	74	70					108
$v_{eff,max}$ [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,20	0,13	0,05	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00					0,26
																									0,023

Trillingsprognose railverkeer

project	Runxputteweg Limmen	bronspectrum	Sprinter 2/4 - 00:52	passages per uur	0 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtipe	Vrijstaande woning	vormfactor C_F	0,6 (verhouding v_{rms}/v_{top})	peiljaar	2023
gebouwfstand (tot spoor)	25 m	referentieafstand	50 m	rijksnelheid	140 km/u
				referentie snelheid	140 km/u

Bodemtrillingen

1/3-octaf	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
bronspectrum (rms, gem)			71	65	65	64	73	78	95	90	94	96	95	87	86	76	73	71	68	66	69				102
spreiding																									
bronspectrum (rms, max)			71	65	65	64	73	78	95	90	94	96	95	87	86	76	73	71	68	66	69				102
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie			2,9	2,6	2,2	1,7	1,3	1,2	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	2,6	3,2	3,8	4,7	5,7	7,0	8,8	9,3				
L_v [dB]			74	68	67	66	74	79	97	91	96	98	97	90	89	80	78	77	75	75	79				104
v_{rms} [mm/s]			0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,07	0,04	0,06	0,08	0,07	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01				0,15
																									0,26

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtipe:	Laagbouw op palen (samenwerking)																							
$H_{v,1}$ [dB]		-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	-12,4	-12,4	-12,4	
L_v [dB]		72	66	65	64	72	77	95	89	94	95	94	86	84	73	69	65	63	63	66					101
v_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,03	0,05	0,06	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,12
																									0,19

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

Begane grond	vloortype:	vloortype 3	($f_0 = 10-20$ Hz)																						
$H_{v,1}$ [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]		72	66	66	65	73	79	96	92	98	102	102	93	91	79	74	69	67	66	68					107
v_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,04	0,08	0,12	0,12	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00					0,21
																									0,36

1e verdieping	vloortype: vloortype 3 (f0 = 10-20 Hz)																vtop		0,36	
Hv3 [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	
Hvloer [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	
Lv [dB]	72	66	66	65	73	79	96	92	98	102	102	93	91	79	74	69	67	66	68	107
Vrms [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,04	0,08	0,12	0,12	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21

Trillingsprognose railverkeer

project	Runxputteweg Limmen
gebouwtype	Vrijstaande woning
gebouwafstand (tot spoor)	50 m

bronspectrum	Sprinter 2/4 - 00:52
vormfactor C_F	0,6 (verhouding v_{rms}/v_{top})
referentieafstand	50 m

passages per uur	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
peiljaar	2023	
rijsnelheid	140	km/u
referentie snelheid	140	km/u

X

Bodemtrillingen

[illegible]

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype: User defined 0 overdracht laagbouw (H)																
H _{v1} [dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-2,0	-3,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	
L _r [dB]	72	72	71	71	73	86	96	101	100	93	83	74	81	67	66	64	105
v _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,11	0,10	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
																V ₁₀₀	0,28

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

Begane grond	vloertype: user defined																				
H _{y,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					
L _y [dB]	72	72	71	71	73	86	96	101	100	93	83	74	81	67	66	64	105				
V _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,11	0,10	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17				
																V _{rms}	0,28				

1e verdieping	vloertype:	user defined																v_{top}	v_{z0}
$H_{v,3}$ [dB]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,2	1,9	2,3	0,7	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
$H_{v,visor}$ [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]	73	72	72	72	73	87	98	103	100	92	83	73	81	66	65	63	65	66	62
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,15	0,10	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
																		v_{min}	0,34

2e verdieping																	vloertype: user defined										V _{top}	G ₀₋₁
H _{v,3} [dB]	0,2	0,3	0,5	0,9	1,4	2,3	3,8	4,7	1,3	-0,2	-0,6	-1,0	-1,4	-1,8	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0									
L _{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									
L _i [dB]	73	73	72	72	74	88	100	106	101	92	82	73	80	65	64	62	64	65	61		108							
v _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,10	0,19	0,11	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,25							
																				V _{top}	0,42							

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

Begane grond	gebouwtype: User-defined 0										overdracht laagbouw (H)											
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]			61	63	64	65	68	82	94	99	98	92	82	74	81	66	66	64	66	67	63	103
$v_{eff,max}$ [mm/s]			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,09	0,08	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
																			V_{per}^*			0,004

1e verdieping																				
L_p [dB]	61	63	64	66	69	83	96	102	99	92	82	73	80	66	65	63	65	66	62	105
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,12	0,09	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
																		V_{per}^*		0,006

2e verdieping																				
L_p [dB]	61	63	64	66	69	84	97	104	100	92	82	73	80	65	64	62	64	65	61	106
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,16	0,10	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,009
																		V_{per}^*		0,21

Trillingsprognose railverkeer

project	Runxputteweg Limmen
gebouwtype	Vrijstaande woning
gebouwafstand (tot spoor)	50 m

bronspectrum	Sprinter 2/4 - 00:52	
vormfactor C_F	0,6	(verhouding v_{rms}/v_{top})
referentieafstand	50 m	

passages per uur	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
peiljaar	2023	
rijnsnelheid	140	km/u
referentie snelheid	140	km/u

Z

Bodemtrillingen

[illegible]**SBR-A / Gebouwschade**

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	Laagbouw op palen (samenwerking)																			
H _{v,1} [dB]		-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	
L _v [dB]		69	63	63	63	71	76	93	88	93	93	92	83	81	69	64	59	56	54	57	99
v _{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,02	0,04	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
																				v _{to0}	0,16

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

1e verdieping	vloer type: vloer type 3 (fo = 10-20 Hz)															type		type	
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	
H _{v,500} [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 _i [dB]	69	64	64	63	72	78	95	90	97	100	100	90	88	75	69	64	60	57	59
v _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,03	0,07	0,10	0,10	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
																v _{toe}		0,29	

2e verdieping	vloer type:	vloer type 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														
H _{y,vloer} [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	0,0	2,1															
L _c [dB]	69	64	64	63	72	78	95	90	97	100	100	90	88	75	69	64	60	57	59			105													
v _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,03	0,07	0,10	0,10	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,17													
																				V _{top}		0,29													

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]			58	54	56	57	67	74	93	89	96	99	99	90	87	75	69	63	59	57	59	104
$V_{eff,max}$ [mm/s]			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,03	0,06	0,09	0,09	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
																			V_{max}^*		0,005	

1e verdieping																	↓ per		↓ per	
L_p [dB]	58	54	56	57	67	74	93	89	96	99	99	90	87	75	69	63	59	57	59	104
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,03	0,06	0,09	0,09	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
																			V_{per}^*	0,005

2e verdieping																				
L_p [dB]	58	54	56	57	67	74	93	89	96	99	99	90	87	75	69	63	59	57	59	104
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,03	0,06	0,09	0,09	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
																			V_{ref}^*	0,005

Trillingsprognose railverkeer

project	Runxputweg Limmen	bronspectrum	Sprinter 2/4 - 00:52	passages per uur	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtype	Vrijstaande woning	vormfactor C_v	0,6	peiljaar	2023	
gebouwfstand (tot spoor)	75 m	referentieafstand	50 m	rijnsnelheid	140	km/u
				referentie snelheid	140	km/u

X

Bodemtrillingen

[illegible]**SBR-A / Gebouwschade**

Stijf punt fundatie		overdracht laagbouw (H)																			
H _{v1} [dB]		0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0			
L _r [dB]		71	71	71	71	72	84	95	99	98	90	80	70	77	61	59	55	57	58	54	103
v _{mss} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,09	0,08	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
																			V _{max}		0,22

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

Begane grond		vloetype: 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		
L _v [dB]		71	71	71	71	72	84	95	99	98	90	80	70	77	61	59	55	57	58	54	103
v _{ms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,09	0,08	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
																			v _{son}		0,23

1e verdieping	vloertype:	user defined																v_{top}	0,25
$H_{v,3}$ [dB]		0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,2	1,9	2,3	0,7	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
$H_{v,water}$ [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_v [dB]		71	71	71	71	72	86	97	102	98	90	80	70	76	60	58	54	56	57
v_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,12	0,08	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
																		v_{max}	0,28

2e verdieping		vloertype: user defined																v_{top}	v_{z0}		
$H_{v,3}$ [dB]		0,2	0,3	0,5	0,9	1,4	2,3	3,8	4,7	1,3	-0,2	-0,6	-1,0	-1,4	-1,8	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
$H_{v,1000}$ [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]		71	72	71	71	73	87	99	104	99	90	79	69	75	59	57	53	55	56	52	106
v_{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,16	0,09	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
																			v_{rms}		

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

1e verdieping																					
L _p [dB]	60	62	63	65	68	82	94	100	97	89	79	69	76	60	58	54	56	57	53	103	
v _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,10	0,07	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	
															V _{per} *					0,003	

Ze verdieping																				
L_v [dB]	60	62	63	65	68	83	96	102	98	89	79	69	75	59	57	53	55	56	52	104
$v_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,13	0,08	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
																		V_{max}^*		0,006

Trillingsprognose railverkeer

project	Runxputweg Limmen	bronspectrum	Sprinter 2/4 - 00:52	passages per uur	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtipe	Vrijstaande woning	vormfactor C_v	0,6	peiljaar	2023	
gebouwfstand (tot spoor)	75 m	referentieafstand	50 m	rijnsnelheid	140	km/u
				referentie snelheid	140	km/u

Z

Bodemtrillingen

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

1e verdieping	vloetype:	vloetype 3																(f₀ = 10-20 Hz)	V_{top}	S_{y,z}
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
H _{v,vloer} [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]		68	63	63	63	71	77	94	89	95	98	98	88	85	72	65	58	53	48	50
V _{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,03	0,06	0,08	0,08	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
																			V _{ron}	0,24

2e verdieping	vloetype:	vloetype 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								
H _{v,vloer} [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]		68	63	63	63	71	77	94	89	95	98	98	88	85	72	65	58	53	48	50	103								
v _{rms} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,03	0,06	0,08	0,08	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14								
																		V ₁₀₀₀	0,2										

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

Begane grond		gebuurstype: 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 _r [dB]		57	53	55	56	66	77	73	92	88	94	97	97	88	84	72	65	58	53	48	50			102	
V _{eff,max} [mm/s]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,05	0,07	0,07	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,13	
																				V _{max} *				0,003	

1e verdieping																			V _{per} *		0,003
L _p [dB]	57	53	55	56	66	73	92	88	94	97	97	88	84	72	65	58	53	48	50	102	
V _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,05	0,07	0,07	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	
																			V _{per} *		0,003

[illegible]