



Woningbouwplan 'Tuinen van Genta' te Breda

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Concept



Woningbouwplan 'Tuinen van Genta' te Breda

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Concept

opdrachtgever	PartnersRO
rapportnummer	H 6769-2-RA
datum	20 december 2018
referentie	LL/EdV/HT/H 6769-2-RA
verantwoordelijke	ing. L.F.M. Lemmers
opsteller	ing. E. de Vries +31 24 3570763 e.devries@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, mook@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

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

Inhoudsopgave

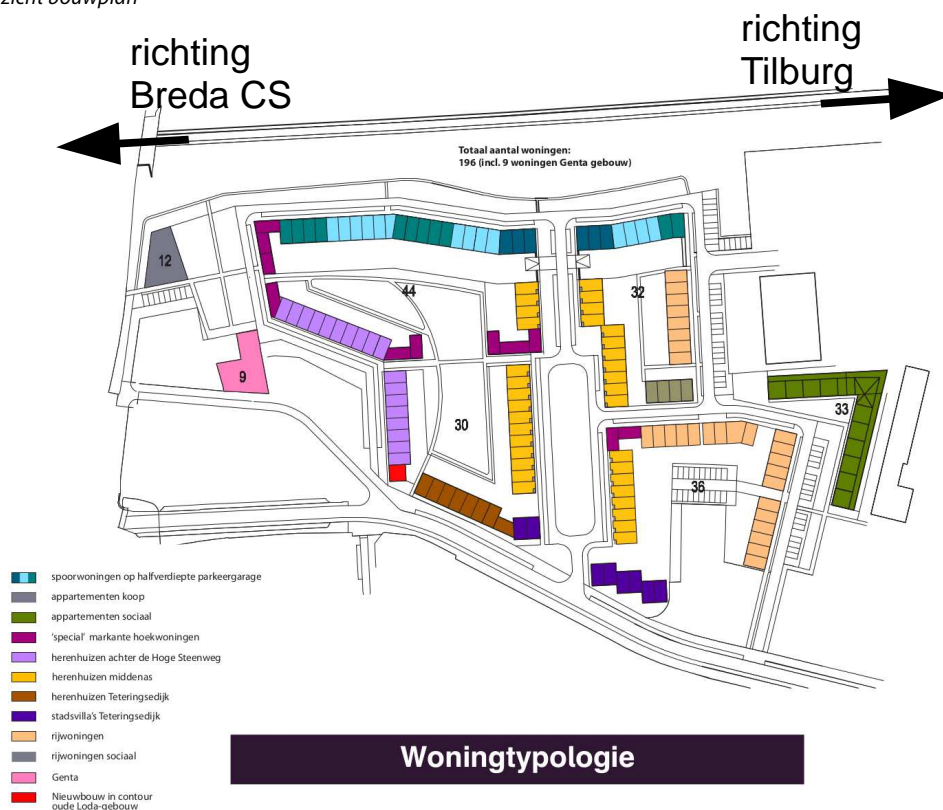
1	Inleiding	4
2	Metingen	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Meetinstrumenten	6
2.3	Meetresultaten	6
3	Beoordeling	9
3.1	Metingen	9
3.2	Geprojecteerde woningen	15
4	Toetsing	17
4.1	Toetsingskader	17
4.2	Toetsing	17
5	Mogelijke maatregelen	18
5.1	Reductiedoelstelling	18
5.2	Mogelijk te treffen maatregelen	18
5.3	Voorliggende situatie	19
6	Conclusie	21

1 Inleiding

In opdracht van de partnersRo is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde woningen van het plan 'Tuinen van Genta' te Breda.

Het bouwplan is gesitueerd tot op korte afstand van de spoorlijn Breda CS - Tilburg. Binnen het bouwplan zal een aantal appartementen en eengezinswoningen worden gerealiseerd.

f1.1 Overzicht bouwplan



Dit onderzoek geeft een eerste beoordeling van de optredende trillingen in de woningen (vooronderzoek). Ten behoeve van het onderzoek zijn trillingmetingen ter plaatse uitgevoerd.

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 Algemeen

De metingen hebben tot doel inzicht te verkrijgen met betrekking tot de trillingniveaus vanwege railverkeer. Ter hoogte van het bouwplan is sprake van een viertal sporen.

Van 12 november tot en met 21 november 2018 zijn binnen het plangebied onbemande trillingmetingen in de bodem verricht. Hierbij zijn ter hoogte van de dichtstbij het spoor gelegen geprojecteerde gevel trillingmetingen uitgevoerd.

Figuur 2.1 toont de ligging van de meetlocaties.

f2.1 Ligging meetlocaties



Hierbij is in de twee horizontale richtingen, aangeduid met X (parallel aan het spoor) en Y (loodrecht op het spoor), en de verticale richting, aangeduid met Z, gemeten.

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

2.2 Meetinstrumenten

De metingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingmeetsystemen, fabrikaat SYSCOM, type MR2002-CE. Analyses zijn uitgevoerd met evaluatiesoftware, fabrikaat Ziegler Consultants, type VIEW2002.

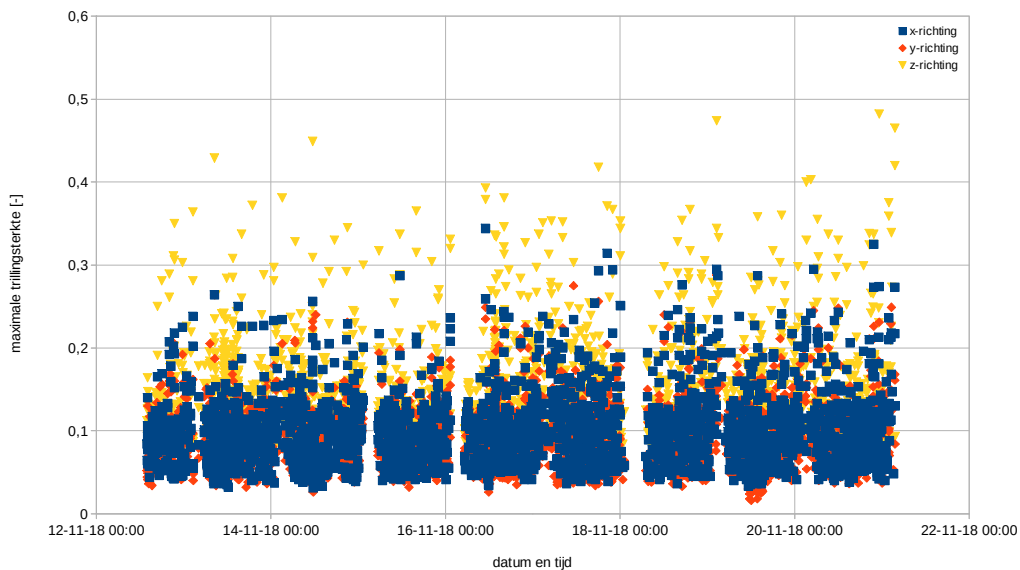
2.3 Meetresultaten

Voor de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder is de maximale trillingsterkte V_{\max} (dimensieloos) bepaald overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz). Conform deze richtlijn geldt dat de grootste trillingsterkte in een tijdsinterval van 30 seconde wordt bepaald.

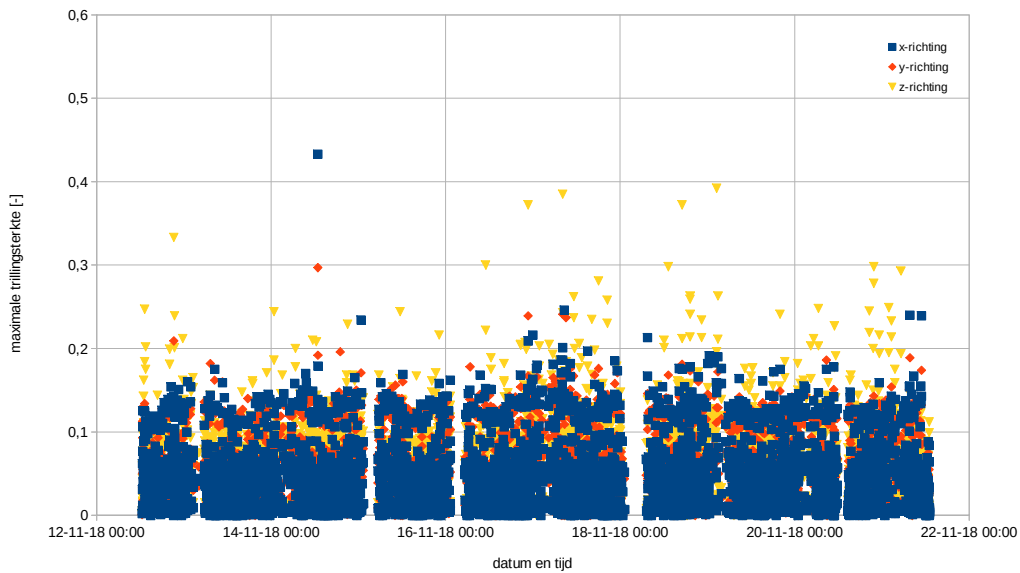
De onbemande metingen die verricht zijn in de bodem geven inzicht in de optredende trillingen over langere tijd.

Figuur 2.2, 2.3 en 2.4 tonen een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes V_{\max} in horizontale (X en Y) en verticale richting (Z) ter plaatse van respectievelijk meetlocatie 1, 2 en 3.

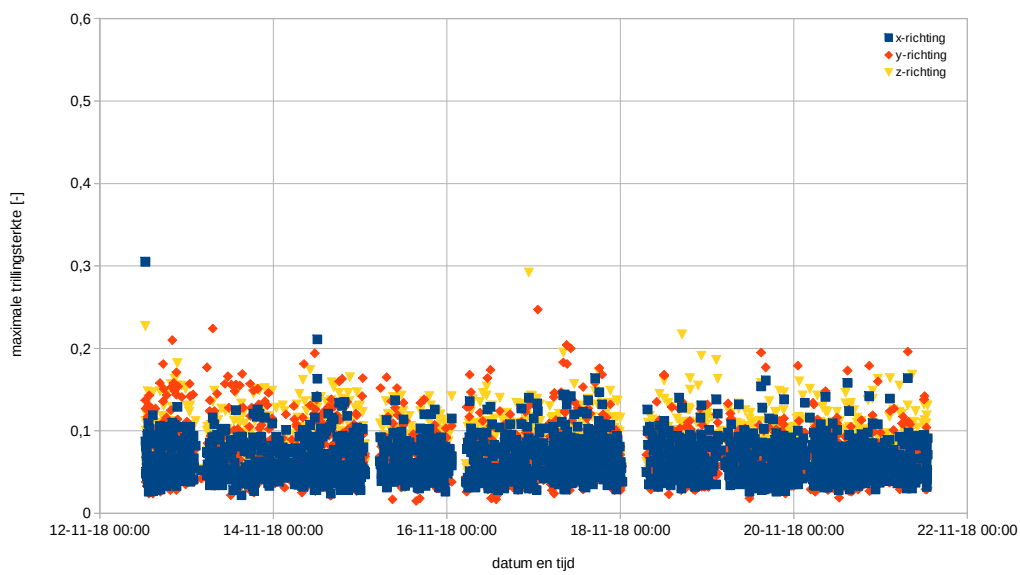
f2.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem (meetlocatie 1)



f2.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem (meetlocatie 2)



f2.4 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem (meetlocatie 3)



Op basis van het gemeten tijdsignaal en de bijbehorende frequenties is vastgesteld of de meetwaarden zijn toe te kennen aan passerende treinen of verstoringen.



Om vervolgens onderscheid te maken tussen passagierstreinen en goederentreinen is gekeken naar de tijdsduur van het signaal, de frequentie-inhoud van signaal en het moment van passeren.

Voor alle verder te hanteren maatgevende passages is verder op basis van cameraregistratie treintype, richting e.d. geverifieerd.

3 Beoordeling

3.1 Metingen

Tabel 3.1 toont voor meetlocatie 1 de gemeten maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de vijf maatgevende treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting.

t3.1 *Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, locatie 1*

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
13-11-18 08:26	0,26	0,26	0,43
17-11-18 18:03	0,29	0,26	0,42
19-11-18 02:33	0,30	0,29	0,47
20-11-18 23:15	0,27	0,23	0,48
21-11-18 03:33	0,22	0,16	0,47

Tabel 3.2 toont op vergelijkbare wijze voor locatie 2 (midden) de maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de vijf maatgevende treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting.

t3.2 *Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, locatie 2*

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
12-11-18 21:13	0,14	0,21	0,33
16-11-18 22:42	0,21	0,24	0,37
17-11-18 08:14	0,20	0,24	0,39
18-11-18 17:04	0,18	0,18	0,37
19-11-18 02:33	0,15	0,13	0,39

Tabel 3.3 toont op vergelijkbare wijze voor locatie 3 (oostelijk) de maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de vijf maatgevende treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting.

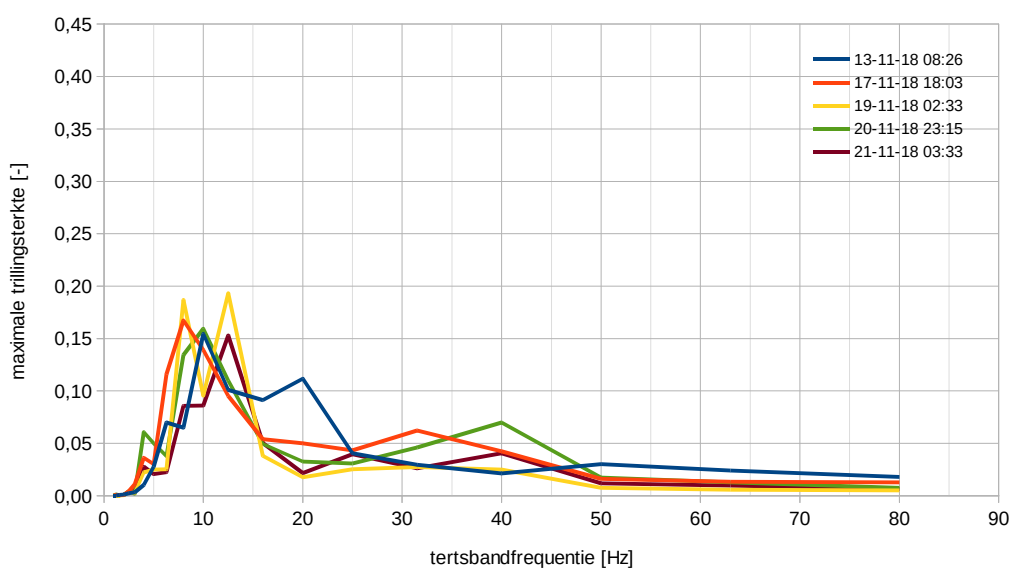
f3.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, locatie 3

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
16-11-18 22:42	0,14	0,13	0,29
17-11-18 08:14	0,14	0,18	0,20
18-11-18 17:04	0,13	0,14	0,22
18-11-18 22:25	0,13	0,10	0,19
19-11-18 02:33	0,14	0,12	0,19

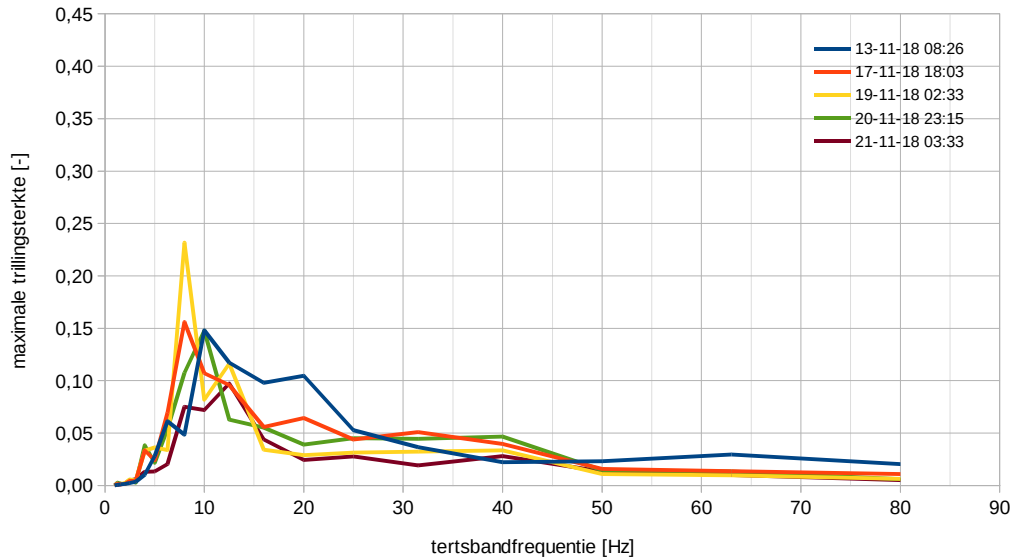
De vijf maatgevende treinpassages zijn in alle gevallen passerende goederentreinen.

Ten behoeve van een beoordeling dient naast de hoogte van de trillingniveaus inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes. Figuren 3.1, 3.2 en 3.3 tonen de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 1. Figuur 3.1 toont de spectrale verdeling in de horizontale X richting, figuur 3.2 toont de spectrale verdeling in horizontale Y richting en figuur 3.3 toont de spectrale verdeling in verticale Z richting.

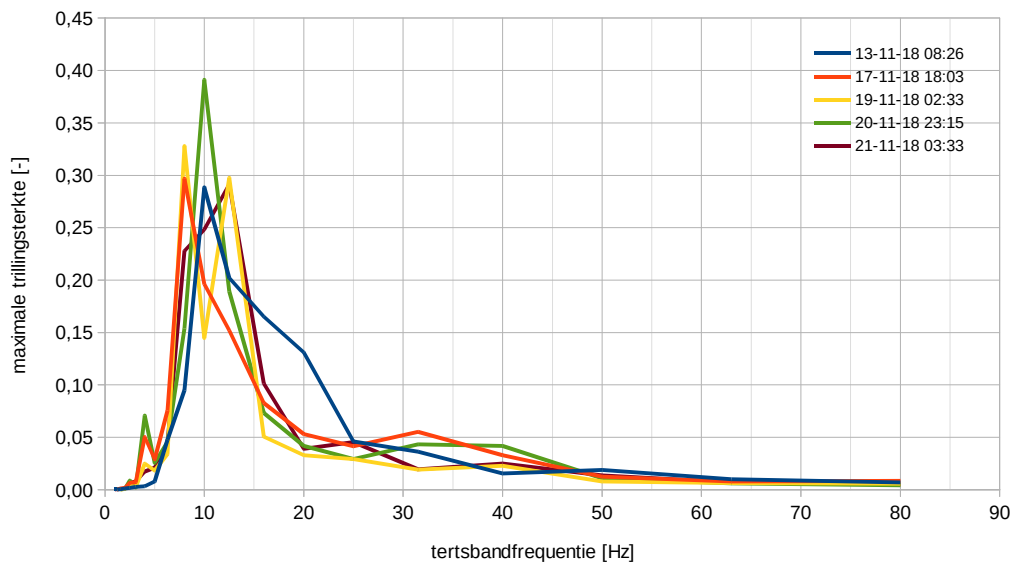
f3.1 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting) in locatie 1



f3.2 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting) in locatie 1



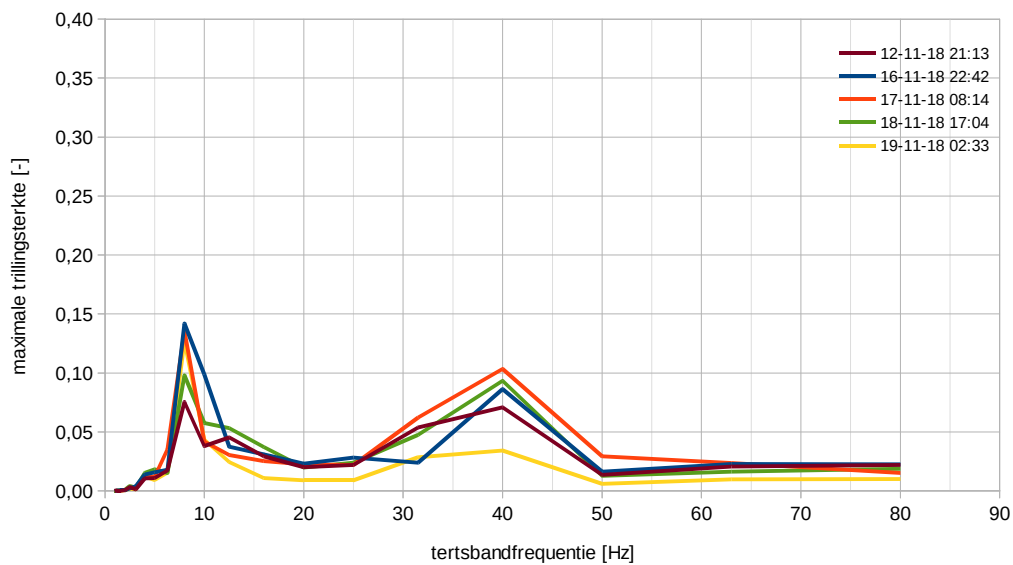
f3.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 1



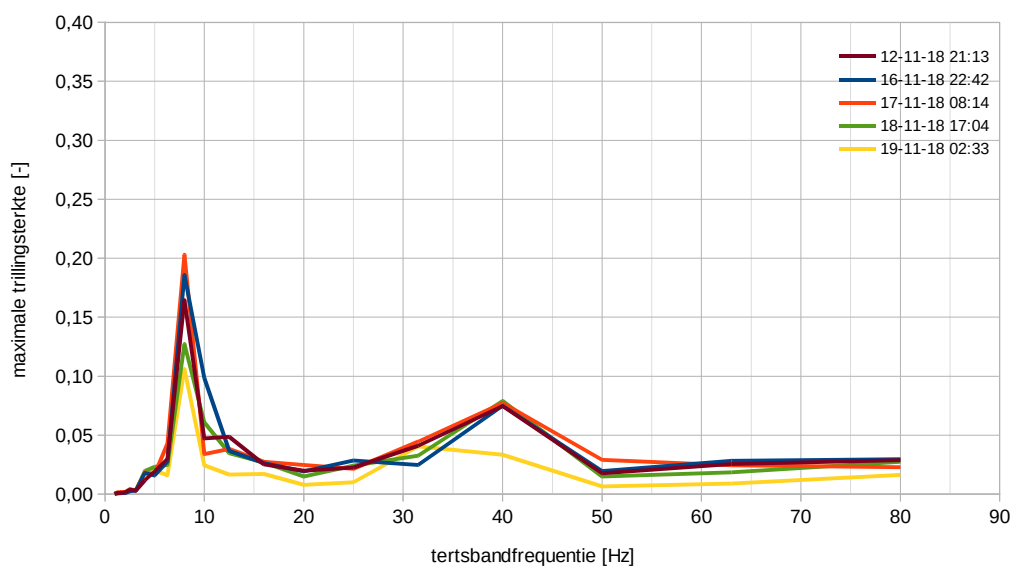
De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen globaal 8 en 12,5 Hz.

Figuren 3.4, 3.5 en 3.6 tonen op vergelijkbare wijze de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 2.

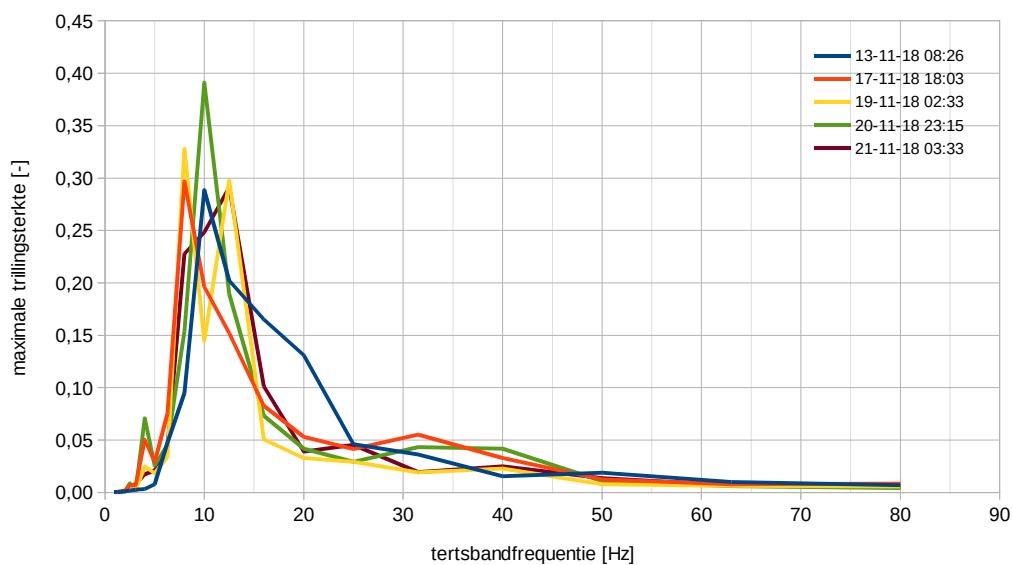
f3.4 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting) in locatie 2



f3.5 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting) in locatie 2



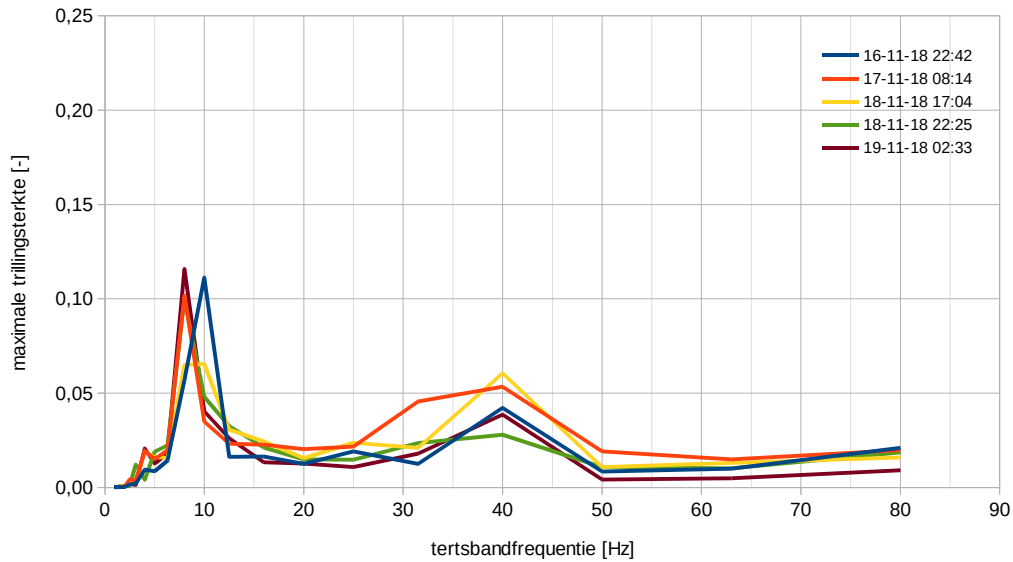
f3.6 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 2



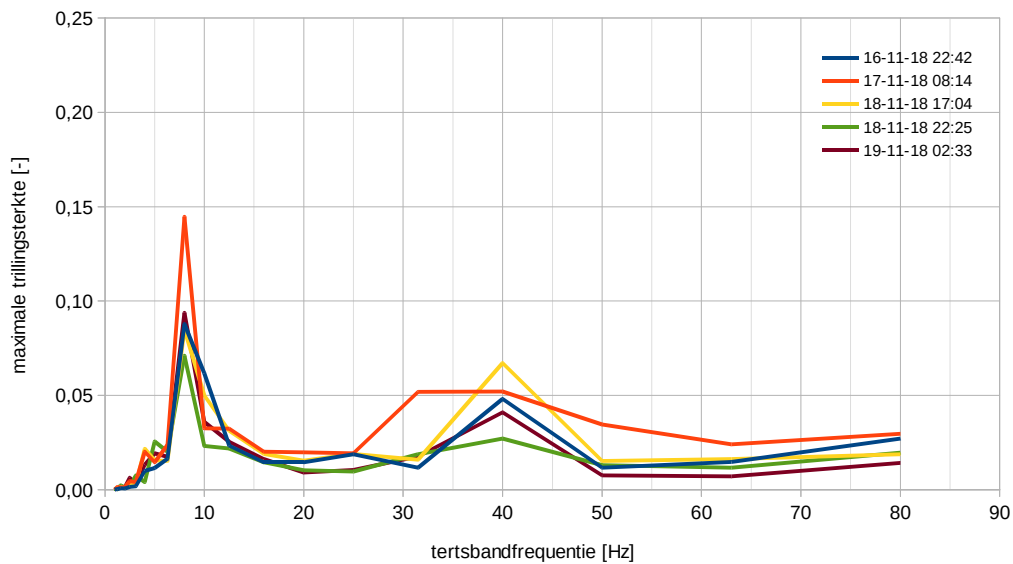
De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen globaal 8 en 12,5 Hz. In horizontale richting is aanvullend sprake van verhoogde trillingniveaus bij 40 Hz.

Figuren 3.7, 3.8 en 3.9 tonen op vergelijkbare wijze de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 3.

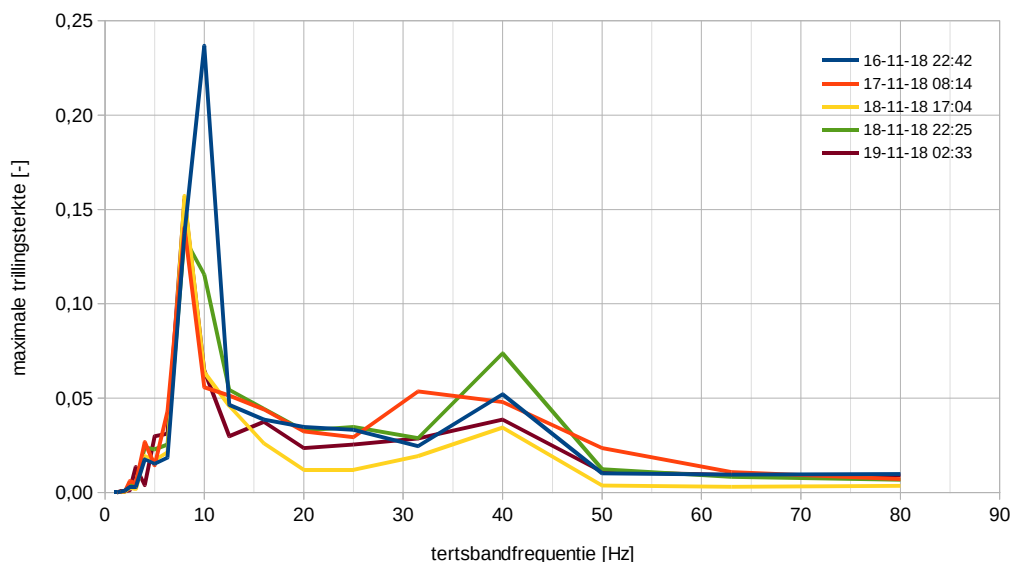
f3.7 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting) in locatie 3



f3.8 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting) in locatie 3



f3.9 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 3



De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen globaal 8 en 10 Hz en bij 40 Hz.

3.2 Geprojecteerde woningen

Om inzicht te krijgen in de trillingniveaus in het toekomstige woongebouw dienen de nu in de bodem gemeten waarden in principe gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslinging in het gebouw. Deze opslinging kan in verticale richting veroorzaakt worden door (vrij overspannen) vloervelden en in horizontale richting kan de gebouwconstructie verder nog voor opslinging zorgen.

Binnen het plan komt een mix van grondgebonden woningen en appartementen. In het algemeen zal bij appartementen sprake zijn van zwaardere fundaties. Naar huidige inzichten zal naar verwachting de eerste lijn vanaf het spoor, derhalve de trillingtechnisch hoogst belaste woningen, als appartementen worden uitgevoerd ter hoogte van de onderdoorgang aan de westzijde van het plan en als grondgebonden woningen worden uitgevoerd ter hoogte van de overige plandelen. Bij de navolgende beschouwingen wordt daarvan uitgegaan.

Bij de overgang van bodem naar fundament zal afhankelijk van de frequentie sprake zijn van een demping tot 10 dB (afname met factor 3) bij appartementen en een demping tot 5 dB (afname met factor 1,7) bij woningen.

De opslingering van vloerdelen hangt af van eventuele samenvallende vloerresonanties met het excitatiespectrum van de treinpassages en kan 10 tot 15 dB (factor 3 tot 5) bedragen. De opslingering van de gebouwconstructie hangt af van eventuele samenvallende gebouwresonanties met het excitatiespectrum van de treinpassages en kan eveneens een factor 3 tot 5 bedragen. De versterking als gevolg van de gebouwresonanties is op basis van onze ervaring met vergelijkbare projecten in het algemeen beperkt tot het frequentiegebied van ca. 4 Hz tot ca. 16 Hz terwijl de versterking als gevolg van vloerresonanties in het algemeen beperkt is tot het frequentiegebied van ca. 8 tot 31,5 Hz.

Tabel 3.4 toont de te verwachten trillingsterkte waarbij is uitgegaan van de situatie dat in ieder geval een vloerfrequentie lager dan 16 Hz wordt vermeden.

t3.4 Te verwachten trillingsterkte in woningen

Te verwachten trillingsterkte [-]		
	horizontale XY richting	verticale Z richting
locatie 1 (appartementen)	1,3	0,8
locatie 2 (woningen)	0,8	0,5
locatie 3 (woningen)	1,2	0,6

De in tabel 3.4 gegeven waarden kunnen worden gezien als worst case en kunnen optreden als bepaalde (nu nog niet bekende) constructieve eigenschappen op een ongunstige wijze samenvallen. Denk daarbij aan een aanstoting bij een frequentie waar het fundament slechts een lage demping levert terwijl bepaalde vloeren bij dezelfde frequentie juist een sterke opslingering (eigenfrequentie) vertonen. In de praktijk zal nagenoeg altijd sprake zijn van lagere trillingniveaus.

4 Toetsing

4.1 Toetsingskader

Zoals eerder aangegeven is bij de beoordeling aansluiting gezocht bij de richtlijn B 'Hinder voor personen in gebouwen' van de Stichting Bouwresearch (SBR B).

Tabel 4.1 toont de van toepassing zijnde streef- en grenswaarden conform de SBR B (nieuwe situaties, herhaald voorkomende trillingen).

t4.1 Overzicht streefwaarden conform SBR B

	dag en avond			nacht		
	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]
woning	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Volgens de SBR dient de maximale trillingssterkte V_{max} in eerste instantie getoetst te worden aan A_1 . Indien hieraan voldaan wordt is sprake van een acceptabele situatie. Indien niet wordt voldaan aan A_1 dient de maximale trillingssterkte getoetst te worden aan A_2 .

Bij overschrijding van A_2 is sprake van een conform de SBR hinderlijke situatie. In het geval dat wordt voldaan, dient de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de betreffende ruimte (V_{per}) getoetst te worden aan A_3 . Bij overschrijding van A_3 is wederom sprake van een conform de SBR hinderlijke situatie.

Opgemerkt wordt dat de streefwaarden van de SBR in principe geen wettelijke grenswaarden zijn.

Volledigheidshalve nog de kanttekening dat het voldoen aan de streefwaarden van de SBR niet inhoudt dat geen sprake zal zijn van voelbare trillingen. De waarde van 0,1 wordt normaliter gezien als de voelbaarheidsgrens. Een streefwaarde van V_{max} van 0,2 in woningen sluit derhalve niet uit dat bepaalde passages voelbaar kunnen zijn.

4.2 Toetsing

Voor woningen geldt een zogenaamde onderste streefwaarde A_1 van 0,1. Deze waarde wordt, gezien de worst case maximale trillingsterkte tot 1,3 in de geprojecteerde woningen, ruim 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 ruim worden overschreden waarmede sprake is van een in relatie tot de SBR B niet inpasbare situatie.

5 Mogelijke maatregelen

5.1 Reductiedoelstelling

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

Met een worst case verwachte trillingsterkte V_{\max} in de geprojecteerde woningen van maximaal ca. 1,3 bij een na te streven waarde van 0,2 kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 6 à 7 aan de orde is. Gezien onze ervaring met vergelijkbare projecten kan in eerste instantie worden opgemerkt dat een dergelijke doelstelling als kritisch maar in het onderhavige geval als technisch realiseerbaar kan worden gekwalificeerd.

5.2 Mogelijk te treffen maatregelen

Om de trillingen vanwege passerende treinen te reduceren dienen maatregelen te worden getroffen. In principe kan onderscheid worden gemaakt in bronmaatregelen, overdrachtsmaatregelen of maatregelen bij de ontvanger.

Bronmaatregelen zijn meestal het meest effectief. Enerzijds kunnen dit maatregelen zijn die toegepast worden aan het spoor, zoals toepassing van een verend materiaal onder het ballastbed, onder de dwarsligger, of een verende oplegging van het gehele systeem (floating slab track).

Anderzijds zijn organisatorische maatregelen ook mogelijk, zoals snelheidsbeperking, evenwichtige belading van goederentreinen en beperken van zware treinen in de nachtperiode.

Zowel bron- als organisatorische maatregelen zijn normaliter in de praktijk bij bestaand spoor niet meer realistisch.

In de overdracht kan worden gedacht aan toepassing van stijve constructies in de bodem tussen spoor en gebouw (schermen zoals diepwand, jetgrouten wand e.d.), al dan niet bekleed met een extra slappe laag. Ook een onderbreking van de bodem zal trillingen reduceren, denk aan sleuven e.d..

Bij dergelijk oplossingen (zowel stijve wand als sleuf) speelt een belangrijke rol bij welke frequenties de trillingen zich voordoen. Hoogfrequent zijn dergelijke maatregelen vaak al effectief met relatief beperkte diepten. Bij meer laagfrequente trillingen kan het zijn dat dergelijke maatregelen pas zinvol worden met diepten tot 15 à 20 m, soms zelfs nog meer.

Als maatregelen aan het gebouw zelf kan worden gedacht aan het optimaliseren van het vloerontwerp. Bij verticale trillingen is vloergedrag vaak mede bepalend. Verstijven door toepassing dikkere vloeren, kleinere overspanningen e.d. kunnen dan bijdragen aan verlaging van de trillingniveaus. De eigenfrequentie van vloeren dient daarbij uit de buurt te

liggen van de aangeboden trillingen. Het is niet altijd zo dat verstijven beter is. Soms kan het verlagen van de eigenfrequentie, dus een slappere vloer, juist verbetering bieden. Om horizontale trillingen te reduceren kan in het constructieve ontwerp worden gedacht aan verstijven van de constructie (meer constructieve delen, constructief zware kernen enz.).

Ook kan worden gedacht aan het toepassen van een zwaarder fundament. Hierdoor wordt een grotere impedantiesprong gecreëerd tussen bodem en gebouw waarmee de trillingen vanuit de bodem minder makkelijk het gebouw in komen. In principe kan worden gesteld dat des te stijver en zwaarder het fundament wordt uitgevoerd des te meer de trillingniveaus worden gereduceerd.

Verder wordt ook het volledig afveren van gebouwen toegepast. De mogelijkheden worden ook hier in sterke mate bepaald door de 'probleemfrequenties'. Trillingen van 10 à 15 Hz en hoger kunnen in het algemeen op deze wijze nog effectief worden gereduceerd. Als de trillingen laagfrequentier zijn dan wordt het problematisch. Afveren kan soms geschieden op discrete oplegpunten (poeren, paalkoppen e.d.) danwel door het dubbel uitvoeren van fundaties (fundatie - verende laag - fundatie met daarop gebouw).

Dimensioneren en optimaliseren van maatregelen vindt meestal plaats middels een dynamisch rekenmodel (eindige elementen methode) waarbij zowel aanstoting, bodem en geprojecteerd gebouw gemodelleerd worden. Aanstoting en bodem worden dan gebaseerd op de trillingmetingen ter plaatse aangevuld met bodemeigenschappen ontleend aan sonderingen. Het gebouw wordt op basis van de dan beschikbare bouwkundige en constructieve opzet gemodelleerd. Zo kunnen in eerste aanleg de te verwachten trillingen in het gebouw meer in detail in kaart gebracht worden en kunnen vervolgens ook eventuele maatregelen worden doorgerekend.

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.

5.3 Voorliggende situatie

Zoals eerder aangegeven is de reductiedoelstelling zoals die aan de orde zou kunnen zijn kritisch maar technisch niet onoplosbaar. De verwachte hoge waarden kunnen optreden als gebouw- en vloerresonanties samenvallen met bijvoorbeeld de nu gemeten sterke aanstoting bij 8 tot 10 Hz. Verder kunnen hoge waarden optreden als een fundament wordt toegepast met een zeer beperkte demping. Om een worstcase inschatting te maken is bij de prognose in eerste instantie ook uitgegaan van een fundament met een beperkte demping.

Door in het ontwerpproces fundament en constructieve opbouw te optimaliseren kan naar verwachting een inpasbare situatie worden gekregen. Aandachtspunten hierbij zijn wel dat een fundament wordt toegepast voor met name de eerstelijnsbebouwing met een optimale demping en gebouw- en vloerfrequenties die niet samenvallen met de hoge aanstoting in het frequentiegebied van de maatgevende treinen. Denk daarbij bijvoorbeeld aan vloeren met voldoende hoge eigenfrequenties.



Voor het huidige plan wordt geadviseerd om nader onderzoek uit te voeren middels een Eindig Elementen Methode (EEM) studie. Hiermee kan op de eerste plaats een nauwkeuriger voorspelling worden verricht van de te verwachten trillingsterkte in de woningen. Op basis van die voorspelling volgt meer inzicht in de werkelijke overschrijding en waar en welke frequenties maatgevend zijn waarbij de overschrijding naar verwachting eerder lager uit zal vallen dan hoger omdat bij de huidige voorspelling een worstcase aanname is gemaakt ten aanzien van de opslingering van de trillingen door het gebouw.

Op de tweede plaats kan met een EEM model het effect van de maatregelen worden onderzocht. Hiermee kunnen zowel maatregelen aan het fundament als maatregelen in het gebouw worden onderzocht.

6 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 ervaring dient de situatie beoordeeld te worden als kritisch maar nog wel technisch oplosbaar. 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 het bestemmingsplan vast te stellen.

Mook,

Dit rapport bevat 21 pagina's