



**Onderzoek naar trillingen ten gevolge van
railverkeer binnen nieuwbouwwoningen van
plan Hofland te Obdam**



Onderzoek naar trillingen ten gevolge van railverkeer binnen nieuwbouwwoningen van plan Hofland te Obdam

opdrachtgever	Gemeente Koggenland
rapportnummer	OA 15798-1-RA
datum	31 oktober 2017
referentie	TvD/RP/CJ/OA 15798-1-RA
verantwoordelijke	ing. T.J.M. van Diepen
opsteller	ing. R.G.A. Pijnacker +31 79 3470344 r.pijnacker@peutz.nl

peutz bv, postbus 696, 2700 ar zoetermeer, +31 79 347 03 47, zoetermeer@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Uitgangspunten	5
2.1	Streefwaarden trillingniveaus	5
2.2	Situering planlocatie	6
3	Metingen en berekeningen	7
3.1	Meetmethode en meetinstrumenten	7
3.2	Meetposities	7
3.3	Meetresultaten	7
3.4	Beoordeling meetresultaten	8
4	Trillingsniveaus in de gebouwen	9
4.1	Algemeen	9
4.2	Overdrachtsberekeningen	10
4.3	Uitgangspunten	10
4.4	Rekenresultaten	11
5	Beoordeling en conclusie	15

1 Inleiding

In opdracht van de gemeente Koggenland is onderzoek verricht naar de optredende trillingsniveaus ten gevolge van railverkeer bij een geprojecteerde woningbouwlocatie Hofland aan de Dubbelspoor (plan Hofland) te Obdam.

De gemeente Koggenland is voornemens woningbouw te realiseren aan de Dubbelspoor te Obdam. De woningbouw zal op circa 18 meter van het spoor worden gerealiseerd. Aangezien de afstand tot het spoor relatief klein is, heeft ProRail een zienswijze op het ontwerp-bestemmingsplan ingediend waarmee de gemeente Koggenland verzocht wordt een trillingonderzoek te laten verrichten. De gemeente wenst hierin te voorzien teneinde inzicht te verkrijgen of trillinghinder ten gevolge van het treinverkeer te verwachten is.

Doel van het onderzoek is het meettechnische vaststellen van de optredende trillingniveaus in X-, Y- en Z-richting ten gevolge van het railverkeer ter hoogte van de geplande woningen en deze te toetsen aan de richtwaarden uit SBR Richtlijn-B 'Hinder voor personen in gebouwen'.

2 Uitgangspunten

2.1 Streefwaarden trillingniveaus

De trillingsnelheden vanwege het railverkeer ter plaatse van de geprojecteerde woningbouwlocatie worden getoetst aan de streefwaarden uit de Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" uit augustus 2002 van de Stichting Bouwresearch (SBR Richtlijn B).

Conform SBR Richtlijn B worden voor nieuwe situaties en bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, waarvan in deze situatie sprake is, de in tabel 2.1 weergegeven streefwaarden gehanteerd.

t2.1 Overzicht streefwaarden conform de Richtlijn SBR-B voor de gebouwfunctie wonen in een nieuwe situatie bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd

Periode	A ₁	A ₂	A ₃
Dagperiode (07.00 – 19.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Avondperiode (19.00 – 23.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Nachtperiode (23.00 – 07.00 uur)	0,1	0,2	0,05

De optredende trillingniveaus voldoen aan de streefwaarden indien voldaan wordt aan één van onderstaande twee voorwaarden:

- de waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte ($V_{\max}$) is kleiner dan A_1 ;
- de waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte ($V_{\max}$) is kleiner dan A_2 waarbij de trillingsterkte over de beoordelingsperiode in deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

Omdat treinenpassages zowel in de dag-, avond- als nachtperiode plaatsvinden zijn de streefwaarden voor de nachtperiode maatgevend voor de beoordeling. Bovengenoemde streefwaarden zijn overigens geen wettelijke grenswaarden. Wel worden de SBR richtlijnen in de jurisprudentie gehanteerd ter bepaling van de beoordelingscriteria.

Recentelijk is het RIVM rapport 2014-0096 'Wonen langs het spoor - gezondheidseffecten trillingen van treinen' van 23 februari 2015 verschenen. In dit rapport wordt geconcludeerd dat in bestaande situaties sprake is van (ernstige) hinder en slaapverstoring bij een significant aandeel van de bevolking die woonachtig is binnen 300 m van het spoor. In het algemeen worden in bestaande situaties de streefwaarden uit tabel 2.1 (significant) overschreden. In het RIVM rapport worden geen concrete streef- of grenswaarden voorgesteld.

Om hinder en slaapverstoring te voorkomen is het gewenst om $V_{\max}$ niet hoger dan 0,1 uit te laten komen. Bij een $V_{\max}$ die niet hoger is dan 0,1 worden trillingen in het algemeen namelijk niet als voelbaar ervaren.

2.2 Situering planlocatie

In figuur 2.1 is de ligging van de geprojecteerde woningbouw in de omgeving weergegeven.

f2.1 Ligging geprojecteerde woningbouw aan de Dubbelspoor te Obdam in de omgeving



De geprojecteerde woningbouw is gelegen langs het railtraject Hoorn-Heerhugowaard. Ter plaatse is sprake van enkel spoor. Het station Obdam is gelegen op circa 600 meter afstand van de woningbouw. Het spoor is gelegen op een talud van circa 1 meter boven maaiveld.

3 Metingen en berekeningen

3.1 Meetmethode en meetinstrumenten

De trillingmetingen zijn uitgevoerd conform de Richtlijn SBR-B.

De trillingmetingen zijn uitgevoerd met behulp van de volgende instrumenten:

- Trillingrecorder, fabricaat SYSCOM, type MR3000C met geïntegreerde xyz-opnemer.

De metingen zijn geanalyseerd met behulp van het analyse programma VIEW2002 door Ziegler Consultants.

De trillingopnemer is een triaxiale snelheidssensor en heeft een frequentiebereik van 1 tot 315 Hz.

3.2 Meetposities

In figuur 2.1 en is de locatie en oriëntatie van de trillingopnemers tijdens de metingen weergegeven. Vanwege de huidige staat van het terrein is ervoor gekozen de metingen zoveel mogelijk op bestaande verharding nabij de toekomstige bebouwingslijn uit te voeren. Er zijn op drie posities gedurende een werkdag trillingmetingen verricht.

Meetpositie 1 en 2 zijn gesitueerd op circa 18 meter afstand van de buitenste spoorstaaf. Deze afstand betreft de rand van de woningbouw. Meetpositie 3 is gesitueerd op circa 35 meter afstand van de buitenste spoorstaaf.

3.3 Meetresultaten

De trillingmetingen op de drie posities zijn verricht op maandag 9 oktober 2017 tussen circa 10:00 uur en 17:15 uur. In deze periode vonden 25 passages van reizigerstreinen plaats. Ter plaatse van de bouwlocatie geldt voor de treinen dat deze aan het optrekken/afremmen zijn.

De resultaten van de trillingsmetingen op 9 oktober 2017 zijn voor vijf maatgevende reizigerstreinen¹ in tabel 3.1 weergegeven. Het betreft hierbij de maximale effectieve trillingsnelheid per 30 seconden $v_{eff,max}$. Hierbij wordt de gemeten trillingsnelheid frequentieafhankelijk gewogen volgens de weegfunctie die is opgenomen in de SBR Richtlijn B. De weegfunctie is bedoeld om frequenties waarbij het menselijk waarnemingsvermogen is verminderd ook minder in de beoordeling te betrekken. De dimensieloze effectieve waarde $v_{eff,max}$ is per passage bepaald voor de horizontale richting 'y' en de verticale richting 'z'. De horizontale richting 'x' (evenwijdig aan het spoor) is niet maatgevend ten opzichte van de 'y' en 'z' richtingen.

¹ In de gemeten trillingniveaus voor de beschouwde treinpassages zijn geen significante grote verschillen vastgesteld. Derhalve zijn de meest maatgevende gegeven.

t3.1 Gemeten maximale waarden van de trillingsterkte $v_{\text{eff,max}}$ per positie

Datum/tijd	$v_{\text{eff,max}}$ (dimensieloos)					
	Positie 1		Positie 2		Positie 3	
	y-richting	z-richting	y-richting	z-richting	y-richting	z-richting
09-10-2017						
11:31	0,11	0,22	0,21	0,17	0,11	0,15
14:19	0,11	0,25	0,19	0,18	0,10	0,15
15:01	0,10	0,21	0,20	0,18	0,09	0,10
16:01	0,11	0,21	0,22	0,16	0,11	0,15
16:31	0,14	0,30	0,26	0,21	0,12	0,16

Deze maatgevende treinen leiden tot V_{max} zijnde het hoogste gemeten en statisch bewerkte trillingsniveau – zoals gegeven in tabel 3.2.

t3.2 V_{max} voor de verschillende meetposities

	Positie 1	Positie 2	Positie 3
V_{max} 'y' (dimensieloos) ²	0,20	0,36	0,15
V_{max} 'z' (dimensieloos)	0,45	0,27	0,22

3.4 Beoordeling meetresultaten

Uit de resultaten blijkt verder dat op de meetposities op maaiveld thans niet automatisch wordt voldaan aan de streefwaarden uit SBR Richtlijn B voor de gebouwfunctie wonen in een nieuwe situatie bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd. Uiteraard zijn de posities op maaiveldniveau terwijl de streefwaarden uit de SBR van toepassing zijn op trillingsniveau in gebouwen. Om die reden is een nadere berekening uitgevoerd.

De te verwachten overdracht van bodem naar gebouwfundering en van fundering naar de vloeren binnen het gebouw is nader uitgewerkt in hoofdstuk 4.

2 Hierbij is uitgegaan van het gemiddelde van de gepresenteerde vastgestelde waarden $V_{\text{eff,max}}$ en een statistische veiligheidsfactor B van 1,93.

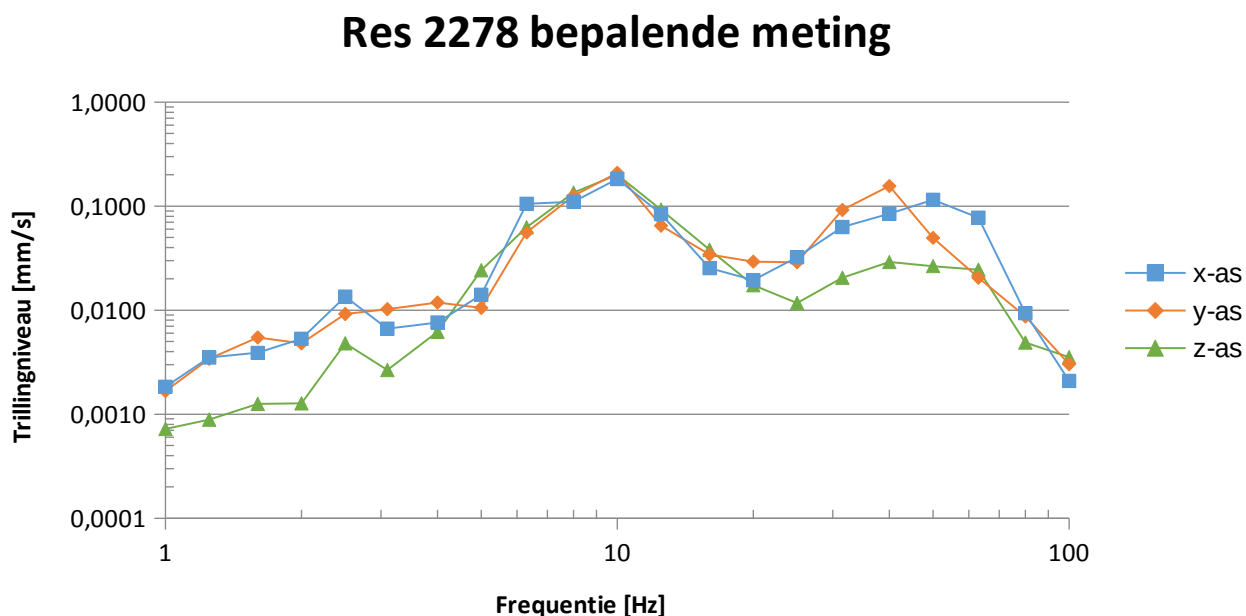
4 Trillingsniveaus in de gebouwen

4.1 Algemeen

Om op de verdiepingvloeren van de woningen te kunnen voldoen aan de streefwaarden uit de SBR Richtlijn B dienen de op het maaiveld gemeten trillingsniveaus te worden gereduceerd in de overdrachtsweg van bodem naar de verdiepingvloeren en dient daarnaast opslinging vanwege de vloeren zelf te worden voorkomen. In principe dient de parameter V_{per} dus ten hoogste 0,05 te bedragen en de parameter V_{max} ten hoogste 0,2. Een en ander betekent concreet dat gezien de maximaal vastgestelde trillingsterkte van 0,45 er ten minste een factor 2,3 gereduceerd dient te worden.

Van een maatgevende treinpassage is een FFT-analyse gemaakt. Het resultaat is in tertsbanden weergegeven in figuur 4.1. Uit het figuur blijkt dat de maatgevende frequentie op maaiveldniveau met name optreden bij 10 en 40 à 50 Hz. Deze aanstootfrequentie zijn van belang omdat de trillingsoverdracht naar de woningen frequentieafhankelijk is.

f4.1 Spectrale analyse gemeten trillingniveau in de bodem



4.2 Overdrachtsberekeningen

Berekeningen ten aanzien van de trillingsoverdracht zijn uitgevoerd met het Peutz softwareprogramma: MVAuersch/Massaveer 0.3. Dit programma is opgesteld ten behoeve van het palen van trillingen van bodem naar gebouwelementen, in opdracht van CUR³ (Civieltechnisch centrum uitvoering research en regelgeving). Het programma maakt onderdeel uit van een groter onderzoek met het doel een vereenvoudigd berekeningsmodel voor de prognose van trillingen te ontwikkelen in gebouwen voor diverse trillingbronnen (heien, intrillen damwanden, railverkeer etc.).

Het programma rekent voor een gebouwmodel de overdracht door in het relevante frequentiegebied van 1 tot 100 Hz⁴ van trillingen van bodem of fundering naar gebouwelementen. Het programma rekent per 'kolom' de overdracht door. Onder een kolom wordt verstaan een rechthoekige stapeling van woningen met één breedte. Dit betekent dat bij meerdere kolommen (dus meer woningen op één woonlaag) en/of afwijkende vormen, hetgeen hier niet het geval is, het programma conservatief rekent, zeker in de horizontale richtingen, omdat in horizontale richtingen het gebouw in werkelijkheid stijver is dan volgens het model.

Het rekenmodel is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Bij kritische situaties wordt geadviseerd om een gedetailleerde onderzoek uit te voeren met gebruikmaking van een Eindige Elementen Model (EEM).

4.3 Uitgangspunten

In figuur 4.1 zijn de relevante parameters gegeven, die als invoer voor het rekenmodel zijn gebruikt.

³ Tegenwoordig SBRCURnet.

⁴ Trillingen met een frequentie hoger dan 100 Hz zijn niet voelbaar voor mensen.

t4.1 Invoerparameters voor het gebouw- en bodemmodel

Uit bestand laden

Afdrukken

Alles leegmaken

Bodemgegevens:

Vol massa op PP-niveau (robPaal):	2000 kg/m3
Glijmodulus op PP-niveau (GPaal):	8e+007
Poisson ratio op PP-niveau (nuPaal):	0,3
Vol massa op fund.-niveau (robFund):	2000 kg/m3
Glijmodulus op fund.-niveau (GFund):	8e+007
Poisson ratio op fund.-niveau (nuFund):	0,3

Heipaalggegevens:

Volumieke massa (roPaal):	2400 kg/m3
Diameter (DiaPaal):	0,4 m
Lengte (LPaal):	15 m
E-Modulus (EPaal):	3e+010 N/m2
Dempingsratio (ksiPaal):	0,02
Viskeuze demping (alphaPaal):	1,5
Aantal (NumPaal):	8

Gebouwgegevens:

V. massa fundering (roFund):	2400 kg/m3
Volumieke massa Wand (roWand):	2400 kg/m3
Breedte fundering (BFund):	0,4 m
Lengte fundering (LFund):	9 m
Hoogte fundering (HFund):	0,5 m
Hoogte gebouw (H):	9 m
Diepte gebouw (D):	9 m
Aantal bouwlagen (Nbouwlagen):	3
Breedte wand (BWand):	9 m
Dikte wand (DWand):	0,23 m
E-Modulus Fund (EFund):	3e+010 N/m2
E-Modulus Wand (EWand):	3e+010 N/m2
Viskeuze demping Wand (alphaFund):	1,5
Dempingsratio Fund (ksiFund):	0,02
Viskeuze demping Wand (alphaWand):	1,5
☒ Dempingsratio Wand (ksiWand):	0,02
☐ Hysteresis demping Wand (hysWand):	0,02

Vloergegevens:

Vloerdikte (DVloer):	0,3 m
Breedte vloer (BVloer):	9 m
Overspanning vloer (LVloer):	5,5 m
E-modulus vloer (EVloer):	3e+010 N/m2
Oppervlakttemassa vloer (oppmVloer):	420 kg/m2
Viskeuze demping Vloer (alphaVloer):	1,5
Dempingsratio Vloer (ksiVloer):	0,02

Algemeen:

Bestand

Elementen ter onderverdeling Paal: 50

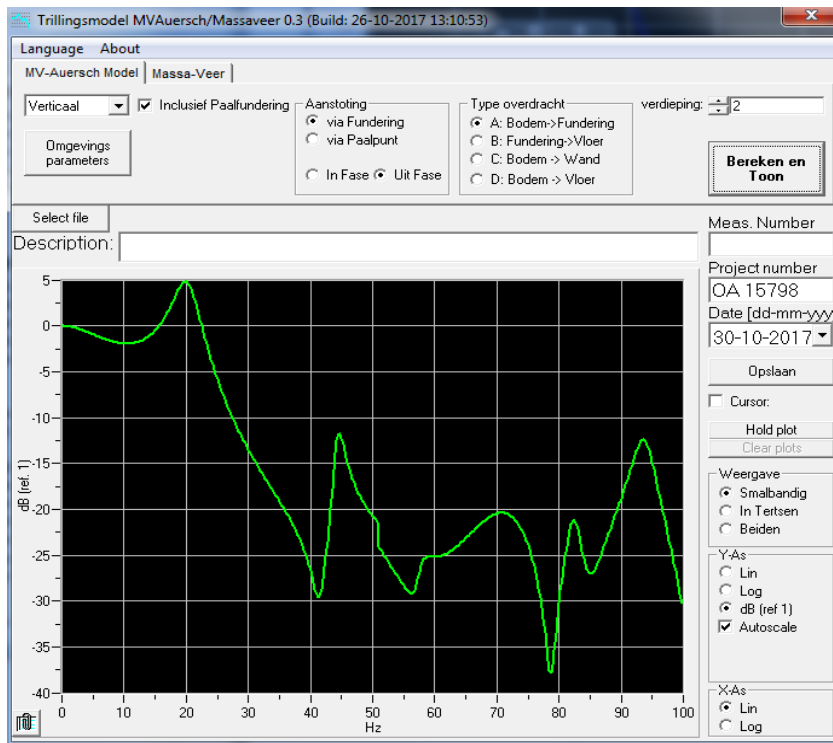
Elementen ter onderverdeling kolom: 30

4.4 Rekenresultaten

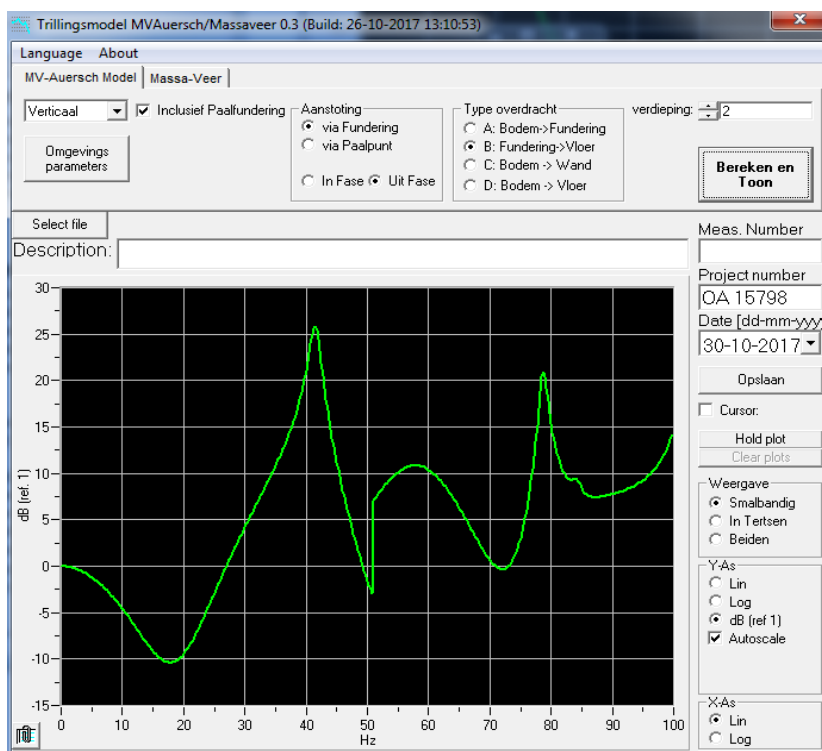
In de figuren 4.2, 4.3 en 4.4 zijn achtereenvolgens de overdrachten gegeven voor de verticale richting van:

- bodem naar fundering (figuur 4.2);
- fundering naar verdiepingsvloer (figuur 4.3);
- bodem naar verdiepingsvloer (figuur 4.4; is de combinatie van figuur 4.2 en 4.3).

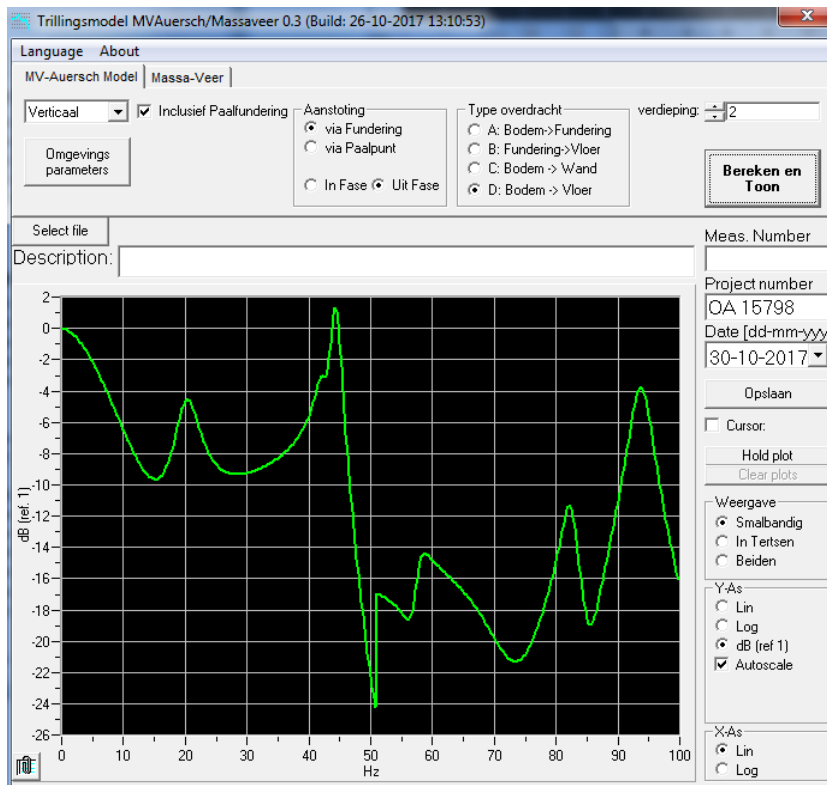
f4.2 Overdracht bodem-fundering; verticaal



f4.3 Overdracht fundering-verdiepingsvloer (2^e); verticaal



f4.4 Overdracht bodem-verdiepingsvloer (2e); verticaal

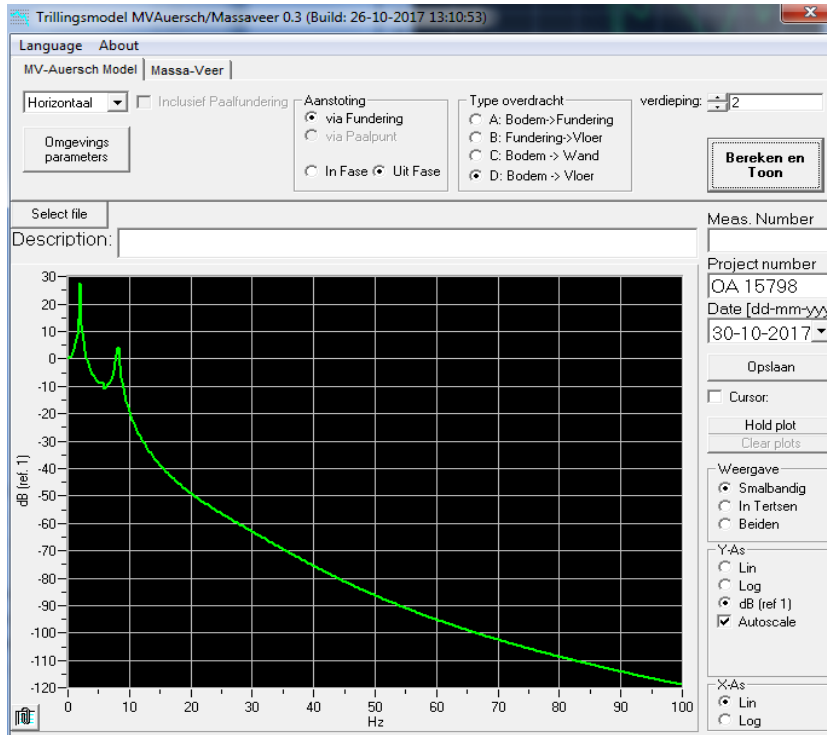


Uit bovenstaande figuren valt af te leiden dat:

- er alleen opslinging optreedt vanaf de bodem tot de verdiepingsvloer (zie figuur 4.4) bij een frequentie van circa 45 Hz, met ongeveer 2 dB (komt overeen met een factor 1,3);
- er sprake is van een opslinging bij circa 45 Hz van fundering naar verdiepingsvloeren. Deze opslingeren zijn het gevolg van de eerste orde eigenfrequenties die behoren bij de doorbuiging van de vloer in twee richtingen. Deze frequenties zijn echter vanwege de afname in de overdracht bij de bodem naar de fundering niet relevant voor de trillingniveaus in de woningen.
- Bij de gemeten relevante aanstootfrequenties van 8 à 10 Hz is sprake van een verzwakking met een factor van circa 6 à 7 dB. Hetgeen overeenkomst met een factor 2 à 2,2. Opgemerkt dient te worden dat de genoemde getallen indicatief zijn. Met de thans berekende waarden zal naar verwachting vanwege inwendige demping de verzwakkingsfactor hoger zijn dan 2,2 waarmee juist voldaan worden aan de grenswaarde A2 uit de SBR-B. Aan de grenswaarde A3 (V_{per}) zal hiermee ruimschoots worden voldaan.

In figuur 4.5 is de overdracht gegeven van de bodem naar de verdiepingsvloer in de horizontale richting. Daarbij leidt de eigenmode, waarbij de woningen als een staaf horizontaal heen en weer bewegen, tot de hoogste opslinging op de hoogste verdieping. Deze eigenmode is evenwel zeer laag, te weten circa 2 Hz. Deze lage eigenmode kan alleen door wind worden aangestoten, niet door passerend treinverkeer.

f4.5 Overdracht bodem-verdiepingsvloer (2e); horizontaal



Uit figuur 4.5 volgt dat alleen frequenties tot circa 4 Hz kunnen leiden tot een relevante opslingering van trillingen vanaf de bodem naar verdiepingsvloeren. Zoals uiteengezet in paragraaf zijn de opslingeringen in werkelijkheid veel lager, omdat het programma conservatief rekent.

5 Beoordeling en conclusie

Verticaal

Uit de metingen blijkt het vastgestelde trillingniveau $V_{\max}$ in de bodem 0,45 bedraagt. Uit de spectrale gegevens blijkt dat de maatgevende frequenties van het gemeten trillingniveau in de bodem op maaiveld 8 à 10 Hz bedragen.

Door de spectrale overdrachtsfactoren toe te passen, zoals in hoofdstuk 4 berekend, zullen de optredende trillingniveaus op verdiepingsvloeren naar verwachting ten hoogste 0,2 bedragen. Hiermee wordt op basis van de thans uitgevoerde, relatief conservatieve, indicatieve berekening juist voldaan aan de grenswaarde A2 uit de SBR-richtlijn B. In de praktijk zullen de optredende trillingniveaus naar verwachting enigszins lager bedragen.

Aan de grenswaarde A3 uit de SBR-Richtlijn B zal ruimschoots voldaan worden.

Horizontaal

Alleen trillingen tot circa 4 Hz zullen tot significante opslinging van trillingen in de woningen leiden. Omdat de reizigerstreinen tot 8 Hz vrijwel geen trillingen emitteren, zijn trillingen in horizontale richting in de woningen evenwel niet relevant. De horizontale trillingen zullen naar verwachting niet voelbaar zijn en daarmee voldoen aan de SBR Richtlijn B.

Dit rapport bevat 15 pagina's.

Zoetermeer,

