

## Notitie / Memo

**HaskoningDHV Nederland B.V.**  
**Mobility & Infrastructure**

Aan: K. Hagedoorn  
Van: Hans Schinck  
Datum: 10 juli 2023  
Kopie: Marle Zeegers  
Ons kenmerk: BF5632-100-100 /N001/D01  
Classificatie: Projectgerelateerd

**Onderwerp: Rapportage aspect trillingen de Hes Arnhem**

**Bijlage 1** Weergave trillingsmetingen

**Bijlage 2** Weergave schatting trillingssterkte Vmax

## 1. Inleiding

In Arnhem wordt in de nabijheid van het spoor een nieuw bestemmingsplan met onder andere objecten met woonfunctie en zorg functies gerealiseerd (zie afbeelding 1). Een deel van de objecten binnen het plan liggen binnen 100 m van het spoor. Op afbeelding 1 is de verbeelding van het plangebied weergegeven.

Ter onderbouwing van het bestemmingsplan is door Royal HaskoningDHV (RHDHV) onderzoek verricht naar het aspect trillingen. Voorliggende rapportage beschrijft de resultaten van dit onderzoek.



**Afbeelding 1: Stedenbouwkundiplan**

## 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.

### **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  $V_{\text{per}}$ . De  $V_{\max}$  betreft de maximale trillingssterkte die voorkomt. Deze wordt apart getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. De  $V_{\text{per}}$  betreft de gemiddelde trillingssterkte. Ook deze waarde wordt apart bepaald en getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. Voor de exacte definitie en bepalingmethode van deze toetswaarden wordt verwezen naar de SBR-richtlijn.

De streefwaarden zijn erop 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 in eerste aanleg een nieuwe situatie in het licht van de SBR-richtlijn. In de gebouwen zijn o.a. woonfuncties aanwezig. Woonfuncties zijn trillingsgevoelig en de functies met de strengste normstelling en derhalve maatgevend.

Voor de woonfuncties en zorgfunctie gelden de volgende streefwaarden:

**Tabel 1: streefwaarden (SBR richtlijn).**

Gebouwfunctie	A1 (dag/avond/nacht)	A2 (dag/avond/nacht)	A3 (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
Gezondheidszorg nieuwe situatie	0.1 / 0.1 / 0.1	0.4 / 0.4 / 0.2	0.05 / 0.05 / 0.05
Gezondheidszorg 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 trillingssterkte  $V_{top}$  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 tracébesluiten de Beleidsregel TrillinghinderSpoor (Bts) bestaat. Deze beleidsregel geeft een beoordelingssystematiek voor het aspect trillingen van wijzigingewn aan het spoor indien het om een spoors tracébesluit gaat.

### 3. Metingen trillingen

Het aspect trillingen wordt bepaald door de passages van de treinen. Ten noorden van het plangebied ligt een tweetal sporen. Van 16 mei t/m 24 mei 2023 zijn trillingsmetingen op locatie verricht. Voor het trillingsonderzoek zijn er maaiveldmetingen aan passages van treinen verricht. De passages van zwaar verkeer op de nabije wegen veroorzaken lagere trillingsniveaus dan de doorgaande treinen. Tijdens het locatiebezoek is vastgesteld dat er hoogteverschillen in het lokale maaiveld aanwezig zijn.

Meetpunt 1 ligt op circa 30 m van hart dichtstbijzijnd spoor ter hoogte van dit meetpunt is een spoorvoeg aanwezig. Meetpunt 1 is met een 60 cm stalen pen op een grasveld in het maaiveld aangebracht.

Meetpunt 2 ligt op 30 m van hart dichtstbijzijnd spoor het maaiveld van het meetpunt ligt op dezelfde hoogte als het maaiveld van het spoor. Meetpunt 2 is met een 60 cm stalen pen in een bossage in het maaiveld aangebracht.

Het spoor ligt aan de noordzijde van het plan op een verhoogde ligging van circa 5 m boven de N225. Het spoor ligt aan de zuidwestzijde van het plan op een maaiveld ligging. Dit betekent dat het spoor van Noord naar zuid licht daalt.



Afbeelding 2: situatie meetpunt MP1 en MP2.

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 3: meetpunt 1 en 2



Afbeelding 4: rails onderbreking meetpunt 1 en passage trein ter hoogte meetpunt MP1

In bijlage 1 zijn de metingen grafisch weergegeven. De metingen zijn van 16 mei t/m 24 mei verricht. In bijlage 1 zijn de passagemomenttijdstippen c.q. de dienstregeling duidelijk herkenbaar.

Door Prorail is een zijn passage gegevens uit het Quovadis systeem beschikbaar gesteld van 16-5-2023 uur t/m 24-5-2023.

Op hoofdlijnen zijn de opgave van passages en meetdata overlappend. Er hebben zich zijn in de betreffende meetweek 4788 trein passages waarvan 142 goederentrein passages (GO) geweest op basis van de geleverde informatie van Prorail.

In tabel 3 zijn de aantallen passages van de verschillende treintypes weergegeven.

Tabel 3: aantallen passages treintypes

Type trein	aantal passages [--]
Intercity IC	1888
Sprinter SPR	1990
Goederentrein GO	143
Leeg materieel LM	116
Losse Loc (LL)	18
Onderhoudsmachine (OHM)	4
Stoptrein (ST)	626
Videoschouwtrein (VST)	4
<b>Totaal</b>	<b>4788</b>

Uit de passagemomenten van goederentreinen en de meetdata op die momenten blijkt dat de goederentreinen medebepalend zijn voor de hoogste niveaus maar niet uitsluitend.

In de analyse van de in tabel 5 weergegeven meetgegevens zijn de maatgevende trillingen beschouwd inclusief alle voorgekomen passages van reizigers- en goederentreinen. In tabel 5 zijn de meetgegevens samengevat weergegeven.

**Tabel 5: trillingssnelheid in maaiveld.**

Meetpunt		MP1 vib 2170	MP2 vib 2096	Frequentie
		Verhoogde ligging spoor op 30 m hart spoor	Maaiveld ligging spoor op 30 m hart spoor	[Hz]
$V_{max}$ [--]	Horizontaal dwars op spoor X	<2,4	<9	>35
	Horizontaal parallel aan spoor Y	<1,6	<8,5	>35
	Verticaal Z	<0,6	<1,8	<10 en >35
$V_{per}$ [--]	Verticaal Z	0,04-0,06	<0,16	>35
				>35
				<10 en >35

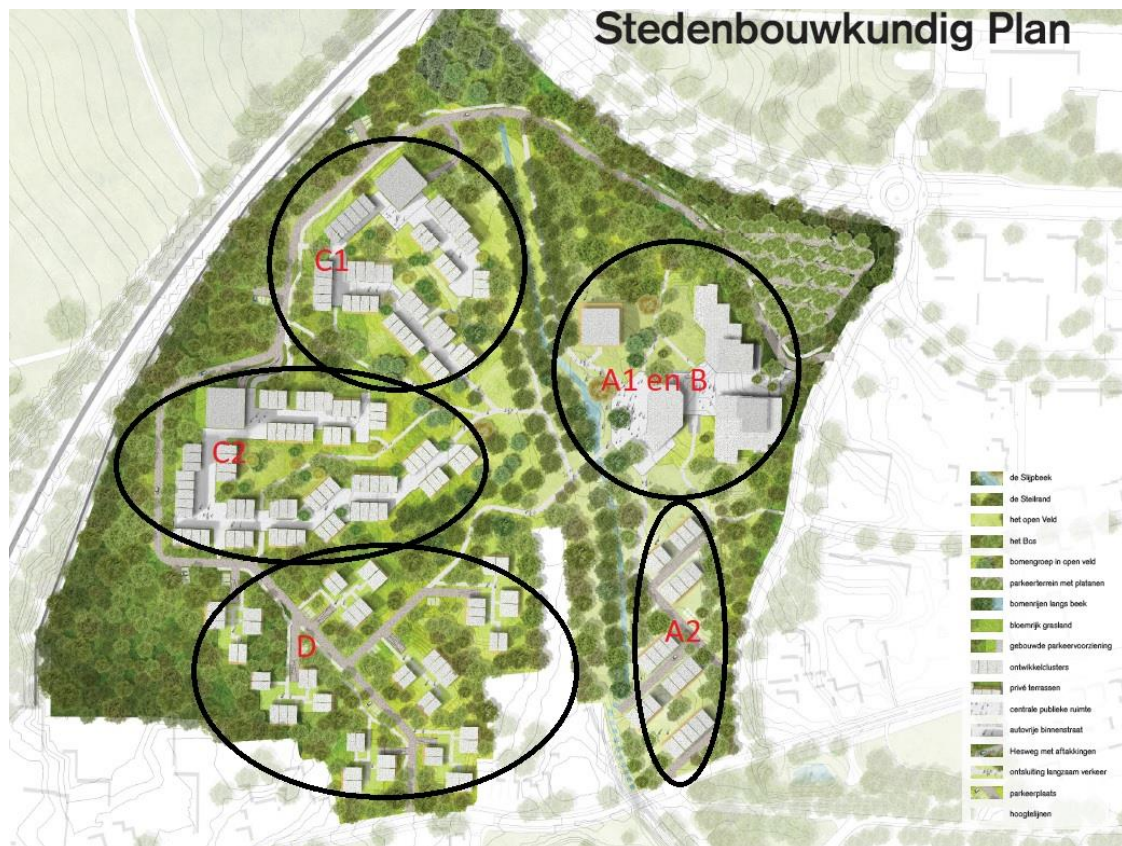
De verticale maximale trillingssnelheid  $V_{max}$  bedraagt ter hoogte van meetpunt 1 maximaal 0,6. De trillingen in het horizontale vlak zijn getalsmatig hoger tot circa 2,4 en hebben voornamelijk frequenties hoger dan 35 Hz relevante waarden. De frequentie in verticale richting is overwegend < 10 Hz en > 35 Hz. Hiermee zijn de verticale trillingen maatgevend voor de dimensionering van de gebouwen.

De meetwaarden in meetpunt 2 zijn relatief niet realistisch en opvallend hoog dit wordt toegeschreven aan het feit dat het meetpunt in een bos met een grote humuslaag kennelijk met de punt van de 60 cm meetpen niet of onvoldoende in een bodemlaag heeft gestaan. Hiermee zijn deze meetwaardes niet representatief voor de fundatie van bouwkundige objecten. Hiermee worden de meetwaarden van Meetpunt 2 als niet bruikbaar en niet maatgevend gekwalificeerd voor de schatting van de trillingssterkte in de bouwkundige objecten.



## 5 Beschouwing trillingen in de woningen

In afbeelding 5 is een stedenbouwkundig plan met de bouwvelden weergegeven.



Afbeelding 5: weergave stedenbouwkundig plan.

Bouwveld A1 en A2 in het Arnhems deel van het plan valt buiten de 100 m zone waarvoor een onderzoeksverplichting voor het aspect trillingen geldt. Bouwveld C1 en C2 in het Renkumse deel van het plan is het maatgevende deel van het plan wat binnen de 100 m zone waarvoor een onderzoeksverplichting voor het aspect trillingen geldt. In beide bouwvelden is een object van 4 bouwlagen en een object van 8 bouwlagen beschouwd. De overige objecten in het plan zijn als minder maatgevend voor het aspect trillingen beschouwd.

Een deel van de objecten in het plan zijn voorzien van een parkeerkelder. Deze parkeerkelder ligt gedeeltelijk onder het maaiveld. Dit heeft een positief effect op het aspect trillingen. Omdat dit niet geldt voor alle trillingsgevoelige objecten is dit in de beschouwingen van een viertal maatgevende objecten niet meegenomen.

In tabel 6 zijn de maten wat betreft hoogtes en afstanden weergegeven.

Tabel 6: te beschouwen maatgevende objecten.

Woning	Plandeel	Hoogte [m]	Aantal verdiepingen	Afstand tot spoor [m]
1	C1	26	8	54
2	C1	13	4	51
3	C2	26	8	51
4	C2	13	4	57

Er is nog geen specifiek gebouwontwerp beschikbaar. Aangenomen wordt dat de vloeren bestaan uit een breedplaatvloer met hoogte  $H=300$  mm en een overspanning van circa 6 m.

Op basis van de publicatie “Gedrag van constructies en funderingen” is de overdrachtsverhouding  $H_{vf}$  tussen trillingen op het maaiveld en de trillingen op de fundering voor hoobouw genomen. Op basis van het stedenbouwkundig plan zijn alle eerstelijns bebouwing vanuit het perspectief van het spoor hoger dan 20 m.

De eigenfrequentie  $f_e$  van een massief betonnen vloer met overspanning L bedraagt:  
 $f_e = 130/L$  De vergrotingsfactor  $H_{vf}$  van een vloerveld bedraagt:

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

$\zeta$  bedraagt 0,047 voor massieve betonvloeren.

### Afstands afname trillingen

Op grotere afstand van het spoor nemen de trillingen in het maaiveld af ten opzichte van 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;
- $\alpha$  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 oppervlaktgolven (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  $\alpha$  is op basis van een worst case aanname 0,01 [-] gekozen.

De metingen zijn op punten aan de westzijde van het geprojecteerde gebouw verricht. De onderstaande beschouwing is gebaseerd op de worst case afstand per plandeel,

**Tabel 7: schatting trillingen vloervelden trillingsgevoelige objecten.**

Bouwvlek en aantal bouwlagen	trillings richting	Excitatie frequentie	Overdracht fundering en stijfheid gebouw	Fundering	Eigen frequentie vloer	Opslinger factor vloer	Vloer worst case prognose *	Toets waarde nieuw Vmax [dag avond nacht]	Toets waarde bestaand Vmax [dag avond nacht]	Toetsing
		fe [Hz]	Hxf [--]	Vmax [--]	fn [Hz]	Hvl [--]	Vmax [--]	woningen	woningen	
C1 8	vertikaal	<10 en >35	0,55	0,19	21,7	2,86	0,19	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
C1 8	horizontaal	>35	0	0,00			0,00	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
C1 4	vertikaal	<10 en >35	1	0,37	21,7	2,86	0,37	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet niet / voldoet
C1 4	horizontaal	>35	0	0,00			0,00	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
C2 8	vertikaal	<10 en >35	0,55	0,21	21,7	2,86	0,21	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
C2 8	horizontaal	>35	0	0,00			0,00	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
C2 4	vertikaal	<10 en >35	1	0,33	21,7	2,86	0,33	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet niet / voldoet
C2 4	horizontaal	>35	0	0,00			0,00	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet

- De excitatiefrequentie ligt ver van de eigenfrequentie er vindt geen versterking plaats.

In tabel 7 is op basis van de maaiveldmetingen en de aannames met de analytische formules een schatting gegeven van de maximaal te verwachten trillingssterkte  $V_{max}$  in de vloervelden van de woningen.

#### *Maximale trillingssterkte*

De schatting van maximale trillingssterkte  $V_{max}$  in de trillingsgevoelige objecten (woonfunctie en zorgfunctie) ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting aan de streefwaarden A1 voor woonfunctie in een nieuwe dan wel bestaande situatie in de nachtperiode. De appartementenobjecten van 26,5 m hoogte voldoen aan normstelling voor een nieuwe situatie. De woningen van 13,5 m hoogte voldoen niet aan de normstelling voor een nieuwe situatie maar voldoen wel aan de normstelling voor een bestaande situatie. Hiermee wordt voldaan aan de beoordelingssystematiek van de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen voldaan.

De voelbaarheidsgrens voor mensen ligt bij een trillingssterkte  $V_{max}$  van circa 0,1 [--]. De schattingen van de trillingssterkte  $V_{max}$  in de objecten liggen tussen 0,2 en 0,4. Hiermee zijn de passages in de bouwkundige objecten duidelijk waarneembaar voor mensen. De schattingen zijn dusdanig dat de objecten met een hoogte kleiner dan 26.5 m in hinderclassificatie “weinig hinder.”, de objecten met een hoogte kleiner dan 13,5 m in hinderclassificatie “matige hinder” vallen.

#### *Gemiddelde trillingssterkte*

Op basis van de schatting van maximale trillingssterkte  $V_{max}$  en de aantallen passages is de verwachting dat de gemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$  in dag-, avond- en nachtperiode in de woningen voldoen aan de streefwaarden voor een woonfunctie en een zorgfunctie.

#### *Advies*

Op basis van de maaiveldmetingen, aannames en schattingen is geen aanvullende mitigatie nodig. Het exacte gebouwontwerp is echter nog onbekend. Om te waarborgen dat het gebouwontwerp ook daadwerkelijk voldoet aan de beoordelingssystematiek stellen we voor om de volgende tekst op te nemen in de planregels van het bestemmingsplan.

*“Binnen 100 m van het spoor wordt middels een rapportage voor alle definitieve gebouwontwerpen een berekening overlegd die aantoont dat voldaan wordt aan de beoordelingssystematiek in de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen 2019 en de SBR B-richtlijn “hinder voor personen in gebouwen”.*



## 6 Samenvattende conclusie

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

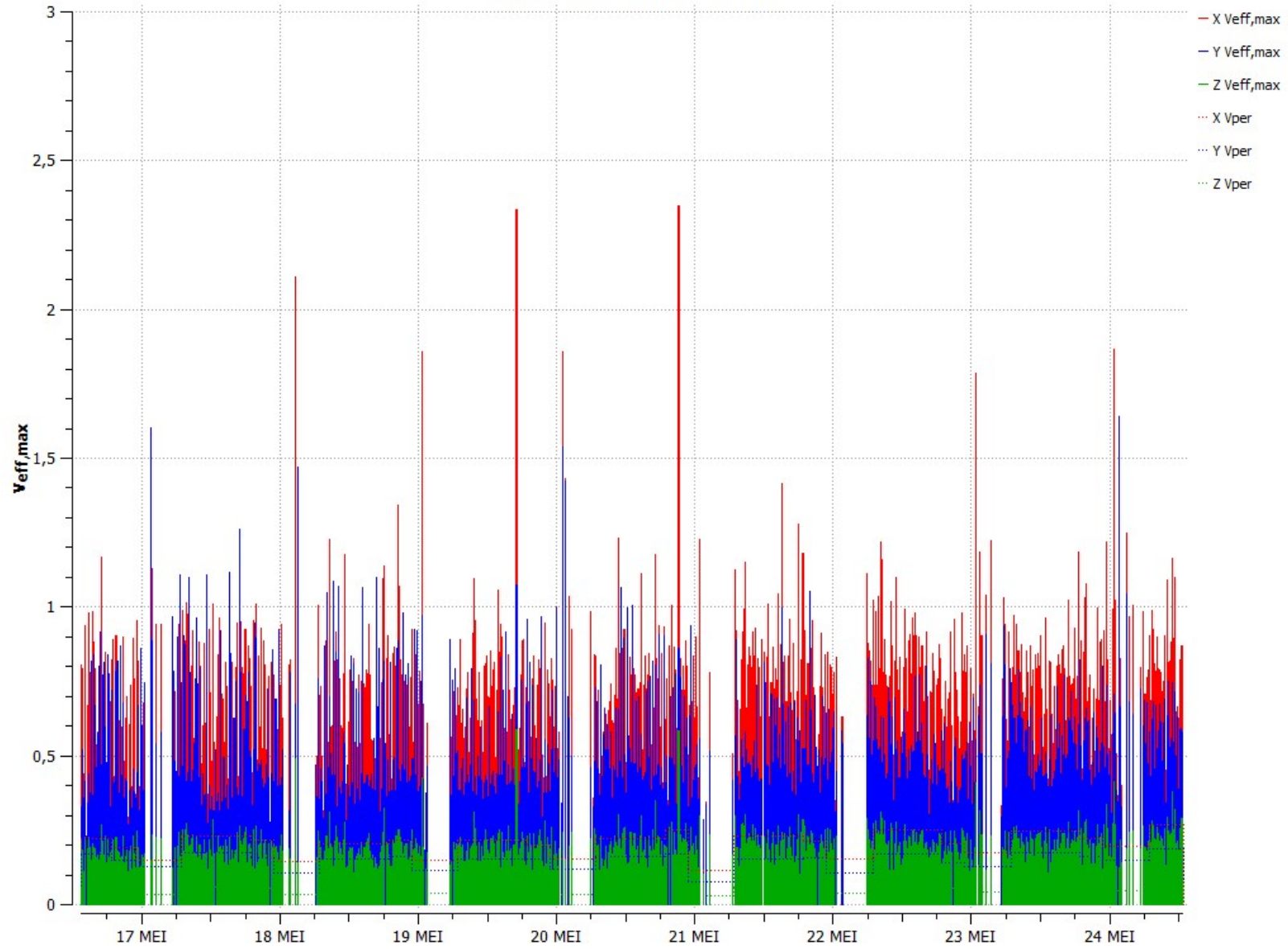
- De maximale trillingssterkte  $V_{max}$  in de woningen ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting aan de streefwaarde voor de nachtperiode A2 voor woonfunctie in een nieuwe situatie dan wel een bestaande situatie;
- Op basis van de meetwaarde van de gemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$ , is de verwachting dat de gemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$  in dag-, avond- en nachtperiode in de woningen voldoet aan de streefwaarde voor woonfunctie en zorgfunctie in een nieuwe danwel een bestaande situatie;
- De voelbaarheidsgrens voor mensen ligt bij een trillingssterkte  $V_{max}$  van circa 0,1 [--]. De schattingen van de trillingssterkte  $V_{max}$  in de objecten liggen tussen 0,2 en 0,4. Hiermee zijn de passages in de objecten duidelijk waarneembaar voor mensen. De schattingen zijn dusdanig dat de objecten met een hoogte kleiner dan 26,5 m in hinderclassificatie “weinig hinder.”, de objecten met een hoogte kleiner dan 13,5 m in hinderclassificatie “matige hinder” vallen.
- Hiermee voldoen de woningen op basis van het stedenbouwkundig ontwerp en de aannames voor de vloeren in het ontwerp naar verwachting aan de beoordelingssystematiek voor het aspect trillingen. Er zijn naar verwachting geen aanvullende mitigerende maatregelen nodig ten opzichte van het beschouwde. Hiermee is helder dat er een ontwerp mogelijk is dat voldoet aan de beoordelingssystematiek voor het aspect trillingen. Hiermee is aangetoond dat er een ontwerp mogelijk is, zodat de trillingsgevoelige objecten in het bestemmingsplan ruimtelijk zorgvuldig zijn gescheiden van de bestemming spoor;
- Het gebouwoontwerp is nog onbekend en het bestemmingsplan is flexibel ingericht. Om te waarborgen dat het gebouwoontwerp ook daadwerkelijk voldoet aan de beoordelingssystematiek stellen we voor om de volgende tekst op te nemen in de planregels van het bestemmingsplan: *“Binnen 100 m van het spoor wordt middels een rapportage voor alle definitieve gebouwontwerpen een berekening overlegd die aantoont dat voldaan wordt aan de beoordelingssystematiek in de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen 2019 en de SBR B-richtlijn “hinder voor personen in gebouwen”.*

## Bijlage 1: Weergave trillingsmetingen

**Bijlage 2: Weergave schatting trillingssterkte Vmax**

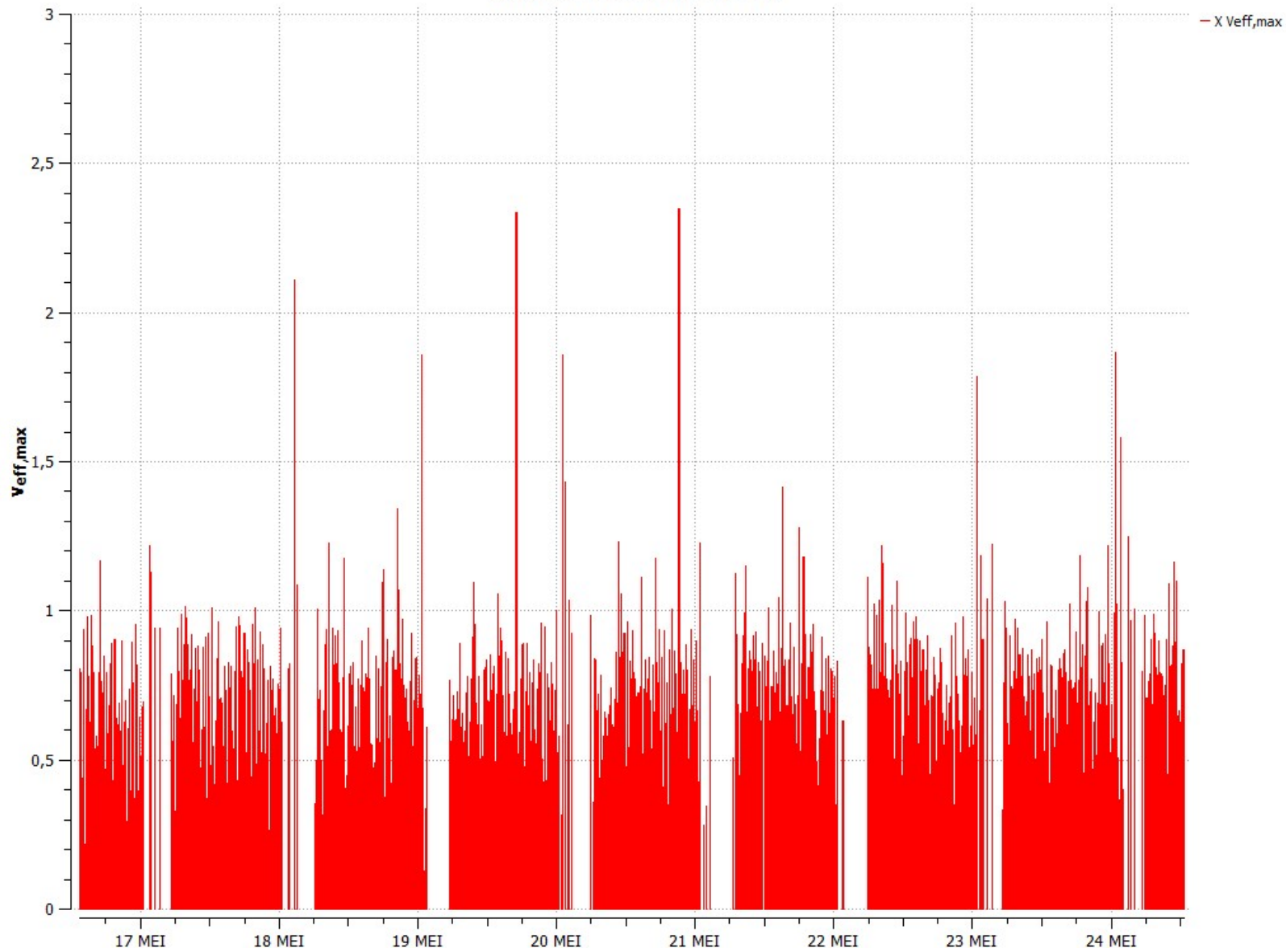


# VIB02170 1 2023-05-16

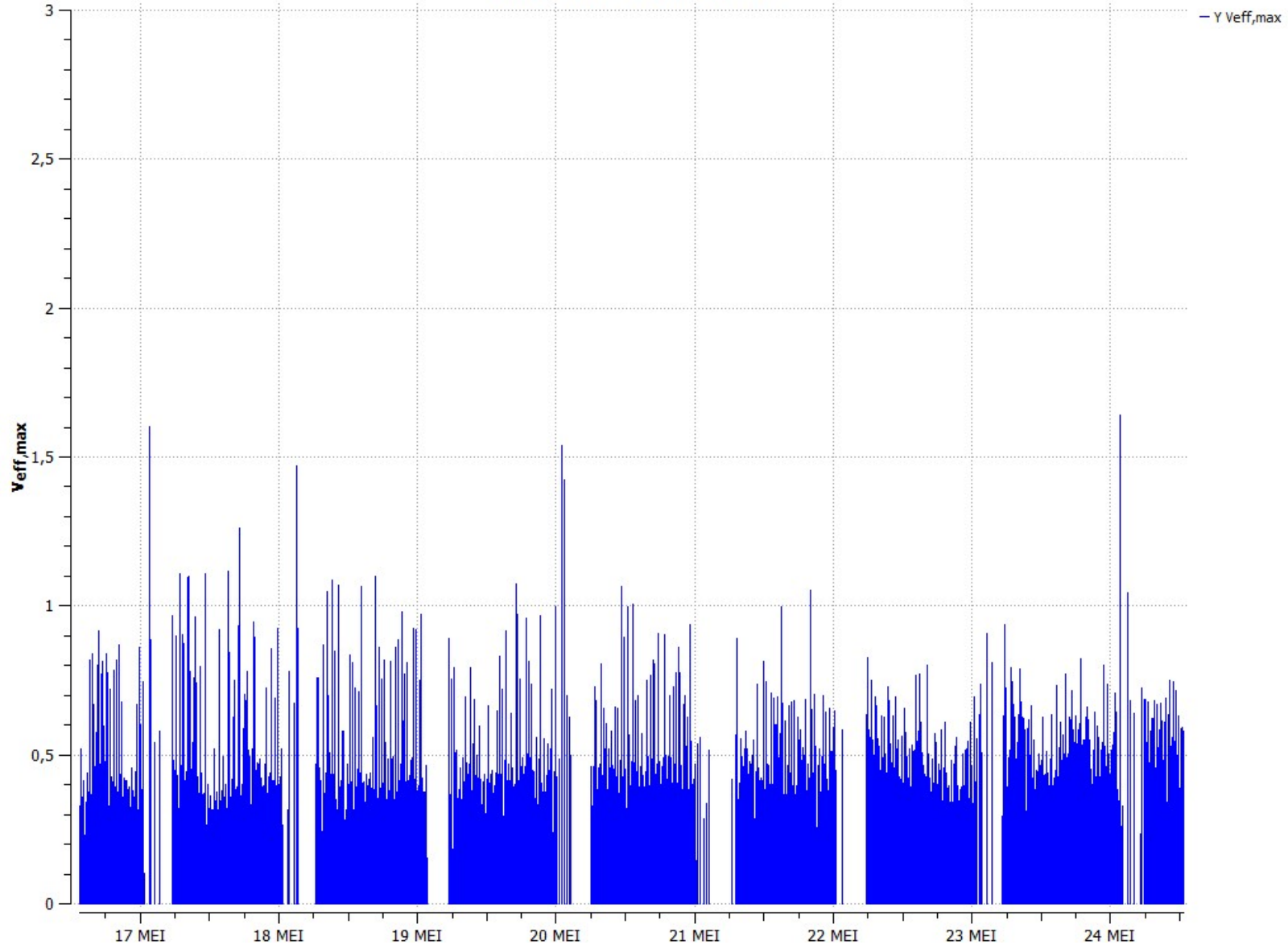




# VIB02170 1 2023-05-16



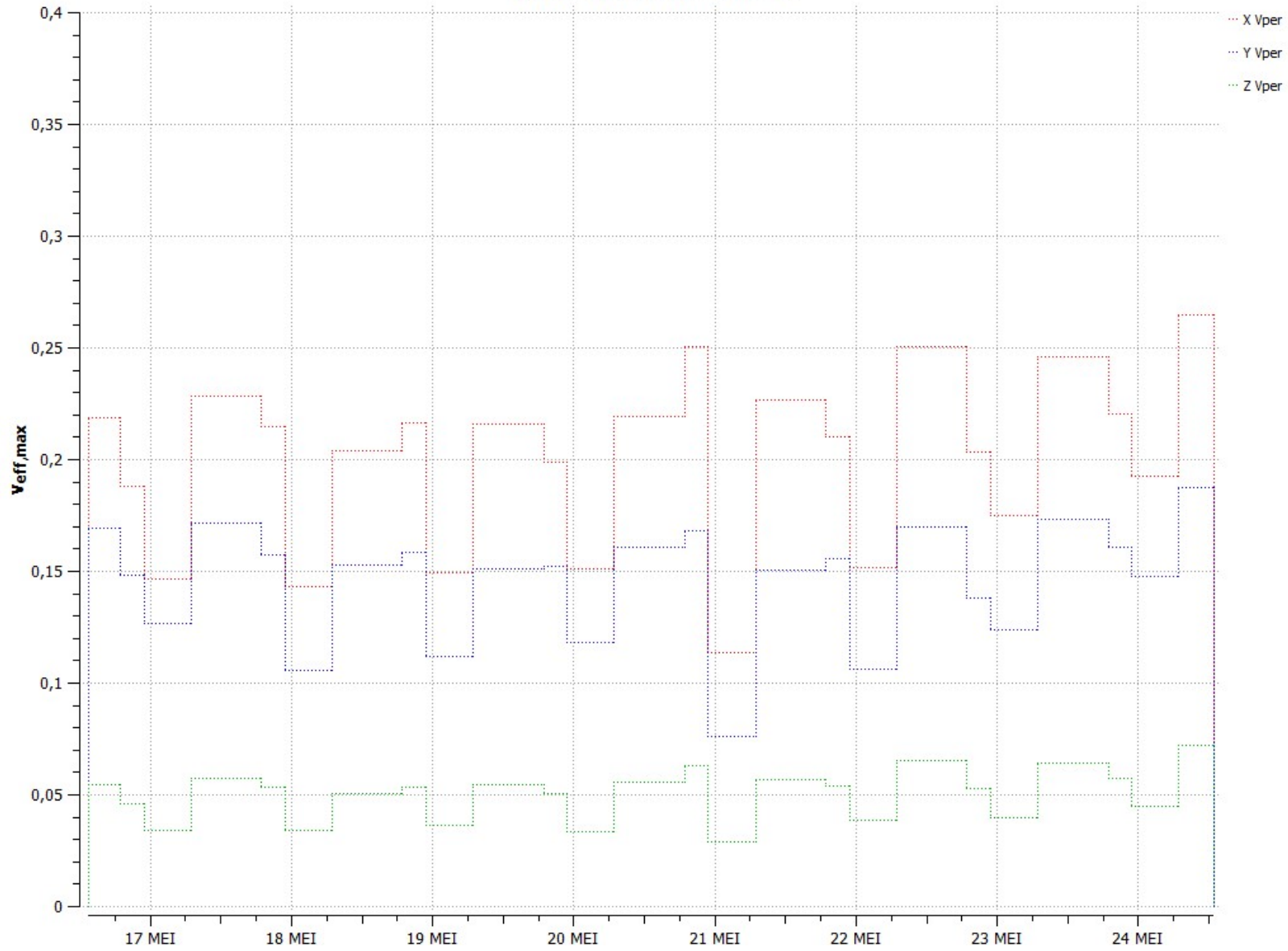
# VIB02170 1 2023-05-16



# VIB02170 1 2023-05-16

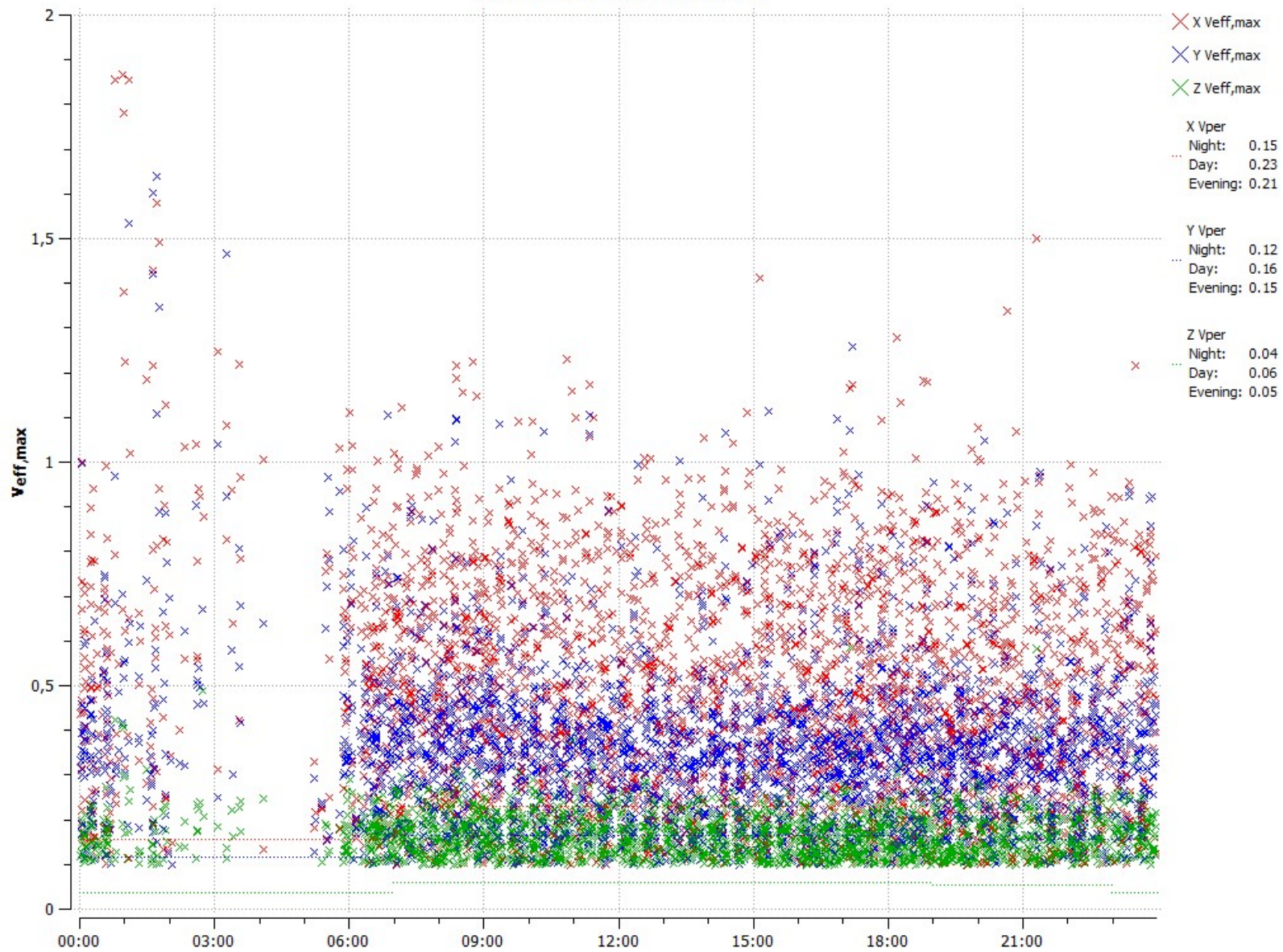


# VIB02170 1 2023-05-16



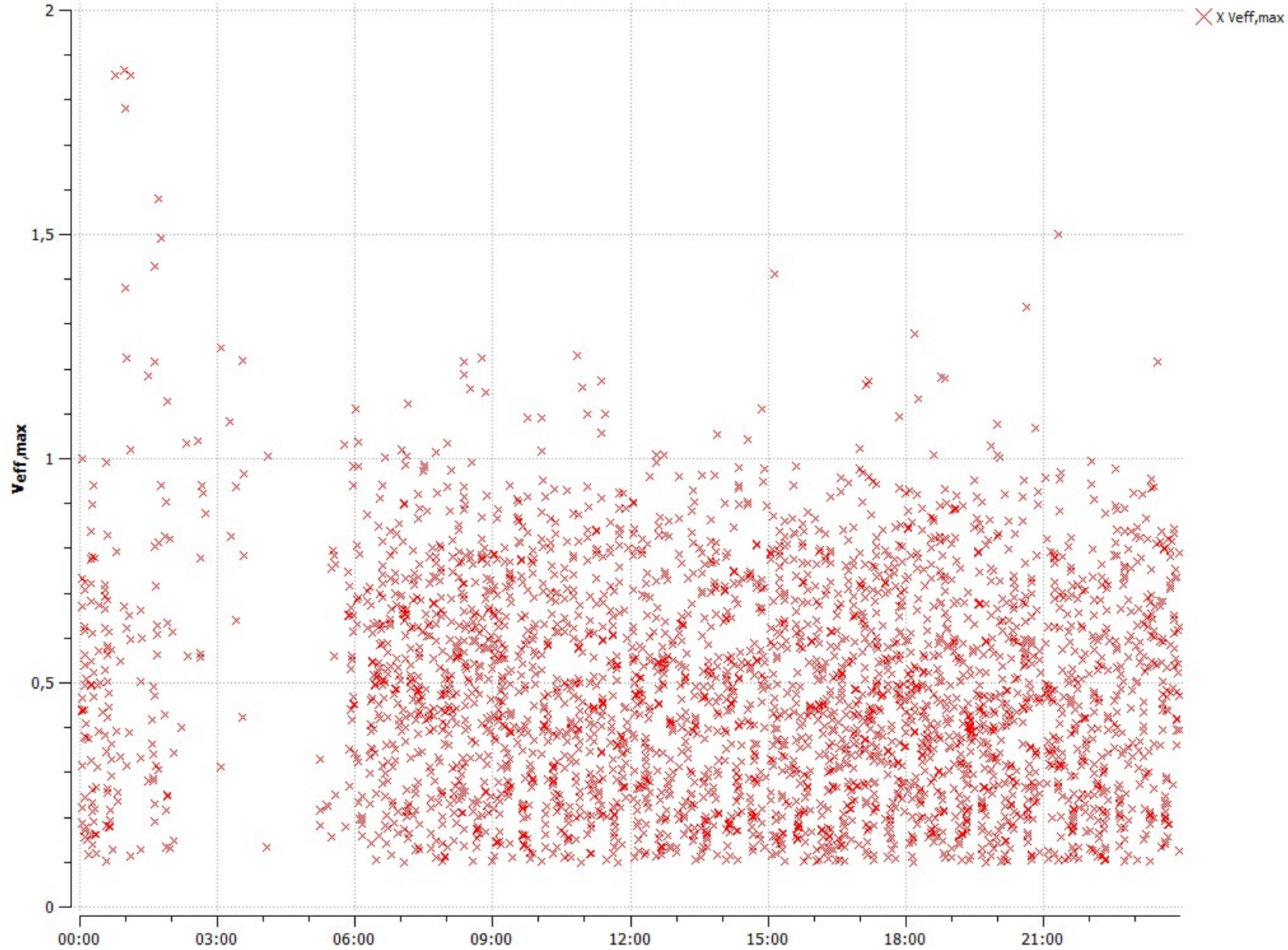


# VIB02170 1 2023-05-16

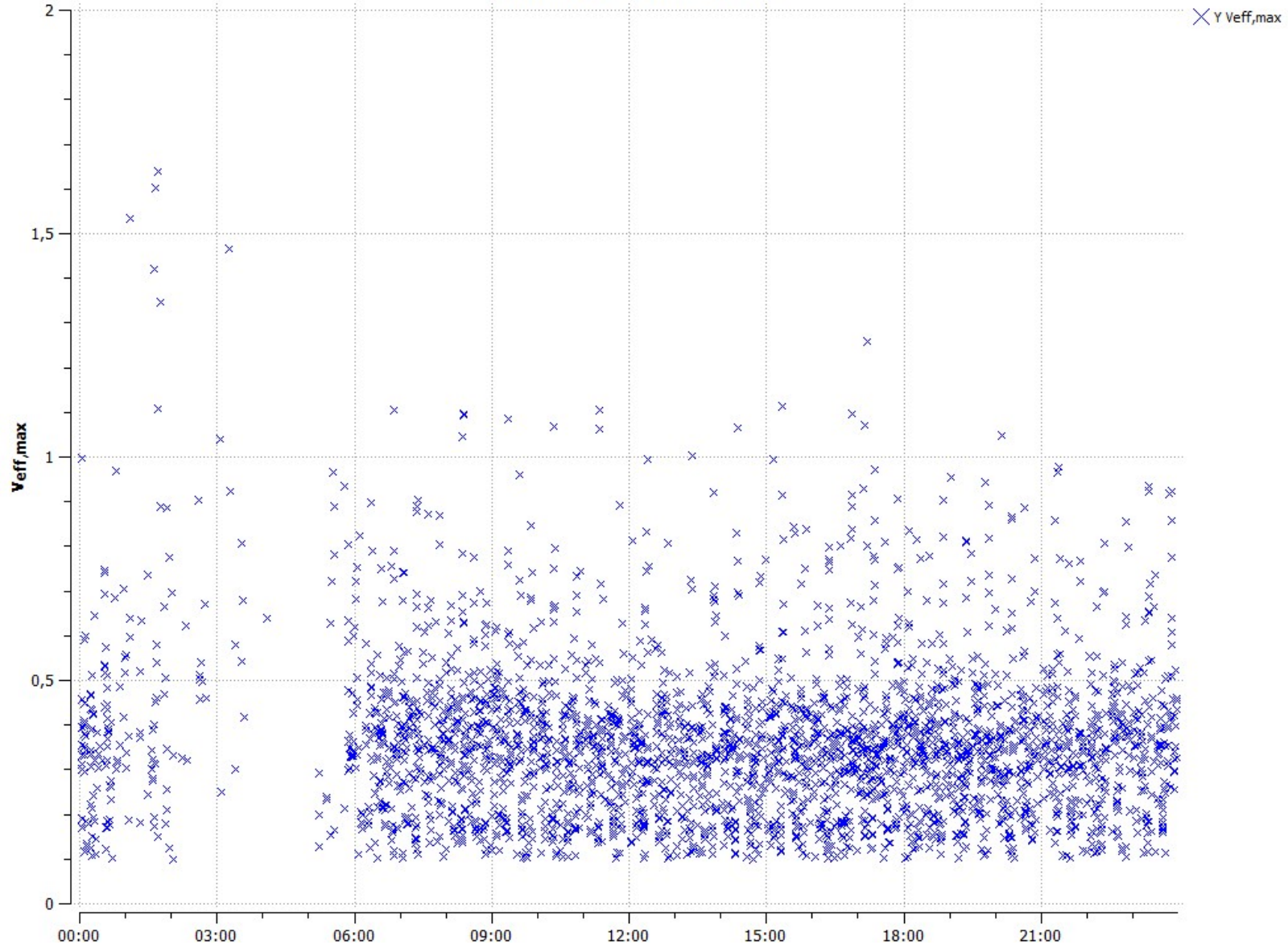




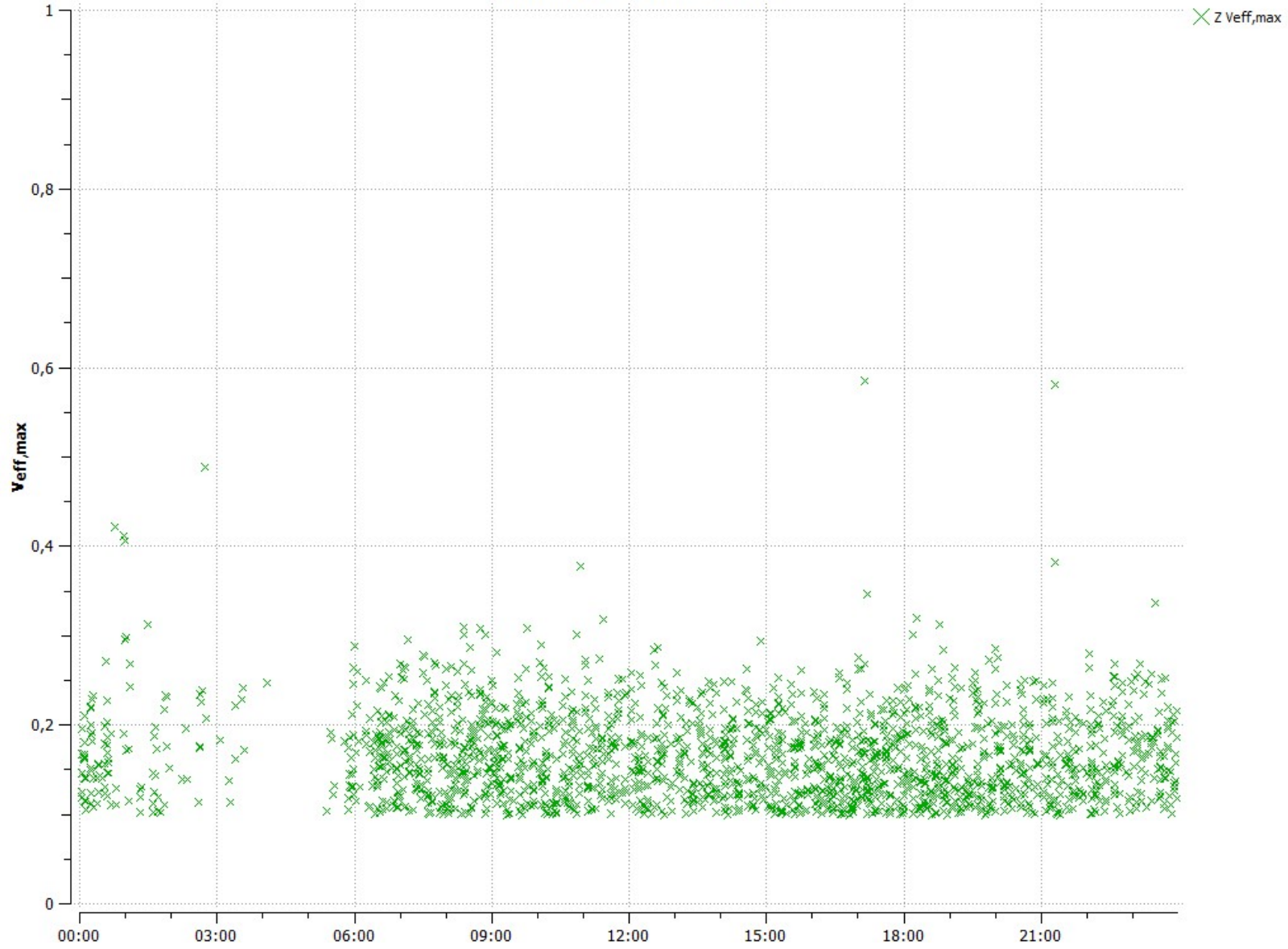
# VIB02170 1 2023-05-16



# VIB02170 1 2023-05-16

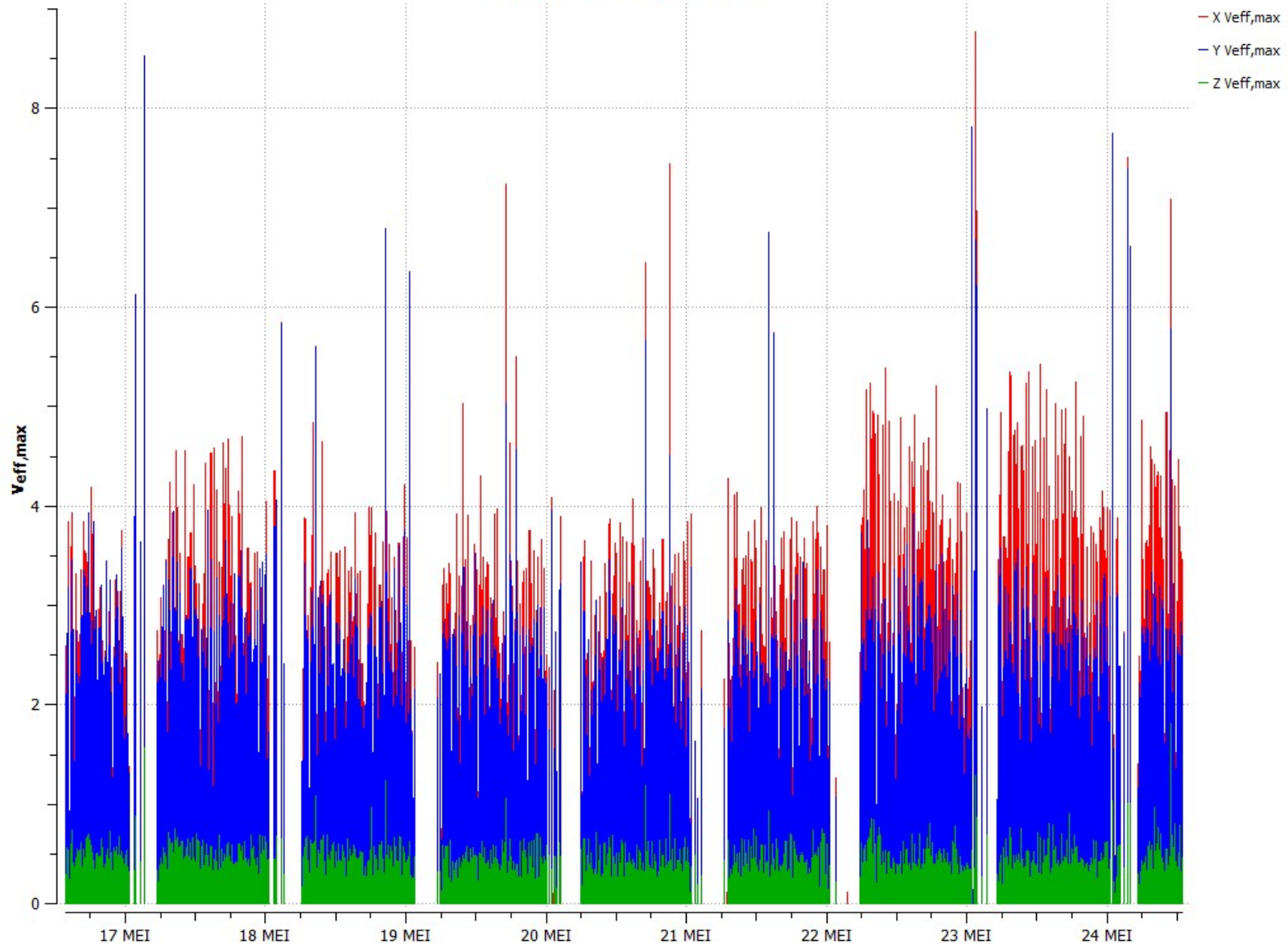


# VIB02170 1 2023-05-16

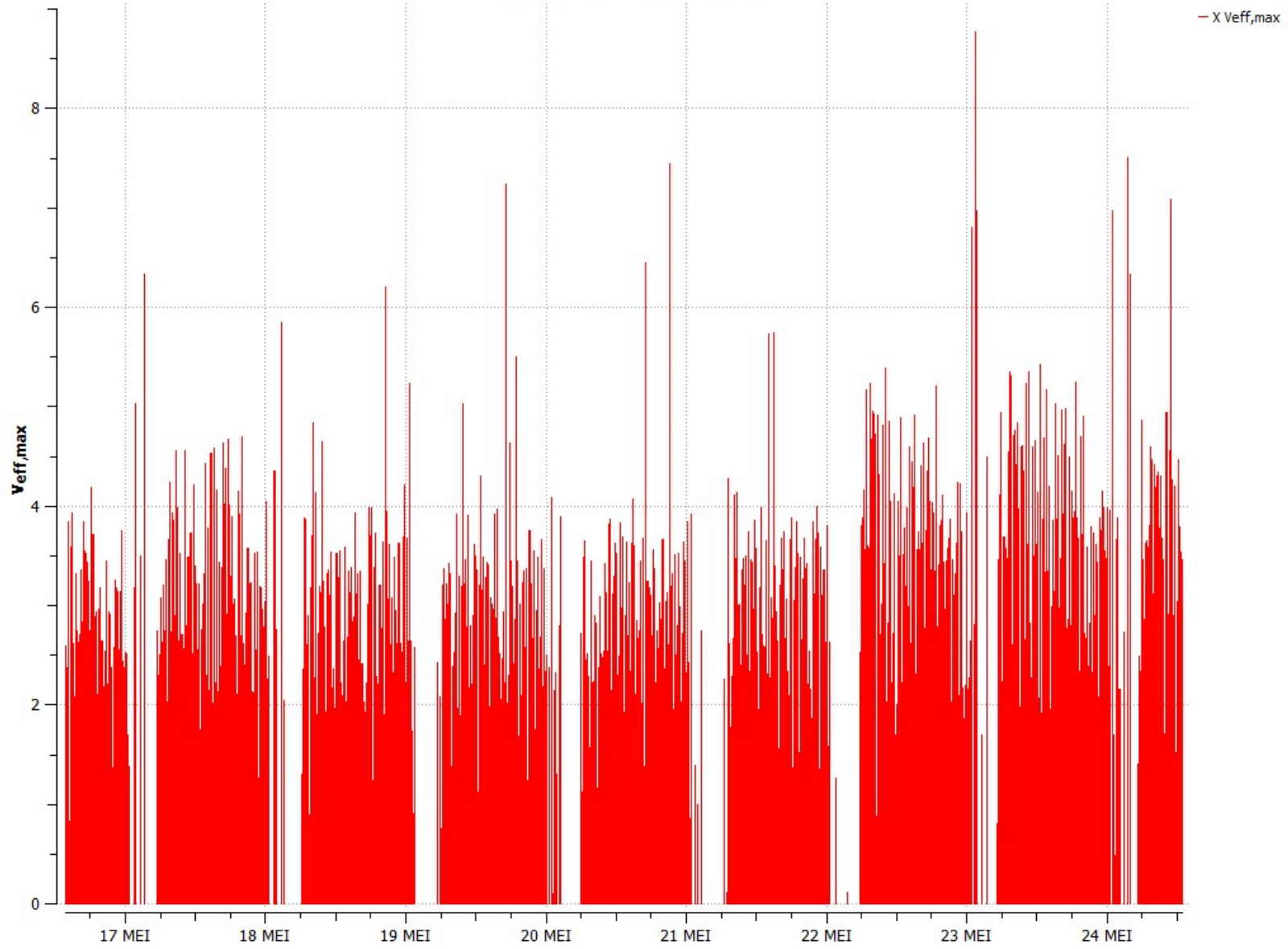




VIB02096 2 2023-05-16

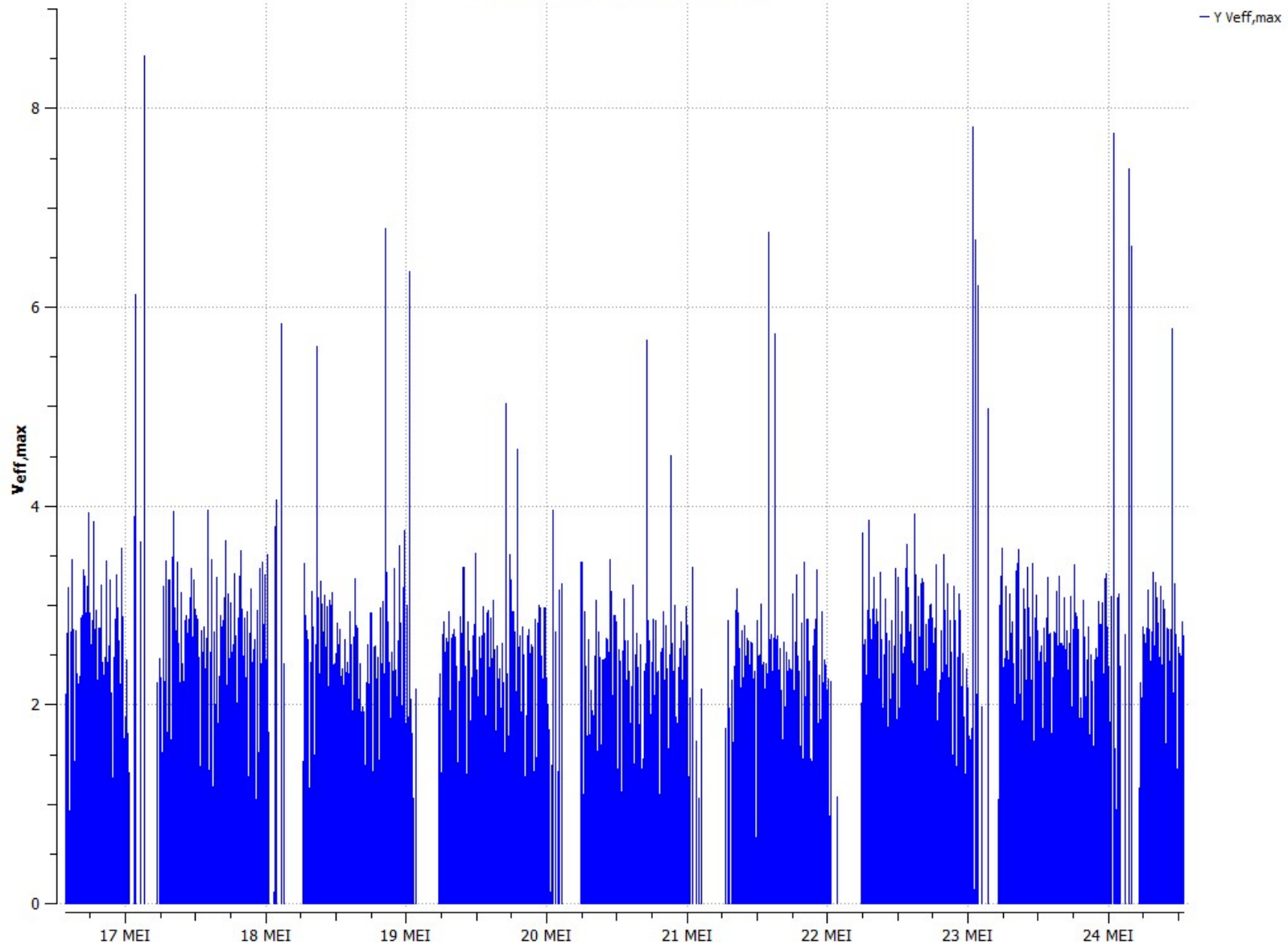


VIB02096 2 2023-05-16

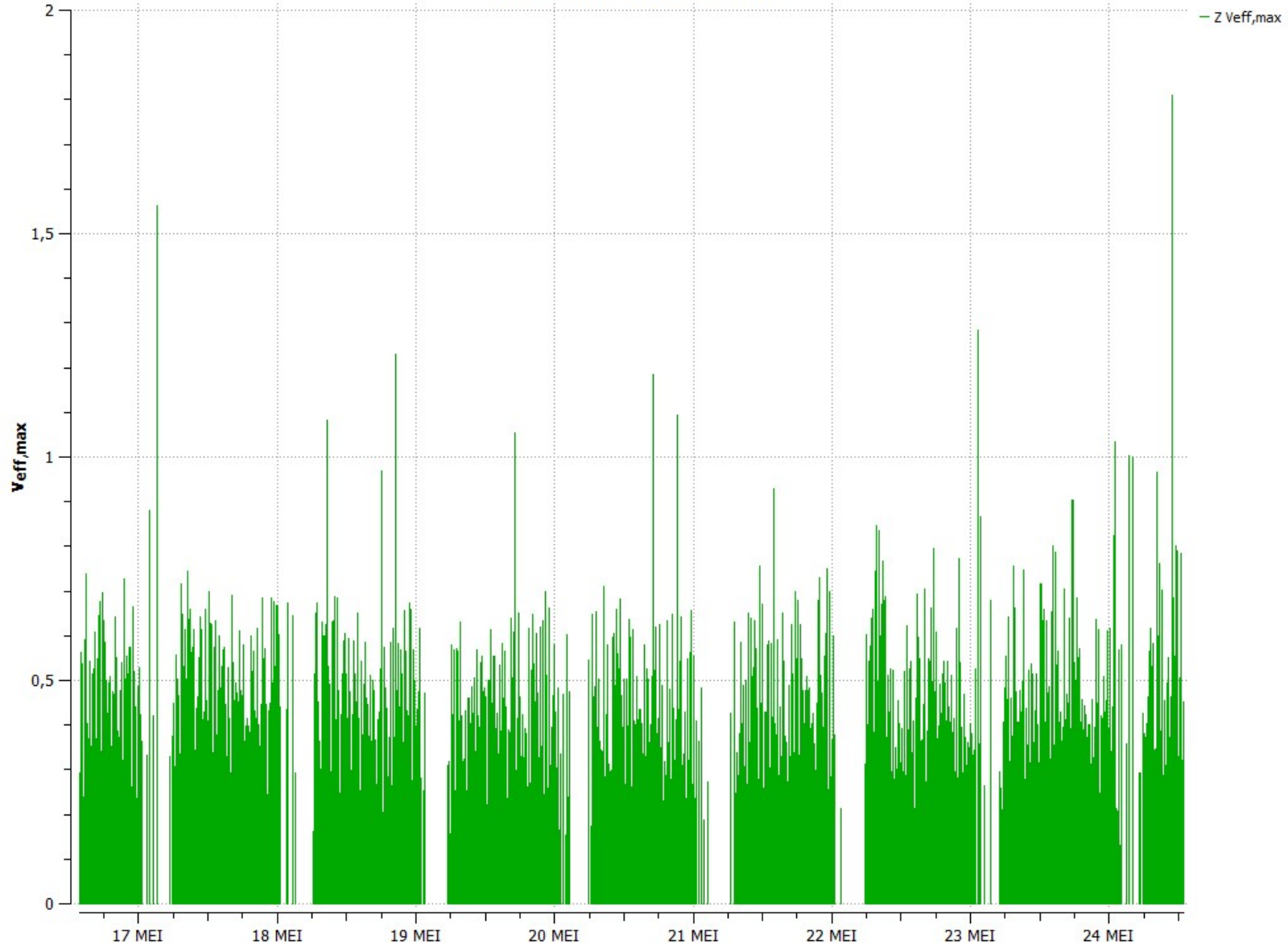




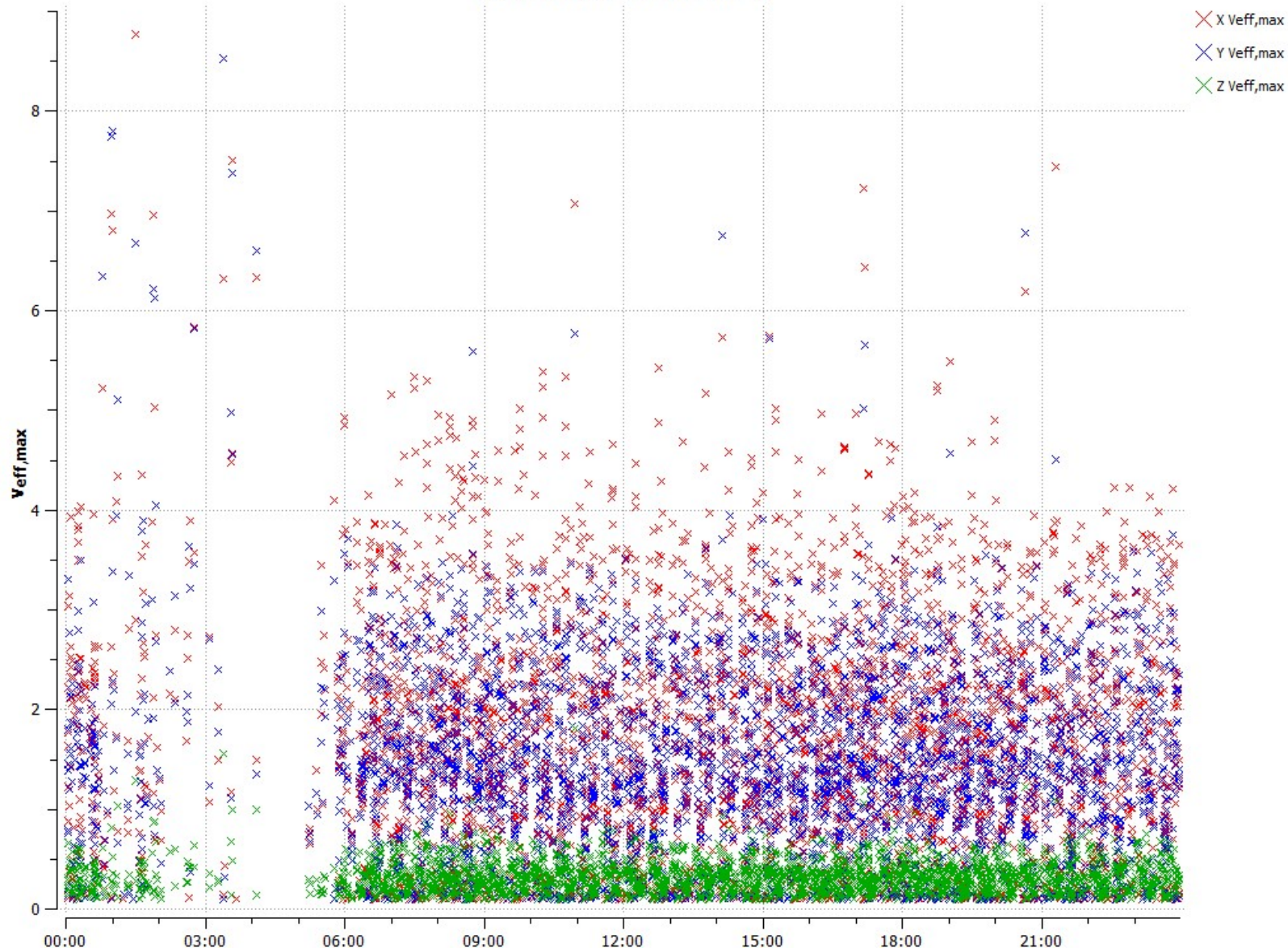
# VIB02096 2 2023-05-16



# VIB02096 2 2023-05-16

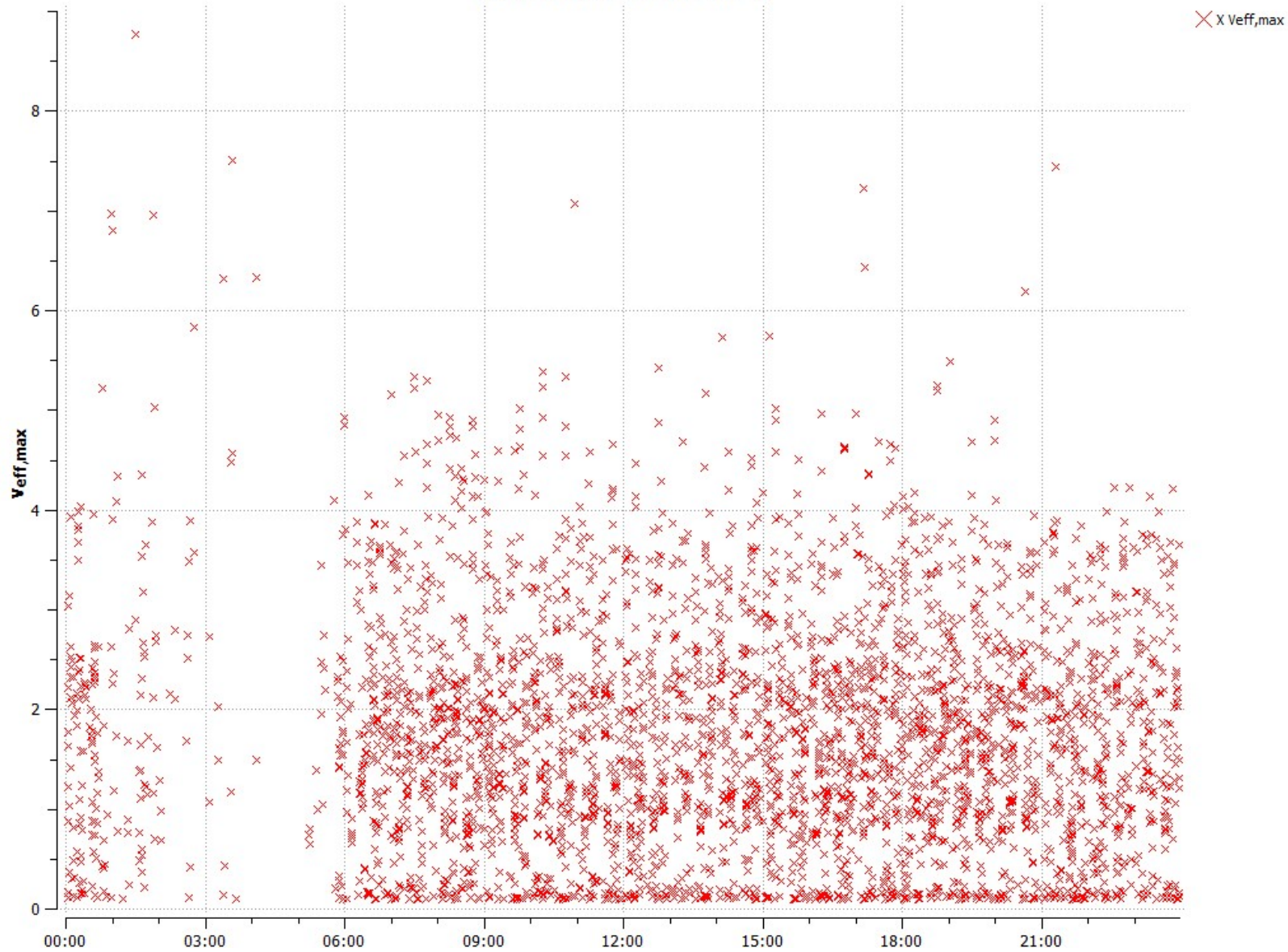


# VIB02096 2 2023-05-16

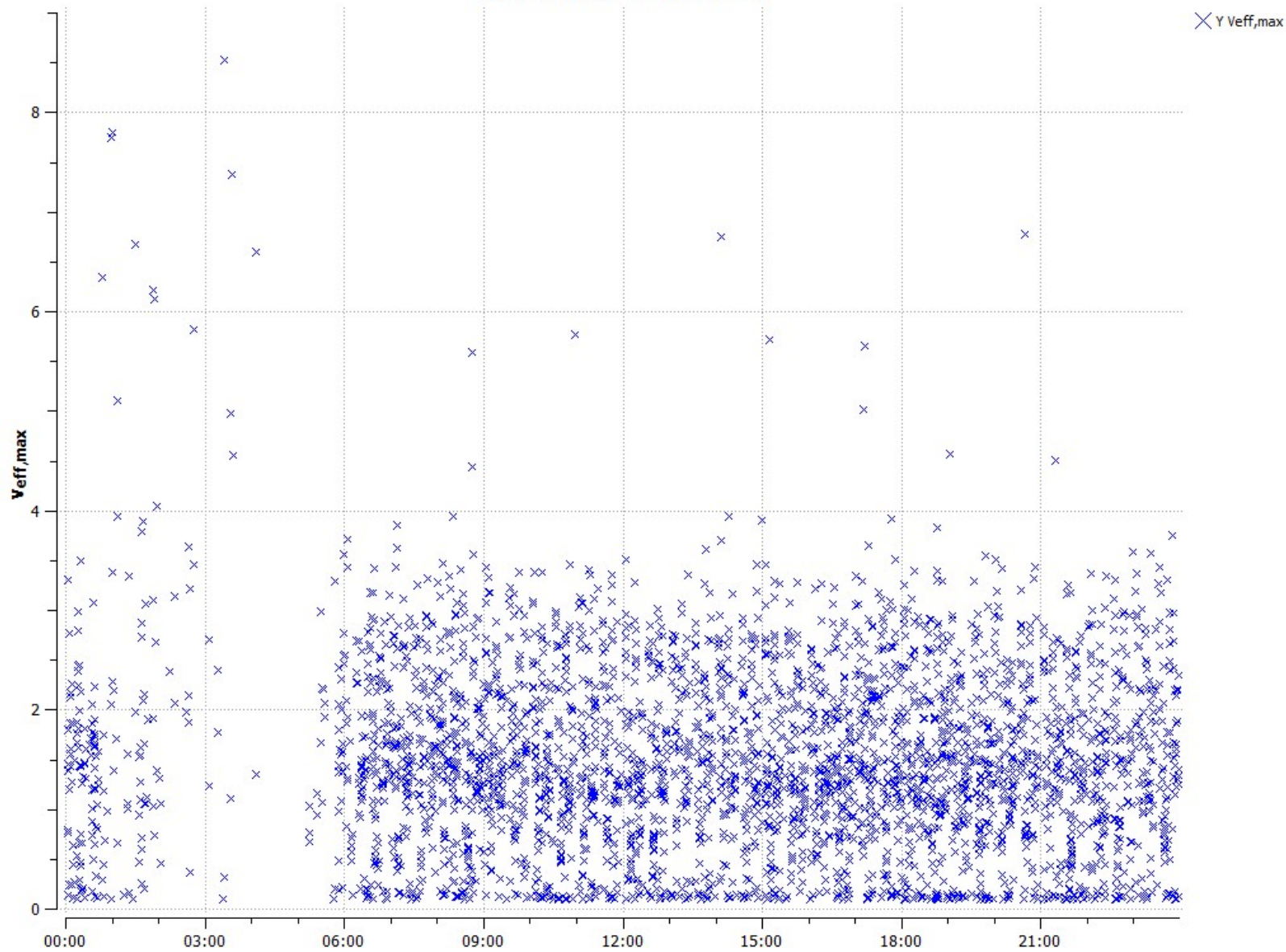




# VIB02096 2 2023-05-16

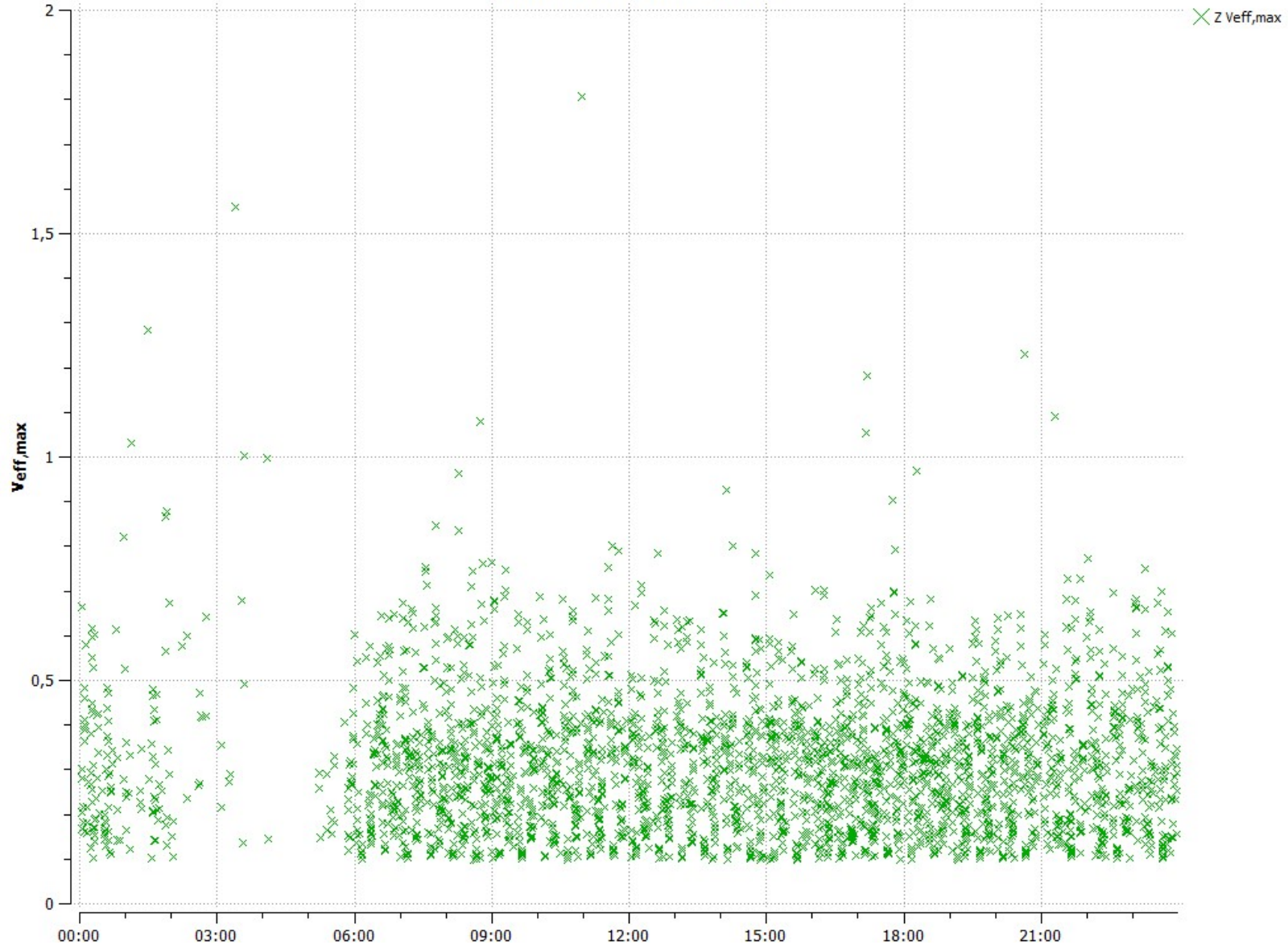


# VIB02096 2 2023-05-16

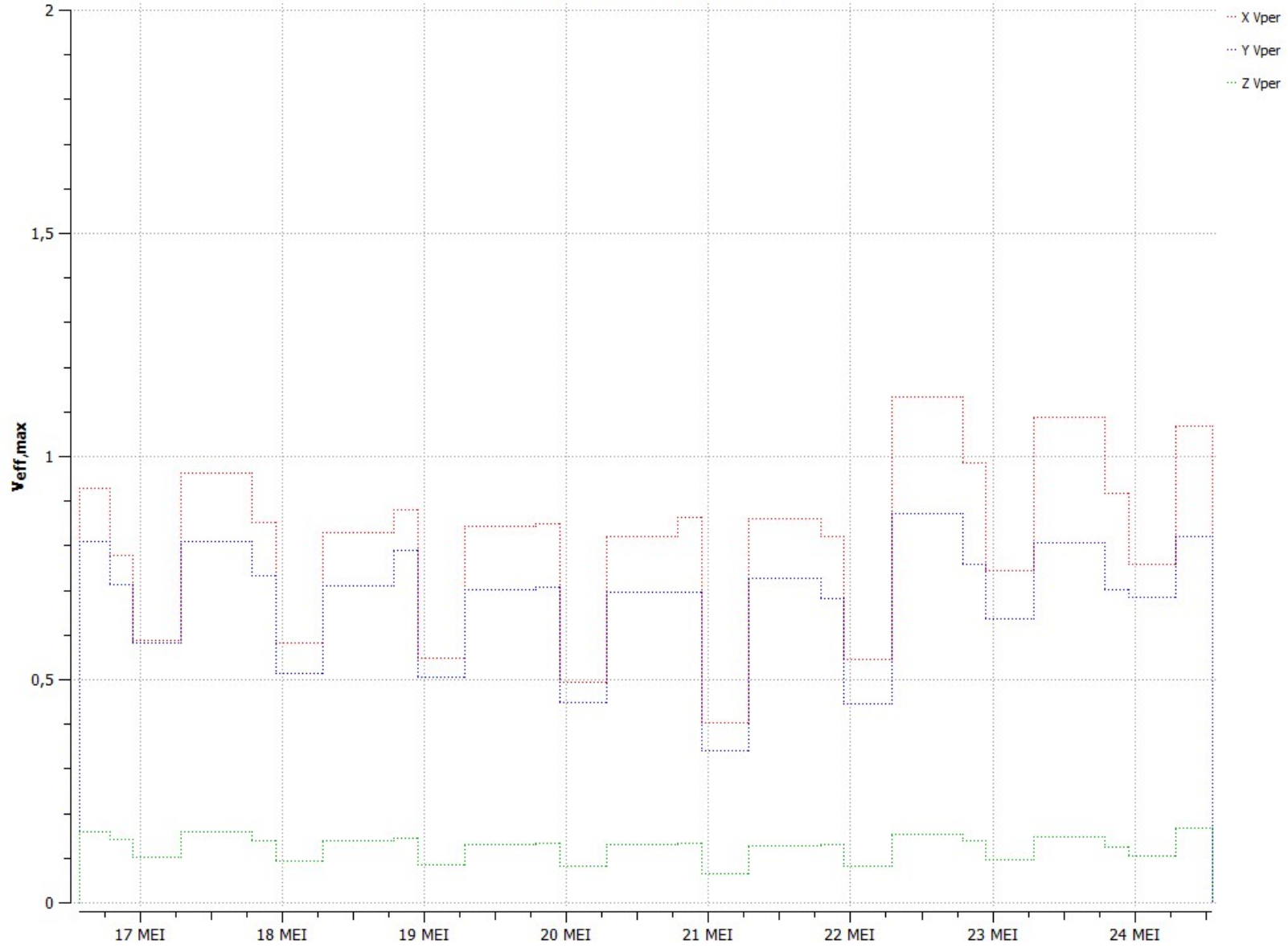




# VIB02096 2 2023-05-16

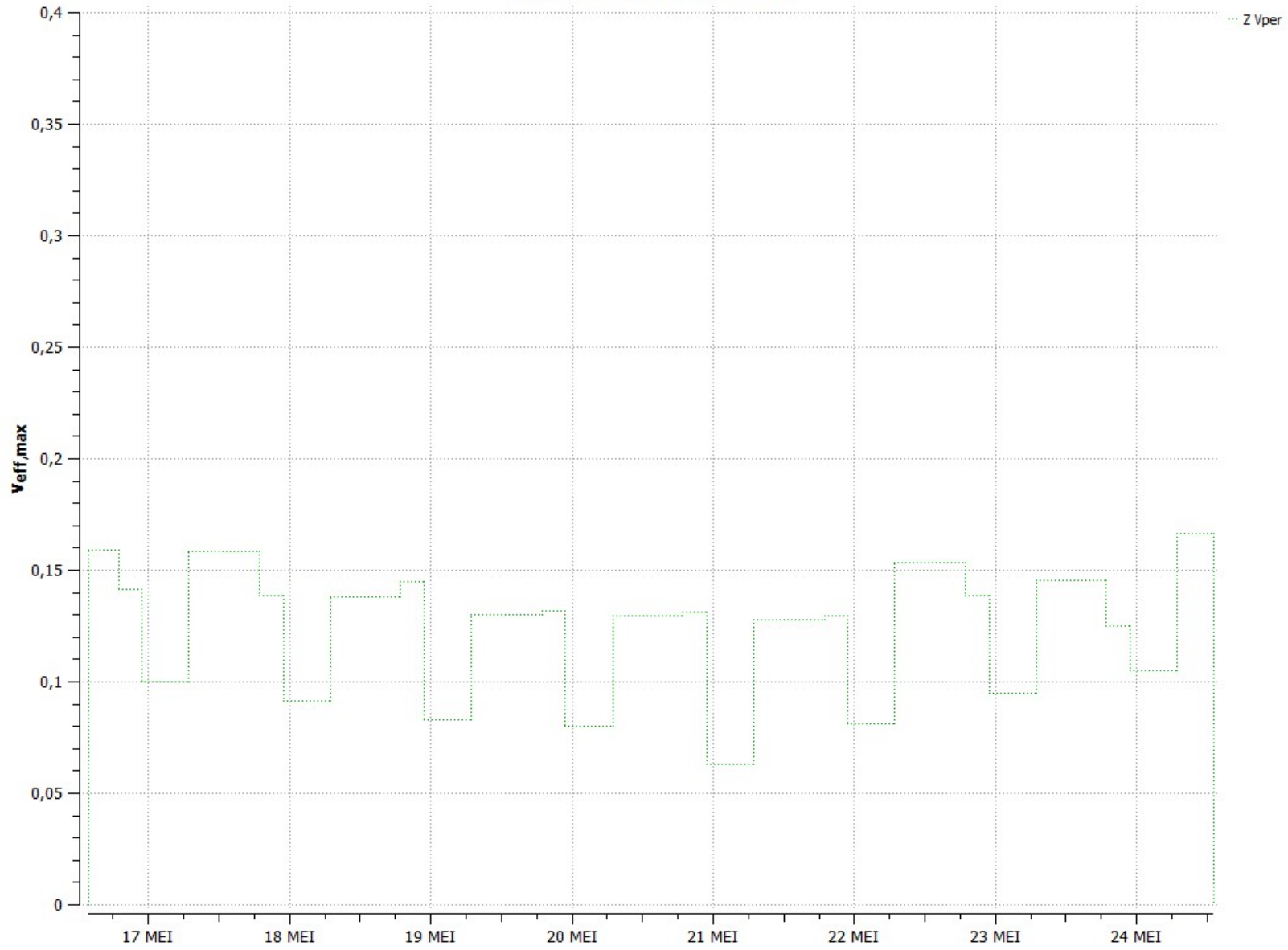


# VIB02096 2 2023-05-16





# VIB02096 2 2023-05-16



plandeel	deel			gebouw	trillings	bodem	maaiveld	trillingssnelheid	excitatie	overdracht		worst case	eigen	opslingerfactor	worst case	toetswaarde Vmax	toetswaarde Vmax	
naam		afstand r tot dichtstbij zijnde hart spoor [m]	aantal bouwlagen	hoogte [m]	richting	demping [-]	30 m	Vmax r maaiveld	frequentie [Hz]	Hxf [-]	Vmax [-]	L [m]	fn [Hz]	Hvl [-]	Vmax [-]	nieuwe situatie [dag avond nacht]	bestaande situatie [dag avond nacht]	toetsing
C1	appartementen	54	8	26,5	vertikaal	0,01	0,6	0,352	<10	0,55	0,19	6	21,7	2,86	0,19	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
		54	8	26,5	horizontaal	0,01	2,4	1,408	>40	0	0,00				0,00	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
C1	woningen	51	4	13,5	vertikaal	0,01	0,6	0,373	<10	1	0,37	6	21,7	2,86	0,37	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet niet / voldoet
		51	4	13,5	horizontaal	0,01	2,4	1,493	>40	0	0,00				0,00	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
C2	appartementen	51	8	26,5	vertikaal	0,01	0,6	0,373	<10	0,55	0,21	6	21,7	2,86	0,21	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
		51	8	26,5	horizontaal	0,01	2,4	1,493	>40	0	0,00				0,00	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet
C2	woningen	57	4	13,5	vertikaal	0,01	0,6	0,333	<10	1	0,33	6	21,7	2,86	0,33	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet niet / voldoet
		57	4	13,5	horizontaal	0,01	2,4	1,330	>40	0	0,00				0,00	0,4 / 0,4 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	voldoet / voldoet