



MEMO

Aan	Gemeente Rheden Postbus 9110 6994 ZJ DE STEEG
T.a.v.	t.a.v. dhr. D. van Dun
Van	Marc Burgmeijer
E-mail	aalsmeer@mp.nl
Telefoon	0297-320651
Kenmerk	M+P.GRHED.18.01.1
Datum	14 februari 2019
Aantal pagina's	16
Onderwerp	Trillingen ten gevolge van treinpassages ter plaatse van Lentsesteeg 13 te Rheden

Geachte heer Van Dun,

Op uw verzoek heeft M+P trillingsmetingen uitgevoerd ter plaatse van een toekomstig woningbouwplan aan adres Lentsesteeg 13 te Rheden. De metingen zijn uitgevoerd op 3 december 2018.

In dit onderzoek wordt beoordeeld of er sprake kan zijn van hinder in de toekomstige woning vanwege trillingen door railverkeer. De optredende effectieve trillingsniveaus ter plaatse van het bouwplan worden beoordeeld aan de hand van de SBR B richtlijn *Hinder voor personen*.

Situatie

Het bouwplan komt te liggen aan de Lentsesteeg. Direct ten zuiden van het plan loopt spoortraject Arnhem - Zutphen. Over dit spoor wordt de reguliere dienstregeling verzorgd door de NS. Er wordt met verschillende treintypes gereden. Uit navraag bij Prorail blijkt dat er enkele goederentreinen per dag rijden over dit traject. In Bijlage A is de opgave van de gerealiseerde goederentreinen weergegeven over oktober en november 2018. In figuur 1 en figuur 2 zijn foto's van treinmaterieel opgenomen. In figuur 3 is een foto weergegeven van de meetopstelling langs het spoor.

Omdat de woningen nog niet gerealiseerd zijn betreft de hinderbeoordeling van trillingen in het plan een prognose. In figuur 7 in Bijlage B is de locatie van de voorgenomen woonbebouwing weergegeven. De meetpunten zijn zo gekozen dat deze samenvallen met de toekomstige bebouwing. In de huidige situatie is de kavel onbebouwd.

Uit gegevens van Dinoloket blijkt de bodem ter plaatse vooral te bestaan uit draagkrachtige zandlagen. In deze regio is het niet altijd nodig om woningen op palen te funderen. Desondanks is wel onderzocht of het toepassen van een paalfundering positief bijdraagt aan de overdracht van trillingen..



figuur 1 *treinmaterieel Sprinter*



figuur 2 *treinmaterieel goederentrein met staal en Traxx locomotief*



figuur 3 opstelling meetapparatuur langs spoor (drie afstanden)

Wettelijk kader

Bij het beoordelen van trillingshinder voor personen in gebouwen worden in eerste instantie de trillingen van vloervelden beschouwd. De beoordelingscriteria die hierbij zijn aangehouden, zijn ontleend aan de SBR-richtlijn B: *Hinder voor personen in gebouwen door trillingen*.

Voor het beoordelen van de trillingen is de functie van het gebouw of de ruimte in het gebouw en het type trillingen van belang. De trillingen worden beoordeeld op het frequentiegebied van 1 tot en met 80 Hz. Door middel van integratie wordt het gemeten signaal omgezet in een voortschrijdende effectieve waarde. Middels een statistische verwerking zoals beschreven in paragraaf 9.6 van de SBR B wordt de grootste waarde over de meetduur $V_{\max}$ bepaald.

Er wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR B als:

- de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$ niet wordt overschreden
- de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte wel wordt overschreden maar de hoogste bovenste waarde voor de trillingssterkte niet en als bovendien geen overschrijding plaatsvindt van de maximale trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} .



In tabel I zijn de streefwaarden voor deze gewogen trillingssnelheden $V_{\max}$ en V_{per} weergegeven.

tabel I

streefwaarden bij woningen voor herhaald voorkomende trillingen in verband met trillingshinder voor nieuwe situaties

	dag en avond	nacht
A1. onderste streefwaarde trillingssterkte, $v_{\max}$ [.]	0,1	0,1
A2. bovenste streefwaarde trillingssterkte, $v_{\max}$ [.]	0,4	0,2
A3. trillingssterkte over beoordelingsperiode, v_{per} [.]	0,05	0,05

Trillingen dienen beschouwd te worden indien grenswaarde A1 overschreden wordt. Trillingssterktes tot aan grenswaarde A2 zijn toelaatbaar mits de trillingssterkte voor de periode A3 niet overschreden wordt. Trillingen sterker dan A2 zijn niet toelaatbaar. Voor bestaande situaties ligt de waarde van A2 een factor 2 hoger.

Bijlage 5 van de SBR richtlijn B geeft een kwalificatie voor de optredende trillingssterkte. Deze kwalificatie is opgenomen in tabel II.

tabel II

hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer

$V_{\text{eff,max}}$ [-]	hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 - 0,2	weinig hinder
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

Voor nieuwe woningen stelt de SBR richtlijn dat moet worden gestreefd naar geen hinder maar dat weinig hinder toelaatbaar is.

Meetmethode

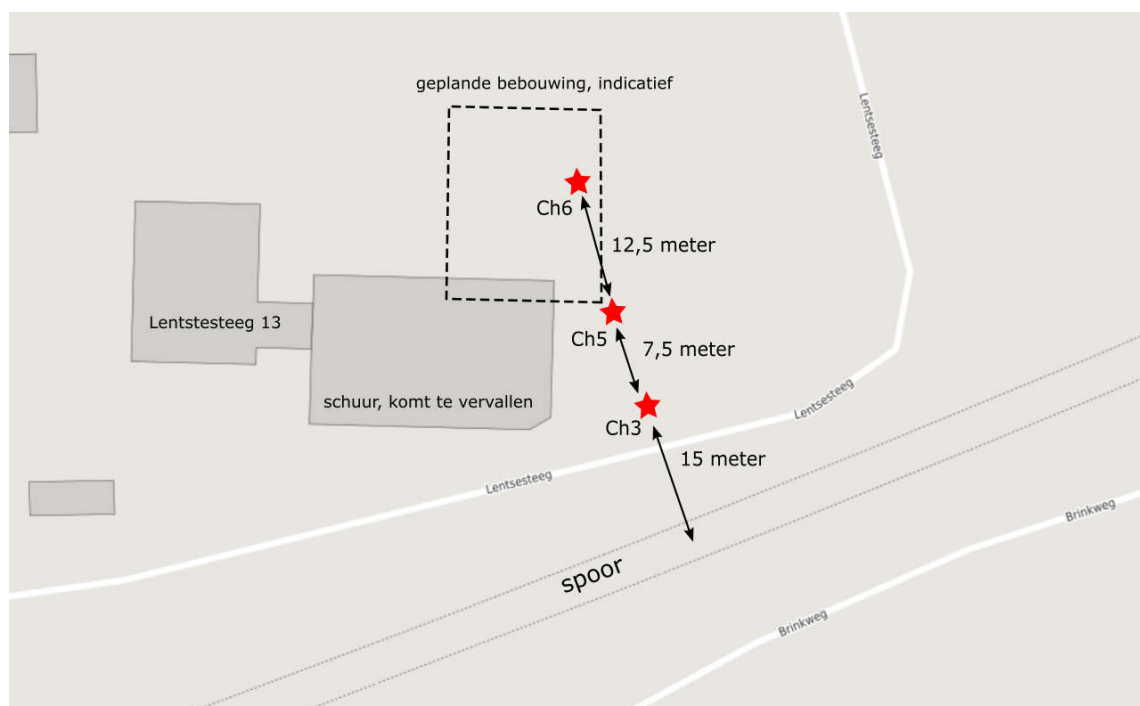
De trillingsmetingen zijn uitgevoerd op 3 december 2018. Gemeten is met drie tri-axiale trillingsensoren van het merk Syscom type MS2003. Het data-acquisitie apparaat bestond uit een AD-converter type Apollo van het merk Sinus Messtechnik. Voor de analyse is Samurai software van Sinus Messtechnik gebruikt.

De meting heeft plaatsgevonden op het maaiveld. In de huidige situatie bestaat het terrein uit grasland. De sensoren zijn met een stabiel geplaatste betontegel direct op de bodem geplaatst. De

locatie van de drie meetposities is weergegeven in figuur 4. Kanaal 5 is gesitueerd op de plaats waar de toekomstige bebouwing het dichtst bij het spoor komt te liggen. De afstand tussen kanaal 3 en kanaal 5 bedroeg circa 7,5 meter. Tussen kanaal 3 en 6 bedroeg de afstand circa 20 meter. De afstand tot het spoor vanaf kanaal 3 bedroeg 15 meter, zie figuur 4. De ligging van de geplande bebouwing is indicatief weergegeven in de figuur. Kanaal 3, 5 en 6 zijn aangegeven met CH3, CH5 en CH6, respectievelijk.

Op het meetpunt van kanaal 3 is in drie richtingen gemeten. Daarbij is de Y-richting loodrecht op het spoor, de X-richting parallel aan het spoor en de Z-richting verticaal. Op dit meetpunt bleek dat de X en Y richting in enkele gevallen dominant waren. Dit is in het algemeen vooral het geval bij meetsituaties dichtbij de bron en heeft mogelijk een verband met de verhoogde ligging van het spoor ten opzichte van het meetpunt. Op grotere afstand is de Z-richting maatgevend vanwege de wijze waarin de golven zich uitbreiden. Ook gezien de beperkte hoogte van de nieuwe bebouwing zijn voor de beoordeling alleen de trillingen in de verticale richting beschouwd. Dit is ook de component die de vloervelden in trilling kan brengen.

Gedurende een meettijd van 2,5 uur zijn de optredende trillingsniveaus geregistreerd. Tijdens deze meetperiode zijn 23 treinen gepasseerd. Op alle posities is de voortschrijdende effectieve waarde van de momentane snelheid v_{eff} met een tijdsinterval van 30 seconden bepaald. De analyse software bepaalt deze volgens de DIN4150-2. De hiermee vastgestelde KB-waarde is vrijwel gelijk aan de V_{eff} waarde uit de SBR deel B.



figuur 4

meetsituatie ten opzichte van huidige situatie en geplande bebouwing (indicatief, zwarte stippellijn).
Meetlocaties aangegeven met ster



Meetresultaten

In Bijlage C zijn de meetresultaten weergegeven voor kanaal 3, 5 en 6. Getoond zijn de resultaten in de verticale richting in het tijdsverloop. Behalve de treinpassages zijn ook verstoringen te zien vanwege lopen nabij de sensor aan het begin en eind van de meetperiode en vanwege wat verkeer over de Lentsesteeg. De sterkste trillingen vanwege treinen zijn gemeten op kanaal 3, welke het dichtst bij het spoor was gepositioneerd. Waarden gemeten op kanaal 5 en kanaal 6 liggen lager.

De getoonde meetresultaten zijn verwerkt volgens de SBR richtlijn B. Met alle drie de kanalen zijn meer dan 15 passages vastgelegd met een trillingssterkte groter dan $V_{\text{eff,max},30,i} = 0,1$. De statistisch verwerkte waarde $V_{\text{eff,max,stat}}$ wordt deels bepaald door het gemiddelde van de gemeten trillingssterktes, en deels door de afwijking tussen de gemeten waarden in de vorm van de standaarddeviatie. Hoe groter de onderlinge afwijking tussen de passages, hoe groter de waarde van $V_{\text{eff,max,stat}}$. Bij 15 valide metingen wordt de kleinste afwijking berekend.

Bij de statistische verwerking worden de trillingswaarden meegenomen die groter zijn dan de hoogst gemeten waarden gedeeld door twee, de top 50%. Met kanaal 3 en kanaal 5 zijn er 3 passages vastgelegd die aan deze voorwaarde voldeden. Bij kanaal 6 waren het er 14. Voor het totaal aantal passages is voor kanaal 6 de statistisch effectieve trillingssnelheid $V_{\text{eff,max,stat}}$ vastgelegd. Bij kanaal 3 en kanaal 5 is uitgegaan van de worst-case benadering (conform hoofdstuk 8.4.3. van de SBR B). De top 50% bestaat hier uit slechts 3 metingen wat zou leiden tot een onrealistisch hoge statistische waarde. Daarom is de hoogst gemeten waarde aangehouden als maatgevend.

tabel III

gemeten trillingssterkte gesorteerd naar grootte, per kanaal en statistisch effectieve trillingssnelheid $V_{\text{eff,max,stat}}$

	kanaal 3	kanaal 5	kanaal 6
1	1,843	0,657	0,288
2	1,282	0,486	0,267
3	1,203	0,363	0,252
4	0,683	0,315	0,240
5	0,668	0,306	0,221
6	0,585	0,263	0,212
7	0,570	0,260	0,177
8	0,568	0,247	0,171
9	0,553	0,236	0,169
10	0,515	0,236	0,165
11	0,509	0,225	0,154
12	0,499	0,223	0,152



	kanaal 3	kanaal 5	kanaal 6
13	0,468	0,223	0,148
14	0,424	0,204	0,145
15	0,398	0,191	0,140
$V_{\text{eff,max}}$	1,843	0,657	0,2885
gemiddelde μ			0,197
aantal			14
stdev σ			0,049
factor β			1,76
$V_{\text{eff,max,stat}}$			0,304
$V_{\text{eff,max,stat}} / V_{\text{eff,max}}$ [dB ref 1nm/s]	125,3	116,4	109,7
V_{per} (dag / avond / nacht)	0,05 / 0,05 / 0,04	0,02 / 0,02 / 0,02	0,01 / 0,01 / 0,01

De resultaten zijn opgenomen in bovenstaande tabel III. Uit de waarden blijkt dat er bij alle meetposities een overschrijding is gemeten van zowel de onderste richtwaarde A1 als de bovenste streefwaarde A2. Beoordeeld wordt aan de maatgevende nachtperiode, omdat ook in de nachtperiode er goederentreinen passeren. De trillingssterkte over de beoordelingsperiode, V_{per} , is in alle gevallen lager of gelijk aan de richtwaarde van 0,05. Dit betekent dat als wordt voldaan aan de richtwaarde voor A2, er tevens wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR richtlijn.

De gemeten trillingssterkte is eveneens uitgedrukt in dB waarden met een referentie van 1 nanometer per seconde. Voor trillingen geldt dat een verdubbeling van de trillingssterkte een toename betekent van 6 dB.

De grenswaarde A1 van 0,1 mm/s staat gelijk aan 100 dB. Om te voldoen aan A1, is ter hoogte van CH5 een reductie nodig van 16 dB oftewel een reductie met ongeveer een factor 6. Ter hoogte van CH6 is dat een reductie van 10 B ofwel circa een factor 3.

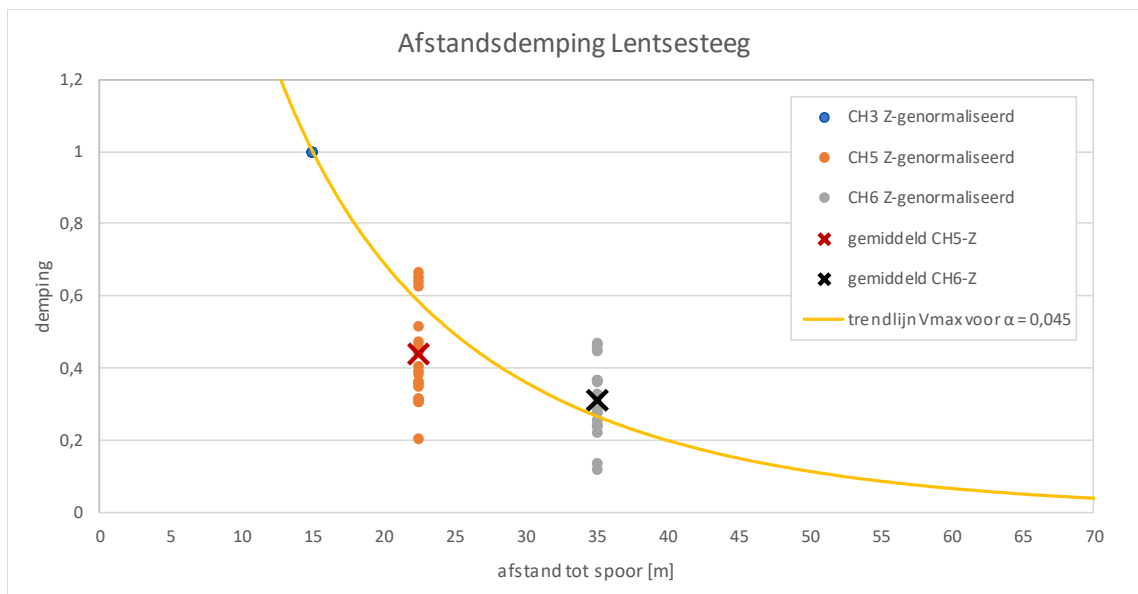
De richtwaarde A2 van 0,2 mm/s staat gelijk aan 106 dB. Bij CH5 is een reductie van 10 dB nodig om de voldoen aan richtwaarde A2, oftewel een factor 3. Bij CH6 is een reductie van 4 dB nodig, oftewel een factor 1,5.

Beoordeling meetresultaten

Er is ingeschat wat het effect kan zijn van de fundering en de vloeren van de woningen. Hierbij is rekening gehouden met de dominante frequenties waarbij de trilling plaatsvindt. De spectraalanalyse van de trillingen ter plaatse van kanaal 5 zijn weergegeven in figuur 9, Bijlage C. De dominante

frequentie ligt rond de 40 Hz. Bij toepassing van een paalfundering in combinatie met een massieve bouwwijze is een reductie te verwachten van circa 6 dB.

Om in te schatten op welke afstand nog kan worden voldaan aan de richtwaarden uit de SBR B, is de overdracht van trillingen door de bodem bepaald. De resultaten van de analyse zijn weergegeven in figuur 5. Hierin is de afstandsdeмпing weergegeven als functie van de afstand tot het spoor.



figuur 5

gefittede dempingscurve als functie van de afstand tot het spoor, bepaald op basis van de meetresultaten

Conclusie en aanbevelingen

M+P heeft trillingsmetingen uitgevoerd ter plaatse van adres Lentsesteeg 13 te Rheden. De metingen zijn uitgevoerd op 3 december 2018.

Getoetst is aan de richtwaarden uit de SBR richtlijn deel B 'Hinder voor personen'. Deze richtlijn is niet opgenomen in de wet heeft geen dwingend karakter. Het betreft een afweging in het kader van een 'Goede ruimtelijke ordening' met betrekking tot vaststelling van het bestemmingsplan. Overigens wordt opgemerkt dat de richtlijn in jurisprudentie wel wordt gehanteerd.

De trillingen zijn gemeten op het maaiveld op de positie van de toekomstige woningbouw. Gemeten is op drie afstanden van het spoor: 15 meter, 23 meter en 35 meter van het hart. De geplande bebouwing is geprojecteerd op een afstand van circa 23 meter van het spoor.

Uit de metingen is gebleken dat er sprake zal zijn van matige hinder ter plaatse van de geplande bebouwing. De gemeten trillingen op het maaiveld zijn hier sterker dan de streefwaarden genoemd in *SBR B Hinder voor personen in gebouwen* voor nieuwbouwsituaties.



Om hinder te voorkomen adviseren wij om voldoende afstand aan te houden tussen de bebouwing en het spoor. In combinatie met het toepassen van een paalfundering en de woningen uit te voeren met steenachtige binnenwanden (binnenspouwblad en scheidingswanden) en betonvloeren ($> 300 \text{ kg/m}^2$) om vloerresonanties te beperken. Hierbij gaan we uit van 4-zijdig opgelegde vloervelden met een overspanning van maximaal circa 5 meter. Hierbij wordt uitgegaan van een overdrachtdemping tussen maaiveld en vloer van 6 dB*.

In onderstaande tabel IV zijn de richtafstanden opgenomen waar de woning gebouwd kan worden.

tabel IV

richtafstanden nieuwbouw Lentsesteeg

richtafstand	23 meter	30 meter	45 meter
trillingsniveau op maaiveld	116 dB	112 dB	106 dB
benodigde reductie	16 dB	6 dB*	6 dB*
niveau vloerveld	100 dB (grenswaarde A1)	106 dB (grenswaarde A2)	100 dB (grenswaarde A1)

Op een afstand van 30 meter kan juist nog worden voldaan aan de grenswaarde A2 indien zwaar wordt gebouwd zoals beschreven.

Indien gebouwd wordt op een afstand van minder dan 30 meter zijn speciale maatregelen nodig om de trillingen te reduceren zoals bijvoorbeeld trillingsisolatoren op de fundering. Gestreefd dient te worden naar een trillingsniveau van maximaal 0,1 (100 dB).

Op een afstand van 23 meter van het spoor waar de woningen nu geprojecteerd zijn is dan een reductie nodig van 16 dB. Deze reductie moet worden gerealiseerd op basis van het spectrum zoals opgenomen in tabel V van Bijlage C.

Bij bebouwing op de huidige planlocatie zonder speciale maatregelen is er een kans van 40% tot 95% dat de passage van een trein leidt tot hinder.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben.

Met vriendelijke groet,
M+P

ing. Marc Burgmeijer
Marc.Burgmeijer@mp.nl

Bijlagen:
A. Opgave goederentreinen Prorail
B. Figuren
B. Meetresultaten



Bijlage A

Opgave goederentreinen Prorail



	uur																							
dag	0	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Dagtotaal	
zondag 7 oktober 2018								1							1								2	
maandag 8 oktober 2018	1									1	1				1			1	1		1		7	
dinsdag 9 oktober 2018		2	1	1						1													5	
woensdag 10 oktober 2018		3	2	2						1			1	1			1	1					12	
donderdag 11 oktober 2018												1							1				2	
vrijdag 12 oktober 2018									1										1	1			3	
zaterdag 13 oktober 2018		1								2					1			1					5	
zondag 14 oktober 2018													1	1									2	
maandag 15 oktober 2018									1	1										1			3	
dinsdag 16 oktober 2018		1	2	1						1								1					6	
woensdag 17 oktober 2018		2		2			1			1	1			1				1				1	10	
donderdag 18 oktober 2018										2							1	1					4	
maandag 22 oktober 2018																		1	1	1	1	1	6	
dinsdag 23 oktober 2018		2	2	1														1	1			2	8	
woensdag 24 oktober 2018		5	1	2						1					1				1		1	1	13	
donderdag 25 oktober 2018											1		1		1			1				2	6	
maandag 29 oktober 2018											1										2		3	
dinsdag 30 oktober 2018		3	1			1				1									1				7	
woensdag 31 oktober 2018		2	2								1							1					6	
donderdag 1 november 2018										1					1		1	1	1				5	
vrijdag 2 november 2018										1	1							1					3	
zaterdag 3 november 2018				2				1								1							4	
zondag 4 november 2018															1			1		1			3	
maandag 5 november 2018	1																1						2	
dinsdag 6 november 2018		1	1	2								1											5	
woensdag 7 november 2018		1	3	3								2											9	
donderdag 8 november 2018											1				1								2	
vrijdag 9 november 2018													1						1				2	
zaterdag 10 november 2018		1	2																1				4	
zondag 11 november 2018																				1			1	
maandag 12 november 2018									1		1		1		1								4	
dinsdag 13 november 2018		1	1	2															1				5	
woensdag 14 november 2018	1		1	4	1								1										8	
donderdag 15 november 2018											1	1											2	
vrijdag 16 november 2018		1															1		2				4	
zaterdag 17 november 2018		2	2												1			2					7	
zondag 18 november 2018											1			1		1				1	1		5	
maandag 19 november 2018											2												3	
dinsdag 20 november 2018		2	1	1	1				1									2			1		9	
woensdag 21 november 2018		3	3	2	1				1								1		1			1	13	
donderdag 22 november 2018										1	1							1			1	1	5	
vrijdag 23 november 2018								1		1				1	1	1			1		2	1	9	
zaterdag 24 november 2018	1	3	1	1				1					1		1			1					9	
zondag 25 november 2018										1		1						1		1			4	
maandag 26 november 2018							1	1		1	1				1	1							6	
dinsdag 27 november 2018			1	1												1		1	1				4	
woensdag 28 november 2018	1		1	2	1		1	1						1	1			1	1				11	
donderdag 29 november 2018										1	1				1			1					4	
vrijdag 30 november 2018	1								1	1	1	1					1	1	1		1		8	
zaterdag 1 december 2018		1	2				1			1	1	1	1				1	1	2	1	1		14	
zondag 2 december 2018			1					1							1	1	1		1	1			7	
Periodetotaal per uur	6	37	33	27	4	1	4	7	5	22	17	8	7	7	15	6	9	25	20	9	12	10	291	

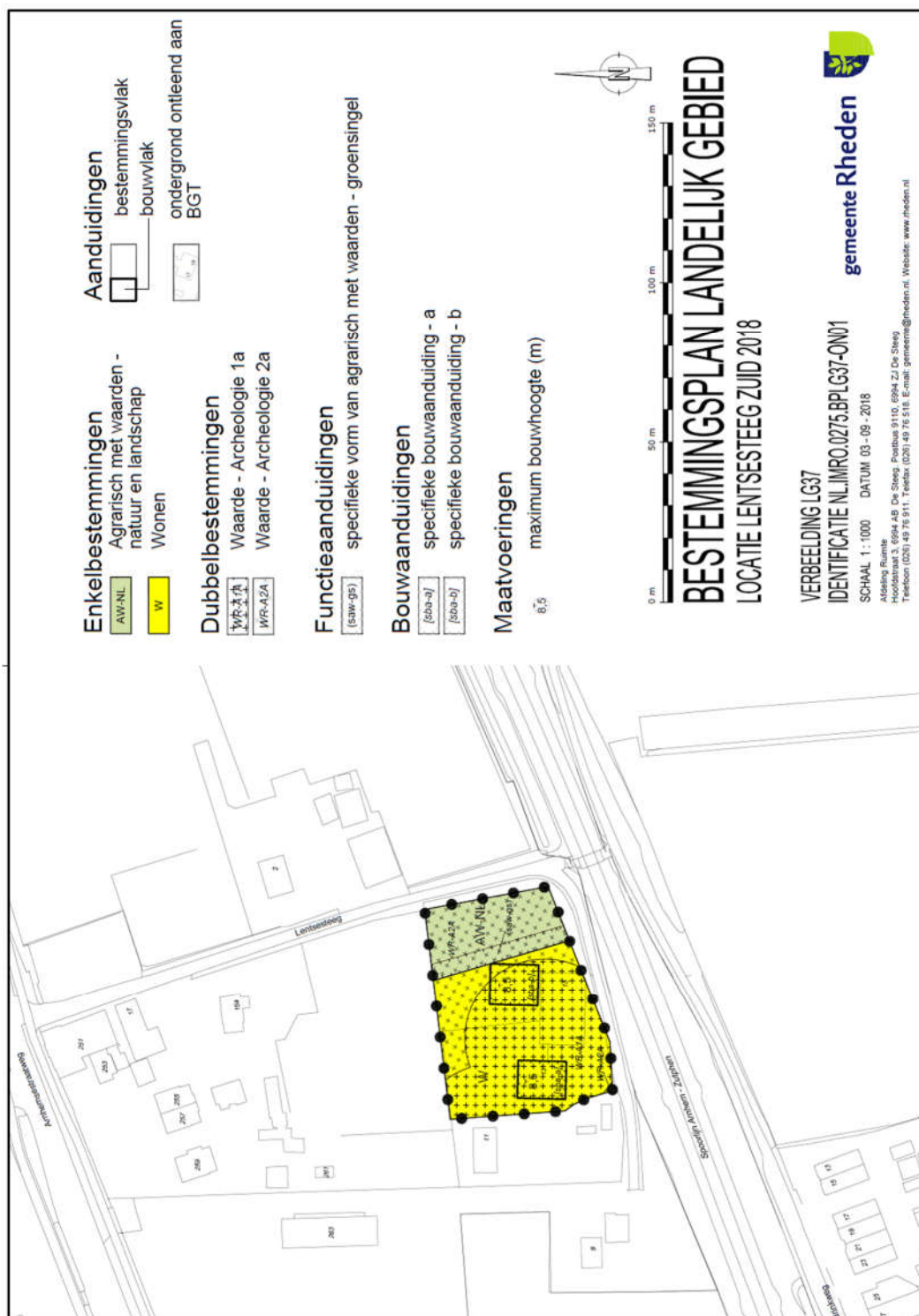
figuur 6

aantal goederentreinen over spoortraject Arnhem-Zutphen van zondag 7 oktober 2018 tot zondag 2 december 2018, ter hoogte van meetpunt Dieren. Opgave van Prorail



Bijlage B

Figuren



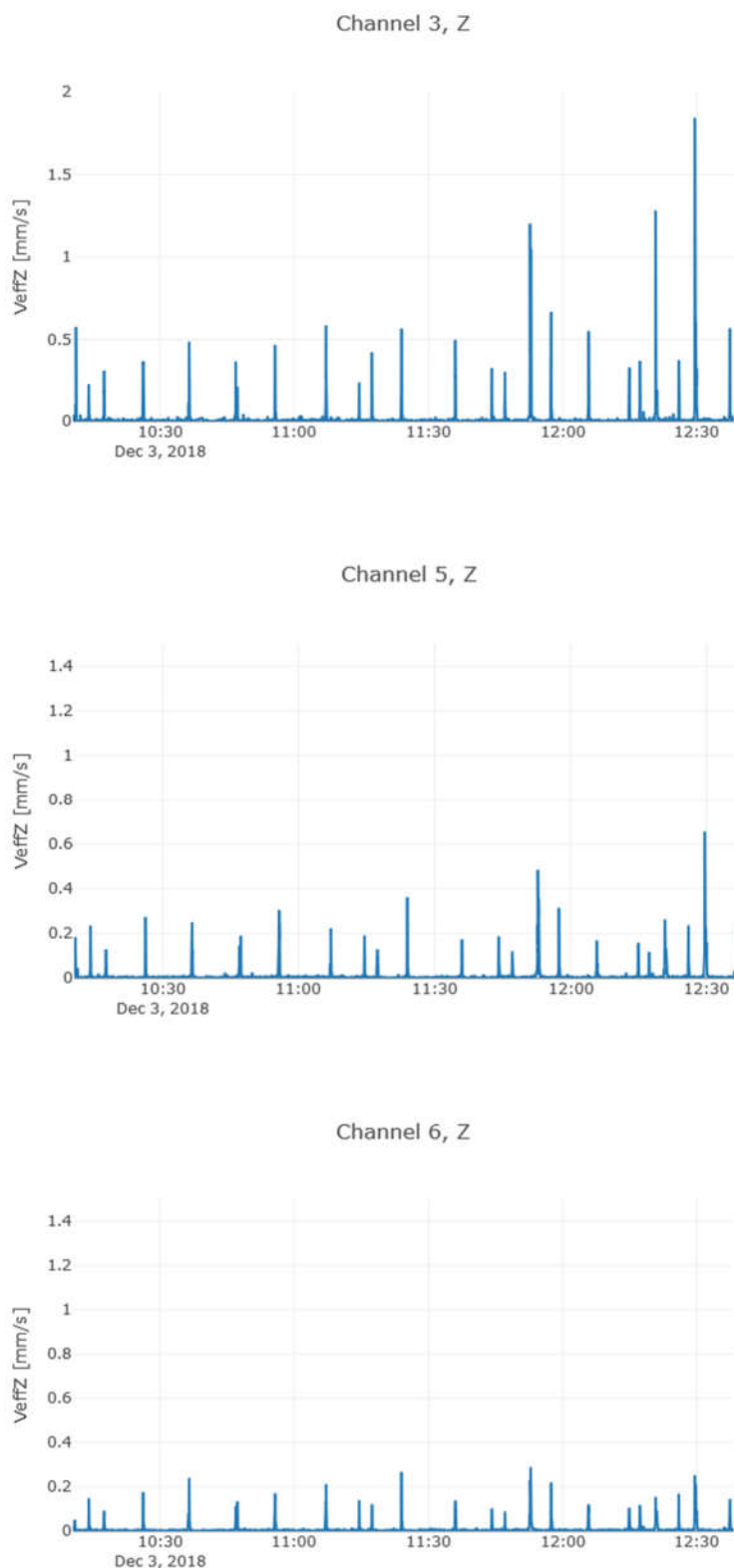
figuur 7

bestemmingen op het perceel van Lentsesteeg 13 te Rheden. De huidige woning (bouwvlak westzijde) en geplande bebouwing (bouwvlak oostzijde) zijn zwart omkaderd weergegeven.

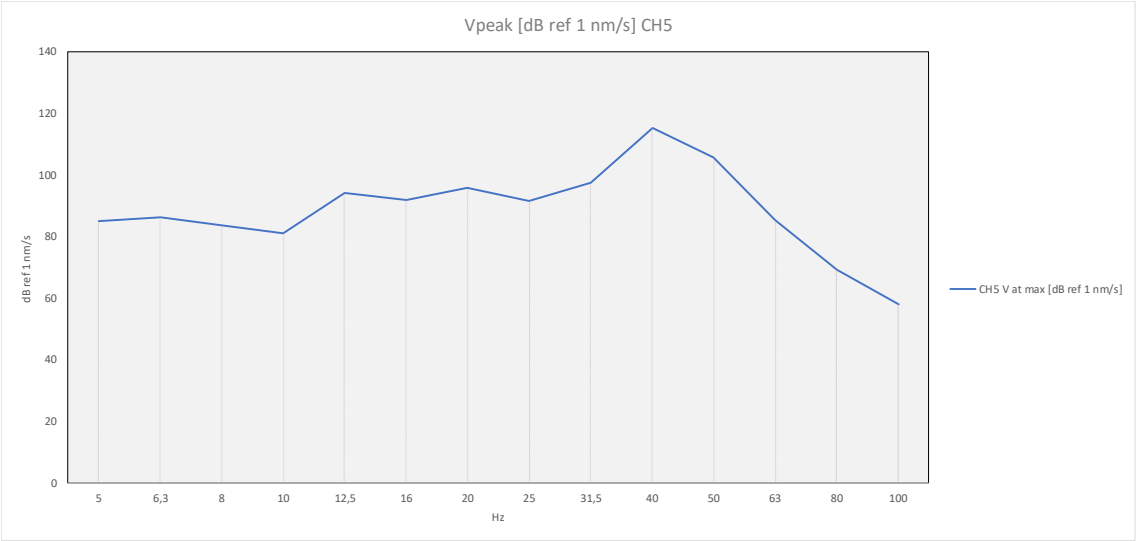
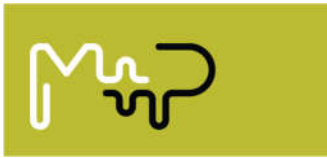


Bijlage C

Meetresultaten



figuur 8 *gemeten trillingsniveaus in het tijdsdomein voor de drie meetpunten. Corresponderende pieken zijn treinpassages*



figuur 9 tertsbandanalyse van de gemeten trillingen bij kanaal 5

tabel V spectrale correctiewaarden tertsbanden 5-100 Hz trillingen tgv goederentreinen

terstband [Hz]	5	6.3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
c [dB]	-31	-30	-32	-35	-22	-24	-20	-24	-19	-1	-10	-31	-47	-58