

Nieuwbouwplan Haarrijnweg 5, Maarssen

Trillingsonderzoek

Status	definitief
Versie	002
Rapport	B.2022.0839.00.R001
Datum	24 november 2022



Colofon

Opdrachtgever	SAB adviseurs Postbus 479 6800 AL ARNHEM
Contactpersoon opdrachtgever	mevrouw J. van Dijk
Project Betreft Uw kenmerk	SAB - Haarrijnweg 5, Maarssen Trillingsonderzoek -
Rapport Datum Versie Status	B.2022.0839.00.R001 24 november 2022 002 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. R.G. (Reinoud) Fennema 088 346 76 33 rfe@dgmr.nl
Projectadviseur	ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren 088 346 76 02 hr@dgmr.nl
2e lezer/secr.	JBV LVK

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 Meetapparatuur	8
4.4 Verwerking meetresultaten	8
5. Resultaten	9
6. Prognose	10
6.1 Methode	10
6.2 Casco	10
6.3 Vloeren	10
6.4 Bodemverbetering	10
7. Resultaten	12
7.1 Voorgenomen bouwwijze	12
7.2 Mogelijke maatregelen	14
8. Conclusies en aanbevelingen	15

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties
Bijlage 2	Trillingsprognoses

1. Inleiding

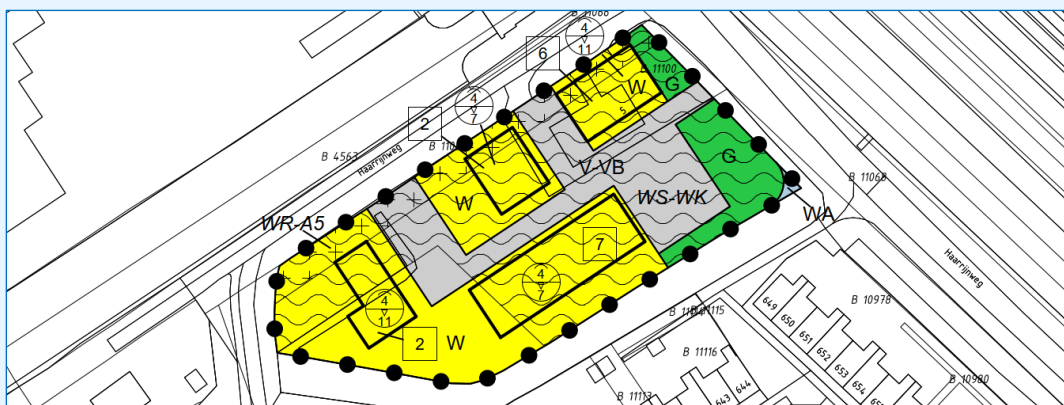
In opdracht van SAB adviseurs heeft DGMR Bouw B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd op het perceel Haarrijnweg 5 in Maarssen. Op dit perceel zal woningbouw plaatsvinden, zie de planinvulling in figuur 1. Het perceel ligt op korte afstand van de spoorlijn Utrecht - Amsterdam, een lijn waarop ook veel goederenvervoer voorkomt. Hierdoor is er rekening te houden met trillingen vanaf het spoor. Om de trillingsbelasting op het perceel in beeld te brengen is een trillingsonderzoek uitgevoerd, waarbij er verkennende trillingsmetingen zijn uitgevoerd. Hieruit zijn de trillingsbelasting op de kavel en de afname van trillingen met toenemende afstand tot het spoor bepaald.

Met deze gegevens en de voorgenomen planinvulling (bouwvormen) is een trillingsprognose opgesteld en deze is getoetst aan de hiervoor geldende streefwaarden uit de trillingsrichtlijn SBR-B. Als er aanvullende maatregelen nodig zijn om te kunnen voldoen aan de SBR-B dan zijn deze op hoofdlijnen aangegeven.

2. Situatie

2.1 Kavel

Op het perceel Haarrijnweg 5 in Maarssen zal woningbouw plaatsvinden. Het gaat om grondgebonden woningen onder kap met een nokhoogte van maximaal 11 meter, zie de planverbeelding in figuur 1. In totaal worden er 17 woningen gerealiseerd, verspreid over het terrein. Voor de realisatie van de woningen wordt eerst nog grondverbetering toegepast en wordt het terrein opgehoogd.



figuur 1: planinvulling

2.2 Spoor- en treinmaterieel

Het traject Utrecht - Amsterdam is een drukke lijn met zowel reizigers- als goederentreinen. Onder het goederenvervoer bevinden zich zware kolen- en kalktreinen van/naar het westelijk havengebied bij Amsterdam. Deze treinen wekken vaak meer trillingen op dan overige treintypen. In figuur 2, zijn de aantallen goederentreinen per drukke werkdag, beide richtingen samen, weergegeven. Hieruit blijkt dat langs de kavel gemiddeld zo'n 10 treinen per etmaal passeren.



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

Het reizigersmaterieel op de lijn Utrecht en Amsterdam bestaat overwegend uit stoptreinen van het type SNG en zwaardere dubbeldeks intercitytreinen van het type VIRM.

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
Onderwijs/kantoor/bijeenkomst	0,1	0,6	0,07	0,1	0,6	0,07

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}

A3 = streefwaarde voor de gemiddelde 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 dan komt de toetsing van de V_{per} te vervallen. Voor de toetsing worden meetwaarden 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 25 oktober en 1 november 2022. In deze meetperiode was er sprake van een normale dienstregeling.

4.2 Meetpunten

Binnen de contouren van de kavel zijn drie bodemmeetpunten aangebracht met toenemende afstand tot het spoor. Deze liggen op 22, 49 en 84 meter afstand. Het meetpunt op 22 meter bevindt zich ongeveer op de perceelsgrens en betreft de minimaal mogelijke afstand tot het spoor. Het meetpunt op 84 meter afstand reikt niet tot het einde van de kavel, maar is zo gekozen omdat op grotere afstand er geen sterke invloed van het spoor verwacht wordt. De drie meetpunten samen maken het bovendien mogelijk het verval in trillingssterkte met toenemende afstand van het spoor te bepalen, waarmee voor de gehele kavel een prognose gedaan kan worden van de te verwachten trillingssterkten.

Aanvullend op de bodemmeetpunten is ook één meetpunt aangebracht aan de nog bestaande woning. Dit meetpunt is gemonteerd aan de gevel net boven maaiveld en geeft een indruk van de te verwachten trillingen in op staal gefundeerde woning. Dit meetpunt bevindt zich op 34 meter afstand van het spoor. De meetpunten zijn weergegeven in figuur 3.



figuur 3: contour bouwplan Haarrijnweg 5 met meetposities

4.3 Meetapparatuur

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de gebruikte meetsystemen.

tabel 2: meetlocaties en systemen

Meetpunt	Afstand	Type	Meetsysteem	Serienummer
Mp1	22 m	Bodem	Profound Vibra SBR	VIB00588
Mp2	49 m		Profound Vibra-e	VIBe1158
Mp3	84 m		Profound Vibra-e	VIBe1159
Mp4	34 m	Gevel	Profound Vibra SBR	VIB00488

4.4 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). Verstoorde treinpassages zijn buiten beschouwing gelaten.

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte V_{top} en de voor trillingshinder maatgevende effectieve trillingssterkte V_{eff} . De V_{eff} wordt overeenkomstig de SBR-B gemeten in 30 seconden intervallen. Dit is voor identificatie van treinpassages en check op verstoringen te grof.

De identificatie van passages/verstoringen is daarom gedaan aan de hand van het trillingssignaal V_{top} , dat een 10 maal hogere resolutie heeft. Van de geïdentificeerde treinpassages (en dus vrij van verstoringen) is vervolgens de bijbehorende effectieve trillingssterkte V_{eff} geselecteerd voor verdere analyse en prognose. De hoogste $V_{eff,max}$ is de maatgevende V_{max} volgens de SBR-B richtlijn.

5. Resultaten

Bijlage 1 geeft een overzicht van de trillingsregistraties en eventuele verstoringen gedurende een week meten. Afgebeeld is de trillingssterkte V_{top} die, zoals in paragraaf 4.4 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 het maatgevende meetpunt.

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

Top-15			Mp1 (22 m)			Mp2 (49 m)			Mp3 (84 m)			Mp4 gevel (34 m)		
nr	type	datum + tijd	X	Y	Z ¹⁾	X	Y	Z	X	Y	Z	X ²⁾	Y ²⁾	Z
1	goederen	26/10 - 01:36	0,29	0,18	0,94	0,10	0,10	0,23	0,10	0,10	0,13	0,13	0,11	0,19
2	goederen	26/10 - 00:36	0,42	0,35	0,75	0,15	0,17	0,40	0,10	0,11	0,23	0,17	0,16	0,25
3	goederen	27/10 - 01:05	0,44	0,44	0,70	0,15	0,17	0,34	0,10	0,10	0,20	0,17	0,17	0,21
4	goederen	27/10 - 13:58	0,60	0,29	0,70	0,12	0,10	0,26	0,10	0,10	0,10	0,19	0,21	0,14
5	goederen	28/10 - 09:59	0,52	0,25	0,69	0,19	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,18	0,19
6	goederen	27/10 - 10:17	0,67	0,28	0,67	0,15	0,10	0,23	0,10	0,10	0,10	0,20	0,17	0,14
7	goederen	31/10 - 01:28 ³⁾	0,58	0,26	0,66	0,16	0,10	0,22	0,10	0,10	0,14	0,17	0,19	0,21
8	goederen	30/10 - 08:59 ³⁾	0,60	0,21	0,63	0,14	0,12	0,20	0,10	0,10	0,13	0,17	0,14	0,23
9	goederen	27/10 - 15:27	0,42	0,34	0,63	0,14	0,10	0,21	0,10	0,10	0,10	0,14	0,12	0,16
10	goederen	26/10 - 09:59	0,50	0,29	0,62	0,13	0,12	0,28	0,10	0,10	0,12	0,17	0,13	0,16
11	goederen	27/10 - 15:27	0,26	0,20	0,61	0,11	0,10	0,16	0,09	0,09	0,10	0,15	0,11	0,14
12	goederen	31/10 - 21:59 ³⁾	0,32	0,21	0,60	0,10	0,09	0,21	0,10	0,10	0,10	0,15	0,11	0,15
13	onbekend	26/10 - 21:26	0,17	0,15	0,60	0,10	0,10	0,16	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,18
14	goederen	28/10 - 00:45	0,23	0,13	0,60	0,10	0,09	0,16	0,09	0,07	0,10	0,10	0,10	0,15
15	goederen	25/10 - 13:55	0,33	0,28	0,59	0,14	0,14	0,18	0,10	0,10	0,13	--	--	--
V_{max}			0,67	0,44	0,94	0,16	0,17	0,40	0,10	0,11	0,23	0,20	0,21	0,25

1) Gerangschikt op Mp1, Z-richting.

2) X-, Y-richting licht afwijkend van overige meetpunten (in lijn met oriëntatie woning).

3) Wintertijd ingegaan, systemen nog op zomertijd dus werkelijke passagetijd is 1 uur eerder.

Beschouwing

In tabel 3 is te zien dat goederentreinen de meeste trillingen opwekken in de kavel. Nagenoeg de hele top-15 bestaat uit beladen kolentreinen op het eerste spoor (zuidwaarts) vanaf de kavel. De optredende variatie in trillingssterkte laat zich verklaren door verschillen in treinlengte, belading, onderhoudstoestand en rijsnelheid. Van één trein in de top-15 is niet met zekerheid te zeggen dat het een goederentrein betrof. Er is geen camerabeeld van en de passageduur was niet veel langer dan van een reizigerstrein. Gezien de hoogte van de trillingssterkte is het echter aannemelijk dat ook dit een goederentrein betrof.

Reizigerstreinen (intercity's) wekken op het eerste meetpunt geen trillingssterkten (V_{eff}) op hoger dan 0,3. Op 50 meter afstand wekken deze hooguit nog licht voelbare trillingen op, tot ongeveer 0,2. Vanaf 80 meter zakt dit onder de voelbaarheidsgrens van 0,1.

Op meer dan 80 meter zijn alleen goederentreinen mogelijk nog licht voelbaar in de bodem.

Globaal wekken deze trillingen (V_{eff}) op tot ongeveer 0,8 op 20 meter afstand, tot 0,4 op 50 meter afstand en tot 0,2 op 80 meter afstand. Dit betekent dat in de nachtperiode een factor 4 trillingreductie nodig is op 20 meter om op vloerniveau te voldoen aan de SBR-B. Op 50 meter is dan nog een reductie van een factor 2 nodig en op meer dan 80 meter geen reductie.

Wat opvalt zijn de relatief hoge trillingssterkten in horizontale richting haaks op het spoor (X) op het eerste meetpunt (Mp1). Dicht bij het spoor zijn horizontale trillingen vaak wat hoger, maar wat meespeelt, is dat dit meetpunt zich dicht bij de slootkant bevindt, waardoor de bodem op maaiveld horizontaal vrijer kan bewegen. Dit leidt dan tot hogere niveaus in deze richting. Op het gevelmeetpunt, ruim 10 meter verder van het spoor, zijn de trillingssterkten in de horizontale richtingen redelijk gelijk. De wat hogere horizontale trillingen aan de slootkant vertalen zich dus niet persé in eveneens hogere trillingssterkten aan een gebouw.

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.

6.2 Casco

Hogerop in een gebouw kunnen trillingen in horizontale richtingen dominant zijn, vooral als een woningcasco in resonantie raakt op het funderingssysteem en daarbij een kantelbeweging ondergaat. Dit treedt soms op bij (langere) goederentreinen onder specifieke omstandigheden qua rijnsnelheid. Dit fenomeen speelt zich af bij lage frequenties (≤ 10 Hz), maar laat zich moeilijk exact voorspellen. Bij kortere, lichtere en sneller rijdende reizigerstreinen is dit risico veel kleiner. Omdat het hier gaat om grondgebonden woningen met een nokhoogte van maximaal 11 meter en een goothoogte van maximaal 4 meter, is dit risico op de eerste verdieping onder kap beperkt, maar het zou op een eventuele zolder daarboven een rol kunnen spelen als deze in gebruik wordt genomen als verblijfsruimte. Gezien het beperkte aantal goederentreinen per dag en de specifieke omstandigheden waaronder dit optreedt, wordt verwacht dat dit hooguit incidenteel voorkomt.

6.3 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), afhankelijk van het gekozen vloertype en het al of niet samenvallen van vloereigen frequenties 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 12 Hz is de versterking meestal veel lager dan een factor 2. In de prognose wordt rekening gehouden met deze stijfheidseigenschappen.

Opmerking

In de huidige woning ligt op de begane grond aan spoorzijde een betonnen vloer, gestort op isolatie op het zandbed. Hierop is kortstondig gemeten waarna het meetsysteem is verplaatst naar de gevel. Uit vergelijking van de trillingssterkten op de vloer en aan de gevel blijkt dat in dit geval geen sprake is van merkbare trillingsversterking tussen gevel (stijf punt) en de vloer. Op beide meetpunten werden in alle richtingen vergelijkbare trillingssterkten gemeten. Het geeft aan dat met een bewuste vloerkeuze trillingen geminimaliseerd kunnen worden. Een gestorte vloer op het zandbed is echter geen gangbare keuze voor nieuwbouw.

6.4 Bodemverbetering

Op de kavel zal nog grondverbetering toegepast worden, in de zin dat de toplaag wordt vervangen en het terrein wordt opgehoogd. Over het tweede meetpunt op 50 meter van het spoor merken wij op dat deze op het erf van de bestaande woning/boerderij ligt en dat hier in het verleden al enige grondverbetering heeft plaatsgevonden (puingranulaat?). De toplaag voelde hier ook steviger aan.

Het eerste meetpunt op 22 meter afstand bevond zich nabij de slootkant in minder compacte bodem. In de prognose is rekening gehouden met deze omstandigheden door deze meer af te stemmen op de compactere bodemgesteldheid van het tweede bodemmeetpunt. Feitelijk is er in de prognose virtueel bodemverbetering voor het eerste meetpunt toegepast, met wat lagere verwachte trillingsniveaus op het maaiveld. In die zin is het verwachte effect van bodemverbetering tot op zekere hoogte al meegenomen in de prognoses.

7. Resultaten

7.1 Voorgenomen bouwwijze

In bijlage 2 zijn de prognoseberekeringen opgenomen voor grondgebonden woningen (laagbouw) gefundeerd op staal en op funderingspalen. De prognoses zijn gegeven voor afstanden van 25 tot 100 meter van het spoor, wat ongeveer overeenkomt met het bebouwde deel van de kavel.

De prognoses zijn opgesteld voor de qua trillingsopwekking maatgevende goederentreinen. Reizigerstreinen leiden niet tot voelbare trillingen in de voorziene bebouwing. In de huidige woning, op ongeveer 35 meter van het spoor, is dit ook niet het geval. Voor dit treintype is daarom geen aparte prognose gemaakt. 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 maximale trillingssterkten V_{max} en V_{per} weergegeven voor de voorgenomen bebouwing.

tabel 4: trillingsprognose (V_{max}/V_{per}) nieuwbouw

Gebouwtype	Bouwlagen	Richting	Trillingssterkte V_{max} (V_{per})			
			25 m	50 m	75 m	100 m
Laagbouw op staal	2-3	Horizontaal*	0,30-0,56 (0,01)	0,16-0,28 (0,01)	0,10-0,17 (0,00)	0,06-0,11 (--)
		Verticaal	0,39 (0,00)	0,21 (0,01)	0,13 (0,00)	0,08 (--)
Laagbouw op palen		Horizontaal*	0,25-0,33 (0,01)	0,13-0,17 (0,00)	0,08-0,10 (--)	0,05-0,07 (--)
		Verticaal	0,27 (0,01)	0,15 (0,00)	0,09 (--)	0,06 (--)

* bandbreedte laagste - hoogste bouwlaag

Beschouwing

Uit tabel 4 valt op te maken dat er tot 50 meter afstand van het spoor overschrijdingen van de streefwaarde $A2 = 0,2$ in de nachtperiode kunnen voorkomen, in het geval de nieuwe woningen op staal gefundeerd worden. Dit heeft vooral te maken met de verwachte kantelbeweging die het woningcasco zou kunnen maken op de zeer laagfrequente trillingen afkomstig van het spoor. De hogere trillingssterkten uitten zich dan op de verdiepingen, met name de hoogste verdieping (onder kap). Als deze niet bestemd wordt als verblijfsruimte dan kan op 50 meter afstand voldaan worden aan de richtlijn.

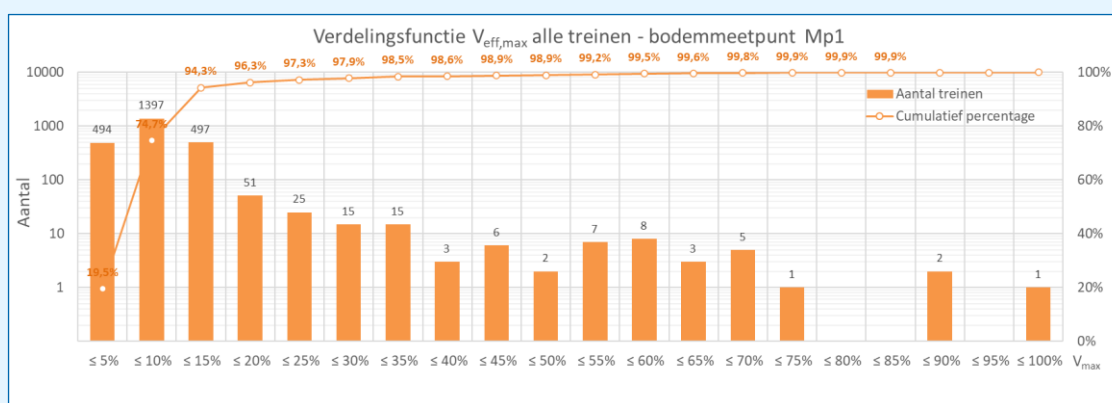
Als de woningen worden voorzien van een paalfundering, met paallengtes van tenminste 10 meter, dan zal naar verwachting bij de maatgevende zeer lage frequenties van 2,5 tot 6,3 Hz meer blokkering van trillingen optreden door de koppeling met diepere meer trillingsarme bodemlagen. De palen hebben vooral op verticale trillingen invloed, maar omdat kantelen van het woningcasco deels gepaard gaat met verticale trillingen op de fundatie heeft het daarop ook enige invloed. Met een paalfundatie wordt verwacht dat op meer dan 35 meter al wordt voldaan aan de richtlijn. Binnen deze contour bevindt zich echter één bouwvolume met zes wooneenheden. Dit bouwblok staat gepland op een minimum afstand van 25 meter. Verwacht wordt dat in dit blok trillingen kunnen voorkomen tot ongeveer 0,33 mits het bouwblok wordt voorzien van een paalfundering.

Van de voorgenomen bebouwing is alleen het blok met zes woningen aan spoorzijde kritisch. Dit blok ligt binnen 50 meter afstand van het dichtstbijzijnde spoor en binnen 50 meter van het spoor is het toepassen van een paalfundering te adviseren. Dit biedt het casco meer weerstand tegen trillingen en reduceert trillingsniveaus naar verwachting met 25 tot 40%. Ook dan voldoen trillingssterkten binnen 35 meter van het spoor nog niet aan de SBR-B. Voor bebouwing daarbuiten is dat wel het geval. Als er wordt gefundeerd op staal dan geldt dat pas op meer dan 50 meter.

Woon- en leefklimaat

Dat in het blok van 6 woningen binnen 50 meter van het spoor de streefwaarde A2 (nieuwbouw/nachtperiode) mogelijk niet wordt gehaald, betekent niet dat hier geen sprake zou zijn van een goed woon- en leefklimaat. Uit de V_{per} -berekening blijkt dat deze waarde van maximaal 0,01 zeer laag ligt, ruim binnen de streefwaarde A3 van 0,05. Dit komt doordat alleen goederentreinen mogelijk licht voelbare trillingen in het bouwblok opwekken. Het aantal goederentreinen op deze lijn is beperkt tot ongeveer 10 per etmaal, maar slechts een klein deel daarvan is verantwoordelijk voor hogere trillingssterkten.

In figuur 4 is de verdelingsfunctie van de trillingssterkte zoals gemeten op het eerste bodemmeetpunt Mp1 weergegeven. Hierin zijn de aantallen treinen per trillingsklasse van 5% van de gemeten V_{max} weergegeven. Te zien valt dat bijna 99% van de treinen trillingssterkten opwekt tot maximaal 50% van de gemeten V_{max} . Over een meting van één week zijn er ongeveer 5 treinen geweest waarvan de trillingsopwekking hoger is dan 70% van de V_{max} . Vertaald in trillingen op vloerniveau van het eerste woningblok betekent dit 5 treinen met een trillingssterkte hoger dan 0,2 tot maximaal 0,33. Dit onder voorwaarde dat er een paalfundering en stijve woningvloeren worden toegepast. Van deze treinen rijdt maar een derde in de nachtperiode, de rest rijdt in de dag- en avondperiode. Het aantal treinen dat daadwerkelijk tot overschrijding van de strenge streefwaarde voor nieuwbouw in de nachtperiode leidt, is bij de huidige bedrijfsvoering op het spoor dus beperkt tot ongeveer twee treinen per week! Eventuele verdere maatregelen aan deze woningen zijn dus vooral gericht op het terugdringen van deze twee overschrijdingen.



figuur 4: verdelingsfunctie V_{max} - alle treinen/alle richtingen

7.2 Mogelijke maatregelen

Voor het bouwblok het dichtst bij het spoor geeft een paalfundering wel een significante verbetering, maar verwacht wordt dat de streefwaarden voor nieuwbouw in de nachtperiode nog niet worden gehaald. Wel zijn de verwachte trillingssterkten lager dan de streefwaarden voor bestaande bouw, als tenminste een paalfundering en stijve vloeren (>12 Hz) worden toegepast. Omdat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} zeer laag is en het aantal treinen dat de streefwaarde voor de nacht overschrijdt zeer beperkt, is het de vraag of het treffen van verdere maatregelen doelmatig is.

Om verdere trillingsverlaging bij de bepalende zeer lage frequenties van 4 tot 6,3 Hz te bereiken, zijn behalve een paalfundering en stijve vloeren de mogelijkheden zeer beperkt. De volgende mogelijkheden liggen voor:

- Verder van het spoor bouwen
- Zwaarder bouwen (meer bouwlagen)
- Trillingsgeïsoleerd bouwen

De eerste twee mogelijkheden geven een conflict met de beoogde planinvulling en de wenselijkheid om hiervan af te wijken, is ter beoordeling van de ontwikkelaars en het bevoegd gezag. Over de derde mogelijkheid, het trillingsgeïsoleerd bouwen, merken wij op dat dit bij een benodigde trillingsreductie van ruim een factor 1,5 bij frequenties zo laag als 4 Hz, de toepassing van zeer slappe veren (grote inverting) vergt. In theorie is het daarmee echter mogelijk te voldoen aan de streefwaarden.

Om deze veren te kunnen toepassen zal een dubbel uitgevoerde fundatie en een voorziening om indringende grond te keren moeten worden toegepast. De kosten van een deze maatregel liggen in de huidige markt in de orde van 30 tot 40 k€ per wooneenheid. Deze investering wordt dan gedaan om twee lichte overschrijdingen per week in de nachtperiode terug te dringen. In dat licht zijn wij van mening dat een dergelijke maatregel hier niet doelmatig is.

8. Conclusies en aanbevelingen

Trillingsmetingen op de kavel Haarrijnweg 5 in Maarssen wijzen uit dat alleen goederentreinen relevant zijn qua trillingen voor de beoogde planinvulling. Reizigerstreinen leiden niet tot voelbare trillingen in de voorgenomen bebouwing. Van de goederentreinen zijn het alleen de beladen kolentreinen en kalktreinen die tot mogelijke overschrijding leiden van de streefwaarden voor trillingen.

Voor de voorgenomen bebouwing betreft dit alleen de bebouwing binnen 50 meter van het spoor in het geval er gefundeerd wordt op staal en binnen 35 meter als er gefundeerd wordt op palen. Concreet betreft dit alleen het dichtst bij het spoor liggende bouwblok van zes woningen.

Omdat de zware goederentreinen vooral trillingen opwekken tussen 4 en 6,3 Hz is het van belang dat woningvloeren hiervoor niet gevoelig zijn. Dit is te bereiken door vloeren stijf uit te voeren met een laagste buig-eigenfrequentie van minimaal 10 Hz (gerealiseerd), maar qua ontwerpwaarde bij voorkeur hoger dan 12 Hz. De trillingsversterking op vloerniveau is dan minimaal.

In het geval van een paalfundatie is het van belang dat palen reiken tot in een draagkrachtige trillingsarme laag, maar een lengte hebben van minimaal 10 meter. Korte palen voegen weinig toe ten opzichte van een fundering op staal.

Met de hiervoor omschreven fundering op palen en stijve woningvloeren worden trillingssterkten in het eerste bouwblok aan spoorzijde verwacht die de streefwaarden voor de $V_{\max}$ uit de SBR-B licht overschrijden. Gebaseerd op de huidige bedrijfsvoering op het spoor komt dit maar tweemaal per week voor in de maatgevende nachtperiode. Omdat alleen zware goederentreinen tot licht voelbare trillingen kunnen leiden, is de gemiddelde trillingssterkte V_{per} een belangrijke parameter voor het woon- en leefklimaat zeer laag. De V_{per} is in geen enkele beoordelingsperiode hoger dan 0,01 tegenover een streefwaarde van 0,05. Ondanks de twee verwachte overschrijdingen per week is er naar onze mening dan ook sprake van een goed woon- en leefklimaat.

Naast de aanbevolen toepassing van een paalfundatie en stijve vloeren zijn er weinig mogelijkheden om trillingen effectief te verlagen bij de bepalende zeer lage trilfrequenties. Overwogen kan worden het eerste bouwblok op grotere afstand te bouwen of een veel zwaarder appartementenblok te realiseren. Qua technische oplossingen verwachten wij dat in aanvulling op de al voorgestelde maatregelen alleen het toepassen van trillingsisolatie effectief is. Gezien de zeer lage dominante trilfrequenties vergt dit een zeer slappe verende opstelling met hoge investeringskosten die, gezien het geringe aantal overschrijdingen en de beperkte mate van overschrijding, hier naar onze mening niet doelmatig is.

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

Bijlage 1

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



Bodemmeetpunten Mp1 t/m Mp3 + plus gevel Mp4

Bijlage 2

Titel	Trillingsprognoses
Omvang	4
Toelichting	25 meter en 50 meter afstand, gefundeerd op staal en op palen

Nieuwbouwplan Haarrijnweg 5, Maarssen

X

Trillingsprognose railverkeer

project	Haarrijnweg 5, Maarssen	bronspectrum	Goederentrein, 28-10-2022 09:59	voelbare passages p/u	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtype	Woningen, op staal	vormfactor C_f	0,72	peiljaar	2022	
gebouwafstand (tot spoor)	25 m	referentieafstand	22 m	rijnsnelheid	90	km/u
				referentie snelheid	90	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)	90	95	101	105	104	109	112	108	88	88	79	74	73	71	72	72	74	74	75	76	74	70			116
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)	93	98	104	108	107	112	115	111	91	91	82	77	76	74	75	75	77	77	78	79	77	73			119
snelheidscorrectie	-3,3	-2,7	-1,2	-1,3	-1,4	-1,5	-1,7	-1,8	-2,1	-2,3	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7			
afstandscorrectie	90	95	102	107	105	111	113	109	89	88	80	74	73	71	72	72	74	75	76	77	74	70			117
L_w [dB]	90	95	102	107	105	111	113	109	89	88	80	74	73	71	72	72	74	75	76	77	74	70			117
V_{rms} [mm/s]	0,03	0,06	0,13	0,21	0,18	0,34	0,45	0,29	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00			0,99

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 2	overdracht Haarrijnweg (H)																						
$H_{v,3}$ [dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-1,5	-2,5	-3,5	-5,0	-7,0	-8,0	-8,5	-9,0	-10,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0			
L_w [dB]	90	95	102	107	105	109	111	106	84	81	72	66	64	61	60	60	62	63	64	65	62	58			115
V_{rms} [mm/s]	0,03	0,06	0,13	0,21	0,17	0,29	0,34	0,19	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,58
																									0,80

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

Begane grond	vloer type:	User defined																							
$H_{v,3}$ [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			
L_w [dB]	90	95	102	107	105	109	111	106	84	81	72	66	64	61	60	60	62	63	64	65	62	58			115
V_{rms} [mm/s]	0,03	0,06	0,13	0,21	0,17	0,29	0,34	0,19	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,58
																									0,80

1e verdieping

vloer type:	User defined																								
$H_{v,3}$ [dB]	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,4	2,4	4,6	6,3	0,9	-0,1	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8			
L_w [dB]	90	95	102	107	105	109	111	106	84	81	72	66	64	61	60	60	62	63	64	65	62	58			115
V_{rms} [mm/s]	0,03	0,06	0,13	0,21	0,17	0,29	0,34	0,19	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,58
																									0,80

2e verdieping

vloer type:	User defined																								
$H_{v,3}$ [dB]	0,2	0,4	0,6	1,0	1,6	2,7	4,9	9,2	12,6	1,7	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,4	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5			
L_w [dB]	90	95	102	107	105	109	111	106	84	81	72	66	64	61	60	60	62	63	64	65	62	58			115
V_{rms} [mm/s]	0,03	0,06	0,13	0,21	0,17	0,29	0,34	0,19	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,58
																									0,80

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

Begane grond	gebouwtype:	User defined 2	overdracht Haarrijnweg (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_w [dB]	75	82	91	97	97	103	106	102	82	80	71	65	63	61	60	60	62	62	64	65	62	58			109
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,01	0,01	0,04	0,07	0,07	0,14	0,20	0,13	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,30
																									0,007

1e verdieping

L_w [dB]	75	82	91	98	98	104	108	107	88	81	71	65	63	61	60	59	61	62	63	64	61	58			
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,01	0,01	0,04	0,08	0,08	0,17	0,26	0,22	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			112
																									0,40

2e verdieping

L_w [dB]	75	83	92	98	99	106	111	111	94	81	70	65	63	60	59	58	60	61	62	63	61	57			
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,01	0,01	0,04	0,08	0,09	0,19	0,35	0,37	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			115
																									0,56

Trillingsprognose railverkeer

project	Haarrijnweg 5, Maarssen	bronspectrum	Goederentrein, 26-10-2022 01:36	voelbare passages p/u	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtype	Woningen, op staal	vormfactor C_f	0,72	peiljaar	2022	
gebouwafstand (tot spoor)	25 m	referentieafstand	22 m	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)	86	89	91	106	109	108	114	110	113	104	100	86	83	76	76	77	77	78	78	79	77	75			119
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)	89	92	94	109	112	111	117	113	116	107	103	89	86	79	79	80	80	81	81	82	80	78			122
snelheidscorrectie	-1,0	-0,8	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4			121
afstandscorrectie	88	91	94	108	111	111	116	113	115	106	102	87	85	78	78	79	79	80	81	81	78	77			121
L_w [dB]	88	91	94	108	111	111	116	113	115	106	102	87	85	78	78	79	79	80	81	81	78	77			1,15
V_{rms} [mm/s]	0,03	0,04	0,05	0,25	0,36	0,34	0,67	0,42	0,59	0,19	0,12	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			1,60

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 3	overdracht Haarrijnweg (V)																						
$H_{v,3}$ [dB]	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-7,0	-7,0	-7,0	-7,0	-8,0	-10,0	-11,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0			
L_w [dB]	82	85	88	102	105	105	110	107	108	99	95	80	77	68	67	66	67	68	69	66	65				115
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,02	0,02	0,13	0,18	0,17	0,33	0,21	0,26	0,09	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,56
																									0,78

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

Begane grond	vloer type:	vloer type 3	($f_0 = 10-20$ Hz)																						
$H_{v,3}$ [dB]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,4	2,3	3,8	6,1	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1	1,4			
L_w [dB]	82	86	88	102	105	105	111	108	110	101	98	87	84	75	73	72	72	72	72	72	68	66			116
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,02	0,03	0,13	0,19	0,18	0,36	0,24	0,31	0,11	0,08	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,62
																									0,87

1e verdieping

Trillingsprognose railverkeer

voelbare passages p/u	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
peiljaar	2022	
rijksnelheid	90	km/u
referentie snelheid	90	km/u

[illegible][illegible]

Begane grond	vloertype:																									
H _{V,basis}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	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 [dB]	83	90	98	102	100	104	105	99	77	73	62	54	52	50	49	48	50	51	52	53	51	47				
V _{rms} [mm/s]	0,01	0,03	0,08	0,13	0,10	0,16	0,18	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
																					V _{top}	0,44				

$H_{v,3}$ [dB]	0,0	0,2	0,3	0,5	0,8	1,4	2,4	4,6	6,3	0,9	-0,1	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8		
$H_{v,100}$ [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	0,0	0,0	0,0	0,0		
L_v [dB]	83	91	98	103	101	105	107	104	83	74	62	54	52	49	48	48	49	50	51	52	50	46		112	
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,03	0,08	0,14	0,11	0,19	0,23	0,16	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,39	
																								V_{top}	0,54

$H_{v,3}$ [dB]	0,0	0,4	0,6	1,0	1,6	2,7	4,9	9,2	12,6	1,7	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,4	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5			
$H_{v,400}$ [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]	84	91	99	103	102	107	110	108	90	75	62	54	51	49	47	47	49	49	50	51	49	45		114	
v_{rms} [mm/s]	0,02	0,03	0,09	0,14	0,12	0,22	0,31	0,27	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,51	
																								v_{top}	0,71

Begane grond	gebuys-type:																overdracht Haarnrijweg (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 _r [dB]	68	77	87	93	92	98	100	96	74	71	61	54	52	49	49	48	50	51	52	53	51	47		
V _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,08	0,10	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
																			V _{per}	0,002				

L_v [dB]	68	77	87	93	93	99	103	100	81	72	61	53	51	49	48	48	49	50	51	52	50	46	106
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,01	0,02	0,05	0,05	0,09	0,14	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
																			V_{per}				0,005

L_{eff} [dB]	68	78	88	94	94	101	105	105	87	73	61	53	51	48	47	47	49	49	50	51	49	45		109
$V_{\text{eff,max}}$ [mm/s]	0,00	0,01	0,02	0,05	0,05	0,11	0,18	0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,28
																				V_{per}				0,007

Trillingsprognose railverkeer

project	Haarrijnweg 5, Maarssen	bronspectrum	Goederentrein, 26-10-2022 01:36	voelbare passages p/u	0 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtipe	Woningen, op staal	vormfactor C_f	0,72 (verhouding V_{rms}/V_{top})	peiljaar	2022
gebouwafstand (tot spoor)	50 m	referentieafstand	22 m	rijnsnelheid	90 km/u
				referentie snelheid	90 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)	86	89	91	106	109	108	114	110	113	104	100	86	83	76	76	77	77	78	78	79	77	75			119
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			122
bronspectrum (rms, max)	89	92	94	109	112	111	117	113	116	107	103	89	86	79	79	80	80	81	81	82	80	78			122
snelheidscorrectie	-4,9	-4,1	-3,5	-3,7	-4,0	-4,5	-5,2	-6,0	-7,0	-8,3	-9,8	-11,7	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9			116
L_v [dB]	84	88	91	105	108	107	112	107	109	98	93	77	74	68	67	68	69	69	69	70	68	66			116
V_{rms} [mm/s]	0,02	0,03	0,04	0,18	0,24	0,21	0,39	0,23	0,29	0,08	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,66
																									0,92

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtipe:	User defined 3	overdracht Haarrijnweg (V)																						
$H_{v,3}$ [dB]	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-7,0	-7,0	-7,0	-8,0	-10,0	-11,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0	-12,0			110
L_v [dB]	78	82	85	99	102	101	106	101	102	91	86	70	66	58	56	56	57	57	57	58	56	54			110
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,02	0,09	0,12	0,11	0,20	0,12	0,13	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,32
																									0,45

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

Begane grond	vloortype:	vloortype 3	($f_0 = 10-20$ Hz)																						
$H_{v,3}$ [dB]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,4	2,3	3,8	6,1	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1	1,4			111
L_v [dB]	78	82	85	99	102	101	107	102	104	94	90	76	74	65	63	62	62	62	61	61	58	56			111
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,02	0,09	0,13	0,11	0,21	0,13	0,15	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,36
																									0,50

1e verdieping	vloortype:	vloortype 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	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3			111
$H_{v,3,ver}$ [dB]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,4	2,3	3,8	6,1	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1	1,4			111
L_v [dB]	78	82	85	99	102	101	107	102	104	94	90	76	74	65	63	62	62	62	61	61	58	56			111
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,02	0,09	0,13	0,11	0,21	0,13	0,15	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,36
																									0,50

2e verdieping	vloortype:	vloortype 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	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5			111
$H_{v,3,ver}$ [dB]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,4	2,3	3,8	6,1	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1	1,4			111
L_v [dB]	78	82	85	99	102	101	107	102	104	94	90	76	74	65	63	62	62	62	61	61	58	56			111
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,02	0,09	0,13	0,11	0,21	0,13	0,15	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,36
																									0,50

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})	gebouwtipe:	User defined 3	overdracht Haarrijnweg (V)																						
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			107
L_v [dB]	63	69	74	90	94	95	102	99	101	92	89	75	73	64	63	62	62	61	61	61	58	56			107
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,06	0,12	0,09	0,11	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,21
																									0,005

1e verdieping																									
L_v [dB]	63	69	74	90	94	95	102	99	101	92	89	75	73	64	63	61	62	61	61	61	58	56			107
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,06	0,12	0,09	0,11	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,21
																									0,005

2e verdieping																									
L_v [dB]	63	69	74	90	94	95	102	99	101	92	89	75	73	64	63	61	62	61	61	61	57	55			107
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,06	0,12	0,09	0,11	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,21
																									0,005

Trillingsprognose railverkeer

project	Haarrijnweg 5, Maarssen	bronspectrum	Goederentrein, 28-10-2022 09:59	voelbare passages p/u	0 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtipe	Woningen, op palen	vormfactor C_f	0,72 (verhouding V_{rms}/V_{top})	peiljaar	2022
gebouwafstand (tot spoor)	25 m	referentieafstand	22 m	rijnsnelheid	90 km/u
				referentie snelheid	90 km/u

Gerund op staal - 50m

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)	90	95	101	105	104	109	112	108	88	88	79	74	73	71	72	72	74	74	75	76	74	70			116
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			119
bronspectrum (rms, max)	93	98	104	108	107	112	115	111	91	91	82	77	76	74	75	75	77	77	78	79	77	73			119
snelheidscorrectie	-3,3	-2,7	-1,9	-1,2	-1,3	-1,4	-1,5	-1,7	-1,8	-2,1	-2,3	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7			117
L_v [dB]	90	95	102	107	105	111	113	109	89	88	80	74	73	71	72	72	74	75	76	77	74	70			117
V_{rms} [mm/s]	0,03	0,06	0,13	0,21	0,18	0,34	0,45	0,29	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00			0,71
																									0,99

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtipe:	User defined 0	overdracht laagbouw op palen (H)																						
$H_{v,3}$ [dB]	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,5	-8,5	-9,5	-10,0	-10,5	-11,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5			114
L_v [dB]	88	94	101	105	103	108	109	104	83	80	70	64	62	60	59	59	60	61	62	63	61	57			114
V_{rms} [mm/s]	0,03	0,05	0,11	0,18	0,15	0,24	0,29	0,16	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,49
																									0,68

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

Begane grond	vloertype: user defined																							
$H_{v, \text{vloer}}$	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]	88	94	101	105	103	108	109	104	83	80	70	64	62	60	59	59	60	61	62	63	61	57		114
v_{ms} [mm/s]	0,03	0,05	0,11	0,18	0,15	0,24	0,29	0,16	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,49
																						v_{rms}		0,68

Nieuwbouwplan Haarrijnweg 5, Maarssen

Z

Trillingsprognose railverkeer

project Haarrijnweg 5, Maarssen
 gebouwtype Woningen, op palen
 gebouwafstand (tot spoor) 25 m

bronspectrum Goederentrein, 26-10-2022 01:36
 vormfactor C_z 0,72 (verhouding v_{rms}/v_{top})
 referentieafstand 22 m

voelbare passages p/u 0 (voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
 peiljaar 2022
 rijsnelheid 90 km/u
 referentie snelheid 90 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)	86	89	91	106	109	108	114	110	113	104	100	86	83	76	76	77	77	78	78	79	77	75			119
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			
bronspectrum (rms, max)	89	92	94	109	112	111	117	113	116	107	103	89	86	79	79	80	80	81	81	82	80	78			122
snelheidscorrectie																									
afstandscorrectie	-1,0	-0,8	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4			
L_v [dB]	88	91	94	108	111	111	116	113	115	106	102	87	85	78	78	79	79	80	81	78	77				121
v_{rms} [mm/s]	0,03	0,04	0,05	0,25	0,36	0,34	0,62	0,42	0,59	0,19	0,12	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			1,13
																									1,56

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 1	overdracht laagbouw op palen (V)																						
$H_{v, dyn}$ [dB]	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-11,0	-13,0	-14,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0			
L_v [dB]	79	81	84	99	102	102	107	104	105	98	92	77	74	65	64	63	64	65	66	63	62				112
v_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,02	0,09	0,13	0,12	0,22	0,15	0,19	0,06	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,39
																									0,54

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

SBR grond	vloertype:	vloertype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v, dyn}$ [dB]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,4	2,3	3,8	6,1	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1	1,4			
L_v [dB]	79	83	85	99	102	102	108	105	107	98	95	84	81	72	70	69	69	69	69	69	65	63			113
v_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,02	0,09	0,13	0,13	0,24	0,17	0,22	0,08	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,43
																									0,60

1e verdieping

1e verdieping	vloertype:	vloertype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v, dyn}$ [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	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3			
L_v [dB]	79	83	85	99	102	102	108	105	107	98	95	84	81	72	70	69	69	69	69	69	65	63			113
v_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,02	0,09	0,13	0,13	0,24	0,17	0,22	0,08	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,43
																									0,60

2e verdieping

2e verdieping	vloertype:	vloertype 3	(fo = 10-20 Hz)																						
$H_{v, dyn}$ [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	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5			
L_v [dB]	79	83	85	99	102	102	108	105	107	98	95	84	81	72	70	69	69	69	68	68	65	63			113
v_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,02	0,09	0,13	0,13	0,24	0,17	0,22	0,08	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,43
																									0,60

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

Begane grond	gebouwtype:															overdracht laagbouw op palen (V)									
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]	64	69	74	90	95	96	103	101	104	96	94	83	81	72	70	69	69	69	69	69	65	63		109	
v _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,06	0,14	0,11	0,16	0,06	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,27	
																								0,006	
1e verdieping																									
L _v [dB]	64	69	74	90	95	96	103	101	104	96	94	83	81	72	70	69	69	69	68	69	65	63		109	
v _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,06	0,14	0,11	0,16	0,06	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,27	
																								0,006	
2e verdieping																									
L _v [dB]	64	69	74	90	95	96	103	101	104	96	94	83	81	72	70	69	69	69	68	68	65	63		109	
v _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,06	0,14	0,11	0,16	0,06	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,27	
																								0,006	

Gefundeerd op palen - 25m

X

Trillingsprognose railverkeer

project	Haarrijnweg 5, Maarssen	bronspectrum	Goederentrein, 28-10-2022 09:59	voelbare passages p/u	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtipe	Woningen, op palen	vormfactor C_r	0,72	peiljaar	2022	
gebouwalstand (tot spoor)	50 m	referentieafstand	22 m	rijnsnelheid	90	km/u
				referentie snelheid	90	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)	90	95	101	105	104	109	112	108	88	88	79	74	73	71	72	72	74	74	75	76	74	70			116
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)	93	98	104	108	107	112	115	111	91	91	82	77	76	74	75	75	77	77	78	79	77	73			119
snelheidscorrectie	-9,6	-7,7	-6,0	-5,6	-6,0	-6,6	-7,3	-8,1	-9,1	-10,5	-12,2	-14,2	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4			
afstandscorrectie	83	90	98	102	101	106	107	103	82	80	70	63	61	60	61	60	62	63	64	65	63	59			112
L_w [dB]	0,01	0,03	0,08	0,13	0,11	0,19	0,23	0,14	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,38
V_{rms} [mm/s]																									0,53

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtipe:	User defined 0	overdracht laagbouw op palen (H)																						
$H_{v,1}$ [dB]	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,5	-8,5	-9,5	-10,0	-10,5	-11,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5			
L_w [dB]	82	89	97	101	99	103	103	98	75	71	60	53	51	48	47	47	49	49	50	51	49	45			108
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,03	0,07	0,11	0,08	0,13	0,15	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,27
																									0,37

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			
L_w [dB]	82	89	97	101	99	103	103	98	75	71	60	53	51	48	47	47	49	49	50	51	49	45			108
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,03	0,07	0,11	0,08	0,13	0,15	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,27
																									0,37

1e verdieping	vloertype: user defined																							
H _{v,3} [dB]	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,2	2,1	3,9	7,0	2,1	-0,1	-0,2	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8			
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			
L _w [dB]	82	89	97	101	99	103	105	100	79	78	63	53	50	48	47	46	48	49	50	51	48	44		109
v _{rms} [mm/s]	0,01	0,03	0,07	0,11	0,09	0,14	0,17	0,10	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,29	
																								V _{top} 0,41

2e verdieping										vloertype: user defined																			
H _{v,3} [dB]	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,4	2,4	4,1	7,7	14,0	4,2	-0,1	-0,5	-0,7	-1,0	-1,3	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5								
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								
L _w [dB]	82	89	97	101	99	104	106	102	83	85	65	53	50	47	46	46	47	48	49	50	48	44		110					
v _{rms} [mm/s]	0,01	0,03	0,07	0,12	0,09	0,16	0,20	0,13	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,33						
																							V _{top}	0,46					

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})	Begane grond	gebouwtipe:	User defined 0	overdracht laagbouw op palen (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			102
L_w [dB]	67	76	85	91	91	96	99	94	73	70	59	52	50	48	47	47	49	49	50	51	49	45			0,13
$V_{eff,max}$ [mm/s]	0,00	0,01	0,02	0,04	0,03	0,07	0,09	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,001
																									0,002

1e verdieping	L_w [dB]	$V_{eff,max}$ [mm/s]																							
	67	76	86	91	91	97	100	96	77	77	61	52	50	48	47	46	48	49	50	51	48	44			104
	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,07	0,10	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,15
																									0,002

2e verdieping	L_w [dB]	$V_{eff,max}$ [mm/s]																							
	67	76	86	92	92	98	101	98	81	84	64	52	50	47	46	45	47	48	49	50	48	44			105
	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,08	0,11	0,08	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,17
																									0,003

Trillingsprognose railverkeer

project	Haarrijnweg 5, Maarssen	bronspectrum	Goederentrein, 26-10-2022 01:36	voelbare passages p/u	0	(voelbaar $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtipe	Woningen, op palen	vormfactor C_r	0,72	peiljaar	2022	
gebouwalstand (tot spoor)	50 m	referentieafstand	22 m	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)	86	89	91	106	109	108	114	110	113	104	100	86	83	76	76	77	77	78	78	79	77	75			119
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)	89	92	94	109	112	111	117	113	116	107	103	89	86	79	79	80	80	81	81	82	80	78			122
snelheidscorrectie	-4,9	-4,1	-3,5	-3,7	-4,0	-4,5	-5,2	-6,0	-7,0	-8,3	-9,8	-11,7	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9			
L _w [dB]	84	88	91	105	108	107	111	107	109	98	93	77	74	68	67	68	69	69	69	70	68	66			116
V _{rms} [mm/s]	0,02	0,03	0,04	0,18	0,24	0,21	0,37	0,23	0,29	0,08	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,65
																									0,90

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtipe:	User defined 1	overdracht laagbouw op palen (V)																						
$H_{v,1}$ [dB]	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-11,0	-13,0	-14,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0			
L_w [dB]	75	79	82	96	99	98	102	98	99	88	83	67	63	55	53	53	54	54	54	55	53	51			107
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,01	0,06	0,08	0,08	0,13	0,08	0,09	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,22
																									0,31

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

Begane grond	vloortype:	vloortype 3	($f_0 = 10-20$ Hz)																						
$H_{v,1}$ [dB]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,4	2,3	3,8	6,1	7,4	7,1	6,5	6,0	5,4	4,7	3,8	3,0	2,1	1,4			
L_w [dB]	75	79	82	96	99	98	103	99	101	91	87	73	71	62	60	59	59	59	58	58	55	53			108
V_{rms} [mm/s]	0,01	0,01	0,01	0,06	0,09	0,08	0,14	0,09	0,11	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,25
																									0,34

1e verdieping	vloort
---------------	--------