

Rapport

Lid NLingenieurs
ISO-9001:2000 gecertificeerd

Betreft: Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer in
geprojecteerde woningen aan de Molenstraat te Best

Rapportnummer: H 3940-1-RA

Datum: 3 september 2010

Ref.: LL/EdV/Lvl/H 3940-1-RA

1. Inleiding

In opdracht van gemeente Best is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde woningbouw aan de Molenstraat te Best.

Het bouwplan is gesitueerd tot op zeer korte afstand van de tunnelbak van de spoorlijn Den Bosch - Eindhoven. In het bouwplan zal een aantal eengezinswoningen en appartementen worden gerealiseerd.

Figuur 1 toont de ligging van de geprojecteerde woningbouw.

Het onderzoek bezit een in eerste instantie indicatief karakter. Doel van het onderzoek is te bezien in hoeverre te hanteren streefwaarden mogelijk worden overschreden.

Voor de beoordeling van de in de woning te verwachten trillingen is, zoals gebruikelijk, uitgegaan van de streefwaarden voor de maximaal optredende trillingssnelheden zoals opgenomen in de Richtlijn deel B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" van de Stichting Bouwresearch (SBR) van augustus 2006.

2. Metingen

2.1. Doel van de metingen en meetmethode

D.d. 12 augustus 2010 zijn op een nieuwbouwlocatie aan de Molenstraat te Best trillingmetingen verricht.

Peutz bv
Paletsingel 2, Postbus 696
2700 AR **Zoetermeer**
Tel. (079) 347 03 47
Fax (079) 361 49 85
info@zoetermeer.peutz.nl

Lindenlaan 41, Molenhoek
Postbus 66, 6585 ZH **Mook**
Tel. (024) 357 07 07
Fax (024) 358 51 50
info@mook.peutz.nl

L. Springerlaan 37,
Postbus 7, 9700 AA **Groningen**
Tel. (050) 520 44 88
Fax (050) 526 31 78
info@groningen.peutz.nl

Montageweg 5,
6045 JA **Roermond**
Tel. (0475) 324 333
info@roermond.peutz.nl

www.peutz.nl

Peutz GmbH
Düsseldorf, Bonn, Berlin
info@peutz.de
www.peutz.de

Peutz SARL
Paris, Lyon
Info@peutz.fr
www.peutz.fr

Peutz bv
London
info@peutz.co.uk
www.peutz.co.uk

Daidalos Peutz bvba
Leuven
Info@daidalospeutz.be
www.daidalospeutz.be

Köhler Peutz Geveltechniek bv
Zoetermeer
Info@gevel.com
www.gevel.com

Opdrachten worden aanvaard en
uitgevoerd volgens De Nieuwe
Regeling 2005

BTW identificatienummer
NL004933837B01
KvK: 12028033

De metingen hebben tot doel inzicht te verkrijgen met betrekking tot de trillingniveaus vanwege railverkeer.

Met betrekking tot de metingen is aansluiting gezocht bij de SBR Richtlijn deel B (Hinder voor personen in gebouwen).

2.2. Meetinstrumenten

De metingen werden uitgevoerd met behulp van de volgende instrumenten:

- Vibration Meters, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 2511;
- Accelerometer, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 4370;
- Accelerometer Calibrator, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 4291;
- Digital Audio Tape (DAT) recorder, fabrikaat Sony, type TCD-D10;
- Grondpen.

In het laboratorium werden de metingen geanalyseerd met behulp van:

- Digital Audio Tape (DAT) recorder, fabrikaat Sony, type PCM-R500;
- Level recorder, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 2317;
- Real Time Analyzer, fabrikaat Nortronic, type 830.

2.3. Meetresultaten

Ten behoeve van het onderhavige onderzoek zijn op de nieuwbouwlocatie aan de Molenstraat trillingmetingen verricht. De metingen zijn verricht tussen 8.30 en 12.00 uur op 12 augustus 2010.

Op basis van de ter plaatse in de afzonderlijke richtingen gemeten trillingniveaus in combinatie met het normaliter te verwachten trillingsgedrag van woningen, met name mogelijk optredende opslingering in vloeren, kan worden gesteld dat de verticale trillingen (z-richting) maatgevend zullen zijn bij de beoordeling.

De hierna weergegeven resultaten beperken zich dan ook tot deze z-richting.

Gezien de ligging en omvang van het woningbouwplan is gekozen voor een viertal meetposities, zie figuur 2. De metingen zijn verricht met een tweetal meetsystemen waarbij één meetsysteem is opgesteld op een vaste positie (nr. 1). Een tweede meetsysteem is achtereenvolgens op drie andere posities opgesteld. Van deze drie posities zijn twee posities gelegen langs de tunnelbak op gelijke afstand tot de tunnelbak en is één positie gelegen op grotere afstand tot de tunnelbak.

Op dit viertal meetposities is gedurende langere tijd in de bodem gemeten.

Van het ter plaatse geregistreerde signaal is middels een KB-filter en een level recorder (integratietijd "fast") de zogenaamde maximale trillingsterkte $V_{\max}$ bepaald. Deze maximale trillingsterkte betreft de trillingsterkte (dimensieloos) overeenkomstig SBR richtlijn B.

Tabel 1 geeft een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$. In de tabel wordt voor een aantal van de metingen verwezen naar figuren in bijlage I waarin de spectrale verdeling van het trillingniveau is weergegeven. Bijlage II geeft illustratief het trillingniveau als functie van de tijd van enkele treinpassages.

De weergegeven waarde betreft de trillingsterkte (dimensieloos) overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz).

Tabel 1: Meetresultaten

Tijd	Type trein	Rijrichting	Maximaal optredende trillingsterkte [-]				Figuur
			positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	
8:37	dubbeldekker	Eindhoven	0,06	0,01			
8:40	intercity met locomotief	Den Bosch	0,40	0,14			
8:41	dubbeldekker	Den Bosch	0,35	0,14			
8:44	goederentrein	Den Bosch	0,24	0,11			I.1/I.2
8:45	MAT64	Den Bosch	0,04	0,03			
8:48	MAT64	Eindhoven	0,04	0,03			
8:51	dubbeldekker	Eindhoven	0,06	0,08			
8:52	intercity met locomotief	Eindhoven	0,13	0,06			
8:55	intercity met locomotief	Den Bosch	0,63	0,22			I.3/I.4
8:58	MAT64	Den Bosch	0,06	0,04			
9:03	MAT64	Eindhoven		0,03			
9:03	locomotief	Eindhoven		0,06			
9:06	dubbeldekker	Eindhoven	0,09	0,08			
9:08	dubbeldekker	Den Bosch	0,24	0,14			
9:09	intercity met locomotief	Den Bosch	0,45	0,18			
9:13	MAT64	Den Bosch	0,04	0,09			
9:17	MAT64	Eindhoven	0,03	0,04			
9:21	dubbeldekker	Eindhoven	0,07	0,05			
9:22	dubbeldekker	Eindhoven	0,07	0,08			
9:24	dubbeldekker	Den Bosch	0,28	0,13			
9:30	intercity met locomotief	Den Bosch	0,28	0,13			
9:32	MAT64	Eindhoven	0,03	0,02			
9:36	dubbeldekker	Eindhoven	0,06	0,08			
9:40	intercity met	Den Bosch	0,45	0,22			I.5/I.6

Tijd	Type trein	Rijrichting	Maximaal optredende trillingsterkte [-]				Figuur
	locomotief						
9:44	MAT64	Den Bosch	0,04	0,03			
9:45	goederentrein	Den Bosch	0,11	0,07			
9:47	MAT64	Eindhoven	0,03	0,02			
9:52	intercity met locomotief	Eindhoven	0,08	0,09			
9:54	dubbeldekker	Den Bosch	0,42	0,14			I.7/I.8
9:58	dubbeldekker	Eindhoven	0,07	0,08			
10:07	MAT64	Eindhoven	0,03	0,02			
10:08	intercity met locomotief	Den Bosch	0,32	0,11			
10:09	dubbeldekker	Den Bosch		0,02			
10:10	dubbeldekker	Eindhoven		0,14			
10:14	MAT64	Den Bosch		0,02			
10:33	MAT64	Eindhoven	0,03				
10:36	MAT64	Eindhoven	0,04				
10:38	dubbeldekker	Eindhoven	0,07		0,03		
10:39	intercity met locomotief	Den Bosch	0,40		0,24		
10:40	dubbeldekker	Den Bosch	0,35		0,16		
10:44	goederentrein	Den Bosch	0,18		0,17		
10:47	goederentrein	Eindhoven	0,14		0,07		
10:49	MAT64	Eindhoven	0,03		0,01		
10:52	intercity met locomotief	Eindhoven	0,06		0,02		
10:53	dubbeldekker	Eindhoven	0,28		0,17		
10:58	MAT64	Den Bosch	0,04		0,03		
10:59	ICE	Den Bosch	0,21		0,11		
11:02	MAT64	Eindhoven	0,07		0,01		I.9/I.10
11:02	ICE	Eindhoven			0,04		
11:04	dubbeldekker	Eindhoven	0,07		0,03		
11:09	intercity met locomotief	Den Bosch	0,67		0,32		I.11/I.12
11:14	MAT64	Den Bosch	0,06				
11:37	dubbeldekker	Eindhoven	0,09			0,07	
11:38	dubbeldekker	Den Bosch	0,18			0,28	
11:38	dubbeldekker	Den Bosch	0,40			0,25	
11:42	MAT64	Den Bosch	0,04			0,03	
11:51	dubbeldekker	Eindhoven	0,06			0,05	
11:53	dubbeldekker	Den Bosch	0,27			0,19	
11:54	intercity met locomotief	Eindhoven	0,09			0,11	
11:57	MAT64	Den Bosch	0,05			0,05	
12:01	MAT64	Eindhoven	0,02				

Tijd	Type trein	Rijrichting	Maximaal optredende trillingsterkte [-]				Figuur
12:02	goederentrein	Den Bosch	0,15				

3. Normstelling

In het kader van objectivering van mogelijke hinder ondervonden in een trillinggevoelige bestemming worden de gemeten trillingsterkten getoetst aan de in dit kader te hanteren streefwaarden zoals opgenomen in de SBR Richtlijn B 'Hinder voor personen in gebouwen'.

De trillingen ten gevolge van railverkeer kunnen worden gekwalificeerd als zogenaamde herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd. Voor nieuwe situaties dienen daarbij de streefwaarden zoals weergegeven in tabel 2 van de SBR B te worden gehanteerd:

Tabel 2: Streefwaarden conform SBR B

gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

4. Beoordeling

4.1. Metingen

Beschouwing van tabel 1 toont dat tijdens de metingen een 5-tal passages van goederentreinen is gemeten. Verder is sprake van een 54-tal passages van passagierstreinen, één passage van een locomotief en een 2-tal passages van een hogesnelheidstrein ICE. De metingen kunnen als voldoende representatief worden aangemerkt.

Aangaande de meetresultaten kan worden gesteld dat in de meetposities trillingsterkten optreden tot 0,67 bij treinpassages.

Opvallend is dat de waargenomen trillingsterkte vanwege de passerende goederentreinen laag is ten opzichte van een aantal passagierstreinen. Vaak zijn het juist

de goederentreinen die tot de hoogste trillingniveaus aanleiding geven. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de goederentreinen met aanzienlijk lagere snelheden de tunnel passeren. Met name enkele intercitytreinen passeren met hoge snelheid en resulteren daarbij in hoge trillingniveaus.

De meetwaarden kunnen op basis van ervaring als gangbaar worden gekwalificeerd. De waarden stemmen ook goed overeen met de subjectieve waarneming ter plaatse van de tunnelbak sprake was van duidelijk voelbare trillingen. Op meetpositie 2, op grotere afstand van de tunnelbak, was geen sprake meer van duidelijke voelbaarheid.

Verder kan worden gesteld dat bij passages van passagiers- en goederentreinen sprake is van twee maatgevende frequentiegebieden. Frequenties tussen 10 en 20 Hz vertonen hoge trillingniveaus waarbij verder verhoogde trillingniveaus worden aangetroffen van 60 tot 80 Hz.

4.2. Geprojecteerde woningen

De gemeten trillingsterkten dienen in principe gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslinging van (vrij overspannen) vloervelden.

Voor frequenties tussen 10 en 20 Hz kan sprake zijn van een relevante opslinging van trillingen in de vloer (globaal tot 8 à 10 dB). Bij de overgang van bodem naar fundament zal sprake zijn van een demping van globaal 5 dB. Eén en ander resulteert in een verhoging ten opzichte van de bodemmeting van 3 à 4 dB (factor 1,5).

Voor de frequenties tussen 60 en 80 Hz zal sprake zijn van een verlies bij het fundament van eveneens ca. 5 dB. In normaliter toe te passen vloeren zal echter geen sprake meer zijn van opslinging bij deze frequenties. Eén en ander resulteert in een verlaging ten opzichte van de bodemmeting van ca. 5 dB (factor 1,8).

De meetwaarden zoals genoemd in paragraaf 4.1 in combinatie met de aangegeven dempingen en versterkingen resulteren in te verwachten trillingsterkten in woningen zoals weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Te verwachten trillingsterkten in woningen

Meetpositie	Trillingsterkte [-]	
	passagierstreinen	Goederentreinen
1	0,48	0,22
2	0,21	0,13
3	0,23	-
4	0,22	-

5. Toetsing

Voor woningen geldt een zogenaamde onderste streefwaarde A_1 van 0,1. Deze waarde zal, gezien de resultaten zoals weergegeven in tabel 2, worden overschreden.

Bij overschrijding van de onderste streefwaarde wordt in eerste instantie toetsing aan de bovenste streefwaarde A_2 relevant. Omdat ook in de nacht sprake is van passerende treinen geldt een maatgevende A_2 van 0,2.

Ook deze waarde zal worden overschreden waarmede sprake is van een trillingstechnisch niet zonder meer inpasbare situatie.

Hoewel toetsing van de trillingsterkte V_{per} daarmede in principe niet meer aan de orde is, is volledigheidshalve wel de V_{per} bepaald teneinde inzicht te verkrijgen in de wenselijke reducties.

In tabel 4 is de voor onderhavig onderzoek gehanteerde frequentie van voertuigpassages weergegeven (afgerond naar boven op een geheel aantal passages per uur). Deze waarden zijn ontleend aan het programma ASWIN 2009 (gegevens onder verantwoordelijkheid van ProRail).

Tabel 4: Gehanteerde frequentie van voertuigpassages

Treintype	Frequentie per uur in de situatie 2010		
	Dagperiode (07.00-19.00 uur)	Avondperiode (19.00-23.00 uur)	Nachtperiode (23.00-07.00 uur)
Passagierstrein	18	19	4
Goederentrein	8	12	8

Op basis van de hoogst aangetroffen trillingsterkte voor goederentreinen (0,22) en passagierstreinen (0,48) is, rekening houdend met de eerder aangegeven dempingen en versterkingen in de bodem en fundering e.d., de zogenaamde V_{per} in woningen bepaald. Deze werkwijze kan worden gezien als een worst case benadering.

De V_{per} bedraagt in de geprojecteerde woningen maximaal 0,20 in de dag- en avondperiode en 0,10 in de nachtperiode. Hiermee wordt de streefwaarde van 0,05 overschreden.

Op ca. 30 m afstand van deze hoogst belaste woningen bedraagt de V_{per} in de woningen maximaal 0,09 in de dag- en avondperiode en 0,05 in de nachtperiode. Hiermee wordt de streefwaarde in de dag- en avondperiode eveneens overschreden maar wordt in de nachtperiode juist voldaan.

6. Mogelijke maatregelen

In principe zijn voor nieuwbouwwoningen nabij spoorwegen technieken beschikbaar die bescherming bieden tegen trillingen.

In het onderhavige geval zal evenwel in eerste instantie het probleem verder ingekaderd dienen te worden waarbij onder andere bezien zal dienen te worden hoever het probleem zich fysiek uitstrekt.

In het onderhavige geval is sprake van woningbouw die is voorzien op korte afstand van een tunnelbak. Binnen het plan treden de hoogste trillingniveaus op ter hoogte van de hoek van de Molenstraat en de Stationsstraat (positie 1).

Met een te verwachten trillingsterkte in woningen van maximaal ca. 0,5 bij een na te streven waarde van 0,2, en een te verwachten V_{per} van maximaal ca. 0,2 bij een streefwaarde van 0,05, kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 4 aan de orde is. Gezien ervaringen elders in den lande kan in eerste instantie worden opgemerkt dat een dergelijke doelstelling als zeer wel realiseerbaar kan worden gekwalificeerd.

Ter plaatse van positie 2, gelegen op ca. 30 m afstand vanaf de hoogst belaste woningen, wordt een trillingsterkte verwacht van maximaal ca. 0,2 en een V_{per} van maximaal ca. 0,1. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 2 aan de orde is.

Een in onderhavige situatie in principe mogelijke trillingisolerende voorziening is het aanbrengen van een flexibel materiaal tussen de fundering en de opbouw van de geprojecteerde gebouwen. In bijlage III van dit rapport is dit principe weergegeven (overgenomen uit leveranciersdocumentatie). Bijlage IV bevat tevens een nadere illustratie. Dergelijke trillingisolatoren kunnen bestaan uit matten gemaakt van polyurethaanschuim, rubber of kurkachtige stoffen. Genoemde matten kunnen eventueel dienen als bekisting ten behoeve van het storten van beton. In kritischer situaties (bij specifieke laagfrequente aanstoting) kunnen ook stalen veren(pakketten) worden toegepast.

De benodigde voorzieningen zullen op basis van nader onderzoek verder gedimensioneerd moeten worden.

Naast het verder inkaderen van het probleemgebied zal daarbij verder, bijvoorbeeld middels toepassing van FEM (Finite Element Method) modellering c.q. rekenmethoden, nader inzicht verkregen dienen te worden in de trillingoverdracht van trein naar woonvloer met inbegrip van invloeden van bodem (door middel van sonderingsgegevens), fundering (heipalen, stijve kelders), trillingisolerende afivering (matten) en gebouwresponsie (vloeropslingering). Dergelijke berekeningen zijn evenwel pas mogelijk en zinvol indien

de opbouw van de woningen verder bekend is en zullen derhalve normaliter pas in een later stadium verricht kunnen worden.

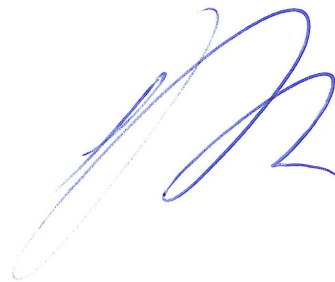
7. Conclusie

Op basis van de verrichte metingen kan worden geconcludeerd dat de in het kader van trillinghinder in woningen na te streven waarden zoals aangegeven in de Richtlijn deel B “Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn” van de Stichting Bouwresearch (SBR) van augustus 2006 zullen worden overschreden.

Op basis van het onderhavige onderzoek kan worden geconcludeerd dat, teneinde te voldoen aan de gehanteerde criteria, de trillingniveaus in de hoogste belaste woningen met een factor van ca. 4 dienen te worden gereduceerd.

Op basis van ervaring dient de situatie beoordeeld te worden als kritisch maar zeer wel technisch oplosbaar is. De exacte maatregelen kunnen pas in een later stadium worden gedimensioneerd. Middels deze maatregelen kan een acceptabel woonklimaat worden gewaarborgd zodat qua trillingen geen belemmeringen bestaan om vrijstelling van het bestemmingsplan te verlenen.

Mook,

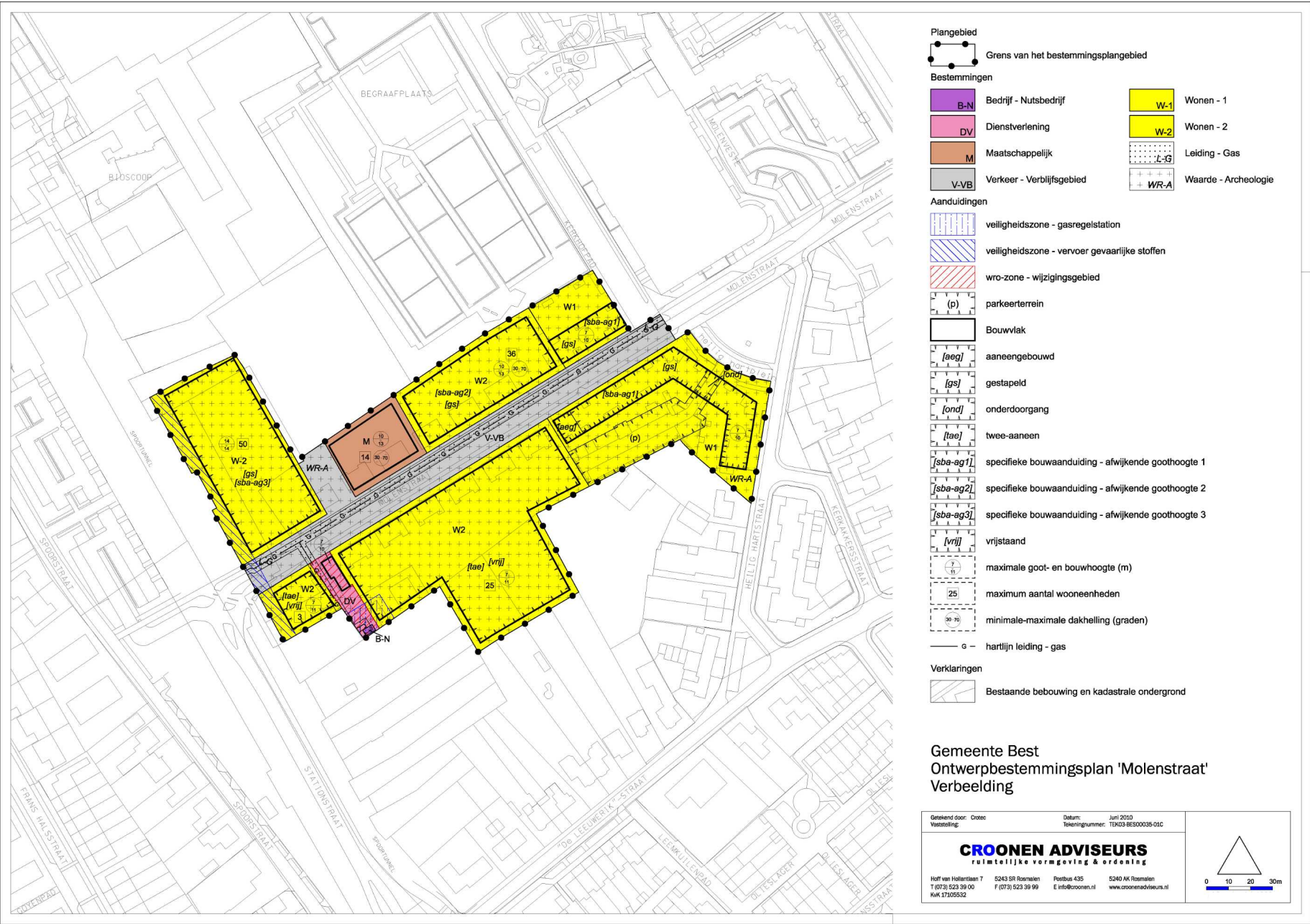


Dit rapport bestaat uit:

9 pagina's.

2 figuren

Bijlage I t/m IV

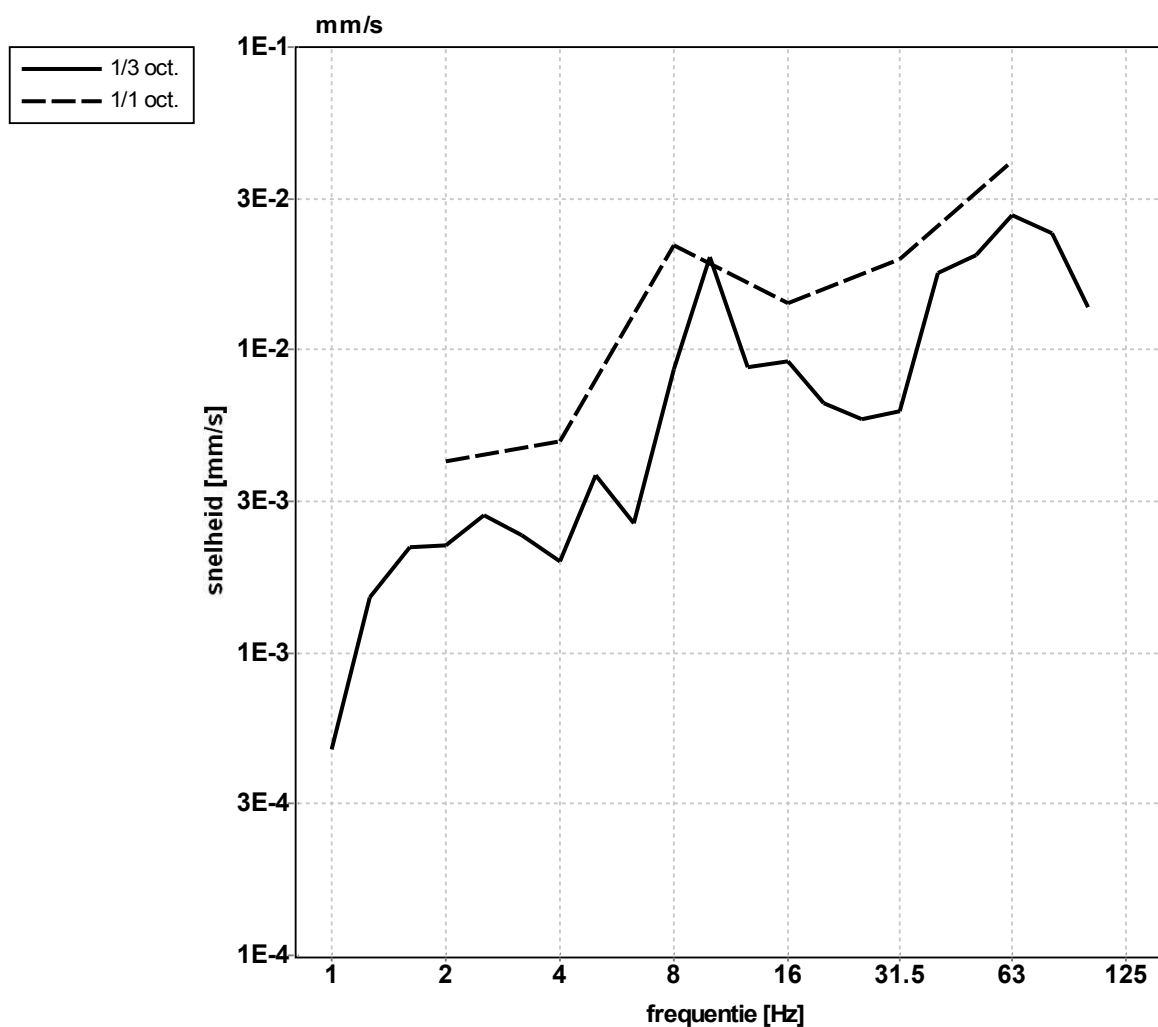




8:44; goederentrein, positie 1

bestandsnaam h3940m2.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0543 mm/s KB = 0,05

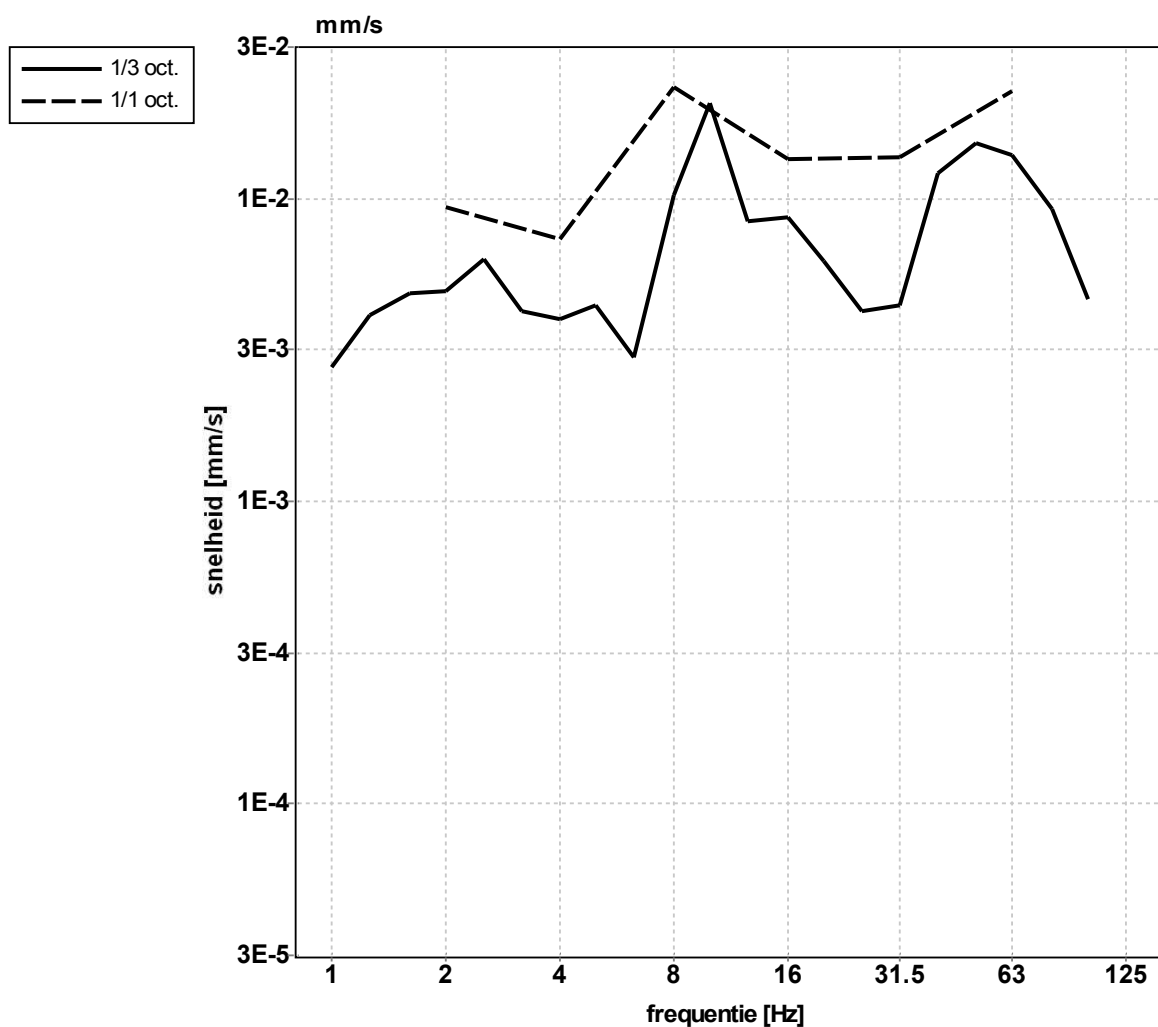


getalwaarden behorend bij grafiek: [x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,048 0,151	0,224 0,226	0,245 0,200	0,269 0,861	0,881 0,912	0,589 0,624	2,065 2,786	1,380 mm/s
1/1 oct.		0,427	0,498	2,211	1,433	1,993	4,233	m m /

8:44; goederentrein, positie 2

bestandsnaam h3940m3.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0403 mm/s KB = 0,04

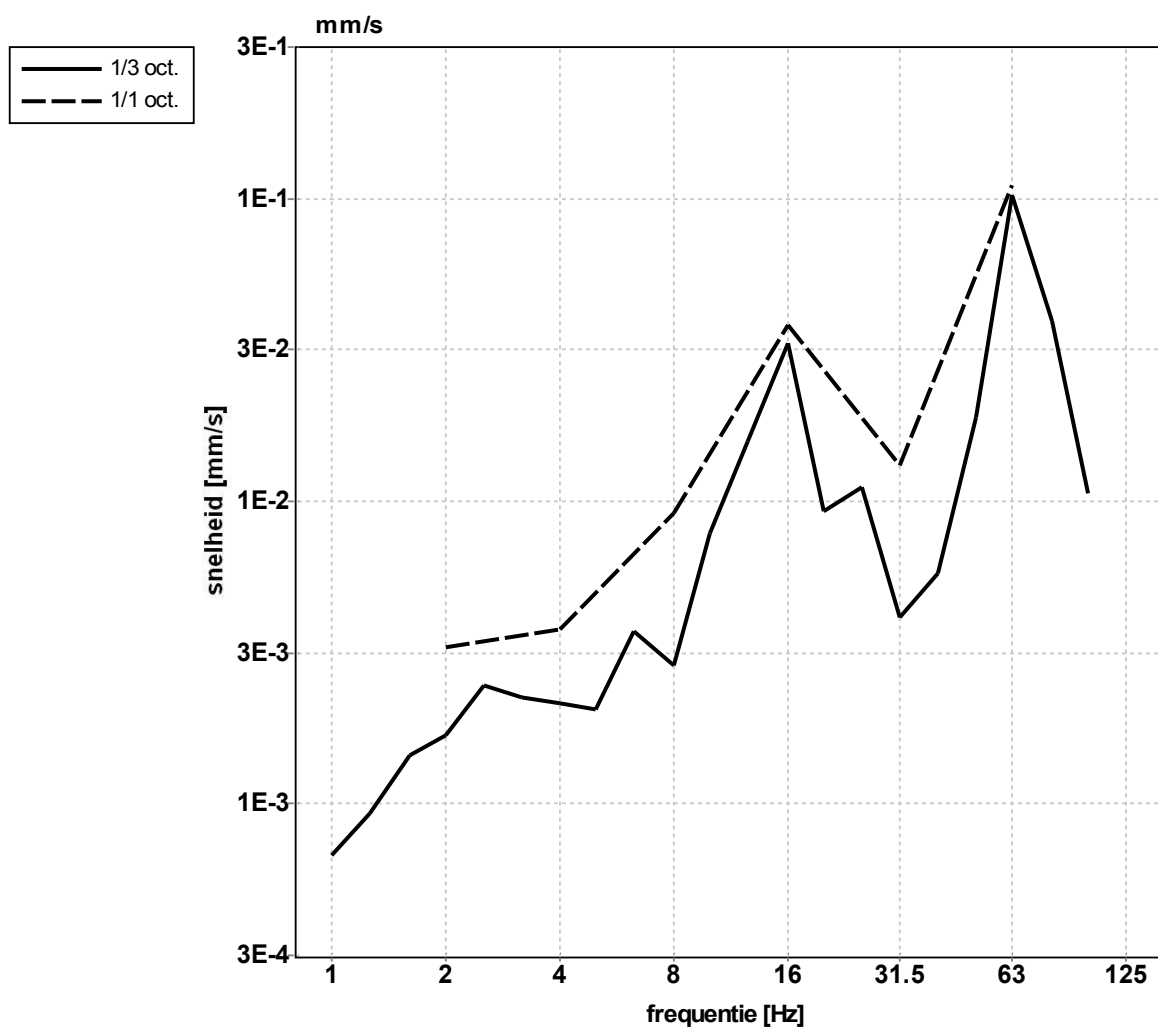


getalwaarden behorend bij grafiek: [x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,279	0,484	0,427	0,299	0,841	0,422	1,514	0,468
	0,412	0,631	0,447	2,065	0,617	1,216	0,923	mm/s
1/1 oct.		0,937	0,735	2,324	1,359	1,361	2,247	mm/s

8:55; intercity met loc, positie 1

bestandsnaam h3940m2.lvn

Gemiddelde waarde = 0,116 mm/s KB = 0,12

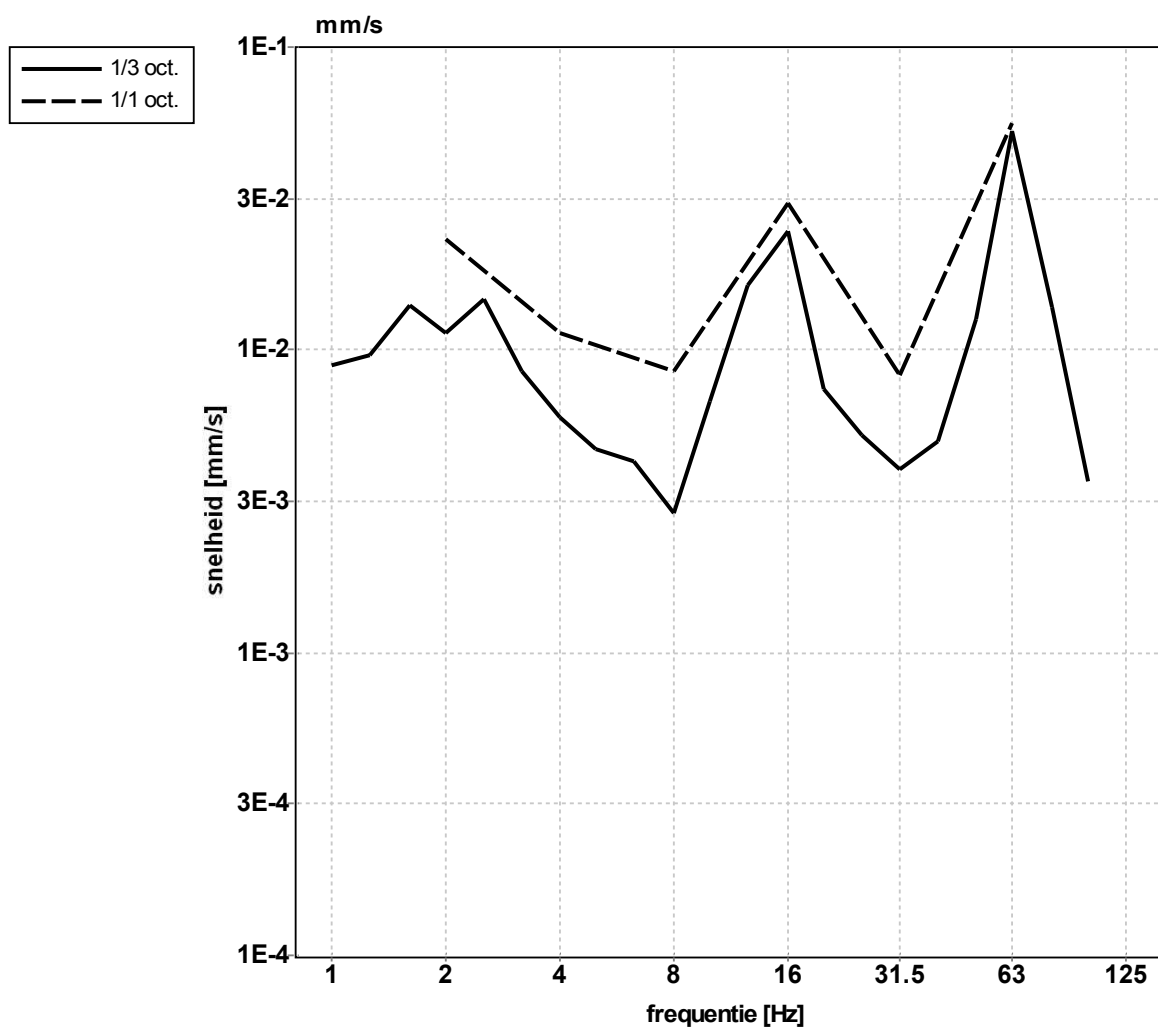


getalwaarden behorend bij graf iek: [x 0,1]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,007 0,009	0,014 0,017 0,025	0,023 0,022 0,021	0,037 0,029 0,079	0,157 0,335 0,092	0,111 0,042 0,058	0,188 1,023 0,394	0,106 mm/s
1/1 oct.		0,033	0,038	0,092	0,381	0,132	1,112	m m /

8:55; intercity met loc, positie 2

bestandsnaam h3940m3.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0716 mm/s KB = 0,06

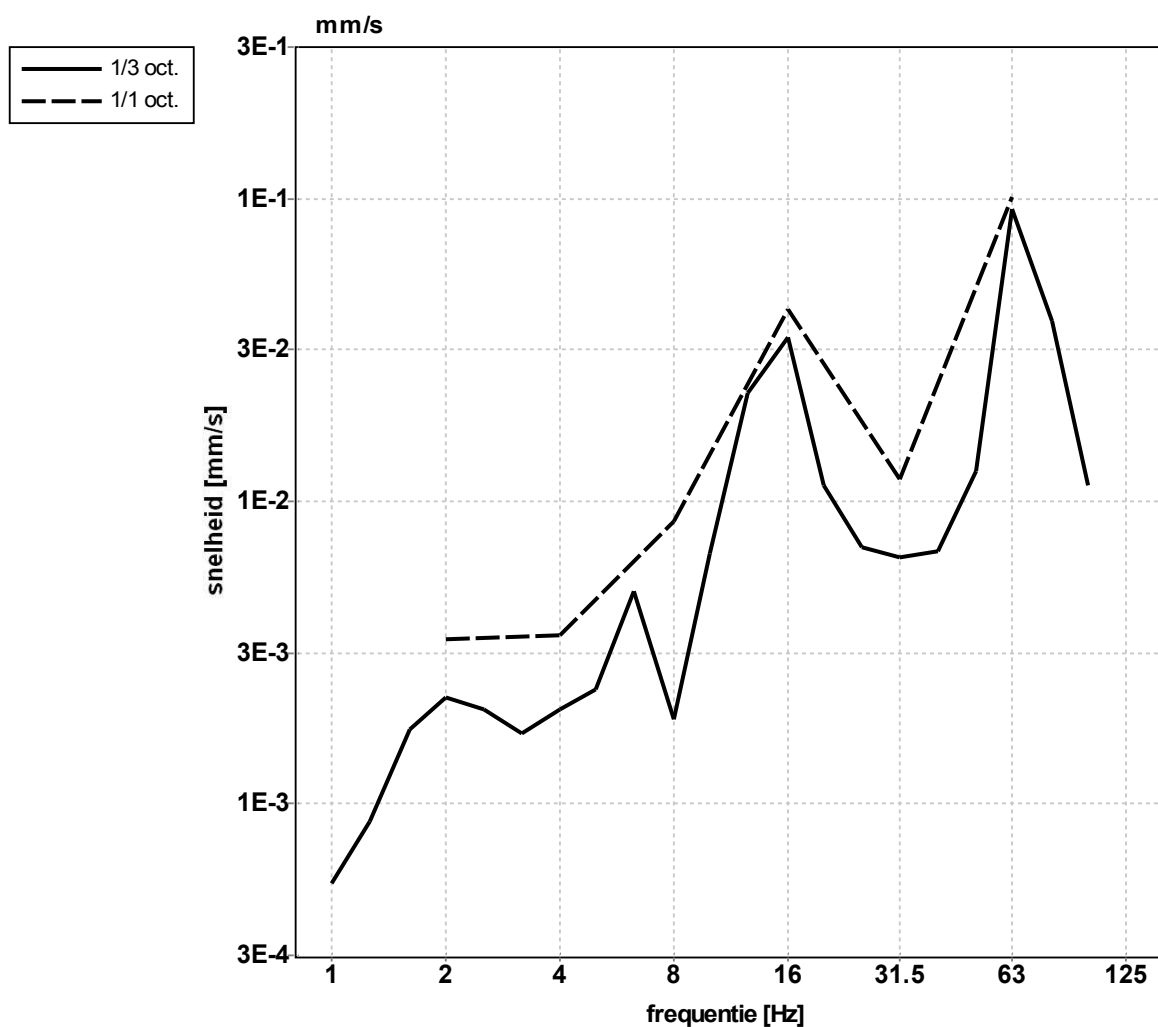


getalwaarden behorend bij grafiek: [x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,891 0,966	1,396 1,135	0,851 0,603	0,432 0,288	1,641 2,483	0,519 0,403	1,259 5,248	0,367 mm/s
1/1 oct.		2,319	1,143	0,852	3,067	0,826	5,571	mm /

9:40; intercity met loc, positie 1

bestandsnaam h3940m2.lvn

Gemiddelde waarde = 0,108 mm/s KB = 0,11

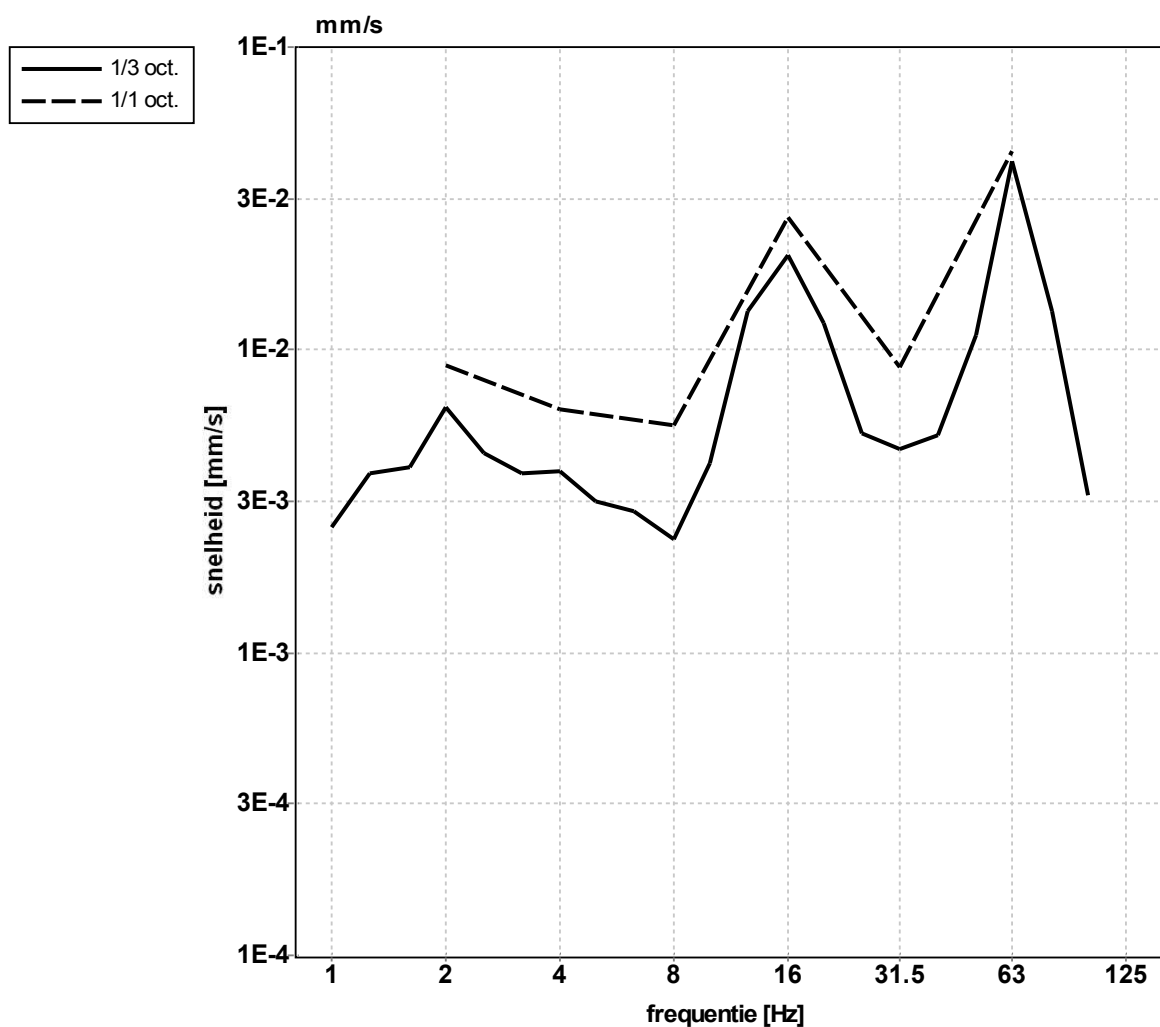


getalwaarden behorend bij graf iek: [x 0,1]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,005 0,009	0,018 0,022	0,017 0,020	0,050 0,019	0,226 0,351	0,071 0,065	0,126 0,923	0,114 mm/s
1/1 oct.		0,035	0,036	0,086	0,432	0,118	1,011	

9:40; intercity met loc, positie 2

bestandsnaam h3940m3.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0556 mm/s KB = 0,05

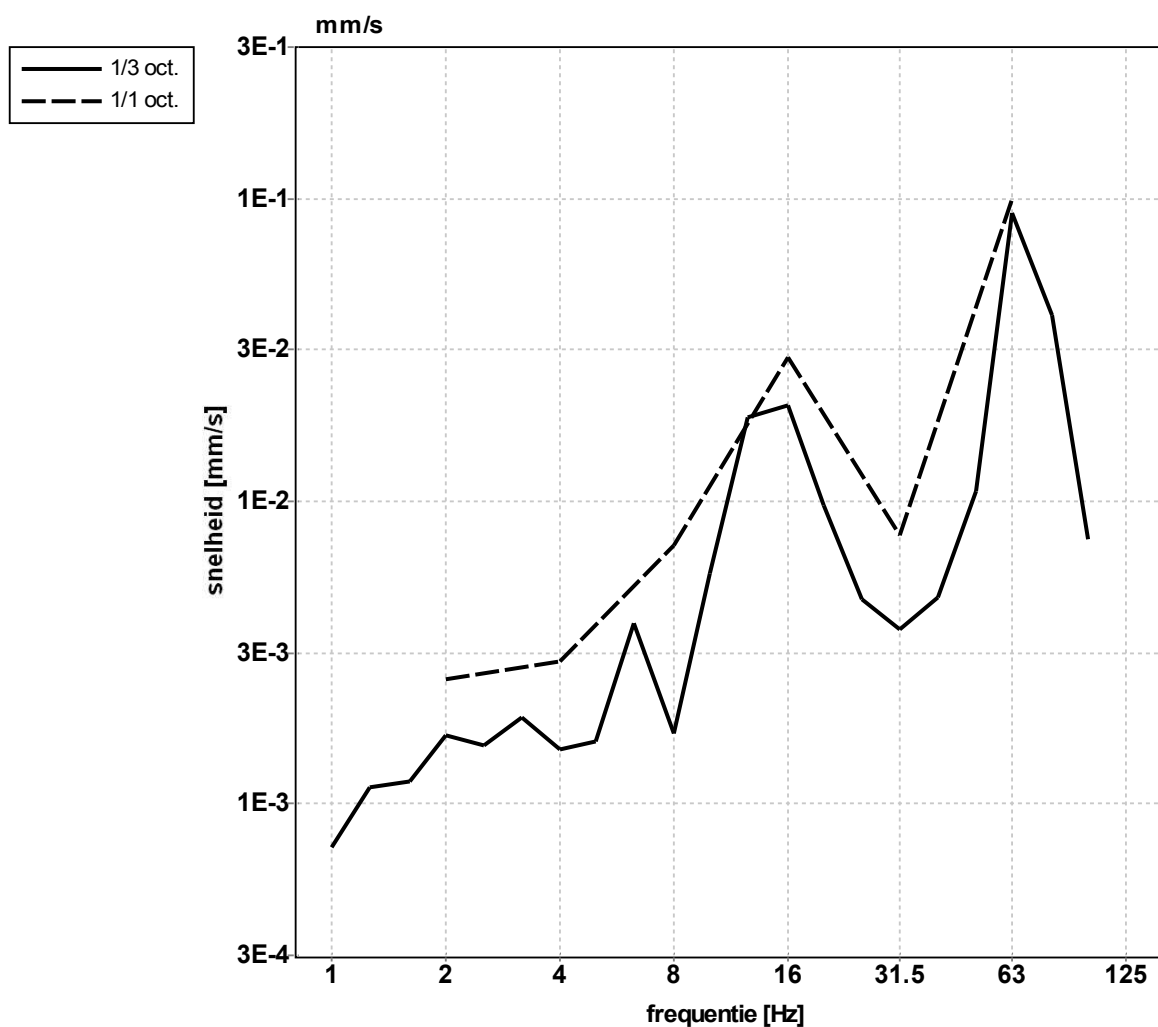


getalwaarden behorend bij grafiek: [x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,260 0,394	0,407 0,646	0,389 0,398	0,292 0,237	1,334 2,065	0,531 0,468	1,122 4,217	0,331 mm/s
1/1 oct.		0,890	0,640	0,565	2,749	0,881	4,563	

9:54; dubbeldekker, positie 1

bestandsnaam h3940m2.lvn

Gemiddelde waarde = 0,101 mm/s KB = 0,10

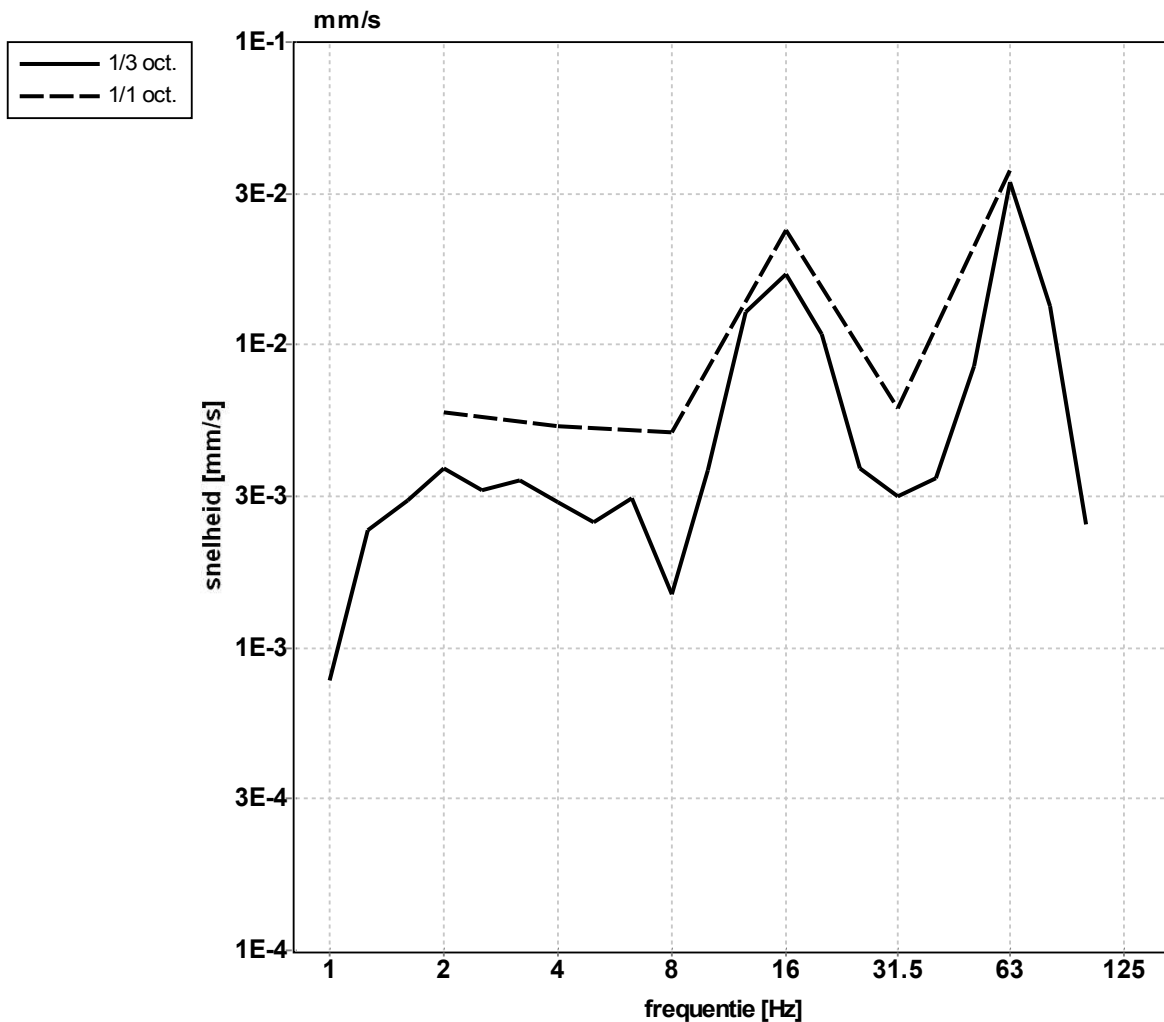


getalwaarden behorend bij graf iek: [x 0,1]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,007 0,011	0,012 0,017	0,019 0,015	0,039 0,017	0,188 0,209	0,047 0,038	0,108 0,891	0,075 mm/s
1/1 oct.		0,026	0,029	0,072	0,298	0,077	0,988	m m /

9:54; dubbeldekker, positie 2

bestandsnaam h3940m3.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0462 mm/s KB = 0,05

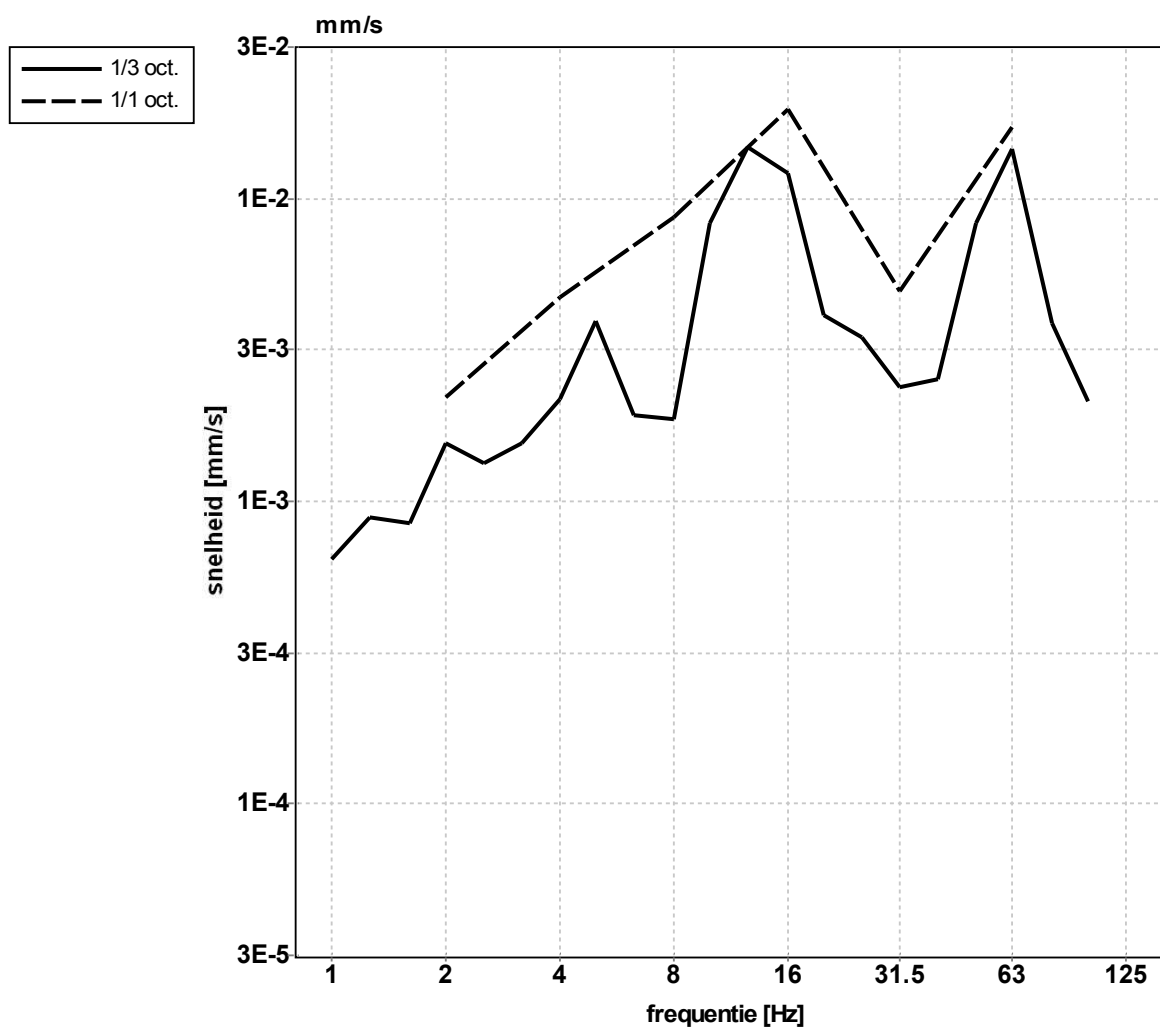


getalwaarden behorend bij graf iek: [x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,078	0,305	0,359	0,313	1,274	0,389	0,851	mm/s
	0,243	0,394	0,302	0,150	1,718	0,316	3,428	
1/1 oct.		0,598	0,536	0,518	2,397	0,619	3,781	m m /

11:02; MAT64, positie 1

bestandsnaam h3940m2.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0279 mm/s KB = 0,03

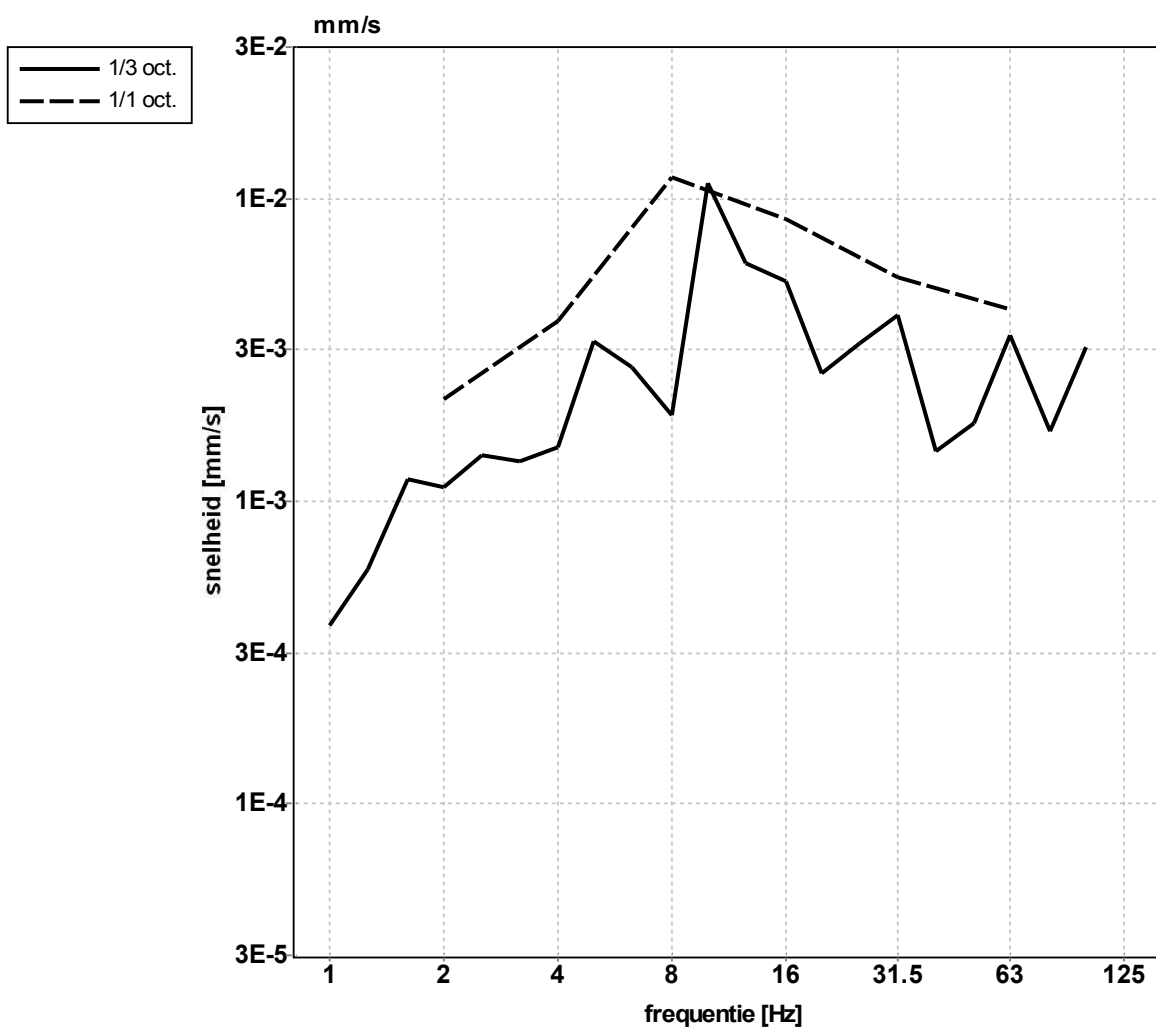


getalwaarden behorend bij graf iek: [x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,065 0,089	0,084 0,155 0,133	0,155 0,216 0,394	0,193 0,186 0,832	1,479 1,216 0,412	0,351 0,237 0,254	0,832 1,445 0,385	0,214 mm/s
1/1 oct.		0,221	0,475	0,874	1,959	0,494	1,711	m m /

11:02; MAT64, positie 3

bestandsnaam h3940m3.lvn

Gemiddelde waarde = 0,017 mm/s KB = 0,01

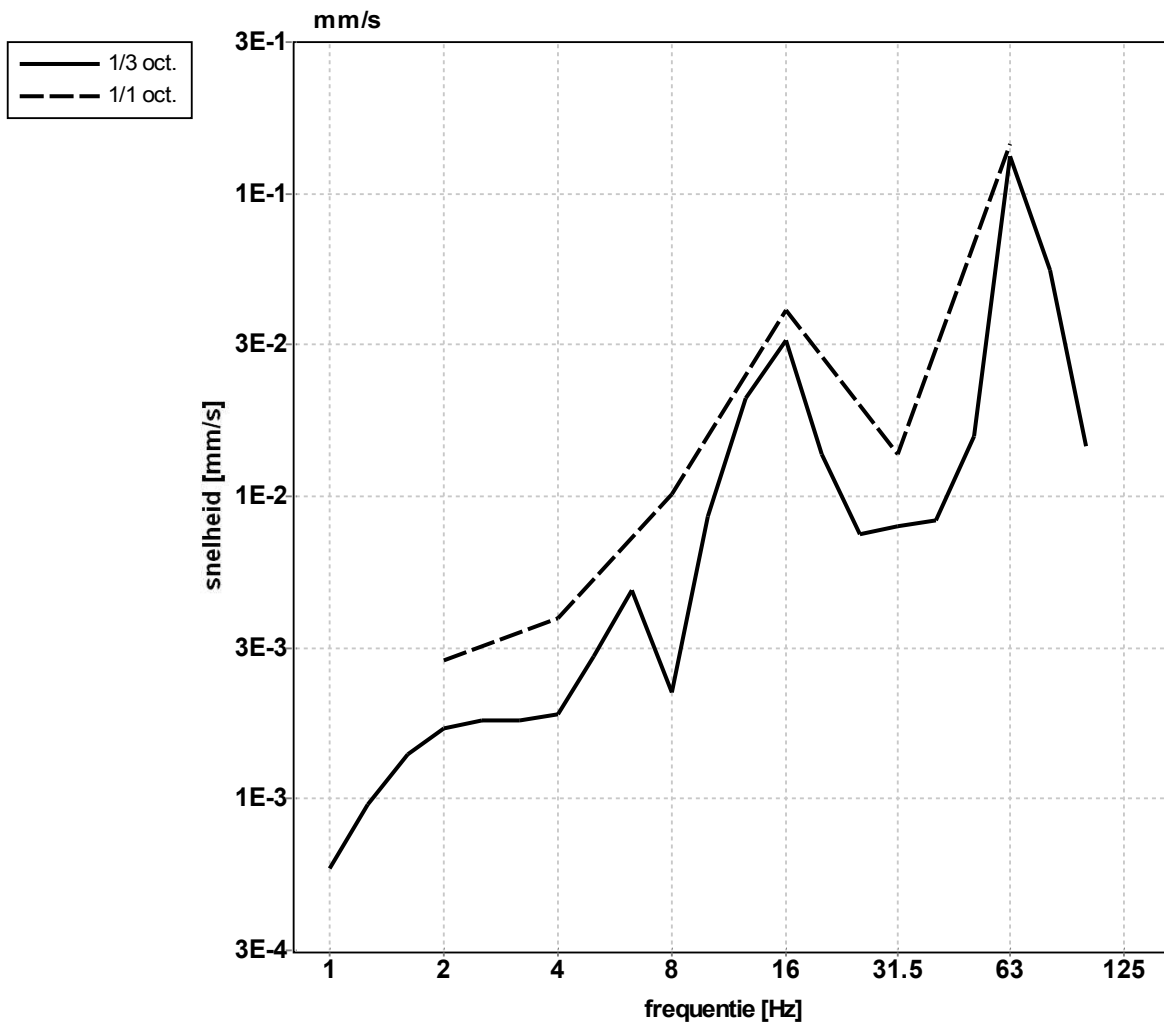


getalwaarden behorend bij graf iek: [x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,039	0,111	0,151	0,193	0,537	0,412	0,355	mm/s
	0,060	0,143	0,339	1,122	0,266	0,146	0,170	
1/1 oct.		0,216	0,395	1,172	0,855	0,549	0,433	m m /

11:09; intercity met loc, positie 1

bestandsnaam h3940m2.lvn

Gemiddelde waarde = 0,148 mm/s KB = 0,15

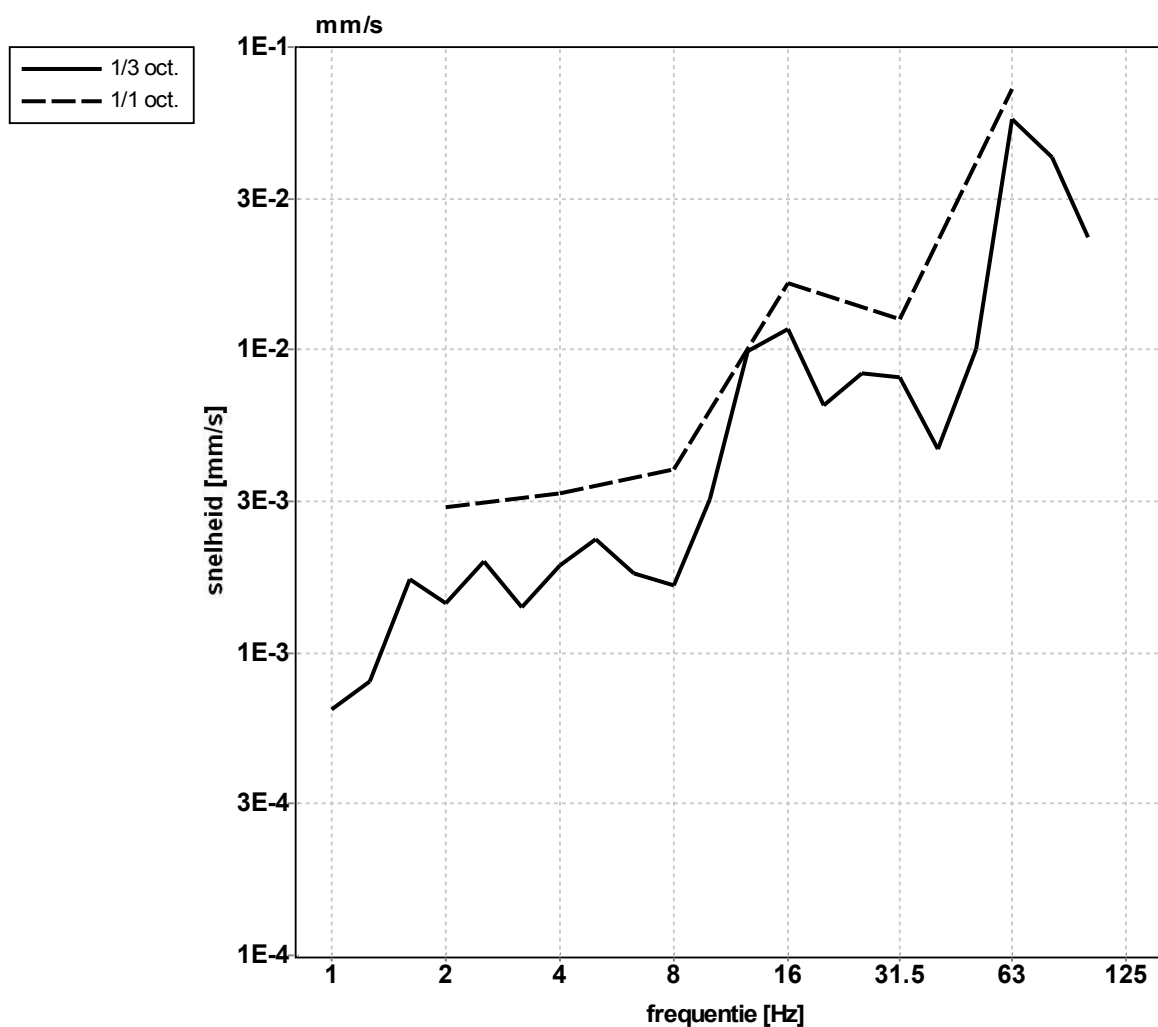


getalwaarden behorend bij grafiek: [x 0,1]							
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63 125 Hz
1/3 oct.	0,006 0,010	0,014 0,017 0,018	0,018 0,019 0,030	0,049 0,023 0,086	0,211 0,327 0,138	0,075 0,079 0,083	0,158 1,334 0,556
1/1 oct.		0,029	0,040	0,102	0,413	0,137	1,453
							mm /

11:09; intercity met loc, positie 3

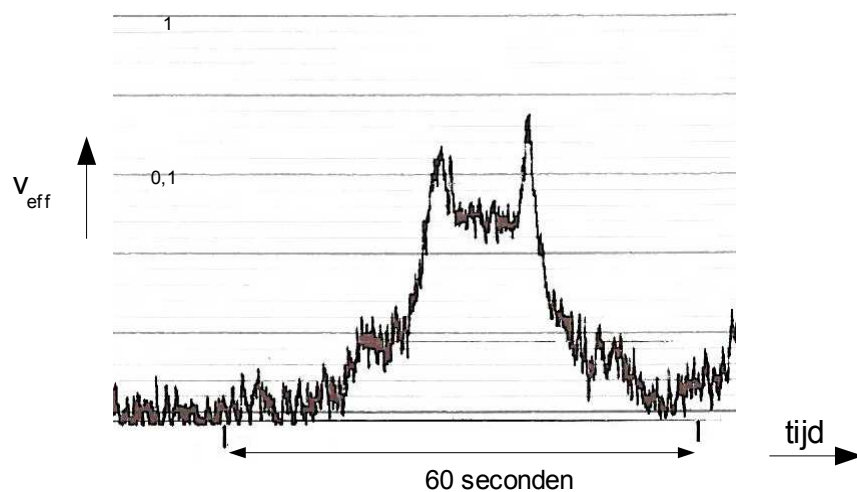
bestandsnaam h3940m3.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0794 mm/s KB = 0,08

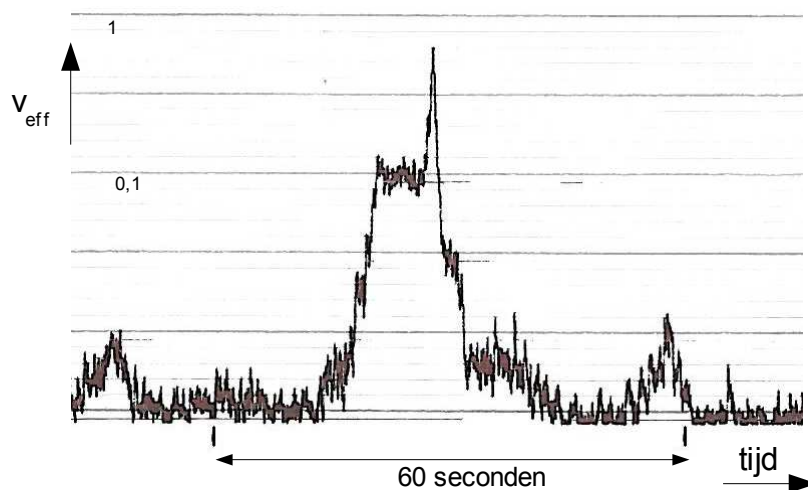


getalwaarden behorend bij grafiek: [x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,065 0,080	0,176 0,146	0,141 0,195	0,184 0,166	0,989 1,161	0,841 0,813	1,000 5,754	2,344 mm/s
1/1 oct.		0,303	0,338	0,405	1,662	1,260	7,262	m m /

8:44; goederentrein, rijrichting Den Bosch,
positie 1

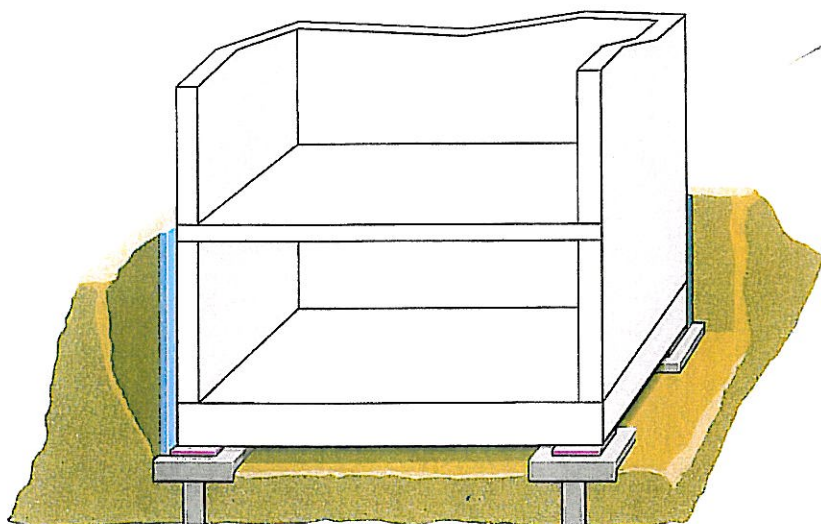


8:55; intercity met locomotief, rijrichting
Den Bosch, positie 1



Bei einer Pfahlgründung oder der Lagerung einzelner Stützen erfolgt die elastische Entkopplung am sinnvollsten über Einzel-lager. Für die Auswahl des geeigneten Lager-Typs ist die vorliegende Belastung maßgebend. Die Lagerfläche kann dabei ggf. durch aufgesetzte Pfahlköpfe so angepaßt werden, daß sich für den festgelegten Sylomer®-Typ die optimale Pressung einstellt. Zur Anwendung kommen für Punktlager in der Regel sehr hohe Raumgewichte. Genau wie bei einer vollflächigen und einer streifenförmigen-Lagerung sollten der Untergrund für die Lager sowie die angrenzenden Bauteile sehr steif sein.

Punktförmige-Lagerung





Toepassen matten en verzwaren fundering
om trillingsoverlast te voorkomen

Trillingvrij bouwen op 15 meter naast het spoor

Woningen naast een spoorlijn krijgen behalve met geluidbelasting ook te maken met trillingen. Dat geldt ook voor project het Eemstroom in Hooglanderveen (nabij Amersfoort). Opdrachtgever Van Bakkum Projecten en architect Han van Zwieten BNA lieten een onderzoek uitvoeren dat leidde tot een praktische en relatief goedkope oplossing in de vorm van matten en een verzwaarde fundering.

Tekst: Jan-Pieter den Hollander

Foto's: Han van Zwieten BNA, Peutz b.v., adviesbureau voor beton- en staalconstructies J.J. Datema B.V



Bij een project langs dezelfde spoorlijn klaagden bewoners over het trillen van de woning. 'Dat wilden we hier voorkomen', zegt architect Frits ter Hark, 'en dus zochten we naar een adviseur die met deze problematiek overweg kon.' De adviseur werd Peutz; een bureau dat onder meer is gespecialiseerd in lawaai-beheersing en trillingstechniek.

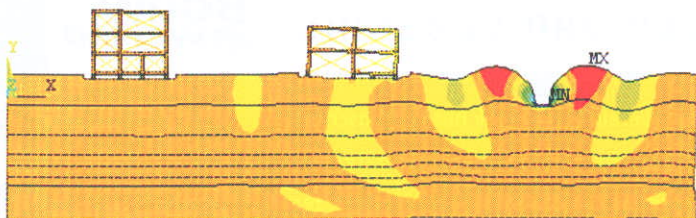
Project Eemstroom ligt op 15 meter van de

spoorlijn. 'Op dergelijke locaties is het naar onze overtuiging onmogelijk om met een paar vuistregels het effect van trillingisolerende voorzieningen te voorspellen', zegt projectleider F  lippe van Eekhout. Om een goede voorspelling te maken ontwierp Peutz een rekenmodel van de situatie op basis van de Eindig Elementen Methode in een programma als bijvoorbeeld ANSYS waarmee Peutz complexe,

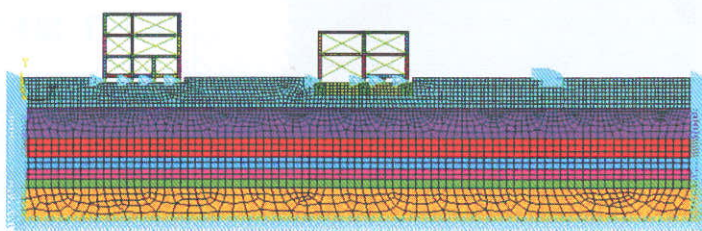
niet lineaire, berekeningen kan maken.

Peutz verifieerde het rekenmodel met metingen ter plaatse. 'Een model maken dat de werkelijkheid goed simuleert was niet eenvoudig', zegt Van Eekhout, 'maar uiteindelijk kwamen de uitkomsten van het model goed overeen met de meetresultaten.'

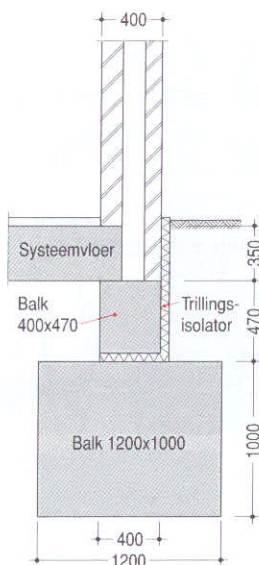
Berekeningen van de uitgangssituatie leerden dat maatregelen moesten worden getroffen



Resultaten rekenmodel zonder trillingisolerende voorzieningen.



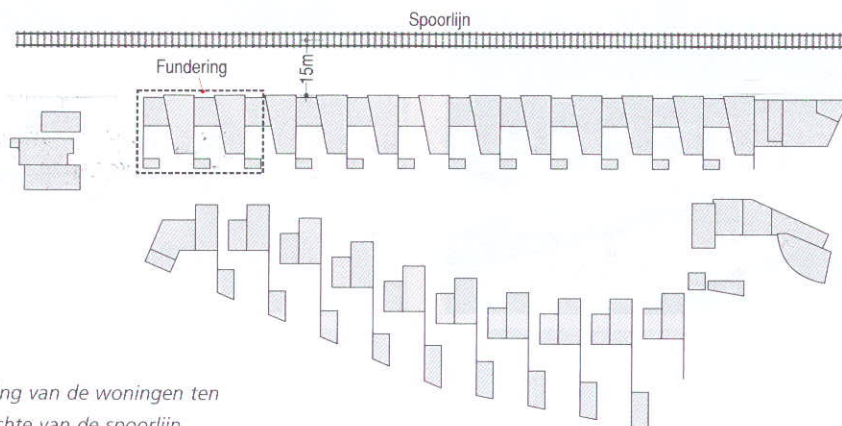
Resultaten rekenmodel met de trillingisolerende voorzieningen (mat en zware funderingssloof).



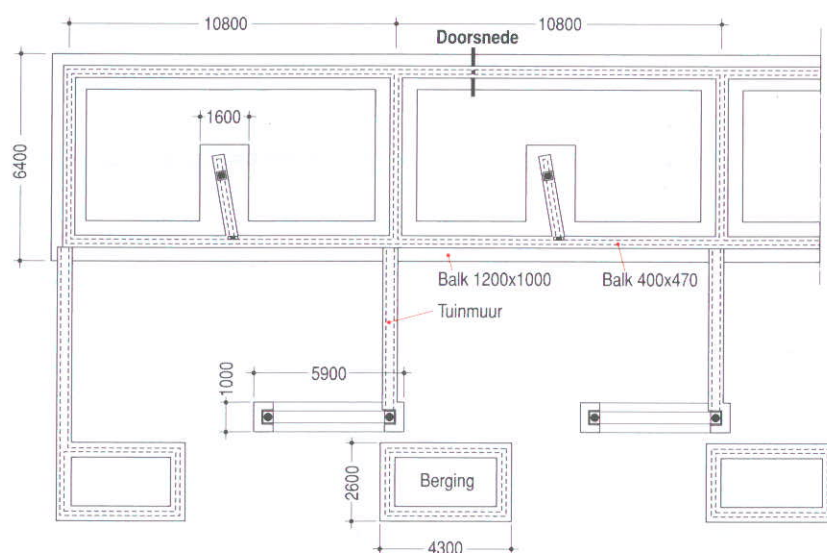
Doorsnede

SBR richtlijn

In het Bouwbesluit staan geen harde eisen ten aanzien van trillinghinder in woningen die dicht aan het spoor liggen. De Stichting Bouwresearch geeft een richtlijn op dit gebied uit genaamd 'Trilling: meet- en beoordelingsrichtlijnen'. Voor deze problematiek gaat het om Deel B - Hinder voor personen in gebouwen. Het document geeft objectieve criteria om meetresultaten te interpreteren aan de hand van onderzoek, praktijkvoorbeelden en metingen. Architectenbureau Han van Zwieten BNA adviseert opdrachtgevers om te voldoen aan de SBR-richtlijn. De richtlijn is te bestellen op www.sbr.nl



Ligging van de woningen ten opzichte van de spoorlijn.



Fundering

De funderingen van de tuinmuur en de berging hebben geen trillingsisolerende voorzieningen en staan los van de fundering van de woning.

om de woningen aan de SBR-richtlijn 'Trilling: meet- en beoordelingsrichtlijnen' te laten voldoen.

Isolatoren

Peutz bedacht oplossingen en analyseerde het effect in het EEM model. In eerste instantie voegde Peutz een isolator aan het model toe tussen de opbouw van de woning en de funderingsbalk. Dit werkte onvoldoende, omdat de breedte van de fundering ongeveer even groot is als de golflengte van de trillingsgolf. Het leidde tot 'dansen' van de fundering op de trillingsgolven. Peutz loste het op door onder de funderingsbalk een zware funderingssloof toe te voegen die de fundering verzwaarde en verstijfde. De isolator kwam nu tussen de funde-

ringsbalk en de funderingssloof.

In een aantal stappen (iteraties) is het gewicht en daarmee de afmeting van de funderingssloof bepaald. Grofweg 40 procent van het gewicht van de bovenbouw is aangebracht in de funderingssloof. 'Dit is geen algemene regel, maar bepaald voor deze specifieke situatie', zegt Van Eekhout. Een bijkomend voordeel van het verzwaren was dat de fundering werkt als een barrière voor de trillingsgolven. Daardoor voldeden de woningen op de tweede lijn aan de SBR-richtlijn zonder voorzieningen. Verder werden de funderingsbalken en funderingssloven van alle woningen gekoppeld. Hierdoor gaan de funderingen zich als één geheel gedragen met grotere afmetingen dan de golflengte.

Praktijkoplossing

Mogelijkheden voor de isolator waren een mat of een veer. De keus viel op een mat, omdat een veer onderhoudsgevoelig is en duurder. Het eerste idee was matten over de hele lengte van de funderingsbalk leggen. 'Nodeloos duur', zegt Berry Traa van Bouwonderneming van Bekkum bv in Hooglanderveen. 'We hebben toen in overleg met leverancier Caldic besloten om de matten in blokjes van 40 x 40cm op de balk te leggen en de tussenruimte op te vullen met steenwol.' De uitvoering was ingewikkelder, maar de totale kosten waren lager. In overleg met de constructeur is bepaald wat de hart op hart afstand moest worden van de matten.

Het toevoegen van een funderingssloof onder de funderingsbalk leidde tot een andere



Alle verzwaarde funderingssloven zijn gekoppeld tot een geheel.



De trillingisolierende matten op de sloof (rood). Tussen de matten het steenwol.



Bekisting en wapening in de funderingsbalk. De PS bekisting dient tegelijkertijd als trillingisolator.

manier van funderen. Door de forse afmetingen (1.200 x 1.000mm) kwam de onderzijde van de funderingssloof op draagkrachtige grond te liggen en waren palen overbodig. Een fundering op palen werd een fundering op staal. De sloof is ongewapend met betonkwaliteit B15. De funderingsbalk krijgt standaardwapening en betonkwaliteit B25.

Kosten

De extra kosten voor het aanbrengen van de trillingisolierende voorzieningen waren € 10.400 per woning; € 5.000 voor de sloof en € 5.400 voor de matten. Daarnaast leverde het weglaten van de funderingspalen een besparing op in de kosten.

De prijzen van de woningen lopen uiteen van € 238 000 tot € 250.000. Van Bekkum gebruikte de trillingisolierende voorzieningen als een verkoopargument voor de woning en presenteerde ze in de folder. De voorzieningen voorkomen comfortproblemen tijdens gebruik en daardoor waardedaling van de woning. Al de woningen zijn verkocht voor oplevering van het project. □

Projectgegevens

Opdrachtgever: Van Bekkum Projecten
www.vanbekkum.nl

Architect: Han van Zwieten BNA
www.hanvanzwieten.nl

Constructeur: adviesbureau voor beton- en staalconstructies J.J. Datema B.V.

Adviseur trillingstechniek: Peutz b.v.
www.peutz.nl

Aannemer: Bouwonderneming van Bekkum bv
Hooglanderveen, www.vanbekkum.nl

Importeur matten: Caldic Isolatietechniek B.V.
www.caldic.com

Producent matten: Getzner,
www.getzner.com

Oplossing project Spoorwegzone, Amersfoort

Het project bestaat uit taludwoningen van vier lagen en een woontoren van negen lagen. De afstand tot de spoorbaan is 20m. Het project is nog in het ontwerpstadium.

Taludwoningen

Gekozen is voor een paalfundering. Uit de berekening met een computermodel bleek dat verzwaren van de fundering niet nodig is vanwege het gewicht van het gebouw (vier lagen). Over de palen loopt een dubbele funderingsbalk. Tussen de balken is de trillingisolierende mat aangebracht ter plaatse van de paal. De grondkerende wand wordt loodrecht op zijn vlak gesteund door een betonwand. Tussen de wanden komt de isolator.



Visualisatie van de woontoren en de taludwoningen in het project Spoorwegzone in Amersfoort.

Woontoren

De woontoren staat op poeren met daaronder palen. De trillingoverlast is bepaald met een computermodel. De toren heeft dusdanige afmetingen (negen lagen) dat verzwaren van de fundering niet nodig is. Over de poeren lopen prefab funderingsbalken die de wanden dragen. Tussen de poeren en de funderingsbalk is de trillingisolierende mat aangebracht. De toren heeft een aantal kolommen die onder het maaiveld doorlopen naar de poer. De diameter van de kolom is boven maaiveld 550 mm. Onder het maaiveld verloopt deze van 550 mm naar 800 mm om de puntlast op de matten te spreiden. De kolom staat in een soort bakje dat ook aan de zijanten is bekleed. Dit is nodig om de pendelkolom aan de onderzijde horizontaal te steunen.

Oplossing project Stationsweg, Bunnik

Het project bestaat uit twee lagen patiowoningen. De afstand tot de spoorbaan is 13 meter. De woningen worden op palen gefundeerd. Op het terrein zijn metingen verricht waaruit bleek dat de trillingsnelheid de SBR-richtlijn met een factor drie overschrijdt. Door het verdubbelen van het gewicht van de fundering voldoen de woningen aan de richtlijn voor bestaande bebouwing (0,4 mm/s). De resultaten zijn onvoldoende nauwkeurig om te bepalen of de norm voor nieuwe bebouwing wordt gehaald (0,2 mm/s). Daarvoor zijn aanvullende metingen nodig op een heipaal. 'Dit is een kostbare aangelegenheid en omdat er geen wettelijke eisen zijn hebben we besloten om de verdubbeling van het gewicht toe te passen waarmee we aan de eis voor bestaande bebouwing voldoen', zegt Hans van Leeuwen van Creon Vastgoed. De verzwarende funderingsbalk 700 x 700mm en een druklaag op de begane grond (ribbenvloer).