

IFCO Funderingsexpertise BV

Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen

Tel: (0182) 646 646
E-mail: mail@ifco.nl
Web: www.ifco.nl

RESULTATEN TRILLINGSMETINGEN TREINVERKEER ZUIDHOEK 3 TE KAPELLE						
Revisie informatie:						
Rev.	Status	Datum	Opgesteld door	Paraaf		
A	Definitief	01-02-2018	P.A.M. Baarendse			

Opdrachtgever: **Gemeente Kapelle**
Postbus 79
4420 AC Kapelle

Referentie: **R17VM080.001.PB.docx**

INHOUDSOPGAVE:

1	INLEIDING.....	3
2	GEGEVENS MONITORING.....	3
3	MEETAPPARATUUR.....	3
4	BEOORDELING TRILLINGEN.....	4
4.1	SBR-RICHTLIJN A.....	4
4.2	SBR-RICHTLIJN B.....	5
5	MEETLOCATIES.....	6
6	MEETRESULTATEN.....	7
6.1	PRESENTATIE.....	7
6.2	OPMERKINGEN.....	7
6.3	ANALYSE.....	7
6.3.1	<i>Meetpunt 1.....</i>	7
6.3.2	<i>Meetpunt 2.....</i>	7
6.3.3	<i>Meetpunt 3.....</i>	8
6.3.4	<i>Algemeen.....</i>	8
7	TRILLINGEN TER PLAATSE VAN NIEUWBOUW.....	9
8	CONCLUSIES.....	10
9	BIJLAGEN.....	11

1 Inleiding.

IFCO Funderingsexpertise (IFCO) heeft opdracht ontvangen van Gemeente Kapelle om trillingsmetingen uit te voeren ten behoeve van het project “Zuidhoek 3” te Kapelle.

Ten noorden van de nog te bouwen woningen voor het betreffende project ligt het spoor Vlissingen - Bergen op Zoom. Het doel van de metingen is om een beeld te krijgen van trillingen die worden veroorzaakt door passerend treinverkeer.

Op basis van de meetresultaten wordt een inschatting gegeven van de te verwachten trillingen ter plaatse van de nieuw te bouwen woningen op verschillende afstanden uit het spoor. Volgens opgave bedraagt de kortste afstand van de nieuw te bouwen woningen tot de spoorlijn circa 60 m.

De te verwachten trillingen worden vervolgens getoetst aan richtlijn deel A “Schade aan gebouwen” van Stichting Bouw Research (SBR-A) en richtlijn deel B “Hinder voor personen in gebouwen” (SBR-B).

In deze rapportage wordt verslag gedaan over de trillingsmetingen en de meetresultaten.

2 Gegevens monitoring.

Op 16 januari 2018 heeft IFCO drie meetsystemen geplaatst op locatie. Twee meetsystemen zijn geplaatst op het terrein van de Gemeente aan de Dijkwelseweg 1b. Eén meetsysteem is geplaatst in het gebied van de nieuwbouw.

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd van 16 t/m 23 januari 2018.

De meetsystemen hebben gedurende de meetperiode dag en nacht continu gemeten. Dagelijks werd om 12:30 uur door elk meetsysteem een status e-mail verzonden ter controle van een juiste werking.

3 Meetapparatuur.

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd met de Profound *VIBRA*⁺, welke zowel de trillingsamplitude in x-, y- en z-richting alsmede de bijbehorende dominante frequentie vastlegt. Elk meetsysteem is gecodeerd met een nummer dat begint met VB. De *VIBRA*⁺ meet volledig conform SBR-richtlijn A en SBR-richtlijn B. De frequentie is bepaald volgens methode I van SBR-A. Per ingestelde intervaltijd van 10 seconden wordt de meest relevante meetwaarde opgeslagen. Het betreft die waarde die zich het dichtst bij de grenslijn van de gekozen bouwcategorie bevindt dan wel deze het meest overschrijdt.

4 Beoordeling trillingen.

4.1 SBR-richtlijn A.

Met betrekking tot het aspect “schade aan gebouwen” worden de trillingen beoordeeld aan de hand van SBR-richtlijn A (SBR-A). Deze richtlijn is van toepassing op trillingen met een dominante frequentie tussen de 1 en 100 Hz. In SBR-A wordt onderscheid gemaakt in verschillende typen metingen, namelijk een indicatieve, een beperkte en een uitgebreide meting. Tevens wordt onderscheid gemaakt in verschillende typen trillingen, namelijk kortdurende, herhaald kortdurende en continue trillingen. En als laatste wordt onderscheid gemaakt in drie categorieën bouwwerken, namelijk categorie 1, 2 en 3.

In het onderhavige geval zijn indicatieve trillingsmetingen uitgevoerd.

Trillingen veroorzaakt door passerend treinverkeer zijn in de regel herhaald kortdurende trillingen.

De nog te bouwen woningen kunnen worden geplaatst in categorie 2. Een gebouw wordt geplaatst in categorie 2 wanneer de draagconstructie en/of onderdelen ervan bestaan uit metselwerk of uit andere brosse steenachtige materialen in een goede bouwkundige staat.

In tabel I staan de toelaatbare waarden uitgaande van herhaald kortdurende trillingen bij uitvoering van een indicatieve trillingsmeting.

TABEL I : Toelaatbare herhaald kortdurende trillingen in mm/s bij een indicatieve trillingsmeting							
Onderdeel	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 1	8,33	9,38	10,42	11,46	12,50	13,54	14,58
categorie 2	2,08	2,60	3,13	3,65	4,17	4,69	5,21
categorie 3	1,25	1,51	1,77	2,03	2,29	2,55	2,81
fundering (verdichting zand)	15,92	10,61	7,96	6,37	5,31	4,55	3,98

Volgens SBR-A is de kans op trillingsschade < 1 % in het geval de trillingen kleiner zijn dan de uit de richtlijn af te leiden toelaatbare waarden. Wanneer trillingsschade ontstaat, is dit in het algemeen zogenaamde cosmetische schade. Hieronder worden verstaan haarscheurtjes in pleister-, tegel- en metselwerk, alsmede naadvorming langs kozijnen en plafonds, etc. De kans op constructieve trillingsschade is in het algemeen zeer gering. Risico op constructieve schade is veelal aanwezig wanneer verzakking van een gebouw optreedt.

Wanneer de trillingen voldoen aan SBR-A, is de kans op het ontstaan van cosmetische trillingsschade klein tot zeer klein. Het ontstaan van constructieve trillingsschade is dan (nagenoeg) uitgesloten. Bij lichte overschrijding van de richtlijn is de kans op schade nog steeds klein.

4.2 SBR-richtlijn B.

Met betrekking tot het aspect “hinder voor personen” worden de trillingen beoordeeld aan de hand van SBR-richtlijn B (SBR-B). In SBR-B wordt onderscheid gemaakt in de duur van de periode waarin de trillingen voorkomen, te weten een lange en een korte periode. Wanneer sprake is van een lange periode wordt tevens onderscheid gemaakt in gebouwfuncties, dag- en nachtperioden, type trillingen en bestaande of nieuwe situaties.

In het onderhavige geval is uitgegaan van een lange periode, herhaald kortdurende trillingen en een nieuwe situatie (nieuwe gebouwen nabij railverkeer).

In tabel II worden de streefwaarden voor herhaald kortdurende trillingen gegeven over lange perioden in gebouwen, uitgaande van een nieuwe situatie.

TABEL II : Streefwaarden voor herhaald kortdurende trillingen voor nieuwe situaties gedurende een lange periode						
Gebouwfunctie	dag & avond (7:00 uur - 19:00 uur - 23:00 uur)			nacht (23:00 uur - 7:00 uur)		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1. Gezondheidszorg	0,10	0,40	0,05	0,10	0,20	0,05
2. Wonen	0,10	0,40	0,05	0,10	0,20	0,05
3. Onderwijs en kantoor	0,15	0,60	0,07	0,15	0,60	0,07
4. Bijeenkomst	0,15	0,60	0,07	0,15	0,60	0,07
5. Kritische werkruimte	0,10	0,10	----	0,10	0,10	----

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte ($v_{eff, max}$) [dimensieloos].

A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte ($v_{eff, max}$) [dimensieloos].

A3 = streefwaarde voor de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde (v_{per}) [dimensieloos].

Volgens SBR-B mogen de trillingen voor personen in het algemeen als toelaatbaar worden beschouwd als wordt voldaan aan één van de volgende twee voorwaarden:

1. De $v_{eff, max}$ in een ruimte moet kleiner zijn dan A1.
2. De $v_{eff, max}$ in een ruimte moet kleiner zijn dan A2, waarbij v_{per} kleiner is dan A3.

Ter info:

De streefwaarden voor herhaald kortdurende trillingen voor bestaande situaties zijn ongeveer 1x zo hoog als de streefwaarden voor een nieuw situatie.

5 Meetlocaties.

In tabel III is aangegeven op welke locaties en met welke meetsystemen de trillingsmetingen zijn uitgevoerd.

TABEL III : Meetlocaties trillingsmetingen			
Meet-punt	Meet-systeem	Meetlocatie	Afstand tot spoorlijn
1	VB2075	Loods Dijkwelseweg 1b, begane grond linker zijgevel	90 m
2	VB2127	Maaiveld terrein Dijkwelseweg 1b	35 m
3	VB2128	Fietstunnel, betonnen vleugel zuidoostzijde	30 m

In onderstaande figuur 1 worden in een kaart de meetlocaties aangegeven.



Figuur 1: locatie meetsystemen

Op meetpunt 1 was de trillingsmeter bevestigd aan de gemetselde gevel van de loods.
 Op meetpunt 2 was de trillingsmeter middels een betonnen 30x30 tegel geplaatst op het maaiveld.
 Op meetpunt 3 was de trillingsmeter bevestigd aan de betonnen vleugel van de fietstunnel ter hoogte van het maaiveld.

De horizontale x-richting was op de drie meetpunten gericht loodrecht op de spoorlijn.

De funderingswijze van de loods en de fietstunnelconstructie zijn bij IFCO niet bekend.

6 Meetresultaten.

6.1 Presentatie.

De meetresultaten van de trillingsmetingen worden als bijlage toegevoegd. Per meetpunt worden de volgende grafieken gepresenteerd:

1. De trillingssterkte $v_{top,i}$ [mm/s] op de verticale as tegen de tijd [dagen] op de horizontale as.
2. De trillingssterkte $v_{top,i}$ [mm/s] op de verticale as tegen de frequentie [Hz] op de horizontale as.
3. De effectieve waarde van de trillingssterkte $v_{eff,max}$ [-] en de v_{per} [-] op de verticale as tegen de tijd op de horizontale as.
4. De effectieve waarde van de trillingssterkte $v_{eff,max}$ [-] en de v_{per} [-] over de gehele meetperiode op de verticale as tegen de tijd in daguren van de gehele meetperiode op de horizontale as.

6.2 Opmerkingen.

- De *VIBRA*⁺ registreert alle trillingen, ook trillingen die niet door het treinverkeer worden veroorzaakt. Hierbij kan gedacht worden aan wegverkeer, werkzaamheden en bewegingen van personen ter plaatse van de meetpunten, het aanstoten van de meetsensor, enzovoorts.
- Trillingen veroorzaakt door treinverkeer zijn volgens SBR-A herhaald kortdurende trillingen. De frequenties van deze trillingen liggen in het algemeen vaak tussen 2 en 20 Hz.
- Bodemtrillingen (trillingen op het maaiveld) zijn in het algemeen circa 40 % hoger dan trillingen op de begane grondverdieping van een gebouw. Zie ook rapport CUR-166 "Damwandconstructies". Hierin wordt een reductiefactor trillingen gebouw/bodem van 0,7 vermeld. De verhouding tussen bodemtrillingen en gebouwtrillingen is daardoor $1/0,7 \approx 1,4$.

6.3 Analyse.

6.3.1 Meetpunt 1.

- De hoogst gemeten trillingswaarde bedroeg 1,11 mm/s en had een frequentie van 7,0 Hz. Deze trilling is gemeten op 16 januari om 12:20 uur in de verticale z-richting.
- De hoogst gemeten $v_{eff,max}$ waarde bedroeg 0,35.
- De maximum gemeten v_{per} bedroeg 0,01.

6.3.2 Meetpunt 2.

- Op 19 januari tussen circa 13:45 en 15:40 uur en op 22 januari tussen circa 8:00 en 9:45 uur zijn enkele afwijkende trillingen gemeten met waardes tot circa 2,6 mm/s. De frequenties van deze trillingen lagen tussen circa 0,5 en 80,0 Hz. Gelet op het afwijkende karakter en het feit dat op dezelfde momenten bij meetpunt 1 en 3 geen noemenswaardige trillingen zijn gemeten, is het zeer onwaarschijnlijk dat genoemde trillingen zijn veroorzaakt door treinverkeer.
- De hoogst gemeten trillingswaarde bedroeg 2,57 mm/s en had een frequentie van 13,5 Hz. Deze trilling is gemeten op 22 januari om 8:00 uur in de verticale z-richting en is naar verwachting niet veroorzaakt door het treinverkeer.
- De hoogst gemeten trillingswaarde welke vermoedelijk is veroorzaakt door het treinverkeer bedroeg 1,32 mm/s en had een frequentie van 12,5 Hz. Deze trilling is gemeten op 17 januari om 8:23 uur.
- De hoogst gemeten $v_{eff,max}$ waarde bedroeg 0,97. Deze is naar verwachting niet veroorzaakt door het treinverkeer.
- De hoogst gemeten $v_{eff,max}$ welke vermoedelijk is veroorzaakt door het treinverkeer bedroeg 0,53.
- De maximum gemeten v_{per} bedroeg 0,03.

6.3.3 Meetpunt 3.

- De hoogst gemeten trillingswaarde bedroeg 0,93 mm/s en had een frequentie van 4,0 Hz. Deze trilling is gemeten op 20 januari om 19:03 uur in de verticale z-richting.
- De hoogst gemeten $v_{\text{eff, max}}$ waarde bedroeg 0,37.
- De maximum gemeten v_{per} bedroeg 0,02.

6.3.4 Algemeen.

Ter plaatse van meetpunt 1 is gemeten aan een gebouw. De meetresultaten van dit meetpunt kunnen worden getoetst aan de waarden uit SBR-A en SBR-B. Ter plaatse van meetpunt 1 voldoen alle gemeten trillingen aan SBR-A en SBR-B. Opgemerkt wordt dat het gebouw waaraan is gemeten naar verwachting minder massa heeft dan een nieuwbouwwoning. De kans is dus groot dat ter plaatse van een nieuwbouwwoning op dezelfde afstand de trillingen lager zijn dan nu gemeten. Voor een gebouw met 2 à 3 bouwlagen zou de hoogste trillingswaarde in dat geval circa 0,65 mm/s bedragen (i.p.v. 1,11 mm/s).

Ter plaatse van meetpunt 3 is gemeten aan een fietstunnelconstructie. Wanneer dit wordt beschouwd als een gebouw, kunnen de meetresultaten van dit meetpunt worden getoetst aan de waarden uit SBR-A en SBR-B. Ter plaatse van meetpunt 3 voldoen alle gemeten trillingen aan SBR-A en SBR-B. Opgemerkt wordt dat de constructie waaraan is gemeten minder massa heeft dan een nieuwbouwwoning. De kans is dus groot dat ter plaatse van een nieuwbouwwoning op dezelfde afstand de trillingen lager zijn dan nu gemeten.

Ter plaatse van meetpunt 2 is gemeten aan het maaiveld. De meetresultaten van dit meetpunt zijn niet direct te toetsen aan de waarden uit SBR-A en SBR-B. Om een idee te krijgen van de trillingen op deze locatie in een gebouw, worden de gemeten trillingen omgerekend naar gebouwtrillingen (zie opmerking in H6.2). In dat geval bedraagt de hoogste trillingswaarde circa 1,8 mm/s en de $v_{\text{eff, max}}$ waarde circa 0,7. Hierbij wordt opgemerkt dat deze trillingen zeer waarschijnlijk niet zijn veroorzaakt door het treinverkeer (zie H6.3.2). De omgerekende hoogste trillingswaarde, veroorzaakt door het treinverkeer, bedraagt circa 0,94 mm/s. Wanneer de afwijkende trillingen buiten beschouwing worden gelaten, voldaan naar verwachting alle trillingen aan SBR-A en SBR-B.

Bij een meting conform SBR-A wordt gemeten in een stijf punt van de constructie. Bij een meting conform SBR-B wordt gemeten op een punt in een gebouw waar de meeste trillingshinder wordt verwacht. Meestal is dit op een vloer. De gemeten en omgerekende trillingen in dit rapport moeten, met name voor SBR-B, dus worden gezien als indicatie. In de praktijk kunnen de trillingen iets afwijken van de in dit rapport gepresenteerde trillingen.

Gelet op het algehele trillingsbeeld is het aannemelijk dat een groot deel van de gemeten trillingen is veroorzaakt door treinverkeer. Uit de resultaten van de trillingsmetingen is echter niet éénduidig te achterhalen welke trillingen zijn veroorzaakt goederentreinen en passagierstreinen.

Tussen circa 22:00 en 06:00 uur zijn de trillingen gemiddeld genomen beduidend lager dan overdag.

7 Trillingen ter plaatse van nieuwbouw.

IFCO is sinds 1988 jaarlijks betrokken bij meerdere trillingsmetingen op diverse locaties verspreid over Nederland. De resultaten van de trillingsmetingen zijn gerangschikt naar het type trillingsbron en de afstand tussen het meetpunt en de trillingsbron, waarna uit deze gegevens een relatie tussen de afstand van de trillingsbron tot het meetpunt en de snelheidsamplitude van de trilling is afgeleid. Dit is vertaald naar verschillende IFCO-prognosegrafieken (voor o.a. heiwerk, trilwerk en verkeer).

Op basis van de IFCO-prognosegrafiek en de meetresultaten van de uitgevoerde trillingsmetingen worden in tabel IV voor verschillende afstanden tot de spoorlijn de trillingen vermeld die naar verwachting optreden in een gebouw. Daarbij wordt aangegeven of de te verwachten trillingen voldoen aan SBR-A en SBR-B.

TABEL IV : Te verwachten trillingen ter plaatse van de nieuwbouw				
Afstand tot spoorlijn	$V_{top,i}$	Voldoet aan SBR-A	$V_{eff, max}$	Voldoet aan SBR-B
30 m	1,0 mm/s	ja	0,37	ja
40 m	0,9 mm/s	ja	0,34	ja
50 m	0,8 mm/s	ja	0,31	ja
60 m	0,7 mm/s	ja	0,30	ja
80 m	0,6 mm/s	ja	0,27	ja
100 m	0,6 mm/s	ja	0,25	ja
150 m	0,5 mm/s	ja	0,22	ja
200 m	0,4 mm/s	ja	0,20	ja

Toelichting op tabel IV:

- De trillingswaarden zijn bepaald voor een gebouw van 2 à 3 bouwlagen.
- De op meetpunt 2 gemeten afwijkende trillingen zijn buiten beschouwing gelaten.
- Toetsing aan SBR-B is gedaan op basis van de waarde A2 (0,4). In de praktijk is namelijk gebleken dat de waarde A3 (v_{per}) meestal niet maatgevend is.

8 Conclusies.

Op basis van de resultaten van de trillingsmetingen, uitgevoerd van 16 t/m 23 januari 2018, wordt de kans erg klein geacht dat door trillingen door treinverkeer trillingsschade aan de toekomstige woningen op minimaal 60 m van de spoorlijn wordt veroorzaakt.

Op basis van de resultaten van de trillingsmetingen, uitgevoerd van 16 t/m 23 januari 2018, worden de trillingen door treinverkeer op grond van SBR-richtlijn B in de toekomstige woningen op minimaal 60 m van de spoorlijn voor personen als toelaatbaar beschouwd.

Op een afstand tussen circa 30 en 60 m van de spoorlijn is de kans op schade en hinder naar verwachting ook klein.

Waddinxveen, 1 februari 2018,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Baarendse'.

P.A.M. Baarendse
IFCO Funderingsexpertise BV

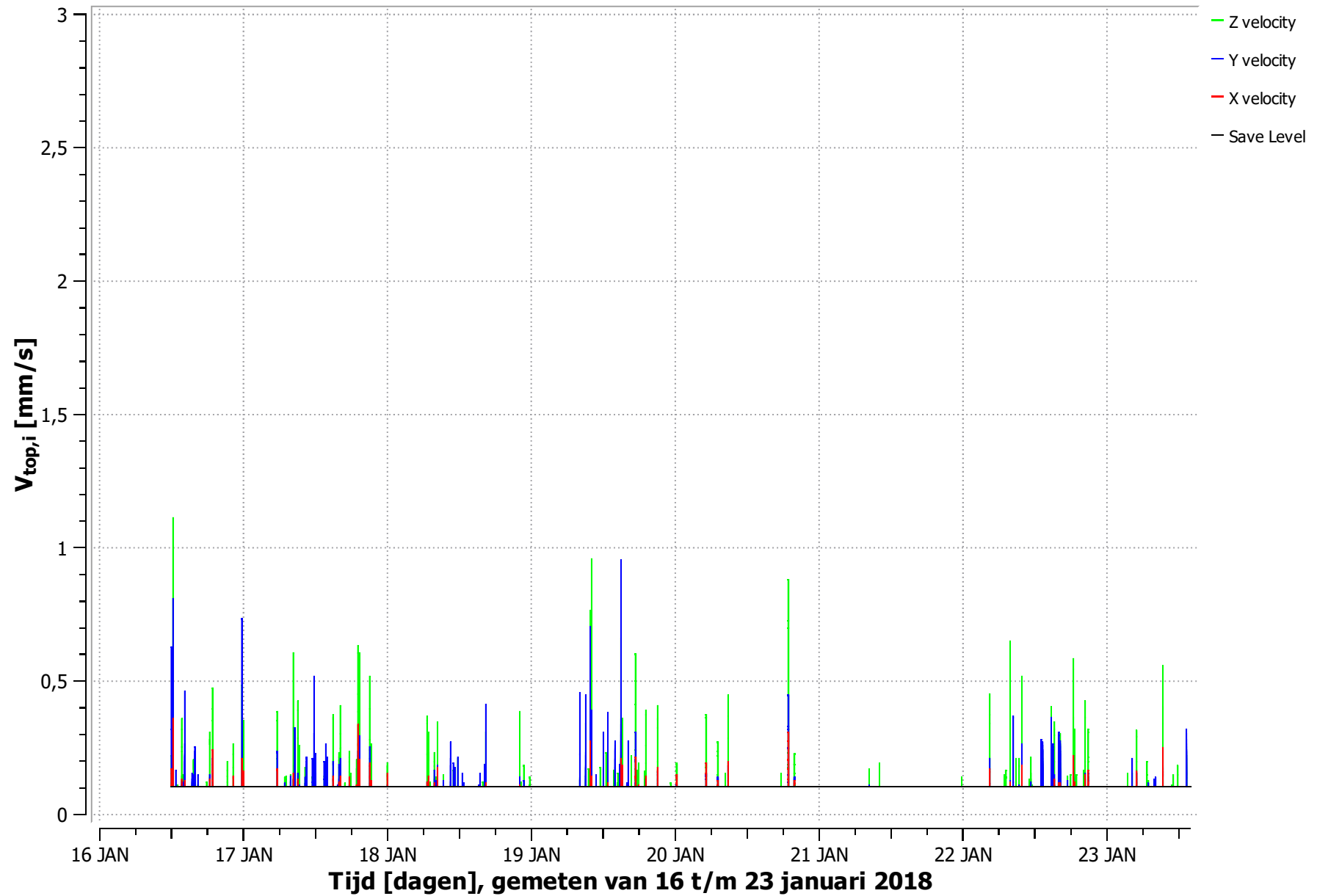
9 **BIJLAGEN.**

- I: Resultaten trillingsmetingen meetpunt 1
- II: Resultaten trillingsmetingen meetpunt 2
- III: Resultaten trillingsmetingen meetpunt 3

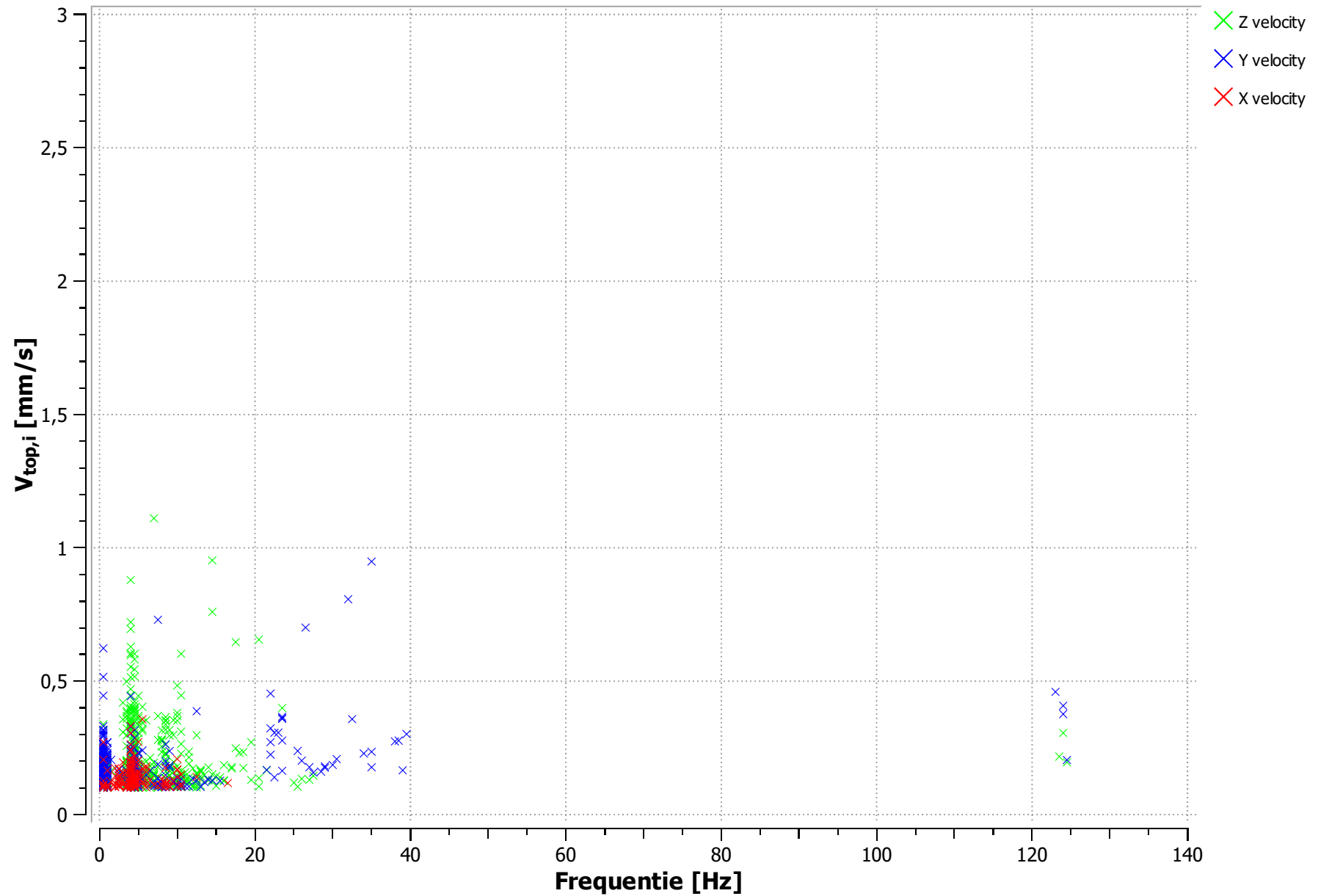
BIJLAGE I

Resultaten trillingsmetingen meetpunt 1

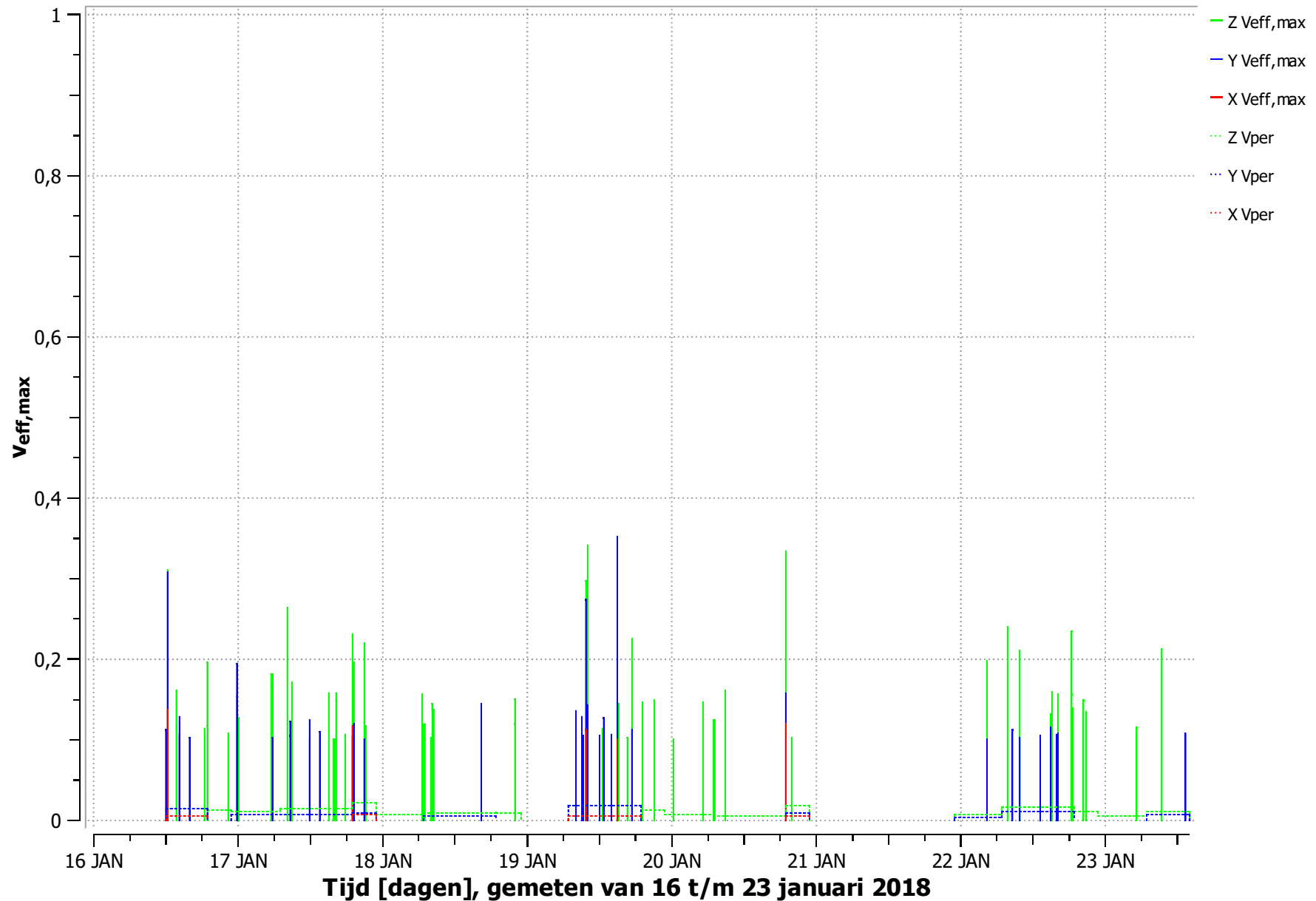
Meetpunt 1 (VB2075) / Loods Dijkwelseweg 1b te Kapelle



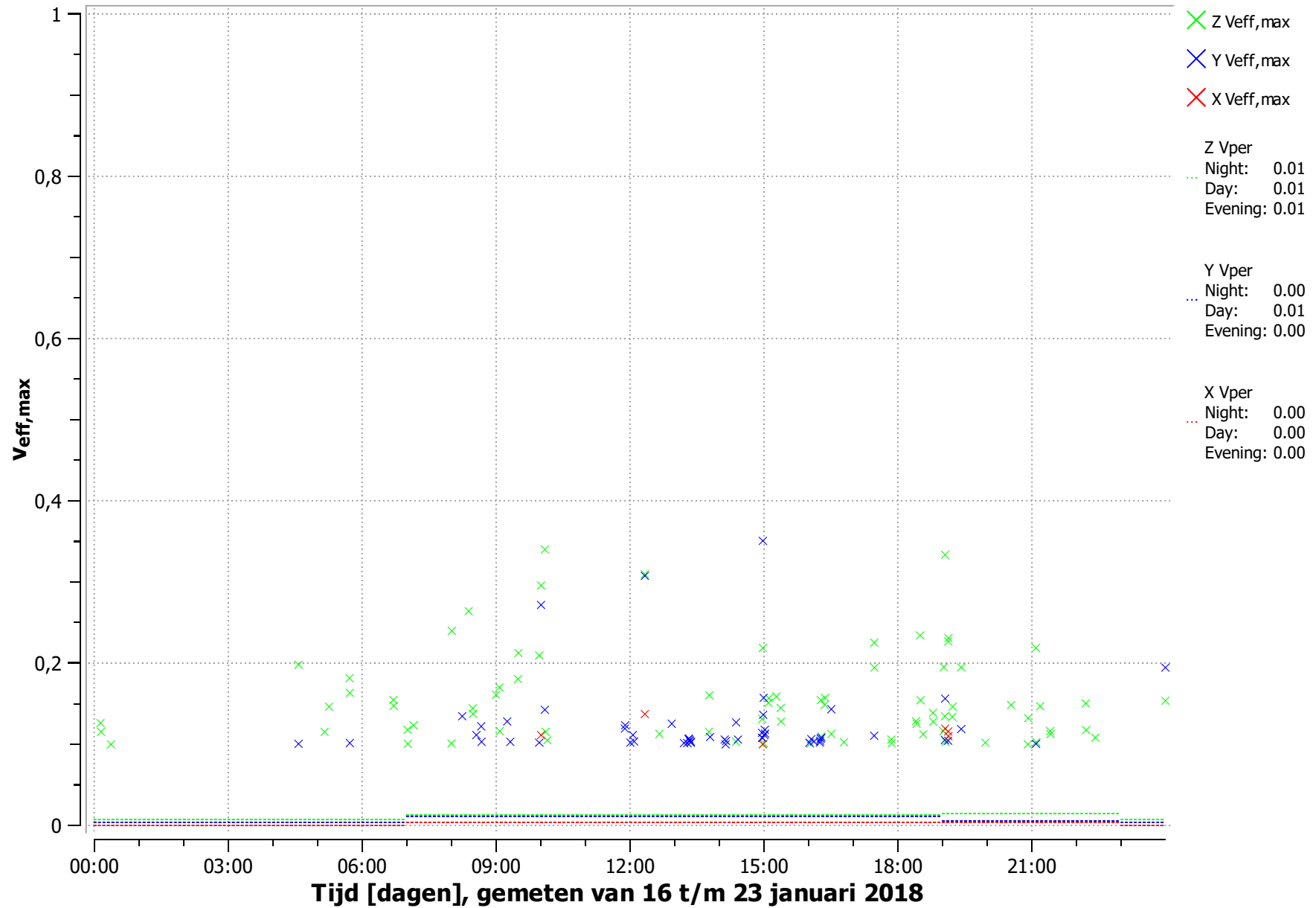
Meetpunt 1 (VB2075) / Loods Dijkwelseweg 1b te Kapelle



Meetpunt 1 (VB2075) / Loods Dijkwelseweg 1b te Kapelle



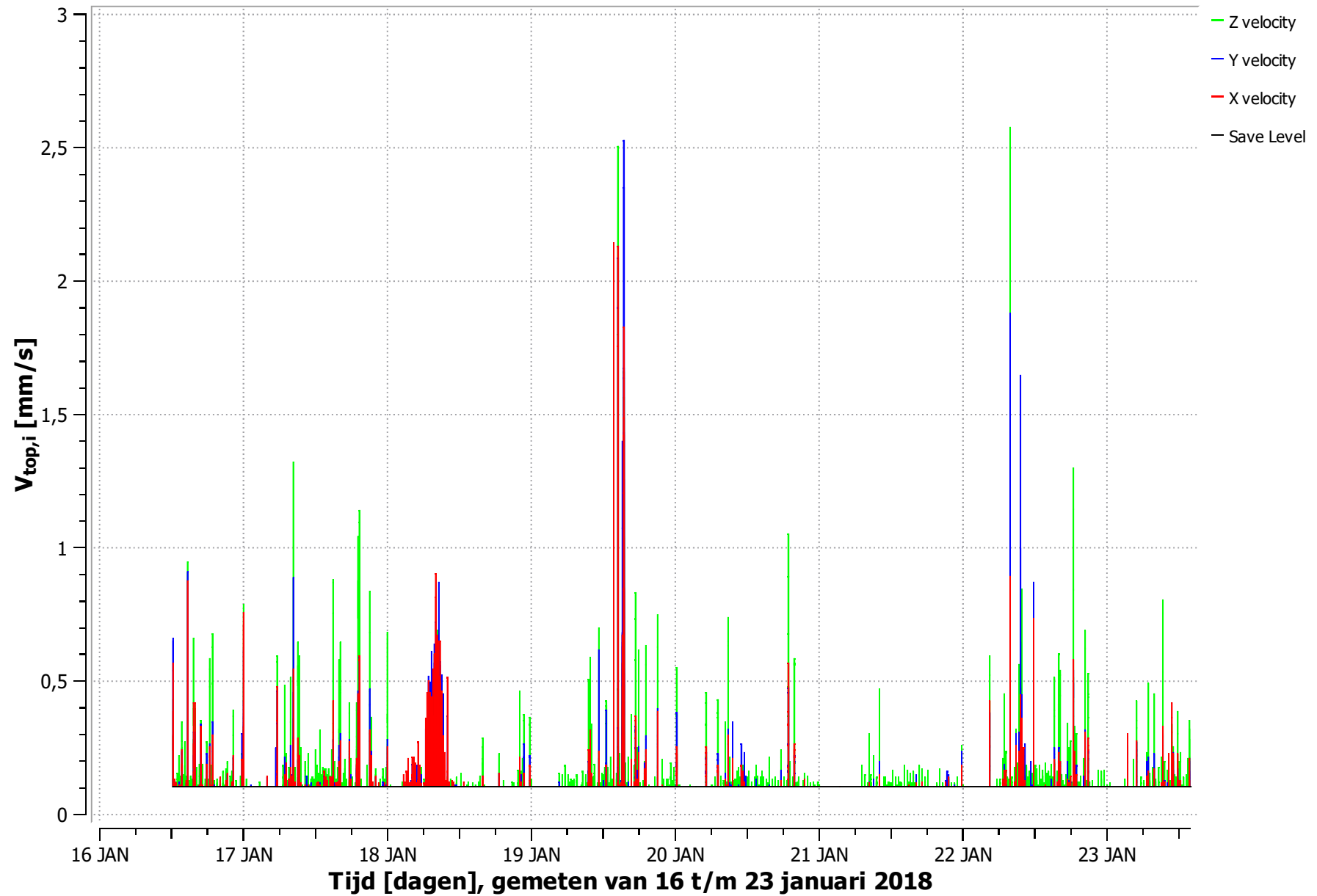
Meetpunt 1 (VB2075) / Loods Dijkwelseweg 1b te Kapelle



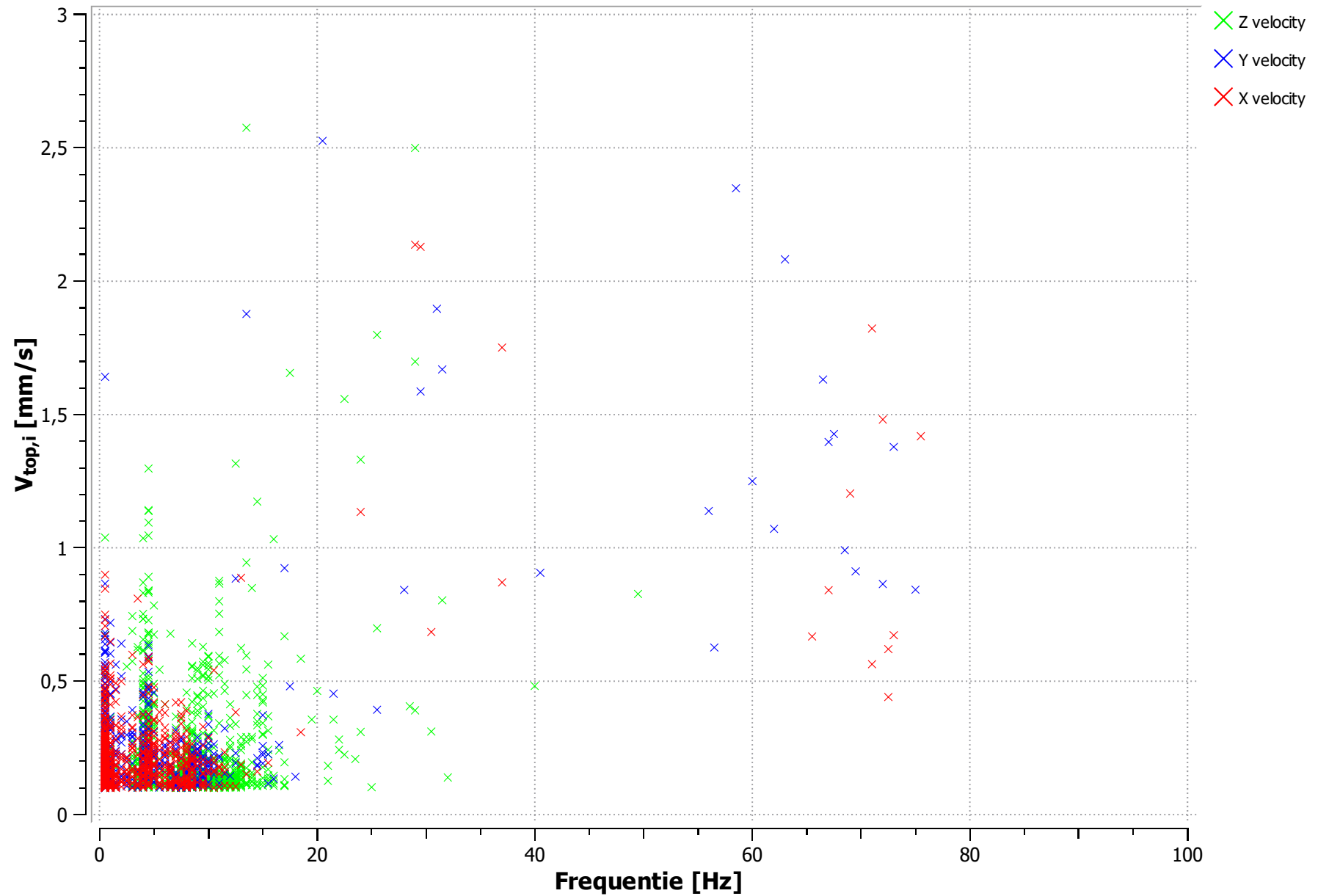
BIJLAGE II

Resultaten trillingsmetingen meetpunt 2

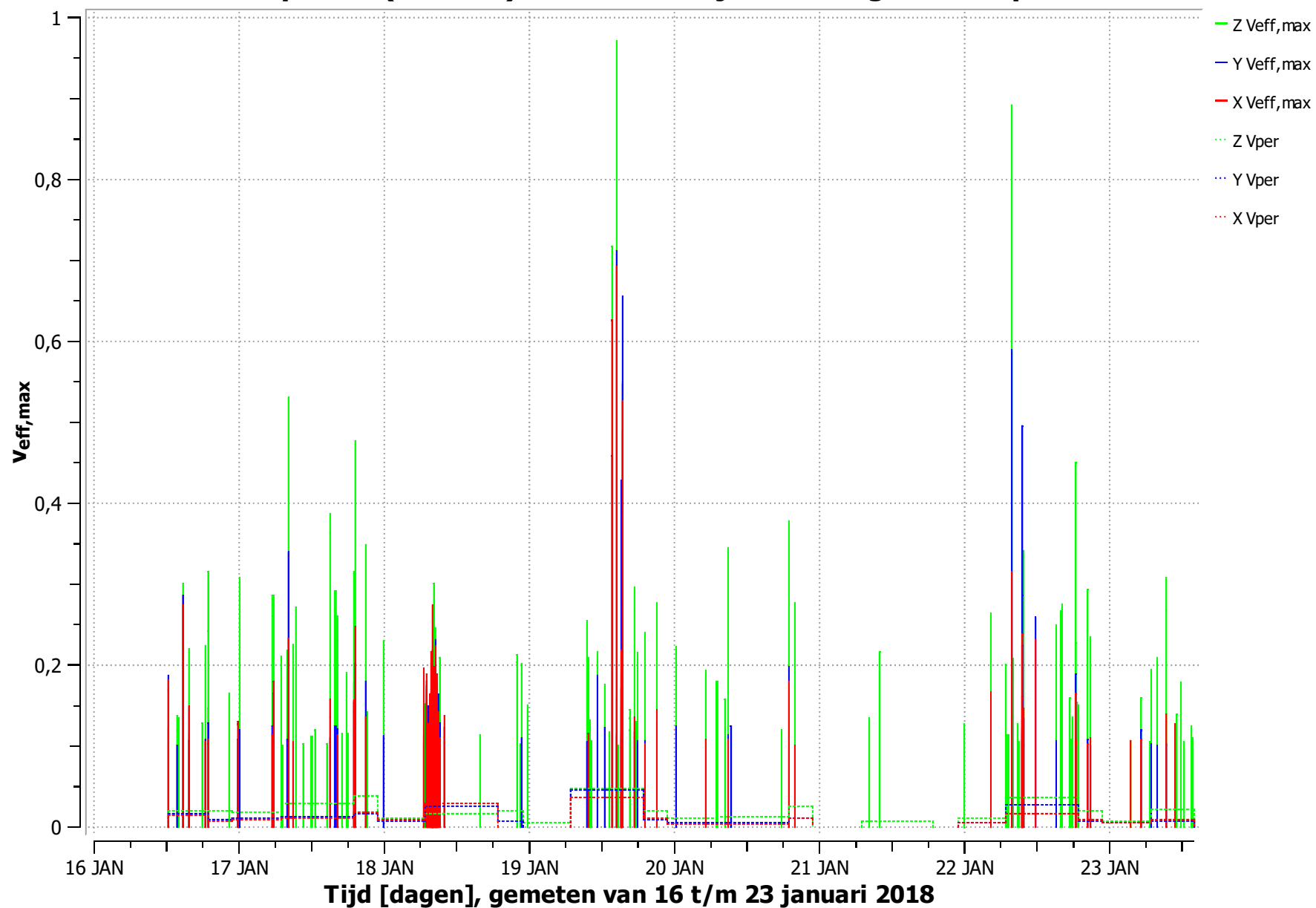
Meetpunt 2 (VB2127) / Maaiveld Dijkwelseweg 1b te Kapelle



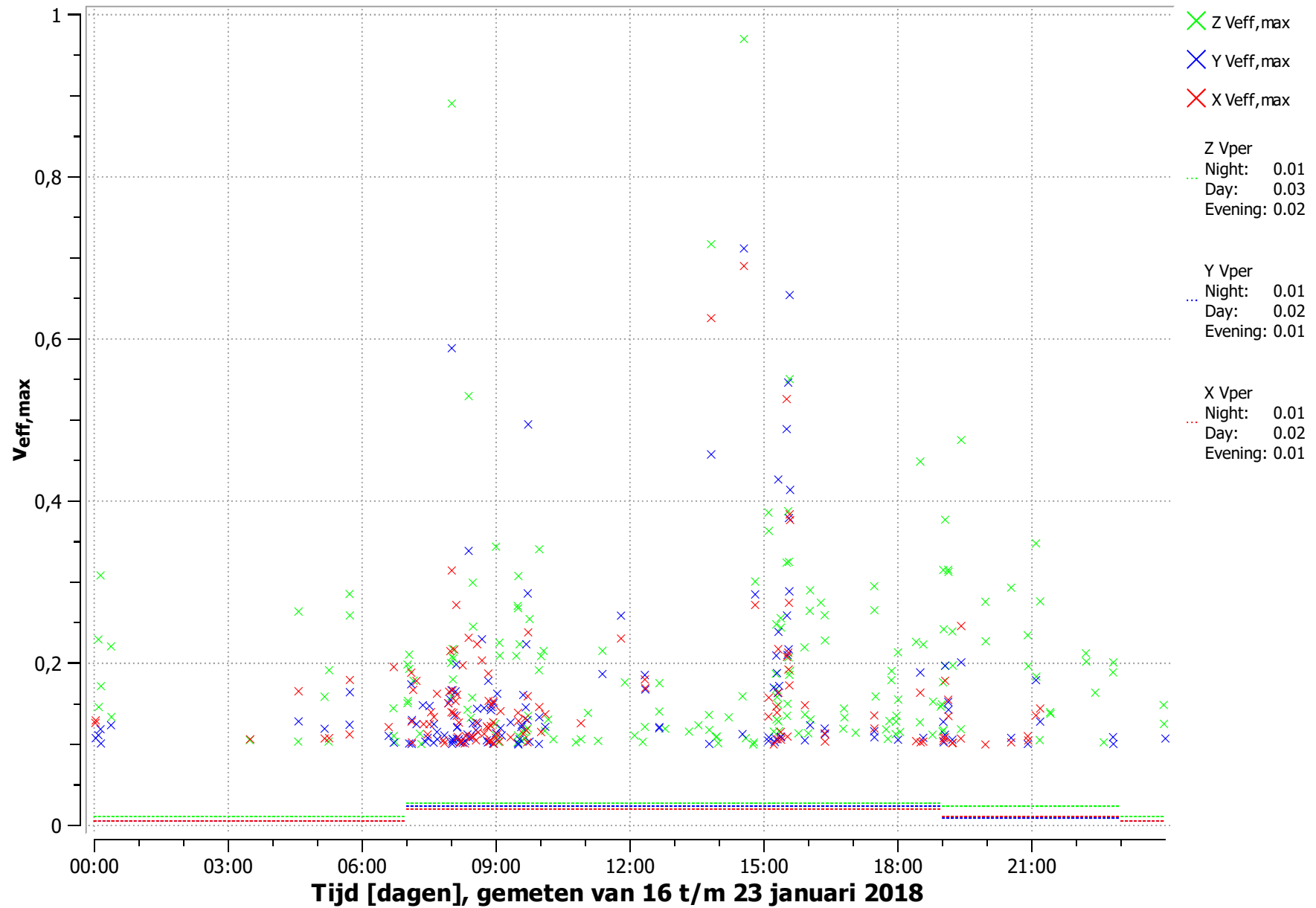
Meetpunt 2 (VB2127) / Maaiveld Dijkwelseweg 1b te Kapelle



Meetpunt 2 (VB2127) / Maaiveld Dijkwelseweg 1b te Kapelle



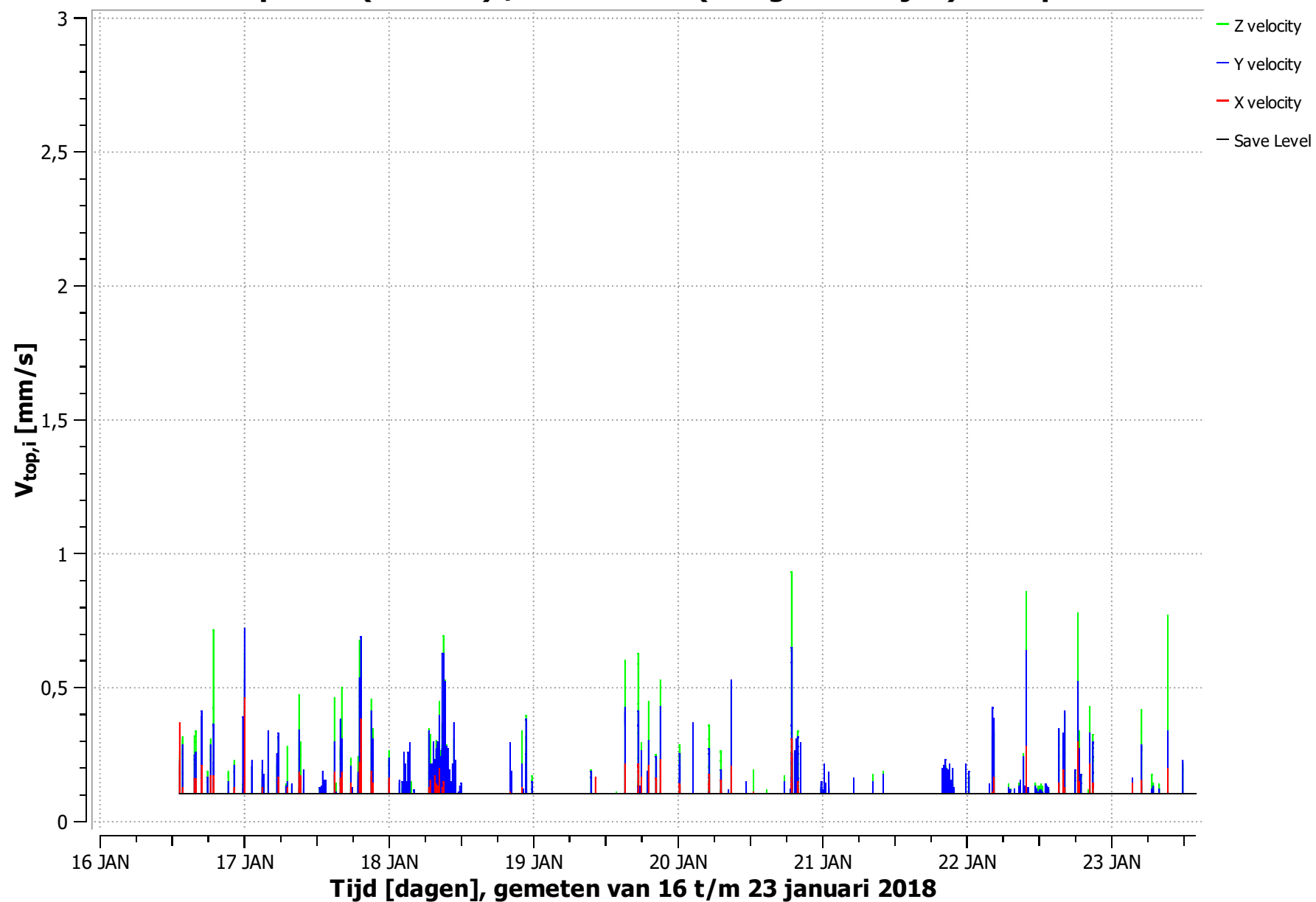
Meetpunt 2 (VB2127) / Maaiveld Dijkwelseweg 1b te Kapelle



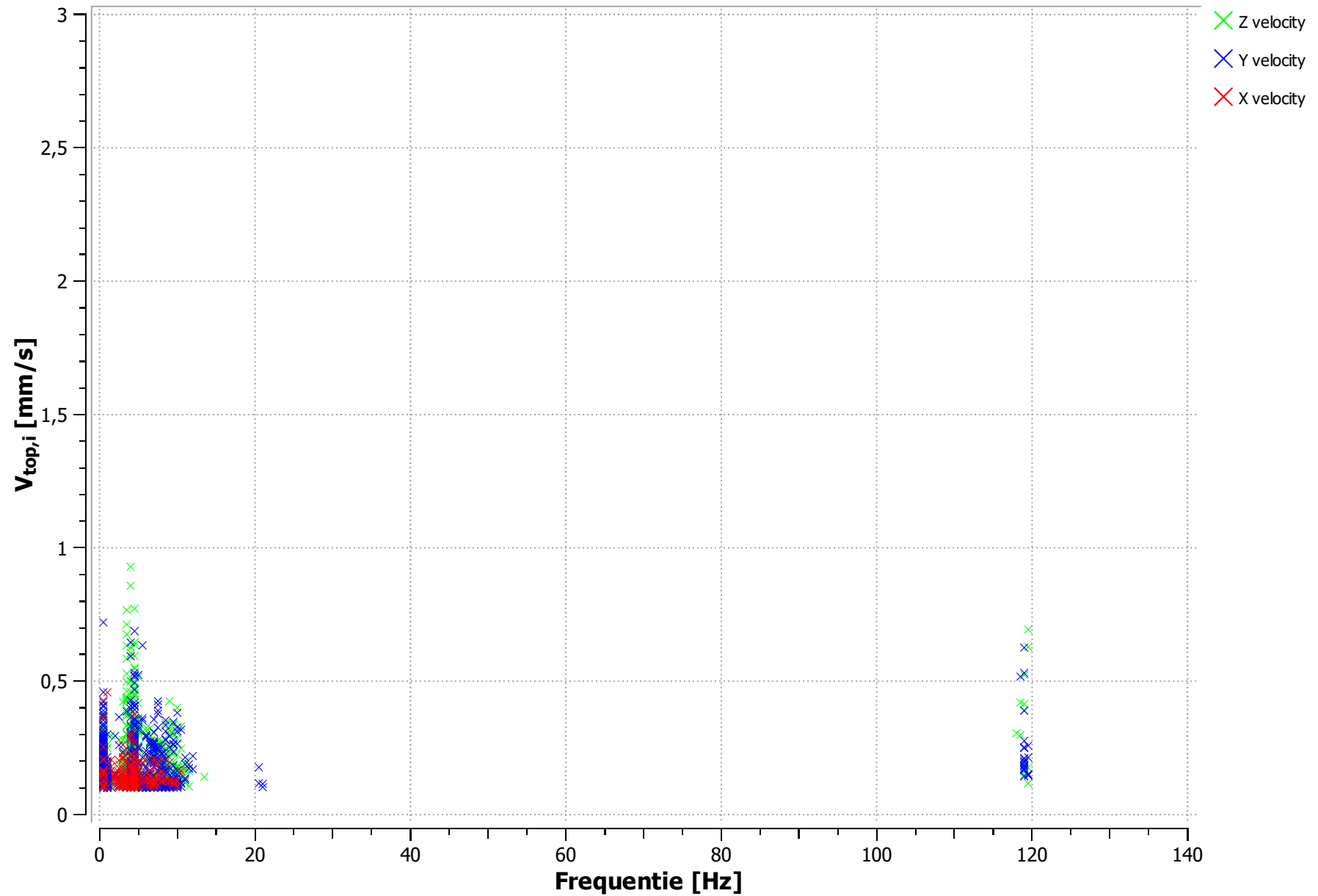
BIJLAGE III

Resultaten trillingsmetingen meetpunt 3

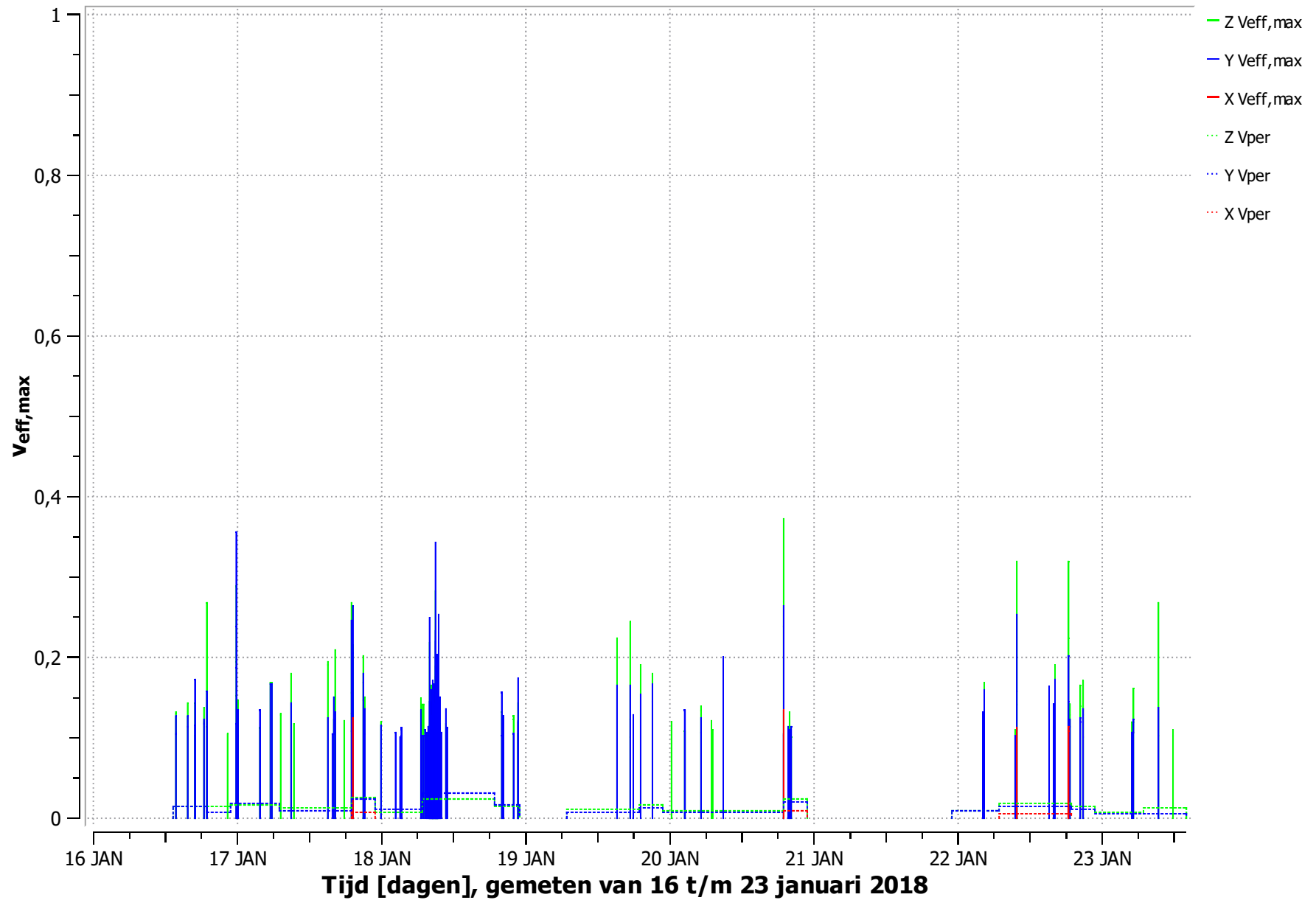
Meetpunt 3 (VB2128) / Fietstunnel (vleugel zuidzijde) te Kapelle



Meetpunt 3 (VB2128) / Fietstunnel (vleugel zuidzijde) te Kapelle



Meetpunt 3 (VB2128) / Fietstunnel (vleugel zuidzijde) te Kapelle



Meetpunt 3 (VB2128) / Fietstunnel (vleugel zuidzijde) te Kapelle

