

Notitie

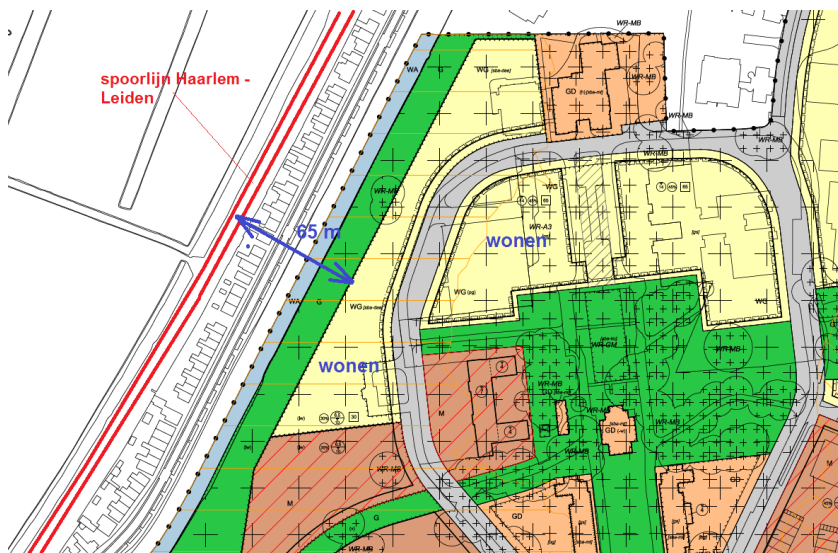
Datum:	10 juli 2019	Project:	Park Vogelenzang
Uw kenmerk:	-	Locatie:	Rijksstraatweg 113, Bennebroek
Ons kenmerk:	V048213aa.199JS4H.tc	Betreft:	Trillingsonderzoek nieuwbouw
Versie:	01_001		

Inleiding

In opdracht van GGZ Ingeest in Bennebroek, en in overleg met Res & Smit Real Estate, mevrouw N. Sargentini, hebben wij een onderzoek verricht naar de mogelijke trillinghinder in woningen in het nieuwbouwplan Park Vogelenzang in Bennebroek. Doel van het onderzoek is te bepalen of er kans is op trillinghinder. Daartoe worden de geprognosticeerde trillingen getoetst aan de streefwaarden uit SBR Richtlijn B. Hiervoor zijn van 27 juni tot 4 juli 2019 metingen verricht van de trillingsniveaus op het maaiveld op de locatie van de nieuwbouw. In deze notitie staan de meetresultaten en bevindingen.

Situatie

Het plan voorziet in de bouw van een aantal nieuwbouwwoningen op delen van het huidige terrein van GGZ Ingeest op Park Vogelenzang. De kortste afstand van een spoor tot de woonvlakken voor woningen volgens het ontwerp bestemmingsplan is circa 65 meter, zoals weergegeven in figuur 1.



Figuur 1.

Ligging woonvlakken (geel) in bestemmingsplan ten opzichte van het spoor.

De spoorlijn ligt op een dijklichaam. Tussen de spoorlijn en het beoogde woongebied bevindt zich de Leidsevaart.

Toetswaarden

Er zijn geen wettelijke eisen betreffende de trillingen in woningen door railverkeer. Als richtlijn wordt in het algemeen de publicatie van de Stichting Bouwresearch, de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn deel B: 'Hinder voor personen in gebouwen', augustus 2002, gehanteerd. In deze richtlijn worden streefwaarden gegeven voor trillingen in woningen door bijvoorbeeld railverkeer voor nieuwe en bestaande situaties.

Trillingen kunnen als toelaatbaar worden beschouwd, als is voldaan aan één van de onderstaande voorwaarden:

1. de waarde van de maximale trillingssterkte ($V_{\max}$) moet kleiner zijn dan A_1 volgens tabel 1, of;
2. de waarde van de maximale trillingssterkte ($V_{\max}$) moet kleiner zijn dan de waarde A_2 volgens tabel 1 én de trillingssterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) moet kleiner zijn dan A_3 volgens tabel 1.

Tabel 1

Streefwaarden trillingssterkte V [mm/s] voor trillingen van railverkeer in woningen om hinder voor personen te voorkomen/beperken

Situatie	Dag en avond			Nacht		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
Woningen nieuw	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Woningen bestaand	0,2	0,8	0,1	0,2	0,4	0,1

- A_1 en A_2 : $V_{\max}$ [mm/s]
- A_3 : V_{per} [mm/s]
- Dag- en avondperiode: van 07.00 tot 23.00 uur
- Nachtperiode: van 23.00 tot 07.00 uur

Meetmethode

Van 28 juni tot 4 juli 2019 zijn metingen verricht van de trillingsniveaus op het maaiveld op de locatie van de nieuwbouw. Gemeten is op twee posities volgens I.1 in bijlage I, beiden op 65 m afstand van het spoor, met 30 m onderlinge afstand. De sensoren zijn geplaatst op een stoeptegel die geplaatst is in een kleine kuil, om geen invloed te hebben van de zachte bovenlaag. De tegel is met opvulzand stabiel en vlak geplaatst. De trillingssensor is waterpas op de tegel geplaatst. Gedurende ruim twee uur (van 13.15 tot 15.30 uur) op 28 juni zijn de treinpassages gevolgd, waarbij diverse passages optraden van twee type treinen: Intercity en Sprinter. Er waren in deze periode geen passages van goederentreinen. De gemeten waarden in deze periode staan weergegeven in figuur I.2 in bijlage I. Vervolgens zijn de metingen onbemand voortgezet met twee meetsystemen met een gefoon, waarbij iedere 30 seconden de trillingssterkte in verticale en beide horizontale richtingen wordt geregistreerd.

Gemeten is met Profound Vibra met 3D Geofoons:

- MP1: Vibra 01102, Geophone TDA 00069;
- MP2: Vibra 02103, Geophone TDA 02146.

Resultaten

In bijlage I in figuren I.3 t/m I.9 staan de gemeten trillingen van MP1 en MP2 per etmaal grafisch weergegeven. Tevens zijn in tabel I.1 de meetwaarden weergegeven van de 15 passages met de hoogste waarden van $V_{\max}$. Daarbij is aangegeven of de trillingen zijn veroorzaakt door goederentreinen of treinen van het type Intercity. De meeste van deze hoogste waarden worden veroorzaakt door passages van goederentreinen en treden ook in de nachtperiode op.

Uit de metingen blijkt het volgende.

- De hoogste trillingen treden in verticale richting op. Deze zijn circa 50% hoger dan de horizontale richting.
- De trillingen op meetpositie MP1 zijn binnen de meetnauwkeurigheden ongeveer even sterk als op MP2. Uitgegaan wordt van de trillingen zoals op MP1 zijn gemeten, aangezien daar iets hogere waarden optreden.
- De maatgevende trillingen hebben dominante frequenties van 4 tot 47 Hz, waarvan het merendeel tussen 4 en 14 Hz.
- De hoogste $V_{\max}$ gemeten op de meetposities bedraagt per nacht 0,32 mm/s. In de dagperiode worden praktisch dezelfde waarden gemeten.
- De uit meetwaarden berekende V_{per} op het maaiveld bedraagt circa 0,03 - 0,04 in de dagperiode en 0,02 in de nachtperiode.

Trillingen in nieuwbouw

In de nieuwbouw zal de trillingssterkte afwijken van de trillingssterkte zoals gemeten op het maaiveld. Dit is het gevolg van de volgende effecten.

- De fundering van het gebouw zal anders reageren op de bodemtrilling dan de meetsensor. Hierbij is de massa en stijfheid van het gebouw van belang als ook de funderingswijze. Als uitgegaan wordt van een gebouw met betonnen paalfundering van 12 m of langer, met een stijve laag op maaiveldniveau dan is de te verwachten overdrachtsfactor circa 0,7. Indien de woning op staal wordt gefundeerd, dan is de overdrachtsfactor van maaiveld naar fundering circa 1,0 (de fundering trilt even hard als de bodem).
- In de woning kan versterking van trillingen optreden doordat het midden van vloervelden door opslinging sterker kan trillen dan de oplegpunten. Aangenomen is dat de woning betonvloeren heeft op de begane grond en de woonverdiepingen. Daarvoor geldt een overdrachtsfactor van fundering naar vloeren van 1,7. Indien de vloeren van hout worden gemaakt, dan kan deze overdrachtsfactor 2,5 bedragen.

Opgemerkt wordt dat bovenstaande geldt voor woningen die binnen 105 m van het spoor staan. Door de verzwakking in de bodem (geometrische afname en demping) wordt op een afstand van meer dan 105 m van het spoor geen overschrijding meer verwacht van de grenswaarden.

Beide bovengenoemde overdrachtsfactoren zijn toegepast op de gemeten trillingen. Daarbij wordt uitgegaan van betonnen vloeren in de woningen. Voor de meeste trillingen is het effect daarmee dat in de woningen circa 70% hogere trillingen kunnen optreden dan gemeten op het maaiveld. Dit leidt tot de volgende resultaten.

- De hoogste trillingen in de woningen kunnen circa 0,55 mm/s bedragen. Dit treedt circa twee keer per week op, meestal in de nachtperiode door een goederentrein.
- Waarden hoger dan 0,2 mm/s treden twee á drie keer per uur op.
- De verwachte waarde van V_{per} in de woning bedraagt 0,06 voor de dag- en avondperiode en maximaal 0,04 voor de nachtperiode.

Beoordeling/toetsing

De verwachte waarde van $V_{\max}$ in de woningen bedraagt 0,55 mm/s, zowel overdag als 's nachts. Hiermee wordt niet voldaan aan de streefwaarde A_2 in de nachtperiode (0,2) en in de dagperiode (0,4) voor nieuwbouw. Om aan de streefwaarde voor nieuwbouw in de nacht te voldoen zouden de trillingen beperkt moeten worden tot 0,2 mm/s en is dus een reductie met een factor 2,75 nodig. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet in de nacht aan de streefwaarden voor nieuwe situaties. In de dagperiode wordt V_{per} 0,06 en overschrijdt dit de streefwaarde $A_3 = 0,05$ met 0,01.

Als getoetst wordt aan de grenswaarden voor bestaande woningen, dan is de overschrijding van A_2 in de nachtperiode een factor 1,4 (40%).

Maatregelen

De enige praktische maatregel die de trillingen met zekerheid voldoende terugbrengt tot aan de streefwaarde voor nieuwe woningen, is het toepassen van een trilling geïsoleerde fundering. Daarbij wordt op een onderste funderingsring per woning op stalen veren een tweede funderingsring geplaatst, waarop de woning wordt opgebouwd. Direct contact tussen de woning en het omliggende maaiveld moet worden vermeden. In bijlage II staat een korte toelichtende schets, en gegevens over mogelijke leveranciers.

Vanwege de lage dominante frequentie van de passages wordt niet voldoende verbetering verwacht door het verstijven of verzwaren van de woningen. Bij deze frequenties, met bijbehorende lange golflengtes in de bodem, gaat het gebouw in zijn geheel meebewegen met de trillingen.

Als de trillingen tot aan de grenswaarden voor bestaande bouw volgens SBR B toelaatbaar geacht worden, dan is er een trillingsreductie nodig met een factor 1,4. Dit kan dan mogelijk gerealiseerd worden door een fundering toe te passen met voldoende lange en stijve palen en eventuele verstijving en/of verzwaring van de fundering.

Ook kan als maatregel het aanhouden van afstand worden toegepast. Als de woning bijvoorbeeld niet op 65 m afstand, maar op 85 m afstand van het spoor wordt gebouwd, dan is er een reductiefactor 0,57 te verwachten van de trillingen. Deze maatregel kan gecombineerd worden met de andere genoemde opties.

Onzekerheid

Het onderzoek kent een onzekerheid doordat gemeten is op het maaiveld terwijl de woningen mogelijk beïnvloedt worden door trillingen van diepere grondlagen. De opbouw van de ondergrond is niet bekend, en heeft invloed op de overdracht naar de woningen. Ook kan door keuzes bij het ontwerp van de funderingen, als die meer stijfheid heeft dan standaard, de werkelijkheid enigszins gunstiger zijn. De onzekerheid van de prognose wordt ingeschat op 40%, waarbij het mogelijk is dat in werkelijkheid de trillingen 40% lager¹ zijn. In dat geval wordt nog steeds niet aan de streefwaarden voor nieuwbouw voldaan, maar is de overschrijding beperkt.

1 Niet hoger aangezien bij de prognose een worstcase benadering is gevolgd.

Conclusies

Verwacht wordt dat de trillingen bij de nieuwbouw op Park Vogelenzang, binnen 105 m afstand van het spoor, niet voldoen aan de streefwaarden voor trillingen volgens de SBR Richtlijn B voor nieuwe woningen. De trillingen voldoen aan de grenswaarden voor nieuwe woningen als maatregelen worden getroffen, zoals:

- het toepassen van een trilling reducerende fundering;
- diepe funderingspalen toepassen (>12 m);
- aanhouden van meer afstand.

Als trillingen toelaatbaar worden geacht volgens de streefwaarden voor bestaande woningen, dan is het wellicht mogelijk om al op 65 m afstand met voldoende diepe funderingspalen en voldoende stijve opbouw van de funderingen en vloeren van de woningen aan de streefwaarde te voldoen.

Om vast te stellen welke maatregelen voldoende zijn, kan desgewenst nader onderzoek worden uitgevoerd.

LBP|SIGHT BV

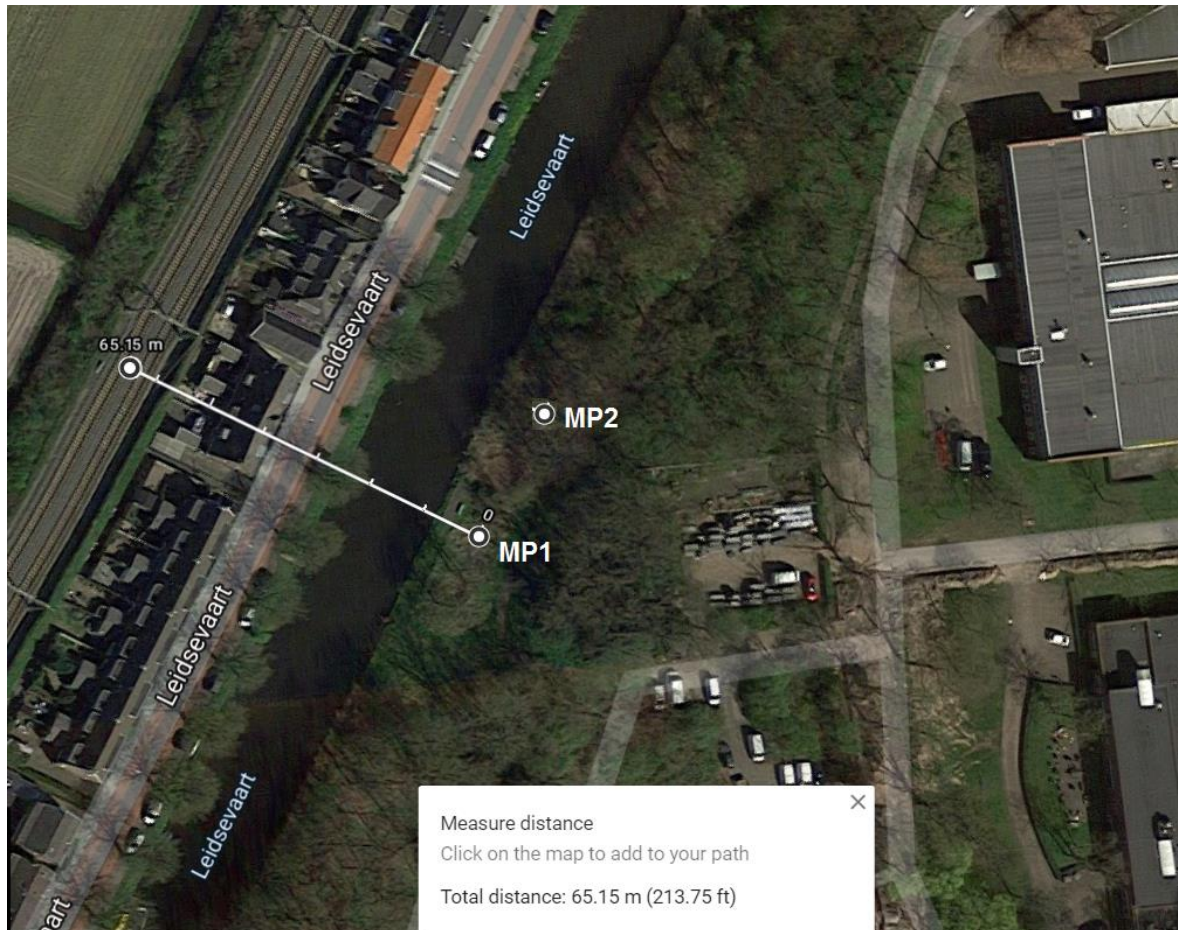


ir. Th.B.J. (Theo) Campmans

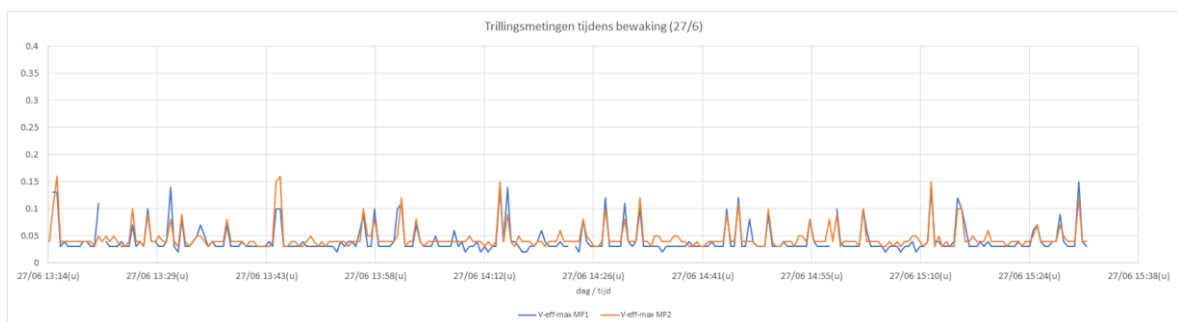


ir. M.T. (Mike) Dijkstra

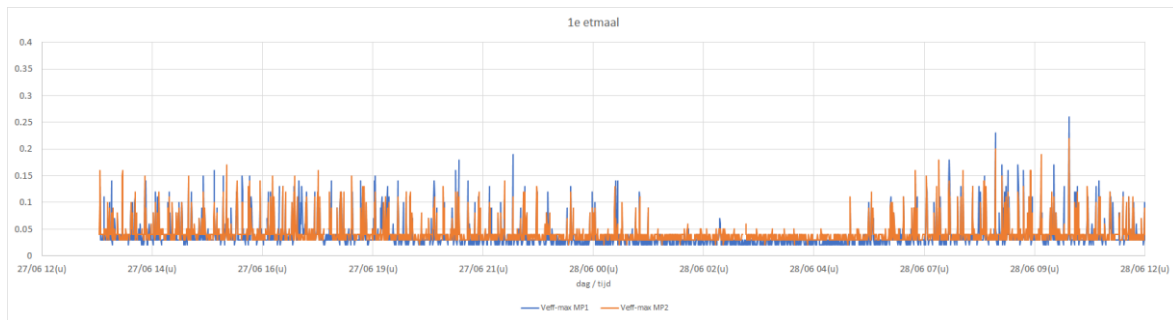
Bijlage I Metingen



Figuur I.1
Meetlocaties trillingen (MP2 30 m noordelijk ten opzichte van MP1)

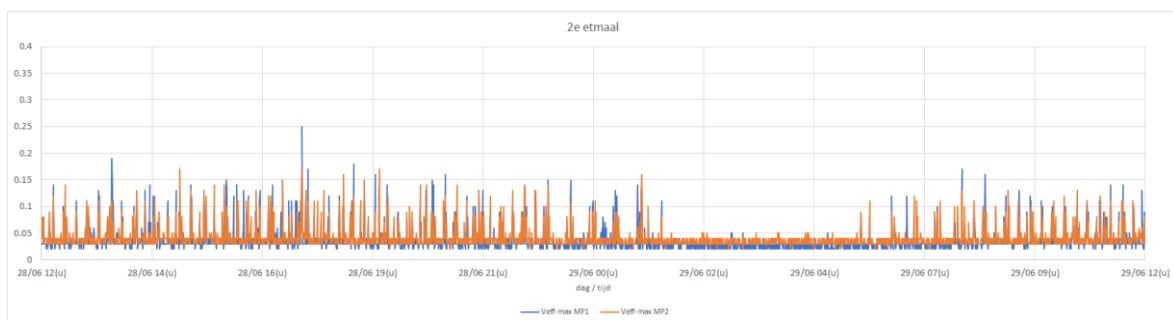


Figuur I.2
Meetresultaten tijdens bewaakte metingen (13.15 tot 15.30 uur)
(alleen passages treintype Intercity en Sprinter)



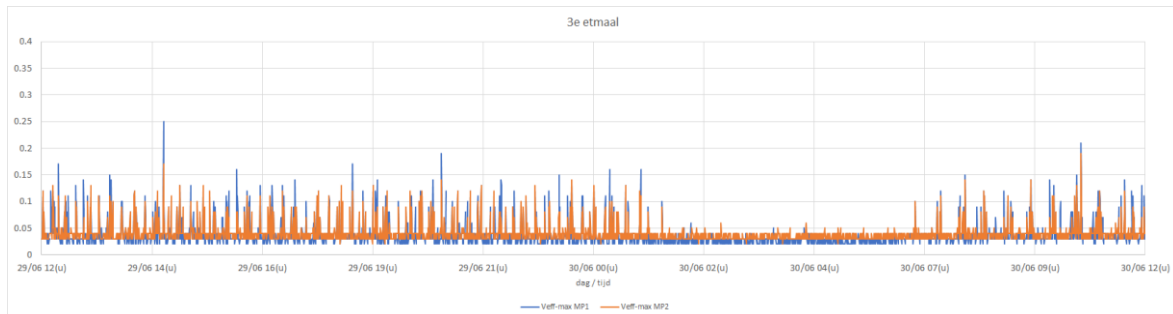
Figuur I.3

Meetresultaten $V_{\max}$ in mm/s per 30 sec, 1^e etmaal



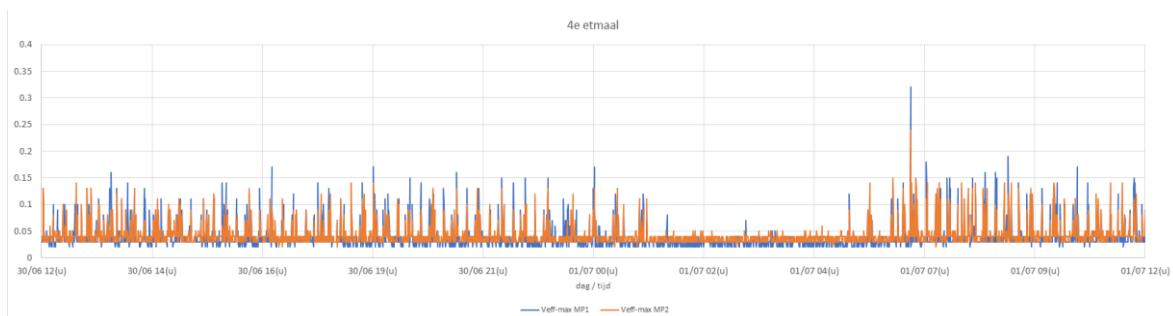
Figuur I.4

Meetresultaten $V_{\max}$ in mm/s per 30 sec, 2^e etmaal



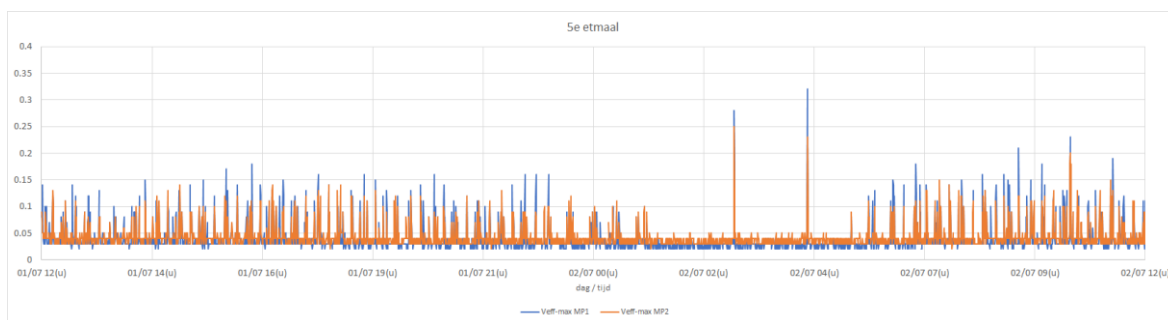
Figuur I.5

Meetresultaten $V_{\max}$ in mm/s per 30 sec, 3^e etmaal

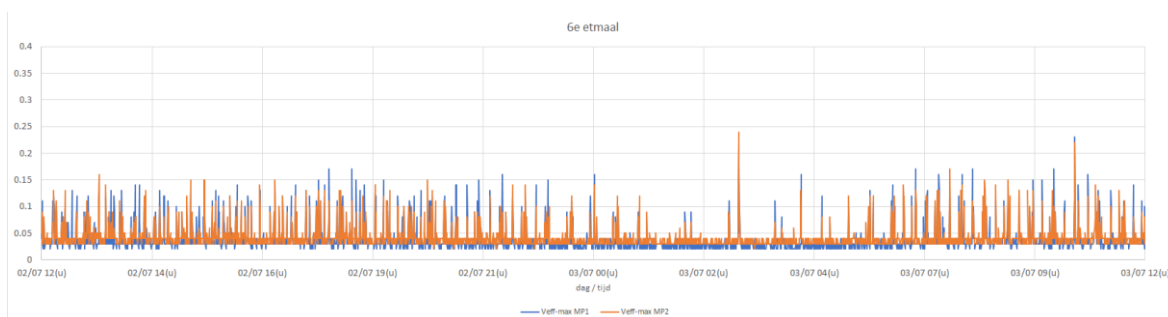


Figuur I.6

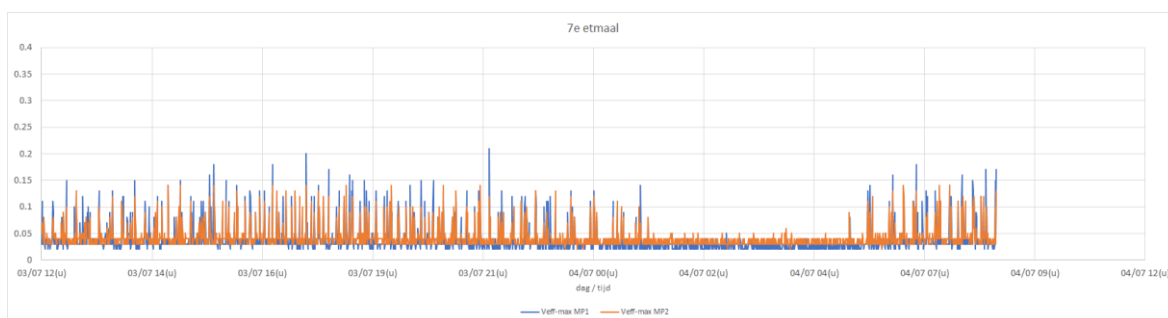
Meetresultaten $V_{\max}$ in mm/s per 30 sec, 4^e etmaal



Figuur I.7
Meetresultaten $V_{\max}$ in mm/s per 30 sec, 5^e etmaal



Figuur I.8
Meetresultaten $V_{\max}$ in mm/s per 30 sec, 6^e etmaal



Figuur I.9
Meetresultaten $V_{\max}$ in mm/s per 30 sec, 7^e etmaal

Tabel I.1

Overzicht passages met sterkste trillingen

dag	Date_Time	Vz MP1[mm/s]	Vz MP2[mm/s]	fz1 [Hz]	fz2 [Hz]	omschrijving
vr	28/06/2019 07:31:00	0.12	0.18	13.5	12	Intercity ca. 135km/u
vr	28/06/2019 08:45:00	0.23	0.2	10.5	10.2	Intercity ca. 135km/u
vr	28/06/2019 09:44:30	0.12	0.19	11	11.5	Intercity ca. 135km/u
vr	28/06/2019 10:21:00	0.26	0.22	6	6	Goederen DB 61601
vr	28/06/2019 10:21:30	0.23	0.16	6	6	Goederen DB 61601
vr	28/06/2019 17:39:30	0.25	0.17	46	47	Intercity ca. 135km/u?
za	29/06/2019 14:39:00	0.25	0.17	8	5	Goederen DB 61261
zo	30/06/2019 10:36:00	0.21	0.19	11.5	12	Goederen DB 61265
ma	01/07/2019 06:54:00	0.32	0.24	10.5	5, 11	Intercity ca. 135km/u
di	02/07/2019 03:03:30	0.28	0.25	10.5	11	Goederen
di	02/07/2019 04:39:00	0.32	0.23	4.5; 46	4	Goederen DB 61260
di	02/07/2019 04:39:30	0.23	0.23	4.5; 45	4	Goederen DB 61260
di	02/07/2019 10:22:00	0.23	0.2	7.5	5	Goederen DB 61601
wo	03/07/2019 03:09:30	0.23	0.24	31.5	7	Goederen
wo	03/07/2019 10:28:00	0.23	0.22	6	4	Goederen DB 61601

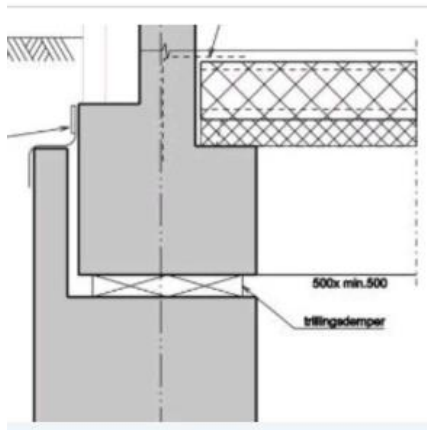
Tabel I.2

Gemeten waarden van V_{per} (waarbij waarden vanaf 0.05 mm/s zijn meegenomen)

V_{per} -meting (maaiveld)			
Periode	Dag	Avond	Nacht
Etmaal 1	0.04	0.03	0.02
Etmaal 2	0.03	0.03	0.02
Etmaal 3	0.03	0.03	0.02
Etmaal 4	0.03	0.03	0.02
Etmaal 5	0.03	0.03	0.02
Etmaal 6	0.04	0.03	0.02
Etmaal 7	0.03	0.03	0.02

Bijlage II Trillingisolatie woningen

Voor voldoende trillingisolatie van aanstootfrequenties van 4 Hz en hoger, is de afveerfrequentie voor minimale isolatie met een factor 2,75 berekend van 2,0 Hz. Dit kan alleen gerealiseerd worden met stalen veerpakketten.



Figuur II.1

Principe-opbouw trillingisolerende fundering



Figuur II.2

Voorbeeld van een metalen veer (vaak in pakketten van 2x2 of 2x3 veren toegepast)

Mogelijke leveranciers:

<https://www.gerb.com/en/applications/building-isolation.html>

<https://cdm.eu/solution/cdm-chr-box/>

http://www.ghmontage.com/stalen_veren.htm