

Woningen in bestemmingsplan Vosholen fase II deelplan 2

Onderzoek naar trillingshinder vanwege
railverkeer



Rapport T4

Hoogezand 06-04-2023

Opgesteld door



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
2.	Wijze van beoordeling.....	4
2.1	Algemeen	4
2.2	SBR B.....	4
2.3	Beleidsregel trillingshinder spoor.....	5
3.	Trillingsmetingen en -berekeningen.....	6
3.1	Trillingsmetingen Stadshart Hoogezand	6
3.2	Berekeningen	6
3.3	Beschouwing maatregelen	8
4.	Conclusie.....	9

Bijlage 1 Stadshartonderzoek

1. Inleiding

In opdracht van team Ruimtelijke Ontwikkeling is ten behoeve van het bestemmingsplan Vosholen fase II (deelplan 2) onderzoek uitgevoerd naar de invloed van trillingen ten gevolge van railverkeer op 142 nieuwe woningen.

Het noordelijke deel van het plangebied ligt nabij de spoorlijn Groningen – Bad Nieuweschan. In het kader van goede ruimtelijke ordening is de invloed van trillingen op het plangebied onderzocht. Figuur 1 toont het onderzoeksgebied.

Figuur 1: Onderzoeksgebied (bron BügelHajema Adviseurs)



2. Wijze van beoordeling

2.1 Algemeen

Voor trillingen gelden in Nederland geen wettelijke grenswaarden. Op grond van de Wet Ruimtelijke Ordening (WRO) moet goede ruimtelijke ordening worden bedreven door trillingsbronnen en trillingsgevoelige bestemmingen te scheiden. Voor de kwantitatieve beoordeling wordt gebruik gemaakt van de in jurisprudentie geaccepteerde SBR richtlijnen.

Hier zijn te onderscheiden de SBR A richtlijn: “schade aan gebouwen” (SBR A), de SBR B richtlijn “hinder voor personen in gebouwen” (SBR B) en de SBR C richtlijn “Storing aan apparatuur” (SBR C). Uit ervaring blijkt dat voor woningen bij trillingen langs infrastructuur hinder voor personen altijd eerder optreedt dan schade aan gebouwen. SBR A wordt hier derhalve verder buiten beschouwing gelaten. Storing aan apparatuur kan alleen optreden bij gespecialiseerde onderzoeksinstellingen die hier niet worden voorzien waarmee SBR C eveneens buiten beschouwing wordt gelaten.

2.2 SBR B

Trillingen kunnen in principe hinderlijk zijn zodra deze waarneembaar zijn. In sommige gevallen treedt echter pas hinder op wanneer de trillingen bepaalde bezigheden verstoren of hinderen. Hierbij kan gewenning een rol spelen. Dit maakt dat er geen scherpe grenswaarde voor trillingshinder kan worden gesteld. SBR B hanteert om die reden geen grens- maar streefwaarden. Als de trillingssterkte onder deze streefwaarden blijft, mag verwacht worden dat er in de meeste situaties geen hinder zal optreden.

Bij trillingen door railverkeer neemt de kans op een hogere trillingssterkte toe met de meetduur. Bij voorkeur wordt daarom een week gemeten. Bij een kortere meetduur kan de worst case situatie als maatgevend worden gehanteerd.

SBR B maakt bij de beoordeling onderscheid tussen continue trillingen, herhaald voorkomende trillingen en kortdurende trillingen. Bij de hier beschouwde trillingen ten gevolge van spoorlijnen is sprake van herhaald voorkomende trillingen die worden gedefinieerd als: *kortdurende trilling door weg- of railverkeer met een repeterend karakter*. De te hanteren streefwaarden voor gevoelige ruimtes in woningen zijn tevens afhankelijk van de periode van het etmaal en van de status van de woning. Voor nieuwe situaties gelden strengere streefwaarden omdat daarbij het ontwerp en de uitvoering nog beïnvloedbaar zijn. Tabel 1 toont de geldende streefwaarden.

Tabel 1: Streefwaarden volgens SBR B voor de functie wonen

Situatie	A1 (dag/avond/nacht)	A2 (dag/avond/nacht)	A3 (dag/avond/nacht)
Nieuw	0,1 / 0,1 / 0,1	0,4 / 0,4 / 0,2	0,05 / 0,05 / 0,05
Bestaand	0,2 / 0,2 / 0,2	0,8 / 0,8 / 0,4	0,1 / 0,1 / 0,1

Als de bepaalde maximale trillingssterkte ($V_{\max}$) kleiner is dan A1, wordt voldaan aan SBR B. Ook indien de bepaalde maximale trillingssterkte ($V_{\max}$) kleiner is dan A2 en tevens de (gemiddelde)

trillingssterkte in de beoordelingsperiode (V_{per}) kleiner is dan A3, wordt voldaan aan SBR B. Opgemerkt wordt dat V_{max} en V_{per} beide dimensieloos zijn.

Gezien het feit dat de streefwaarden in de nacht het strengst zijn en de dienstregeling voorziet in spoorgebruik in de nacht, richt de toetsing zich hier op de maatgevende nacht.

Indien niet aan de streefwaarden wordt voldaan, moet een afweging worden gemaakt of de situatie wel of niet acceptabel wordt geacht. Bijlage 5 van SBR B classificeert de hinder hierbij zoals te zien in tabel 2.

Tabel 2: Hinderkwalificatie volgens SBR B

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.

2.3 Beleidsregel trillingshinder spoor

Voor spoorse Tracébesluiten geldt de Beleidsregel Trillingshinder Spoor (BTS). Deze kent een met SBR B vergelijkbaar beschermingsniveau met dien verstande dat er een drempel geldt voor wijzigingen. Met deze drempel wordt voorkomen dat onbelangrijke wijzigingen aan het spoor leiden tot het treffen van inefficiënte maatregelen.

De BTS is rijksbeleid voor Tracébesluiten. Gemeenten kunnen bij wijzigingen aan het spoor, zoals de aanleg van een spoortunnel, dit rijksbeleid eveneens hanteren. Voor ruimtelijke procedures binnen het invloedsgebied van het spoor in de Bts niet van toepassing.

3. Trillingsmetingen en -berekeningen

3.1 Trillingsmetingen Stadshart Hoogezand

Ten behoeve van het bestemmingsplan Stadshart Tussenhof vastgesteld op 4 juli 2019 heeft de gemeente Midden-Groningen trillingsonderzoek laten uitvoeren door ingenieursburo Royal HaskoningDHV. Dit onderzoek is vastgelegd in de Notitie/Memo "Quickscan aspect trillingen voor Centrumplan Hoogezand Veld 2" met kenmerk BG4523-100-100/N001/F01 gedateerd op 6 mei 2019. Dit onderzoek wordt hier verder aangeduid als het Stadshartonderzoek en is opgenomen als bijlage 1.

De trillingsmetingen en -berekeningen uit het Stadshartonderzoek worden hier toepasbaar geacht aangezien beide onderzoeksgebieden grote overeenkomsten vertonen. De onderzoeksgebieden liggen slechts 2 kilometer uit elkaar waardoor de voor trillingsoverdracht bepalende ondergrond gelijk is. Beide onderzoeksgebieden liggen bovendien langs dezelfde spoorlijn met dezelfde transporten en de bovenbouw, bestaande uit dubbel doorgelast spoor op ballastbed, is identiek.

Ter plaatse van het Stadshart hebben stoppende passagierstreinen volgens het geluidregister spoor afhankelijk van de richting, snelheden van 85 of 89 kilometer per uur. Goederentreinen hebben ter plaatse snelheden van 90 kilometer per uur. Ter hoogte van het hier beschouwde plangebied hebben stoppende passagierstreinen volgens het geluidregister afhankelijk van de rijrichting snelheden van 81 of 52 kilometer per uur. Goederentreinen hebben ook hier snelheden van 90 kilometer per uur. Hiermee is de situatie ter hoogte van het Stadshart worst case voor de situatie ter hoogte van het hier beschouwde onderzoeksgebied.

In het Stadshartonderzoek zijn de metingen op MP1 op 28 meter uit het hart van het spoor als het meest representatief beschouwd en verder gehanteerd.

3.2 Berekeningen

Trillingshinder in gebouwen wordt ervaren door personen die zich binnen direct of indirect op de vloer bevinden. De gemeten trillingen op het meetpunt in het veld moeten derhalve worden omgerekend naar een trillende vloer op de werkelijke afstand tot de trillingsbron voordat ze aan SBR B getoetst kunnen worden.

Voor het bepalen van de trillingsoverdracht door de bodem wordt gebruik gemaakt van de formule van Barkan:

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

Waarbij:

V_R	=	trillingssnelheid op afstand R van de bron (m/s)
V_{R0}	=	trillingssnelheid op afstand R_0 van de bron (m/s)
R	=	afstand tussen immissiepunt en bron (m)
R_0	=	afstand tussen meetpunt en bron (m)
α	=	materiaaldemping van de bodem (1/m)
n	=	constante (-) voor oppervlaktegolven

α en n zijn afhankelijk van de situatie. In het Stadshartonderzoek is $n = 0,5$ en $\alpha = 0,001$ aangehouden en gemotiveerd. Voor de overdracht tussen bodem en fundatie heeft RHDHV een overdrachtsverhouding van 0,7 gehanteerd en voor de overdracht tussen fundatie en vloer (opslingerfactor) worst case een factor 3. Hier worden dezelfde trillingsmetingen en overdrachtsfactoren gehanteerd waardoor uitsluitend alleen het effect van trillingsoverdracht voor hier relevante afstanden hoeft te worden berekend met de Barkanformule.

De eerstelijnsbebouwing ligt op 50 meter uit het hart van het spoor. Op deze afstand wordt $V_{\max} = 0,5$ berekend. Overeenkomstig het Stadshartonderzoek liggen de $V_{\max} = 0,4$ en $V_{\max} = 0,2$ contouren op respectievelijk 70 en 210 meter uit het hart van het spoor. De $V_{\max} = 0,1$ contour ligt op 500 meter uit het hart van het spoor.

Een projectie van de berekende $V_{\max}$ trillingscontouren op het hier beschouwde plangebied wordt getoond in figuur 2.

Figuur 2: $V_{\max}$ trillingscontouren in plangebied



Om te voldoen aan SBR B moet zowel aan streefwaarde A2 als A3 worden voldaan. Streefwaarde A3 heeft betrekking op V_{per} , de gemiddelde trillingssterkte. Toetsing aan streefwaarde A3 vormt bij spoortrillingen in het noorden van Nederland geen probleem vanwege het beperkte aantal trillingsrelevante treinpassages (in tegenstelling tot trillingen ten gevolge van motorvoertuigen op wegen).

In het deel van het plangebied ten zuiden van de $V_{\max} = 0,2$ contour wordt voldaan aan de streefwwaarden van SBR B en is geen relevante trillingshinder te verwachten. In het noordelijke deel van het plangebied ligt $V_{\max}$ tussen 0,2 en 0,5. Op basis van de hinderkwalificatie van de SBR B richtlijn (zie tabel 2) zal in dit gebied sprake zijn van matige hinder, terwijl hier geen hinder of ernstige hinder wordt verwacht. De SBR B richtlijn geeft aan dat vanwege de verwachte matige hinder maatregelen moeten worden beschouwd.

3.3 Beschouwing maatregelen

Trillingsmaatregelen zijn te onderscheiden in bron-, overdrachts- en ontvangersmaatregelen.

Bronmaatregelen hebben betrekking op het spoor en de fundering daaronder. De beheerder van het spoor is geen belanghebbende bij dit bestemmingsplan waardoor bronmaatregelen niet uitvoerbaar zijn.

Overdrachtsmaatregelen kunnen bestaan uit het ontkoppelen van de ondergrond onder het spoor en de ondergrond onder het bestemmingsplan. Hierbij kan gedacht worden aan een diepe sleuf met trillingsdempend materiaal of een diepe watergang. Deze onderbreking moet om effectief te zijn, langer worden dan het raakvlak tussen het plangebied en de spoorlijn om flankerende trillingsoverdracht te voorkomen. Gezien de aanwezige tunnel onder het spoor grenzend aan de noordwesthoek van het plangebied, is dit hier niet mogelijk.

Ontvangersmaatregelen kunnen worden gevonden in het aanpassen van de fundering, het geveerd opstellen van woningen en/of het verstijven van vloeren. Het aanpassen van de fundering of het afveren van woningen is te zeer kostenverhogend dat dit het plan onuitvoerbaar maakt. Uit de metingen uit het Stadshartonderzoek blijkt dat de maatgevende trillingen horizontaal zijn terwijl het verstijven van vloeren juist de verticale trillingen vermindert.

4. Conclusie

In opdracht van team Ruimtelijke Ontwikkeling is ten behoeve van het bestemmingsplan Vosholen fase II (deelplan 2) onderzoek uitgevoerd naar de invloed van trillingen ten gevolge van railverkeer op 142 nieuwe woningen. Het noordelijke deel van het plangebied ligt nabij de spoorlijn Groningen – Bad Nieuweschans. In het kader van goede ruimtelijke ordening is de invloed van trillingen op het plangebied onderzocht.

De maximale trillingssnelheid $V_{\max}$ zal in de woningen in het plangebied variëren van 0,1 aan de zuidkant tot 0,5 aan de noordkant nabij het spoor.

In de zuidelijke helft van het plangebied wordt voldaan aan de streefwaarden van SBR B en is geen relevante trillingshinder te verwachten. In het noordelijke deel van het plangebied zal sprake zijn van matige hinder maar niet van hinder of ernstige hinder. Vanwege de verwachte matige hinder moeten maatregelen worden beschouwd.

Bronmaatregelen zijn niet uitvoerbaar. Overdrachtsmaatregelen zijn hier niet effectief. Ontvangersmaatregelen zijn onuitvoerbaar of niet effectief.

Met dit onderzoek en de gemaakte afwegingen is de beoordeling volgens SBR B doorlopen en is aangetoond dat de nieuwe woonbestemmingen in het plangebied zorgvuldig zijn gescheiden van het spoor.

Het is raadzaam om toekomstige bewoners te informeren dat in hun woningen matige trillingshinder wordt verwacht.

Bijlage 1

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aan: [REDACTED]
Van: [REDACTED]
Datum: 6 mei 2019
Kopie: [REDACTED]
Ons kenmerk: BG4523-100-100/N001/F01
Classificatie: Open

Onderwerp: Quickscan aspect trillingen voor Centrumplan Hoogezand veld 2

Bijlage 1 Weergave plan veld 2
Bijlage 2 Weergave gegevens woningen
Bijlage 3 Weergave trillingsmetingen MP1
Bijlage 4 Weergave trillingsmetingen MP2

Inleiding

Er is een trillingsonderzoek verricht voor het centrumplan Hoogezand veld 2 tussen de Kerkstraat en het Kioldiep. Het aspect trillingen is in de voorliggende memo beschreven.

Begrenzing plangebied

In het noorden wordt het plangebied begrensd door het spoor. In het westen en oosten wordt het plangebied begrensd door de Atlantakade en de Kerkstraat. In het zuiden wordt het plangebied begrensd door de Erasmusweg. Op afbeelding 1 is de locatie van het plangebied weergegeven en op afbeelding 2 de lay-out.

Afbeelding 1: 3D weergave plangebied



Afbeelding 2: lay-out veld 2



Toetsingskader

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 (grote opdrachtgevers van 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). Dientengevolge dienen voor het aspect trillingen, bestemmingen ruimtelijk zorgvuldig te worden gescheiden.

Naast het juridisch kader is de jurisprudentie aangaande de meetrichtlijnen en normstelling van belang. 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 beoordelingssystematiek 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_{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 SBR richtlijn B kent de gebouwfunctie gezondheidszorg, wonen, onderwijs en kantoor en bijeenkomst.

In de bestaande situatie zijn geen woningen aanwezig in het plangebied. Hiermee wordt er in het licht van de SBR richtlijn B in eerste instantie vanuit WrO een interpretatie gegeven dat er sprake is van een nieuwe situatie.

Voor de functie wonen gelden voor kortdurende herhaalde trillingen zoals trillingen ten gevolge van het spoor de volgende streefwaarden:

Tabel 1: streefwaarden (SBR richtlijn)

Gebouwfunctie	A1 (dag / avond / nacht)	A2 (dag / avond / nacht)	A3 (dag / avond / nacht)
Wonen nieuwe situatie	0.1 / 0.1 / 0.1	0,4 / 0,4 / 0,2	0.05 / 0.05 / 0.05
Wonen bestaande situatie	0.2 / 0.2 / 0.2	0,8 / 0,8 / 0,4	0.1 / 0.1 / 0.1

In eerste aanleg wordt in het voorliggend onderzoek deze normstelling voor woningen gehanteerd. 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.

Metingen trillingen

Het aspect trillingen van het spoor wordt bepaald door de passages van de reizigerstreinen en cargotreinen. Het betreft de lijn Groningen Nieuweschans. Aan de westzijde ligt op 500 m afstand halteplaats Martenshoek. Aan de oostzijde ligt op 1000 m afstand halteplaats Hoogezand-Sappemeer.

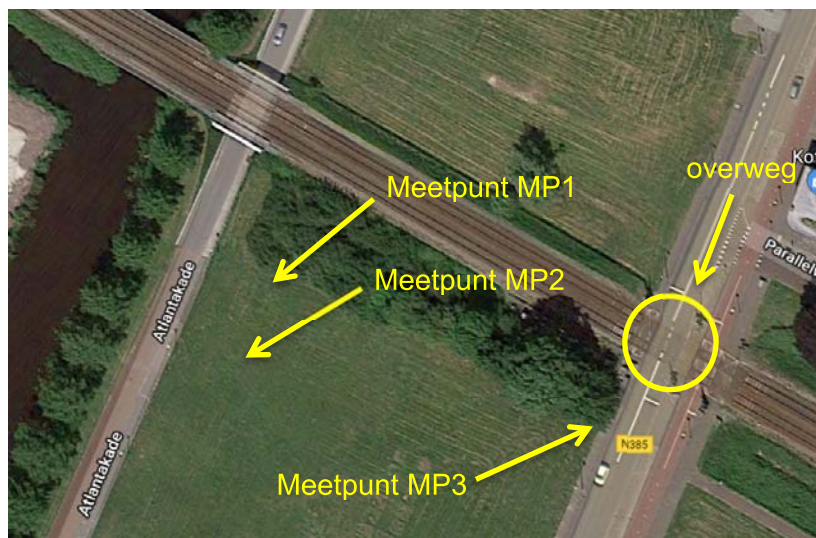
Op 3 december zijn enkele bemande metingen verricht. Van 4 t/m 10 december 2018 zijn onbemande trillingsmetingen op locatie verricht.

De meetpunten zijn gekozen aan de westzijde van het terrein. Meetpunt MP1 ligt op 28 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor en op 32,8 m van het hart van het verst verwijderde spoor. Meetpunt MP2 ligt op 48 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor en op 52,8 m van het hart van het verst verwijderde spoor.

Het spoor ligt enkele meters hoger dan het maaiveld ter hoogte van meetpunt MP1. In MP1 en MP2 zijn trillingsmetingen in het maaiveld verricht.

Meetpunt MP3 in de nabijheid van de overweg ligt op 20 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor en op 24,8 m van het hart van het verst verwijderde spoor.

Afbeelding 3: situatie meetpunt MP1, MP2 en MP3



Alle trillingsmetingen zijn verricht met een vibra plus meetsysteem (2133 en 2134). De vibra plus is tijdens de metingen met een sensor uitgerust. Deze sensor meet één verticale (kanaal 1) en twee horizontale componenten (kanaal 2 en 3).

Foto 1 t/m 5: meetopstelling



Vanuit de meetopstelling zijn de sporen en passages goed zichtbaar. Er is sprake van doorgelast dubbelspoor zonder onderbrekingen op een ballastbed ter hoogte van het plan. Aan de oostzijde ligt een overweg en aan de westzijde ligt een viaduct.

In foto 6 en 7 is een passage van een reizigerstrein weergegeven ter hoogte van het viaduct. Op het tracé rijden passagierstreinen volgens een dienstregeling en onregelmatig enkele goederentreinen. Er zijn geen gegevens bekend op dit moment of en op welk moment goederentreinen hebben gereden tijdens de metingen. Er rijden diesel aangedreven reizigerstreinen van het merk Stadler over het tracé.

Foto 6 t/m 7: passages trein



In bijlage 3 zijn de metingen in MP1 per dag weergegeven. In bijlage 4 zijn de metingen in MP2 per dag weergegeven. In tabel 3 zijn de meetresultaten samengevat weergegeven.

Tabel 3: trillingssnelheid in maaiveld

Meetpunt	MP1	MP2
Aantal passages	Circa 85 per dag	Circa 85 per dag
Hoogste V_{per} [--] (Gemiddeld $V_{\text{max,eff}}$ in dag / avond / nacht	0,09 / 0,15 / 0,06	--*
Hoogste V_{max} [--] (Maximum verticale $V_{\text{max,eff}}$)	0,16	--*
Hoogste V_{max} [--] (Maximum horizontale $V_{\text{max,eff}}$)	0,95	--*

* Regelmatig patroon treinpassages onvoldoende duidelijk herkenbaar, stoor trillingen verkeer relevant

In meetpunt MP3 zijn bemand een beperkt aantal passages van zware voertuigen over de overweg (10) en passages van treinen (3) uitgevoerd. Vastgesteld is dat de niveaus ten gevolge van treinpassages significant hoger zijn dan ten gevolge van passages van zware voertuigen over de overweg.

Van trillingen in meetpunt MP1 en MP2, waarvan duidelijk is dat dit niet van treinen afkomstig en die alleen lokaal bij meetpunt 1 of meetpunt 2 zich voordoen zijn buiten beschouwing gelaten in tabel 5. Dit zijn lokale stoortrillingen van mensen of loslopende honden op het veldje.

De maximale trillingssnelheid V_{max} bedraagt maximaal 0,95 en de gemiddelde trillingssnelheid V_{per} bedraagt maximaal 0,15. De meeste treinpassages hebben rond de 40 Hz de maatgevende frequentie.

De hoogste trillingssnelheden worden bepaald door de treinpassages en zijn trillingen in horizontale richting. In verticale richting zijn de trillingen significant lager.

Beschouwing effecten

De beoordelingssystematiek geldt voor de vloeren in de trillingsgevoelige objecten. Vloeren in gebouwen hebben in verticale richting een hoger trillingsniveau dan in de fundering. Het verschil tussen het trillingsniveau in de vloer en de fundering wordt uitgedrukt in een opslingerfactor.

Van de te realiseren gebouwen in het plan en de vloeren in deze gebouwen zijn op hoofdlijnen gegevens bekend. Voor de beschouwing van de trillingssnelheid in de nog te realiseren trillingsgevoelige objecten in het plan gaan we daarom als worst case aanname uit van een opslingerfactor van de vloeren van

3 [--]. Uitgaande van een worst case (vertikale) opslingerfactor van de vloeren van 3 [--] zijn de horizontale trillingen maatgevend. Hiermee is het niet zinvol de opslingerfactoren van de specifieke vloervelden van de woningen te bepalen.

Op grotere afstand van het spoor nemen de trillingen in het maaiveld af. 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 0,001 [--] gekozen.

Op basis van de formule van Barkan en een overdrachtverhouding van 0,7 van bodem naar fundatie ligt op 70 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor de $V_{\max} = 0,4$ contour. De A2 streefwaarde in de dag en avond bedraagt 0,4 [--]. Dit betekent dat in de dag en avondperiode op een afstand groter dan 70 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor aan de streefwaarde wordt voldaan.

Op 210 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor ligt de $V_{\max} = 0,2$ contour. De A2 streefwaarde in de nacht bedraagt 0,2 [--]. Dit betekent dat in de nachtperiode op een afstand groter dan 300 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor aan de streefwaarde wordt voldaan.

De afstand van plan veld 2 bedraagt circa 24 tot 100 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor.

De maximale trillingssnelheid $V_{\max}$ bedraagt in de toekomstige gebouwen maximaal 0,3-0,7 in het plangebied. De hoogste waarden worden door de passages van treinen veroorzaakt. De trillingen ten gevolge van passages van vrachtwagens over de overweg zijn minder relevant.

In afbeelding 4 zijn de $V_{\max}$ trillingscontouren binnen de plangrens weergegeven. De contouren zijn gebaseerd op de hoogste meetwaardes ten gevolge van de treinen.

Afbeelding 4: trillingscontouren $V_{\max}$ binnen plangrens



legenda contourlijnen

trillings- contour $V_{\max}$ [--]	afstand tot hart dichtstbijzijnde spoor (m)	contourlijn
0,60	34,0	
0,50	48,0	
0,40	70,0	
0,30	115,0	

Bespreking contouren

In eerste aanleg wordt in het voorliggend onderzoek de streefwaarden voor wonen voor een nieuwe situatie gehanteerd. Voor deze functie gelden voor kortdurende herhaalde trillingen zoals trillingen ten gevolge van het spoor zijn de volgende streefwaarden:

Tabel 4: streefwaarden (SBR richtlijn)

Gebouwfunctie	A1	A2	A3
	(dag / avond / nacht)	(dag / avond / nacht)	(dag / avond / nacht)
Wonen nieuwe situatie	0.1 / 0.1 / 0.1	0,4 / 0,4 / 0,2	0.05 / 0.05 / 0.05
Wonen bestaande situatie	0.2 / 0.2 / 0.2	0,8 / 0,8 / 0,4	0.1 / 0.1 / 0.1

Omdat er sprake is van een nieuwe situatie in het licht van de SBR B richtlijn zijn de streefwaarden lager dan voor een bestaande situatie. De streefwaarden voor een nieuwe situatie worden overschreden. In de dagperiode liggen er 24 objecten van het plan binnen de $V_{\max} = 0,4$ contour. In de nachtperiode liggen alle objecten van het plan binnen de $V_{\max} = 0,2$ contour.

Als er niet wordt voldaan aan de toetsingssysteematiek 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 5: 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

Op basis van de meetwaarden en de hinderclassificatie uit bijlage 5 van de SBR B richtlijn is er voor de objecten die niet aan de streefwaarden voldoen sprake van matige hinder. In het licht van de beoordelingssystematiek van de SBR B richtlijn houdt dit in dat maatregelen beschouwd dienen te worden.

Maatregelen

In deze paragraaf worden in globale zin mitigerende maatregelen voor het plan beschouwd. We beperken ons tot maatregelen die gerelateerd zijn aan het huidige besluit en die binnen de reikwijdte van de initiatiefnemer liggen.

Er kan voor het aspect trillingen onderscheid worden gemaakt tussen drie soorten maatregelen, die overigens ook in combinatie getroffen kunnen worden:

- Maatregelen aan de bron
- Maatregelen in de overdracht
- Maatregelen bij de ontvanger

Een voorbeeld van maatregelen aan de bron is het verbeteren van het funderen van de baan in de ondergrond.

Een voorbeeld van maatregelen in de overdracht is het aanbrengen van een ondergrondse trillingsreducerende constructie of een (diepe) sloot. Deze maatregelen worden ook wel transmissiemaatregelen genoemd.

Een voorbeeld van maatregelen bij de ontvanger is het verstijven van de vloer van het gebouw of het afveren van het gebouw of het aanpassen van de fundering.

Met betrekking tot maatregelen bij de bron (het spoor) is relevant dat de initiatiefnemer geen zeggenschap heeft over het spoor. Daarom zijn bronmaatregelen niet uitvoerbaar.

Met betrekking tot maatregelen in de overdracht (tussen het spoor en de woningen) zoals bijvoorbeeld een trillingsscherm is relevant dat dit geen effectief reducerend effect heeft. Het plan loopt over een breedte van 81 m, een trillingsscherm kan hiermee maximaal 81 m breed zijn. De trillingen zullen vanwege de beperkte breedte van het scherm niet effectief zijn en links en rechts om het scherm heen gaan.

Met betrekking tot maatregelen bij de ontvanger zoals aangepaste vloervelden, zijn deze niet effectief voor de specifieke situatie. Op basis van de metingen is vastgesteld dat de maatgevende trillingen een horizontaal richting hebben. Maatregelen aan vloervelden hebben alleen invloed op verticale trillingen. Het afveren van gebouwen wordt significant kostprijsverhogend geacht. Het afveren van gebouwen wordt niet proportioneel geacht.

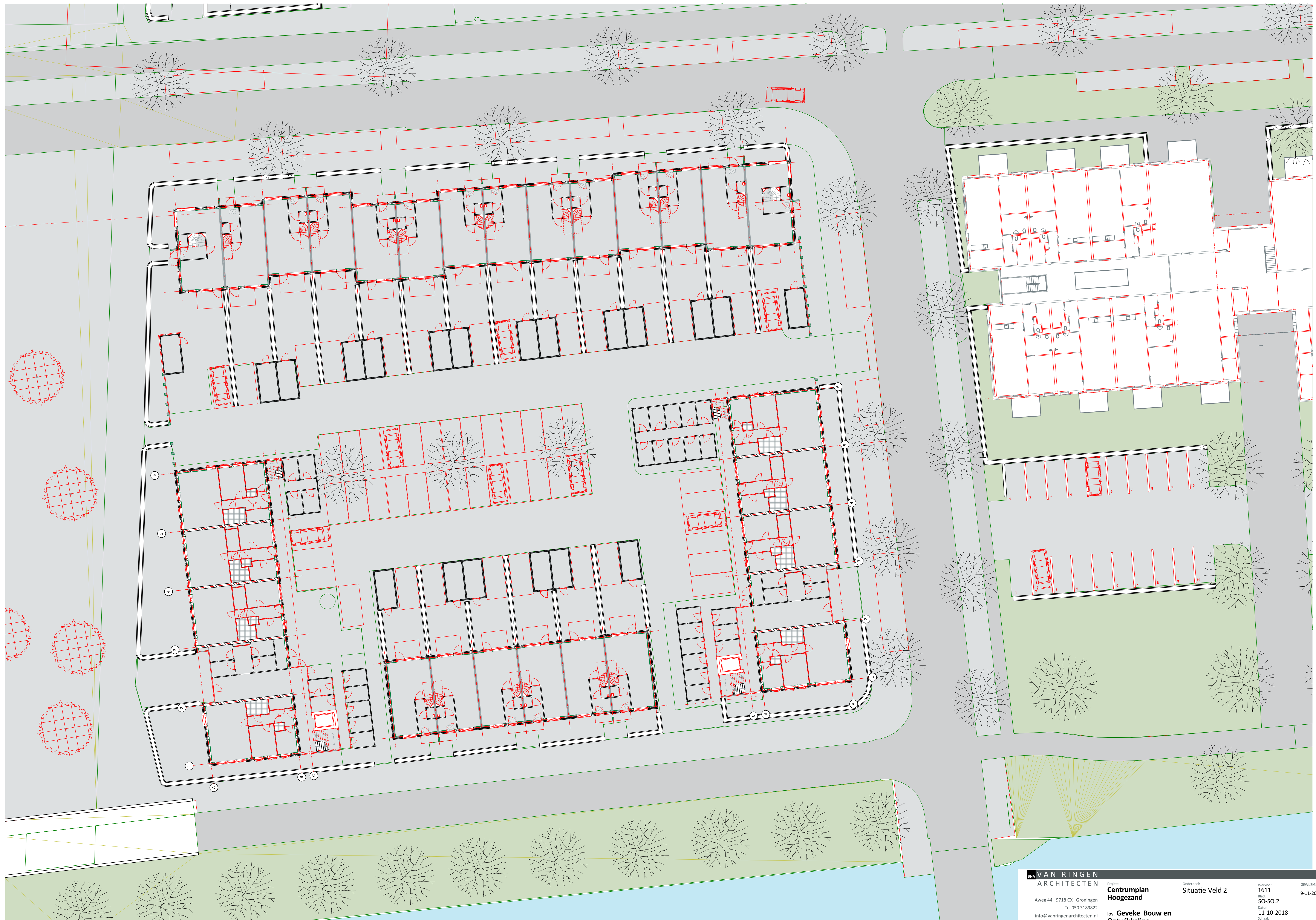
Samenvattend mitigerende maatregelen voor het plan worden om diverse redenen niet uitvoerbaar, niet effectief, danwel niet proportioneel geacht. De trillingen van het spoor zijn herhaald kortdurend en per dag komen er circa 85 kortdurende pieken voor. In de omgeving zijn geen andere relevante trillingsbronnen aanwezig. Voor een deel van het plan is er naar verwachting sprake van een verhoogde mate van trillingshinder. De hinderkwalificatie bedraagt maximaal “matige hinder”. De hinderkwalificatie “ernstige hinder” voor het aspect trillingen komt naar verwachting binnen het plangebied niet voor. Hiermee is aangetoond dat de bestemming spoor en de bestemming wonen in het bestemmingsplan zorgvuldig zijn gescheiden.

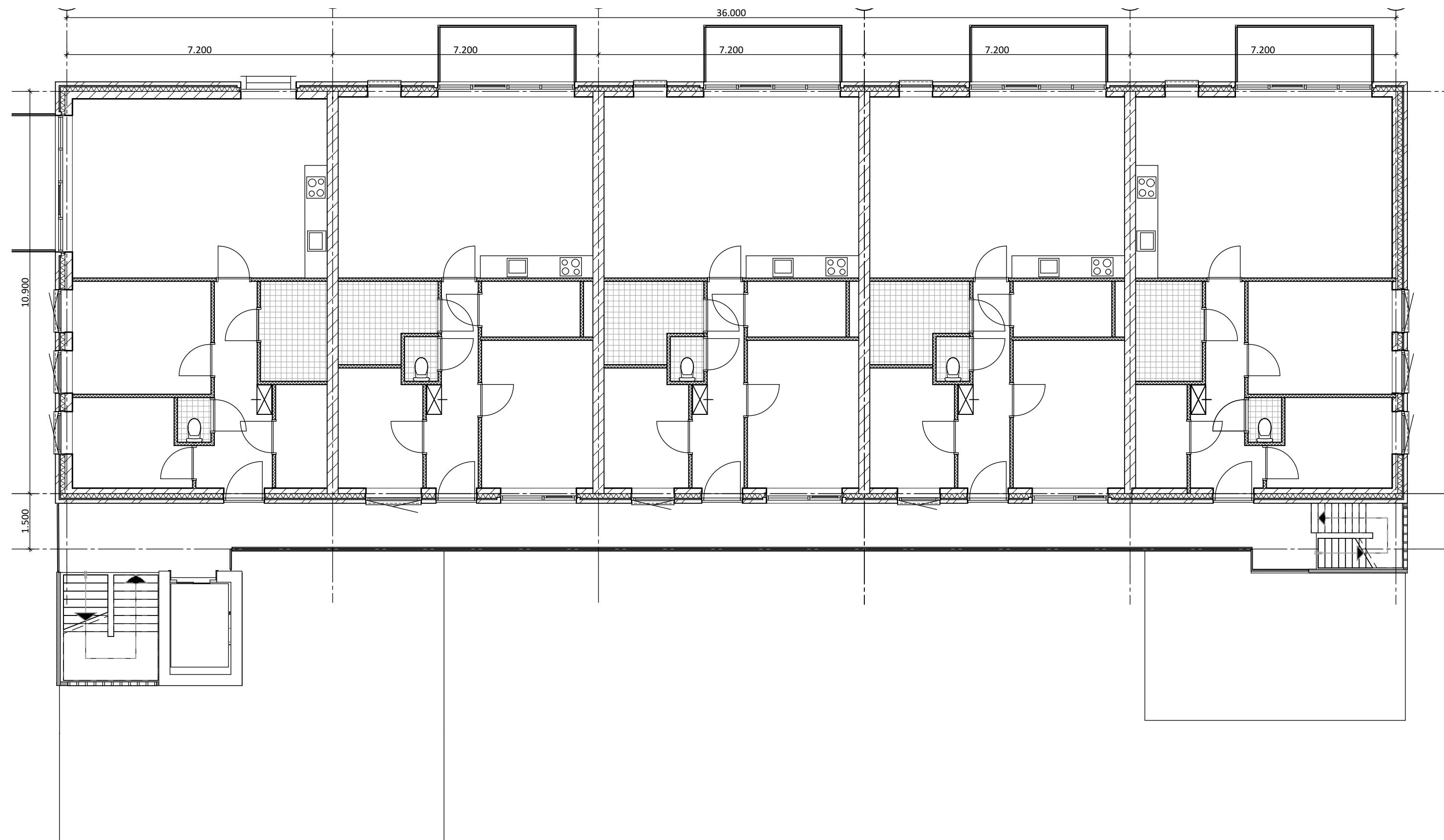
Geadviseerd wordt om de toekomstige bewoners te informeren dat er sprake is van een verhoogde mate van trillingshinder in de woningen.

Conclusie

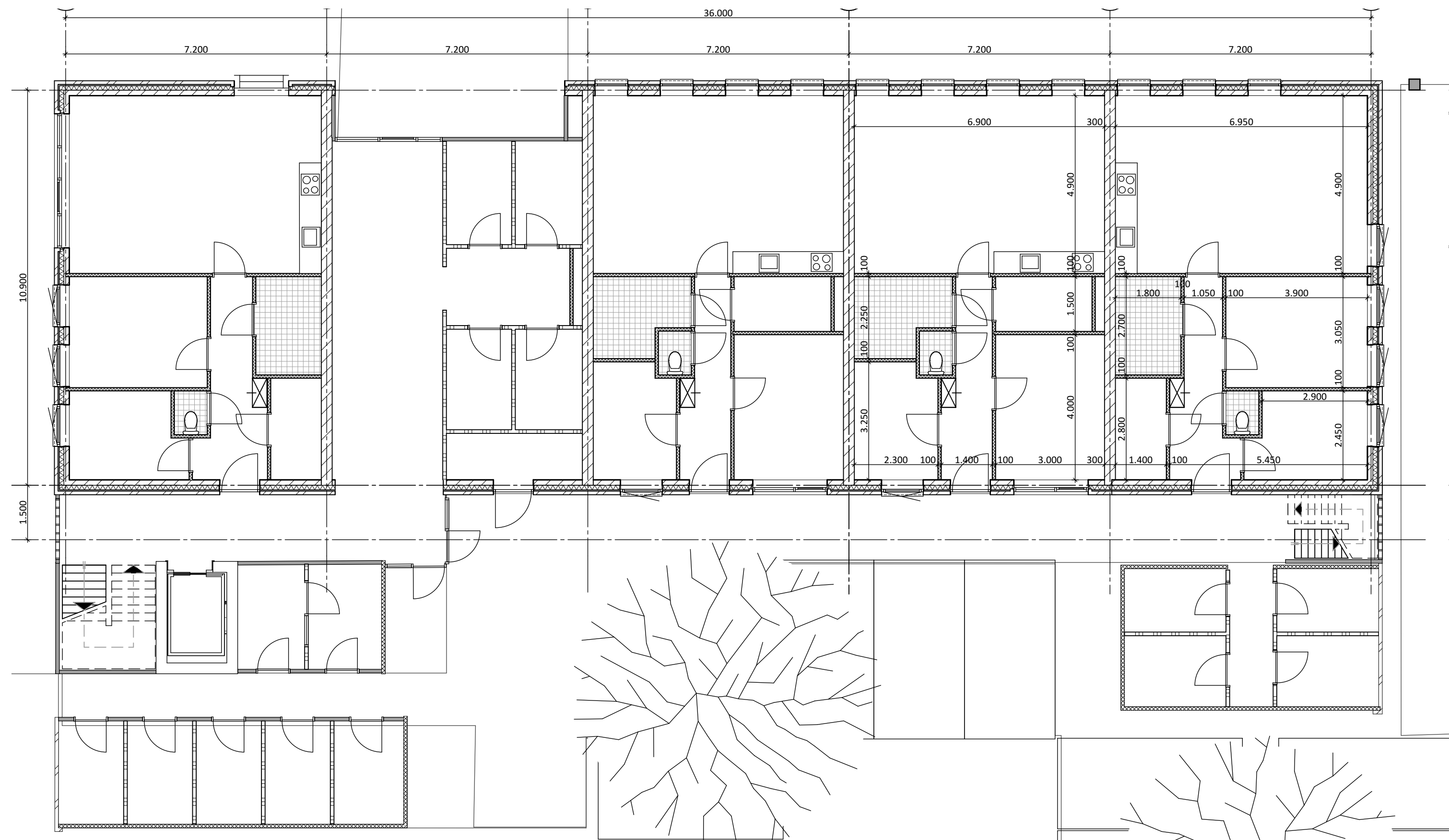
Op basis van een beschouwing van maaiveldmetingen voor het aspect trillingen voor het bestemmingsplan Centrumplan Hoogezand Veld 2 worden de volgende conclusies geformuleerd:

- De maximale trillingsnelheid $V_{\max}$ bedraagt maximaal 0,95 en de gemiddelde trillingsnelheid V_{per} bedraagt maximaal 0,15 in het maaiveld. De meeste treinpassages hebben rond de 40 Hz de maatgevende frequentie. De hoogste trillingsnelheden worden bepaald door de treinpassages en zijn trillingen in horizontale richting. In verticale richting zijn de trillingen significant lager;
- De maximale trillingsnelheid $V_{\max}$ bedraagt in de toekomstige gebouwen naar verwachting maximaal 0,3 - 0,7 in het plangebied;
- De streefwaarden voor een nieuwe situatie worden overschreden. In de dagperiode liggen er 24 objecten van het plan binnen de $V_{\max}$ 0,4 contour. In de nachtperiode liggen alle objecten van het plan binnen de $V_{\max}$ 0,2 contour;
- Mitigerende maatregelen voor het plan zijn beschouwd en worden om diverse redenen niet uitvoerbaar, niet effectief, danwel niet proportioneel geacht. De trillingen van het spoor zijn herhaald kortdurend, per dag komen er circa 85 kortdurende pieken voor. In de omgeving zijn geen andere relevante trillingsbronnen aanwezig. Voor een deel van het plan is er naar verwachting sprake van een verhoogde mate van trillingshinder. De hinderkwalificatie bedraagt maximaal "matige hinder". De bandbreedte van matige hinder loopt van $V_{\max}$ is 0,2 tot 0,8. De hinderkwalificatie "ernstige hinder" voor het aspect trillingen komt naar verwachting binnen het plangebied niet voor. De beoordelingssystematiek uit de SBR B richtlijn is voor het Centrumplan Hoogezand veld 2 zorgvuldig doorlopen, hiermee is in het licht van de SBR B richtlijn aangetoond dat de bestemming spoor en de bestemming wonen in het bestemmingsplan zorgvuldig zijn gescheiden;
- Geadviseerd wordt om de toekomstige bewoners te informeren dat er naar verwachting sprake is van een verhoogde mate van trillingshinder in de woningen.

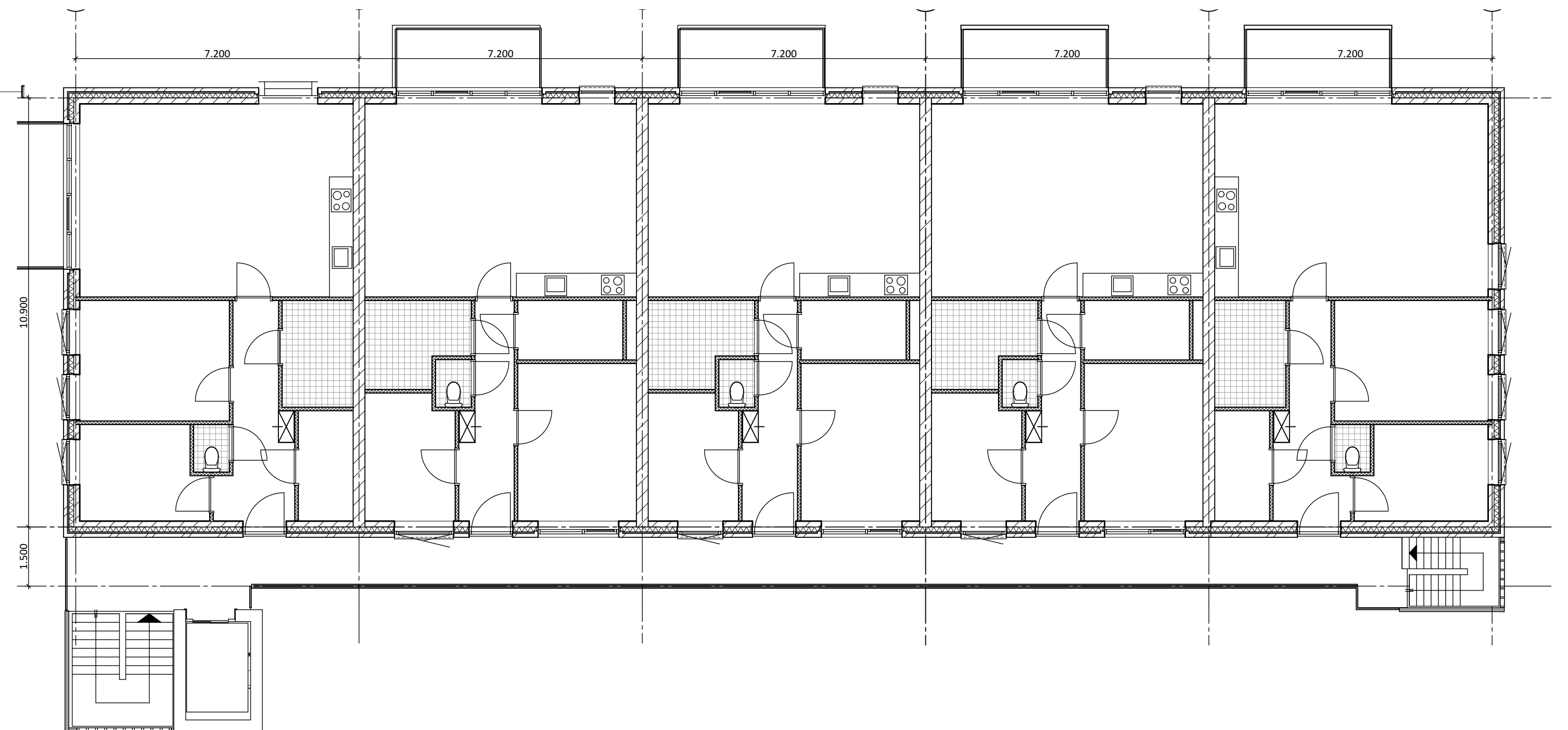




Eerste verdieping



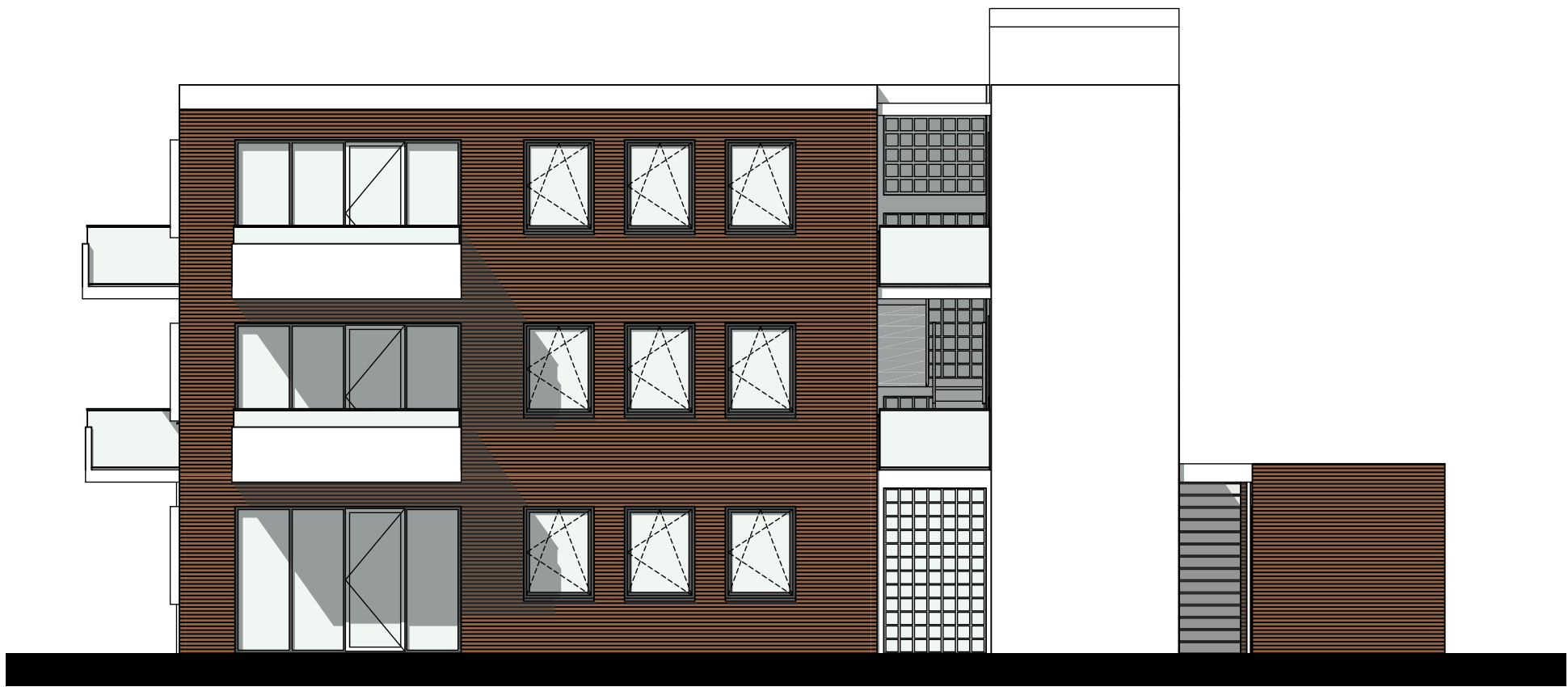
Begane grond



Tweede verdieping



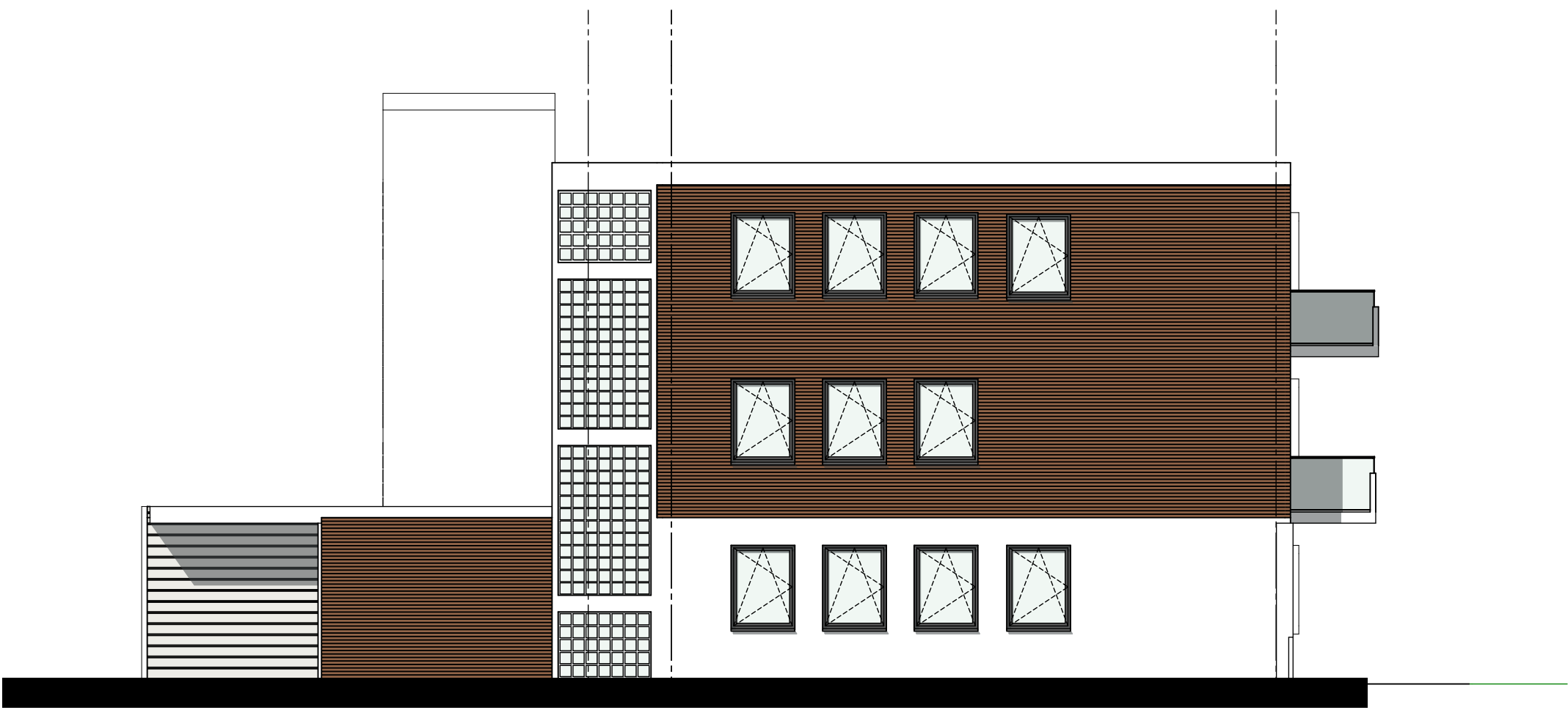
Voorgevel



Rechter Zijgevel



Achtergevel



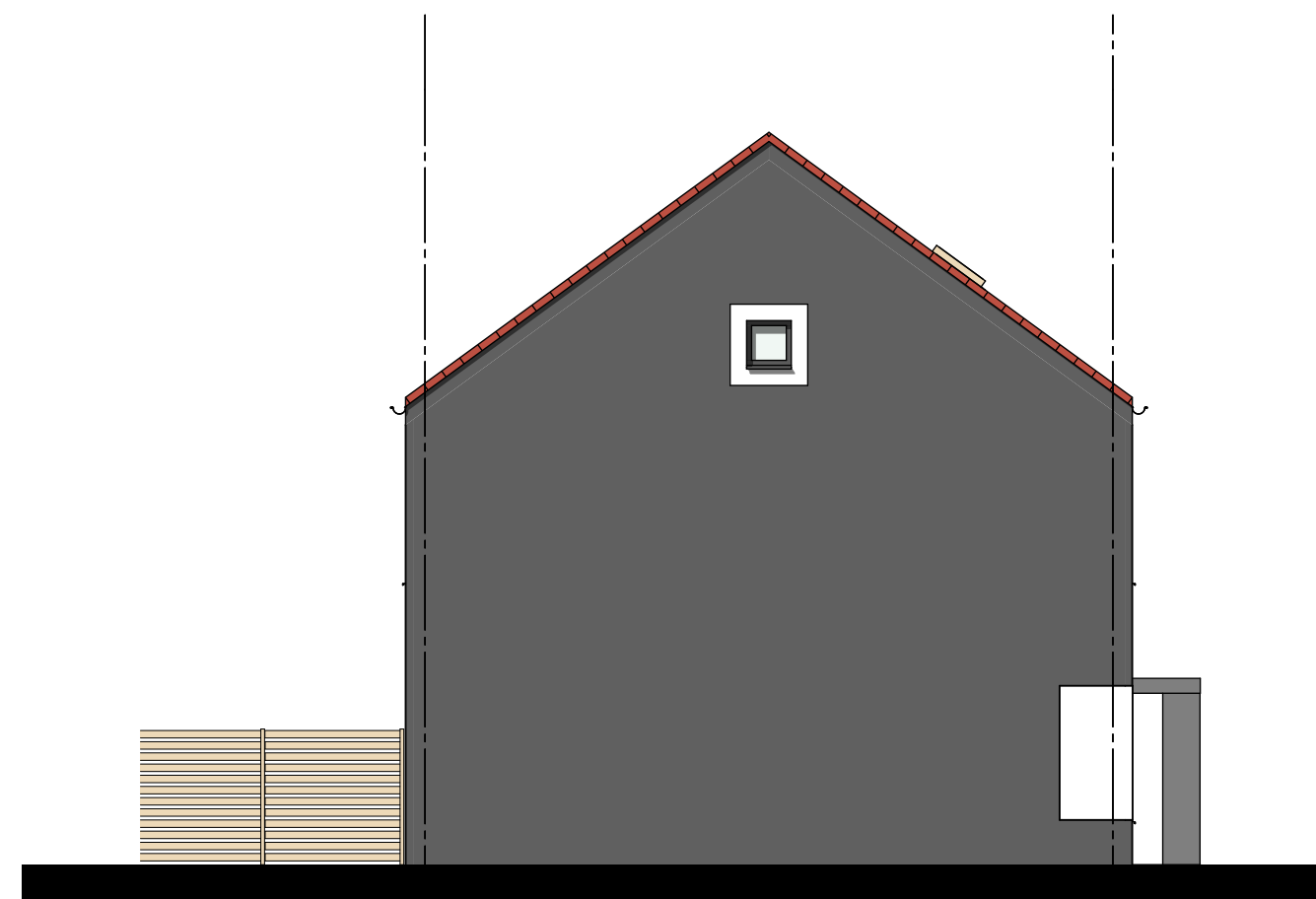
Linker Zijgevel



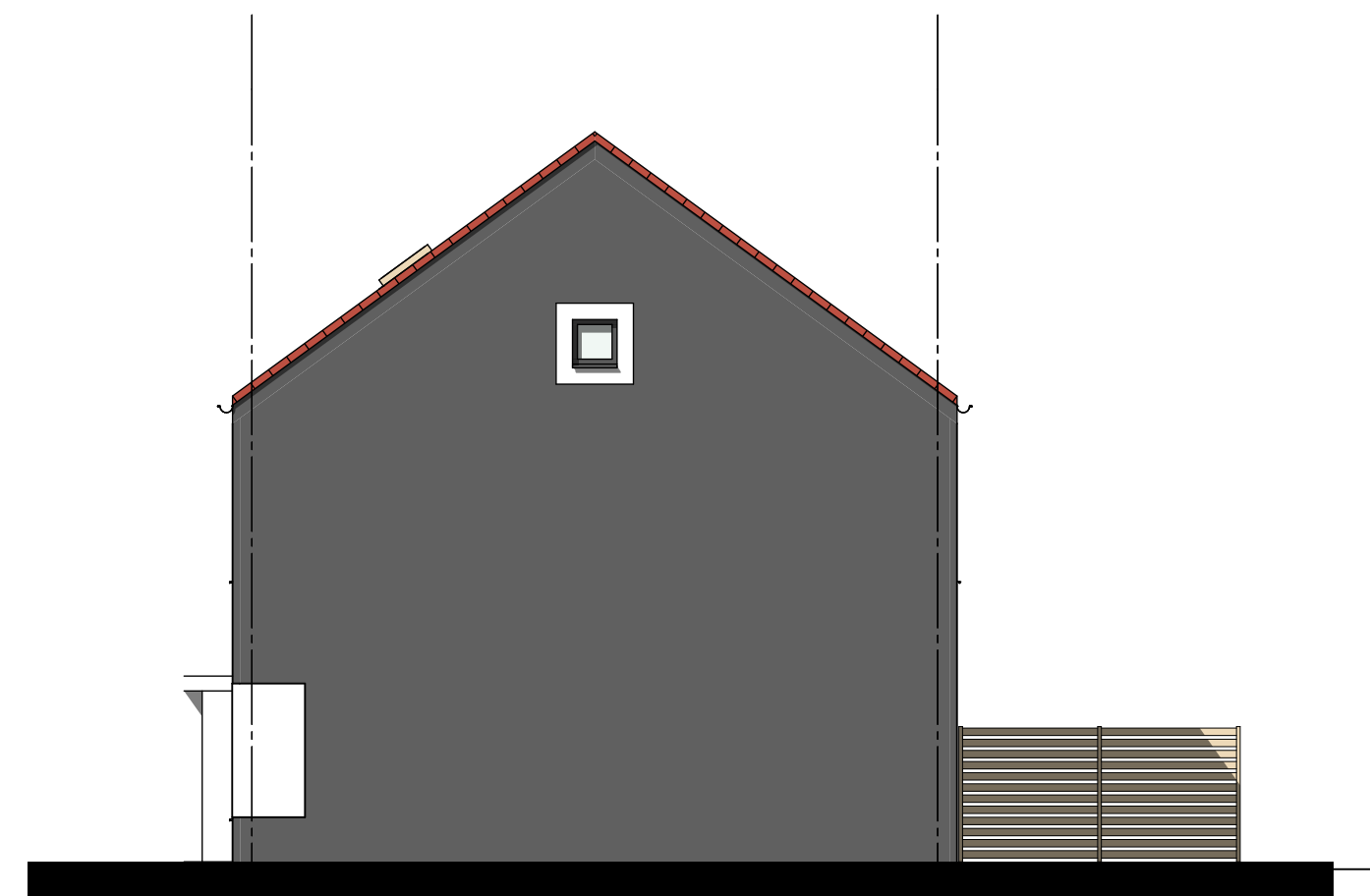
Voorgevel



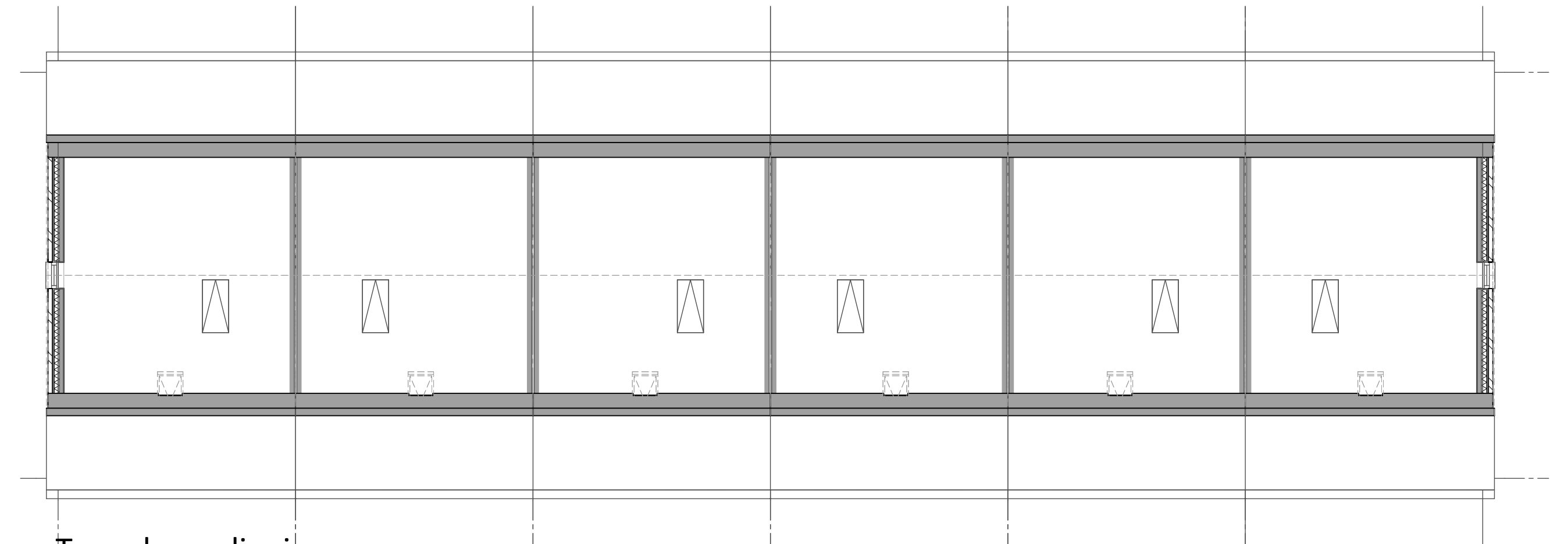
Achtergevel



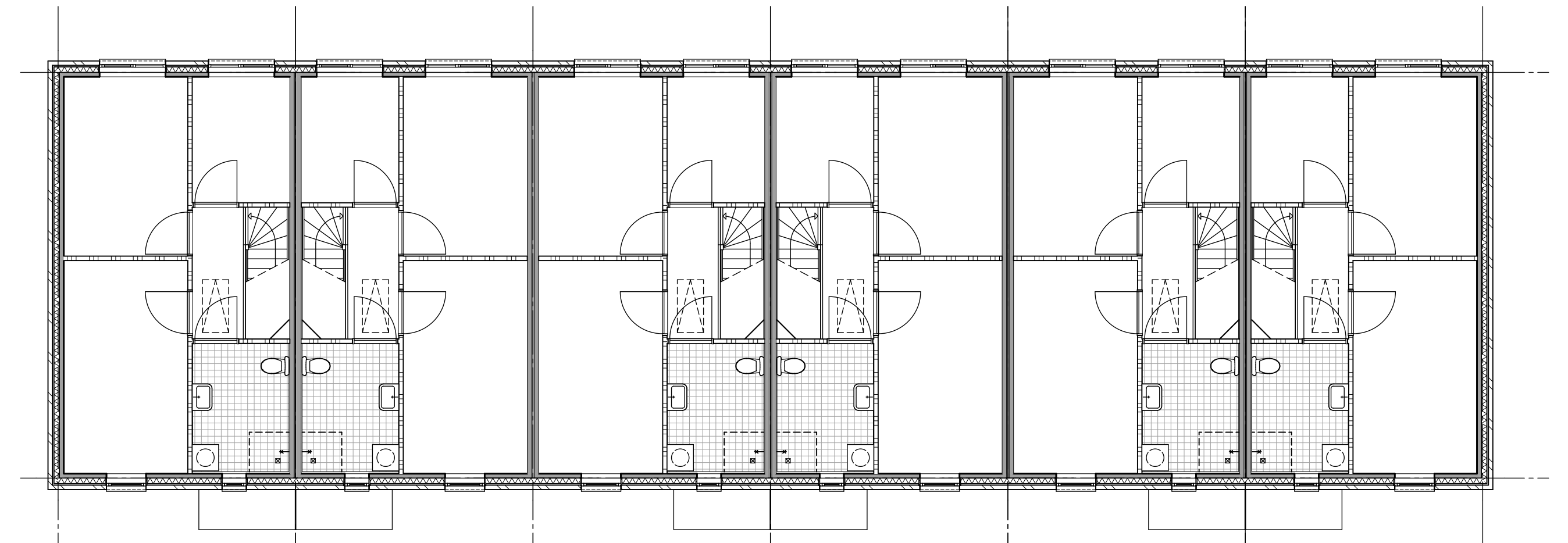
Linker Zijgevel



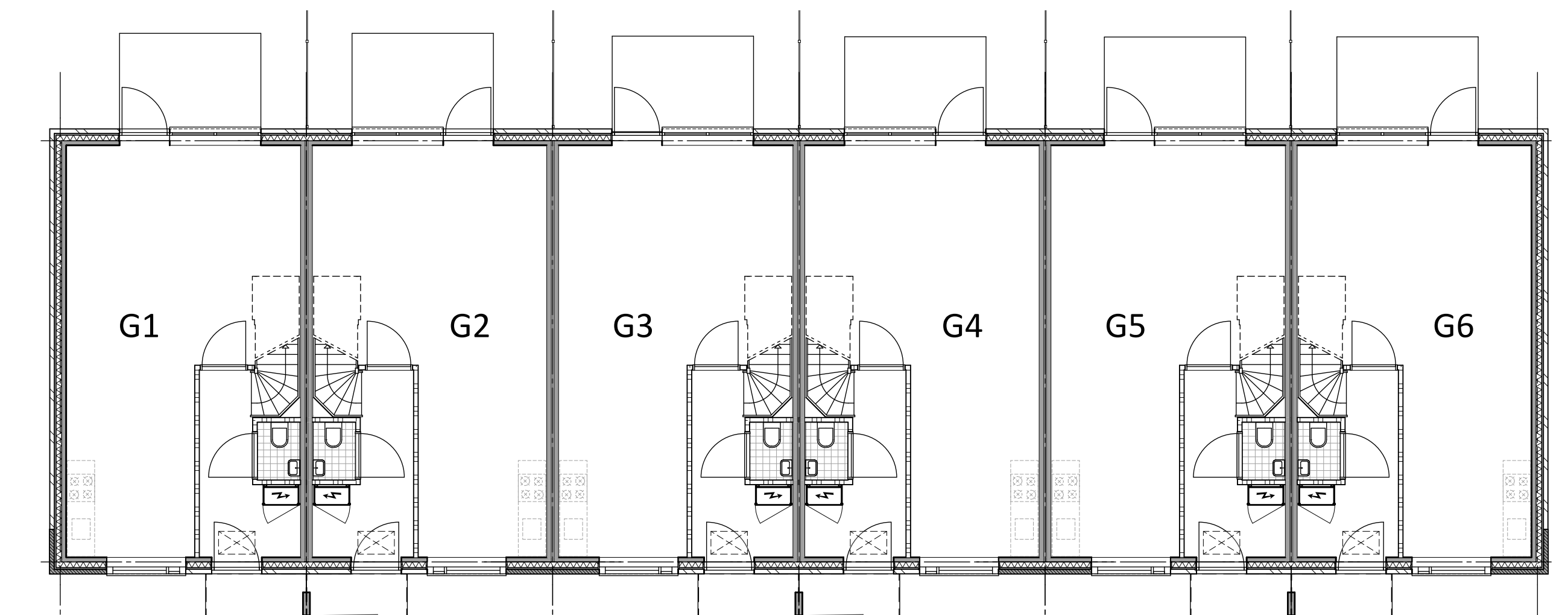
Rechter Zijgevel



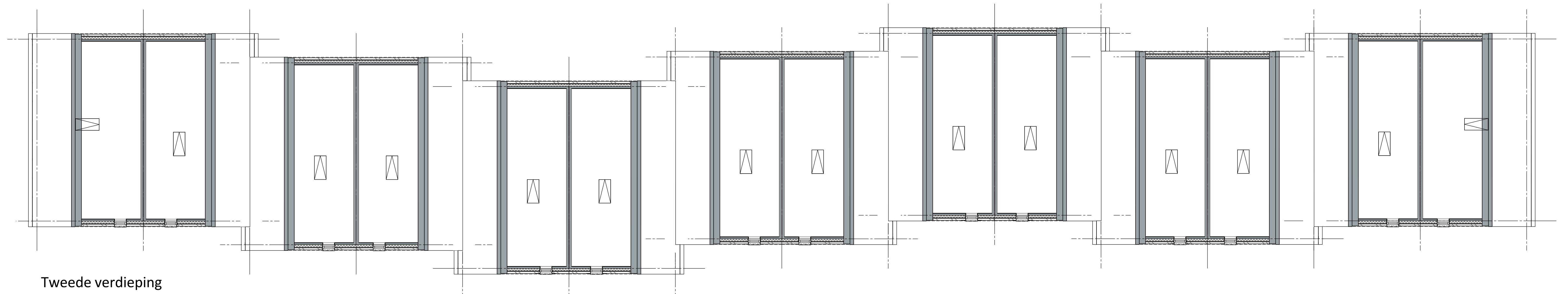
Tweede verdieping



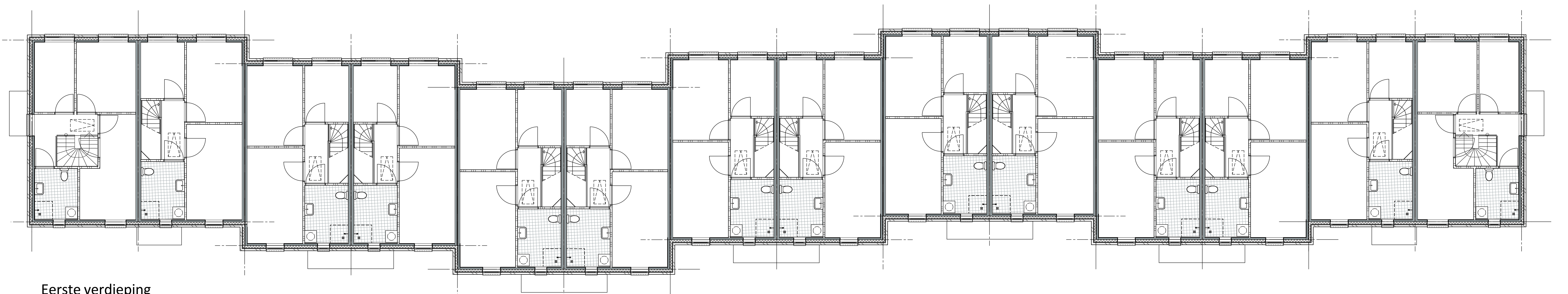
Eerste verdieping



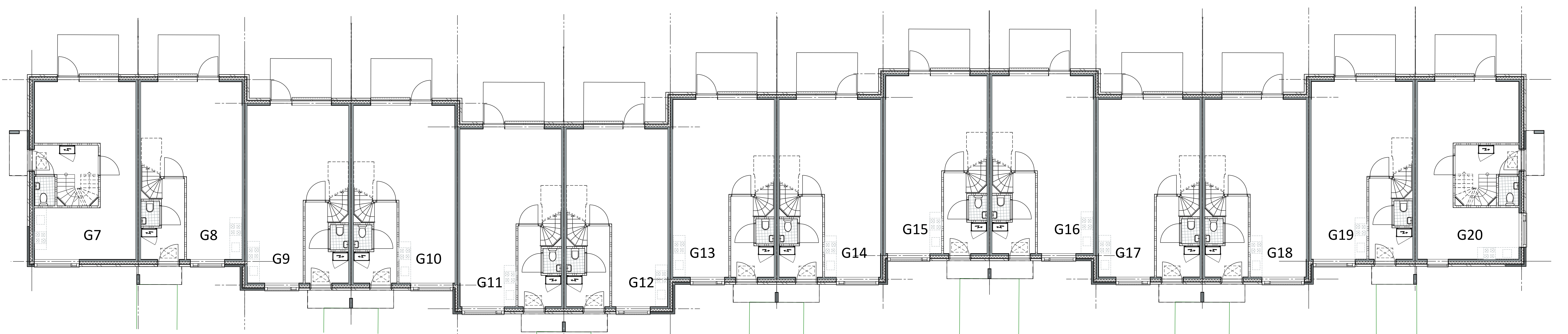
Begane grond



Tweede verdieping



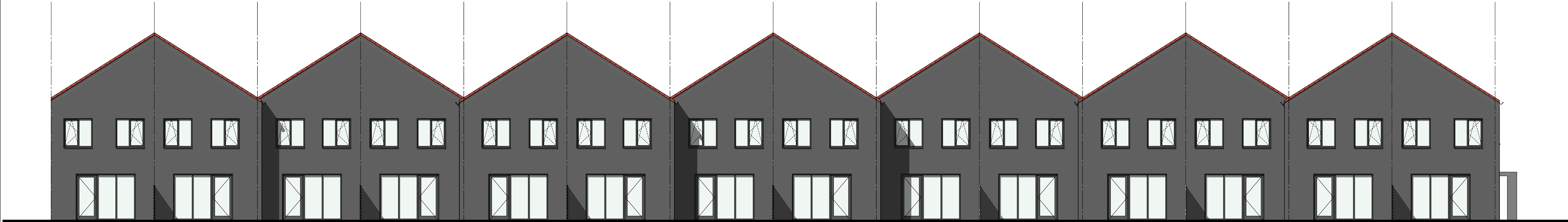
Eerste verdieping



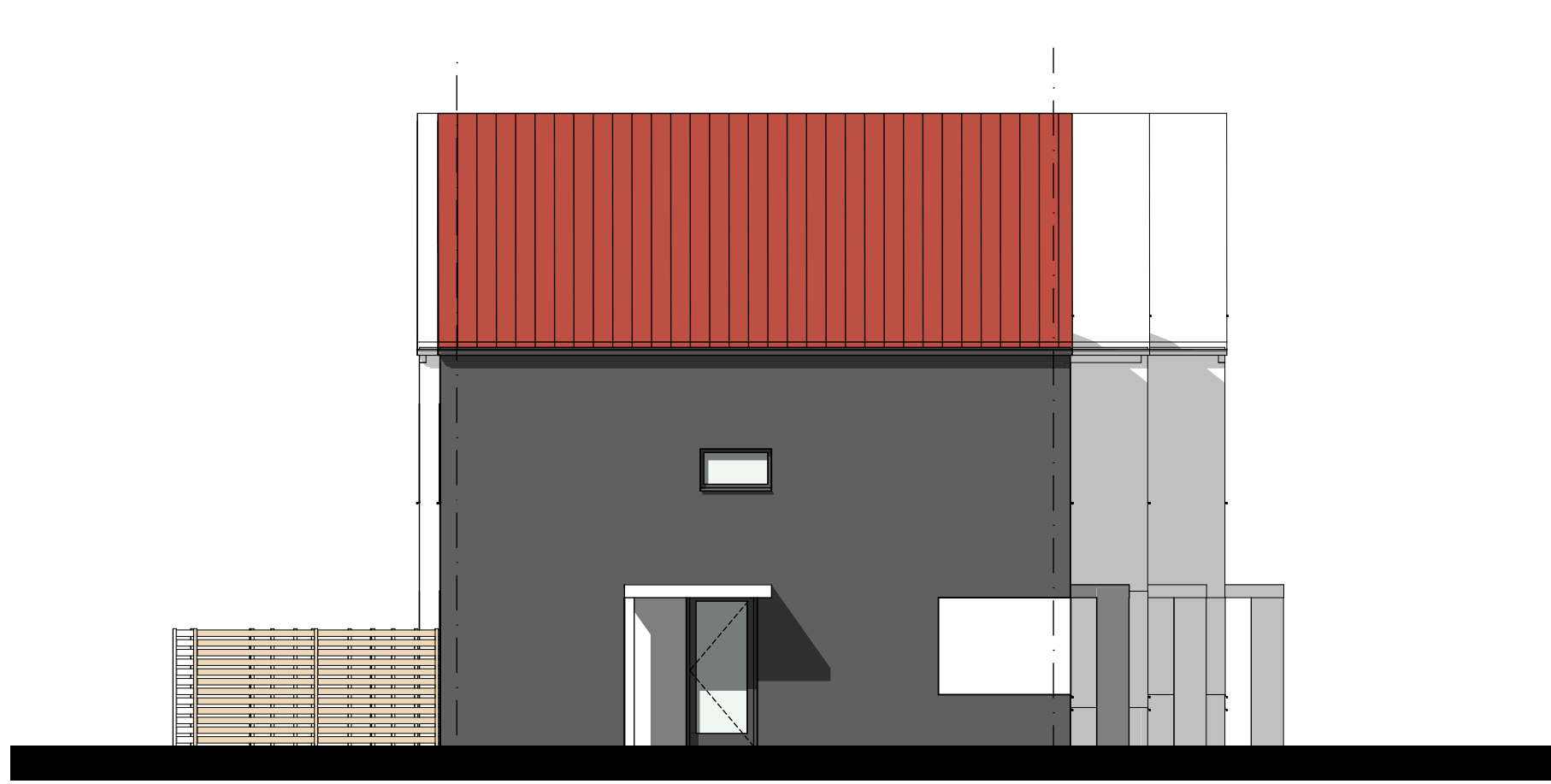
Begane grond



Voorgevel



Achtergevel

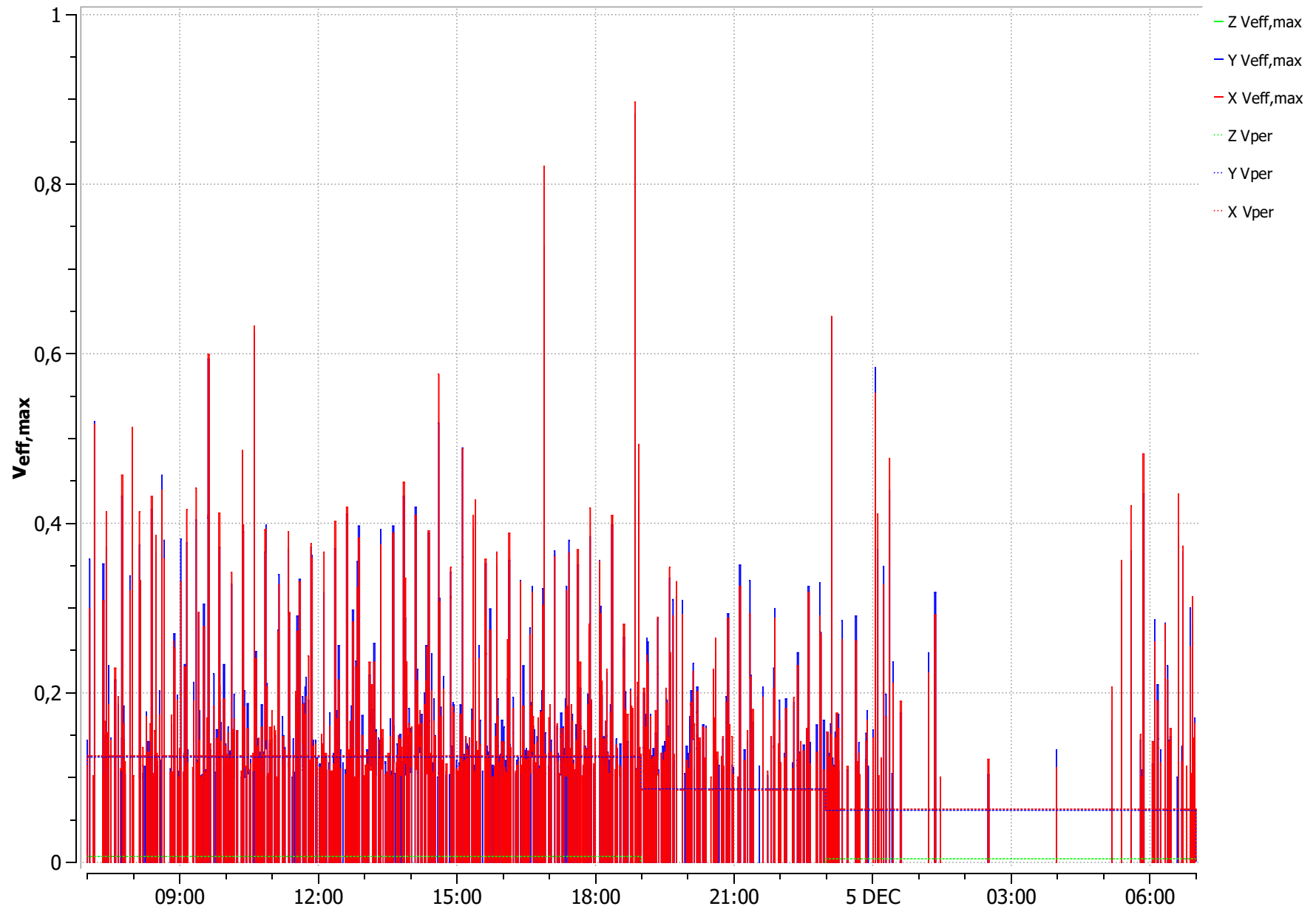


Linker Zijgevel

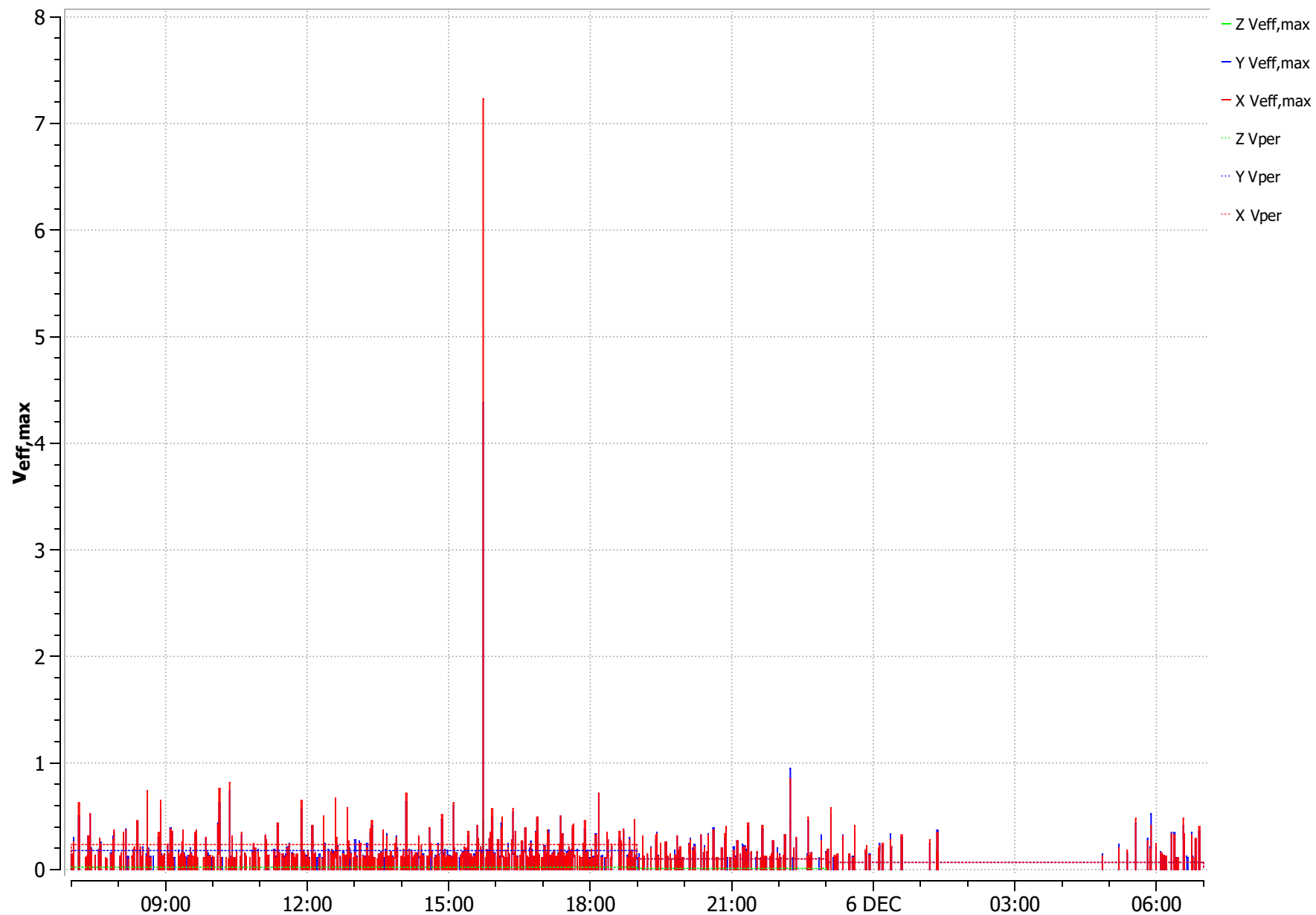


Rechter Zijgevel

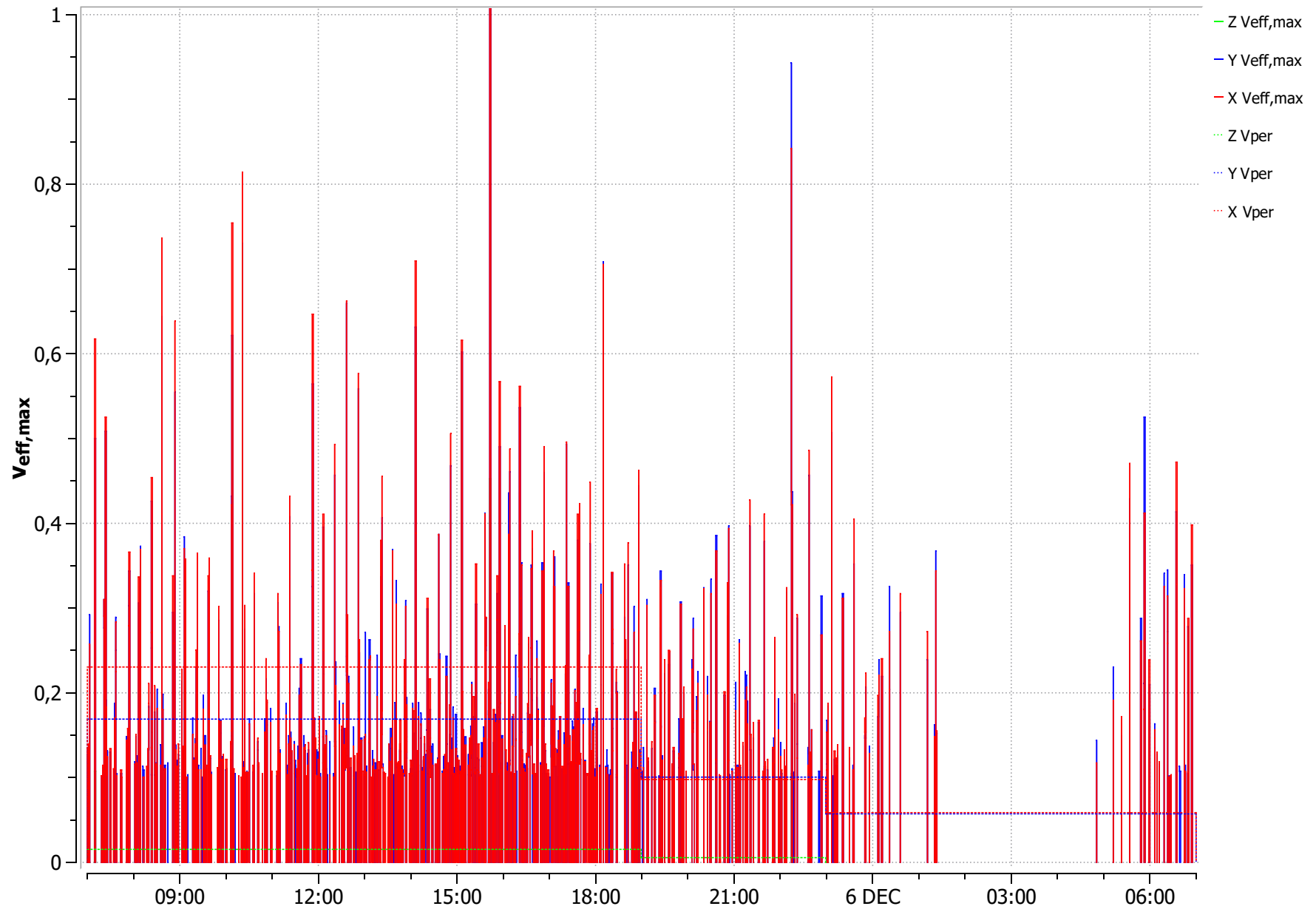
VB2133 18VM002 2018-12-03



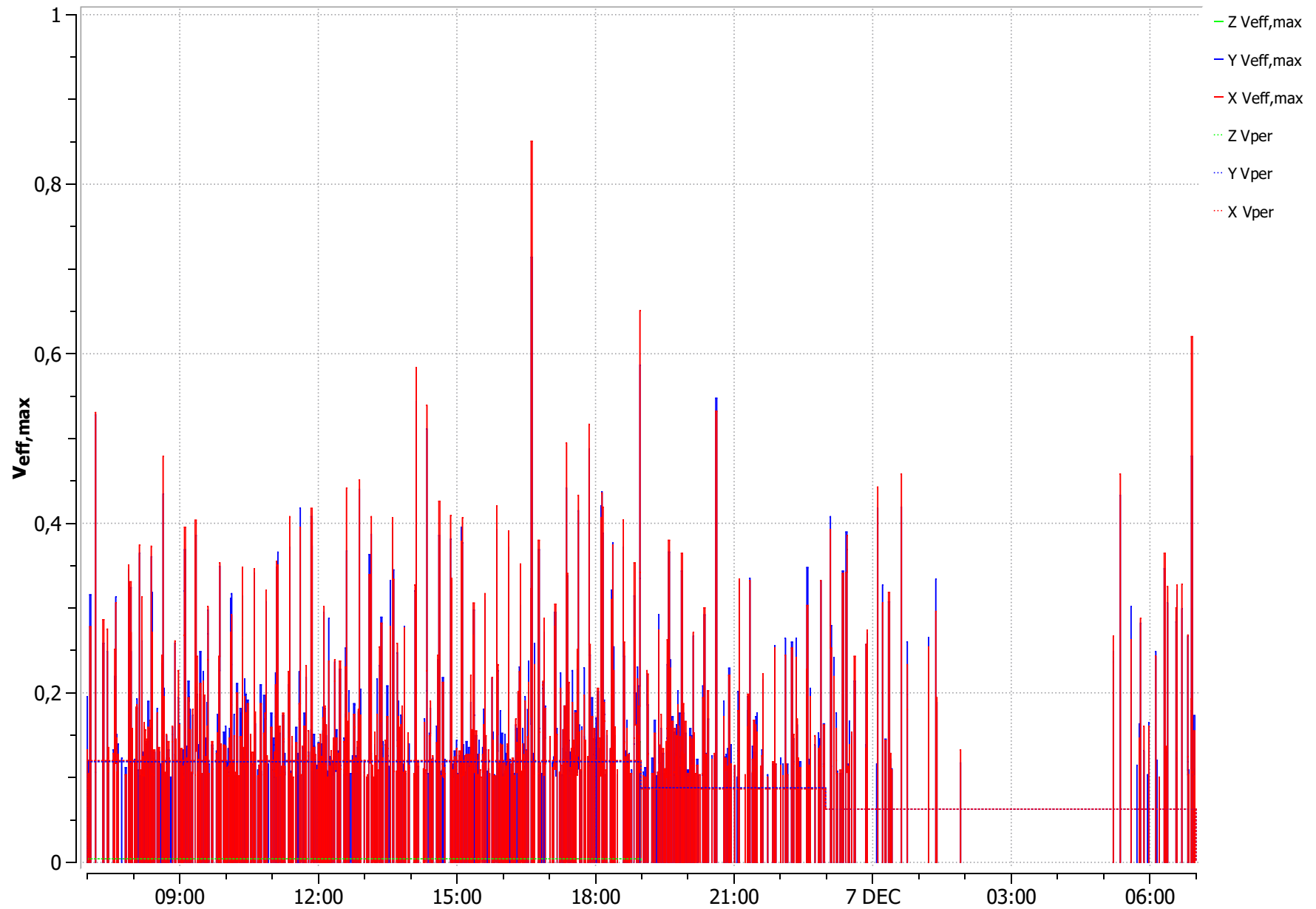
VB2133 18VM002 2018-12-03



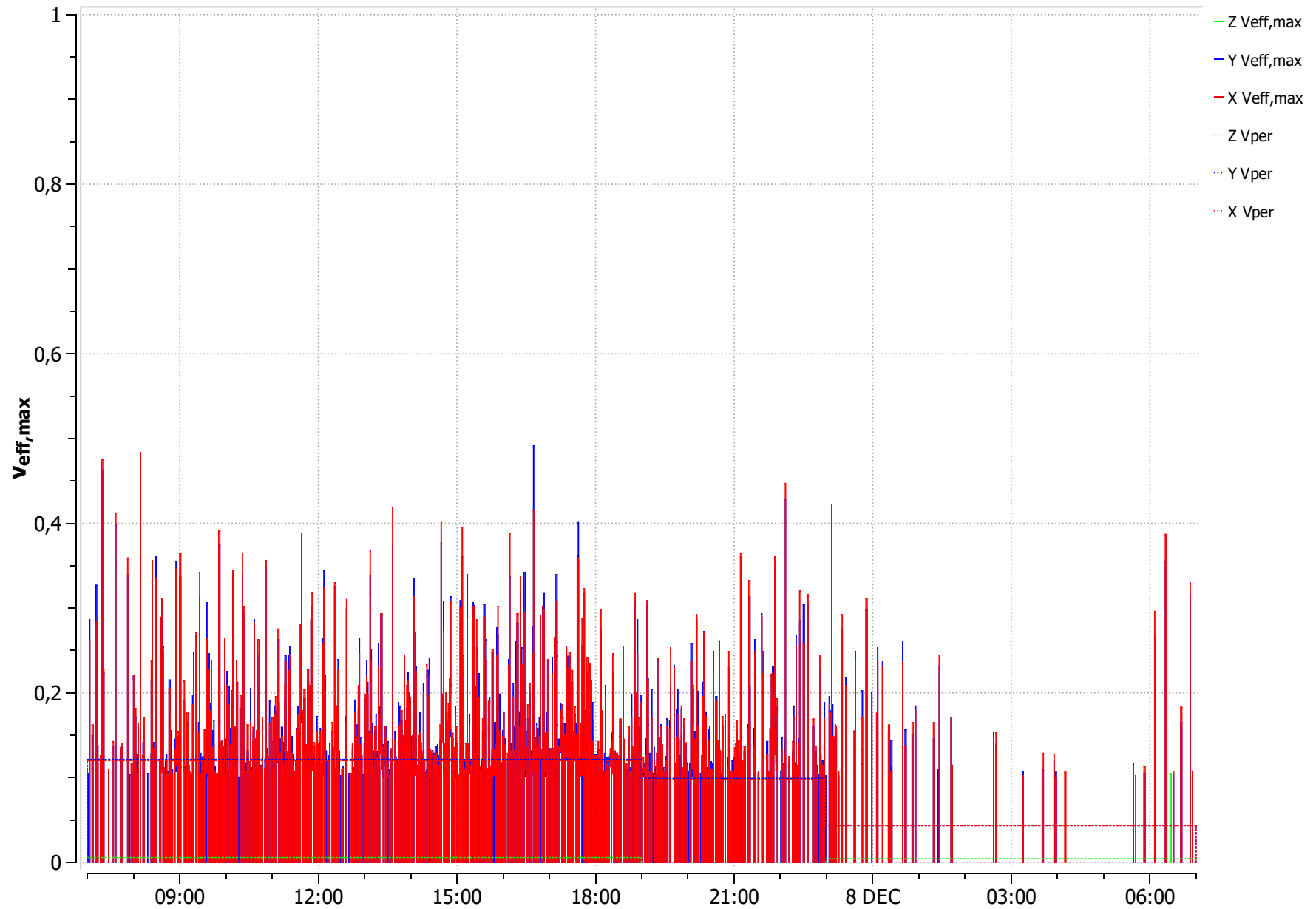
VB2133 18VM002 2018-12-03



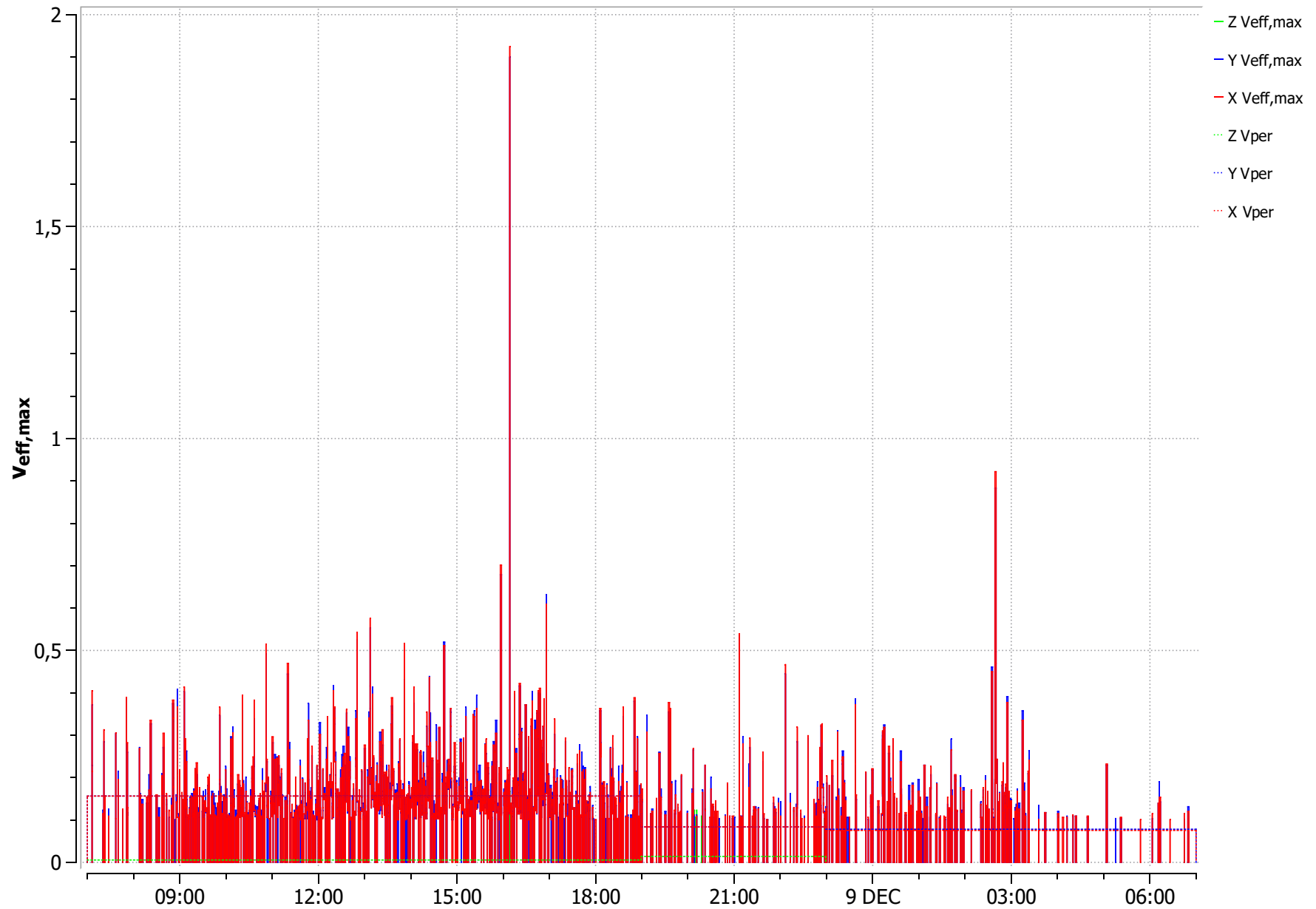
VB2133 18VM002 2018-12-03



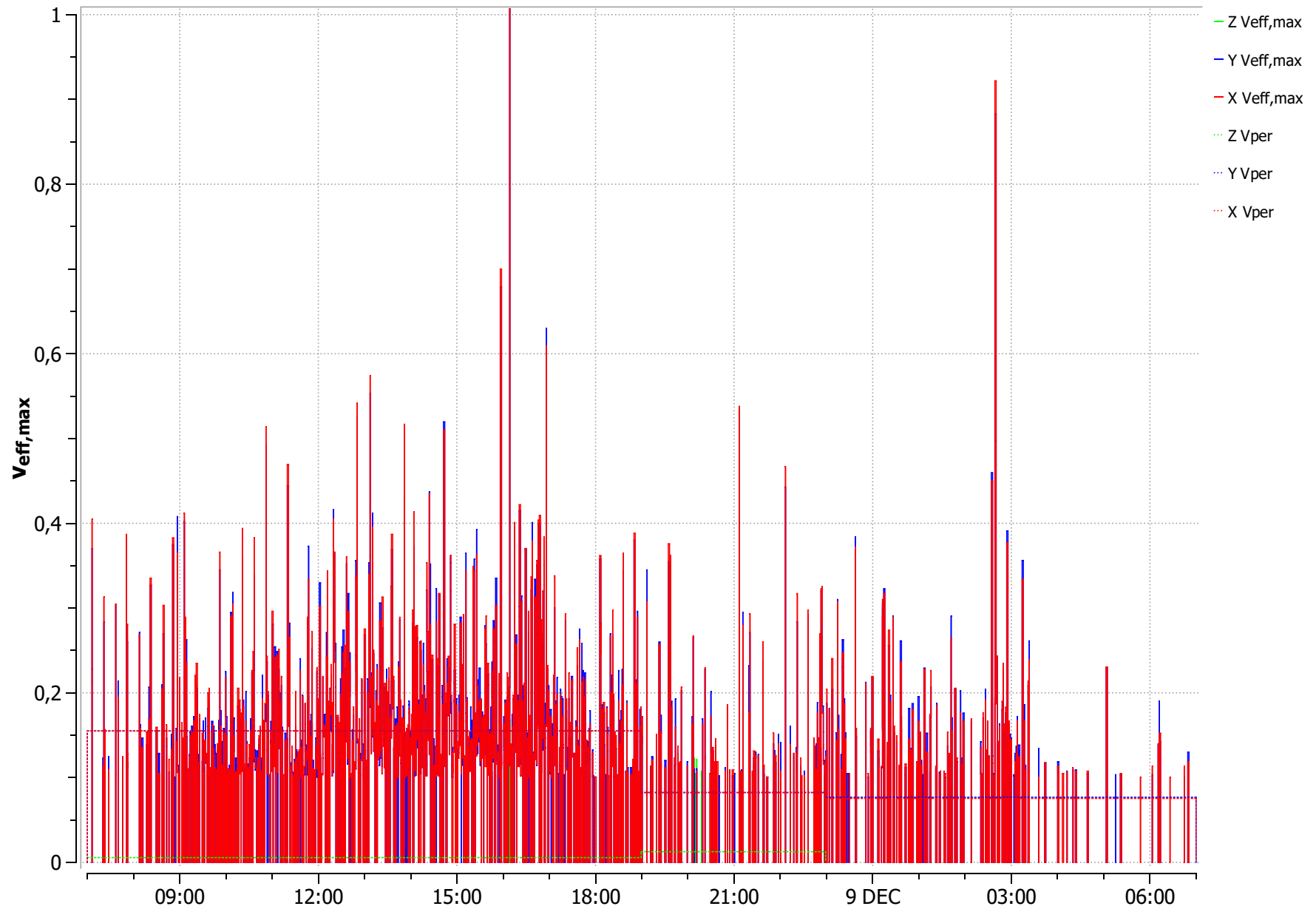
VB2133 18VM002 2018-12-03



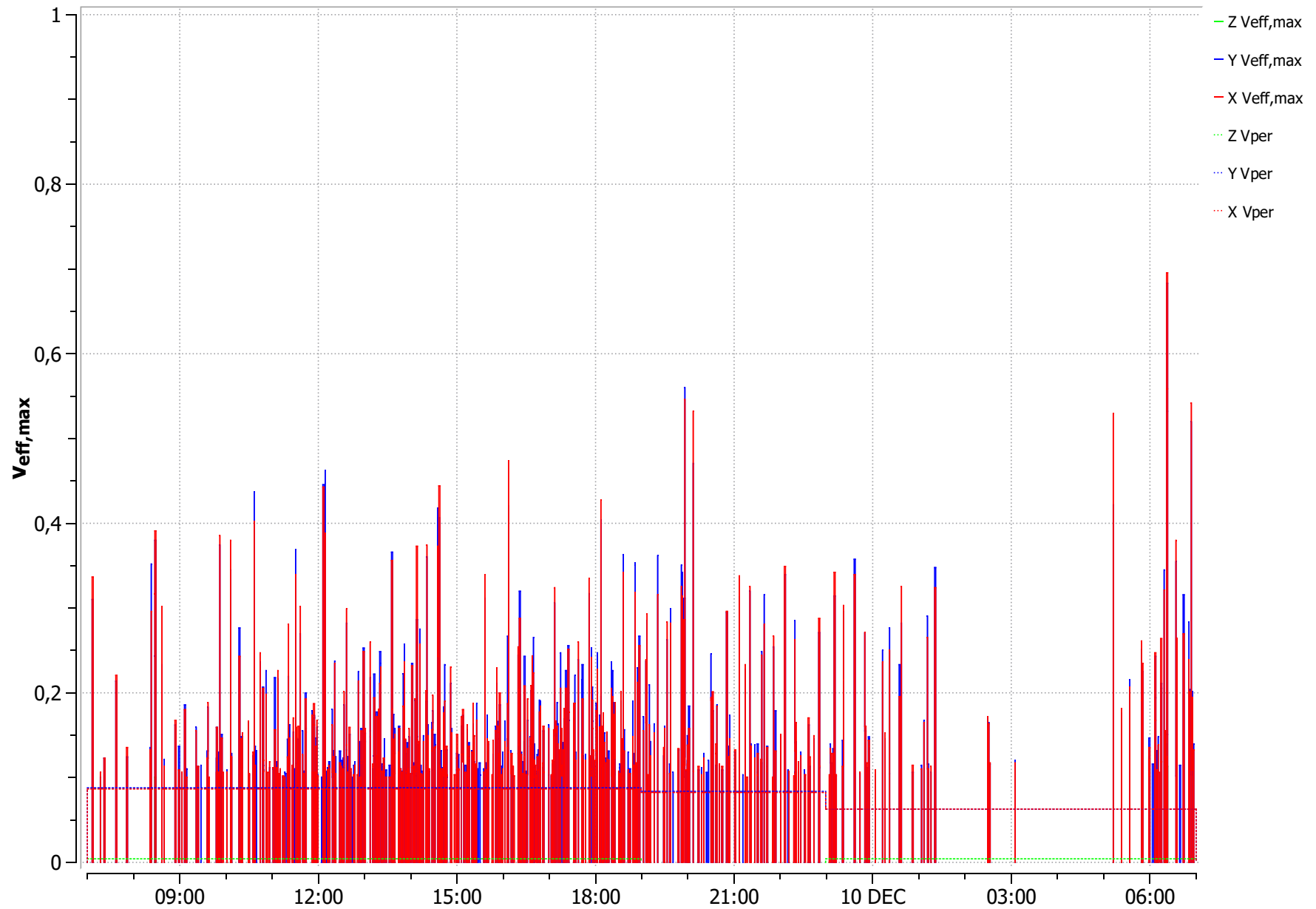
VB2133 18VM002 2018-12-03



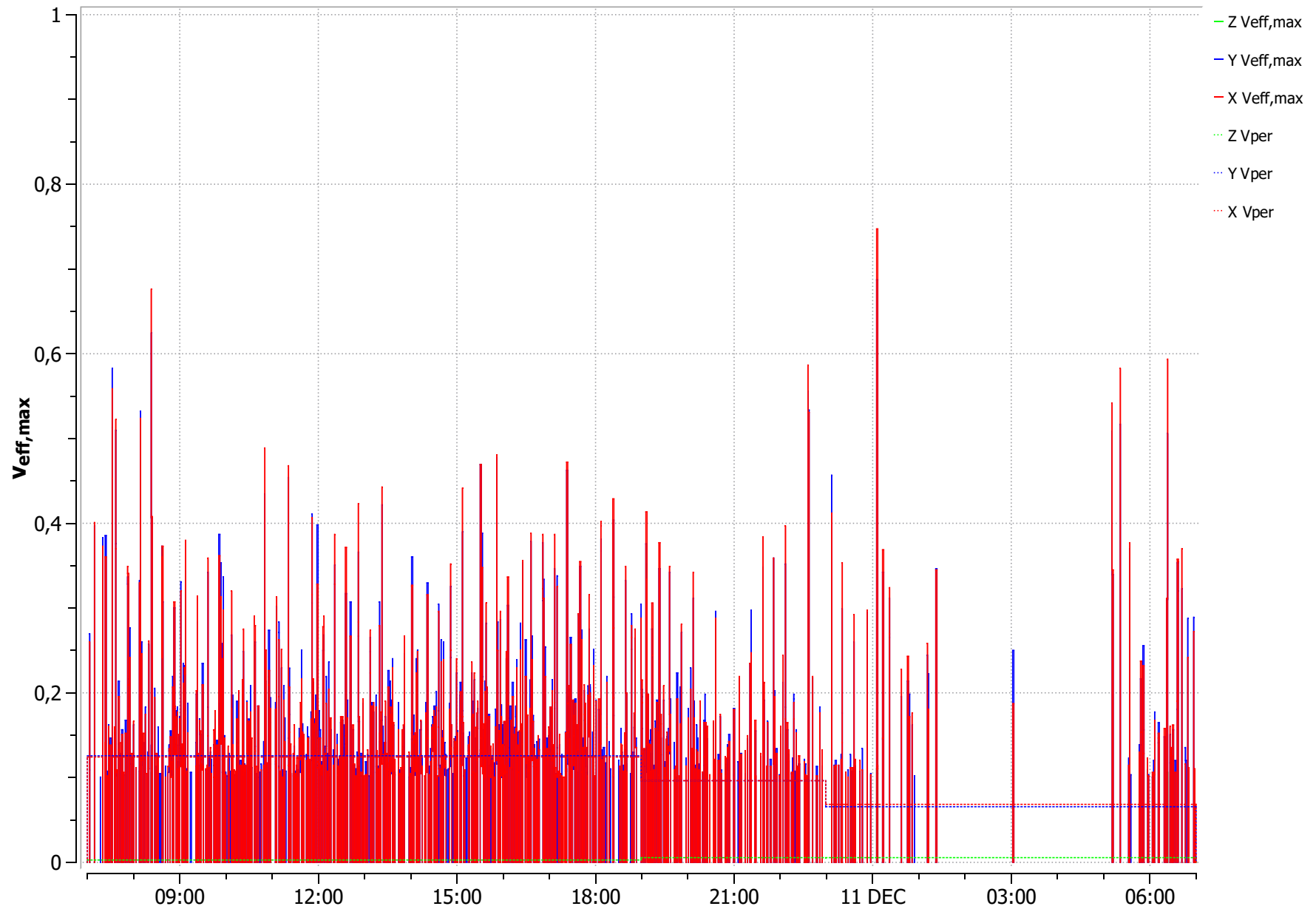
VB2133 18VM002 2018-12-03



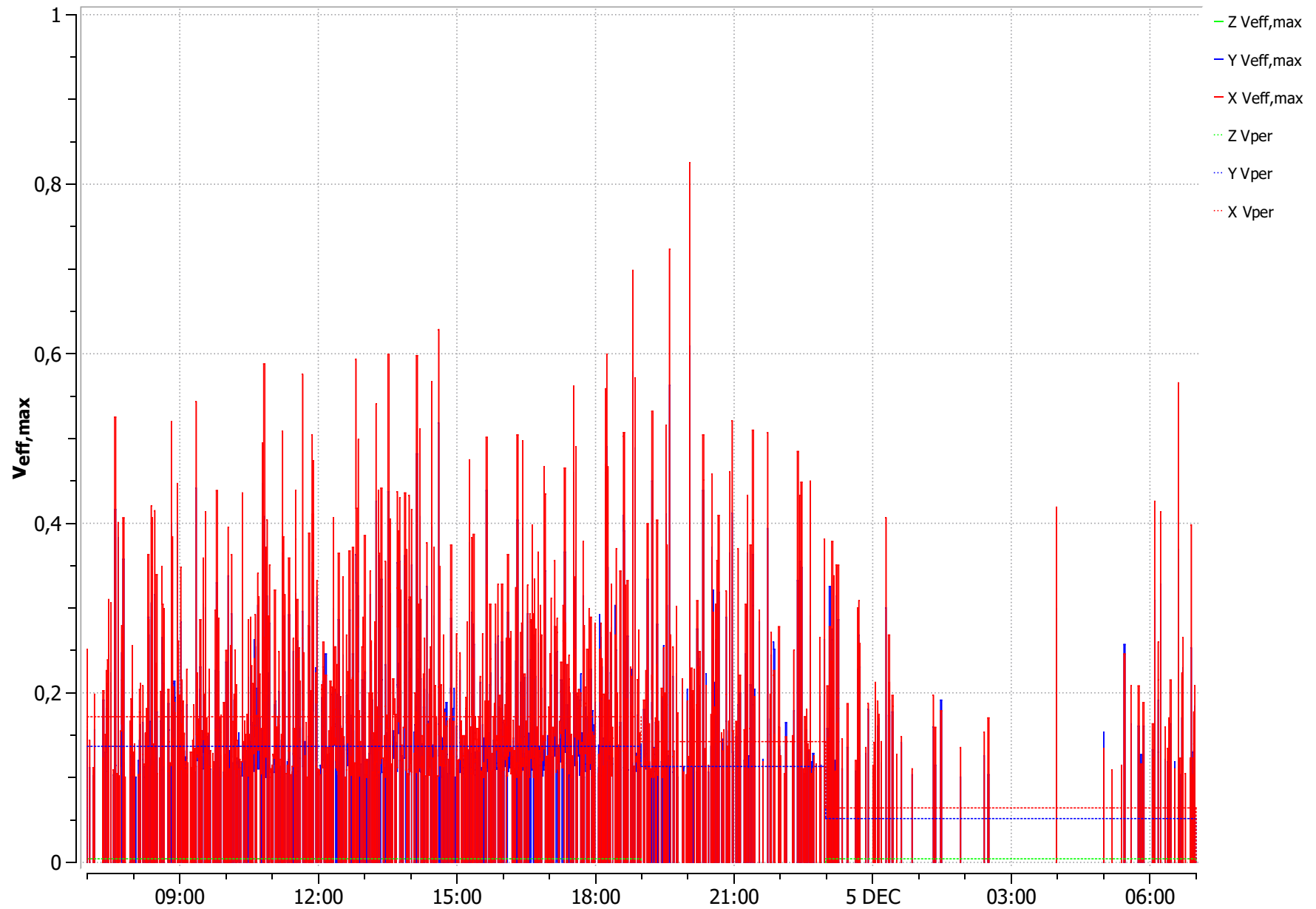
VB2133 18VM002 2018-12-03



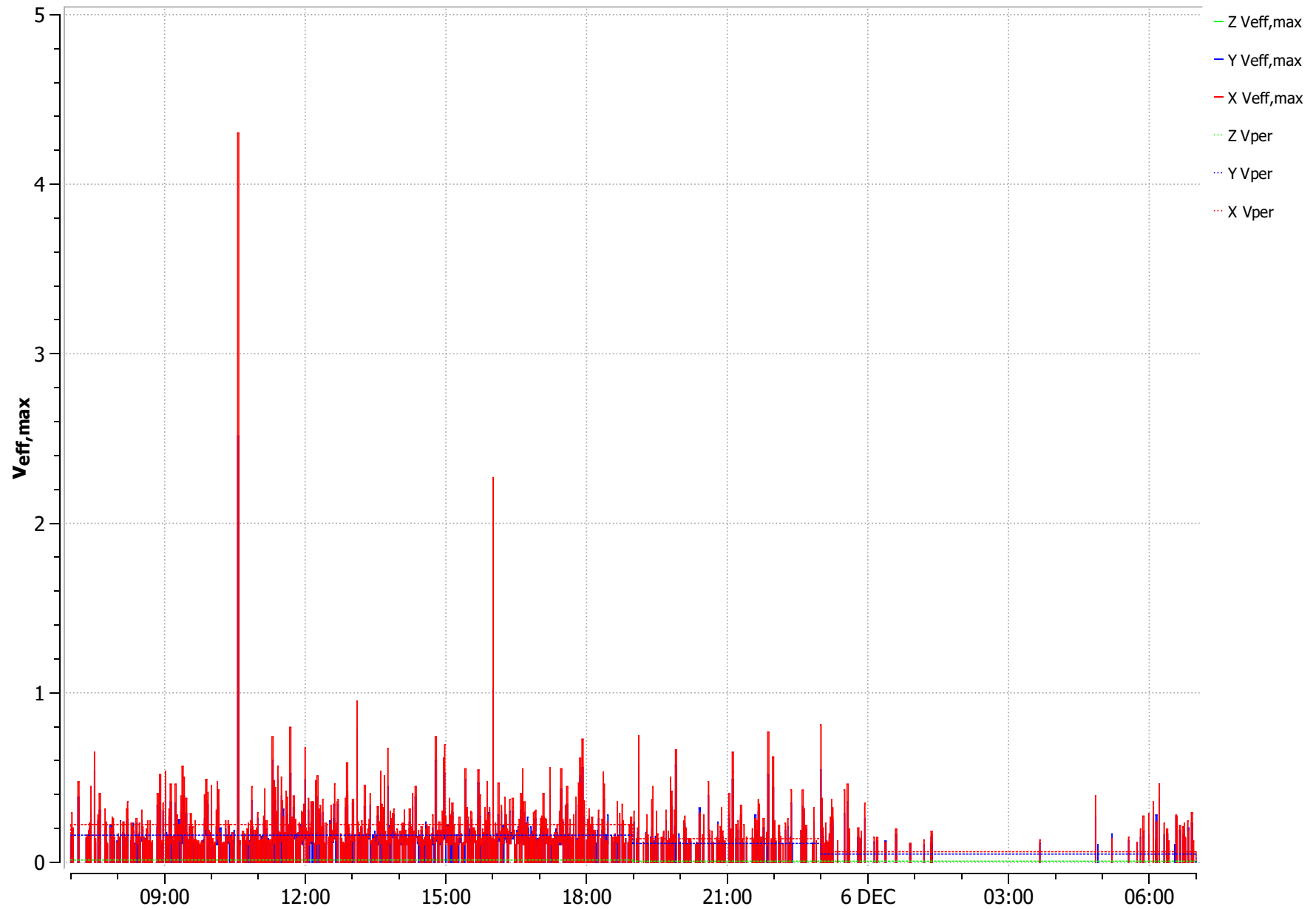
VB2133 18VM002 2018-12-03



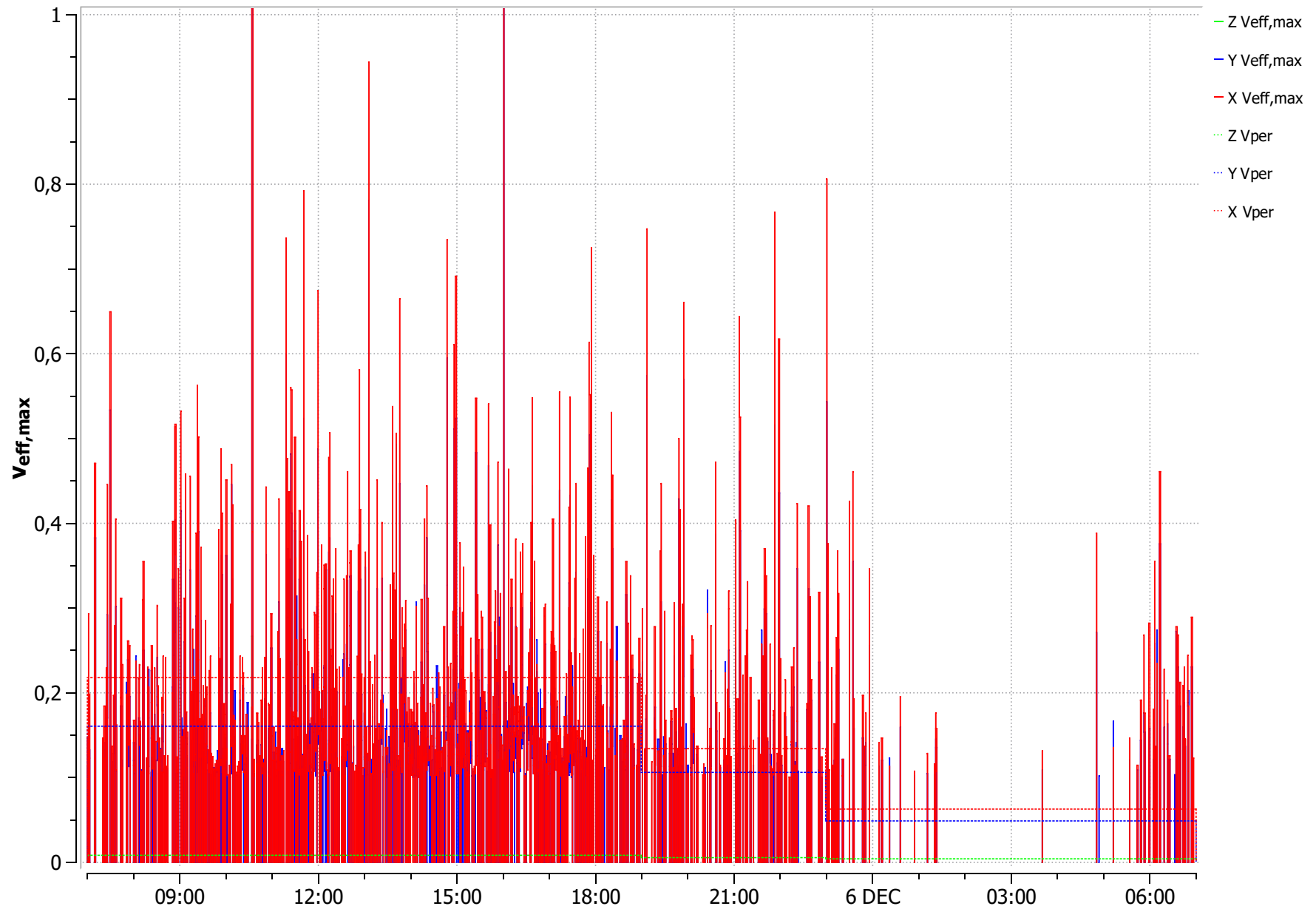
VIB02134 18VM002 2018-12-03



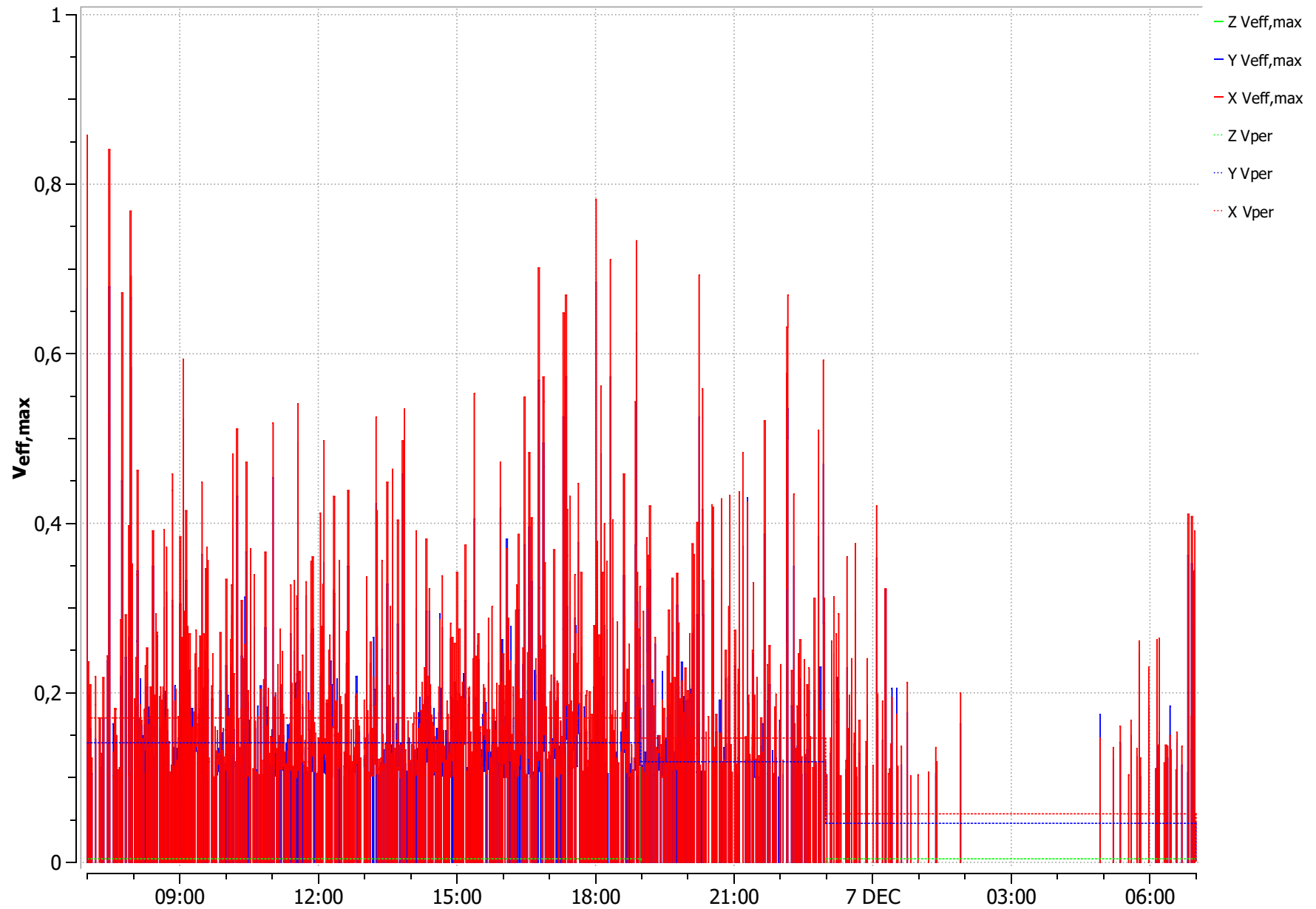
VIB02134 18VM002 2018-12-03



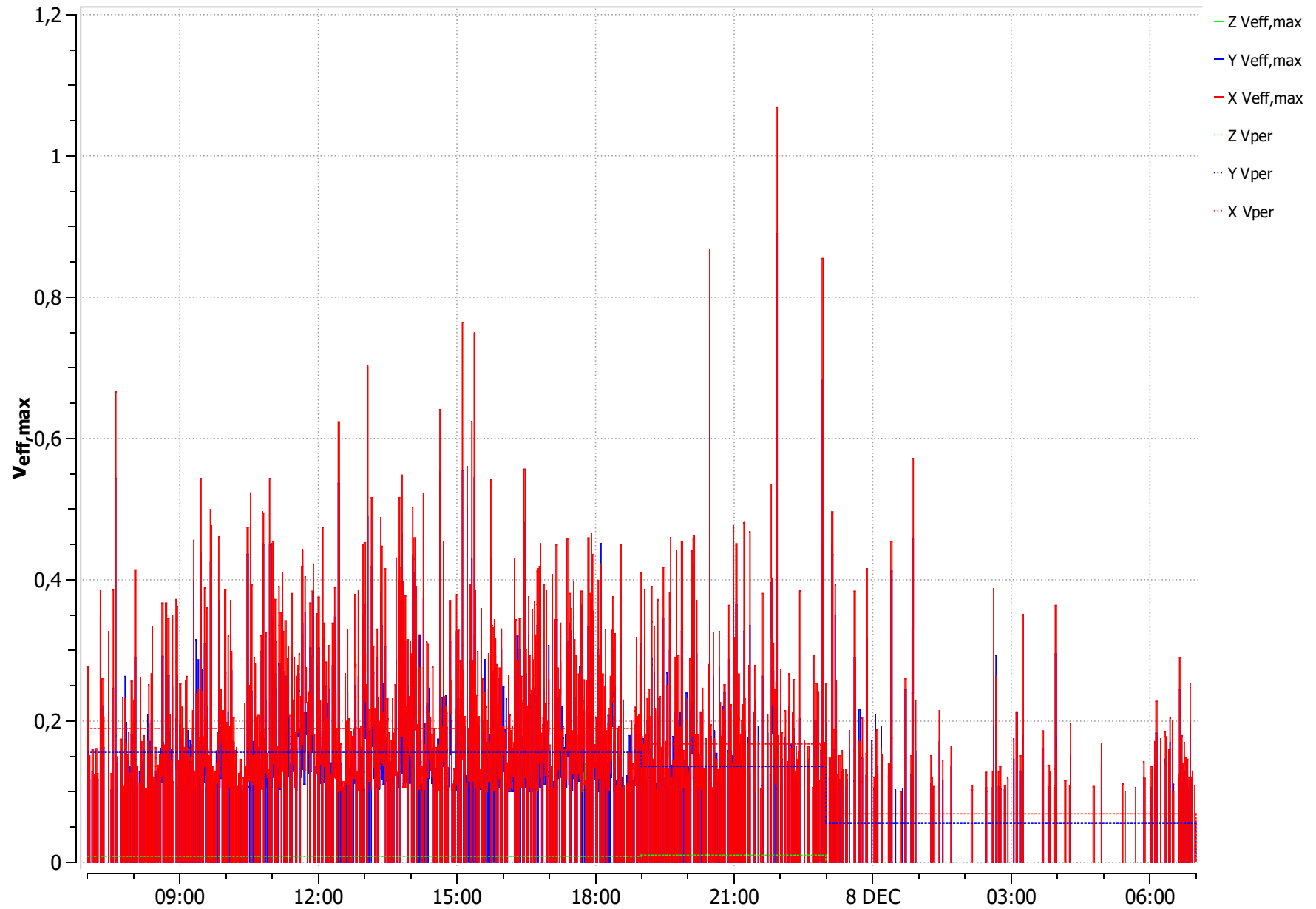
VIB02134 18VM002 2018-12-03



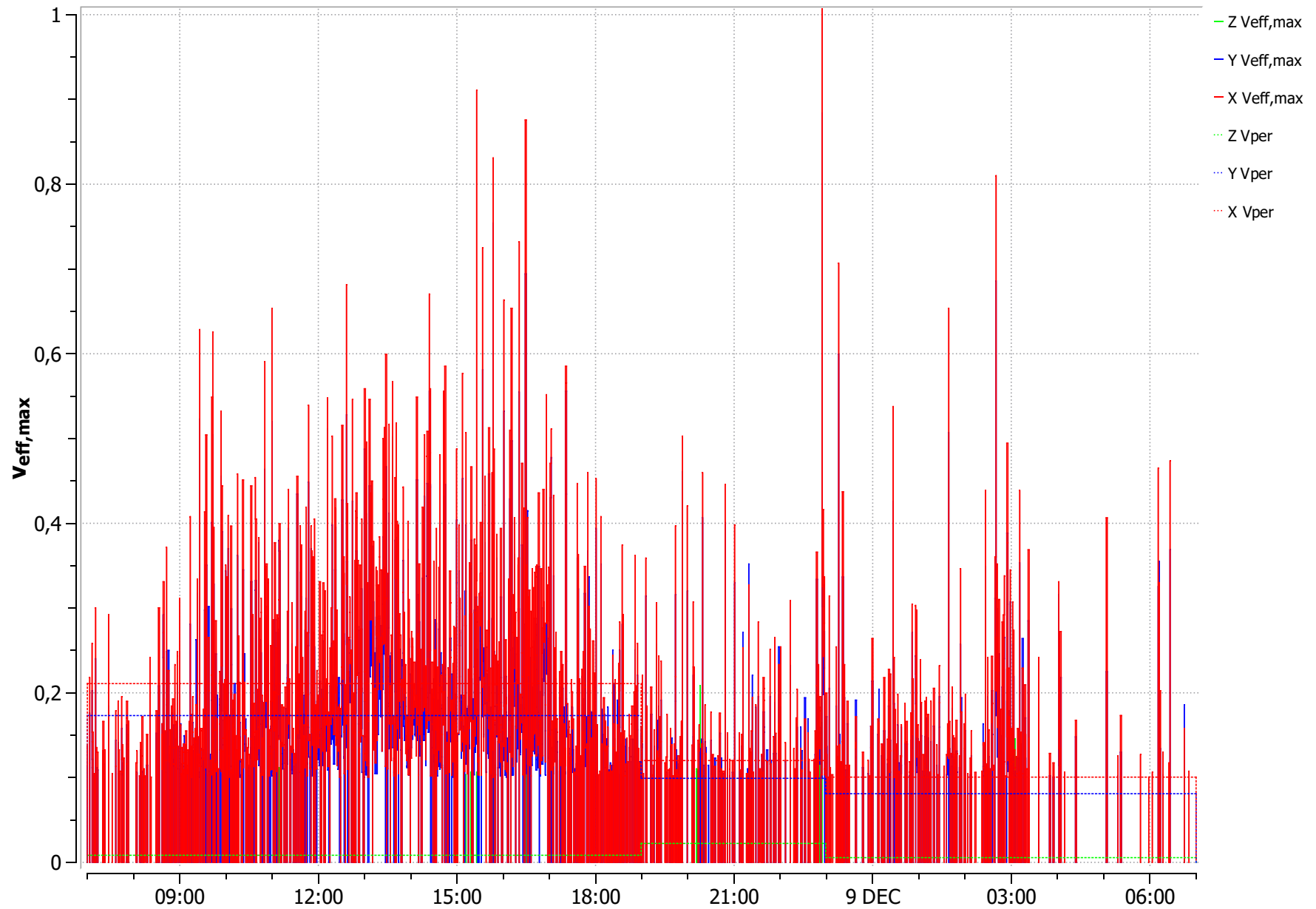
VIB02134 18VM002 2018-12-03



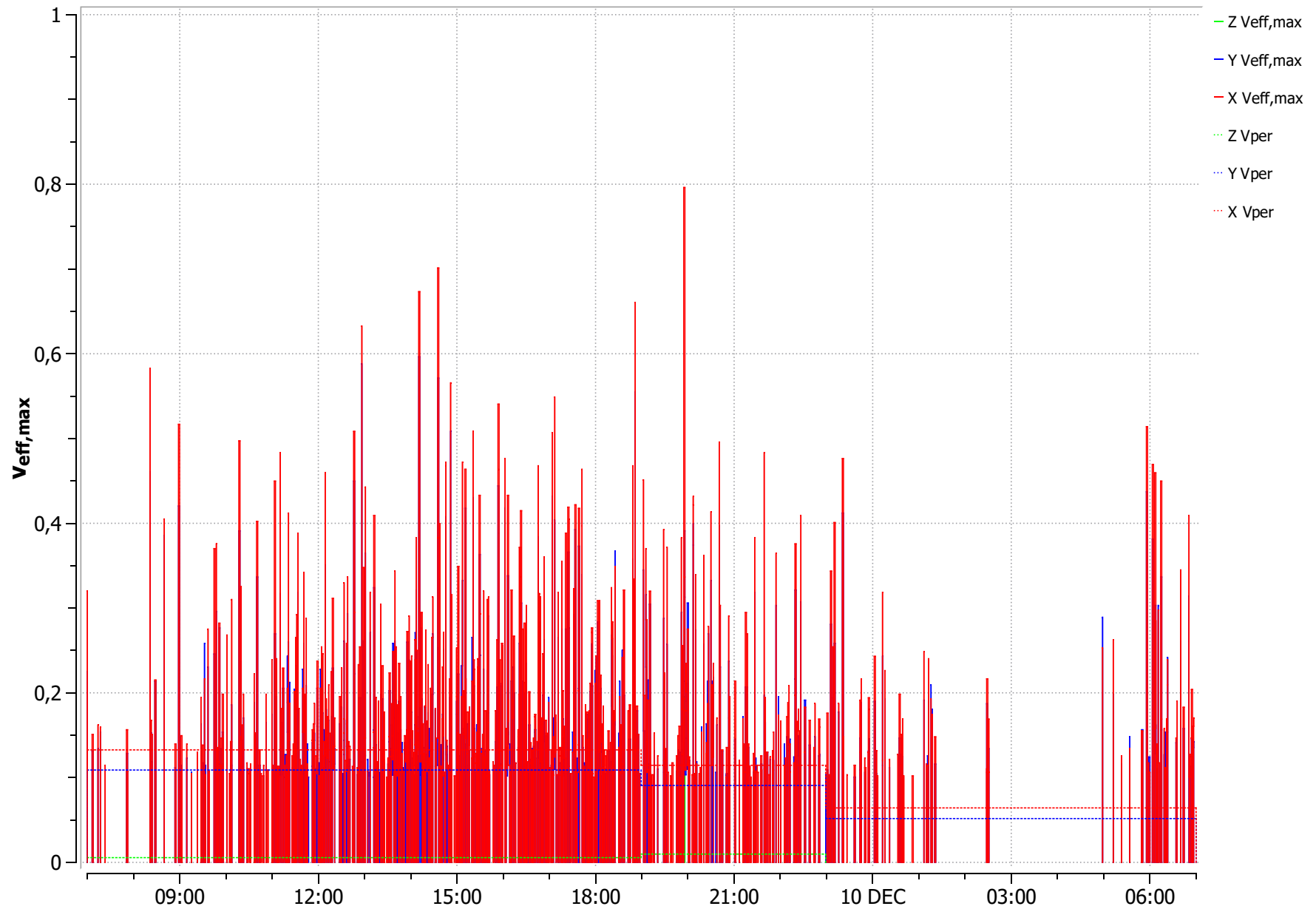
VIB02134 18VM002 2018-12-03



VIB02134 18VM002 2018-12-03



VIB02134 18VM002 2018-12-03



VIB02134 18VM002 2018-12-03

