

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aan: Menno Groot
Van: Hans Schinck
Datum: 1 juni 2022
Kopie: Click to enter "CopyTo"
Ons kenmerk: 9S4713-102-101 /N001/D01
Classificatie: Open

4 juli 2022

Kopie: Johan Kok (gemeente Tytsjerksteradiel)

Onderwerp: Beschouwing aspect trillingen appartementen Station Hurdegaryp

Bijlage 1 Weergave trillingsmetingen

1. Inleiding

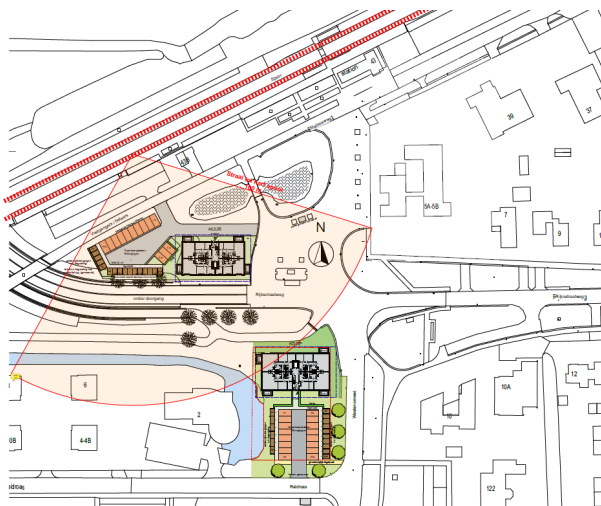
Het onderzoek zal worden uitgevoerd ter onderbouwing van het bestemmingsplan. Het aspect trillingen is in de voorliggende memo onderzocht.

Hurdegaryp

Begrenzing plangebied

In Hurdegaryp wordt in de nabijheid van het spoor en station twee woongebouwen gerealiseerd (zie afbeelding 1). Aan de noordkant wordt het plangebied begrensd door het spoor. Het noordelijk woongebouw ligt binnen 100 m van het spoor.

Op afbeelding 1 is de locatie van het plangebied weergegeven.



Afbeelding 1: locatie plangebied

4 juli 2022

1 juni 2022

2. Toetsingskader trillingen

In Nederland bestaat geen *specifiek* juridisch kader voor trillingen zoals geldt voor geluid met de Wet Geluidhinder. Het juridisch kader wordt door wetgeving bepaald welke niet specifiek voor trillingen is bestemd. Het kader wordt door het onderstaande bepaald:

Partijen kunnen elkaar in geval van trillingshinder of –schade civielrechtelijk aanspreken op basis van *onrechtmatige daad*. Hierbij wordt aangetekend dat in dergelijke geschillen de rechter tegenwoordig verder kijkt dan het pure causale verband tussen trillingen en het geclaimde gevolg (hinder of schade). Van minstens even groot belang voor de uitkomst van dergelijke zaken is de mate waarin partijen deskundig zijn en zich redelijk en zorgvuldig hebben opgesteld. Partijen die terzake deskundig zijn (opdrachtgevers van grote infrastructurele werken, bouwbedrijven, grote beheerders van infrastructuur) hebben een zwaardere plicht waar het betreft het informeren van de andere partij, het instellen van onderzoeken en het overwegen van alternatieven. Het principe dat de partij die eist ook moet bewijzen geldt altijd. Maar in de praktijk wordt deze bewijsplicht door de rechter aanzienlijk lichter gewogen, zeker als de deskundige partijen zich weinig zorgvuldig hebben opgesteld.

In het ruimtelijk spoor is het kader de Wet Ruimtelijke Ordening (WRO). Voor het aspect trillingen dienen bestemmingen ruimtelijk zorgvuldig te worden gescheiden.

In 2019 is de Handreiking nieuwbouw en spoortrillingen gepubliceerd hierin is omschreven hoe binnen een zone van 100 m moet worden omgegaan en er wordt qua normstelling verwezen naar de SBR B richtlijn “*hinder voor personen in gebouwen*”. In de gebruiksfase van de infrastructuur is de SBR B richtlijn “*hinder voor personen in gebouwen*” als normstelling te hanteren. Ook is de SBR A richtlijn “*schade aan gebouwen*” als normstelling te hanteren met betrekking tot de aanlegfase. De beoordelingsystematiek in de SBR B richtlijn “*hinder voor personen in gebouwen*” kent streefwaarden.

In het bestemmingsplan zijn de onderstaande planregels opgenomen.

4.3.2 Voorwaardelijke verplichting trillingen

- A. Het bouwen van een woongebouw als bedoeld in artikel 4.1 onder A binnen het gebied met de functieaanduiding “wonen bij het spoor” is uitsluitend toegestaan wanneer minimaal uit een dynamische berekening van de trillingsterkte blijkt dat de streefwaarden voor “Wonen nieuwe situatie”, zoals bedoeld in de Richtlijn deel B van Stichting Bouwresearch niet worden overschreden.
- B. In afwijking van het bepaalde onder A, is het bouwen van een woongebouw als bedoeld in artikel 4.1 onder A binnen het gebied met de functieaanduiding “wonen bij het spoor” ook toegestaan op voorwaarde dat alle doelmatige en kosteneffectieve maatregelen om de trillingsterkte te verminderen worden getroffen en uit een dynamische berekening blijkt dat tenminste de streefwaarden voor “Wonen bestaande situatie”, zoals bedoeld in de Richtlijn deel B van Stichting Bouwresearch, niet worden overschreden.

SBR trillingsrichtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)

In het geval van trillingen langs infrastructuur tijdens de gebruiksfase is richtlijn B (hinder voor personen in gebouwen) van belang.

De toetsing van de trillingsniveaus aan de SBR-richtlijn B betreft de zogenoemde $V_{\max}$ en V_{per} . De $V_{\max}$ betreft de maximale trillingssterkte die voorkomt. Deze wordt apart getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. De V_{per} betreft de gemiddelde trillingssterkte. Ook deze waarde wordt apart bepaald en

getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. Voor de exacte definitie en bepalingsmethode van deze toetswaarden wordt verwezen naar de SBR-richtlijn.

De streefwaarden zijn er op gericht om hinder door trillingen te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van deze streefwaarden dient dan ook zoveel mogelijk te worden vermeden. De situatie waaronder de te beoordelen trillingssterkte optreedt, is bij de afweging van de toe te laten trillingssterkte van belang. De SBR-richtlijn maakt daarbij onderscheid tussen een bestaande situatie, een nieuwe situatie en een gewijzigde situatie.

De voorliggende situatie is een nieuwe situatie in het licht van de SBR-richtlijn. In de gebouwen zijn woonfuncties aanwezig. Voor deze functies gelden de volgende streefwaarden:

Tabel 1: streefwaarden (SBR richtlijn)

Gebouwfunctie	A1	A2	A3
	(dag / avond / nacht)	(dag / avond / nacht)	(dag / avond / nacht)
Woning nieuwe situatie	0.1 / 0.1 / 0.1	0.4 / 0.4 / 0.2	0.05 / 0.05 / 0.05
Woning bestaande situatie	0.2 / 0.2 / 0.2	0.8 / 0.8 / 0.4	0.1 / 0.1 / 0.1

Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- de waarde van de maximale trillingssterkte in de ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A1, of als
- de waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A3.

De eerste regel met A1 betreft de zogenoemde onderste streefwaarde. Als hieraan wordt voldaan dan is een nadere toetsing niet meer nodig.

Als er niet wordt voldaan aan de toetsingssytematiek wat betreft streefwaarden dient afhankelijk van de omstandigheden een afweging te worden gemaakt of de te beoordelen trillingssterkte al dan niet acceptabel is. Voor deze beoordeling wordt in de SBR-richtlijn verwezen naar bijlage 5 van de SBR-richtlijn. Daarin is aangegeven dat bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik kan worden gemaakt van de kwalificatie van hinder zoals is aangegeven in de navolgende tabel (uit SBR-richtlijn, bijlage 5).

Tabel 2: Hinderclassificatie

$V_{\max}$	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

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

Naast de “SBR B richtlijn Hinder voor personen” is er voor schade de “SBR-Richtlijn A schade aan gebouwen”. Voor schade is de topwaarde van de trillingssterkte V_{top} relevant. Deze schade trillingssterkten V_{top} wordt uitgedrukt in mm/s. Alhoewel het een andere grootheid betreft en andere meetpunten aan een woning kan gesteld worden dat de streefwaarden voor hinder veel maatgevender (lager) zijn dan de grenswaarden voor schade. Door het hanteren van de streefwaarden voor hinder wordt voorkomen dat schade grenswaarden worden overschreden.

Vermeldenswaardig is verder dat er specifiek voor spoorse tracé besluiten de Beleidsregel TrillinghinderSpoor (Bts) bestaat.

3. Metingen trillingen

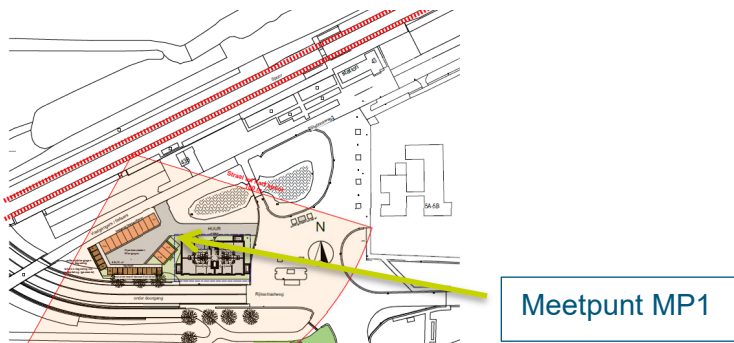
Het aspect trillingen wordt bepaald door de passages van de treinen. Ten noorden van het plangebied ligt een tweetal sporen en een station. Van 14 juni t/m 21 ~~juni~~ 2022 zijn trillingsmetingen op locatie verricht. Voor het trillingsonderzoek zijn er maaiveldmetingen aan passages van treinen verricht. Bij de bemande metingen is vastgesteld dat de trillingen van de doorgaande treinen maatgevend zijn. De stoptreinen zijn minder maatgevend.

De passages van zwaar verkeer door de tunnel veroorzaken lagere trillingsniveaus dan de doorgaande treinen. De passages van het verkeer over de parkeerplaats veroorzaakt relevante stoortrillingen ten opzichte van de trillingen van doorgaande treinen. Het spoor heeft een maaiveld ligging.



Afbeelding 2: meetopstelling afgezet met bouwhekken

Hierdoor waren er beperkingen voor de ligging van meetpunt MP1. Meetpunt MP1 is zover als mogelijk naar de noordzijde van het gebouw geprojecteerd zo dicht mogelijk bij het spoor.



Afbeelding 3: situatie meetpunt MP1

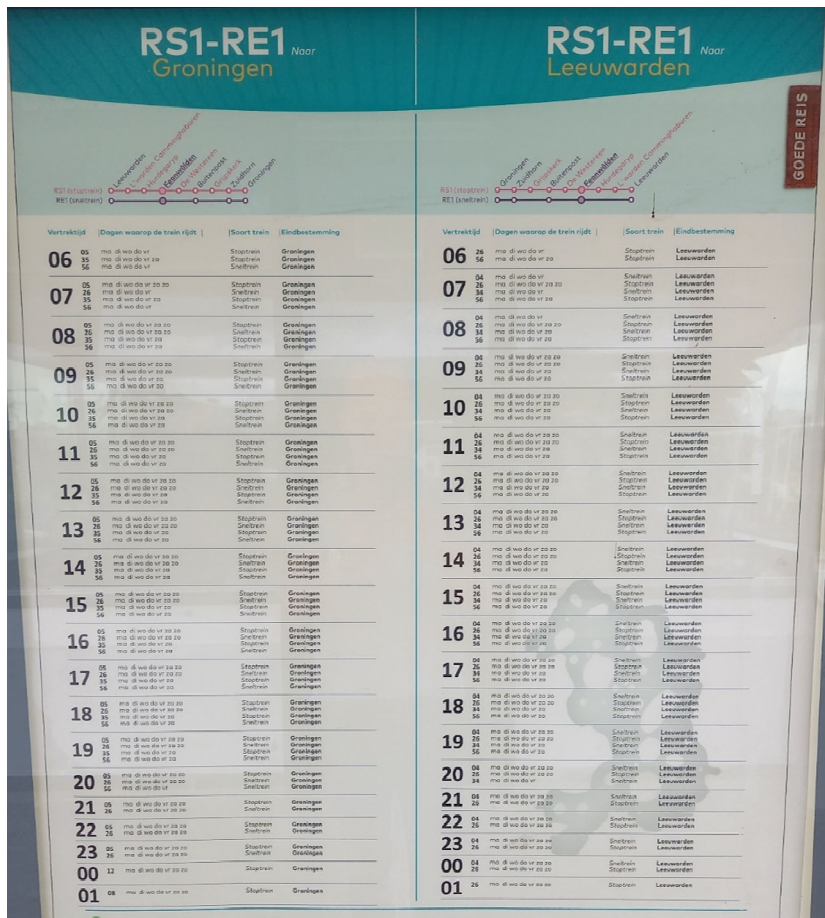
Alle trillingsmetingen zijn conform de SBR B richtlijn “hinder voor personen in gebouwen” verricht met een vibra plus meetsysteem. Het vibra plus meetsysteem is tijdens de metingen met een sensor die drie richtingen registreerd uitgerust. De sensor is op een 60 cm stalen pen die in de bodem zit bevestigd



Afbeelding 4: meetpunt

In bijlage 1 zijn de metingen grafisch weergegeven. De metingen zijn van 14 ~~juni~~ t/m 21 juni 2022 verricht.





Afbeelding 5: doorgaande sneltreinen

Het trillingsniveau van de passages van treinen wordt bepaald door de doorgaande sneltreinen. In afbeelding 3 is het spoorboekje weergegeven. Per uur zijn er maximaal 4 doorgaande reizigerstreinen, twee in de richting Leeuwarden en 2 in de richting Groningen. In de analyse van de in tabel 3 weergegeven meetgegevens zijn de trillingen buiten de passagemomenten van de doorgaande sneltreinen als stoortrillingen beschouwd.

In tabel 3 zijn de meetgegevens samengevat weergegeven.

Tabel 3: trillingssnelheid in maaiveld

Meetpunt	MP1
	verhoogde ligging spoor op 40 m hart spoor
	Alle passages
$V_{\text{per}} [-]$ (Gemiddeld vertikale $V_{\text{max,eff}}$)	Vertikaal $Z < 0,02$ Horizontaal dwars op spoor $Y < 0,04$ Horizontaal parallel aan spoor $X < 0,04$

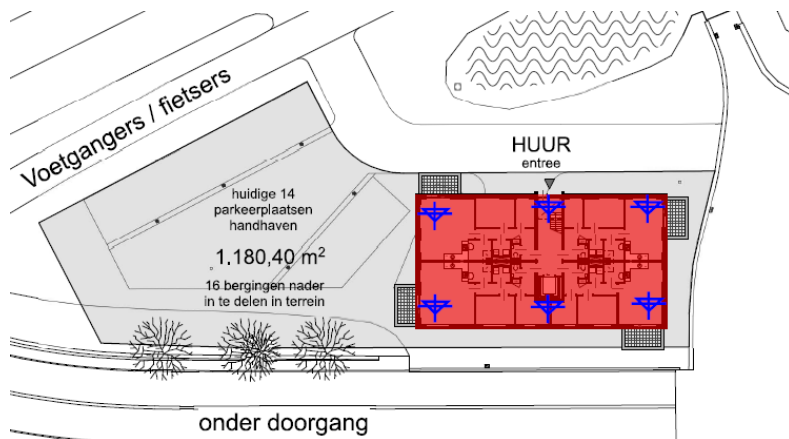
$V_{\max}$ [--] (Maximum vertikale $V_{\max, \text{eff}}$)*	Vertikaal $Z < 0,18$ Horizontaal dwars op spoor $Y < 0,3$ Horizontaal parallel aan spoor $X < 0,3$
---	---

* overwegend

De verticale maximale trillingssnelheid $V_{\max}$ bedraagt ter hoogte van meetpunt 1 overwegend maximaal 0,1 en een enkele waarde tot 0,18 ter hoogte van meetpunt 1. De trillingen in het horizontale vlak zijn getalsmatig hoger tot circa 0,3 en hebben hogere frequenties. De frequentie in verticale richting is overwegend < 20 Hz. De frequentie in horizontale richting is overwegend > 20 Hz.

5 Beschouwing trillingen in de woningen

In afbeelding 6 is het gebouw weergegeven.



Afbeelding 6: weergave gebouw

Het gebouw heeft 4 verdiepingen en is circa 12 m hoog. De fundering is op boorpalen. De vloervelden op begane grond zijn kanaalplaten $H=200$ mm en een 70 mm afwerkvloer. De overspanning is 7,2 m. De vloervelden op 1e t/m 3e verdieping zijn 4 zijdig opgelegde breedplaatvloer $H=280$ mm en een 70 mm afwerkvloer. De overspanning is 7,2 – 12 m.

Op basis van de publicatie “Gedrag van constructies en funderingen” is de overdrachtsverhouding H_{xf} tussen trillingen op het maaiveld en de trillingen op de fundering voor laagbouw genomen.

In de appartementencomplexen zitten op[de verdiepingen massieve breedplaat betonvloeren (~~300 mm~~) met een maatgevende overspanning van 7,2 m. De overige overspanningen zijn minder maatgevend.

De eigenfrequentie f_e van een massief betonnen vloer met overspanning L bedraagt:

$$f_e = 130/L$$

De eigenfrequentie f_e van een kanaalplaat betonnen vloer op begane grond met overspanning L bedraagt:

$$f_e = 664/L^2$$

De vergrotingsfactor H_{vf} van een vloerveld bedraagt:

$$H_{vf} = 0,4 + \sqrt{\frac{f_e}{76 \times \vartheta}}$$

ζ bedraagt 0,047 voor massieve betonvloeren

ζ bedraagt 0,046 voor kanaalplaatvloeren

Afstands afname trillingen

Op grotere afstand van het spoor nemen de trillingen in het maaiveld af ten opzichte van het meetpunten in het maaiveld. De afname kan op basis van de empirische formule van Barkan voor trillingen in het verre veld van een homogene isotrope halfruimte worden bepaald. Voor de overdracht van trillingen door de bodem wordt gebruikgemaakt van de formule van Barkan [Vibration of soils and foundations Richart, Hall en Woods Prentice Hall 1970].

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;

V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;

R afstand tussen immissiepunt en de bron;

R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;

α materiaaldemping in de bodem (1/m);

n $n = 1$ tot 2 voor P- en S-golven;

$n = 0.5$ voor R-golven.

De geometrische demping is afhankelijk van het type golf en de richting vanuit de bron waarin de trillingsuitbreiding plaatsvindt. Voor de R (Rayleigh)-golven of oppervlaktegolven ($n = 0.5$) is de geometrische demping kleiner dan voor de P-(pressure) golven of compressiegolven en de S-(shear) golven of schuifgolven.

Dit geeft voor de Rayleigh-golven op grotere afstand van de bron ten opzichte van de P- en S-golf de grootste energie (>67%). De materiaal demping α is op basis van een worst case aanname 0,01 [–] gekozen.

De metingen zijn op punten aan de noordzijde van het geprojecteerde gebouw verricht. De onderstaande beschouwing is gebaseerd op de worst case afstand per gebouw (noordzijde). Dit betekent dat, indien de afstand tot het spoor groter is (zuidzijde van de gebouwen), de niveaus lager kunnen zijn. De mate van afname voor de zuidzijde van de gebouwen wordt bepaald door de formule van Barkan.

Tabel 4: schatting trillingen vloervelden noordzijde gebouw

Verdieping		excitatie frequentie	overdracht fundering en stijfheid gebouw	fundering	eigen frequentie vloer	Opslinger factor vloer	Vloer worst case prognose incl. opslinger- factor	Toets waarde nieuw Vmax [dag avond nacht]	Toets waarde bestaand Vmax [dag avond nacht]	toetsing
	trillings richting	fe [Hz]	Hxf [--]	Vmax [--]	fn [Hz]	Hvl [--]	Vmax [--]	woningen	woningen	
1 t/m 3	vertikaal	<20	0,85	0,15	18,1	2,65	0,41	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet
	horizontaal	>20	0,85	0,26			0,22	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet
begane grond	vertikaal	<20	0,85	0,15	12,8	2,31	0,35	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet
	horizontaal	>20	0,85	0,26			0,22	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet

In tabel 4 is op basis van de maaiveldmetingen en de analytische formules een schatting gegeven van de maximaal te verwachten trillingssterkte $V_{\max}$ in de vloervelden van de woningen.

Maximale trillingssterkte

De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ (0,41) in de woningen ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting aan de streefwaarden A1 (0,4) voor woonfunctie in bestaande situatie in de nachtperiode.

Gemiddelde trillingssterkte

Op basis van de meetwaarde van de gemiddelde trillingssterkte $V_{\text{per,meet}}$ is de verwachting dat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} in dag-, avond- en nachtperiode in de woningen voldoet aan de streefwaarden voor een woonfunctie ($A3=0,05$).

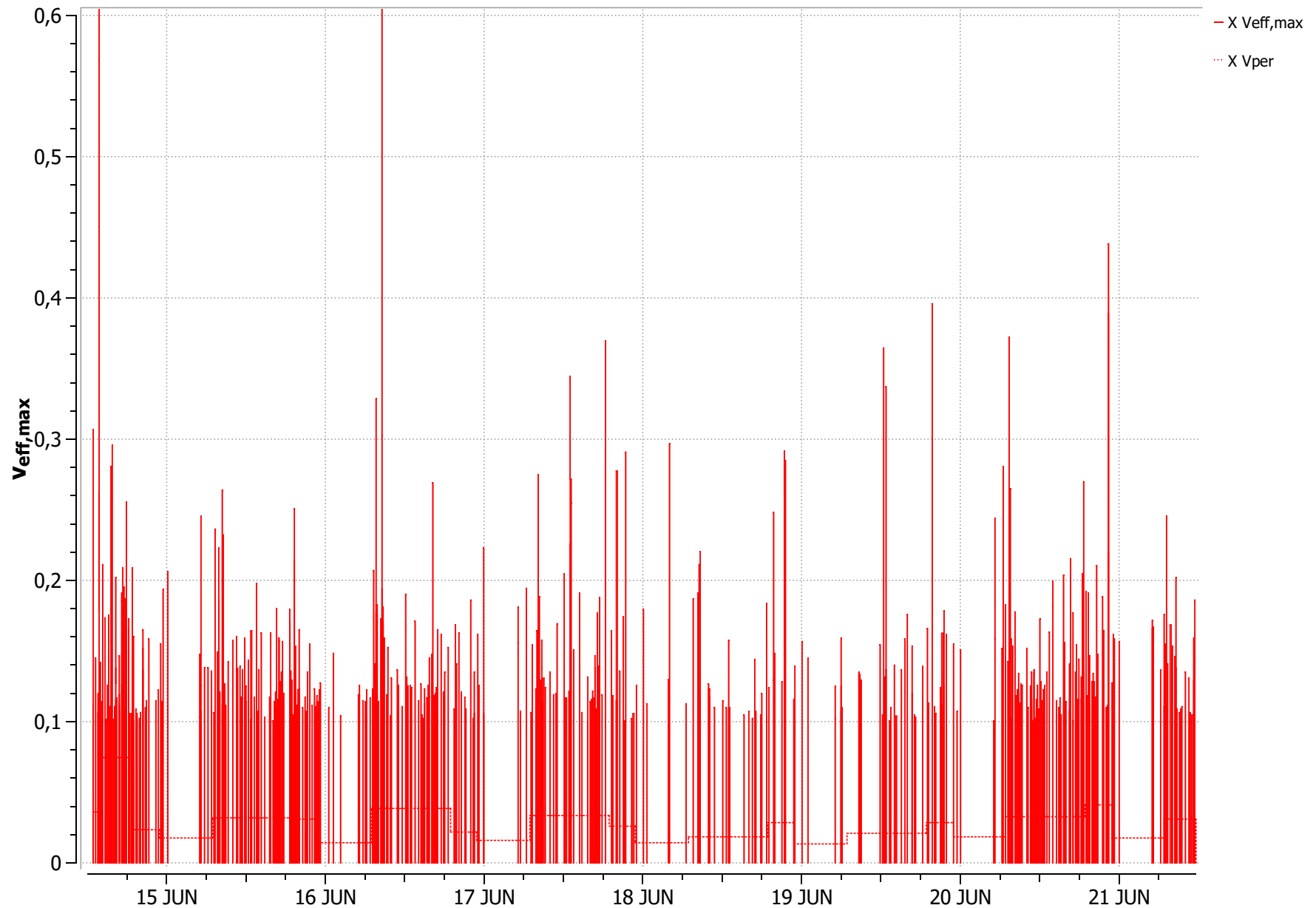
6 Samenvattende conclusie

Op basis van trillingsmetingen in het maaiveld en een worst case beschouwing voor de noordzijde van het gebouw worden de volgende conclusies geformuleerd:

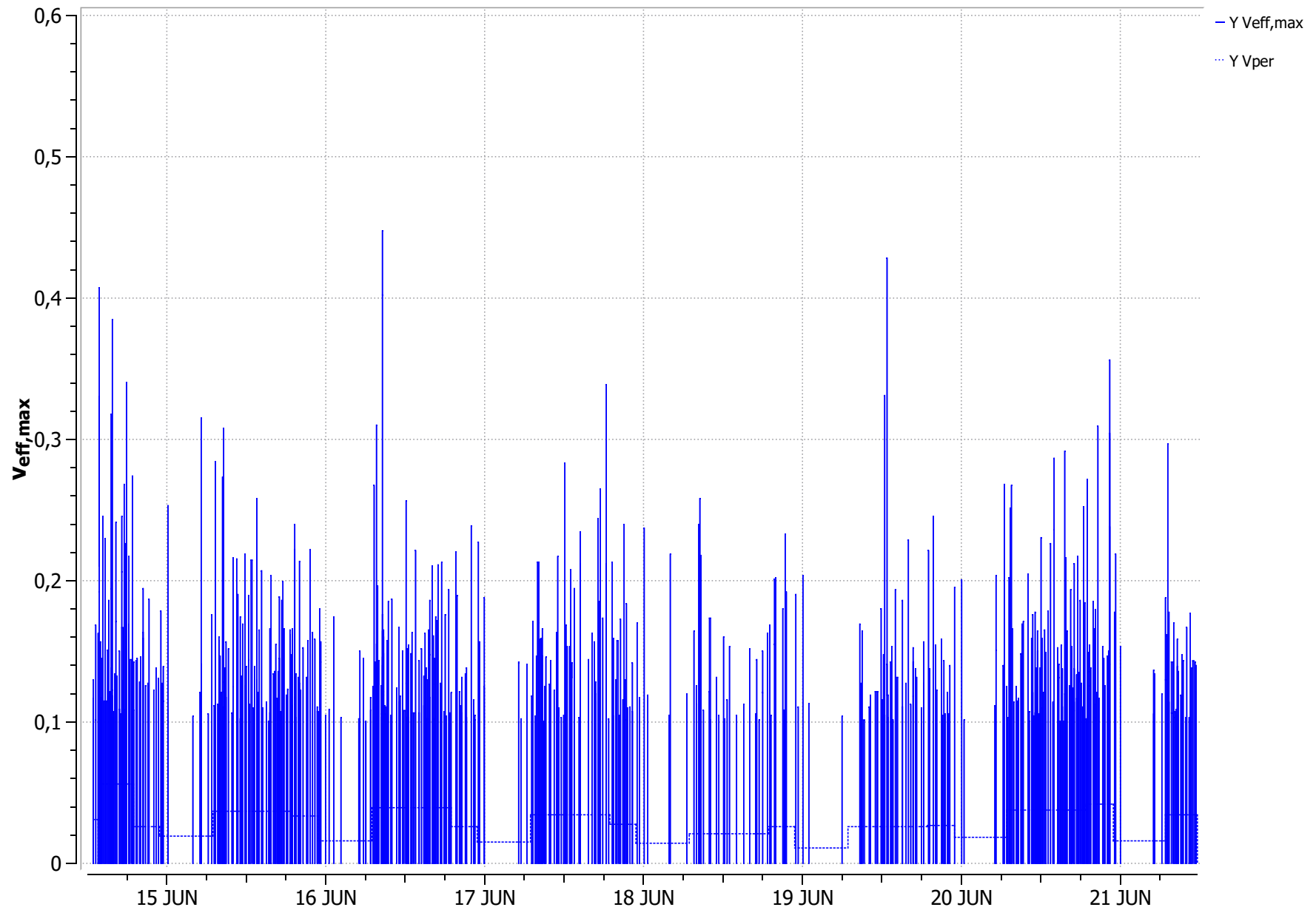
- De maximale trillingssterkte V_{max} (0,41) in de woningen ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting niet aan de streefwaarde voor de nachtperiode A2 (0,2) voor woonfunctie in een nieuwe situatie. Er wordt niet aan voorwaarde 4.3.2 A uit de planregels voldaan;
- De maximale trillingssterkte V_{max} (0,41) in de woningen ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting aan de streefwaarde voor de nachtperiode A2 (0,4) voor woonfunctie in een bestaande situatie. Hiermee zijn in het ontwerp voldoende maatregelen opgenomen (fundatie, stijfheid en vloervelden) om hinder te voorkomen. Er wordt aan voorwaarde 4.3.2 B uit de planregels voldaan;
- Op basis van de meetwaarde van de gemiddelde trillingssterkte V_{per} , meet is de verwachting dat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} in dag-, avond- en nachtperiode in de woningen voldoet aan de streefwaarde voor woonfunctie in een nieuwe situatie ($A_3=0,05$);
- Hiermee voldoen de woningen op basis van het ontwerp naar verwachting aan de planregels voor het aspect trillingen. Er zijn geen aanvullende mitigerende maatregelen nodig ten opzichte van het beschouwde ontwerp;

Bijlage 1: weergave trillingsmetingen

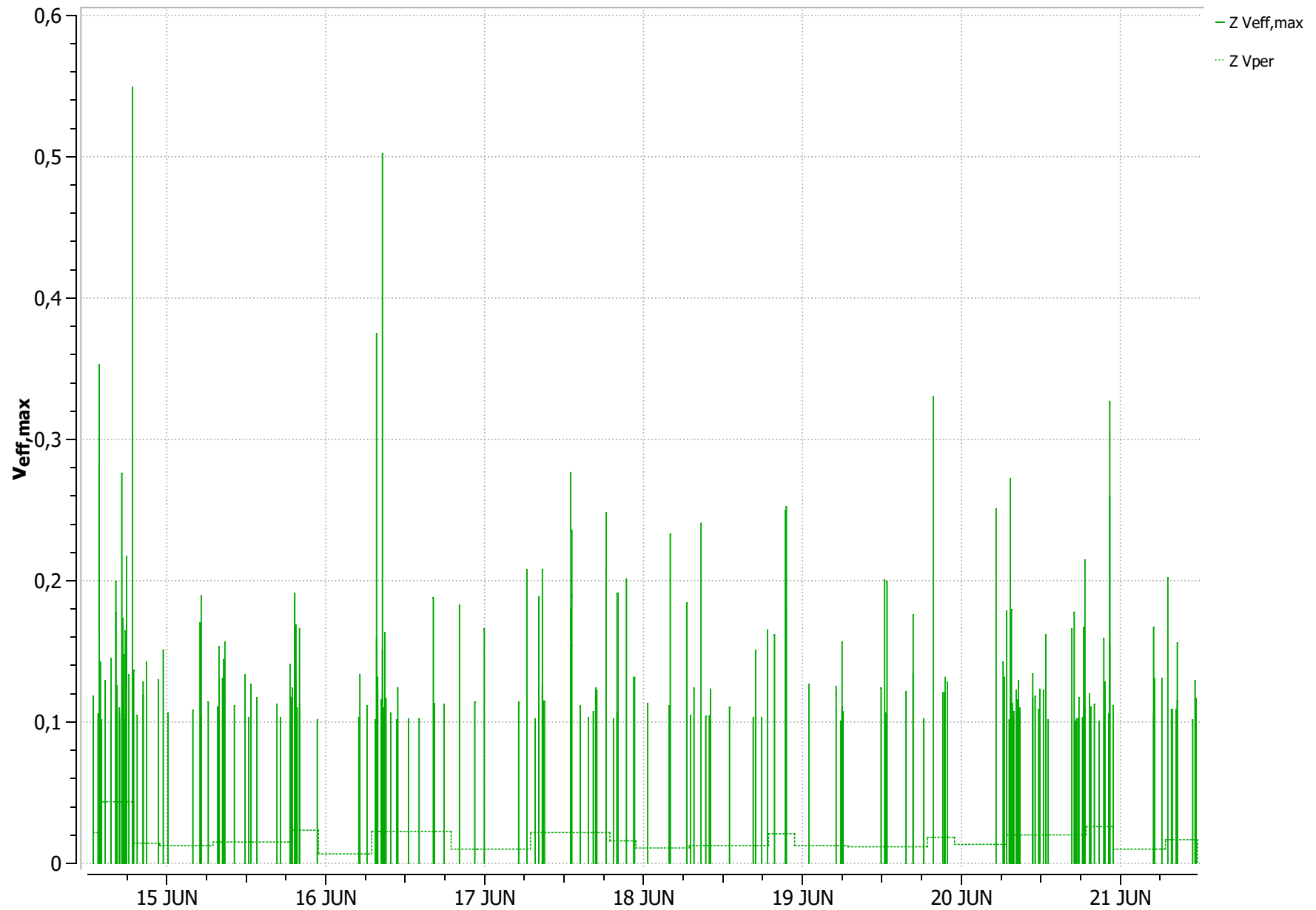
VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14



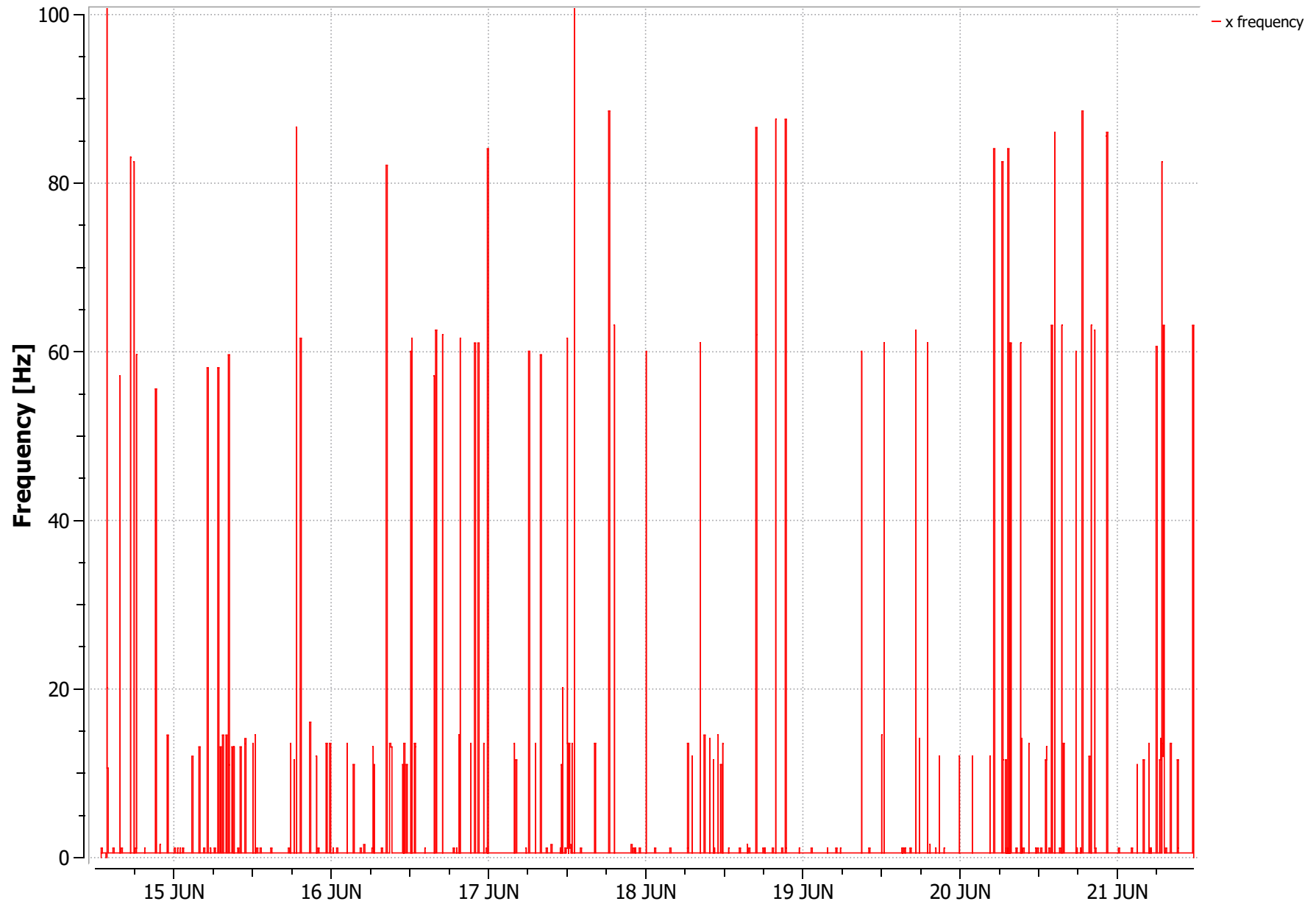
VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14



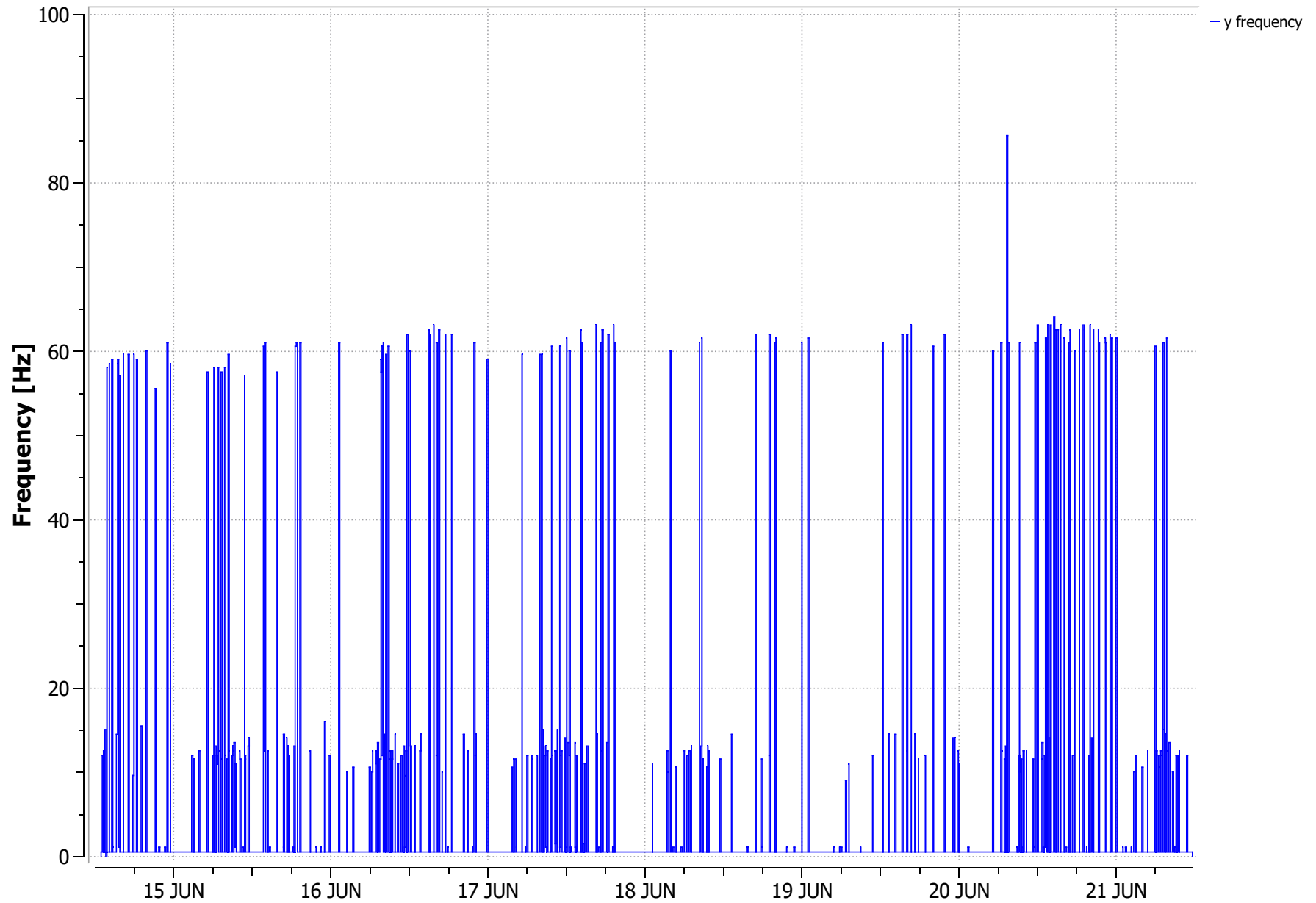
VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14

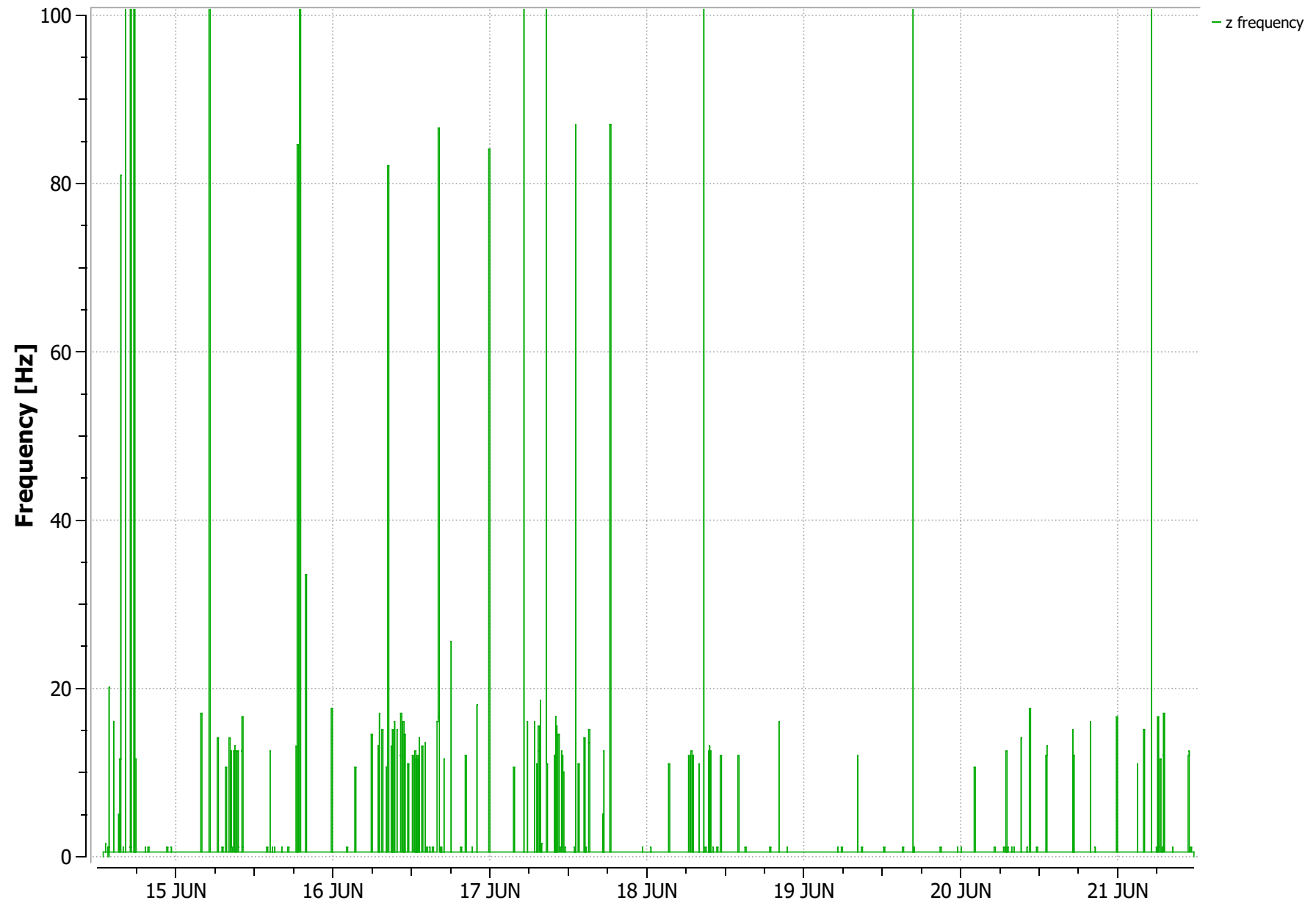


VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14

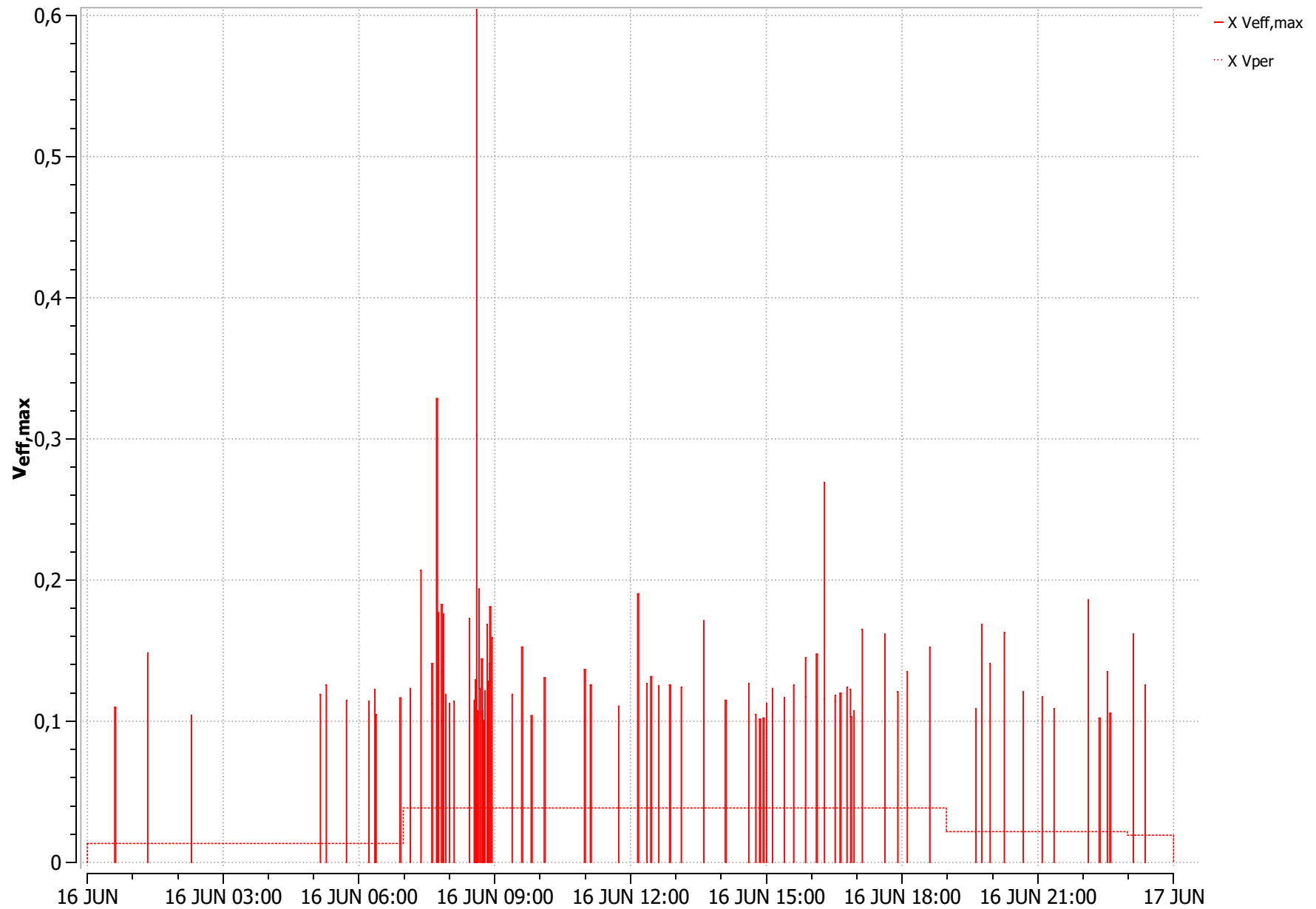


VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14

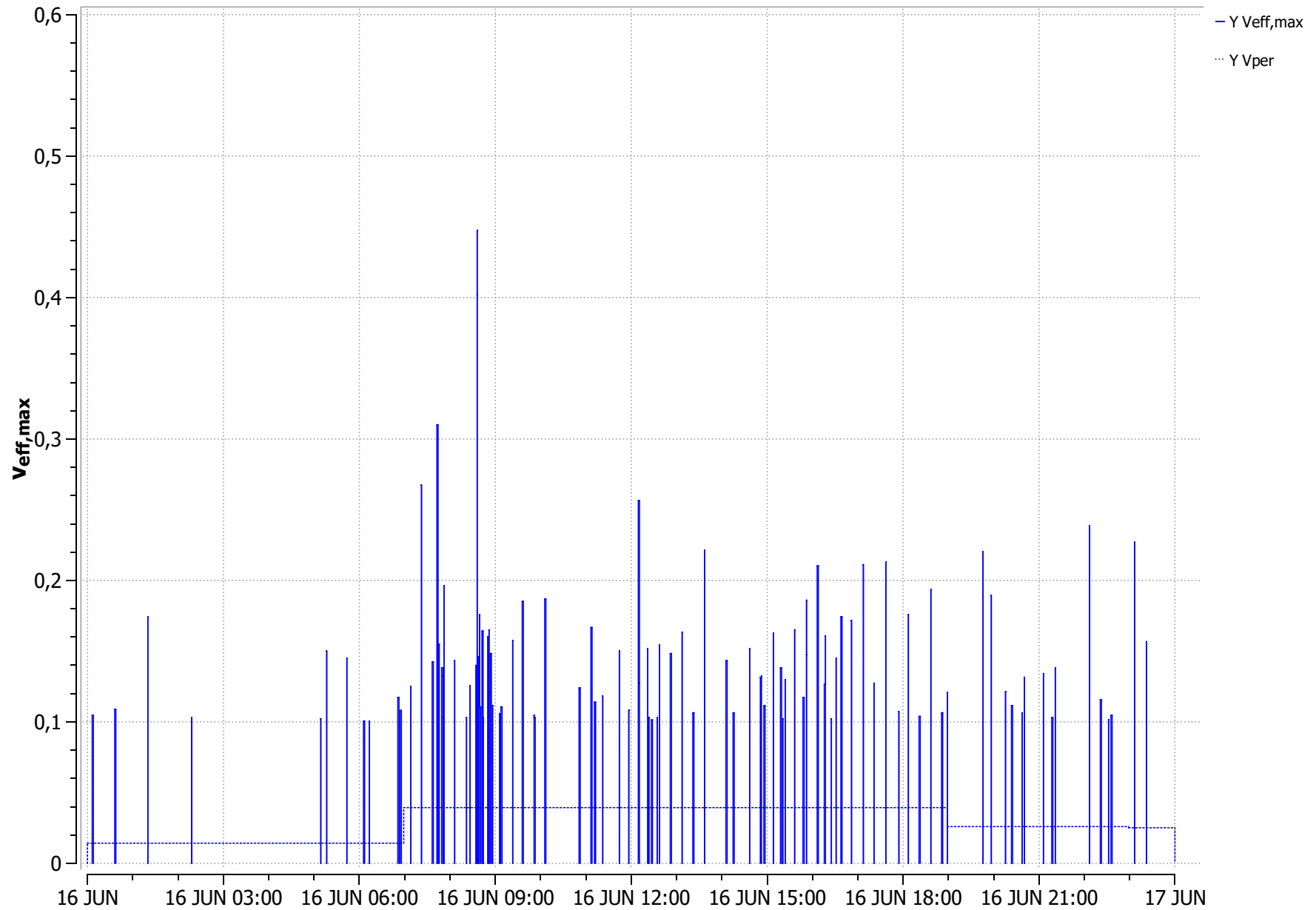


VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14

VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14



VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14



VIBe0698 FRIESLAND 2022-06-14

