

**Trillingsonderzoek  
Bouwplan Stationstuin te  
Barendrecht**

## Trillingsonderzoek Bouwplan Stationstuin te Barendrecht

Opdrachtgever : Gemeente Barendrecht  
Postbus 501  
2990 EA Barendrecht

Projectnummer : 20170263-01


Status rapport / versie nr. : Definitief 01

Datum : 19 juni 2018

Opgesteld door : ir. H.J.M. Schipperen

Gecontroleerd door : ing. G.J. Andries

Voor akkoord : C.J.M. Machielsen

Paraaf : 

Versie nr.	Datum	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door
D01	19-06-2018	Trillingsonderzoek Stationstuin Barendrecht	ESc	MA



## INHOUD

	blz.	
1	INLEIDING	2
2	SITUATIE	3
3	BESCHRIJVING ONDERZOEKSLOKATIE	4
	3.1 Algemeen	4
	3.2 Bouwplan	4
4	TOETSINGSWAARDEN HINDER	5
5	OVERDRACHTSPROGNOSES INZAKE GEBOUWEN	7
	5.1 Algemeen	7
	5.2 Fundering en gebouwconstructie	7
	5.3 Vloerconstructie	8
6	TRILLINGSMETINGEN	9
	6.1 Algemeen	9
	6.2 Meetresultaten	10
	6.3 Gecorrigeerde resultaten; prognose	11
7	TOETSING TRILLINGSIMMISSIE; PROGNOSE	12
8	CONCLUSIE VAN DE PROGNOSE	13

## BIJLAGEN

- 1 Lokale toekomstige situatie; meetlocaties van de Vibra's SBR<sup>+</sup>
- 2 Meetresultaten van de Vibra SBR<sup>+</sup>; Bergeend 11
- 3 Meetresultaten van de Vibra SBR<sup>+</sup>; Stationsweg 2
- 4 Termen en definities SBR B

## **1 INLEIDING**

In opdracht van de gemeente Barendrecht is een trillingstechnisch onderzoek uitgevoerd in 2 bestaande woningen waar in de directe nabijheid en in de nabije toekomst het bouwplan Stationstuin gerealiseerd wordt bestaande uit 3 appartementencomplexen.

Doel van het onderzoek is het prognosticeren van de trillingsniveaus in de toekomstige gevoelige ruimten van het bouwplan ten gevolge van het railverkeer welke over het nabijgelegen spoortraject en station van Barendrecht rijden. Deze trillingniveaus worden geprognoseerd op basis van de resultaten van de trillingmetingen in de woningen. Het railverkeer rijdt in een betonnen tunnelbak ter hoogte van de beschouwde locatie.

Aanleiding voor het onderzoek is de zorg van de opdrachtgever om mogelijke toekomstige trillingshinder in de gevoelige ruimten van de nieuwbouw ten gevolge van het railverkeer welke over genoemd traject rijdt, te voorkomen.

Ten behoeve van het onderzoek zijn trillingsmetingen in 2 woningen verricht conform de voorschriften uit de SBR richtlijn B: Hinder voor personen in gebouwen; meet- en beoordelingsrichtlijn augustus 2002. Gedurende 1 representatieve week zijn de trillingsniveaus gemeten.

Voor de overdracht van bodem naar gebouw en van gebouw naar verdiepingsvloer zijn frequentie afhankelijke overdrachtsfuncties gebruikt ten behoeve van de trillingsprognose in een appartementencomplex.

## 2 SITUATIE

De onderzoekslocatie is gelegen nabij het treinstation Barendrecht tussen de woningen aan de Bergeend en Stationsweg.

In figuur 1.1 zijn de locaties van de 3 appartementencomplexen weergegeven.

*Figuur 1.1 Nieuw te bouwen 3 appartementencomplexen te Barendrecht; bouwplan Stationstuin; geel gearceerd*



In bijlage 1 zijn de locaties van de 2 trillingmeetsets weergegeven in de woningen Bergeend 11 en Stationsweg 2. De sets zijn geplaatst op de vloer van de 2<sup>e</sup> verdieping.

De woningen zijn zodanig gekozen en gesitueerd op eenzelfde afstand tot de spoorweg in relatie tot het toekomstig bouwplan alsmede zo dicht mogelijk bij het bouwplan.

Het bouwplan bestaat uit 3 appartementengebouwen. 2 Appartementengebouwen bestaan uit 6 bouwlagen (kop) in combi met 5 bouwlagen en 1 appartementengebouw bestaat uit 5 bouwlagen. Totaal zijn 82 wooneenheden geprojecteerd.

In bijlage 1 is de lokale toekomstige situatie weergegeven.

De gemeente Barendrecht wil mogelijke trillinghinder in de toekomstige appartementen voorkomen dat ten gevolge van het nabije railverkeer mogelijk kan worden veroorzaakt.

De resultaten van het onderzoek dienen een antwoord te geven op de vraag of er kans op hinder is in gevoelige ruimten van het bouwplan. Hiertoe is een frequentie afhankelijke overdrachtfunctie gebruikt voor de overdracht van bodem naar fundering en van fundering naar vloer.

In de onderhavige situatie is ervoor gekozen om gedurende 1 volle representatieve week de trillingen te meten waardoor een goed beeld van de lokale situatie is verkregen.

### **3 BESCHRIJVING ONDERZOEKSLOKATIE**

#### **3.1 Algemeen**

Ten tijde van de metingen werd door het railverkeer representatief over het spoor gereden. Op zaterdag en zondag was er evenwel geen personevervoer maar wel het bepalende goederenvervoer. Er waren verder geen belemmeringen en er was geen vakantieperiode.

De trillingsets zijn geplaatst op het vloerveld in de slaapkamers op de 2<sup>e</sup> verdieping van beide woningen.

De vloer van de 2<sup>e</sup> verdieping van de woning Stationsweg 2 bestaat uit een houten vloer. De woning is onderheid middels houten palen met een betonnen kop. De begane grond vloer is van beton.

De vloer van de 2<sup>e</sup> verdieping van de woning Bergeend 11 bestaat uit een betonnen vloer. De woning is onderheid middels prefab betonpalen. De begane grond vloer is van beton.

Omdat gedurende 1 volle week is gemeten, wordt in relatie tot het laatstgenoemde gesteld dat sprake is van een representatieve meetsituatie conform de SBR B richtlijn. Conform de SBR richtlijn behoeven de resultaten dan niet statistisch verwerkt te worden.

#### **3.2 Bouwplan**

Het bouwplan wordt opgetrokken middels beton skeletbouw. De fundering zal (naar alle waarschijnlijkheid) bestaan uit prefab betonpalen welke mogelijk circa 19 meter lang zijn. Deze vorm van funderen kan trillinggevoelig zijn. Figuur 3.1 geeft een impressie van de lokale toekomstige situatie.

*Figuur 3.1 Impressie van de lokale toekomstige situatie.*



#### 4 TOETSINGSWAARDEN HINDER

De meet- en beoordelingsrichtlijn B, "Hinder voor personen in gebouwen" uit augustus 2002 bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van hinder voor personen. De richtlijn maakt onderscheid in de functie van het gebouw, aard van de trillingsbron en in bestaande, gewijzigde en nieuwe situaties.

In de richtlijn vindt de beoordeling plaats door middel van de waarden  $A_1$ ,  $A_2$  en  $A_3$ :

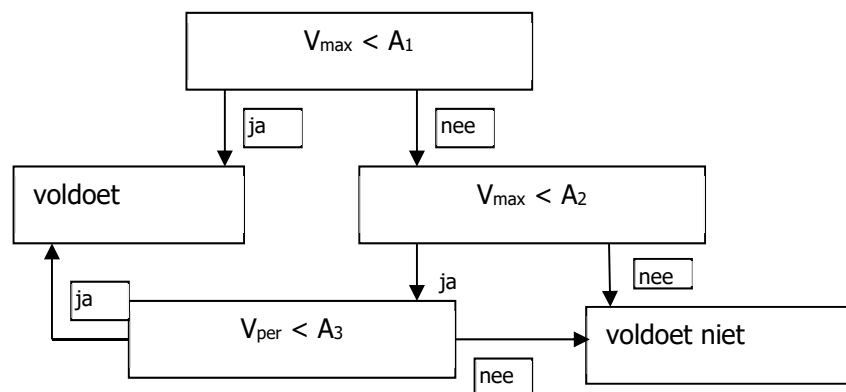
- $A_1$  is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{max}$ ;
- $A_2$  is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{max}$ ;
- $A_3$  is de streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{per}$ .

Voor de hoogte van de streefwaarden geldt in algemene zin dat  $A_3 < A_1 \leq A_2$ .

Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien:

- De waarde van de maximale trillingssterkte in een ruimte ( $V_{max}$ ) kleiner is dan  $A_1$  of
- De waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte ( $V_{max}$ ) kleiner is dan  $A_2$  waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de ruimte ( $V_{per}$ ) kleiner is dan  $A_3$ .

De procedure voor de beoordeling van  $V_{max}$  en  $V_{per}$  is in het onderstaande stroomschema aangegeven.



In de richtlijn zijn de streefwaarden onder andere gebaseerd op de functie van het gebouw waar de trillingen beoordeeld moeten worden en de aard van de trillingsbron. In de onderhavige situatie worden de optredende trillingen beschouwd als herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd.

De situatie kan worden beschouwd als een nieuwe situatie daar het een bouwplan betreft.



In tabel 4.1 zijn de streefwaarden opgenomen.

*Tabel 4.1. Overzicht streefwaarden hinder.*

Norm	Dag/avond			Nacht		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
SBR richtlijn B – Wonen (nieuwe situatie)	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Toetsing zal plaatsvinden voor zowel de dag/avond- als nachtperiode daar het railverkeer plaatsvindt in deze perioden.

In bijlage 4 zijn termen en definities gegeven relaterend aan de SBR richtlijn B.

In het volgende hoofdstuk worden de trillingen in het bouwplan geprognoseerd relaterend aan de uitgevoerde trillingmetingen.



## 5 OVERDRACHTSPROGNOSES INZAKE GEBOUWEN

### 5.1 Algemeen

Trillingen worden door de bodem overgedragen aan de gebouwconstructie. De mate van trillingsoverdracht hangt af van de wijze van funderen en de massa en stijfheid van het gebouw. Maatgevend voor de toetsing is de optredende trillingssterkte in de vloer. De constructiewijze, materiaal en overspanning van een vloer en de massabelasting bepalen de ligging van „eigen“ of resonantie frequenties van een vloerveld en de gevoeligheid voor trillingen.

De afstand van de woningen tot de tunnelbak van de spoorweg is grosso modo dezelfde afstand als van het bouwplan tot de tunnelbak.

Vooruitlopend op de resultaten van de metingen blijkt dat de trillingsamplituden op de vloer van de 2<sup>e</sup> verdieping van de woning Bergeend 11 nihil zijn; er zijn nagenoeg geen meetresultaten geconstateerd in het kader van eventuele hinderbeleving; een en ander is een indicatie dat trillingshinder niet zal optreden.

Inzake de woning Stationsweg 2 zijn de meetresultaten wel relevant. De relevante trillingen ten gevolge van het railverkeer treden op met een dominante frequentie globaal rond de 4 à 5 Hz op basis van uitgebreid trace onderzoek.

### 5.2 Fundering en gebouwconstructie

Bij de overgang van bodem naar gebouwfundatie treedt een verzwakking op van trillingen. Deze verzwakking wordt groter bij toenemende frequentie, waarbij de totale verzwakking zal afhangen van de spectrale verdeling. Voor laagbouw zal de verzwakking minder zijn dan voor hoogbouw. De spectrale overdrachtswaarden uit tabel 5.1 zijn gebaseerd op door TNO ontwikkelde empirische formules en eigen meetervaring.

Tabel 5.1: Prognose trillingsoverdracht van bodem naar gebouw (tertsband)

Gebouw	Frequentie in Hz											
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125
Laagbouw op staal	0	0	-1	-2	-3	-4	-6	-9	-9	-9	-9	-9
Laagbouw op palen	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-12	-12	-12	-12	-12
Utiliteitsbouw (4 tot 8 lagen)	-6	-6	-7	-7	-8	-9	-11	-14	-14	-14	-14	-14

Inzake het bouwplan kan worden uitgegaan van Utiliteitsbouw.

In de onderhavige situatie is reeds gemeten op een houten vloerveld van de woning Stationsweg 2 op de 2<sup>e</sup> verdieping. De woning is onderheid. Het bouwtype "Laagbouw op palen" komt hiermee het best overeen. Tabel 5.1 geeft bij 5 Hz geen waarde edoch het is aannemelijk dat dit door lineaire interpolatie dezelfde waarden betreft als bij 12,5 Hz en 10 Hz.

Relaterend aan gebouwtype "Utiliteitsbouw" voor het bouwplan is bij ca. 5 Hz de verzwakking derhalve naar schatting circa -4 dB (van -2 dB naar -6 dB); dit komt ongeveer overeen met een factor 1,6 relaterend aan de snelheid. De prognose van de verzwakkingscurve van de overgang van bodem naar gebouwfundatie wordt derhalve in de onderhavige situatie beperkt toegepast.

### 5.3 Vloerconstructie

Door resonanties zal de trillingssterkte in het midden van een vloerveld hoger zijn dan aan de randen. Voor de mate van resonantie zijn de demping en de ligging van eigenfrequenties van belang. Deze zijn afhankelijk van de constructiewijze, het materiaal en de vloeroverspanning.

Voor niet stationaire trillingen, zoals bij railverkeer, is de verwachting dat de versterkingsfactoren wat lager zullen uitvallen dan vermeld in tabel 5.2. Dit geldt wanneer de afstand tot de trillingsbron zeer klein is en de aanstoting slechts over een beperkt deel van de draagconstructie plaatsvindt zoals in de onderhavige situatie. Op de vloer op de 2<sup>e</sup> verdieping van de woning Stationsweg 2 is in het midden van een houten vloerveld gemeten. Derhalve is geen vloercorrectie doorgevoerd voor de prognose voor de trillingssterkte (in het midden van een vloerveld).

#### Cumulatie overdrachtsprognose

Voor de overdracht van bodem naar gebouw naar overspannende vloer is de prognose derhalve dat enigszins trillingsverzwakking optreedt; dit is circa -4 dB. Dit komt ongeveer overeen met een verzwakkingsfactor van circa 1,6 op de gemeten trillingsresultaten qua snelheid.

*Foto: Lokale situatie thv Stationsweg 2 te Barendrecht*



## 6 TRILLINGSMETINGEN

### 6.1 Algemeen

De onbemande metingen zijn uitgevoerd van maandagmiddag 28 mei 2018 t/m maandagmiddag 4 juni 2018. In tabel 6.1 is een overzicht opgenomen van de gemeten trillingsparameters.

Tabel 6.1. *Overzicht van gemeten trillingsparameters.*

Meetlocatie	Parameter	Parameter	Bijlage
Bergeend 11	$V_{eff,max}$	$V_{per}$	2
Stationsweg 2	$V_{eff,max}$	$V_{per}$	3

Bij de metingen is gebruik gemaakt van de in tabel 6.2 vermelde meetapparatuur. Deze meetapparatuur voldoet aan de specificaties uit de SBR richtlijn. In het horizontale vlak wordt in 2 loodrecht op elkaar staande richtingen gemeten, de x- en y-richting. In het verticale vlak wordt in 1 richting gemeten, de z-richting.

Tabel 6.2. *Gebruikte meetapparatuur.*

Omschrijving	Merk	Type
Trillingsanalyser	Profound	Vibra SBR <sup>+</sup>
3-D gefoon	Profound	Vibra SBR <sup>+</sup>

Onderstaande foto geeft fysiek de Vibra SBR<sup>+</sup> meetset weer.

Foto: Vibra SBR<sup>+</sup> meetset met 3-D gefoon



## **6.2 Meetresultaten**

Stoortrillingen hebben plaatsgevonden als gevolg van het lopen van de bewoners over de betreffende vloer en/of de verdieping(en) eronder. Een looplogboekje is evenwel door de bewoners bijgehouden; genoteerd is wanneer op de 2<sup>e</sup> verdieping is gelopen, waardoor deze trillingen op basis van tijdregistratie uit de meetresultaten zijn geëlimineerd. Verder zijn geen andere oorzakelijke bronnen aanwijsbaar dan ten gevolge van het railverkeer. Dit blijkt ook uit de optredende frequenties van de vloer welke overeenkomen met de te verwachten frequenties (welke normaliter tussen de 5 Hz en 15 Hz liggen). Verder heeft trace onderzoek van de pieken plaatsgehad welke een indicatie geeft van de oorzaak van de pieken.

### **Bergeend 11**

In bijlage 2 zijn de meetresultaten initieel als  $V_{top,i}$  waarden (een niet te toetsen piekwaarde) weergegeven waaruit blijkt dat trillingen hebben plaatsgevonden. Uit de frequentie analyse, trace onderzoek en het looplogboekje blijkt dat deze trillingen evenwel niet afkomstig kunnen zijn van het railverkeer.

In bijlage 2 zijn de meetresultaten verder als maximale effectieve trillingssnelheid,  $V_{eff,max}$ , weergegeven voor de dag-, avond- en nachtperiode. Hieruit blijkt dat deze trillingssnelheid nihil is evenals de  $V_{per}$ .

Daar de meetresultaten in deze woning qua amplitudes nihil zijn, kunnen verdere rekenexercities niet uitgevoerd worden dan wel zijn deze niet relevant.

### **Stationsweg 2**

In bijlage 3 zijn de meetresultaten initieel als  $V_{top,i}$  waarden (een niet te toetsen piekwaarde) weergegeven waaruit blijkt dat trillingen hebben plaatsgevonden.

Tevens is de frequentie karakteristiek in bijlage 3 weergegeven van 1 Hz tot 100 Hz. Uit frequentie analyse, trace onderzoek en het looplogboekje blijkt dat een klein deel van de trillingen afkomstig kunnen zijn van het railverkeer. Daarnaast zijn loopbewegingen op de houten vloer van de 1<sup>e</sup> verdieping tevens oorzaak van trillingen op de 2<sup>e</sup> verdieping; deze looptrillingen zijn evenwel niet geregistreerd in het logboekje. Conform verwachting, uitgebreid trace onderzoek en het meetbeeld worden de resultaten in het frequentiegebied van rond de 4 à 5 Hz beoordeeld.

In bijlage 3 zijn de  $V_{eff,max}$  en de  $V_{per}$  meetresultaten gegeven over een etmaal waarbij alle meetresultaten over de meetweek per periode voor de  $V_{eff,max}$  zijn samengevat en voor de  $V_{per}$  zijn gemiddeld. De overall waarden voor de verticale z-richting zullen in verband met het bovenstaande niet beschouwd worden. Alleen de overall meetwaarden in de x- en y-richting zullen worden gebruikt welke als indicatie voor de z-richting worden aangenomen. Uit de meetwaarden in de z-richting rond het frequentiegebied van 4 à 5 Hz blijkt dat dit uitgangspunt juist is.

Uit de analyses van de meetresultaten is nu het volgende bepaald en samengevat:

- Voor de dag/avondperiode is een incidentele maximale waarde geconstateerd van  $V_{\text{eff,max}} = 0,6$ ; normaliter ligt de gemeten waarde onder de  $V_{\text{eff,max}} = 0,4$ .
- Voor de nachtperiode is een incidentele maximale waarde geconstateerd van  $V_{\text{eff,max}} = 0,3$ ; normaliter ligt de gemeten waarde onder de  $V_{\text{eff,max}} = 0,2$ .

### **6.3 Gecorrigeerde resultaten; prognose**

De hoogst gemeten waarden zijn middels de overdrachtsfuncties van bodem naar gebouw naar vloer omgerekend en bedragen voor vloer op een hogere bouwlaag van een nieuwbouw appartement in:

- de dag/avondperiode:  $V_{\text{eff,max}} = 0,6/1,6 = 0,4$
- de nachtperiode:  $V_{\text{eff,max}} = 0,3/1,6 = 0,2$

## 7 TOETSING TRILLINGSIMMISSIE; PROGNOSE

De hoogste gecorrigeerde waarde voor de  $V_{\text{eff,max}}$  is opgenomen in tabel 7.1 voor de dag- en avondperiode. De toetsing voor hinder is eveneens in tabel 7.1 gegeven.

Tabel 7.1. Toetsing voor hinder; dag- en avondperiode

Positie	$V_{\text{eff,max}}$ [-]	$A_1^*$	Toetsing	$A_2^*$	Toetsing	Vervolg
Vloer nieuwbouw	0,4	0,1	Voldoet niet	0,4	Voldoet	Bepaling $V_{\text{per}}$

\* waarde uit de SBR richtlijn (dag- en avondperiode)

De hoogste waarde voor de  $V_{\text{eff,max}}$  is opgenomen in tabel 7.2 voor de nachtperiode. De toetsing voor hinder is eveneens in tabel 7.2 gegeven.

Tabel 7.2 Toetsing voor hinder; nachtperiode

Positie	$V_{\text{eff,max}}$ [-]	$A_1^*$	Toetsing	$A_2^*$	Toetsing	Vervolg
Vloer nieuwbouw	0,2	0,1	Voldoet niet	0,2	Voldoet	Bepaling $V_{\text{per}}$

\* waarde uit de SBR richtlijn (nachtperiode)

### **Resumé**

Uit tabel 7.1 blijkt dat de onderste streefwaarde uit de SBR richtlijn B wordt overschreden voor de dag-, avond- en nachtperiode; de bovenste streefwaarde wordt niet overschreden. Bepaling van de  $V_{\text{per}}$  is opportuun.

De  $V_{\text{per}}$  kan uit de meetresultaten worden bepaald volgens bijlage 3 en bedraagt:

Voor de dag- en avondperiode:  
 $V_{\text{per}} = \text{circa } 0,02/1,6 = 0,01$

Getoetst aan de (gemiddelde) norm  $A_3 = 0,05$  treedt geen overschrijding op in de dag- en avondperiode.

Voor de nachtperiode:  
 $V_{\text{per}} = \text{circa } 0,01/1,6 = <0,01$

Getoetst aan de (gemiddelde) norm  $A_3 = 0,05$  treedt geen overschrijding op in de nachtperiode.

## **8 CONCLUSIE VAN DE PROGNOSE**

In opdracht van de gemeente Barendrecht is een trillingstechnisch onderzoek uitgevoerd in 2 bestaande woningen waarbij in de nabije toekomst het bouwplan Stationstuin gerealiseerd wordt, bestaande uit 3 appartementencomplexen.

Uit de resultaten van het voorliggend onderzoek kan het volgende worden geprognosticeerd.

Getoetst aan de SBR B richtlijn "Hinder voor personen in gebouwen", in deze A<sub>1</sub>, treedt overschrijding op in de dag-, avond- en nachtperiode in nieuwe woonsituaties maar overschrijdt de maximale waarde, in deze A<sub>2</sub>, niet. Derhalve is getoetst aan A<sub>3</sub> waarbij geen overschrijding optreedt.

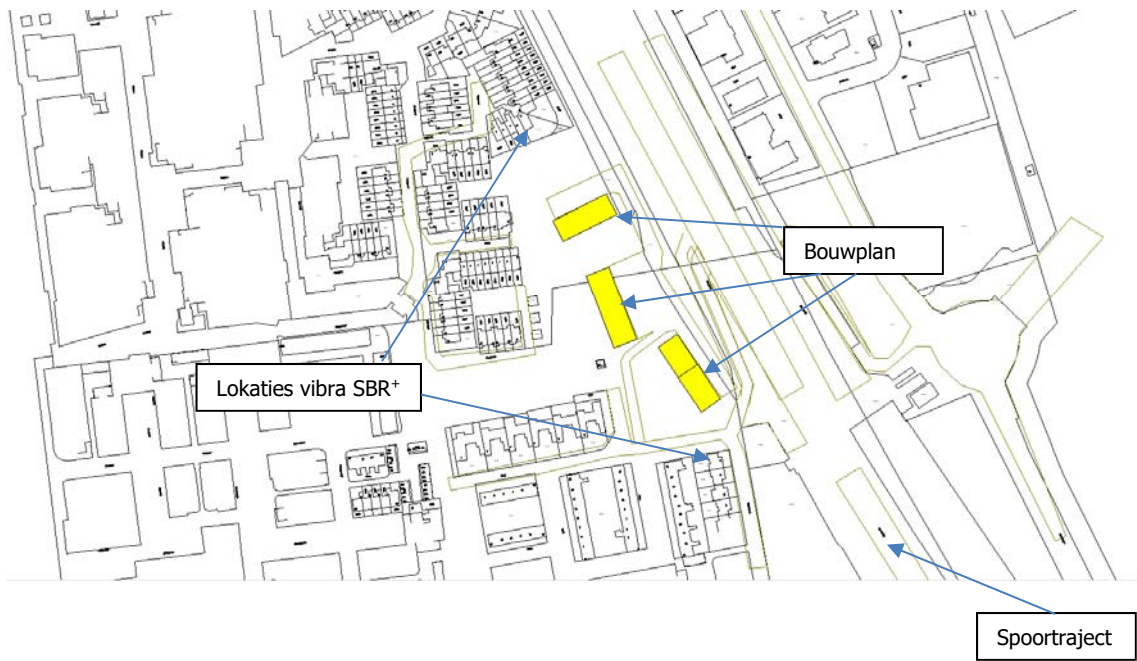
In alle perioden treedt derhalve geen overschrijding op en geeft derhalve geen aanleiding tot hinder.

De verwachting is dat in de toekomstige nieuwbouw weinig tot geen hinder zal optreden; de trillingen kunnen evenwel licht voelbaar zijn.



# BIJLAGE 1

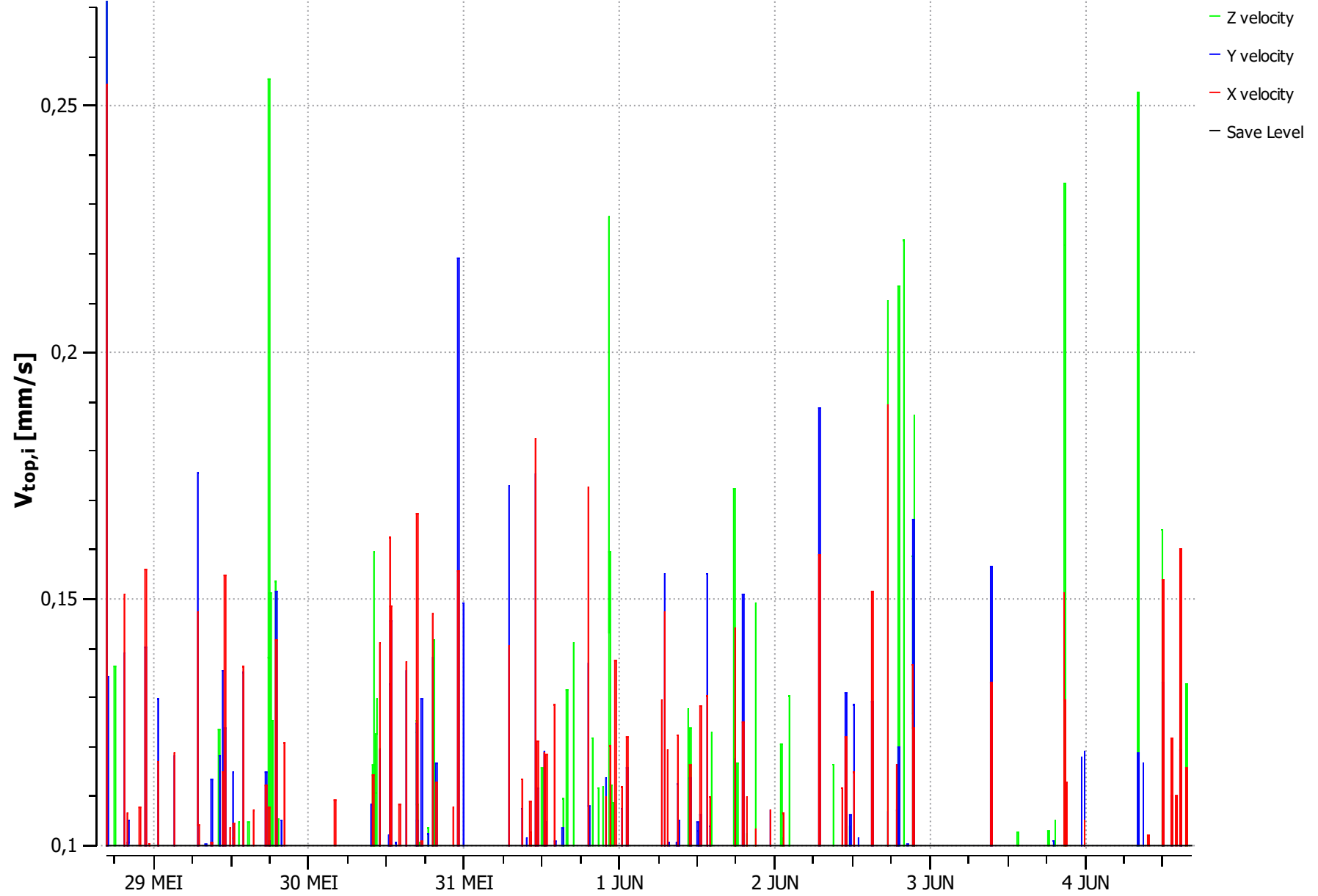
## LOKALE TOEKOMSTIGE SITUATIE



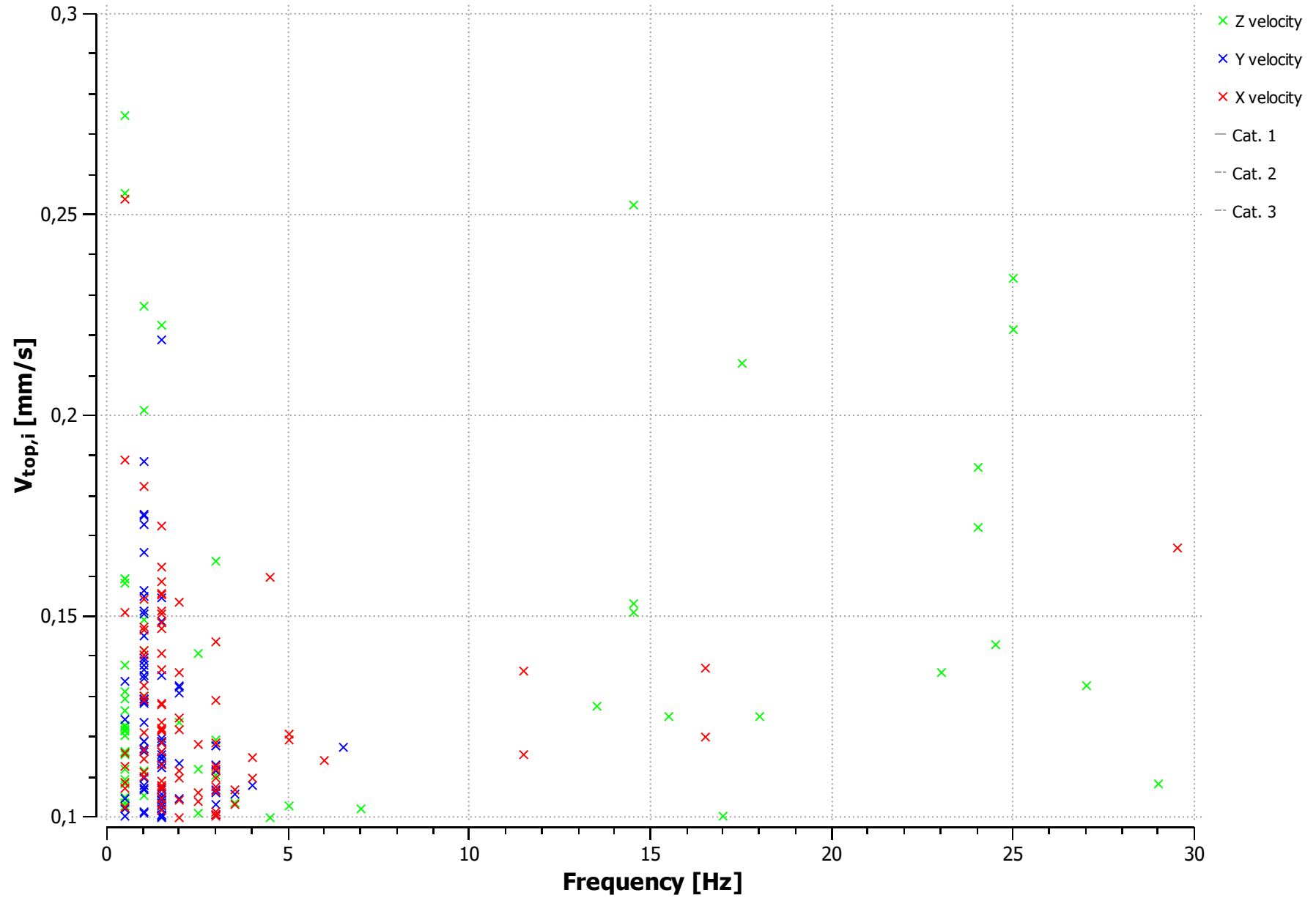
## **BIJLAGE 2**

MEETRESULTATEN VAN DE VIBRA SBR<sup>+</sup>; BERGEEND 11

# Trillingen Bergeend 11



# Trillingen Bergeend 11



# Trillingen Bergeend 11



# Trillingen Bergeend 11

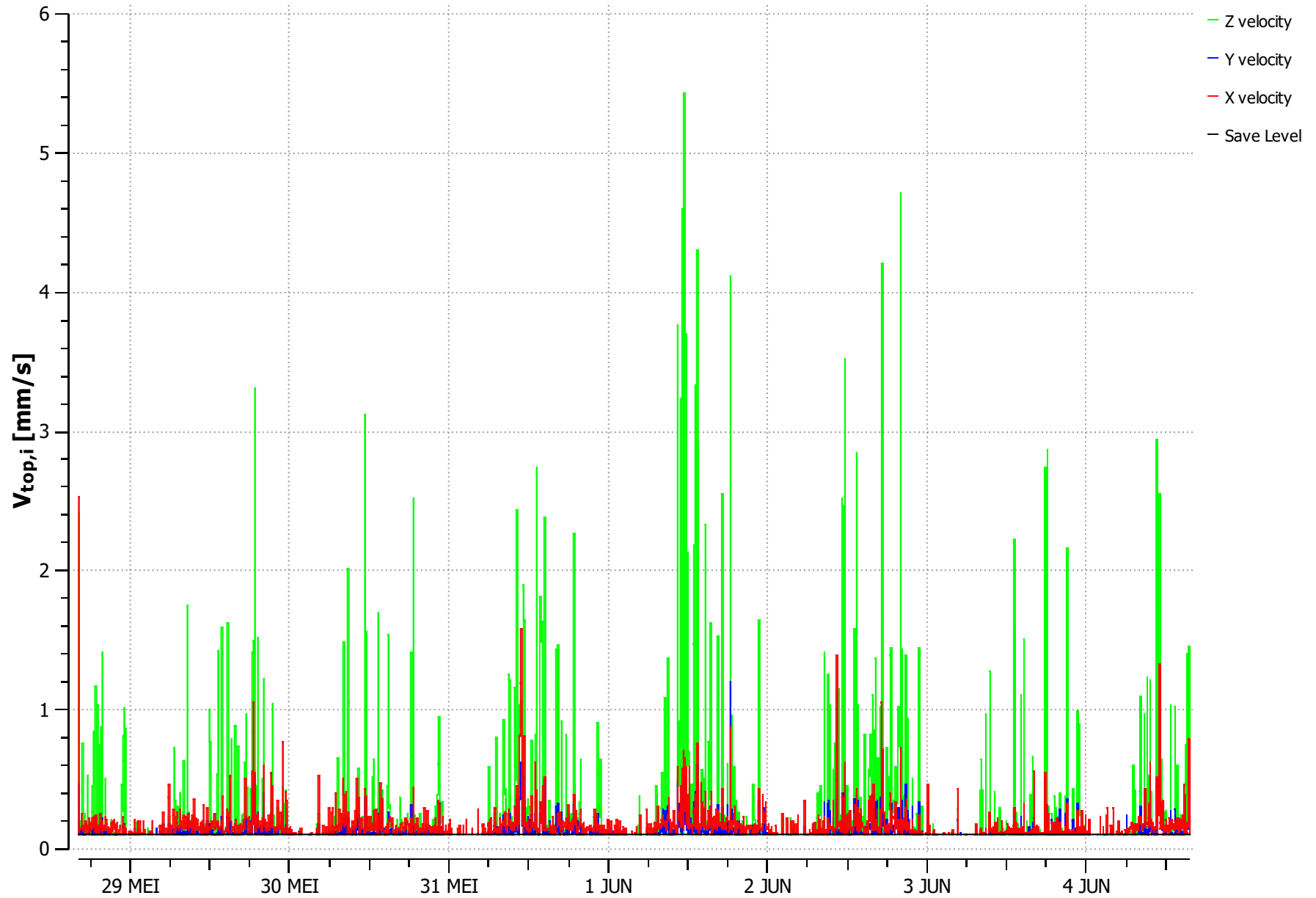


## **BIJLAGE 3**

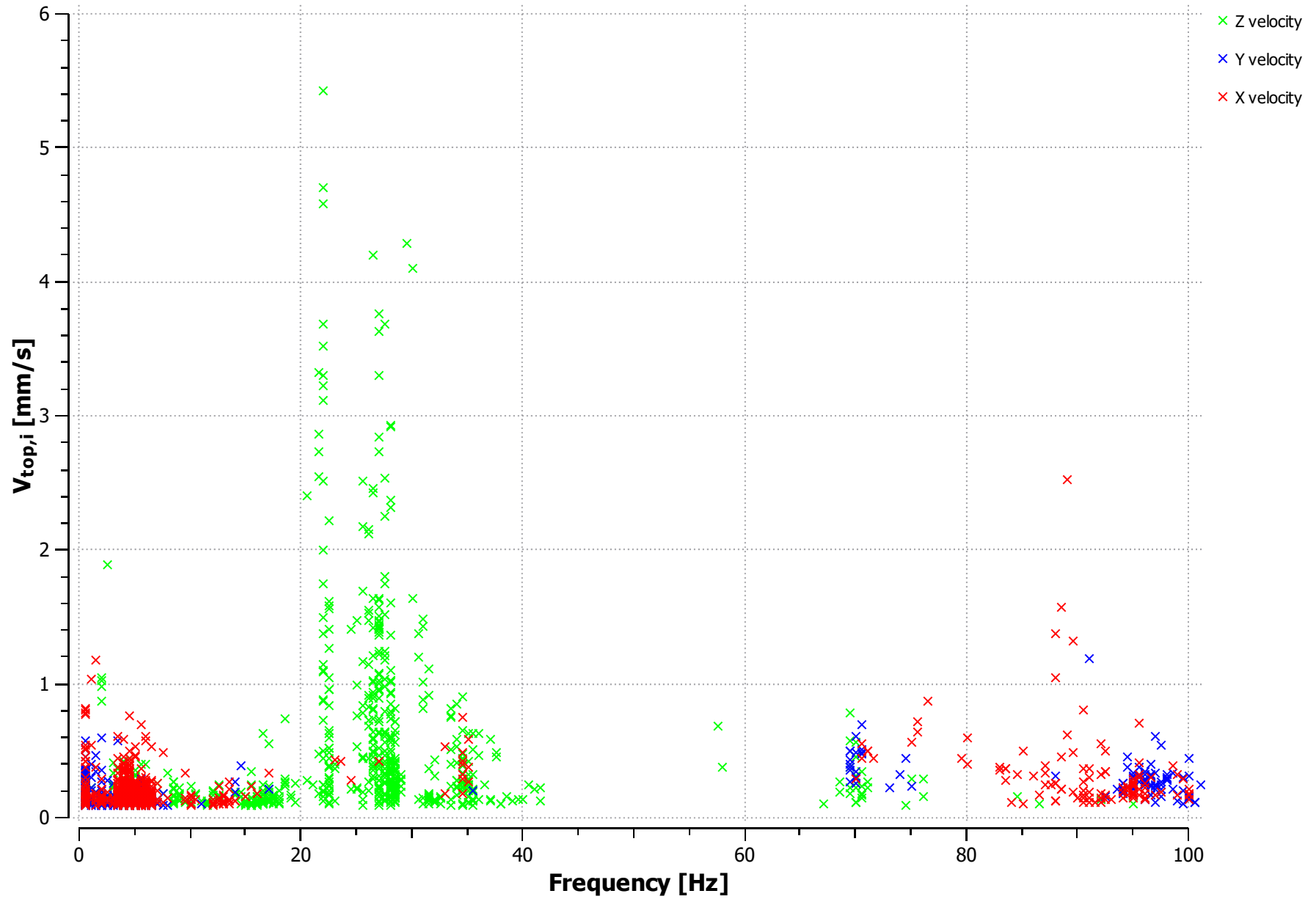
MEETRESULTATEN VAN DE VIBRA SBR<sup>+</sup>; STATIONSWEG 2



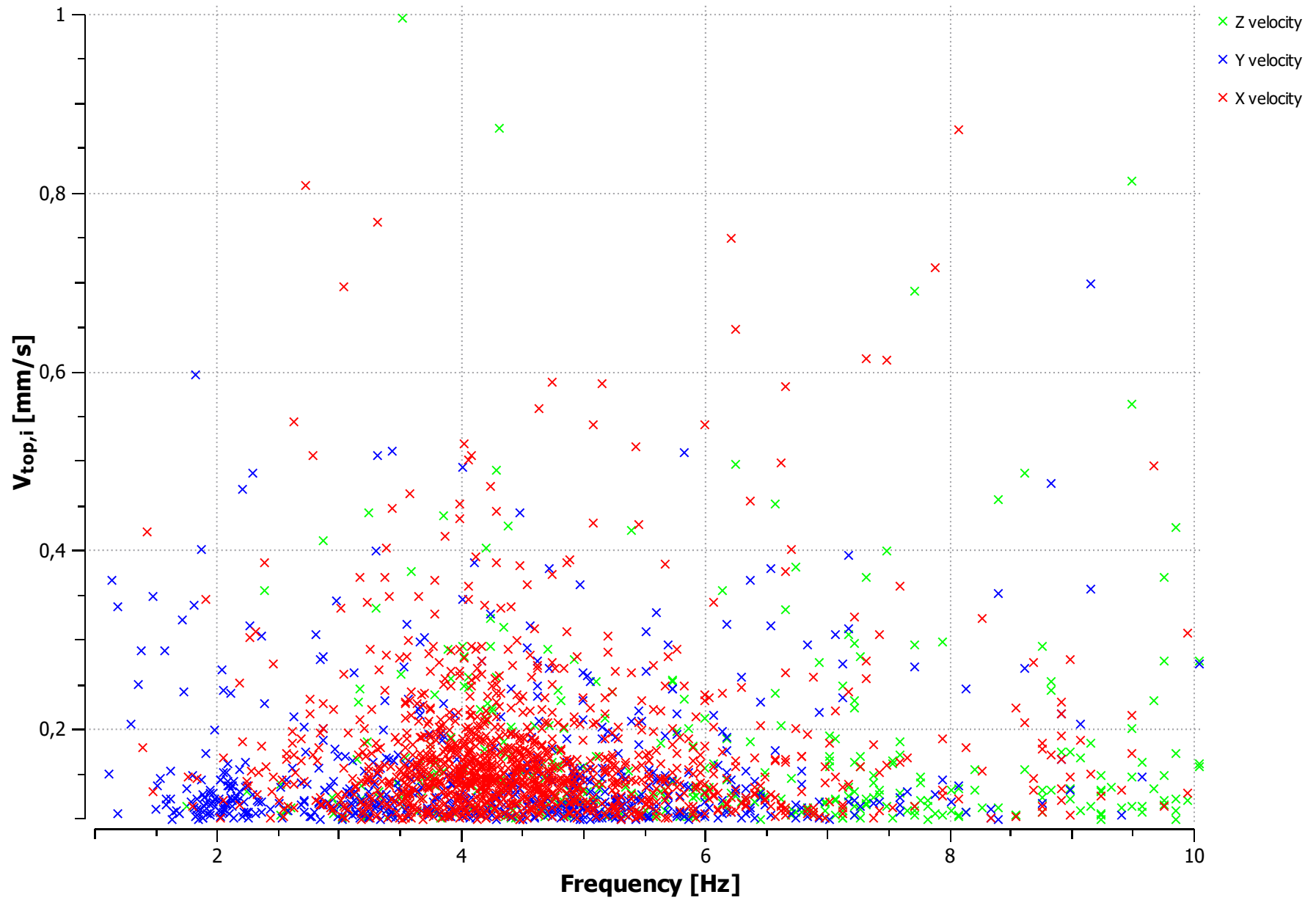
# Trillingen Stationsweg 2



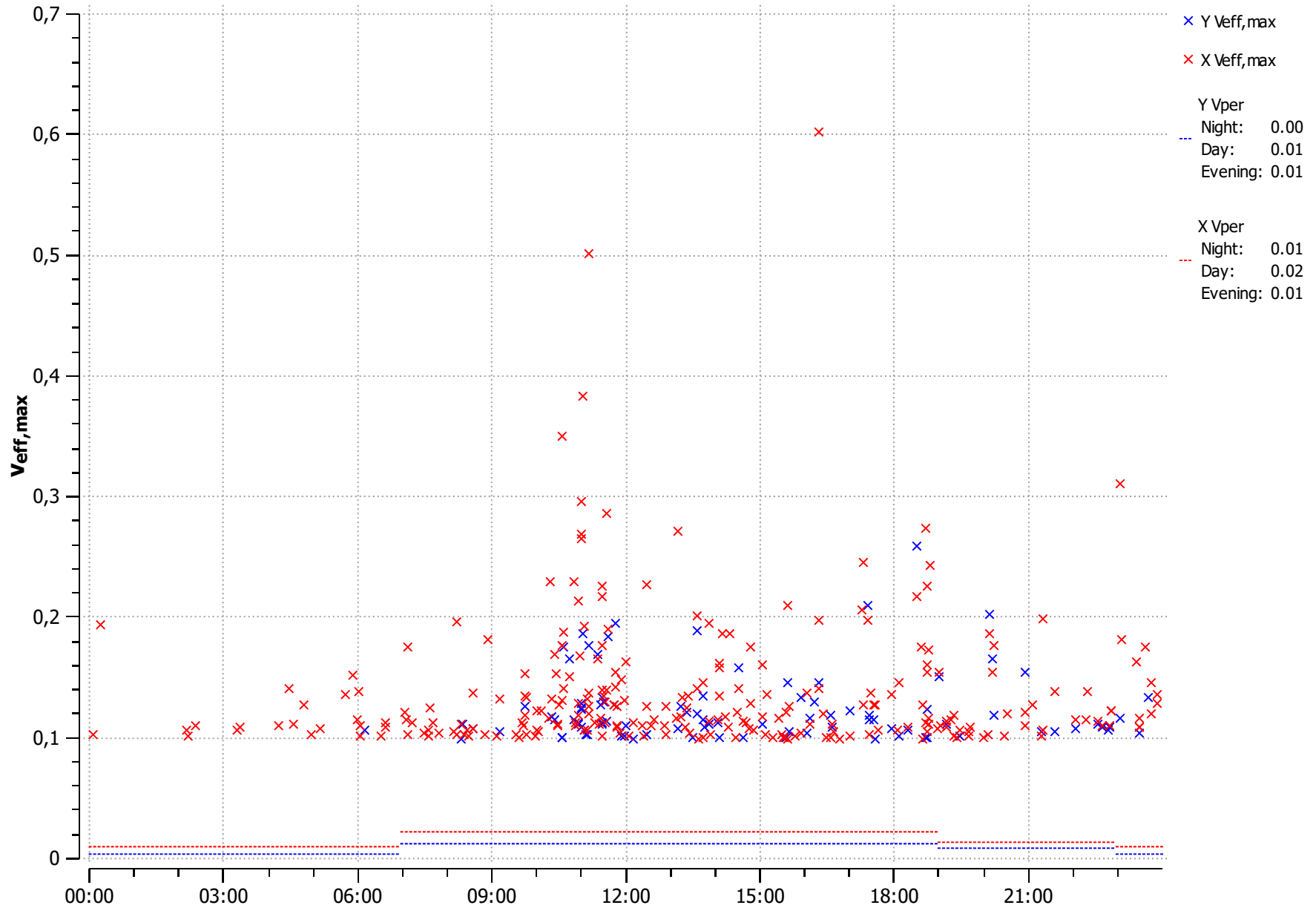
# Trillingen Stationsweg 2



# Trillingen Stationsweg 2



# Trillingen Stationsweg 2



## **BIJLAGE 4**

TERMEN EN DEFINITIES SBR B

## 4 Termen en definities

**Opmerking:** de termen en definities zijn, voor zover van toepassing, in overeenstemming met NEN-ISO 2041 [3]

**Amplitude-frequentiekarakteristiek:** de verhouding tussen ingaand en uitgaand signaal van een meetsysteem als functie van de frequentie, gegeven in een zeker frequentie-interval.

**Beoordelingsperiode:** een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld voor de toetsing van de trillingssterkte aan de streefwaarden:

de dagperiode van 07.00 uur tot 19.00 uur;

de avondperiode van 19.00 uur tot 23.00 uur;

de nachtperiode van 23.00 uur tot 07.00 uur.

**Continue trilling:** een trilling die ten opzichte van de grootste trillingstijd (laagste eigenfrequentie) gedurende een lange tijd aanwezig is.

**Frequentie:** de reciproque van de trillingstijd.

**Herhaald voorkomende trilling:** kortdurende trilling door weg- of railverkeer (waaronder ook heftrucks, bulldozers, kranen op rails en dergelijke) met een repeterend karakter.

**Kortdurende trilling:** trilling met een kortdurend (doorgaans korter dan enkele seconden), uitdempend karakter. De trilling wordt veroorzaakt door een stootvormige excitatie.

**Niet-stationaire trilling:** continue trilling waarvan de sterkte als functie van de tijd niet constant is, of een kortdurende trilling.

**Meetduur:** tijdsduur waarin met één configuratie meetpunten een meting wordt uitgevoerd.

**Meetpunt:** positie waar een trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) wordt gemeten.

**Meetrichting:** de richting waarin de trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) in een meetpunt wordt gemeten.

**Meting:** het bepalen van de momentane waarde van de trillingsgrootte gedurende een zekere aaneengesloten tijdsduur door middel van een meetmethode.

**Momentane waarde:** de waarde van een variërende grootte op een zeker tijdstip.

**Snelheid:** een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de verplaatsing weergeeft.

**Stationaire trilling:** continue trilling die gedurende een lange aaneengesloten periode met een constante sterkte voorkomt.

**Streefwaarde:** de waarde voor de trillingssterkte waarbij verwacht wordt dat er nog geen trillingshinder optreedt.

**Trilling:** een variatie van een grootte (verplaatsing, snelheid, versnelling) als functie van de tijd, die de beweging of de positie van een systeem beschrijft waarbij de grootte afwisselend groter en kleiner is dan een gemiddelde waarde.

**Trillingssterkte (Engels: vibration severity):** in het algemeen de aanduiding van de sterkte of grootte van de trilling in relatie tot het van belang zijnde trillingseffect. In het geval van hinder wordt onder de trillingsterkte verstaan de effectieve waarde van de gewogen trillingsgrootte.

**Trillingstijd:** de kleinste verschuiving in de tijd waarbij een periodieke tijdsfunctie met zichzelf samenvalt.

**Topwaarde:** de in absolute zin grootste afwijking van een grootte ten opzichte van de gemiddelde waarde gedurende een zeker tijdsinterval.

**Verplaatsing:** een vectoriële grootte die de verandering van een positie van een lichaam of van een punt aanduidt ten opzichte van een zekere referentie.

**Versnelling:** een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de snelheid weergeeft

## 5 Eenheden en grootheden

### 5.1 Eenheden

De te gebruiken eenheden en grootheden moeten in overeenstemming zijn met het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), zoals vermeld in hoofdstuk 4 (tabel 6, 8 en 9) en bijlage A, beiden van NEN 999:1977, en met NEN 1000:1986.

### 5.2 Grootheden

In het kader van deze meet- en beoordelingsrichtlijn worden bij voorkeur de hieronder gegeven eenheden aangehouden.

a	versnelling, in $\text{m/s}^2$
f	frequentie, in Hz
$f_e$	eigenfrequentie, in Hz
g	zwaartekrachtversnelling ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )
T	trillingstijd, in s
u	verplaatsing, in mm
v	snellheid, in $\text{mm/s}$

### 5.3 Gehanteerde symbolen

De verder in deze richtlijn gehanteerde symbolen zijn hieronder weergegeven.

$A_1$	streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$ , dimensieloos
$A_2$	maximale waarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$ , dimensieloos
$A_3$	streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\text{per}}$ , dimensieloos
f	frequentie, in Hz
$f^*$	frequentie in Hz, waarvoor $\varphi(f) = 0$
$f_{\max}$	grensfrequentie van het laagdoorlaatfilter, in Hz
$f_{\min}$	grensfrequentie van het hoogdoorlaatfilter, in Hz
$f_0$	kantelfrequentie van het wegingsfilter, $f_0 = 5,6 \text{ Hz}$
$H_u(f)$	wegingsfunctie trillingsversnelling, $\text{s}^2/\text{m}$
$H_v(f)$	wegingsfunctie trillingssnellheid, $\text{s}/\text{mm}$
i	variabele die het interval van 30 seconden aangeeft waarin $v_{\text{eff,max,30,i}}$ is gemeten

N	aantal aaneensluitende tijdsintervallen van 30 seconden in een beoordelingsperiode; voor de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, $N = 1440$ voor de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, $N = 1440$ voor de avondperiode van 19.00 tot 23.00 uur, $N = 480$ voor de nachtperiode van 23.00 tot 07.00 uur, $N = 960$
n	aantal gehele tijdsintervallen van 30 seconden binnen de duur van een meting
t	tijd, in s
$T_b$	totale tijdsduur dat een trillingsbron in bedrijf is in een beoordelingsperiode, in s
$T_m$	tijdsduur van de meting, in s
$T_0$	tijdsduur van de beoordelingsperiode, in s
$\tau$	tijdconstante, in s
$V_{\max}$	grootste waarde van $v_{\text{eff,max}}$ in de beschouwde ruimte, dimensieloos
$V_{\text{per}}$	trillingssterkte over de beoordelingsperiode behorende bij de ruimte, dimensieloos en bepaald op basis van de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van de maxima $v_{\text{eff,max,30,i}}$ . Deze waarde dient uitsluitend te worden bepaald voor het meetpunt en de meetrichting waarin de grootste waarde $V_{\max}$ voor de ruimte volgens 9.7 is bepaald.
$v(t)$	momentane waarde van de gewogen trillingsgrootte, dimensieloos
$v_{\text{eff}}(t)$	voortschrijdende effectieve waarde van de gewogen momentane trillingsgrootte, dimensieloos
$v_{\text{eff,max}}$	de grootste waarde van $v_{\text{eff}}(t)$ over de meetduur, dimensieloos
$v_{\text{eff,max,30,i}}$	de grootste waarde van $v_{\text{eff}}(t)$ in een tijdsinterval van 30 seconden, dimensieloos
$v_{\text{eff,max,stat}}$	de statistisch bepaalde grootste waarde van $v_{\text{eff}}(t)$ over de meetduur, dimensieloos
$v_0$	referentiewaarde van de wegingfunctie, $v_0 = 1,0 \text{ mm/s}$
$v_{\text{per,meet}}$	de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van $v_{\text{eff,max,30,i}}$ over de meetperiode
$\varphi(f)$	maximale referentie fase-frequentie karakteristiek voor het meetsysteem, in graden
$\varphi_m(f)$	de fase-frequentiekarakteristiek van het meetsysteem, in graden