

RAPPORT TRILLINGSONDERZOEK LEIDEN



Datum	: 22.10.2020
Project	: 20-11092
Opdrachtgever	: Aveco de Bondt
Betreft	: Trillingsonderzoek spoortrillingen d.d. 18.11.2020 t/m 25.11.2020
Locatie	: Ypenburgbocht te Leiden
Type meting	: SBR-A (Schade aan gebouwen) SBR-B (hinder voor personen)
Opgesteld door	: Dhr. B.F.R.A. Schelfhout
Gecontroleerd door	: Dhr. R. Senicic
Versie	: 1.0

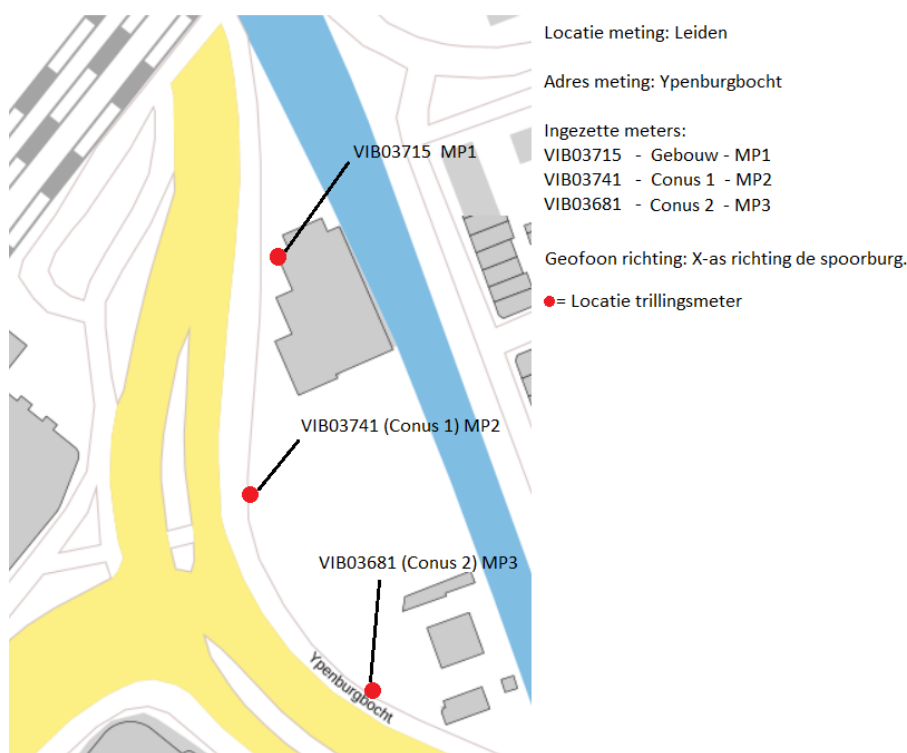
Inhoud

1.	Inleiding	3
2.	Toetsingskader: Richtlijn SBR A (Schade aan gebouwen)	4
3.	Beoordeling meetgegevens conform SBR richtlijn A	5
	VIB03715, Meetpunt 1	6
	VIB03741, meetpunt 2	7
	VIB03681, meetpunt 3	7
	Conclusie	8
4.	Grafieken SBR A	9
5.	Toetsingskader: Richtlijn SBR B (hinder voor personen)	12
6.	Beoordeling meetgegevens conform SBR richtlijn B	13
	Streefwaarden conform tabel 10.5. Richtlijn SBR B (Hinder voor personen)	13
	Conclusie	15
7.	Grafieken SBR B	16
8.	Specificaties meetapparatuur	19

1. Inleiding

In opdracht van Aveco de Bondt heeft Jantril BV een trillingsonderzoek uitgevoerd ter hoogte van de Ypenburgbocht te Leiden. Het doel van het onderzoek is om de trillingsniveaus afkomstig van het nabij gelegen treinspoor in kaart te brengen op de meetlocaties waar in de toekomst woningen gebouwd worden. Deze trillingsniveaus worden indicatief beoordeeld conform de geldende SBR-richtlijnen deel A (schade aan gebouwen) en deel B (hinder voor personen). Deze indicatieve beoordeling kan gebruikt worden om te bepalen of de huidige trillingsniveaus op de meetlocaties voldoen aan de geldende SBR-richtlijnen. Het onderzoek is uitgevoerd met in totaal drie gekalibreerde Profound VIBRA+ trillingsmeters. Er is gemeten van 18.11.2020 t/m 25.11.2020. Twee trillingsmeters (MP2 en MP3) waren geplaatst op ca. 1 meter diepte met speciale geofoon-conussen om de trillingen in de grond te meten, een trillingsmeter (MP1) was bevestigd aan de muur van het bestaande gebouw. Op 25.11.2020 heeft een expert van Jantril BV op locatie een verkeersregistratie gemaakt. Deze registratie wordt gebruikt om te bepalen welke trillingen afkomstig zijn van het treinverkeer.

In de rapportage zal een indicatieve beoordeling worden gemaakt conform de SBR-richtlijnen. Deze beoordeling is indicatief omdat er in dit geval gemeten is om een nog niet bestaande situatie te beoordelen.



Figuur 1, plattegrond meetlocaties

De volgende trillingsmeters zijn gebruikt gedurende de metingen:

- Meetpunt 1, VIB03715
- Meetpunt 2, VIB03741
- Meetpunt 3, VIB03681

2. Toetsingskader: Richtlijn SBR A (Schade aan gebouwen)

Met betrekking tot schade aan gebouwen, wordt gebruik gemaakt van de in 2002 (in 2017 herzien) door de Stichting Bouwresearch (SBR) gepubliceerde richtlijn deel A. Dit deel gaat over het meten en beoordelen van trillingen met het oog op mogelijke schade aan een gebouw. Onder schade wordt niet alleen het (gedeeltelijk) instorten van een bouwwerk verstaan, maar ook een vermindering van draagkracht van een bouwwerk of vermindering van de economische waarde door bijvoorbeeld scheurvorming in afwerkklagen. De richtlijn is bedoeld om een trillingssterkte (verkregen door meting) te beoordelen. Voor het meten van de trillingssterkte hebben wij gebruik gemaakt van een gekalibreerde trillingsmeter Vibra SBR+. De sterkte van de trilling wordt uitgedrukt in de trillingssnelheid, waarbij met name de hoogste trillingssnelheid in de tijd (V_{top} in mm/s) een belangrijke rol speelt. Daarnaast is ook het bepalen van de dominante frequentie van belang.

Ondanks het gebruik van goede meetapparatuur blijft er altijd een bepaalde onzekerheid bestaan over het meetresultaat. In deel A is hiermee rekening gehouden door het toepassen van veiligheidsfactoren op zowel het meetresultaat als op de toetswaarden. Door toepassing van een veiligheidsfactor op het meetresultaat wordt het type meting in rekening gebracht. Bij een indicatieve meting (één meetpunt voor een hele belending) bestaat namelijk een grotere kans dat niet de maximale trillingssterkte van een bouwwerk is gemeten dan bij een beperkte meting (minimaal 2 meetpunten) of uitgebreide meting (veel meetpunten). Het meetresultaat van een indicatieve meting wordt daarom met een factor 1,6 vermenigvuldigd, alvorens een beoordeling kan plaatsvinden. In ons speciale computerprogramma zijn deze veiligheidsfactoren automatisch ingesteld.

Ook bij de grenswaarden geldt een veiligheidsfactor. Deze factor brengt het type trilling in rekening. Er bestaat onderscheid tussen kortdurende trillingen (botsingen of explosies), herhaald kortdurende trillingen (heiwerkzaamheden en passages door rail- en wegverkeer) en continue trillingen (intrillen damwanden en hoogfrequente machines).

De grenswaarde wordt gedeeld door de veiligheidsfactor. De veiligheidsfactor is voor verwerking van de meetresultaten automatisch ingesteld in ons computerprogramma. In de getoonde grafieken zijn alle veiligheidsfactoren dus reeds verwerkt. De grenswaarden zijn niet voor alle gebouwen hetzelfde. Er bestaat onderscheid tussen de constructiewijze en staat van het bouwwerk. Categorie 1- bouwwerken (gewapend beton en hout) kennen de hoogste grenswaarden, omdat deze gebouwen het sterkst zijn. Categorie 2 bouwwerken (metselwerk en niet gewapend beton). Bij beide categorieën wordt vervolgens nog onderscheid gemaakt op basis van de staat van het pand: niet gevoelig, gevoelig en/of monumentaal.

De grenswaarde is verder afhankelijk van de frequentie van de trillingen. Over het algemeen geldt: hoe lager de frequentie, hoe lager de grenswaarde. Hoe hoger de frequentie, hoe hoger de grenswaarde.

Overschrijding van de grenswaarde hoeft per definitie niet tot schade te leiden. Pas bij een zekere mate van overschrijding neemt de kans op daadwerkelijke schade toe. Als de grenswaarde niet wordt overschreden, is de kans op schade aanvaardbaar klein (minder dan 1%).

3. Beoordeling meetgegevens conform SBR richtlijn A

De meetgegevens worden als volgt beoordeeld:

- Richtlijn SBR-A (schade aan gebouwen)
- Categorie 2 gebouwen in normale staat
- Indicatieve meting
- Herhaald kortdurende trillingen

Gemeten waarden met een frequentie van < 1 Hz vallen buiten het betrouwbare meetbereik van de trillingsmeters en worden daarom buiten beschouwing gelaten. Mogelijk zijn deze piekwaarden wel zichtbaar in de grafiek Velocity in mm/s tegen tijd, maar vallen buiten de uiteindelijke beoordeling in grafiek Velocity in mm/s tegen Frequentie in Hz. In principe zijn alle kruisjes boven de lijn overschrijdingen.

Gedurende de metingen hebben er aan de overzijde van de meetlocatie werkzaamheden plaatsgevonden. Uit de gemeten waarden en de gemaakte registratie is gebleken dat deze werkzaamheden invloed hebben gehad op de meting. Daarnaast vonden er op de meetlocatie ook werkzaamheden plaats die invloed hebben gehad op de meting. De van invloed zijnde werkzaamheden aan de overzijde van de meetlocatie betreft het graven met een graafmachine. De van invloed zijnde werkzaamheden op de meetlocatie betreft het rijden met vrachtwagens en graafmachines. Door middel van de gemaakte registratie worden deze storingstrillingen bepaald en niet meegenomen in de beoordeling waar mogelijk.



Figuur 2, werkzaamheden overzijde meetlocatie



Figuur 3, werkzaamheden meetlocatie

Voor de beoordeling van de metingen conform de SBR-richtlijn deel A zijn per meetpunt de hoogste waarden bepaald en vervolgens bekeken waar deze afkomstig van zijn door ze te vergelijken met de treintijden (bron: www.rijdendetreinen.nl) en/of met de gemaakte registratie. Hieruit is gebleken dat de hoogste piekwaardes naar alle waarschijnlijkheid niet door de passerende treinen veroorzaakt zijn. Mogelijk zijn de werkzaamheden die plaatsvinden op en rondom de meetlocatie hiervan de oorzaak.

De volgende meetgegevens dienen als indicatief beschouwd te worden, de metingen worden beoordeeld conform een nog niet bestaande situatie.

VIB03715, Meetpunt 1

Gedurende de meetperiode zijn er conform de richtlijn geen overschrijdingen gemeten. De hoogst gemeten waarde bedraagt 1,21 mm/s bij een frequentie van 3,99 Hz. De toegestane waarde bij deze frequentie bedraagt 2,08 mm/s. Deze waarde is gemeten op 23.11.2020 om 07:51 uur. Bij de meetpunt 2 is deze trilling simultaan ook gemeten, de waarde bij meetpunt 2 was 1,03 mm/s bij een frequentie van 3,38 Hz. Bij meetpunt 3 is deze trilling niet gemeten. Aan de hand van de treintijden is deze trilling niet te herleiden aan een passerende trein, daarnaast is deze trilling ook niet op alle drie de meetpunten gemeten. Gezien de werkzaamheden die plaatsvinden op de meetlocatie is deze trilling naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door een rijdende vrachtwagen of graafmachine.

Op basis van de gemaakte registratie blijkt dat de passerende treinen trillingen veroorzaken tussen de 0,2 en 0,5 mm/s bij een frequentie van ca. 5 Hz. De toegestane grenswaarde bij deze frequentie bedraagt 2,08 mm/s.

Bron 1: <https://www.rijdendetreinen.nl/treinarchief/2020-11-23/leiden-centraal>

Bron 2: registratie 25.11.2020

VIB03741, meetpunt 2

Gedurende de meetperiode zijn er conform de richtlijn geen overschrijdingen gemeten. De hoogst gemeten waarde bedraagt 1,83 mm/s bij een frequentie van 3,95 Hz. De toegestane waarde bij deze frequentie bedraagt 2,08 mm/s. Deze waarde is gemeten op 23.11.2020 om 06:23 uur. Deze trilling is bij de andere meetpunten niet gemeten. Bij meetpunt 1 en 3 is deze trilling niet gemeten. Aan de hand van de treintijden is deze trilling niet te herleiden aan een passerende trein. Gezien de werkzaamheden die plaatsvinden op de meetlocatie is deze trilling naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door een rijdende vrachtwagen of graafmachine.

Op basis van de gemaakte registratie blijkt dat de passerende treinen trillingen veroorzaken tussen de 0,2 en 0,8 mm/s bij een frequentie van 5-10 Hz. De toegestane grenswaarde bij deze frequenties bedraagt 2,08 mm/s.

Bron 1: <https://www.rijdendetreinen.nl/treinarchief/2020-11-23/leiden-centraal>

Bron 2: registratie 25.11.2020

VIB03681, meetpunt 3

Gedurende de meetperiode zijn er conform de richtlijn geen overschrijdingen gemeten. De hoogst gemeten waarde bedraagt 2,01 mm/s bij een frequentie van 4,04 Hz. De toegestane waarde bij deze frequentie bedraagt 2,08 mm/s. Deze waarde is gemeten op 21.11.2020 om 11:12 uur. Deze trilling is bij meetpunt 2 simultaan gemeten. De waarde bij meetpunt 2 was 0,21 mms/s bij een frequentie van 3,56 Hz. Bij meetpunt 1 is deze trilling niet gemeten. Aan de hand van de treintijden is deze trilling niet te herleiden aan een passerende trein. De gemeten waarde vond plaats op een zaterdag, hierdoor zijn de werkzaamheden als oorzaak uitgesloten (voor zover bekend, en te zien aan de gemeten waardes, wordt er in het weekend niet gewerkt). Gezien de gemeten waarde eerst bij meetpunt 3 is gemeten en vervolgens bij meetpunt 2, maar niet bij meetpunt 1, is de oorzaak naar alle waarschijnlijkheid passerend verkeer op de nabijgelegen weg.

Op basis van de gemaakte registratie blijkt dat de passerende treinen trillingen veroorzaken tussen de 0,2 en 0,3 mm/s bij een frequentie van 5-10 Hz. De toegestane grenswaarde bij deze frequenties bedraagt 2,08 mm/s.

Bron 1: <https://www.rijdendetreinen.nl/treinarchief/2020-11-21/leiden-centraal>

Bron 2: registratie 25.11.2020

Conclusie

Conform de SBR-richtlijn deel A (schade aan gebouwen) zijn er gedurende de meetperiode geen overschrijdingen gemeten. Er wordt dan gesproken over een niet verhoogde kans op schade, namelijk kleiner dan 1%.

Ordegrootte kans op schade voor draagconstructie en onderdelen van de constructie uit metselwerk

Factor op grenswaarde	Ordegrootte kans op schade
1 x grenswaarde ($V_o/V_r = 1$)	Ongeveer 1%
1,2	Ongeveer 3%
1,5	Ongeveer 5%
2	Ongeveer 10%
3	Ongeveer 30%

Figuur 4, schadekansen conform SBR

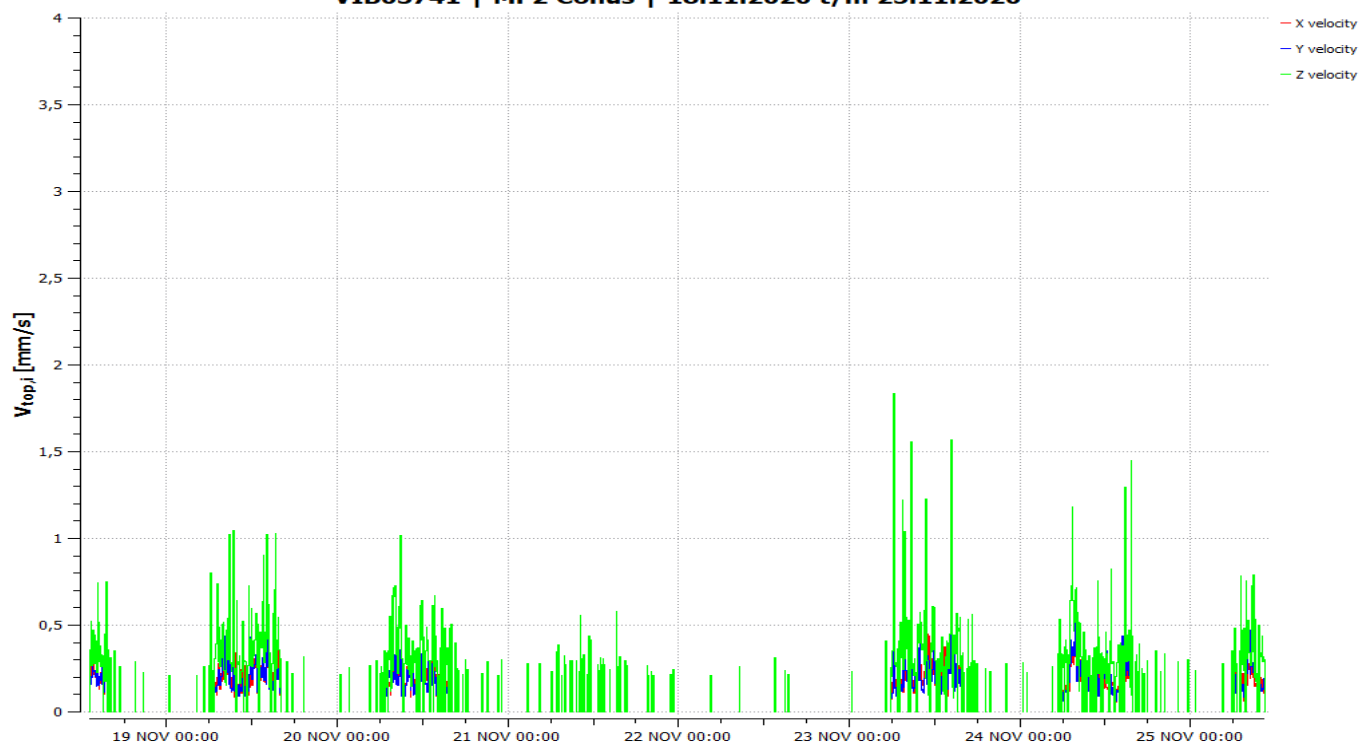
Gedurende de meetperiode zijn de trillingen afkomstig van het passerende treinverkeer duidelijk aanwezig en herleidbaar aan de hand van de treintijden. Er zijn ook duidelijk aantoonbaar veel andere trillingen aanwezig, niet afkomstig van het treinverkeer. De waarden van het treinverkeer zijn relatief laag en voldoen volledig aan de geldende SBR-A grenswaarden.

Op de meetlocatie worden in de toekomst woningen gebouwd. Het doel van de meting was om te bepalen of de aanwezige trillingen van het passerende treinverkeer schadelijk zouden kunnen zijn voor de toekomstige woningen. Op basis van de meetgegevens blijkt dat de kans op schade zeer klein is, namelijk kleiner dan 1% (zie hierboven). Daarnaast dient er hierbij ook nog rekening mee gehouden te worden dat als de woningen er staan, de trillingen in de woningen naar alle waarschijnlijkheid lager zijn dan er nu gemeten is. Dit omdat er nu in een open veld is gemeten in de grond, de woningen zelf zullen waarschijnlijk een dusdanige massa hebben dat deze minder beïnvloedbaar zijn door de trillingen dan een losse trillingsmeter met geofoonconus in de grond en zullen de waardes in de woningen lager zijn. Dit blijkt ook uit het verschil tussen meetpunt 1 (bestaand gebouw) en meetpunt 2 (conus). Hier is te zien dat de trillingen afkomstig van het treinverkeer bij meetpunt 2, ondanks de grotere afstand tot het spoor, gemiddeld wat hoger zijn dan de trillingen bij meetpunt 1. Hierdoor geeft meetpunt 1 een wat representatiever beeld hoe de trillingen in toekomstige gebouwen zullen zijn. Meetpunt 3 ligt weer een stuk verder van het spoor, hier zijn de van het treinverkeer afkomstige trillingen het laagst.

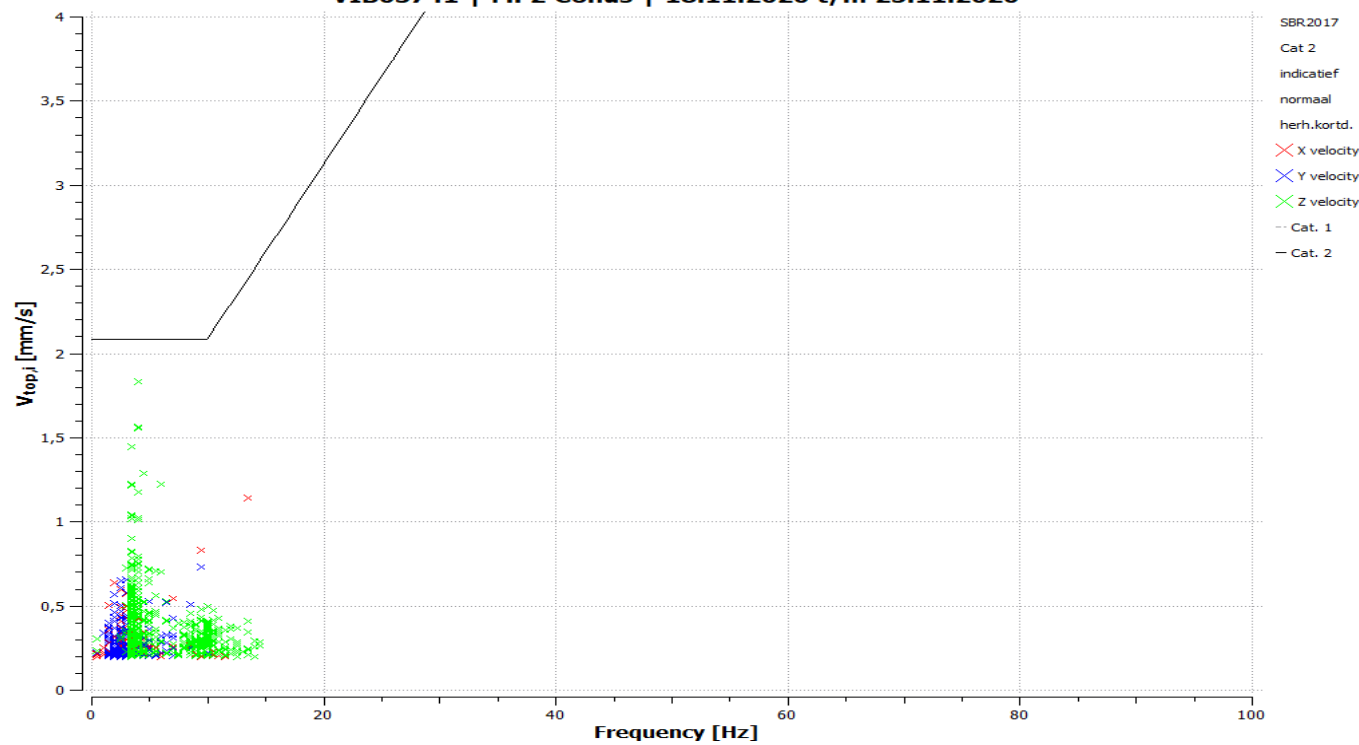
4. Grafieken SBR A



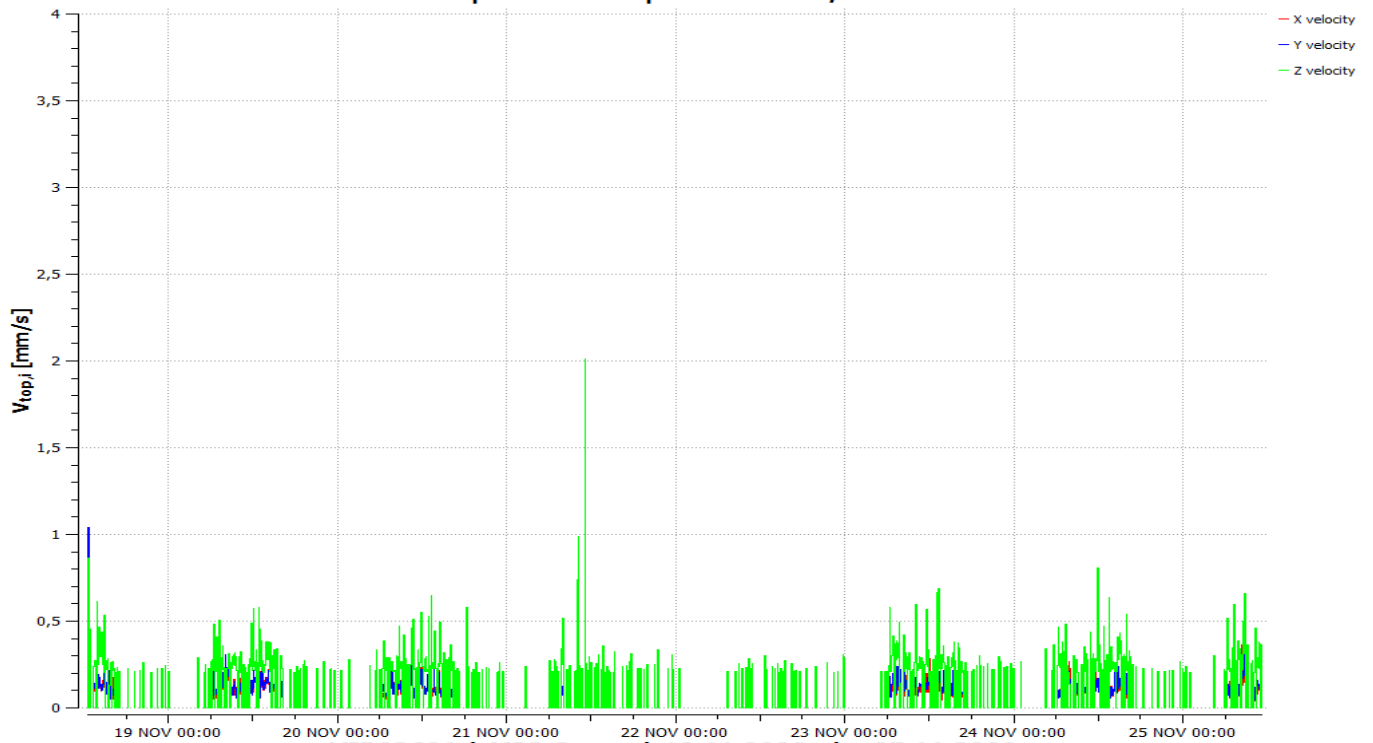
VIB03741 | MP2 Conus | 18.11.2020 t/m 25.11.2020



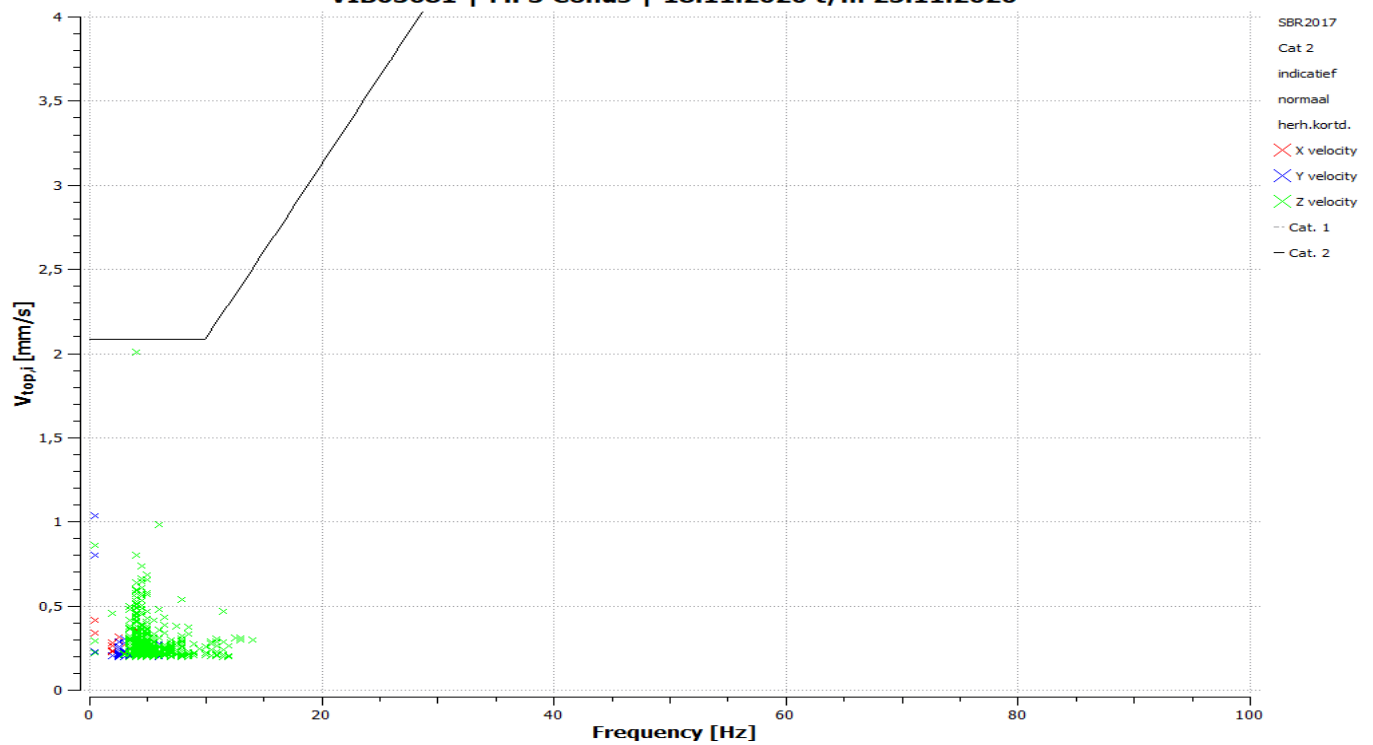
VIB03741 | MP2 Conus | 18.11.2020 t/m 25.11.2020



VIB03681 | MP3 Conus | 18.11.2020 t/m 25.11.2020



VIB03681 | MP3 Conus | 18.11.2020 t/m 25.11.2020



5. Toetsingskader: Richtlijn SBR B (hinder voor personen)

Met betrekking tot Hinder voor Personen, wordt gebruik gemaakt van de in 2002 door de Stichting Bouwresearch (SBR) gepubliceerde richtlijn deel B. Dit deel gaat over het meten en beoordelen van trillingen met het oog op mogelijke hinder voor personen.

Onder hinder voor personen in gebouwen wordt in deze richtlijn verstaan:

- Waarneming van trillingen zonder meer (verstoring van activiteiten of processen die rust en/of concentratie behoeven)
- Waarneming van trillingen met een zodanige sterkte dat bepaalde activiteiten fysiek worden belemmerd of verstoord

Omdat grenswaarden voor trillingshinder niet scherp gedefinieerd kunnen worden, wordt in deze richtlijn gesproken over *streefwaarden*. Als de trilling sterkte onder deze streefwaarden blijft, mag ingecalculeerd worden dat er in de meeste situaties geen hinder zal optreden.

Voor het meten van de trilling sterkte hebben wij gebruik gemaakt van een gekalibreerde trillingsmeter Vibra SBR+. De gemeten grootheid is de trillingssnelheid (Veff Max).

Conform de Richtlijn dient gemeten te worden onder omstandigheden die representatief kunnen zijn voor de situatie waarin hinder kan worden ondervonden. De meetpunten in de ruimte dienen gekozen te worden op die posities op een vloerveld waar de hinder wordt ondervonden, tenzij omstandigheden of andere redenen een andere methodiek vereisen. In dit geval is er gedeeltelijk in de grond gemeten met gefoonconussen omdat er nog geen bestaande woningen aanwezig zijn.

6. Beoordeling meetgegevens conform SBR richtlijn B

Aard trillingen: herhaald kortdurend voorkomende trillingen

Gebouwfunctie: wonen (indicatief beoordeeld)

Tabel: paragraaf 10.5., tabel 3 in SBR Richtlijn B

De streefwaarden zijn aangegeven door:

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} (piek)

A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} (piek)

A3 = streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} (gemiddelde)

Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

1. De waarde van de maximale trilling sterkte in een ruimte (V_{max}) kleiner is dan de waarde die wordt aangeduid bij A1, OF ALS
2. De waarde van de maximale trillingssterkte in een ruimte (V_{max}) kleiner is dan de waarde onder A2, waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) kleiner is dan de waarde onder A3.

Streefwaarden conform tabel 10.5. Richtlijn SBR B (Hinder voor personen)

	DAG EN AVOND			NACHT		
wonen	A1 = 0,2	A2 = 0,8	A3 = 0,1	A1 = 0,2	A2 = 0,4	A3 = 0,1

De volgende meetgegevens dienen als indicatief beschouwd te worden, de metingen worden beoordeeld conform een nog niet bestaande situatie.

<u>VIB03715 MP1</u>	GEMETEN WAARDEN (zie grafiek)					
PERIODE	DAG		AVOND		NACHT	
FUNCTIE	Vmax	Vper	Vmax	Vper	Vmax	Vper
Wonen	0,53	0,01	0,33	0,01	0,18	0,00

In de dag-, avond- en nachtperiode wordt voldaan aan A1.

<u>VIB03741 MP2</u>	GEMETEN WAARDEN (zie grafiek)					
PERIODE	DAG		AVOND		NACHT	
FUNCTIE	Vmax	Vper	Vmax	Vper	Vmax	Vper
Wonen	0,57	0,05	0,16	0,01	0,68	0,02

In de dag- en avondperiode wordt voldaan aan A1. In de nachtperiode wordt niet voldaan aan A1 en A2/A3, Deze overschrijding is echter uitgesloten voor de beoordeling. Zonder deze overschrijding wordt er wel Voldaan aan A1. Deze overschrijding is uitgesloten omdat deze niet afkomstig is van het treinverkeer
Zie hoofdstuk 3: *VIB03741, meetpunt 2*

<u>VIB03681 MP3</u>	GEMETEN WAARDEN (zie grafiek)					
PERIODE	DAG		AVOND		NACHT	
FUNCTIE	Vmax	Vper	Vmax	Vper	Vmax	Vper
Wonen	0,44	0,03	0,14	0,01	0,25	0,01

In de dag- en avondperiode wordt voldaan aan A1. In de nachtperiode wordt niet voldaan aan A1, maar wel aan A2/A3.

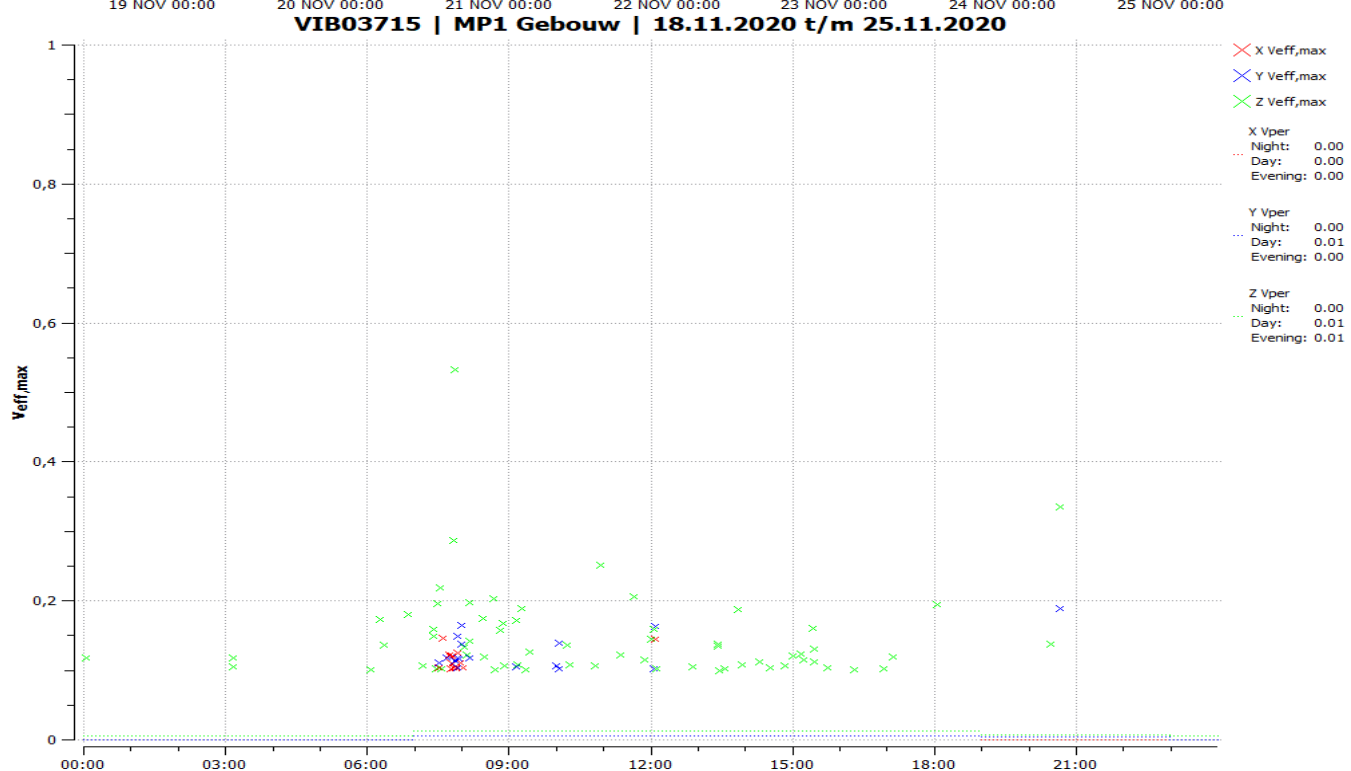
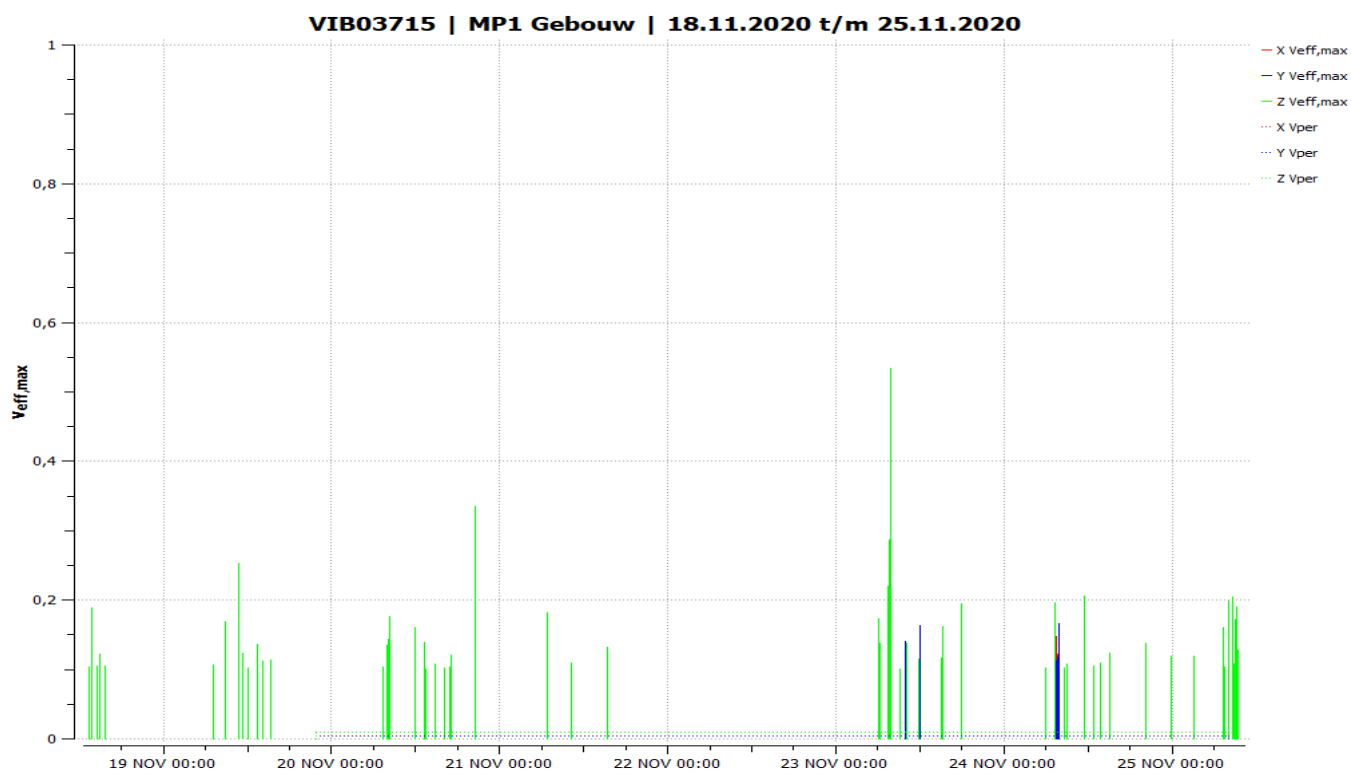
Conclusie

De gemeten waarden worden als indicatief beoordeeld. Dit omdat er gemeten is om te bepalen of er in de toekomstig aanwezige woningen hinder kan worden ondervonden als gevolg van de trillingen afkomstig van het passerende treinverkeer.

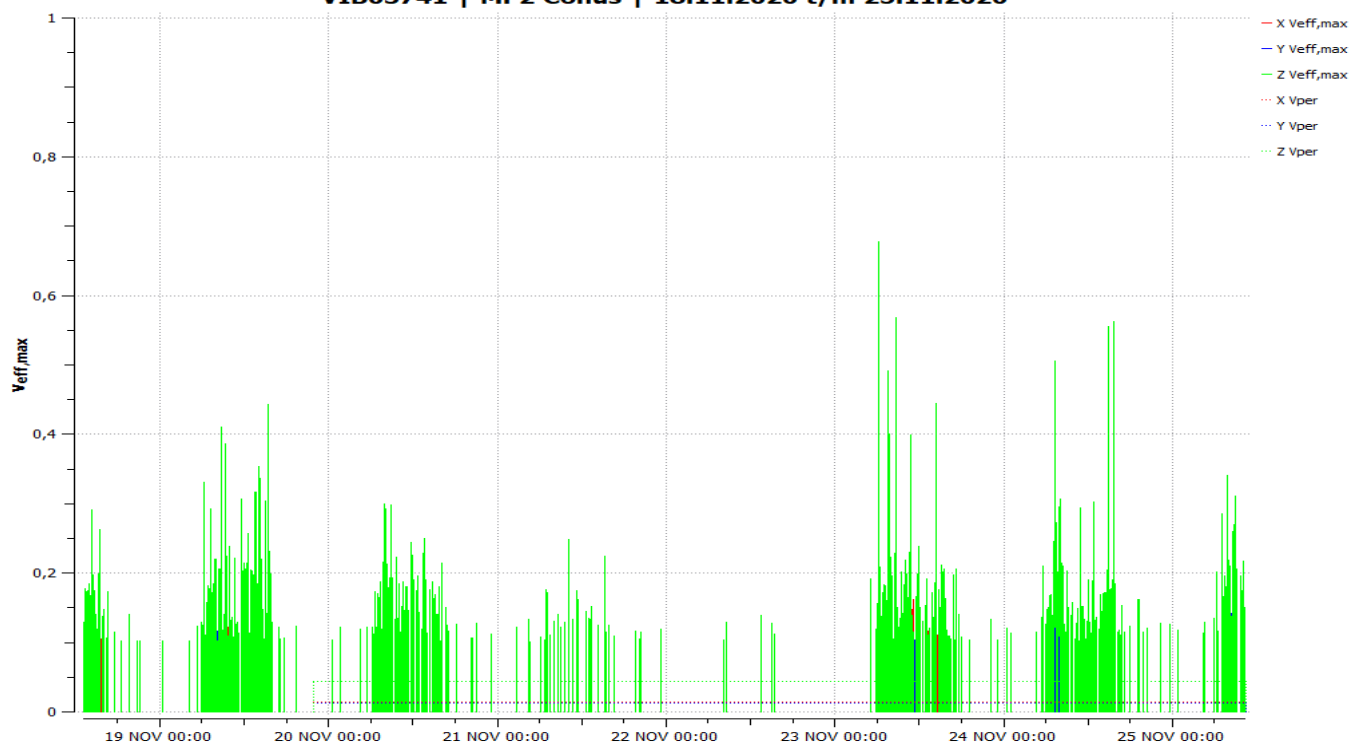
Conform de geldende SBR-richtlijn deel B (hinder voor personen) zijn er gedurende de meetperiode geen overschrijdingen gemeten van de streefwaarden op basis van de trillingen afkomstig van het treinverkeer. Conform de richtlijn, en gezien de gemeten waarden, is de kans op hinder als gevolg van de trillingen van het treinverkeer aannemelijk klein.

Daarnaast dient er hierbij ook nog rekening mee gehouden te worden dat als de woningen er staan, de trillingen in de woningen naar alle waarschijnlijkheid lager zijn dan er nu gemeten is. Dit omdat er nu in een open veld is gemeten in de grond, de woningen zelf zullen waarschijnlijk een dusdanige massa hebben dat deze minder beïnvloedbaar zijn door de trillingen dan een losse trillingsmeter met gefoonconus in de grond en zullen de waardes in de woningen lager zijn. Ook hier geldt dat meetpunt 1, op het bestaande gebouw, de gemeten trillingen het meest representatief zijn voor een toekomstige situatie.

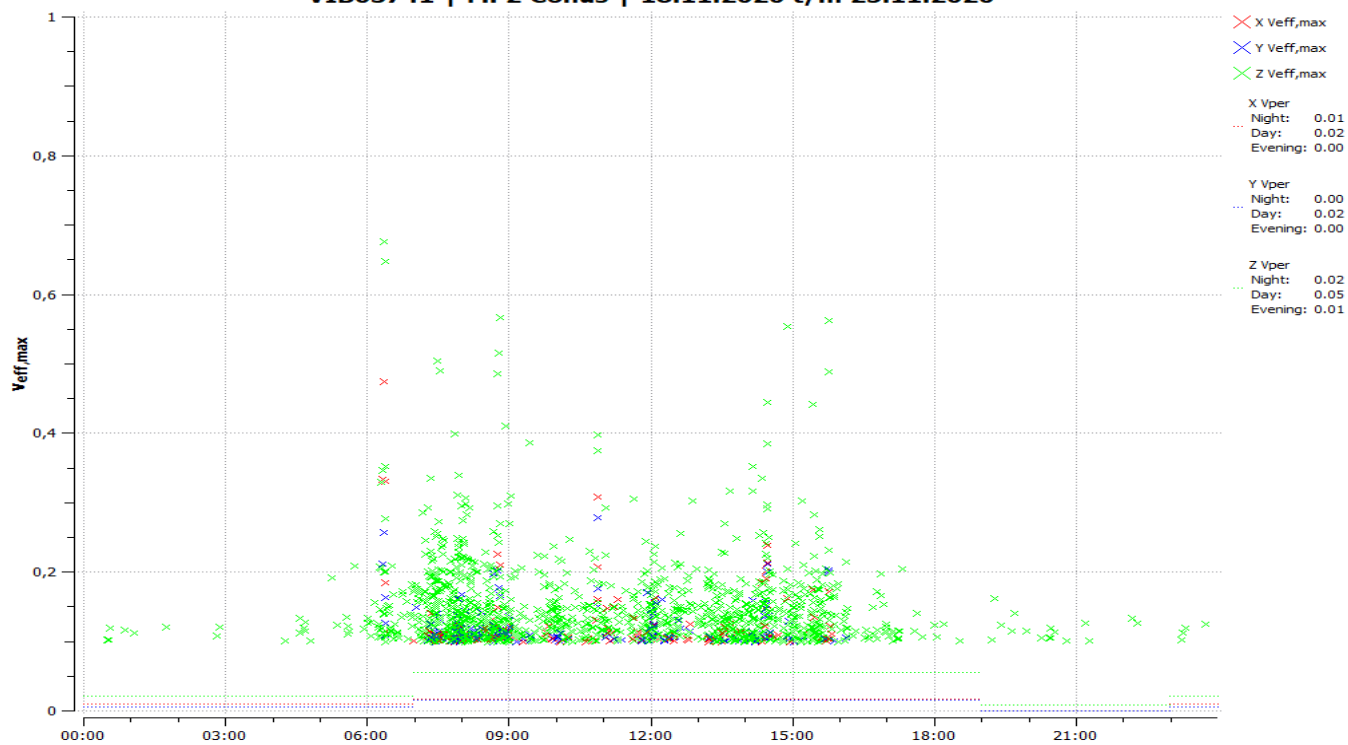
7. Grafieken SBR B



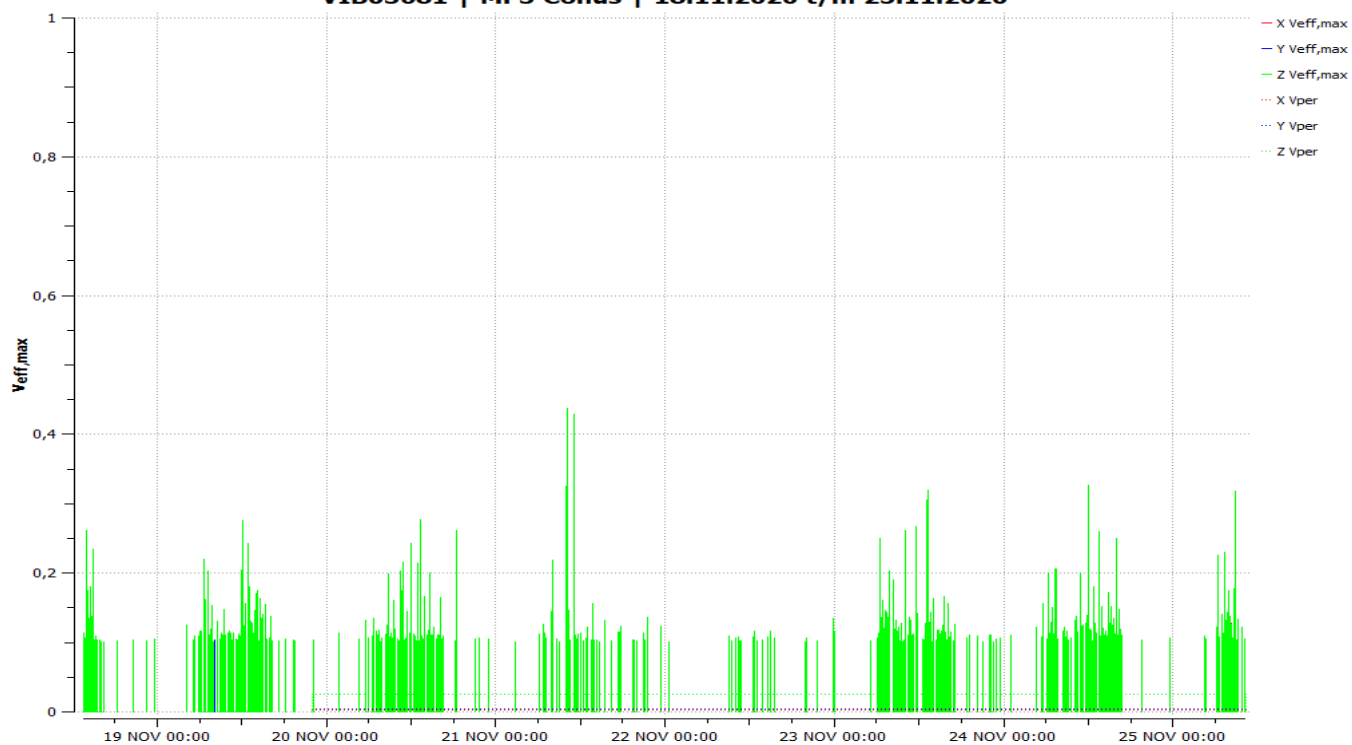
VIB03741 | MP2 Conus | 18.11.2020 t/m 25.11.2020



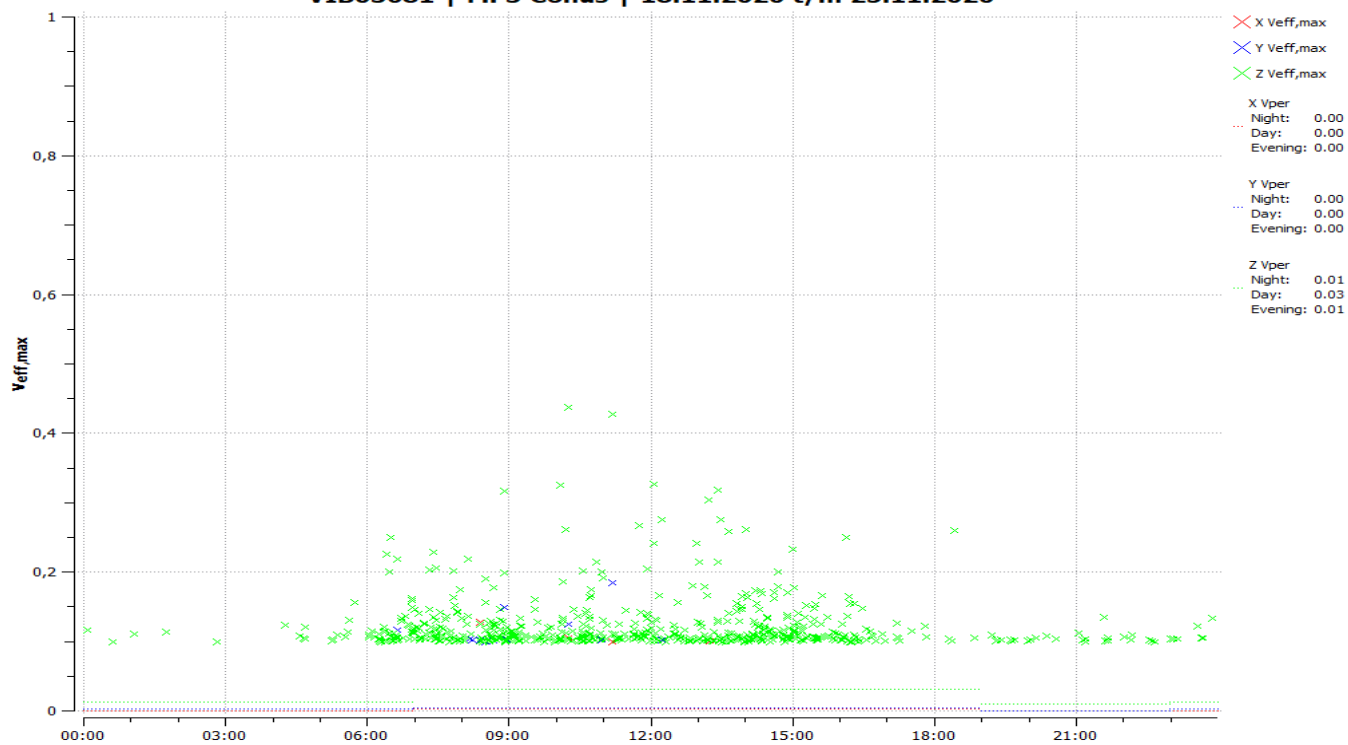
VIB03741 | MP2 Conus | 18.11.2020 t/m 25.11.2020



VIB03681 | MP3 Conus | 18.11.2020 t/m 25.11.2020



VIB03681 | MP3 Conus | 18.11.2020 t/m 25.11.2020



8. Specificaties meetapparatuur

De gebruikte trillingsmeters hebben de volgende specificaties:

Merk	: Profound Vibra SBR +
Pieksnelheid	: versnelling in x-, y-, z-richting per tijdsinterval
Snelheidsbereik	: 0 – 100 mm/s
Frequentie	: van alle snelheidsrichtingen
Frequentiebereik/ nauwkeurigheid	: DIN 45669-1 juni 1995,
Nauwkeurigheidsklasse	: 1 of SBR – deel A, B, C 2002
Dominante frequentiebepaling	: methode I, II
Frequentiebereik conform SBR	: deel A: ondergrens (-3 dB): 0,8 Hz bovengrens (-3 dB): 125 Hz deel B: ondergrens (-3 dB): 0,8 Hz bovengrens (-3 dB): 100 Hz Veff, max, 30 en Veff, max in x-, y-, z-richting conform SBR – deel 2002

- Verplaatsingsmetingen
- E-mail en/of sms-alarmfunctie
- Stand-alone systeem op batterijen
- Alarm mogelijk middels alarm lamp