

Bezoekadres:

De Waal 18

5684 PH Best

Postadres:

Hoofdweg 76

3067 GH Rotterdam

T +31 (0)88-5152505

E info@cauberg Huygen.nl

W <http://www.cauberg Huygen.nl>

K.V.K. 58792562

IBAN

Trillingsonderzoek De Plantage Noordoostfase te Meteren; prognose van trillingshinder van het spoor

Datum 15 december 2023
Referentie 10049-58134-03

Referentie 10049-58134-03
Rapporttitel Trillingsonderzoek De Plantage Noordoostfase te Meteren;
prognose van trillingshinder van het spoor
Datum 15 december 2023

Opdrachtgever Gemeente West Betuwe
Kuipershof 2
4191 KH GELDERMALSEN
Contactpersoon [REDACTED]

Behandeld door [REDACTED]
[REDACTED]
Cauberg Huygen B.V.
Bezoekadres:
De Waal 18
5684 PH Best
Postadres:
Hoofdweg 76
3067 GH Rotterdam
Telefoon 088-5152505

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Achtergrond en doelstelling	4
1.2	Samenvatting	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Opzet onderzoek	6
2.2	Bestemmingsplan	6
2.3	SRB-B Beoordelingskader	6
2.4	Beschrijving situatie	7
3	Trillingsmetingen	9
3.1	Algemeen	9
3.2	Meetposities	9
3.3	Meetparameters	10
3.4	Treinen	10
4	Meetresultaten	11
4.1	Bemande meting	11
4.2	Trillingssterkte op maaiveld	11
5	Prognose trillingssterkte	13
5.1	Werkwijze	13
5.2	Invoergegevens	13
5.2.1	Gemeten spectrale trillingssterkte	13
5.2.2	Damping door de bodem	14
5.2.3	Overdracht op fundering	14
5.2.4	Versterking in vloerveld	15
5.3	Resultaat prognosemodel	15
5.4	Beoordeling $V_{\max}$	16
5.5	Beoordeling V_{per}	17
5.6	Beschouwing	18
5.6.1	Conservatief model	18
5.6.2	Keuze eigenfrequentie van de vloeren	18
5.6.3	Mogelijke trillingsreducerende maatregelen	19
6	Conclusie	20

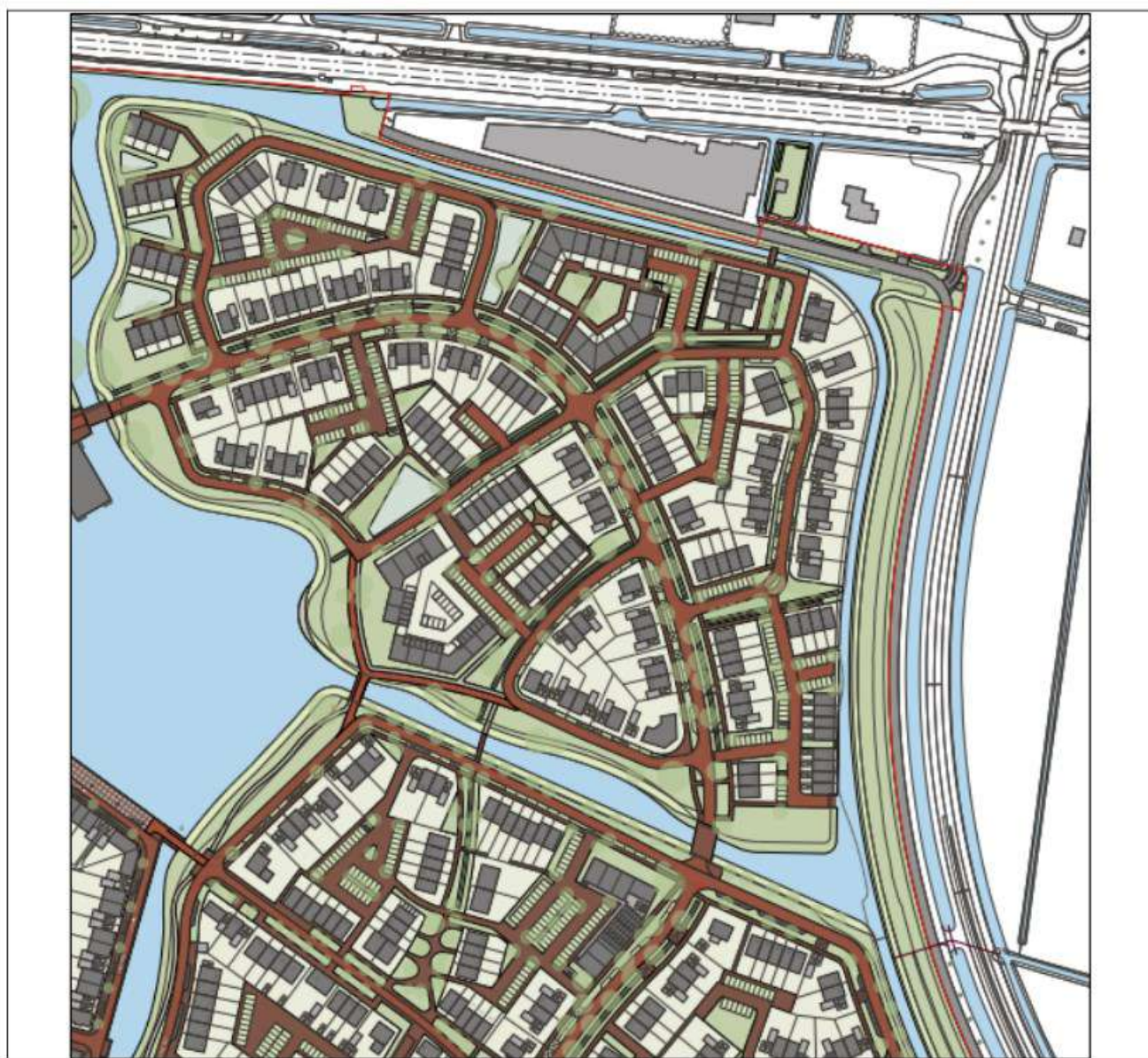
Bijlagen

Bijlage I	Verloop van $V_{\text{eff,max},30,i}$ tijdens de trillingsmeting
Bijlage II	Tijdsignaal, trillingssterkte en spectrum van top 10 maatgevende passages per meetpunt
Bijlage III	SBR-B gewogen tertsbandspectra per meetpunt

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en doelstelling

In opdracht van Gemeente West Betuwe is door Cauberg Huygen B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling van het bestemmingsplan De Plantage Noordoost te Meteren. Het plangebied wordt aan de noordzijde begrensd door de spoorlijn Geldermalsen – Tiel, onderdeel van de Oostelijke Betuwelijn. De eerstelijnsbebouwing ligt op 30 tot 90 meter afstand tot het spoor. Trillingen van het treinverkeer kunnen daarom tot hinder leiden voor toekomstige bewoners. Figuur 1.1 geeft een overzicht van het stedenbouwkundige plan.



Figuur 1.1: Stedenbouwkundig plan, bestemmingsplan De Plantage Noordoost

Het doel van het onderzoek is te bepalen of de trillingen als gevolg van het treinverkeer kunnen leiden tot hinder voor personen in de nieuw te bouwen woningen. Om dat vast te kunnen stellen, zijn ter plekke trillingsmetingen op maaiveld uitgevoerd en is een prognose van de in de woningen te verwachten trillingssterkte opgesteld. Deze prognose kan door Gemeente West Betuwe worden gebruikt als onderbouwing bij de vaststelling van het (ontwerp)bestemmingsplan.

Bij de uitvoering van de trillingsmetingen en de beoordeling van de berekende trillingssterkte is gebruik gemaakt van de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn deel B "Trillingen; hinder voor personen in gebouwen (SBR-B). De SBR-B geeft streefwaarden voor de trillingssterkte in gebouwen ter voorkoming van hinder en is in Nederland algemeen geaccepteerd ter beoordeling van de kans op trillingshinder.

Voorliggende rapportage beschrijft de uitgangspunten van het onderzoek, de meetresultaten, de prognose en de beoordeling van de trillingen.

1.2 Samenvatting

Op basis van metingen ter plekke en een empirische prognose zijn de te verwachten trillingen als functie van de afstand in de toekomstige woningen berekend. De berekende trillingssterkte is beoordeeld aan de hand van SBR-B. De conclusies uit het onderzoek luiden samenvattend als volgt:

- De locatie van het bestemmingsplan is zodanig dat hinder door trillingen als gevolg van treinverkeer is te verwachten als in het ontwerp van de woningen géén rekening met de aanwezige trillingen wordt gehouden. Met name in de woningen op 30 meter afstand van het spoor is een maximale trillingssterkte $V_{\max}$ berekend van 0,44 [-]. Daarmee wordt de SBR-B A_2 streefwaarde voor nieuwe situaties met een factor 2,2 overschreden in de maatgevende nachtperiode. De hoogste te hanteren streefwaarden (voor bestaande situaties) wordt met een factor 1,1 overschreden. Ook voor woningen verder van het spoor (55 en 65 meter) blijven overschrijdingen bestaan in de nachtperiode.
- Als bij het ontwerp van de vloerconstructie in de toekomstige gebouwen, rekening gehouden wordt met de aanwezige trillingsbelasting, kan de maximaal te verwachten trillingssterkte teruggebracht worden naar 0,17 [-] voor de woningen het dichtst bij het spoor. Daarmee blijft geen overschrijding van de SBR-B streefwaarden voor nieuwe situaties meer over. Indicatief moet de vloereigenfrequentie daarbij verhoogd worden naar circa 20 Hz. Om dat te realiseren is het nodig een kleinere overspanning en/of een dikkere vloer te kiezen dan normaal gesproken nodig.
- De gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet aan de SBR-B streefwaarde A_3 .
- Verwacht wordt dat met maatregelen in de woningen kan worden voldaan aan de streefwaarden voor nieuwe situaties.
- Het advies is om de voorwaardelijke planregel met betrekking tot trillingshinder in het ontwerp bestemmingsplan en het aandachtgebied tot 100 meter afstand van het spoor te behouden in het plan.

2 Uitgangspunten

2.1 Opzet onderzoek

Voor de opzet van het onderzoek is gekozen voor een combinatie van bemande en onbemande metingen. De bemande metingen zijn uitgevoerd op 12 juli 2023 en zijn gebruikt om de kenmerken van de trillingen van de treinpassages te bepalen. Deze kenmerken zijn gebruikt om onderscheid te maken tussen treintrillingen en stoortrillingen tijdens de onbemande metingen. De onbemande metingen zijn uitgevoerd van 12 juli t/m 19 juli voor een periode van 7 dagen.

Op maaiveld is gemeten op de hoekpunten van de geplande bebouwing en in een raai op drie verschillende afstanden van het spoor. Op basis van de meetresultaten op maaiveld is de trillingssterkte in de toekomstige woningen berekend. De berekende maximale trillingssterkte $V_{\max}$ en de berekende gemiddelde trillingssterkte V_{per} zijn getoetst aan de streefwaarden uit SBR-B.

De gekozen opzet is in lijn met de aanbevelingen in de "Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen" van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat uit 2019.

2.2 Bestemmingsplan

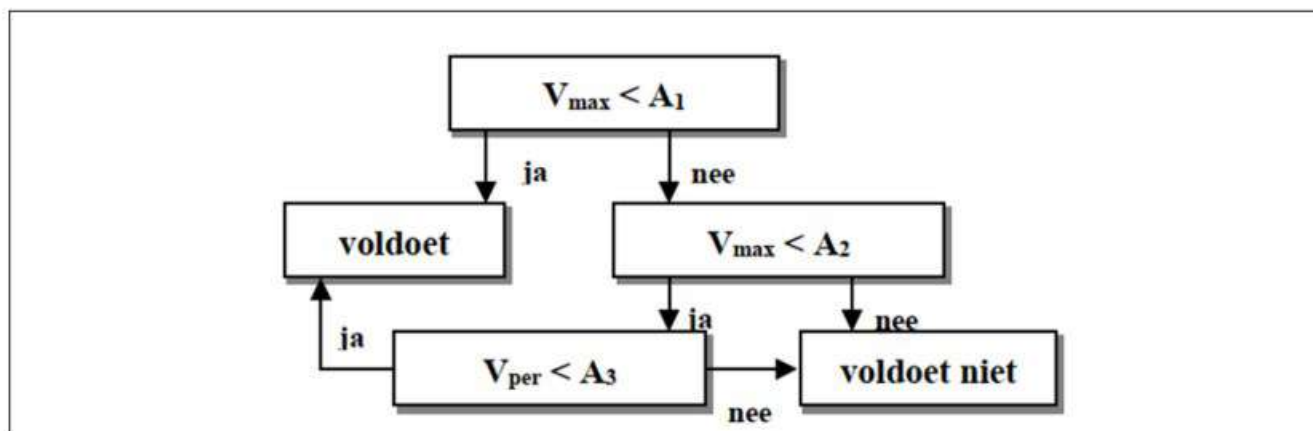
Het ontwerpbestemmingsplan 'De Plantage Noordoost' is ter inzage gelegd met ingang van 12 juli 2023. In het ontwerpbestemmingsplan is een voorwaardelijke verplichting over trillingshinder gesteld. Die luidt:

"Ter plaatse van de aanduiding 'overige zone - voorwaardelijke verplichting trillingshinder' dient voorafgaand aan de bouw van de woningen een onderzoek naar het aspect trillingen te worden gedaan waarbij dient te worden voldaan aan de streefwaarden zoals bedoeld in Richtlijn deel B van de Stichting Bouwresearch."

Deze zone reikt van 25 tot 100 meter afstand van het spoor.

2.3 SRB-B Beoordelingskader

Voor de beoordeling van de trillingssterkte in de toekomstige woningen is gebruik gemaakt van SBR-B uit 2006. De beoordeling vindt plaats op basis van twee parameters namelijk $V_{\max}$ en V_{per} . De parameter $V_{\max}$ staat voor de maximale gewogen trillingssnelheid binnen een beoordelingsperiode (dag, avond en nacht). Parameter V_{per} staat voor de gemiddelde trillingssnelheid over een beoordelingsperiode. $V_{\max}$ (en eventueel V_{per}) worden op basis van metingen vastgesteld en vervolgens getoetst. De toetsing vindt plaats op basis van navolgend schema.



Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- De $V_{\max}$ kleiner is dan de A_1 , óf;
- Als de $V_{\max}$ kleiner is dan A_2 én V_{per} kleiner is dan A_3 .

De toetsingswaarden voor A_1 , A_2 en A_3 zijn afhankelijk van de functie van een bouwwerk, het type trilling, de situatie en het tijdstip waarop de trillingen voorkomen. De functie van de toekomstige gebouwen is wonen. De trillingen zijn afkomstig van railverkeer en worden daarom geclassificeerd als herhaald voorkomend. De trillingen komen zowel in de dag- (07.00-19.00 uur), avond- (19.00-23.00 uur) als in de nachtperiode (23.00-07.00 uur) voor.

Het voorliggende project betreft een nieuwe situatie want er is sprake van nieuw te bouwen woningen. In tabel 2.1 zijn de streefwaarden voor $V_{\max}$ en V_{per} voor een nieuwe situatie conform SBR-B opgenomen. Omdat SBR-B onder voorwaarden hogere trillingsniveaus toelaat, zijn ook de streefwaarden voor bestaande situaties opgenomen. Dit zijn trillingsniveaus waarvan op basis van SBR-B verondersteld mag worden dat vanwege gewenning mensen er na verloop van tijd geen hinder meer van zullen ondervinden. Het is gebruikelijk in bestemmingsplannen de streefwaarden voor nieuwe situaties als na te streven waarden te hanteren en de streefwaarden voor bestaande situaties als bovengrens.

Tabel 2.1: SBR-B Streefwaarden ver voorkoming van trillingshinder bij gebouwfunctie wonen

Situatie	Dag-/avondperiode			Nachtperiode		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
Nieuwe situaties	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Bestaande situaties	0,2	0,8	0,1	0,2	0,4	0,1

In tabel 2.1 is te zien dat in de nachtperiode de strengste streefwaarden van toepassing zijn.

2.4 Beschrijving situatie

In de huidige situatie heeft het plangebied een agrarische functie, zowel grasland als akkerbouw. Tussen het spoor en het plangebied ligt een aantal sloten en bedrijfsgebouw (banketbakker). Vrachtwagens rijden naar de dokken aan de westzijde van het bedrijfsgebouw. De bodem in het plangebied bestaat hoofdzakelijk uit klei. In figuur 2.1 is een foto opgenomen van de meetlocatie richting het spoor.



Figuur 2.1: Foto van de huidige situatie, genomen vanaf de meetlocatie richting het spoor. Ook zichtbaar is het bedrijfsgebouw.

3 Trillingsmetingen

3.1 Algemeen

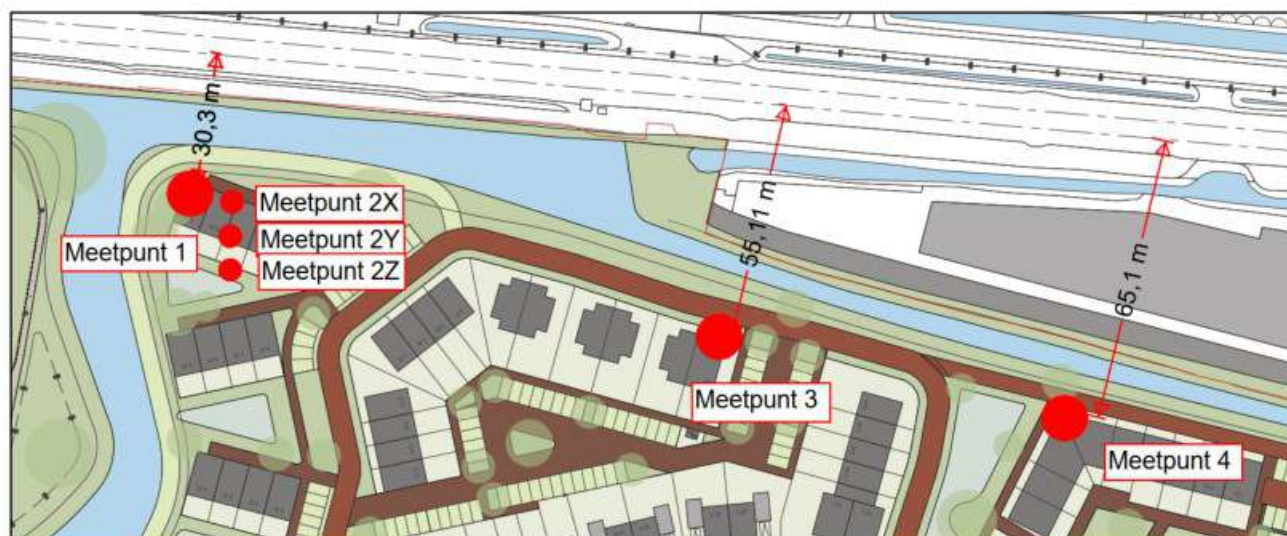
De trillingsmetingen zijn uitgevoerd van 12 juli 2023 tot en met 19 juli 2023. Bij de bemande en onbemande metingen is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- 3x Syscom Red Box trillingsmonitor MR3000TR.
- 3x triaxial Syscom trillingsopnemer MS2003+ (trillingssnelheid).
- 3x 1D Syscom trillingsopnemer MS2003+ (trillingssnelheid).

Alle trillingsmeters worden onderhouden op basis van het kwaliteitssysteem van Cauberg Huygen B.V. en zijn op basis van vier internet timeservers gesynchroniseerd in tijd.

3.2 Meetposities

De meetpunten zijn zo dicht mogelijk bij de hoeken van de toekomstige funderingen van de eerstelijns-bebouwing geplaatst. De afstanden bedragen 30, 55 en 65 meter. Naast het meetpunt op 30 meter is een raameetopstelling geplaatst, met een 1D trillingsopnemer op drie verschillende afstanden van het spoor. In figuur 3.1 is een overzicht van de ligging van de meetpunten.



Figuur 3.1: Overzicht van de meetpunten

Op meetpunten 1, 3 en 4 is de trillingssnelheid op maaiveld in drie richtingen gemeten:

- Horizontaal dwars op het spoor (de X-richting).
- Horizontaal evenwijdig aan het spoor (de Y-richting).
- Verticaal (de Z-richting).

In figuur 3.2 is een foto van de meetopstelling bij meetpunt 1.



Figuur 3.2: Meetopstelling bij meetpunt 1

Op meetpunt 2 is op drie afstanden de trillingssnelheid in de verticale trillingsrichting gemeten. De meter behorende bij kanaal X is op 30 meter afstand van het spoor geplaatst, kanaal Y op 38 meter en kanaal Z op 46 meter.

3.3 Meetparameters

Conform de voorschriften in de SBR richtlijn is elke 30 seconde de trillingssterkte $V_{\text{eff,max},30,i}$ bepaald. Dit is de hoogste effectieve trillingssterkte gemeten in de meterstand "fast", waarbij de frequentieweging volgens de SBR-B wordt toegepast. Ook is voor alle treinpassages waarvan de trillingssnelheid de waarde 0,05 mm/s overschrijdt, een registratie van de trillingssnelheid in de tijd uitgevoerd (tijdsignaal). Deze tijdsignalen zijn gebruikt voor de prognose.

3.4 Treinen

Tijdens de bemande trillingsmetingen is vastgesteld dat er sprinters (type SLT) over het traject rijden. Treinen die richting Tiel rijden, op het spoor het dichtst bij de meetlocatie, rijden ongeveer 100 km/u. Treinen die richting Geldermalsen rijden, op het spoor het verst van de meetlocatie, rijden ongeveer 80 km/u.

4 Meetresultaten

4.1 Bemande meting

Op 12 juli 2023 is de bemande meting uitgevoerd. Daarbij is tussen 15:00 en 16:01 de rijrichting genoteerd en de trillingssterkte $V_{\text{eff,max}}$ gemeten op maaiveld. Rijrichting is richting Geldermalsen of richting Tiel. De letter X, Y of Z geeft de dominante trillingsrichting aan. Het resultaat van de bemande metingen is samengevat in tabel 4.1. Als de trillingssterkte voor een passage niet is weergegeven komt dit omdat de trillingsnelheid tijdens de passage niet hoger was dan de drempelwaarde. De hoogste waarden per meetpunt zijn groen gemarkeerd.

Tabel 4.1: Gemeten trillingssterkten tijdens de bemande meting

Tijd	Rijrichting	$V_{\text{eff,max}}$ MP1 [-]		$V_{\text{eff,max}}$ MP2x [-]	$V_{\text{eff,max}}$ MP2y [-]	$V_{\text{eff,max}}$ MP2z [-]	$V_{\text{eff,max}}$ MP3 [-]		$V_{\text{eff,max}}$ MP4 [-]	
15:00:39	Tiel	0,069	Z	0,081	0,039	0,034	0,058	Z	0,037	Y
15:27:04	Geldermalsen	0,057	X	0,058	0,050	0,043	0,081	Z	0,055	Z
15:31:41	Tiel	0,067	Z	0,095	0,039	0,035	0,065	Z	0,037	Y
15:56:48	Geldermalsen	0,055	Z	0,054	0,047	0,037	0,077	Z	0,052	Z
16:01:28	Tiel	0,073	Z	0,087	0,043	0,038	0,059	Z	0,035	Y

Uit tabel 4.1 volgt dat de hoogste waarden gemeten zijn bij meetpunt 2x, op 30 meter afstand van het spoor. Daar bedroeg de hoogste trillingssterkte 0,095 in de verticale trillingsrichting. Op het meetpunt ernaast, meetpunt 1 bedroeg de hoogste trillingssterkte 0,073 in de verticale trillingsrichting. In beide gevallen ging het om een sprinter in de richting van Tiel (het meest dichtbij gelegen spoor). Op grotere afstanden van het spoor (meetpunt 2y, 2z, 3 en 4) was een sprinter in de richting van Geldermalsen maatgevend voor de hoogste trillingssterkte tijdens de bemande meting.

4.2 Trillingssterkte op maaiveld

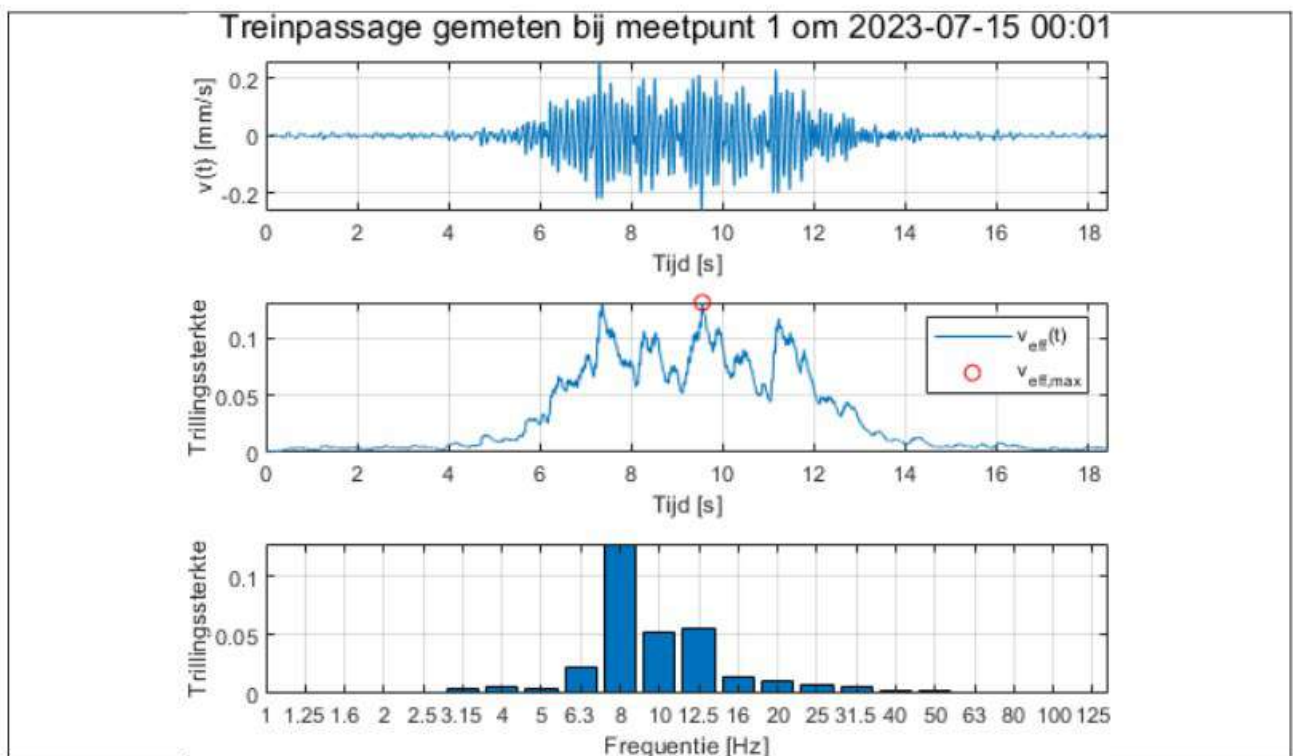
Op 12 juli is de onbemande meting gestart voor de duur van een week. Onderstaande tabel 4.2 geeft een overzicht van de maximale trillingssterkte en dominante trillingsrichting per etmaal. De hoogste waarden zijn groen gemarkeerd. In bijlage I is het verloop van de trillingssterkte over de gehele meetperiode grafisch weergegeven.

Tabel 4.2: V_{max} per etmaal tijdens de onbemande meting

Datum	V_{max} MP1 [-]		V_{max} MP2x [-]	V_{max} MP2y [-]	V_{max} MP2z [-]	V_{max} MP3 [-]		V_{max} MP4 [-]	
woensdag 12 juli 2023	0,088	X	0,112	0,064	0,066	0,094	Z	0,079	Z
donderdag 13 juli 2023	0,099	Z	0,117	0,089	0,069	0,093	Z	0,084	Z
vrijdag 14 juli 2023	0,097	Z	0,120	0,078	0,063	0,100	Z	0,084	Z
zaterdag 15 juli 2023	0,131	Z	0,092	0,075	0,067	0,100	Z	0,073	Z
zondag 16 juli 2023	0,028	X	0,010	0,011	0,010	0,038	Z	0,043	Y
maandag 17 juli 2023	0,125	X	0,115	0,091	0,070	0,113	X	0,080	Z
dinsdag 18 juli 2023	0,106	Z	0,130	0,087	0,069	0,102	Z	0,081	Z
woensdag 19 juli 2023	0,091	Z	0,119	0,084	0,065	0,122	Z	0,083	Z

Uit tabel 4.2 volgt dat de hoogste trillingsniveaus optreden bij meetpunt 1. De maatgevende trein bij meetpunt 1 passeerde op zaterdag 15 juli 2023 om 00:01 de projectlocatie en de trillingssterkte bedroeg 0,13 [-] in de verticale Z-richting.

In figuur 4.1 is het verloop van de trilling in de tijd in de verticale richting te zien (boven), de voortschrijdende effectieve waarde $v_{eff}(t)$ en het bijbehorende maximale trillingssterkte $v_{eff,max}$ (midden) en het gemeten max-hold tertsbandspectrum (onder).



Figuur 4.1: Treinpassage bij meetpunt 1 op 15 juli 2023 om 00:01

In figuur 4.1 is te zien dat de trillingssterkte het hoogst is ongeveer 10 seconde na het begin van het signaal en dat de 8 Hz tertsband maatgevend is.

De top 10 gemeten passages van meetpunten 1, 3 en 4 zijn terug te vinden in bijlage II.

5 Prognose trillingssterkte

5.1 Werkwijze

Voor de berekening van de trillingssterkte in de toekomstige woningen is gebruik gemaakt van een empirisch rekenmodel gebaseerd op het rekenmodel van VROM opgesteld door TNO en ervaringen door de jaren heen. De berekening bevat de volgende stappen:

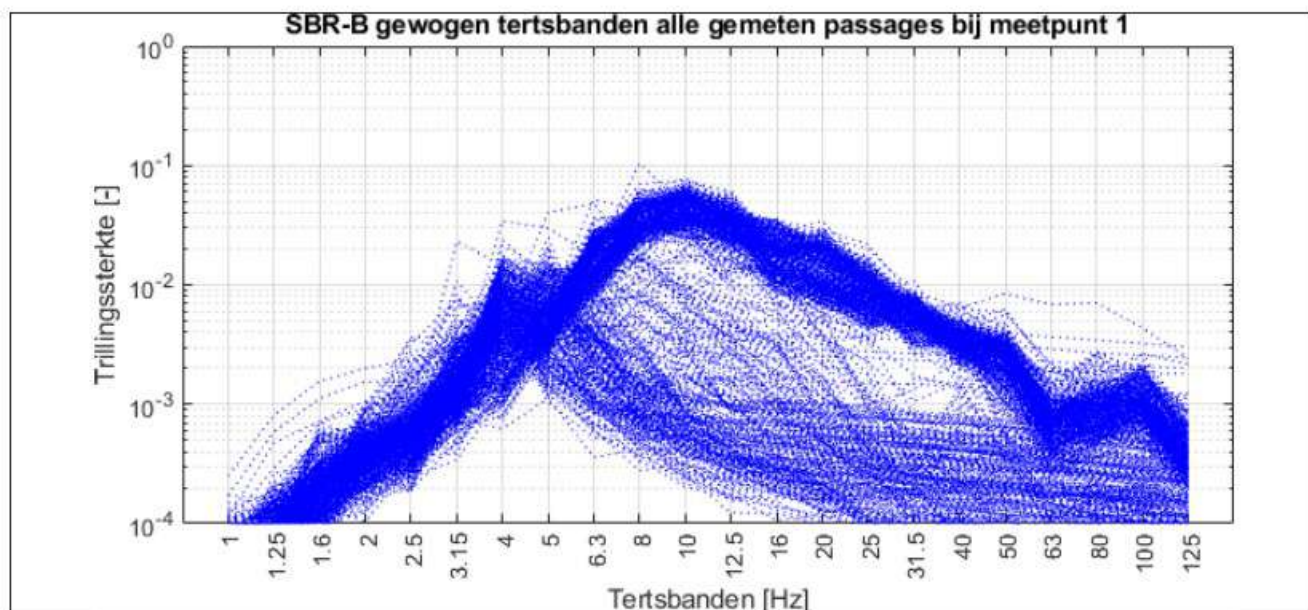
1. Correctie voor het verschil in afstand spoor – meetpunt en spoor – nieuwbouw.
2. Berekening trillingssterkte op fundament op basis van karakteristieke overdracht van maaiveld op fundering.
3. Berekening van trillingssterkte op vloerveld op basis van te verwachten versterking afhankelijk van eerste eigenfrequentie van de vloer. Deze versterking treedt alleen in verticale richting op. Daarom is de dominante trillingsrichting op een vloer in de meeste gevallen de verticale richting, zelfs als op maaiveld de horizontale richting dominant is.

De overall $V_{\max}$ trillingssterkte wordt vervolgens berekend door de trillingssterkte in de verschillende tertsbanden energetisch bij elkaar op te tellen.

5.2 Invoergegevens

5.2.1 Gemeten spectrale trillingssterkte

Voor alle treinpassages waarvoor een tijdsignaal is geregistreerd, is het kenmerkende max-hold tertsbandspectrum van het tijdsignaal bepaald, vervolgens spectraal gewogen conform SBR-B en geschaald naar de bijbehorende maximale trillingssterkte $V_{\max}$. Onderstaande figuur geeft alle gemeten spectra bij meetpunt 1.



Figuur 5.1: SBR-B gewogen tertsbanden voor alle gemeten passages bij meetpunt 1

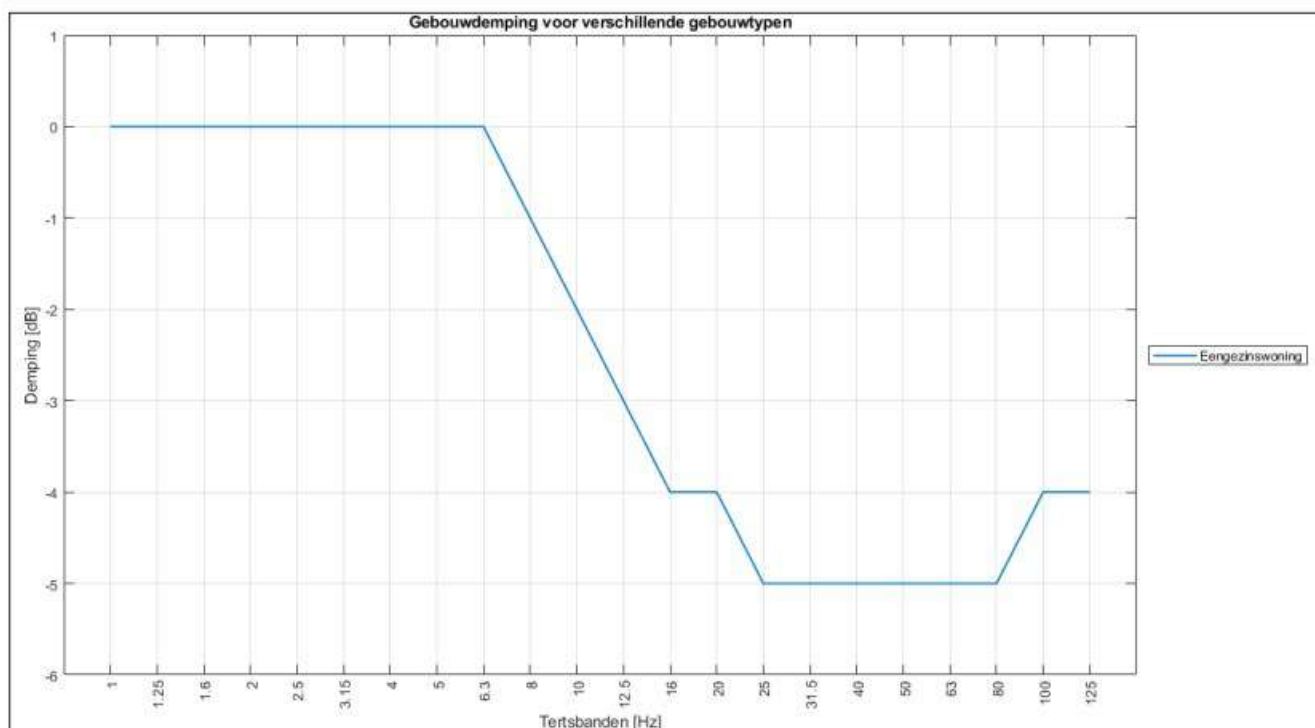
Uit de spectra in figuur 5.1 blijkt dat de trillingssterkten in de 8 en 10 Hz tertsbanden dominant zijn. De spectra van de overige meetpunten zijn te vinden in bijlage III.

5.2.2 Damping door de bodem

Op basis van de raaimeting bij meetpunt 2 is de bodemdamping α bepaald. Deze wordt toegepast samen met een geometrische uitbreiding van 0,5 en de formule van Barkan om de trillingssterkte te bepalen als functie van de afstand tot het spoor. Dit is uitgevoerd voor alle meetdata van meetpunten 1, 3 en 4 tot een afstand van 120 meter.

5.2.3 Overdracht op fundering

Voor de overdracht van de trillingen vanuit maaiveld naar de fundering van de woning, is uitgegaan van een op basis van literatuurgegevens kenmerkende overdracht voor een eengezinswoning. Navolgende figuur 5.2 geeft het gehanteerde spectrum weer.



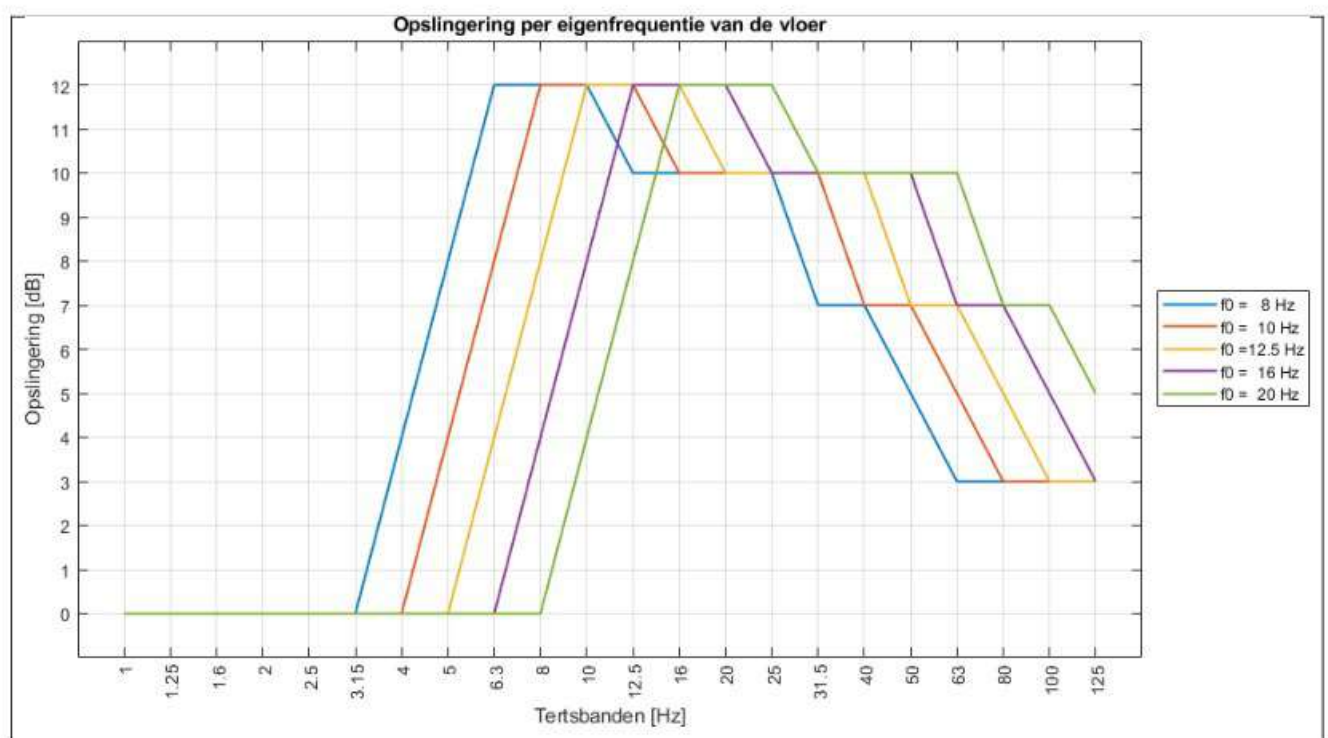
Figuur 5.2: Gebouwdamping toegepast in het prognosemodel voor eengezinswoningen

Een waarde van 0 wil zeggen dat er geen versterking of verzwakking optreedt en een negatieve waarde betekent een reductie van de trillingen. Voor de allerlaagste frequenties vanaf de 1 tot 6,3 Hz tertsbanden heeft de fundering geen reducerende invloed. De grootste verzwakking bedraagt 5 dB, iets minder dan een factor 2.

5.2.4 Versterking in vloerveld

Omdat de vloeren van de woningen in het bouwplan nog geen vastgestelde dimensies hebben, is gerekend met vloer-eigenfrequenties die vaak voorkomen in dit type gebouw. Deze eigenfrequenties liggen in de regel tussen 8 en 20 Hz.

Op basis van deze eigenfrequenties is rekening gehouden met mogelijke resonantie van de vloer waardoor in verticale richting versterking van de trillingen optreedt. Figuur 5.3 toont de overdrachtsspectra. Een waarde groter dan 0 dB geeft aan dat de vloer voor die frequenties extra trillingen veroorzaakt als gevolg van resonantie waardoor de trillingssterkte toeneemt.



Figuur 5.3: Opslingeren trillingssterkte per eigenfrequentie van de vloer (8 t/m 20 Hz)

De versterking als gevolg van resonantie bedraagt maximaal 12 dB, ongeveer een factor 4.

5.3 Resultaat prognosemodel

Het spectrum van de geprognosticeerde trillingssterkte $V_{\max}$ is berekend door het gemeten max-hold spectrum (figuur 5.1) te vermenigvuldigen met het overdrachtsspectrum voor de fundering (figuur 5.2) en het overdrachtsspectrum voor de invloed van de vloer (figuur 5.3). De uiteindelijk geprognosticeerde trillingssterkte $V_{\max}$ is de overallwaarde van het berekende spectrum.

Per meetpunt is voor alle treinpassages en de gekozen eigenfrequenties van de vloer een prognose opgesteld. Een samenvatting van de resultaten is weergegeven in tabel 5.1. De trillingssterkte $V_{\max}$ is weergegeven voor de eigenfrequenties die het meest gunstige beeld geven (best case, laagste trillingssterkte) en het meest ongunstige beeld (worst case, hoogste trillingssterkte) voor de dag-, avond- en nachtperiode.

Tabel 5.1: Prognoseresultaten van $V_{\max}$ in geval van het best case eigenfrequentie (links) en worst case (rechts)

Meetpunt	Afstand van het spoor [m]	$V_{\max}$ best case eigenfrequentie f_0				$V_{\max}$ worst case eigenfrequentie f_0			
		f_0	Nacht	Dag	Avond	f_0	Nacht	Dag	Avond
Meetpunt 1	30	20	0,16	0,15	0,16	8	0,43	0,33	0,34
Meetpunt 2x	30	20	0,16	0,17	0,16	8	0,44	0,39	0,35
Meetpunt 2y	38	20	0,13	0,14	0,12	8	0,29	0,30	0,29
Meetpunt 2z	46	20	0,10	0,09	0,09	8	0,23	0,23	0,22
Meetpunt 3	55	20	0,15	0,15	0,14	8	0,40	0,36	0,36
Meetpunt 4	65	20	0,10	0,14	0,09	8	0,31	0,31	0,30

Uit tabel 5.1 blijkt dat de trillingssterkte bij meetpunt 1 en meetpunt 2x het hoogst is, met respectievelijk 0,43 [-] en 0,44 [-] bij een eigenfrequentie van de vloer van 8 Hz (worst case) en 0,16 [-] en 0,17 [-] bij een eigenfrequentie van de vloer van 20 Hz (best case).

De trillingssterkte neemt af als het afstand tot het spoor toeneemt. Echter neemt het trillingssterkte sneller af bij meetpunt 2y en 2z dan bij meetpunt 3 en 4. Bij meetpunt 3 bedraagt in het geval van het meest ongunstige eigenfrequentie van de vloer, de hoogste trillingssterkte 0,40 [-] en bij meetpunt 4 bedraagt het 0,31 [-]. Bij meetpunt 2y en 2z bedraagt de worst case trillingssterkte 0,30 [-] en 0,23 [-]. Bij een gunstige eigenfrequentie van de vloer (20 Hz) liggen de maximale trillingssterkten bij deze meetpunten dicht bij elkaar, met trillingssterkten variërend tussen 0,10 [-] (meetpunt 2z op 46 meter afstand van het spoor) en 0,15 [-] (meetpunt 3 en 4 op respectievelijk 55 en 65 meter afstand van het spoor).

5.4 Beoordeling $V_{\max}$

De eerste beoordeling van de trillingssterkte $V_{\max}$ vindt plaats op basis van de bovenste streefwaarde namelijk A_2 . Als deze waarde wordt overschreden is een verdere beoordeling niet nodig omdat er dan niet wordt voldaan aan de streefwaarden uit SBR-B. A_2 voor nieuwbouwwoningen bedraagt 0,2 in de nachtperiode en 0,4 in de dag- en avondperiode.

In tabel 5.2 worden de prognoseresultaten weergegeven voor alle meetpunten bij de meest ongunstige eigenfrequentie van de vloer. Groen betekent dat aan de streefwaarde voor nieuwe situaties wordt voldaan, Geel dat de streefwaarde voor nieuwe situaties wordt overschreden maar dat voldaan wordt aan de streefwaarde voor bestaande situaties. Oranje betekent dat ook de streefwaarde voor bestaande situaties wordt overschreden.

Tabel 5.2: Beoordeling $V_{\max}$ in geval van de meest **ongunstige** eigenfrequentie van de vloer

	$V_{\max}$, worst case eigenfrequentie		
	Nacht	Dag	Avond
A₂ Streefwaarde nieuwe / bestaande situaties	0,2 / 0,4	0,4 / 0,8	0,4 / 0,8
Meetpunt 1	0,43	0,33	0,34
Meetpunt 2x	0,44	0,39	0,35
Meetpunt 2y	0,29	0,30	0,29
Meetpunt 2z	0,23	0,23	0,22
Meetpunt 3	0,40	0,36	0,36
Meetpunt 4	0,31	0,31	0,30

Uit tabel 5.2 blijkt dat voor alle meetpunten de streefwaarde A_2 voor de nachtperiode wordt overschreden. Bij meetpunt 2y, 2z en 4 is dit de streefwaarde voor nieuwe situaties en voor meetpunt 1, 2x en 3 is dit de streefwaarde voor bestaande situaties. Voor de dag- en avondperiode wordt in alle woningen aan de $A_2 = 0,4$ voor nieuwe situaties voldaan. Dit betekent dat in de nachtperiode dat hinder van trillingen door het spoorwegverkeer is te verwachten.

In tabel 5.3 zijn de prognoseresultaten voor alle meetpunten weergegeven bij de meest gunstige eigenfrequentie van de vloer.

Tabel 5.3: Beoordeling $V_{\max}$ in geval van de meest **gunstige** eigenfrequentie (20Hz) van de vloer

	$V_{\max}$, best case eigenfrequentie		
	Nacht	Dag	Avond
A₂ Streefwaarde nieuwe / bestaande situaties	0,2 / 0,4	0,4 / 0,8	0,4 / 0,8
Meetpunt 1	0,16	0,15	0,16
Meetpunt 2x	0,16	0,17	0,16
Meetpunt 2y	0,13	0,14	0,12
Meetpunt 2z	0,10	0,09	0,09
Meetpunt 3	0,15	0,15	0,14
Meetpunt 4	0,10	0,14	0,09

Volgens tabel 5.3 volgt dat als er rekening wordt gehouden met een zo gunstig mogelijk eigenfrequentie van de vloer dat er geen overschrijdingen meer overblijven. De berekende trillingssterkten liggen onder de streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties en dus betekent dat conform SBR-B geen sprake is van trillingshinder in de dag-, avond- of nachtperiode.

5.5 Beoordeling V_{per}

Omdat de $A_1 = 0,1$ streefwaarde wordt overschreden moet naast de maximale trillingssterkte ook de gemiddelde trillingssterkte V_{per} worden beoordeeld. Deze is berekend door de te verwachten overdracht in de woning te spectraal te vermenigvuldigen met de spectra van alle gemeten treinpassages. Onderstaande tabel 5.4 geeft een samenvatting van het resultaat bij de meest ongunstige vloer-eigenfrequentie en tabel 5.5 voor de meest gunstige eigenfrequentie. Bij de berekening van V_{per} zijn conform SBR-B alleen die passages meegenomen met een geprognosticeerde $v_{\text{eff,max}}$ van 0,1 of hoger.

Tabel 5.4: Beoordeling V_{per} in geval van de meest **ongunstige** eigenfrequentie van de vloer

	V_{per} , worst case eigenfrequentie		
	Nacht	Dag	Avond
A_3 streefwaarde nieuwe / bestaande situaties	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1
Meetpunt 1	0,033	0,040	0,043
Meetpunt 2x	0,036	0,046	0,045
Meetpunt 2y	0,028	0,034	0,037
Meetpunt 2z	0,022	0,028	0,029
Meetpunt 3	0,034	0,049	0,050
Meetpunt 4	0,027	0,038	0,033

Tabel 5.5: Beoordeling V_{per} in geval van de meest **gunstige** eigenfrequentie van de vloer

	V_{per} , best case eigenfrequentie		
	Nacht	Dag	Avond
A_3 streefwaarde nieuwe / bestaande situaties	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1
Meetpunt 1	0,015	0,018	0,019
Meetpunt 2x	0,014	0,018	0,018
Meetpunt 2y	0,011	0,006	0,010
Meetpunt 2z	0,003	0,000	0,005
Meetpunt 3	0,009	0,014	0,015
Meetpunt 4	0,000	0,006	0,000

Uit bovenstaande tabellen wordt geconcludeerd dat V_{per} voor alle locaties voldoet, onafhankelijk van de vloer-eigenfrequentie. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} is niet maatgevend voor trillingshinder.

5.6 Beschouwing

5.6.1 Conservatief model

Het is van belang om te beseffen dat het rekenmodel conservatief rekent en uitgaat van ongunstige situaties. Deze wijze van rekenen past bij de bepaling van een maximale waarde zoals V_{max} . Het rekenmodel is zo opgebouwd dat de kans op een lagere trillingssterkte dan geprognosticeerd, groter is dan de kans op een hogere trillingssterkte dan geprognosticeerd.

5.6.2 Keuze eigenfrequentie van de vloeren

De keuze van de eigenfrequentie van de vloeren is van belang voor de uiteindelijke trillingssterkte in de toekomstige woningen. Uit de meet- en rekenresultaten blijkt dat een eigenfrequentie met ordegrootte 8 Hz ongunstig is omdat ook de aanstoting veel energie in deze frequenties bevat. Voor het bouwplan is de meest gunstige eigenfrequentie 20 Hz.

Een eigenfrequentie van 20 Hz is hoger dan normaal gesproken te verwachten in vloeren van nieuwbouwwoningen. Om een dergelijk hoge eigenfrequentie zouden de volgende (generieke) maatregelen moeten worden toegepast (vanuit het 'standaard' ontwerp):

- Toepassen van een kleine overspanning.
- Toepassen van een grotere vloerdikte.
- Toepassen van een lichtere vloer met grote stijfheid.

5.6.3 Mogelijke trillingsreducerende maatregelen

Er zijn mogelijkheden om de trillingssterkte verder te reduceren onder de streefwaarden uit SBR-B. Te denken valt aan het optimaliseren van de draagconstructie, verzwaren van de fundering, het van de bodem vrijhouden van het fundament, het toepassen van een isolerend scherm in de bodem tussen spoor en gebouw of het trilling geïsoleerd opstellen van het gebouw als geheel. Een isolerend scherm of geïsoleerd opstellen van het gebouw zijn in veel gevallen (financieel) niet haalbaar maar met de eerste twee maatregelen is mogelijk de nodige reductie van trillingen te bereiken. De verwachting is dat met maatregelen aan de streefwaarden voor nieuwe situaties uit SBR-B kan worden voldaan, of dat nagenoeg kan worden voldaan.

In het ontwerpbestemmingsplan is een voorwaardelijk planregel opgenomen met betrekking tot trillingshinder. Daarin wordt gesteld dat voor woningen binnen een afstand tot 100 meter van het spoor, moet worden aangetoond dat er aan de streefwaarden uit SBR-B wordt voldaan. Op basis van de resultaten van de prognose is het aan te raden deze 100 meter te behouden in het plan.

6 Conclusie

Het uitgevoerde trillingsonderzoek leidt samenvattend tot de volgende conclusies:

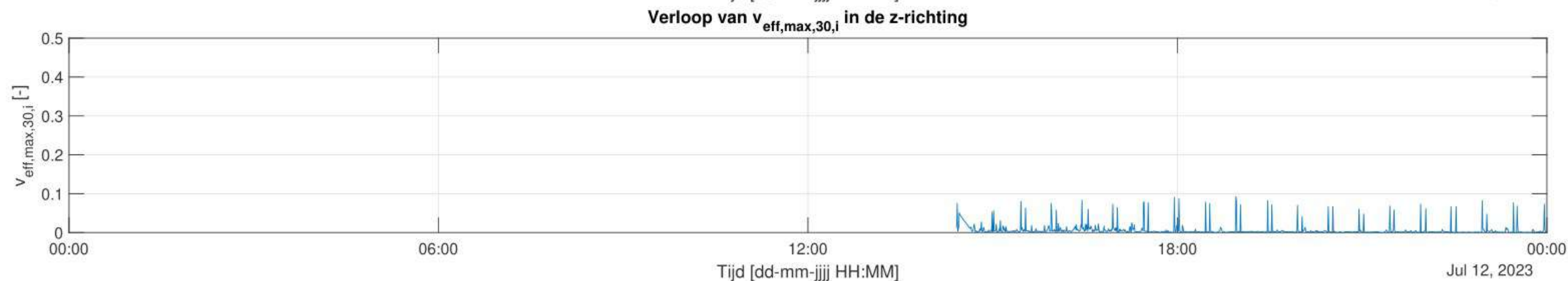
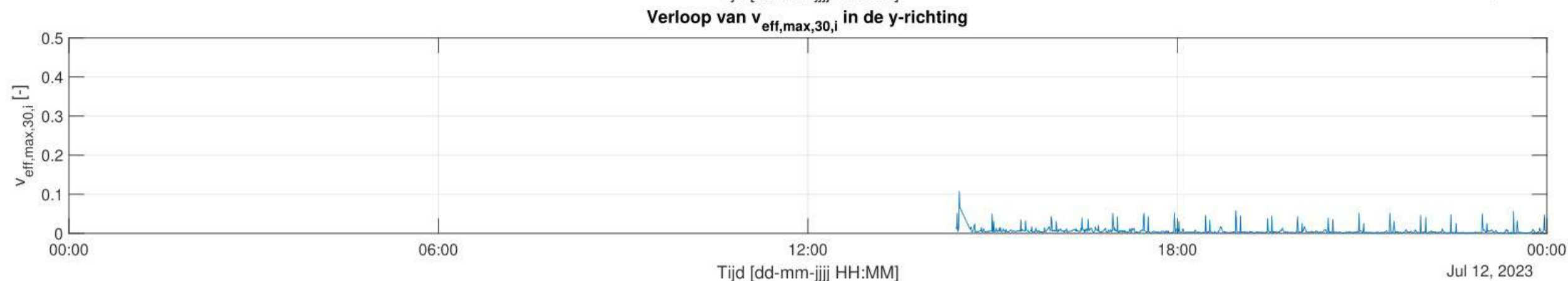
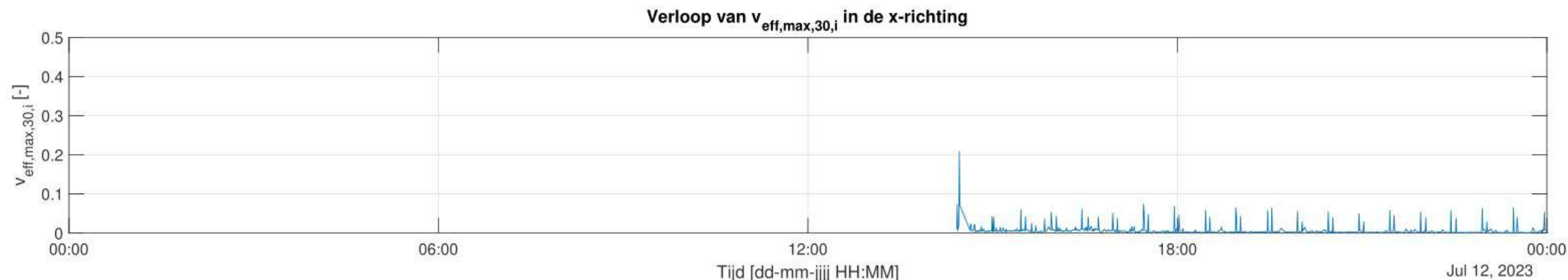
1. De locatie van het bestemmingsplan is zodanig dat hinder door trillingen als gevolg van treinverkeer is te verwachten als in het ontwerp van de woningen géén rekening met de aanwezige trillingen wordt gehouden. Met name in de woningen op 30 meter afstand van het spoor is een maximale trillingssterkte $V_{\max}$ berekend van 0,44 [-]. Daarmee wordt de SBR-B A₂ streefwaarde voor nieuwe situaties met een factor 2,2 overschreden in de maatgevende nachtperiode. De hoogste te hanteren streefwaarden (voor bestaande situaties) wordt met een factor 1,1 overschreden. Ook voor woningen verder van het spoor (55 en 65 meter) blijven overschrijdingen bestaan in de nachtperiode.
2. Als bij het ontwerp van de vloerconstructie in de toekomstige gebouwen, rekening gehouden wordt met de aanwezige trillingsbelasting, kan de maximaal te verwachten trillingssterkte teruggebracht worden naar 0,17 [-] voor de woningen het dichtst bij het spoor. Daarmee blijft geen overschrijding van de SBR-B streefwaarden voor nieuwe situaties meer over. Indicatief moet de vloer-eigenfrequentie daarbij verhoogd worden naar circa 20 Hz. Om dat te realiseren is het nodig een kleinere overspanning en/of een dikkere vloer te kiezen dan normaal gesproken nodig.
3. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet ruimschoots aan de SBR-B A₃ streefwaarden.
4. Verwacht wordt dat met maatregelen in de woningen kan worden voldaan aan de streefwaarden voor nieuwe situaties. Mogelijke maatregelen kunnen daarbij bestaan uit:
 - a. Verhogen van de eerste eigenfrequentie van de vloeren door deze stijver (dikker) en/ of lichter uit te voeren of door de overspanning te beperken.
 - b. Verzwaring van de fundering en/ of de gebouwconstructie.
 - c. De fundering ontkoppelen van de bodem (en alleen via de palen gekoppeld).
 - d. Toepassing van een trillingsisolerend scherm in de bodem tussen gebouw en spoor.
 - e. Toepassing van trillingsisolatie onder het gebouw.
5. Er wordt geadviseerd de voorwaardelijke planregel met betrekking tot trillingshinder in het ontwerpbestemmingsplan en het aandachtgebied tot 100 meter afstand van het spoor te behouden in het plan.

Cauberg Huygen B.V.

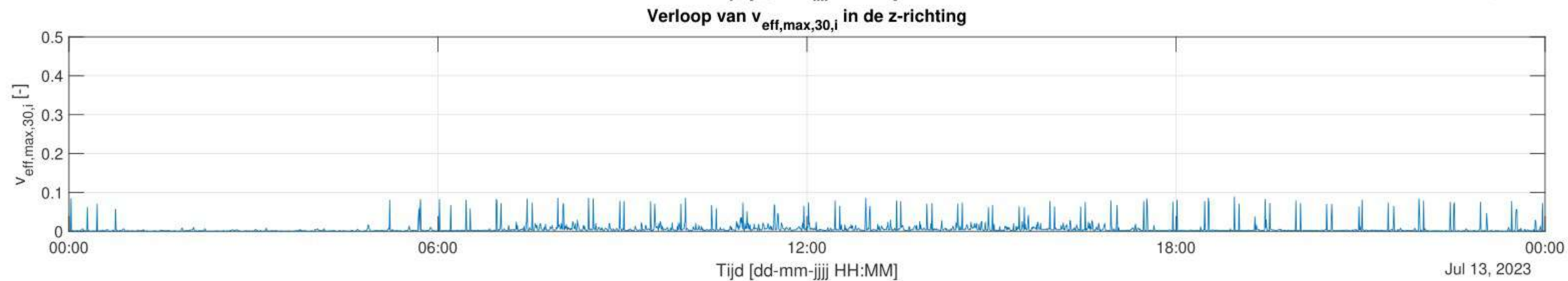
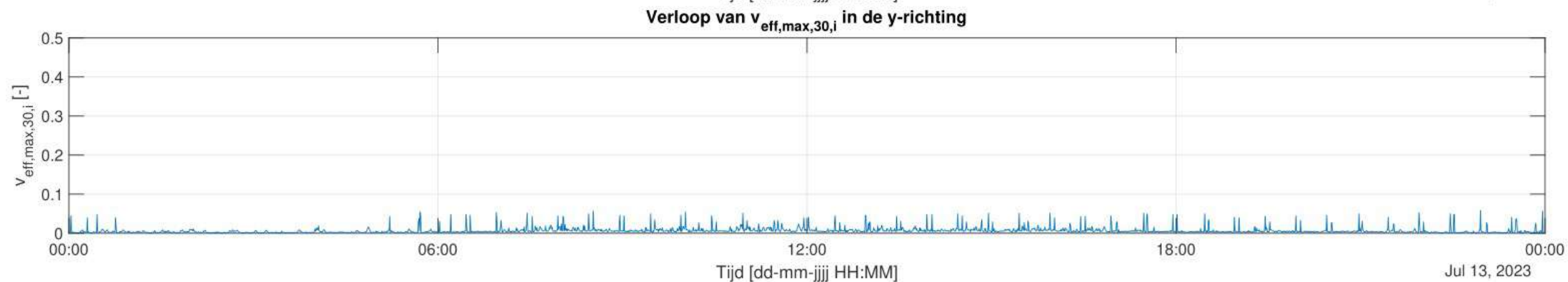
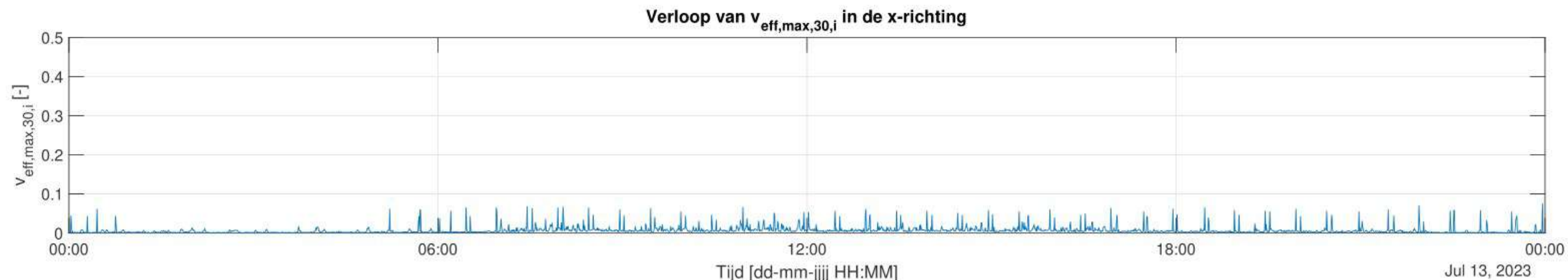


Bijlage I Verloop van $v_{eff,max,30,i}$ tijdens de trillingsmeting

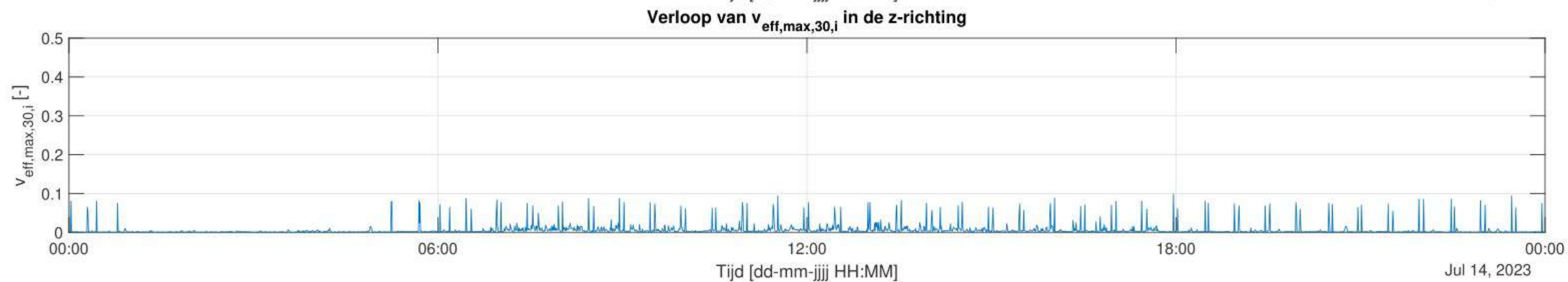
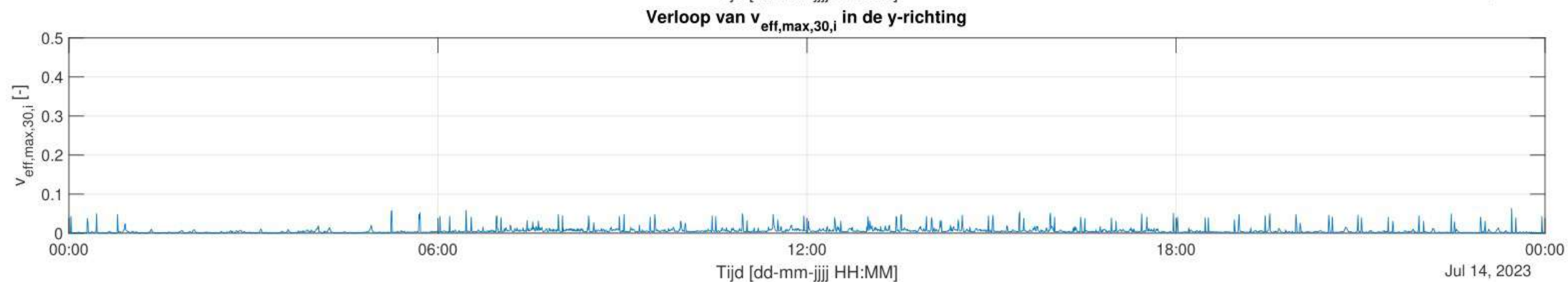
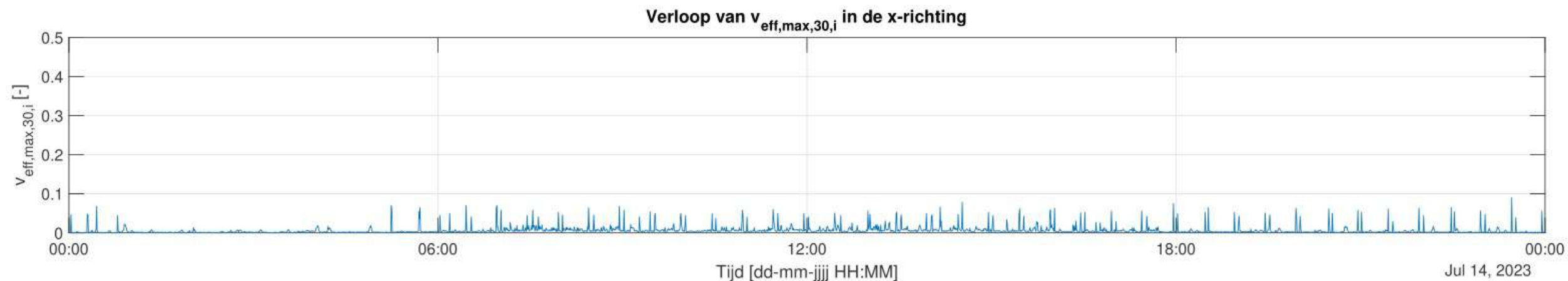
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT33 meteren mp3 op 12-Jul-2023



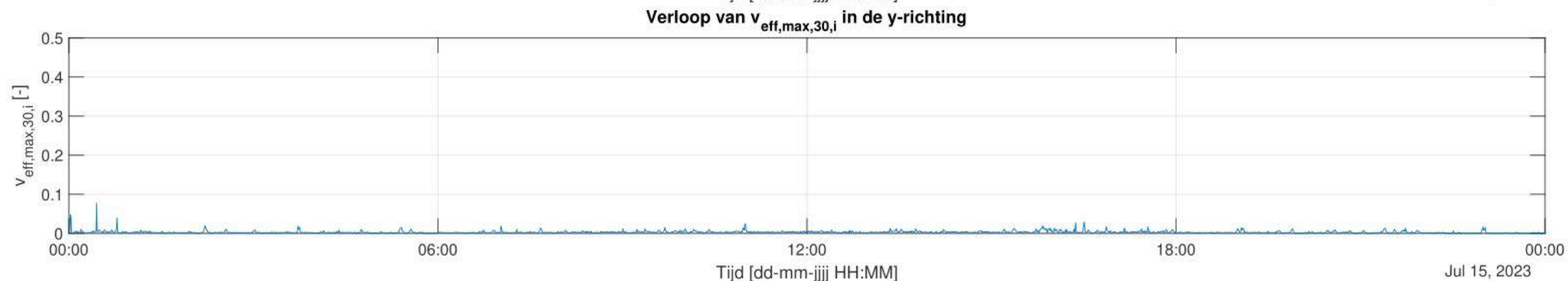
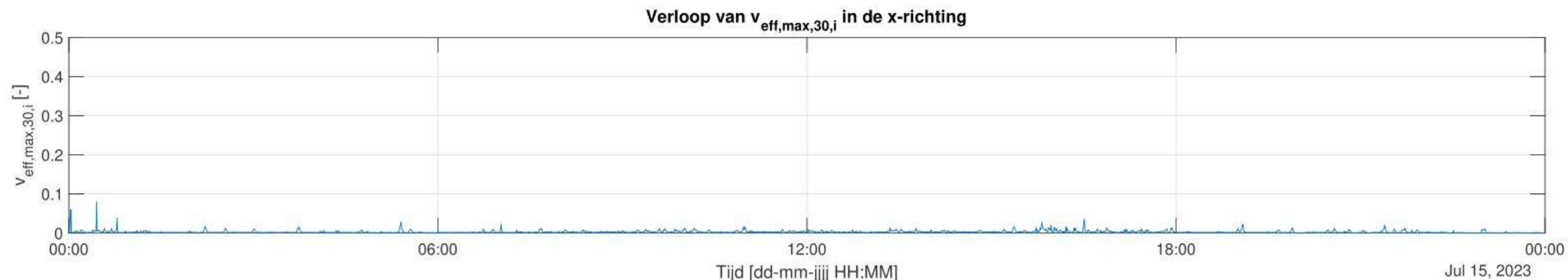
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT33 meteren mp3 op 13-Jul-2023



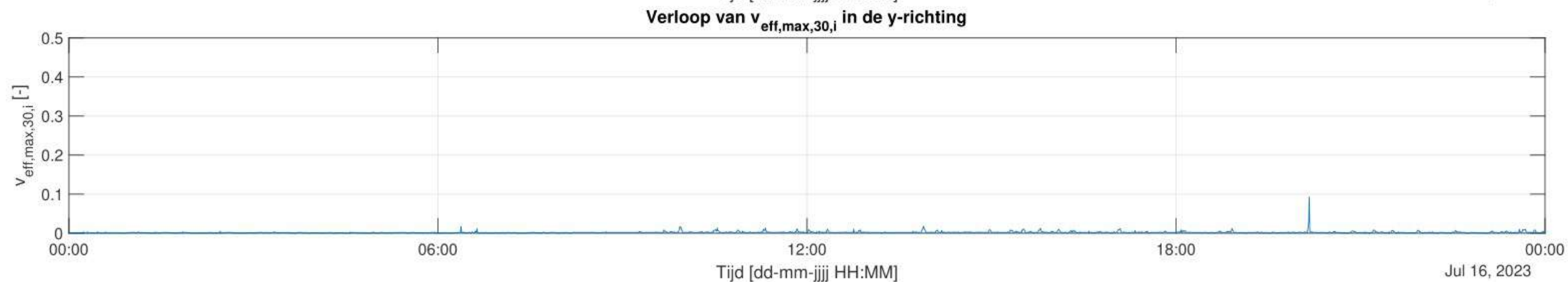
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT33 meteren mp3 op 14-Jul-2023



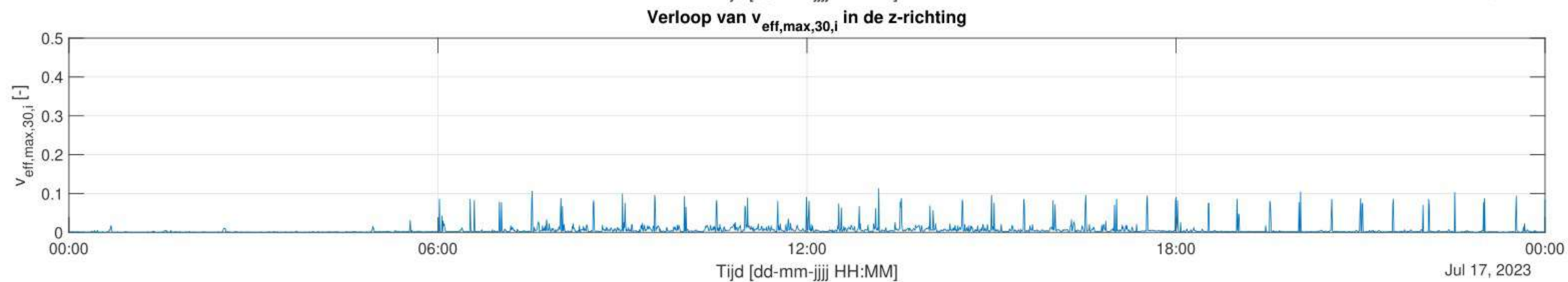
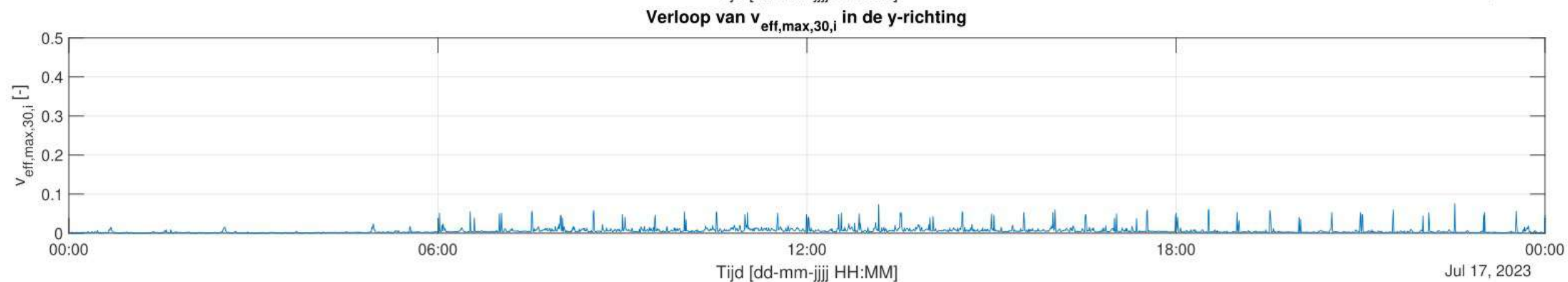
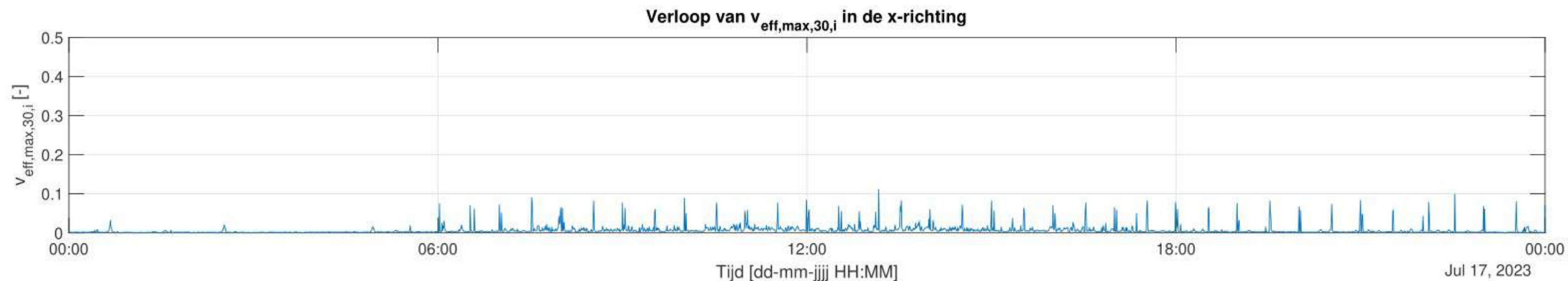
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT33 meteren mp3 op 15-Jul-2023



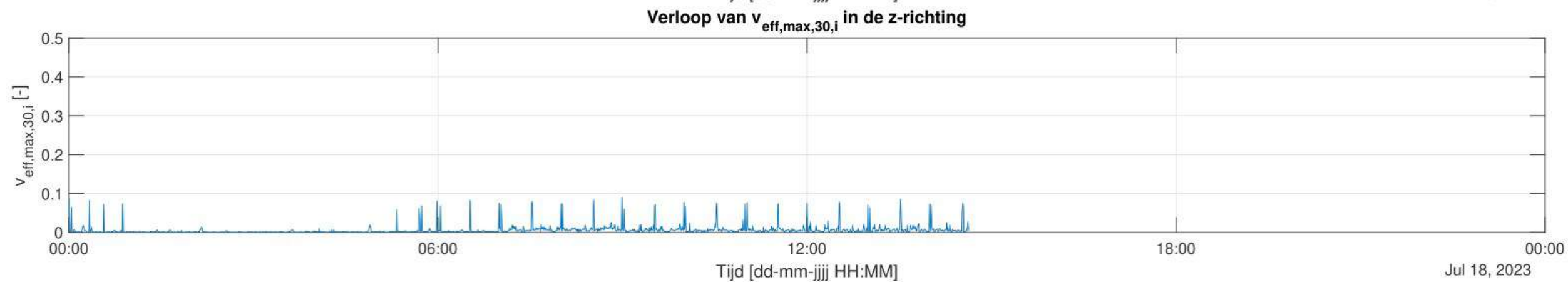
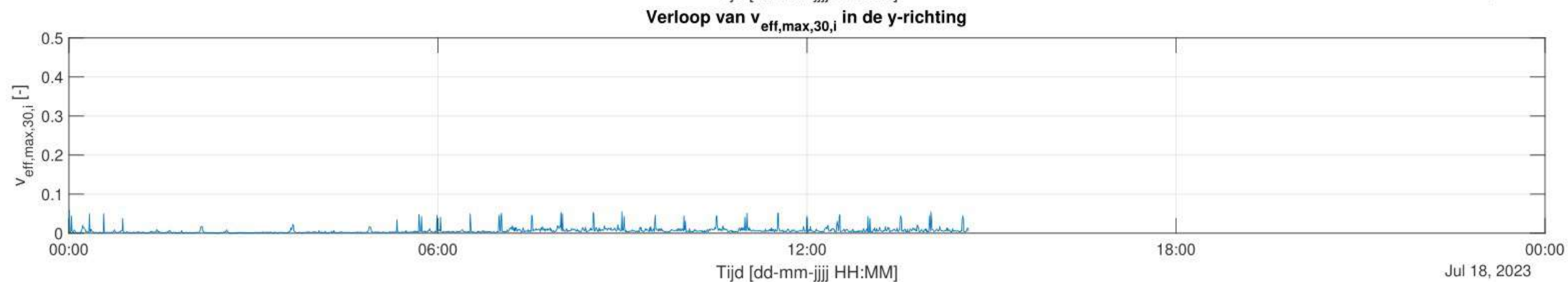
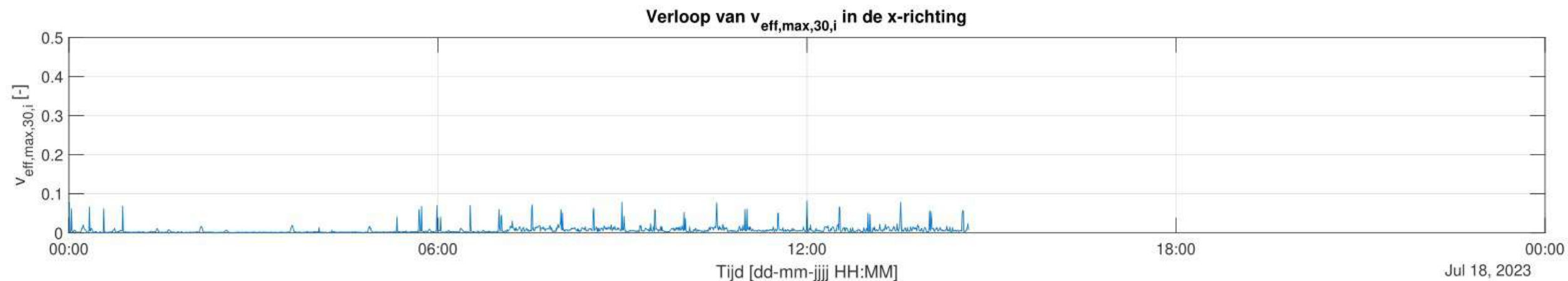
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT33 meteren mp3 op 16-Jul-2023



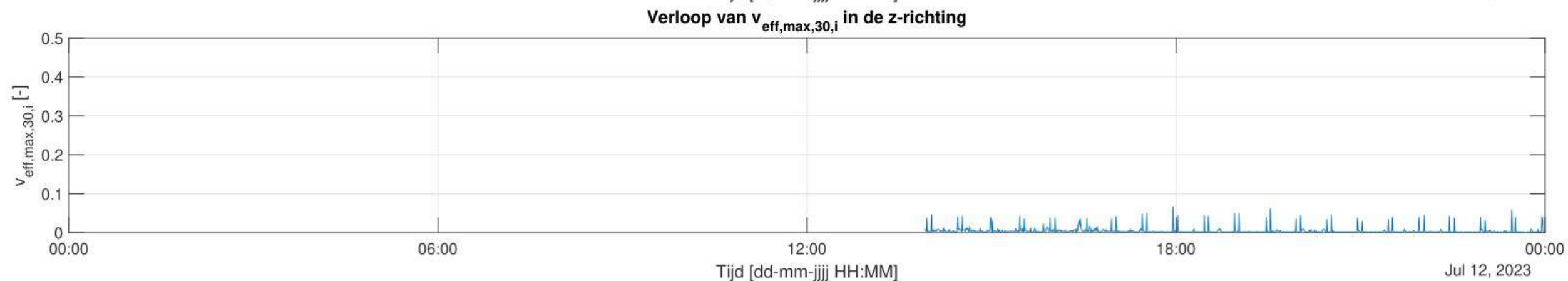
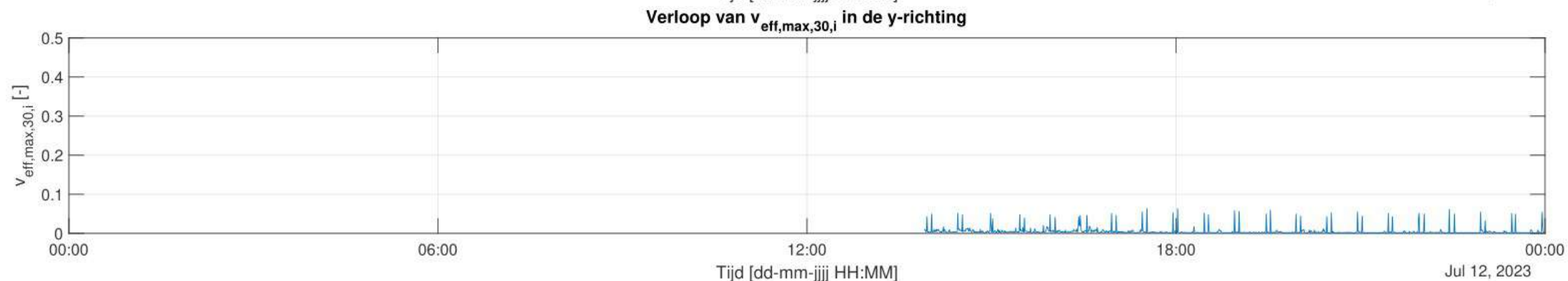
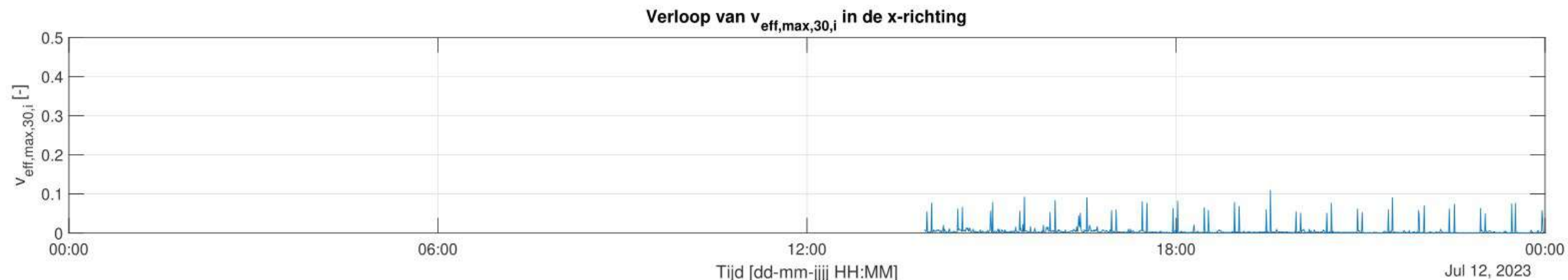
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT33 meteren mp3 op 17-Jul-2023



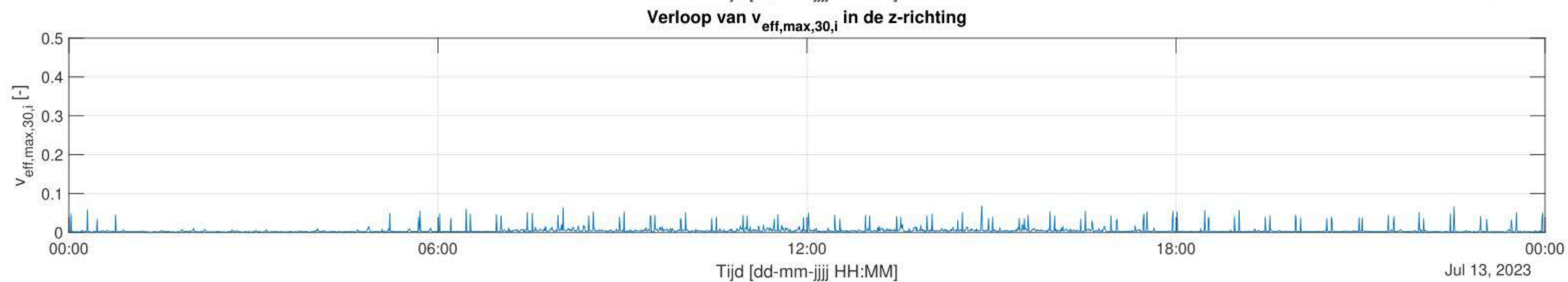
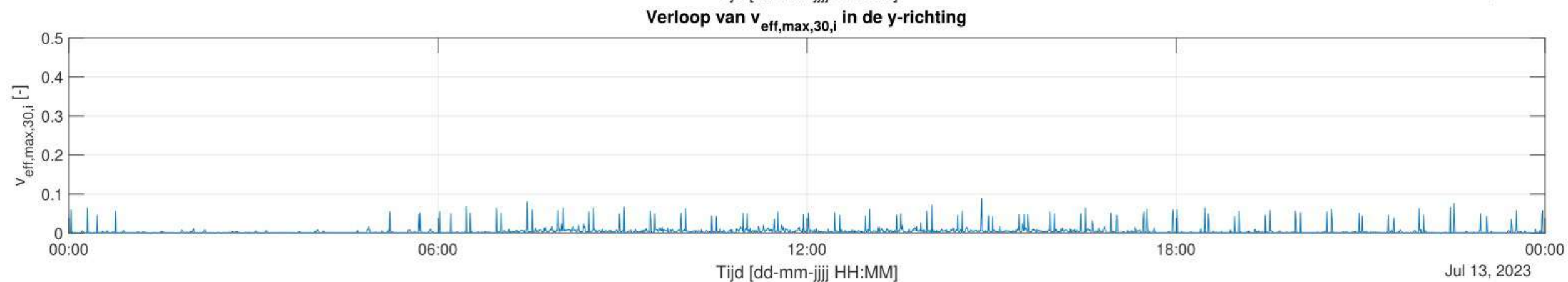
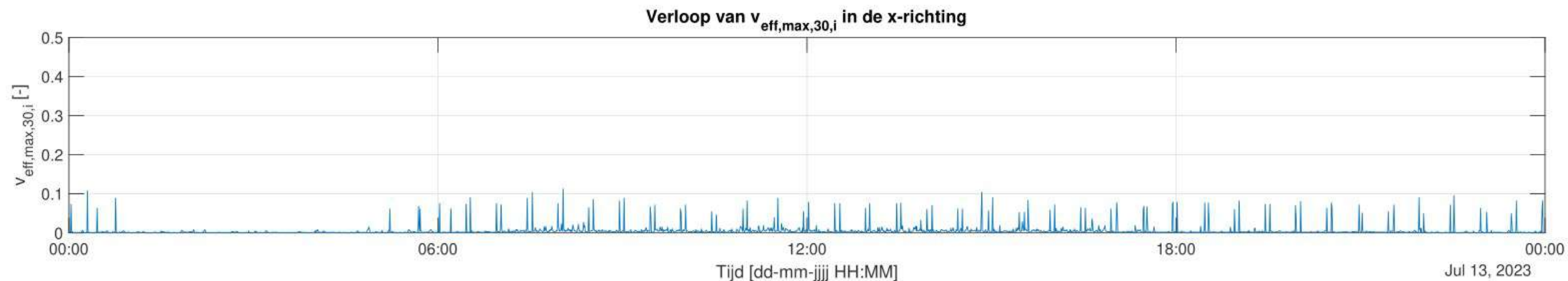
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT33 meteren mp3 op 18-Jul-2023



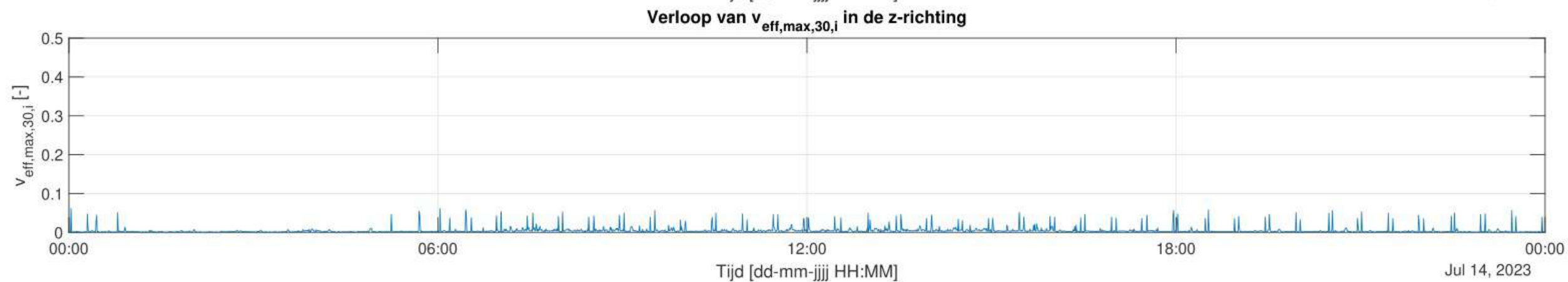
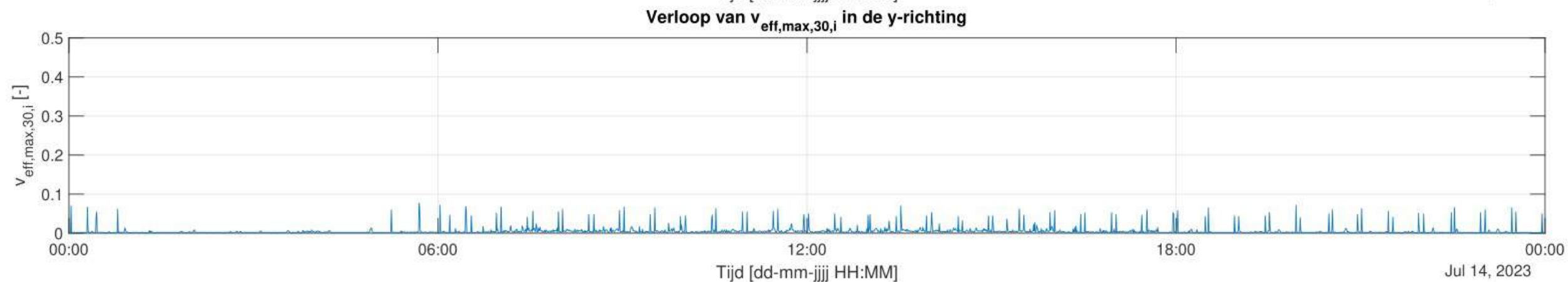
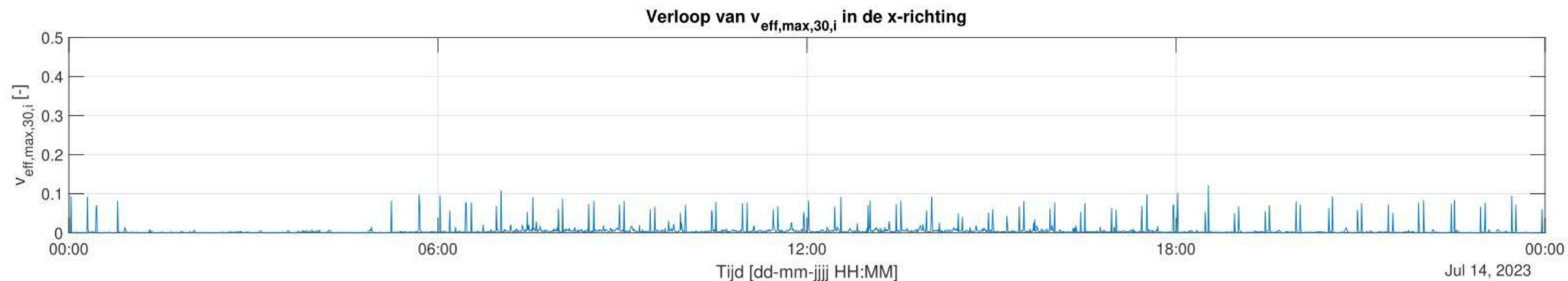
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT35 meteren mp2 op 12-Jul-2023



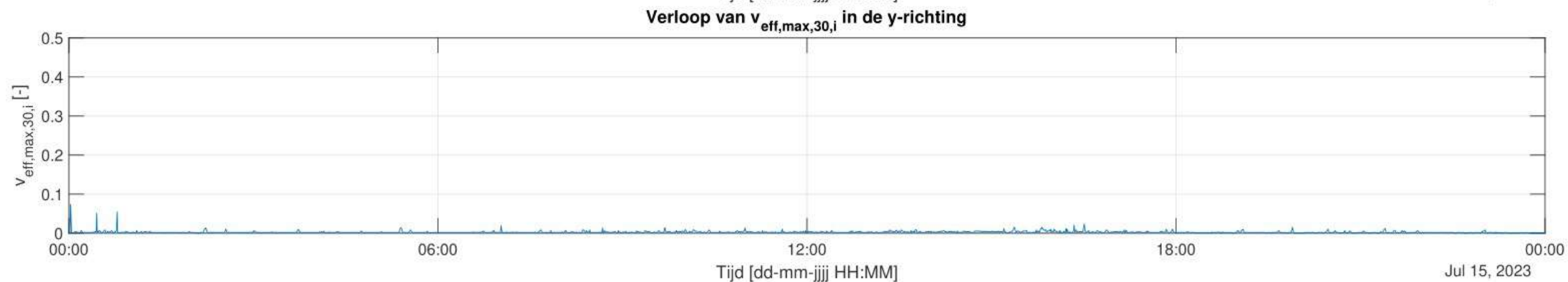
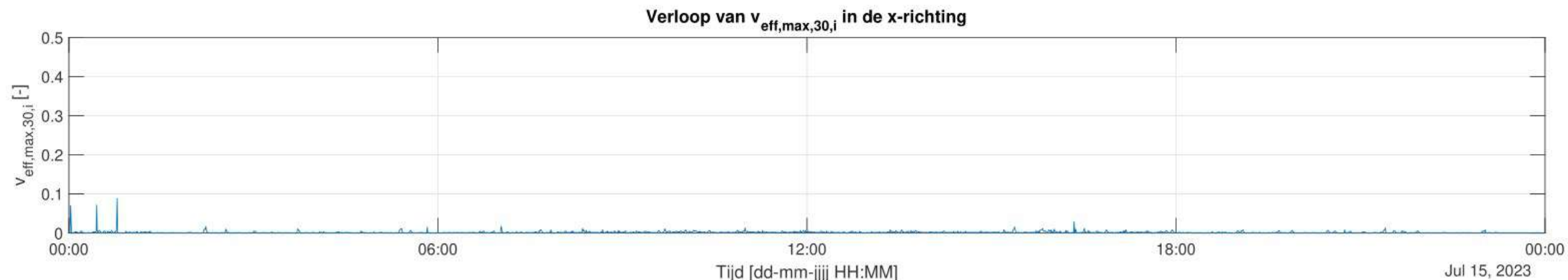
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT35 meteren mp2 op 13-Jul-2023



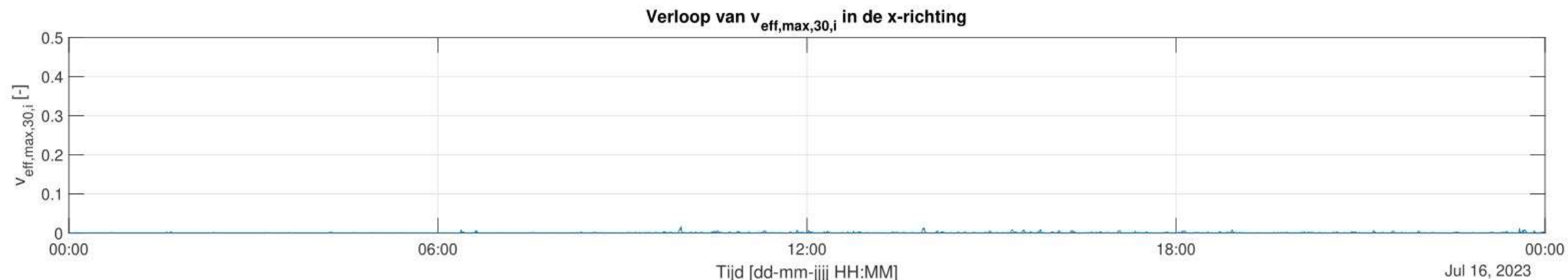
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT35 meteren mp2 op 14-Jul-2023



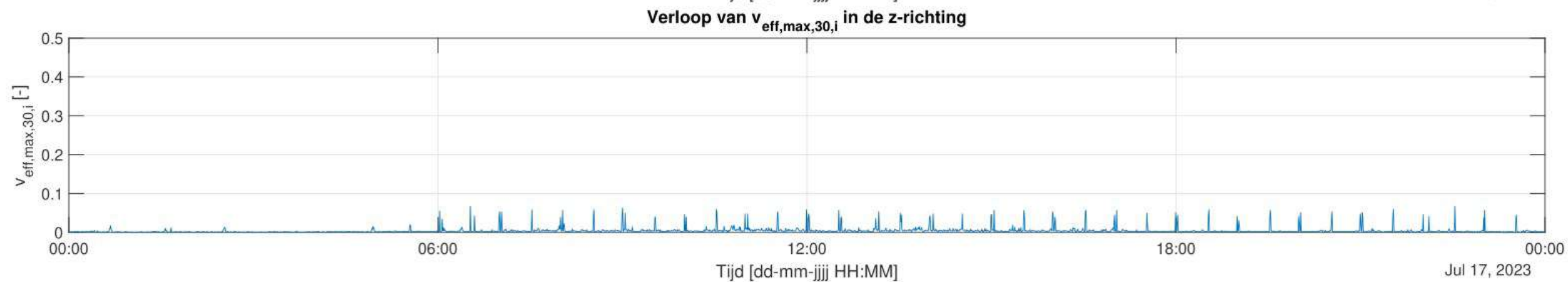
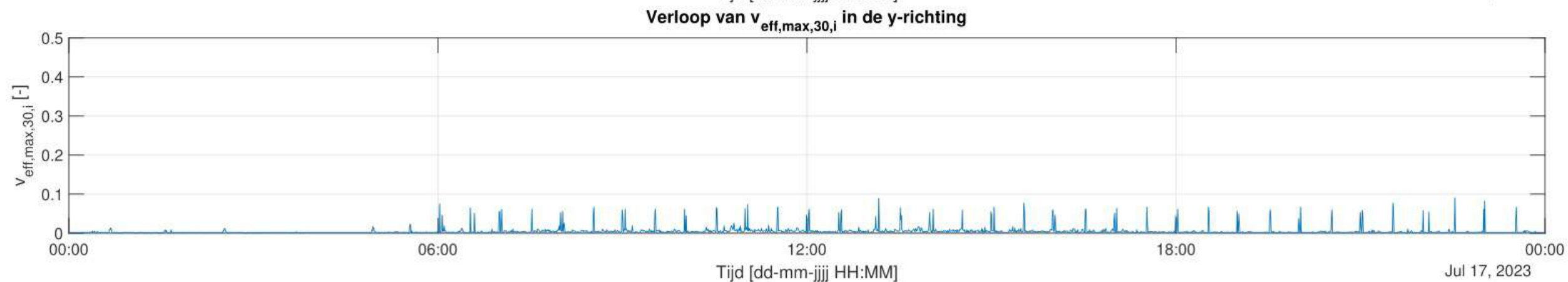
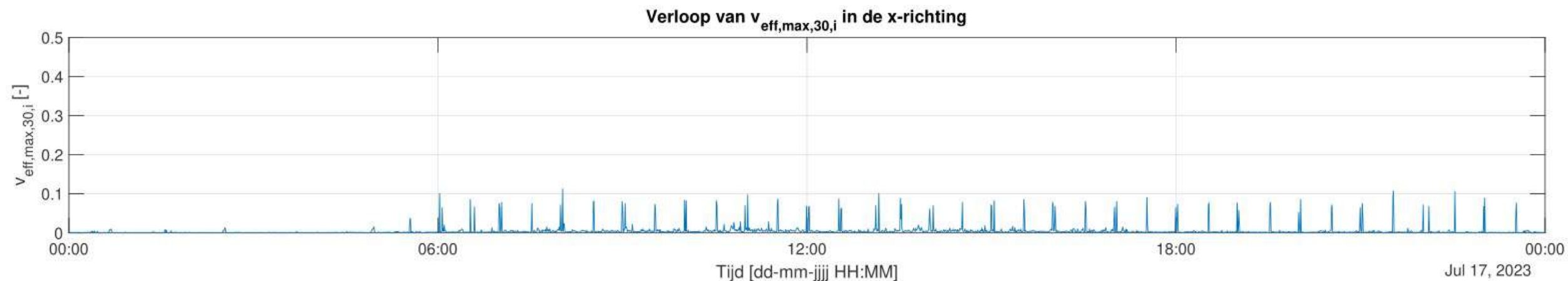
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT35 meteren mp2 op 15-Jul-2023



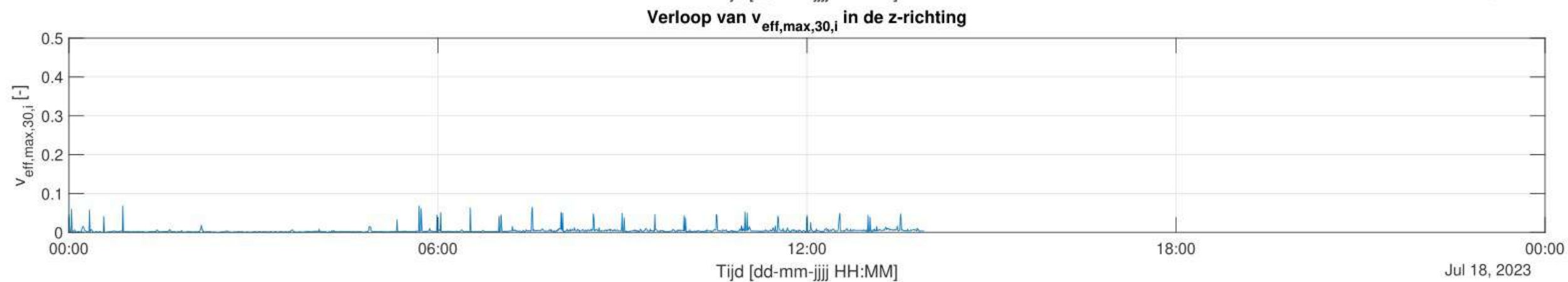
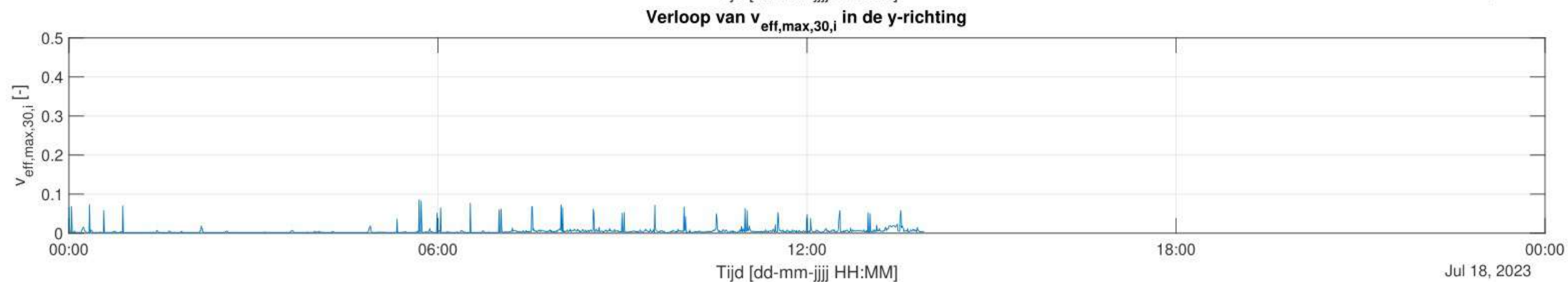
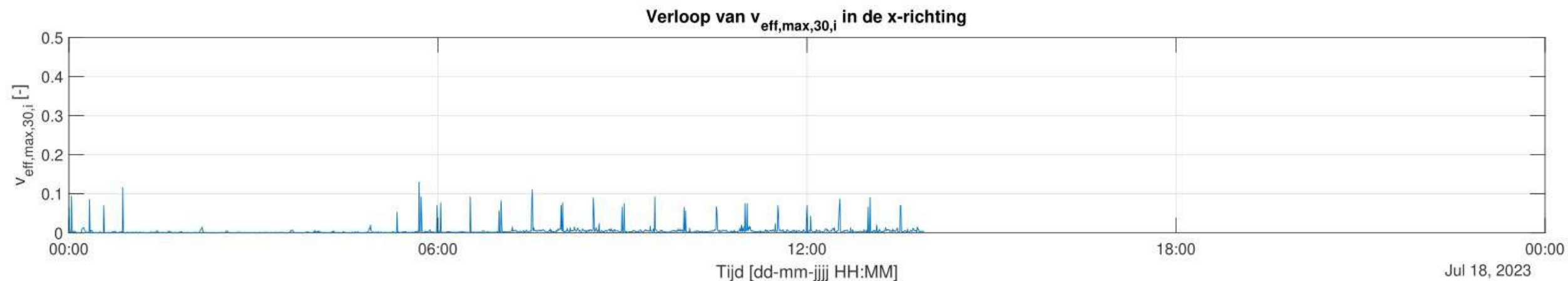
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT35 meteren mp2 op 16-Jul-2023



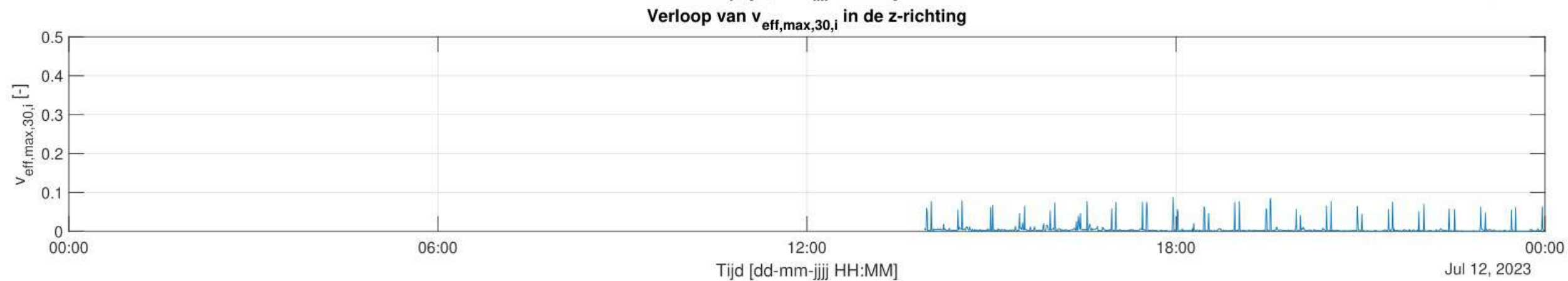
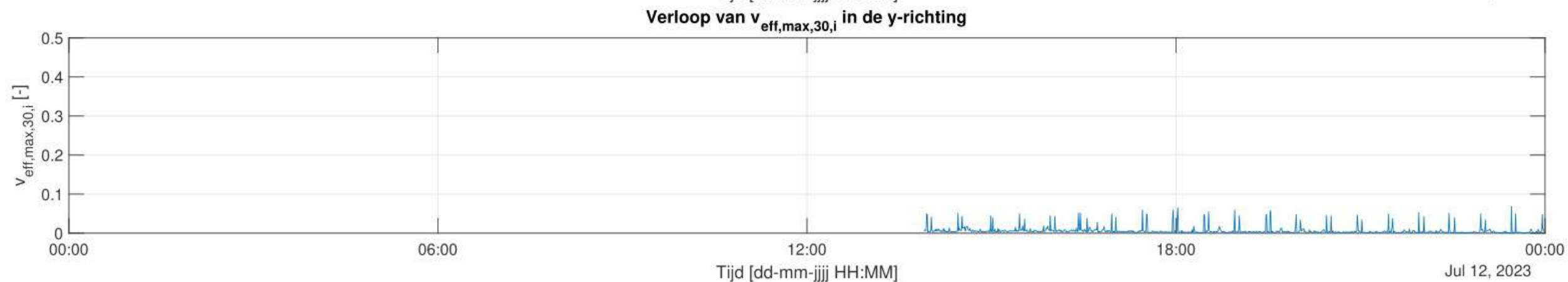
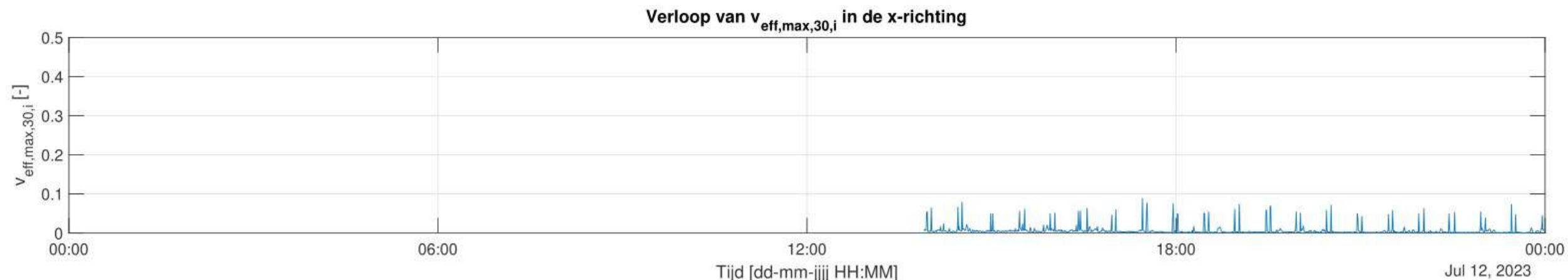
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT35 meteren mp2 op 17-Jul-2023



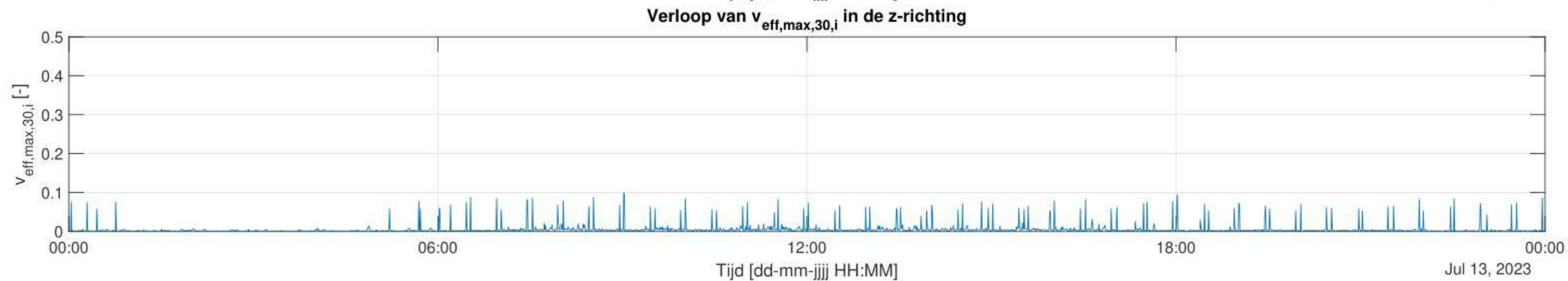
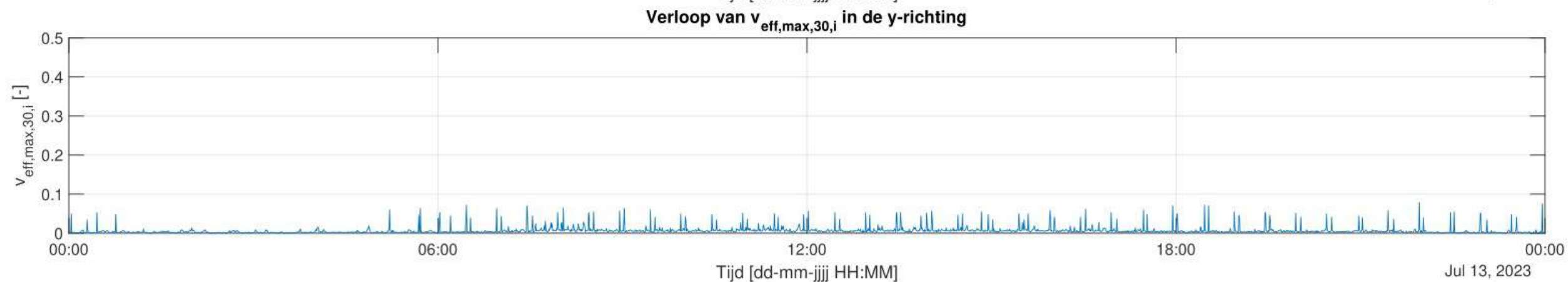
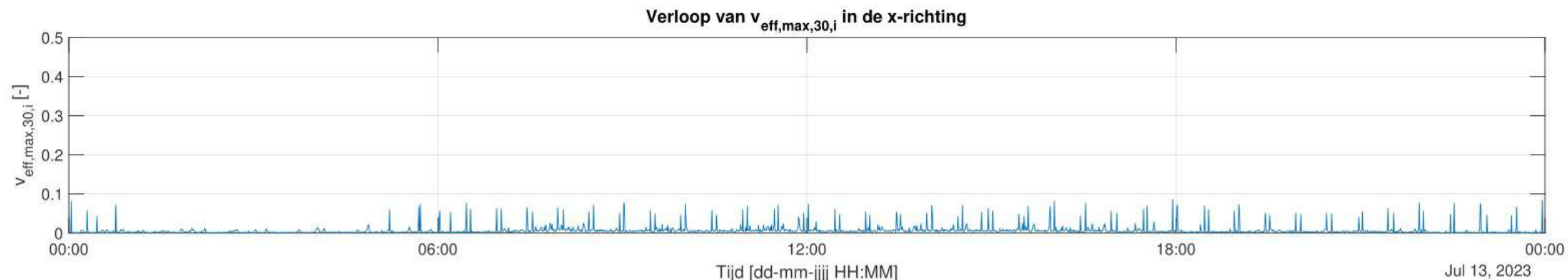
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT35 meteren mp2 op 18-Jul-2023



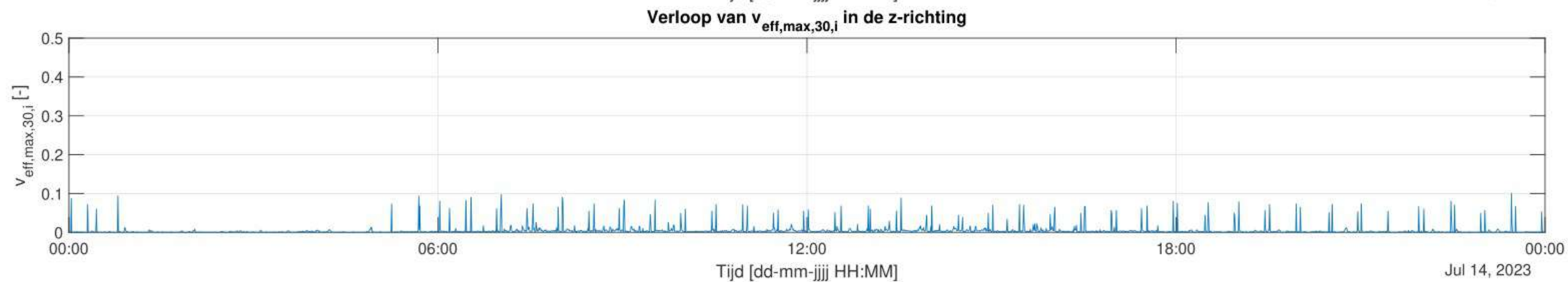
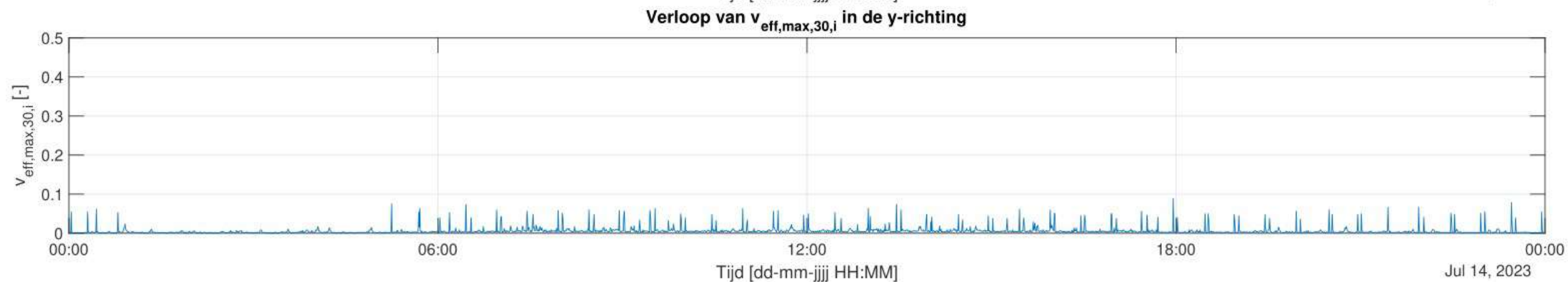
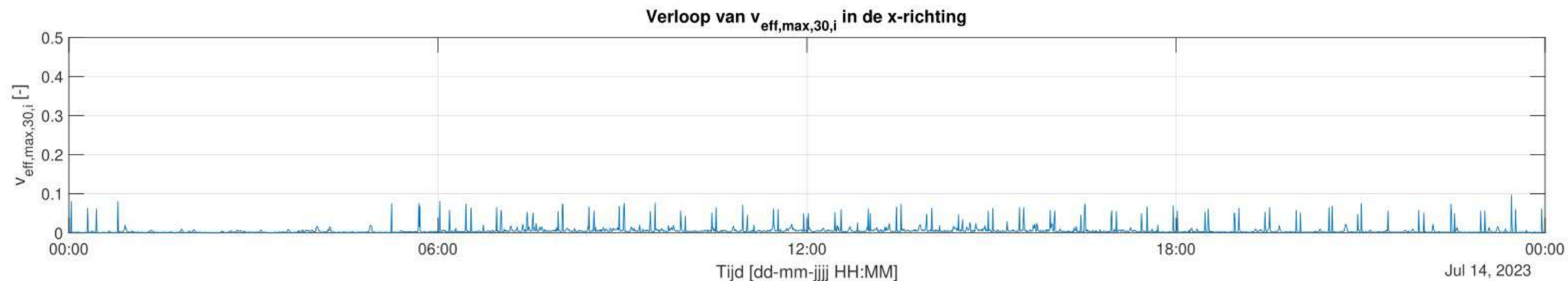
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT37 meteren mp1 op 12-Jul-2023



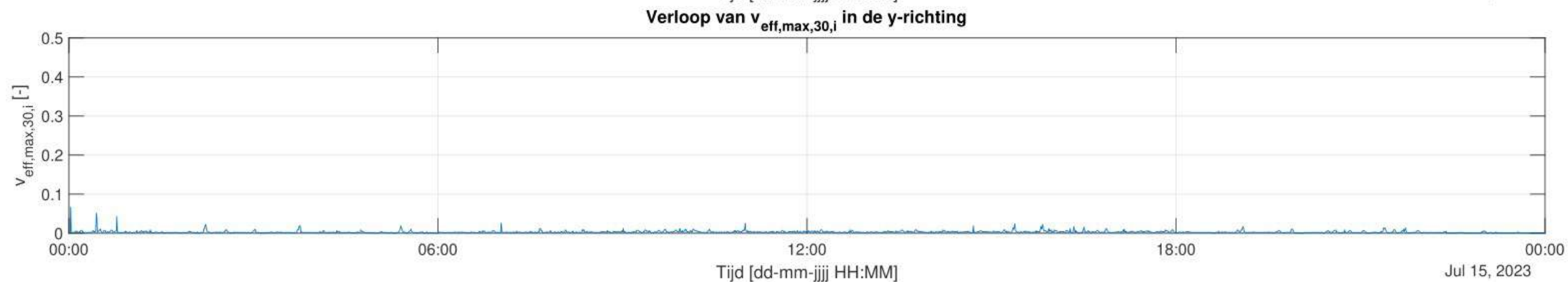
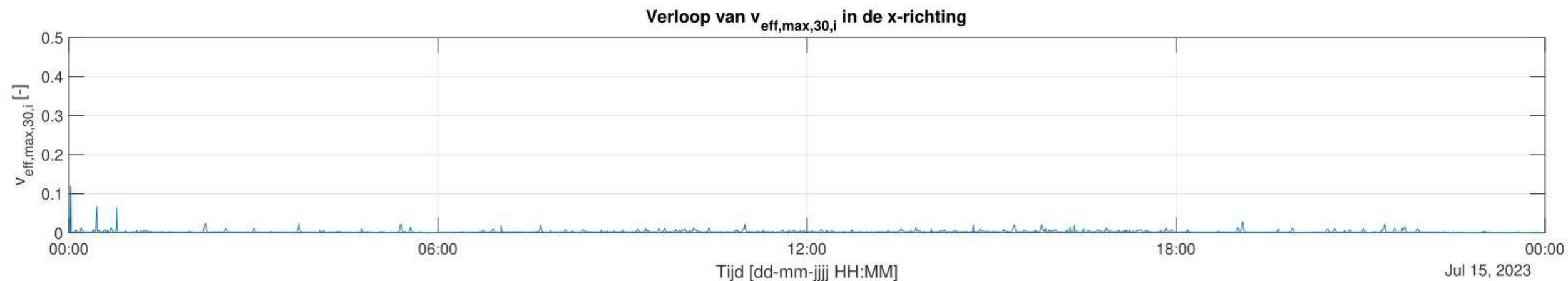
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT37 meteren mp1 op 13-Jul-2023



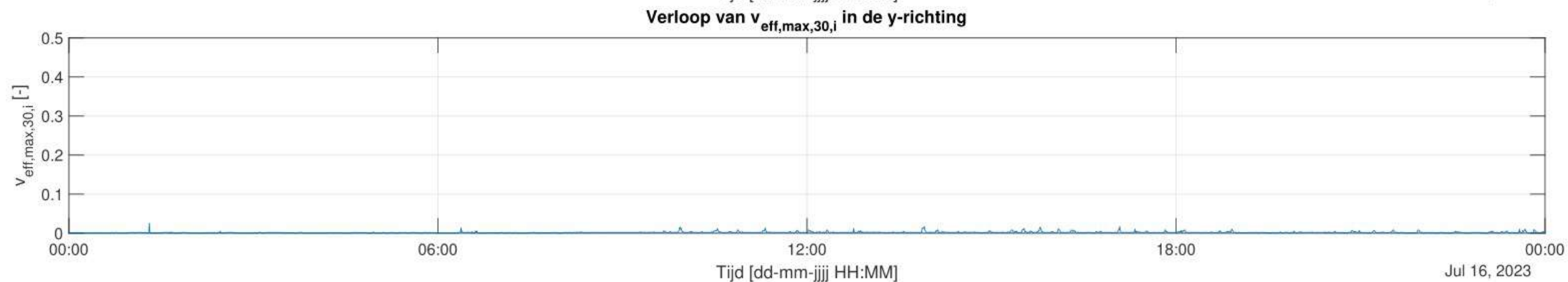
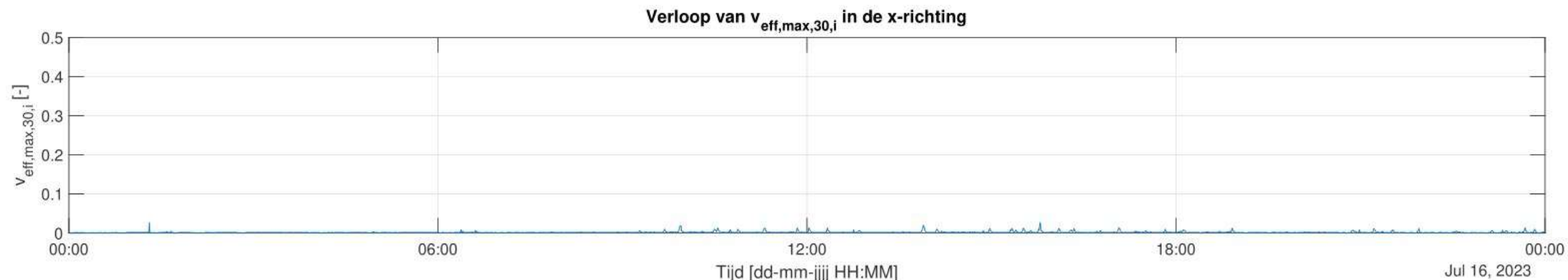
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT37 meteren mp1 op 14-Jul-2023



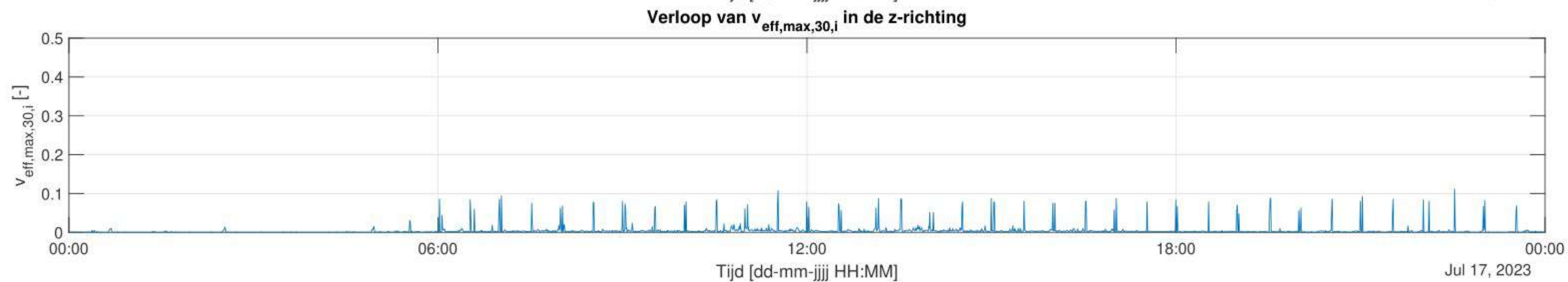
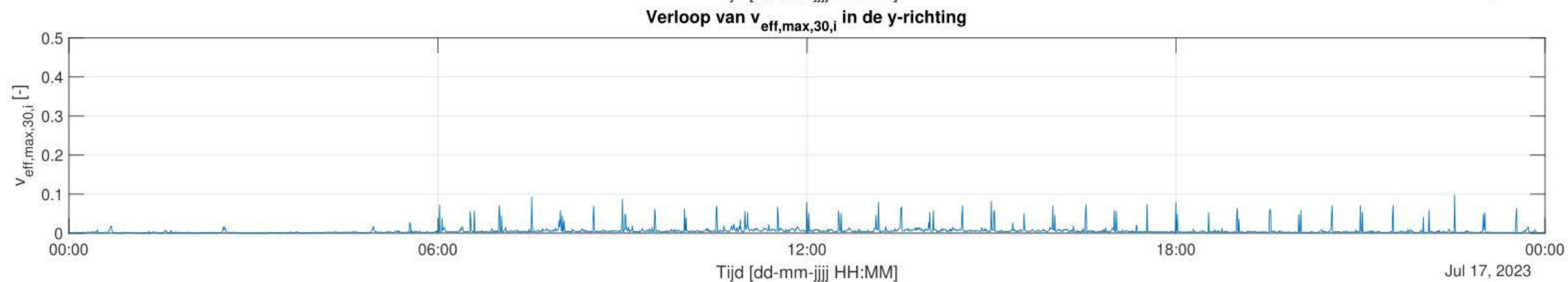
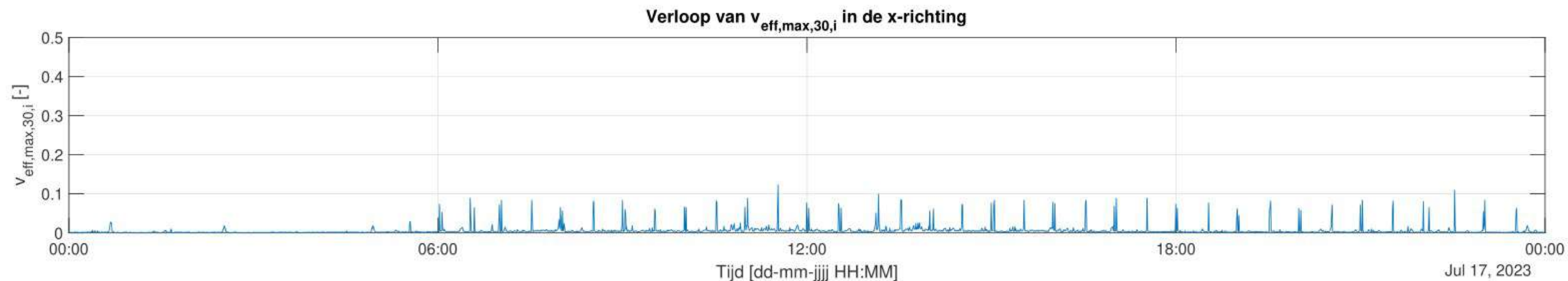
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT37 meteren mp1 op 15-Jul-2023



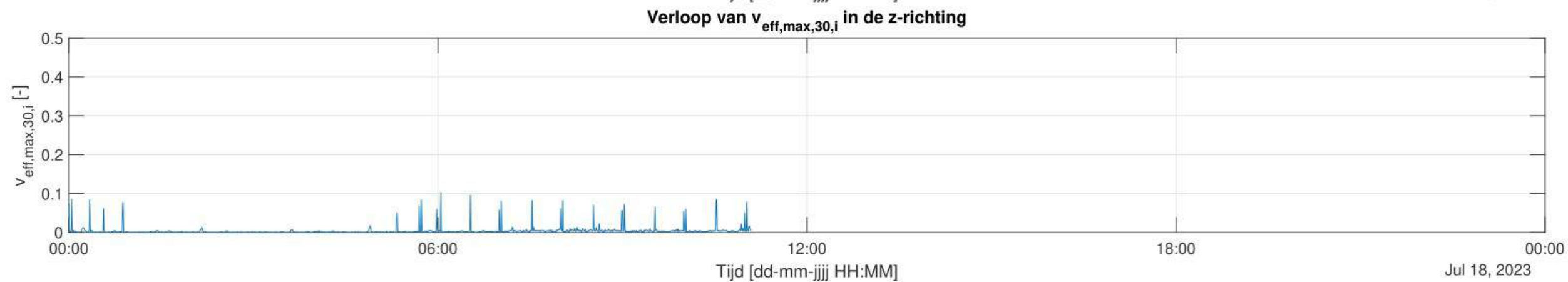
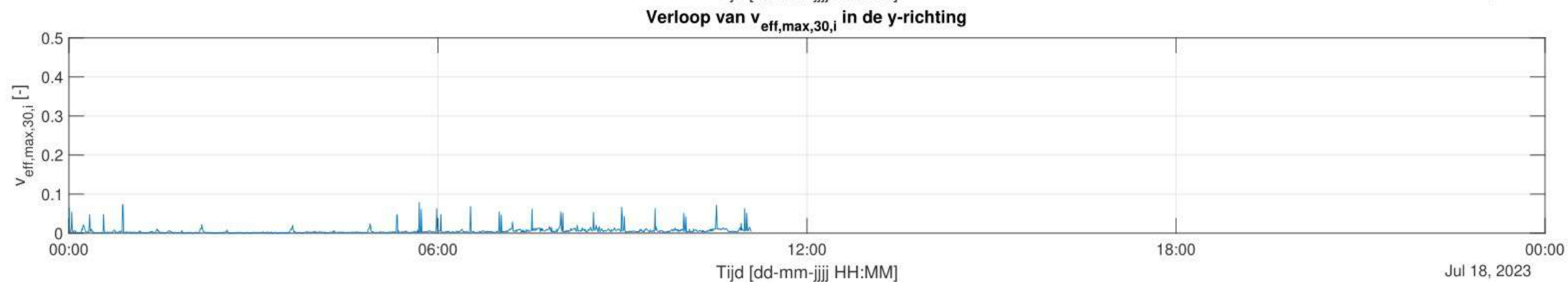
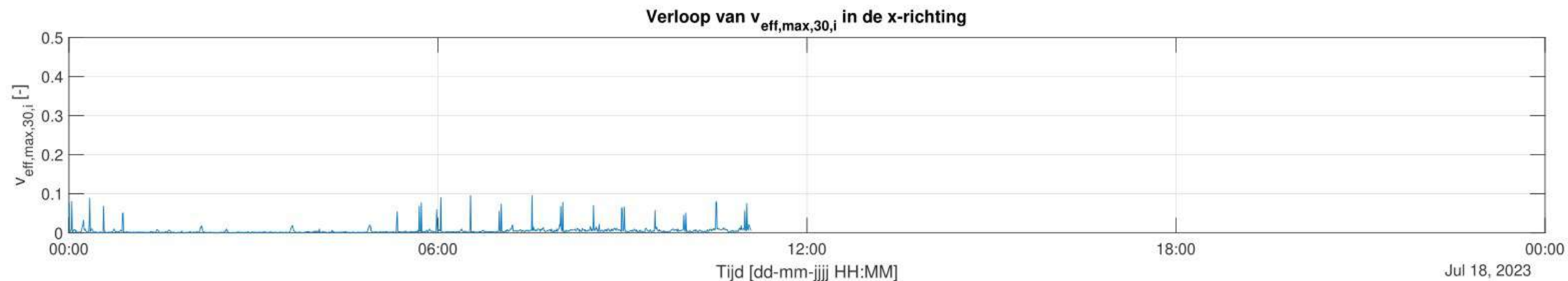
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT37 meteren mp1 op 16-Jul-2023



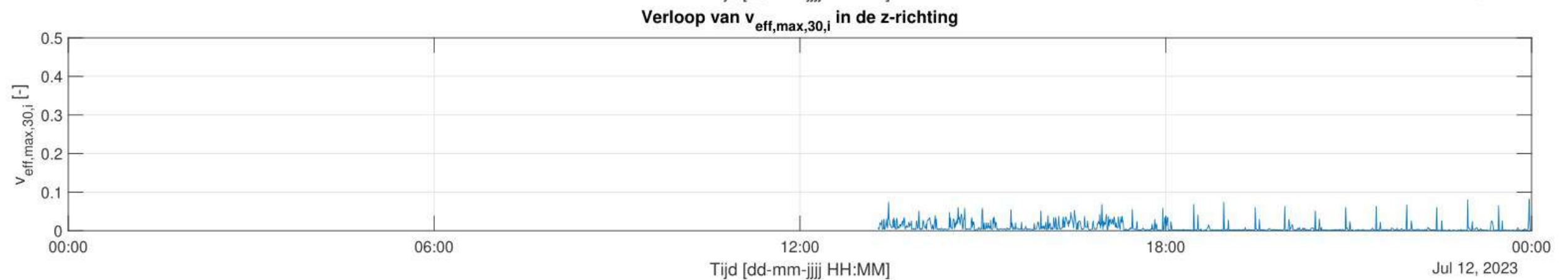
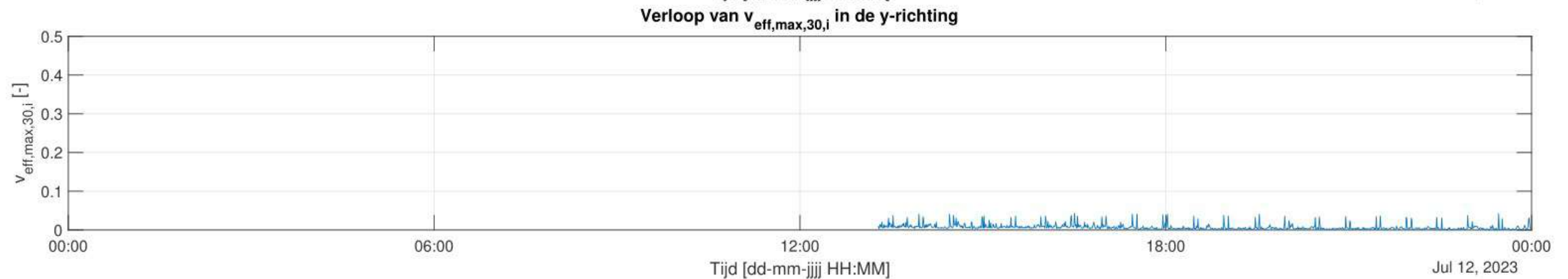
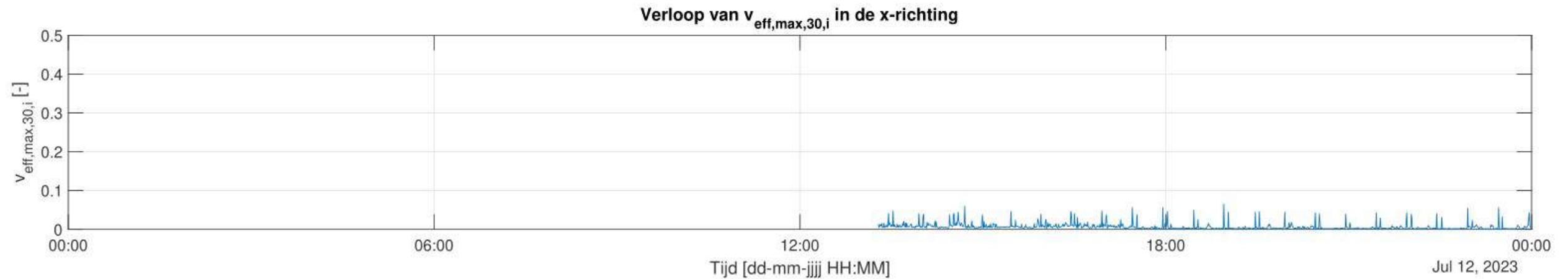
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT37 meteren mp1 op 17-Jul-2023



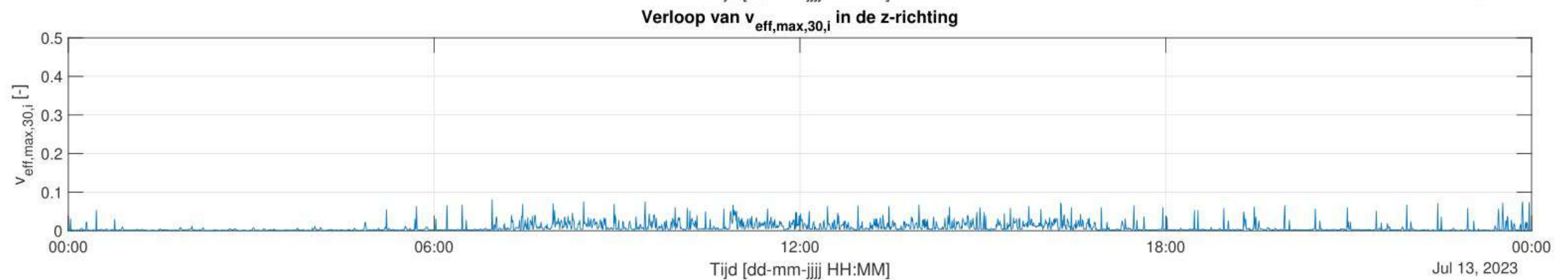
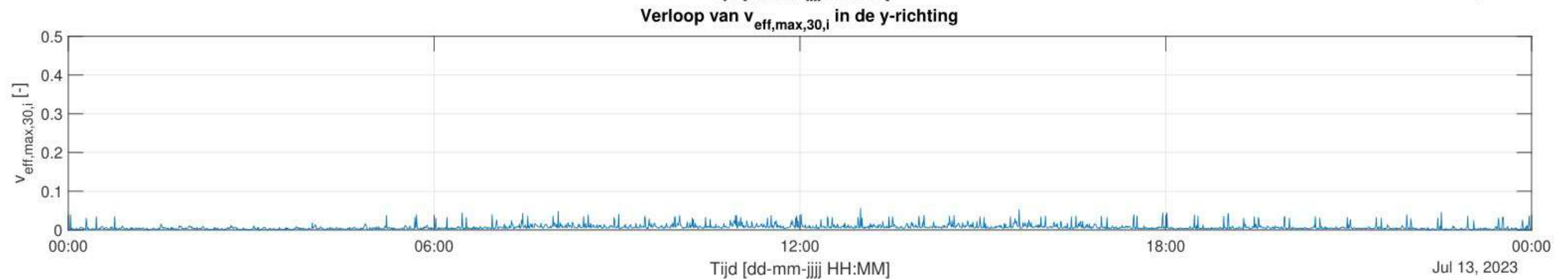
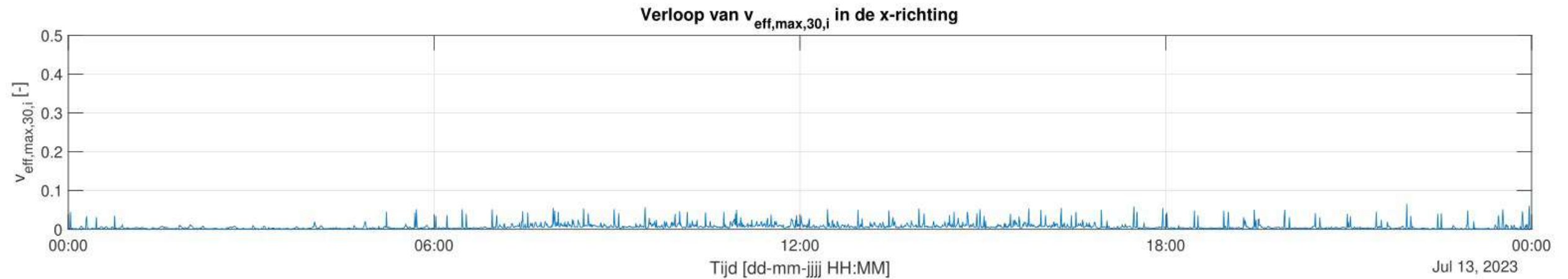
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT37 meteren mp1 op 18-Jul-2023



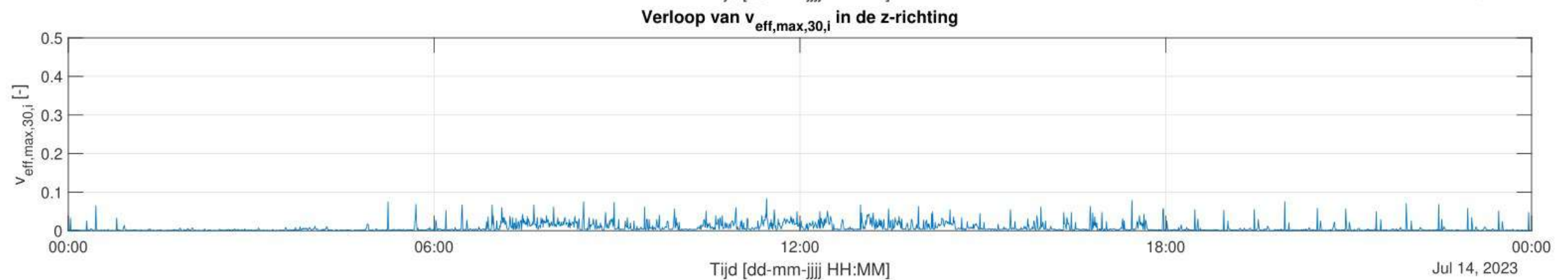
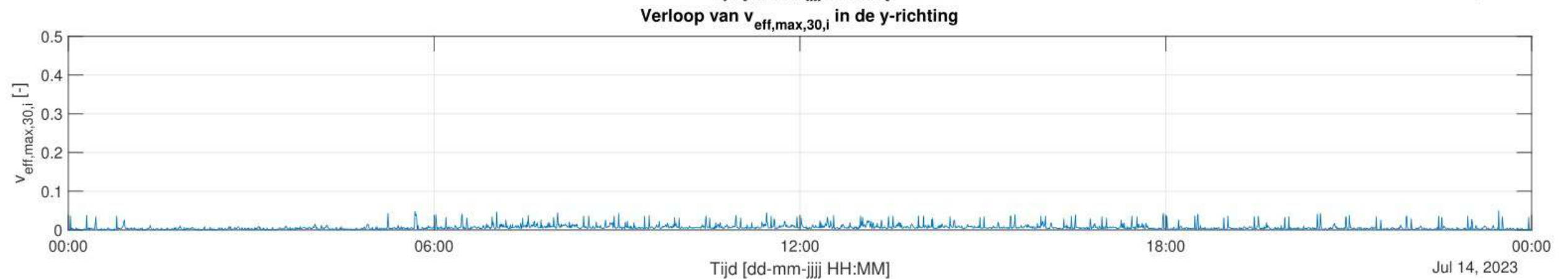
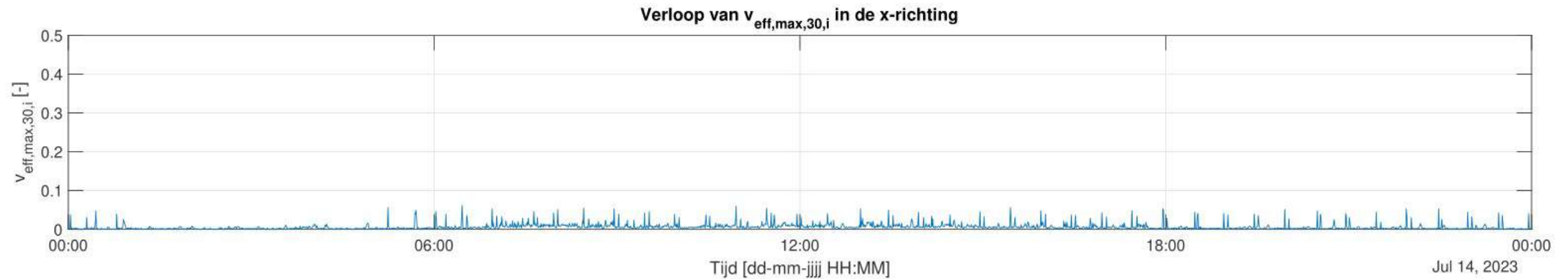
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 meteren mp4 op 12-Jul-2023



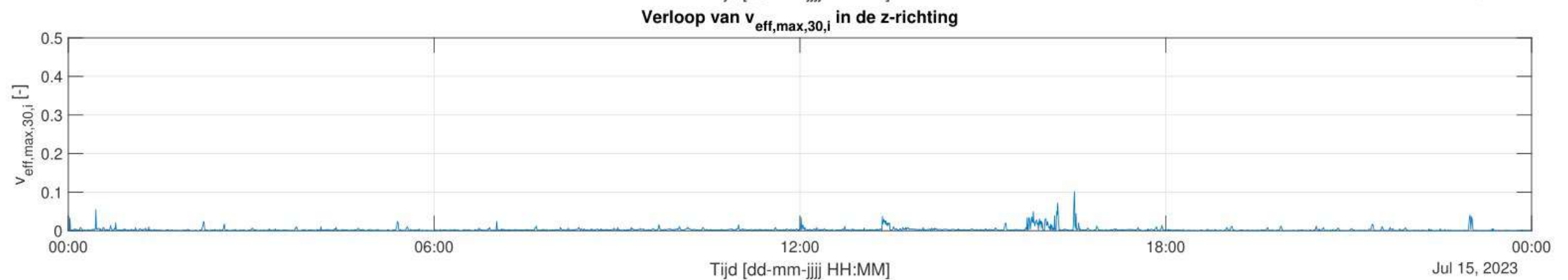
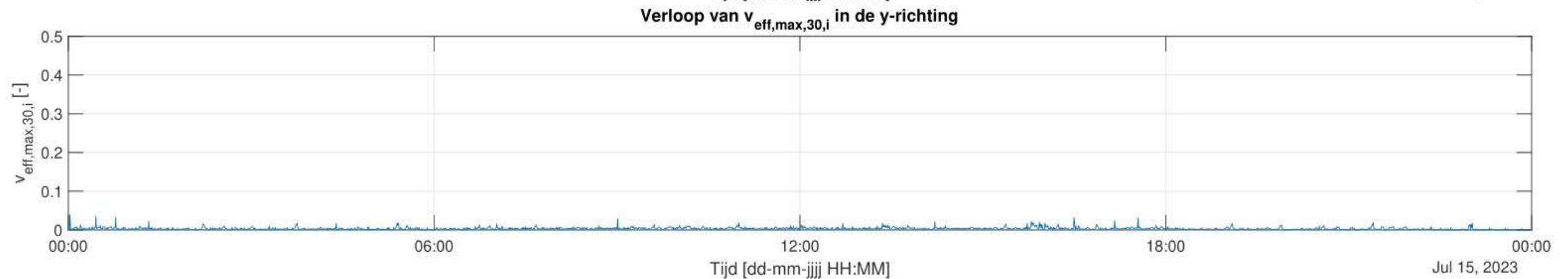
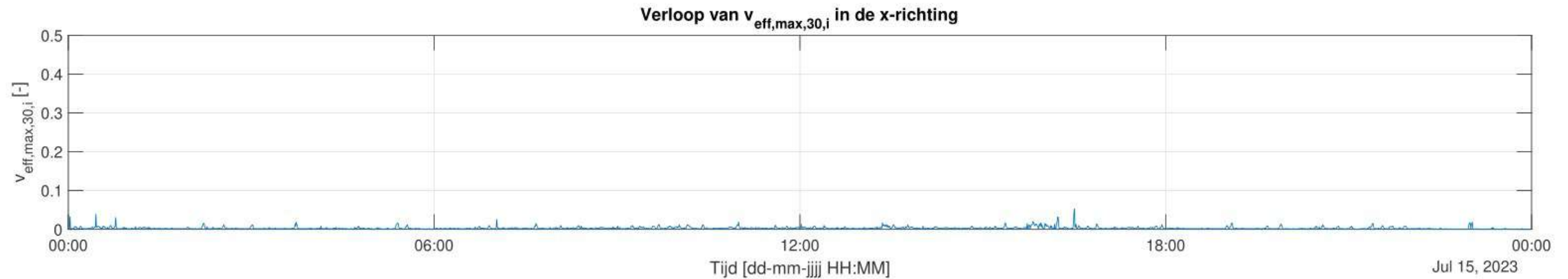
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 meteren mp4 op 13-Jul-2023



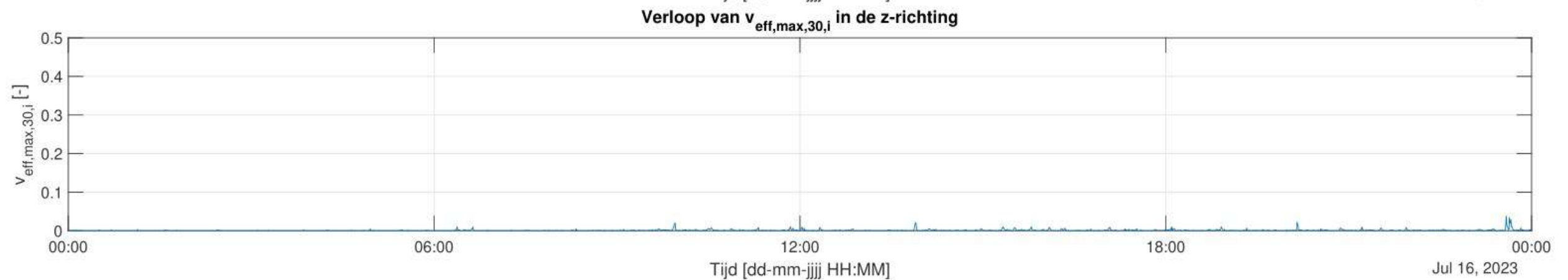
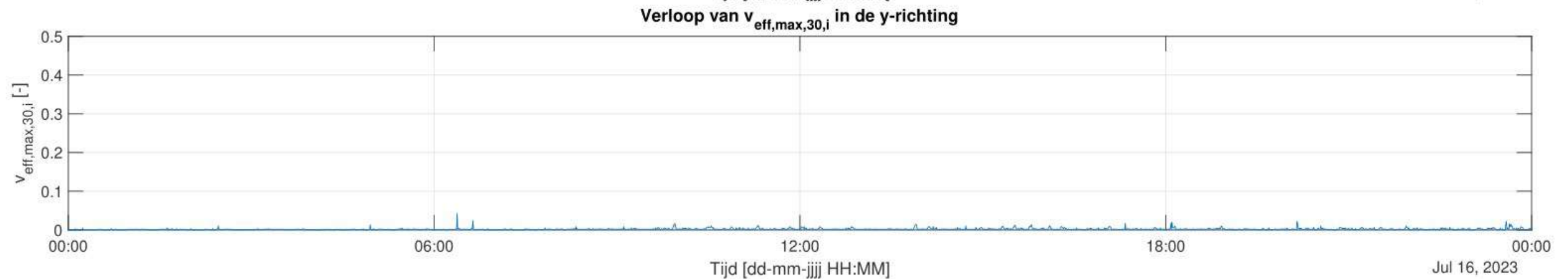
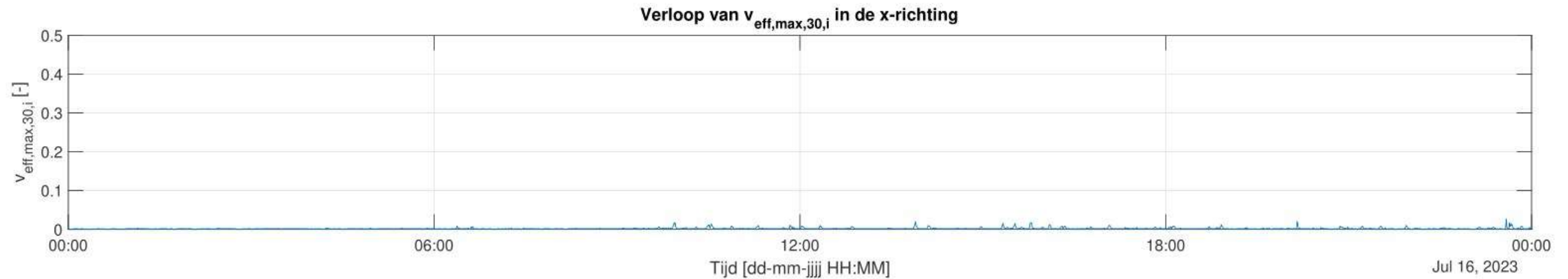
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 meteren mp4 op 14-Jul-2023



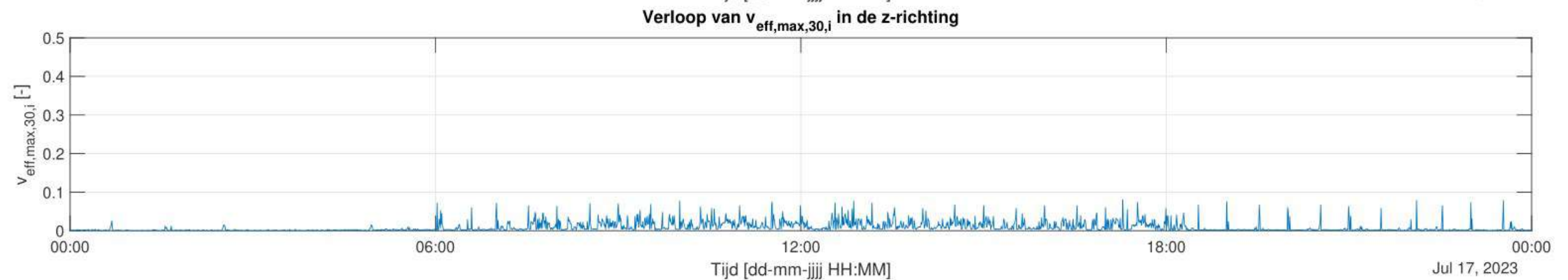
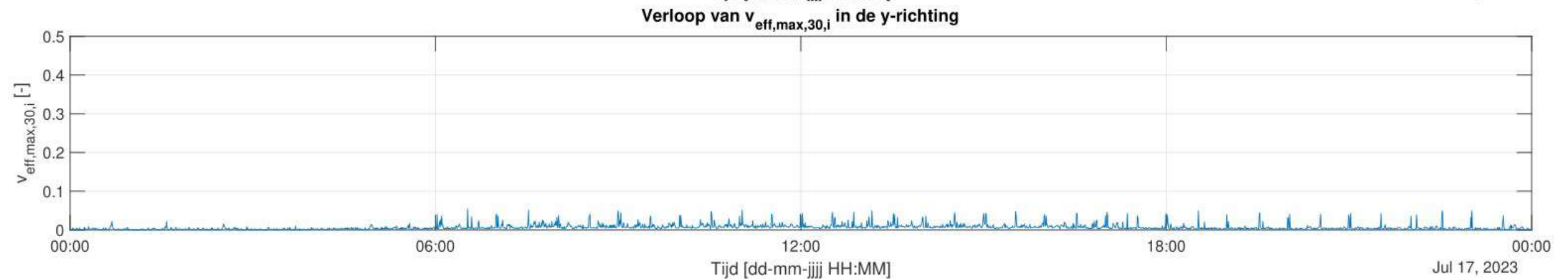
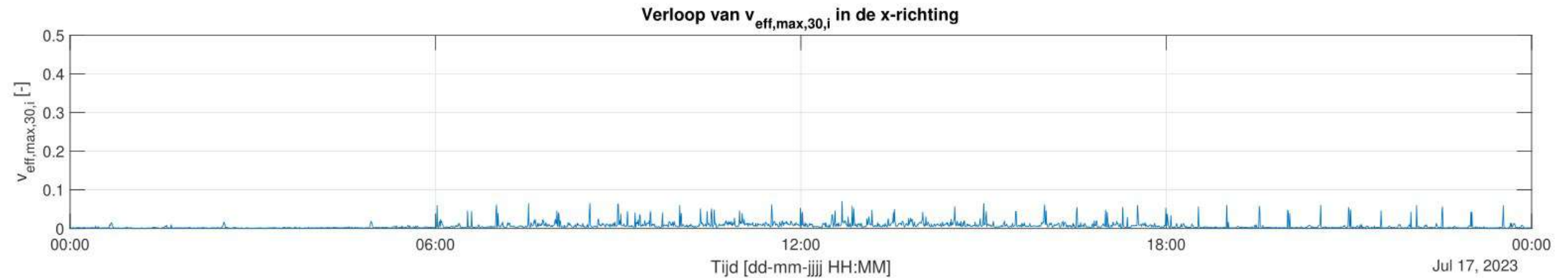
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 meteren mp4 op 15-Jul-2023



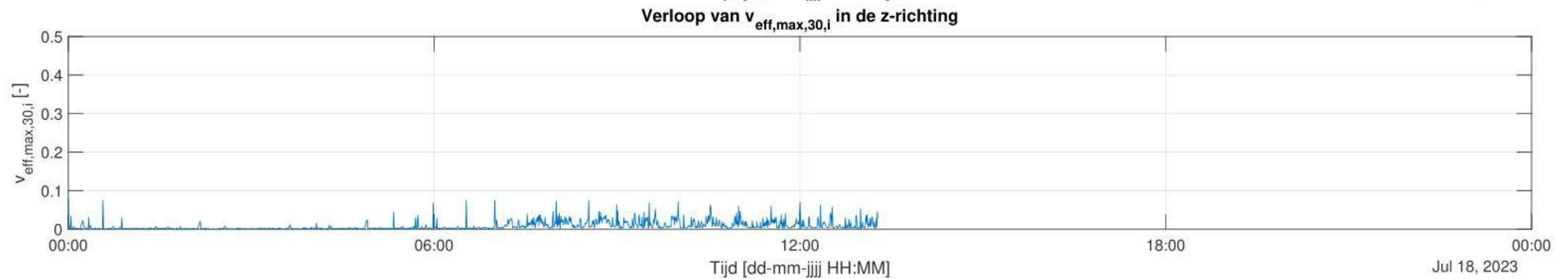
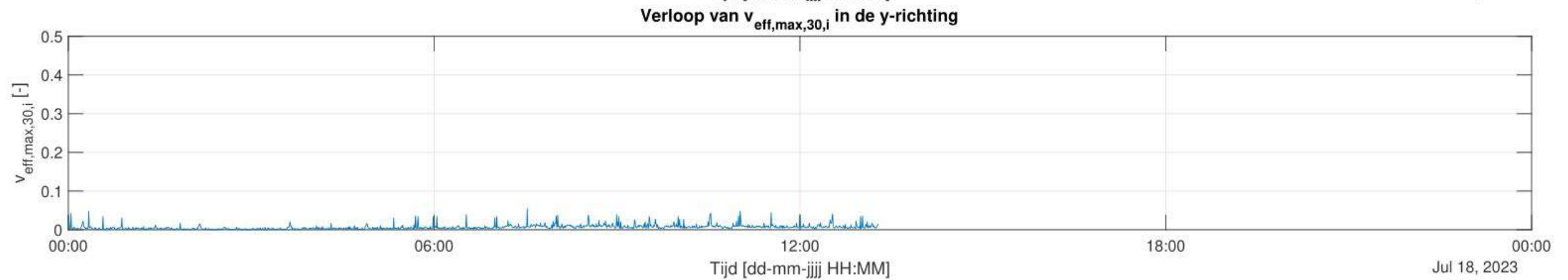
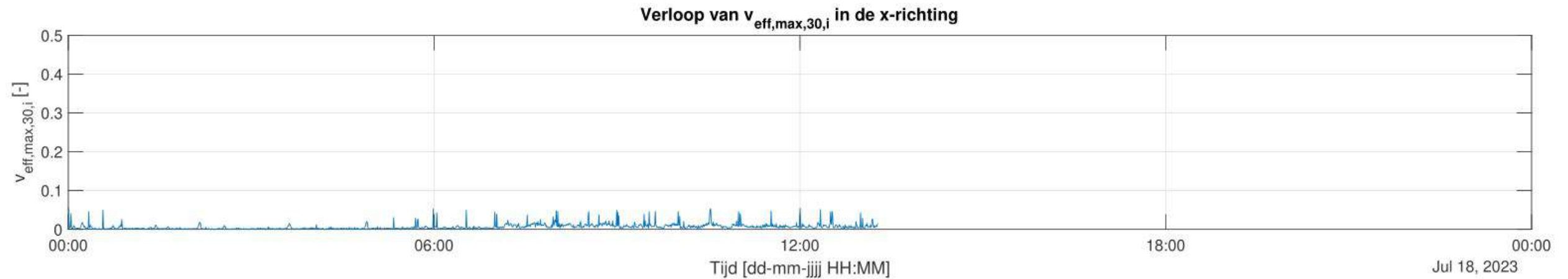
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 meteren mp4 op 16-Jul-2023



Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 meteren mp4 op 17-Jul-2023

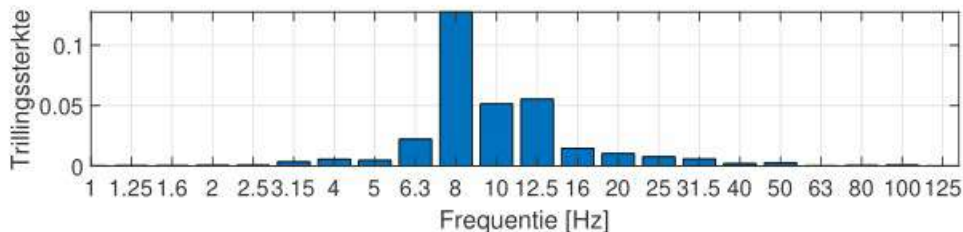
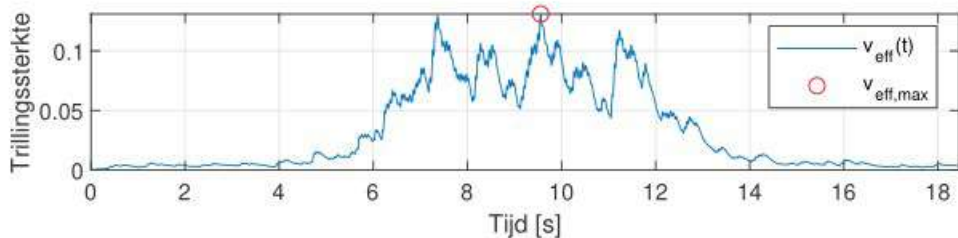
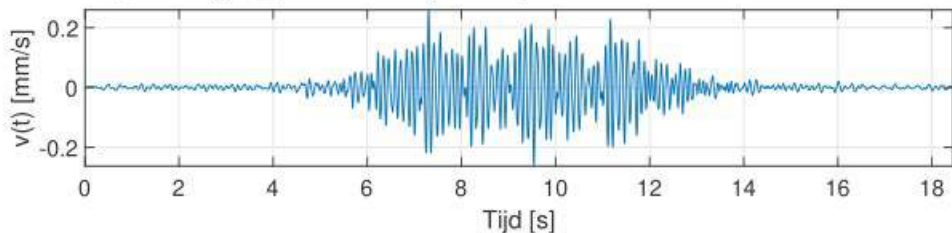


Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 meteren mp4 op 18-Jul-2023

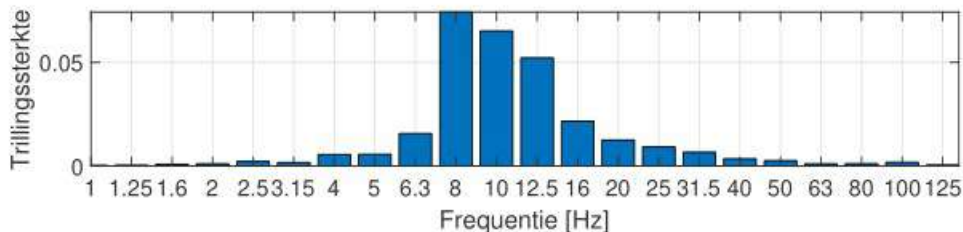
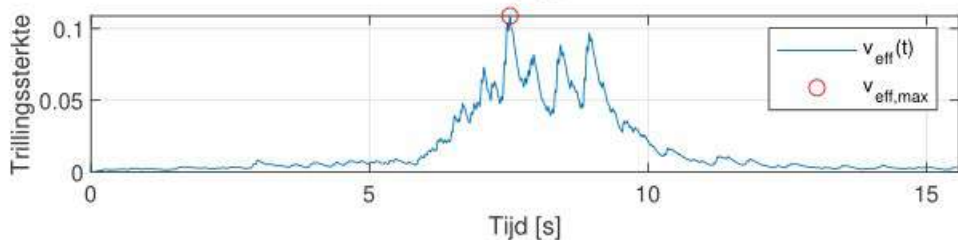
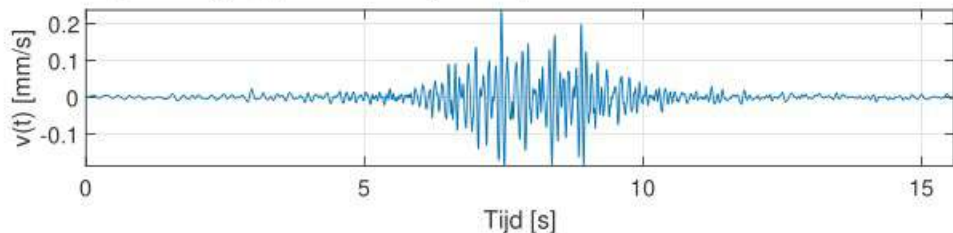


Bijlage II Tijdsignaal, trillingssterkte en spectrum van top 10 maatgevende passages per meetpunt

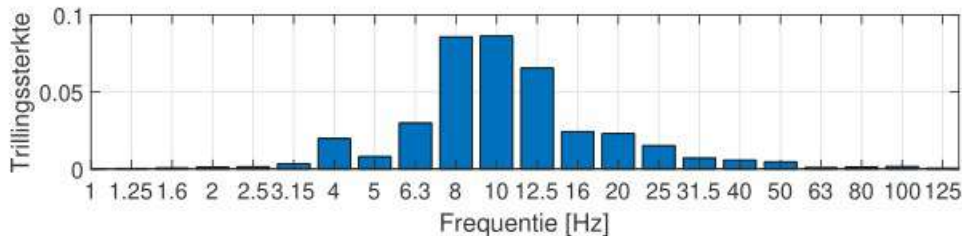
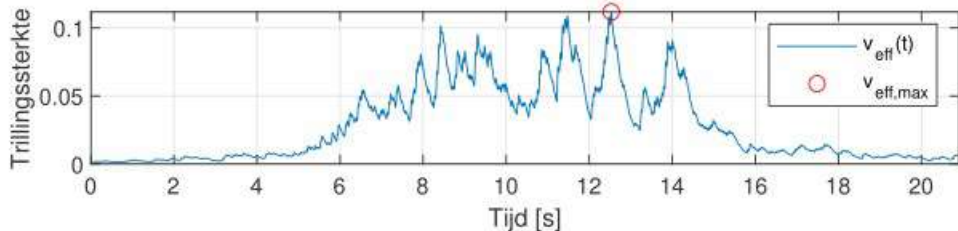
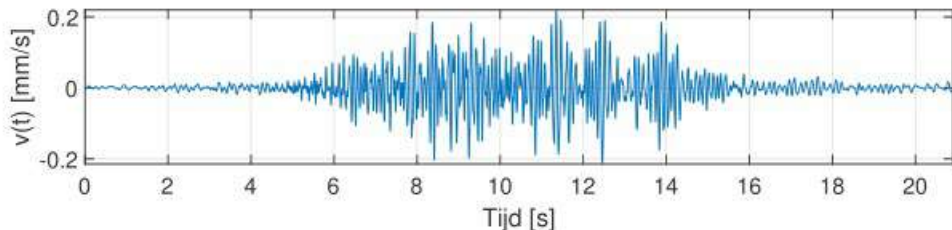
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-15 00:01



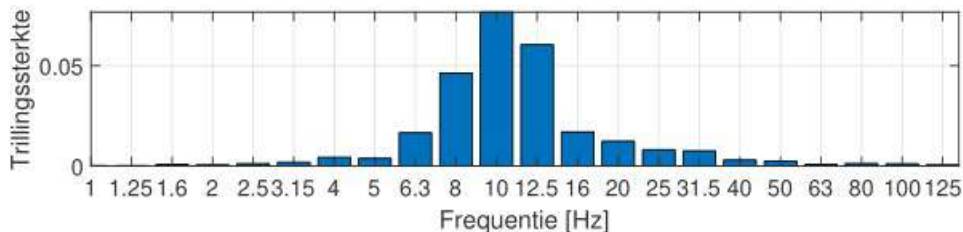
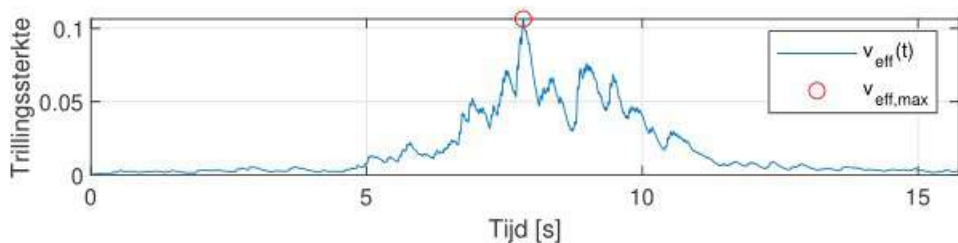
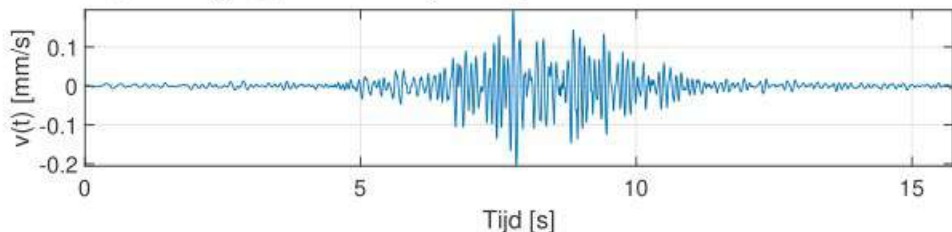
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-17 11:31



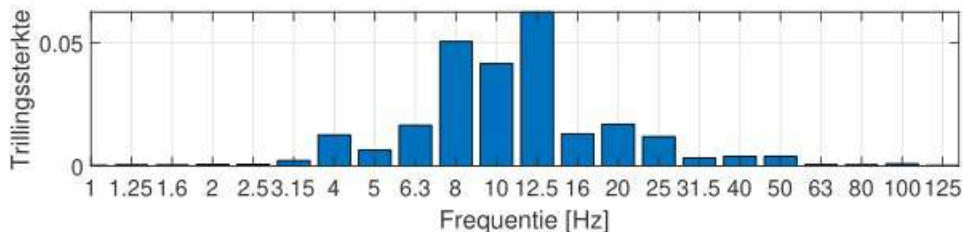
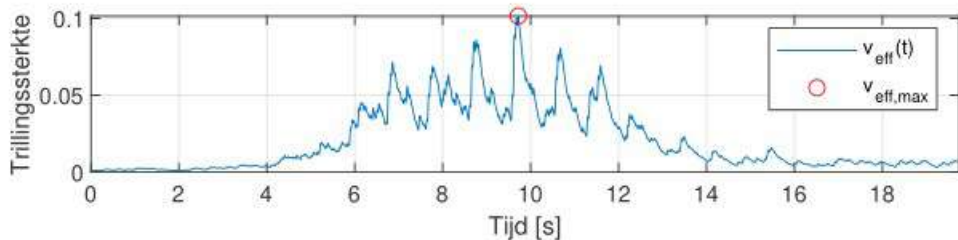
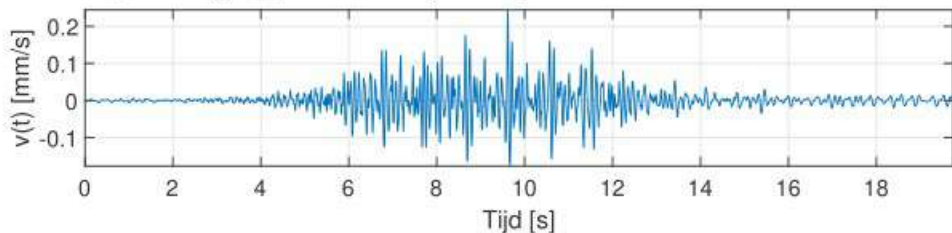
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-17 22:31



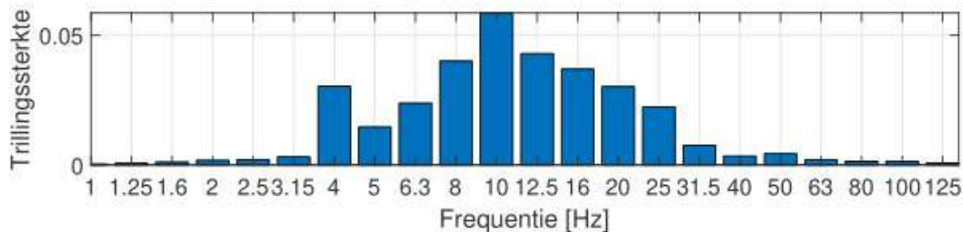
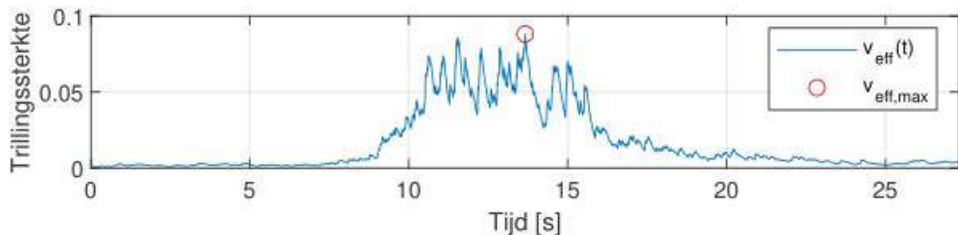
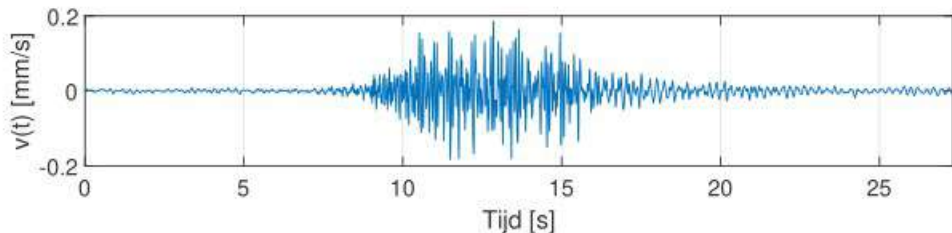
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-18 06:02



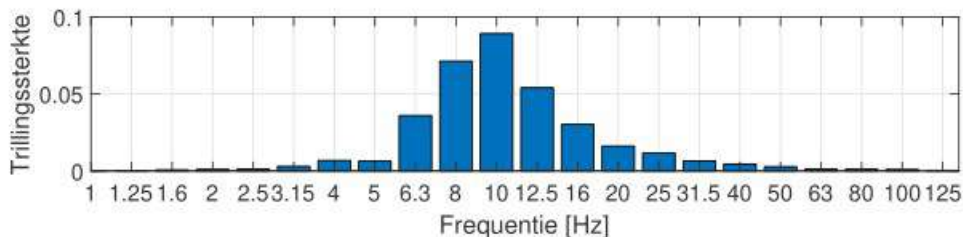
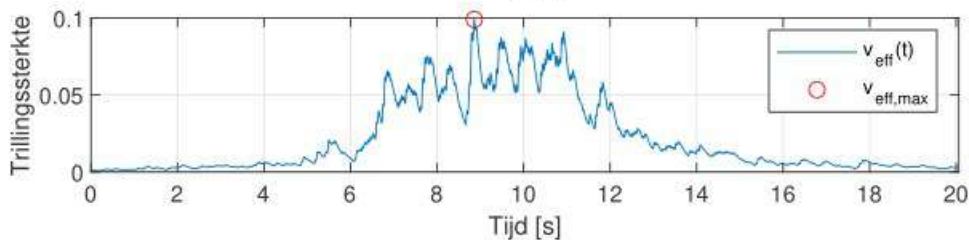
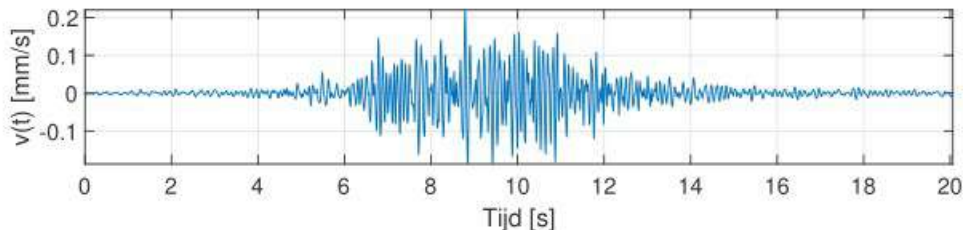
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-14 23:26



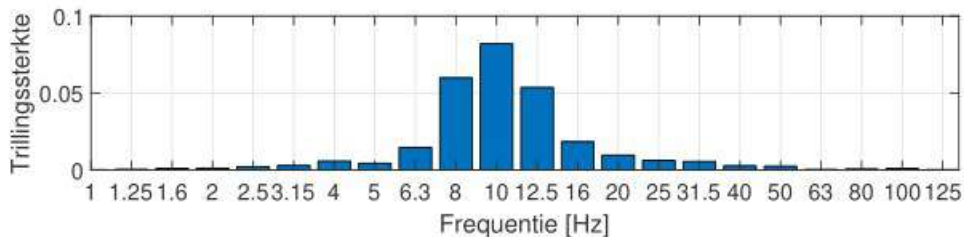
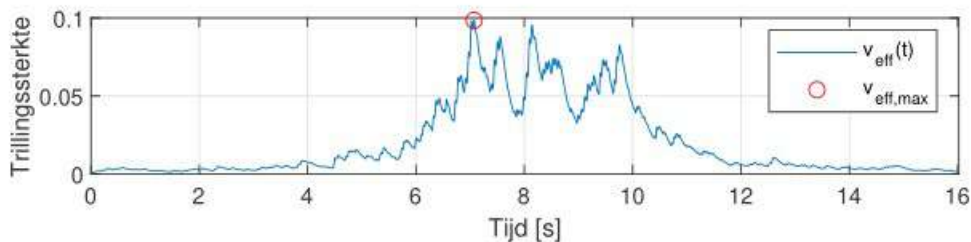
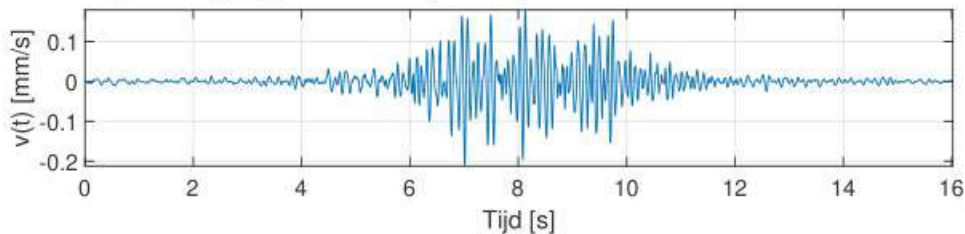
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-17 13:09



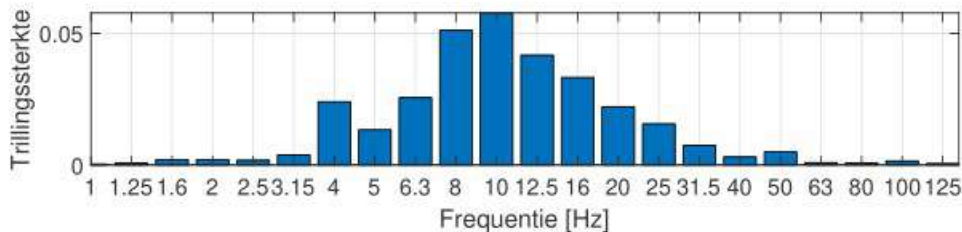
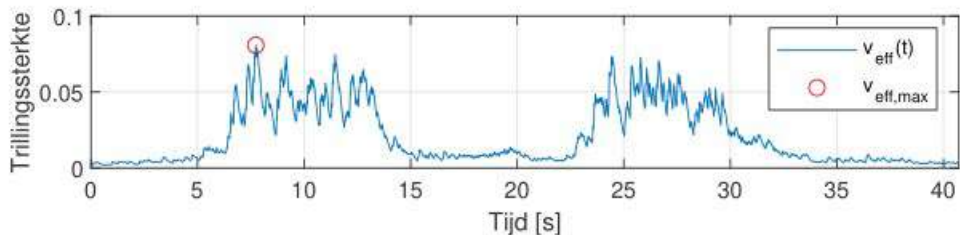
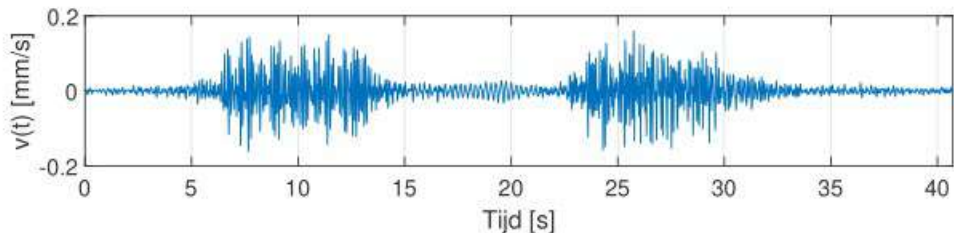
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-18 06:31



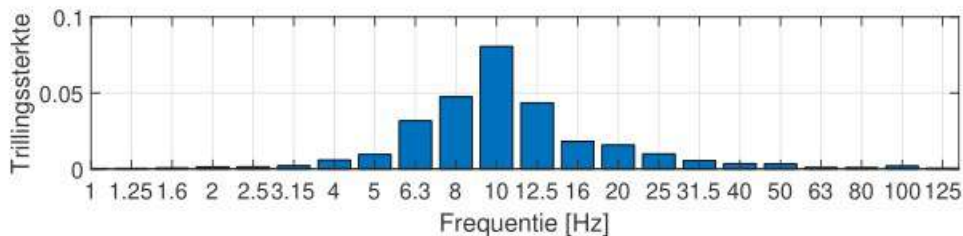
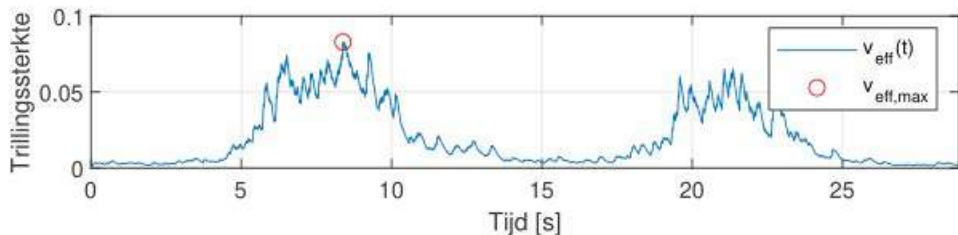
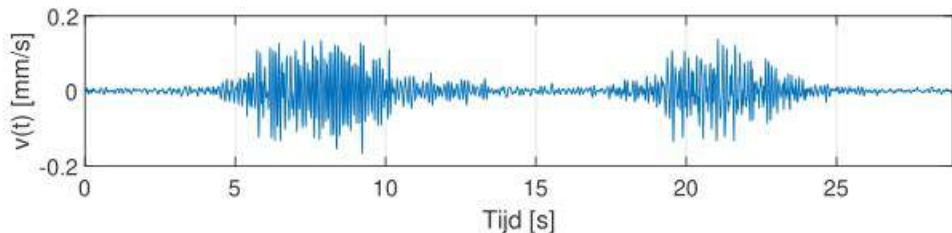
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-13 09:01



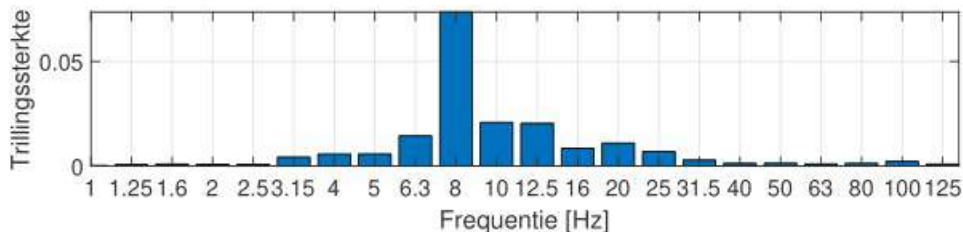
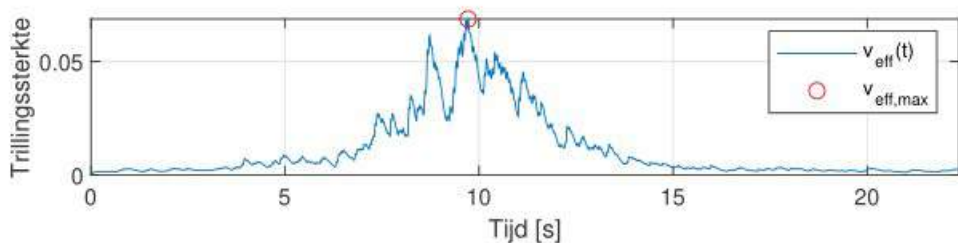
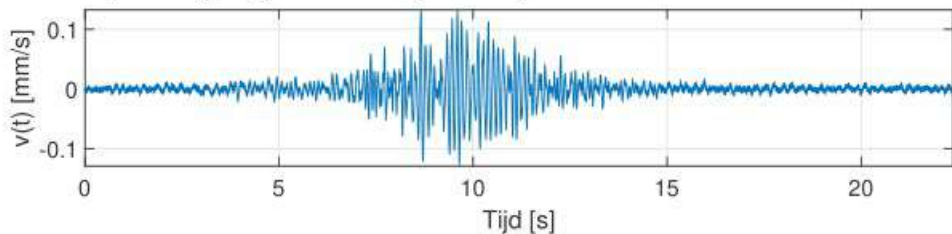
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-18 16:30



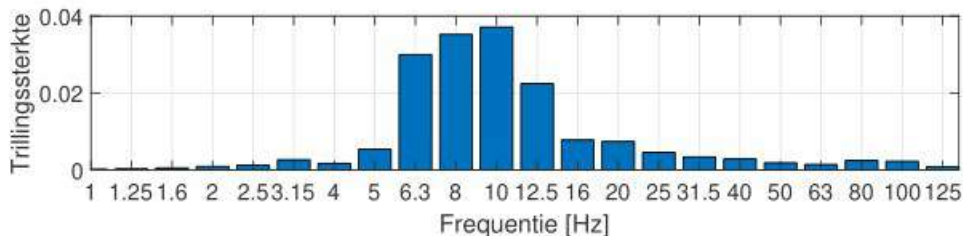
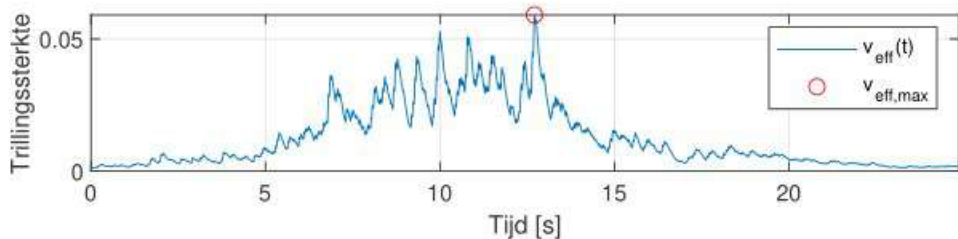
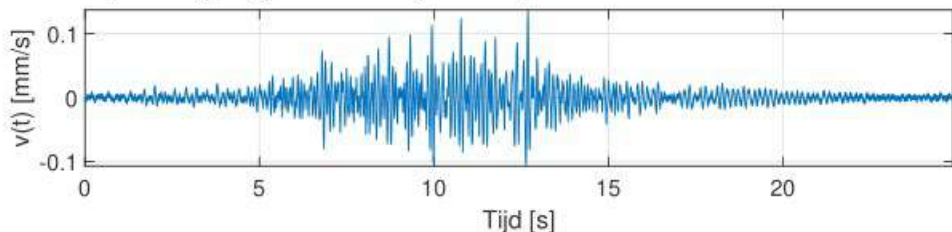
Treinpassage gemeten bij meetpunt 1 om 2023-07-18 07:31



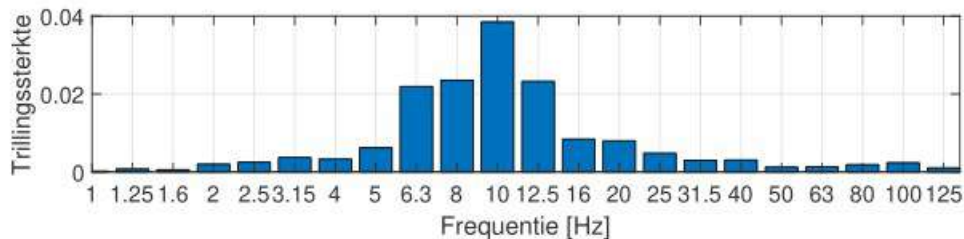
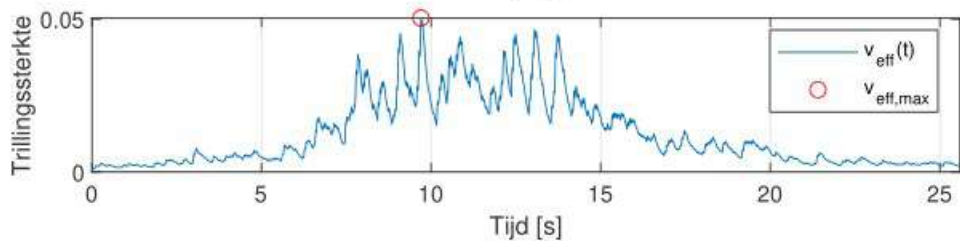
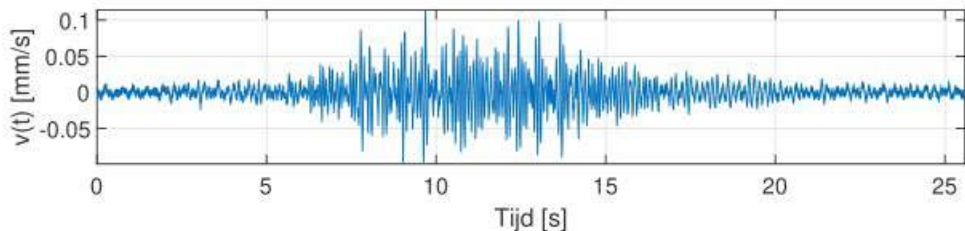
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-18 05:41



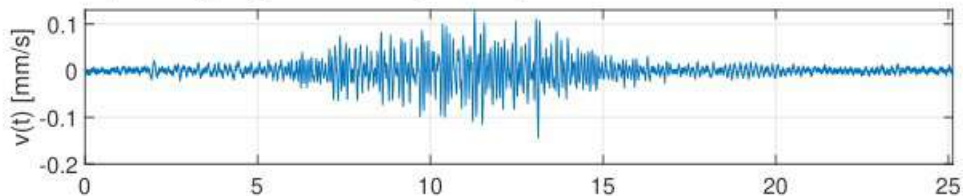
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-14 18:31



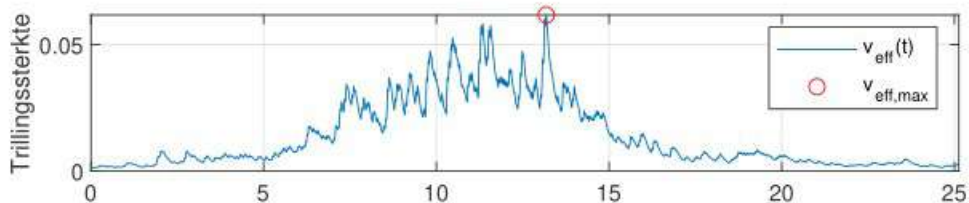
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-19 07:31



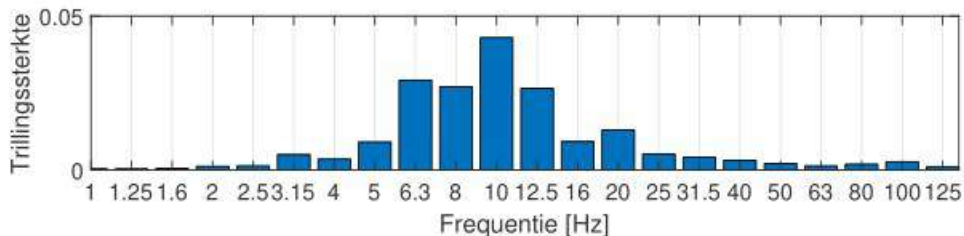
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-13 08:01



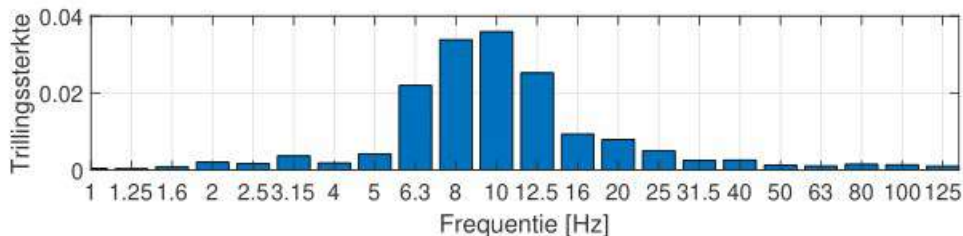
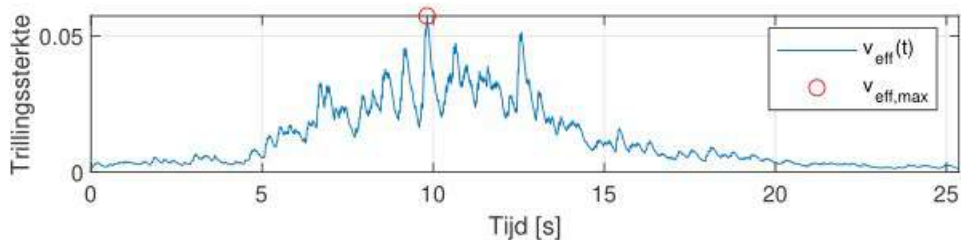
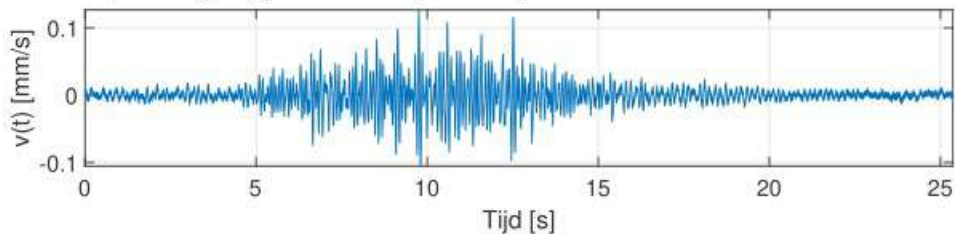
Tijd [s]



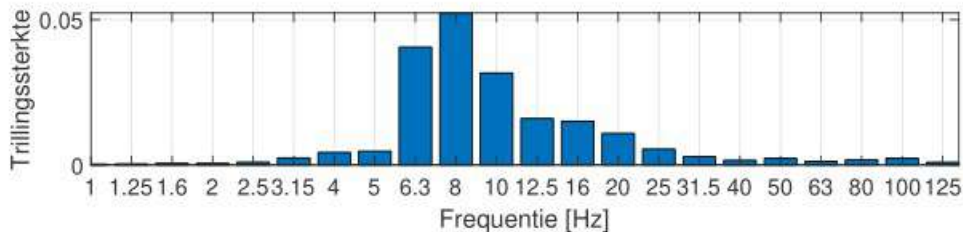
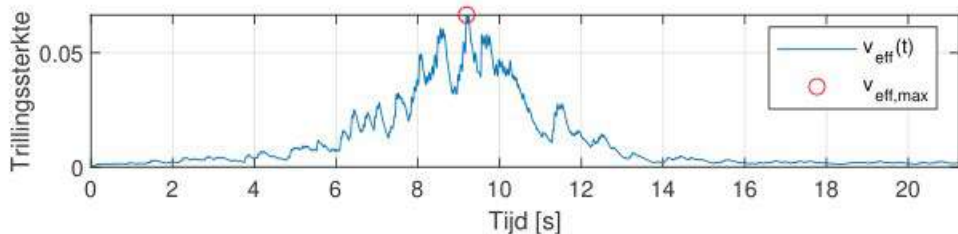
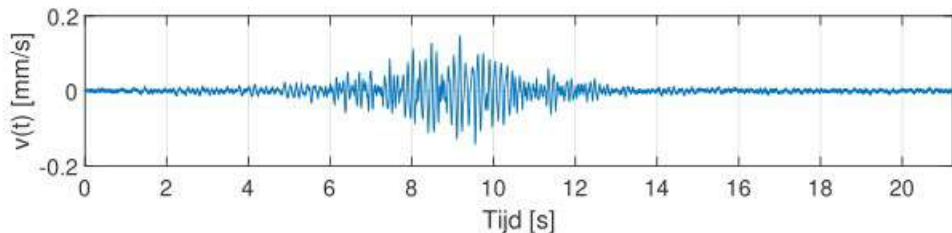
Tijd [s]



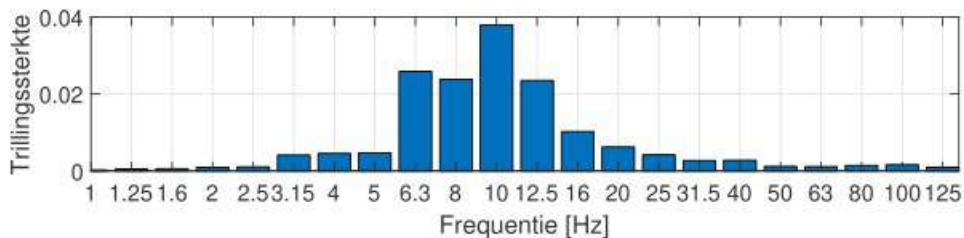
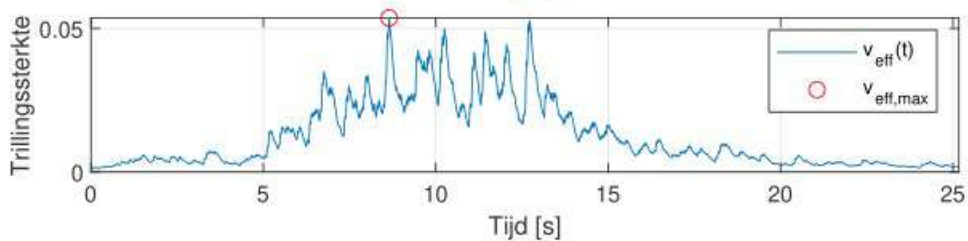
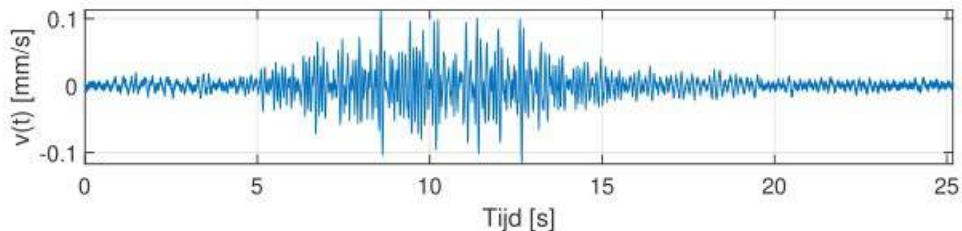
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-17 08:00



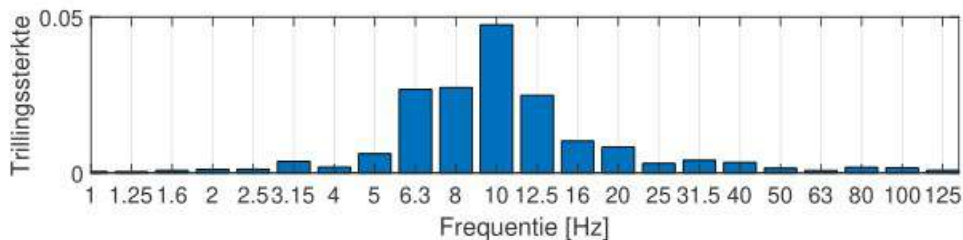
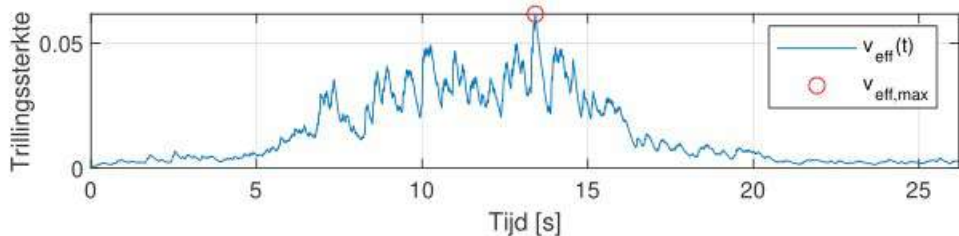
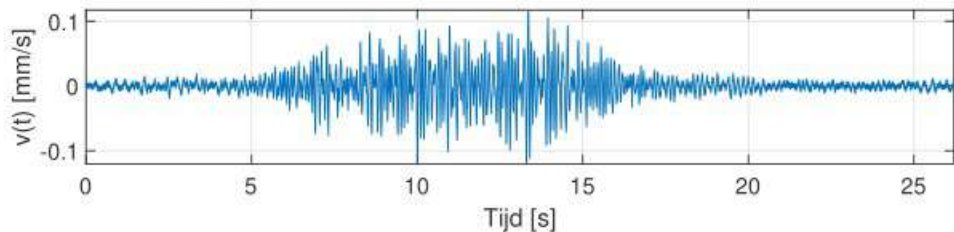
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-18 00:52



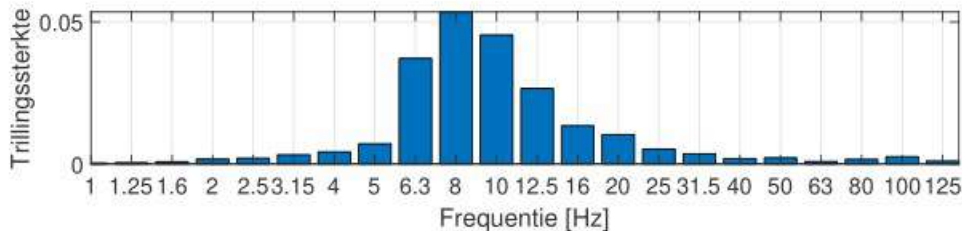
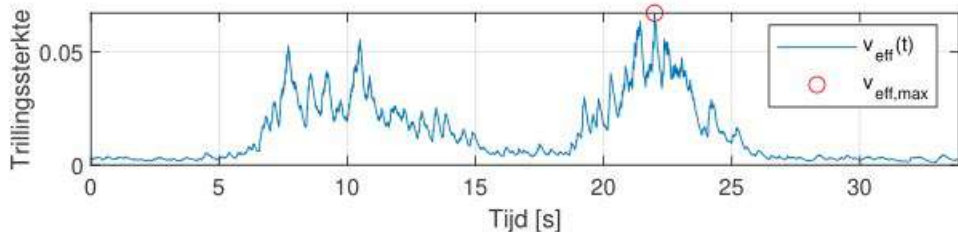
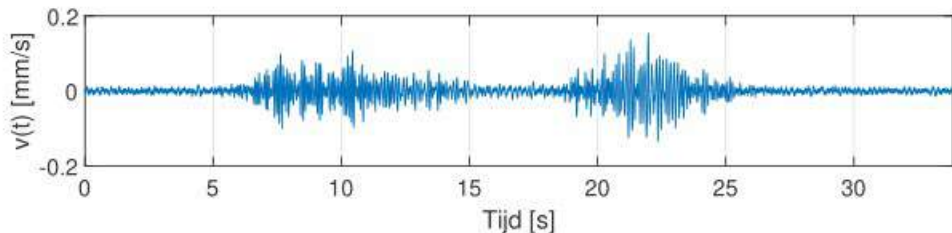
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-14 07:01



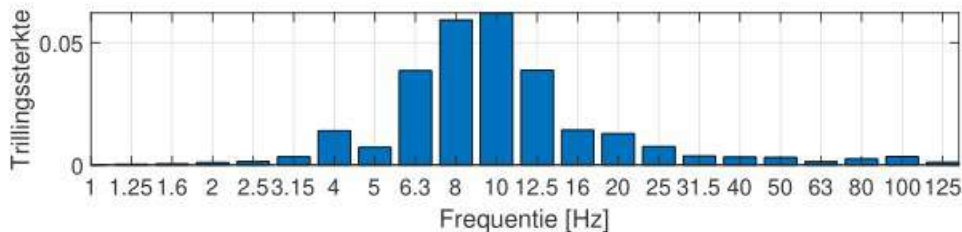
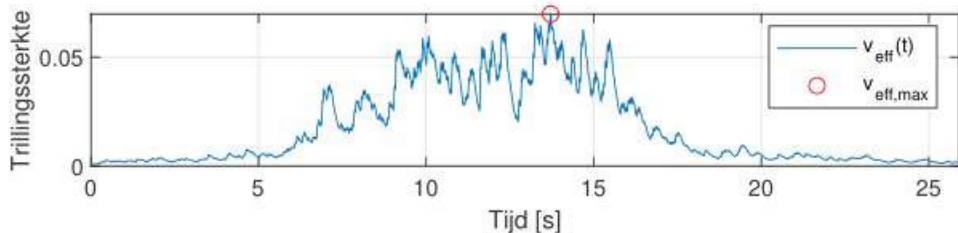
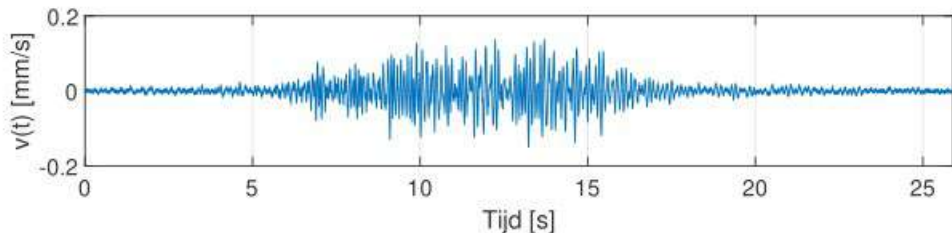
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-12 19:31



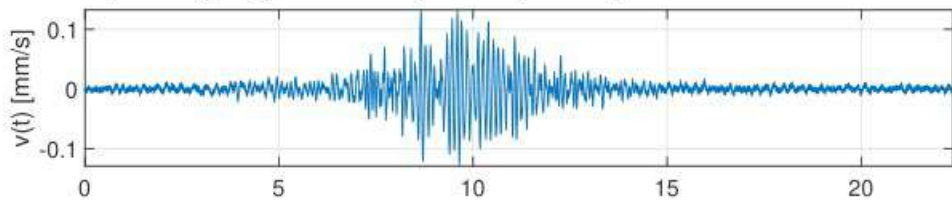
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-18 07:31



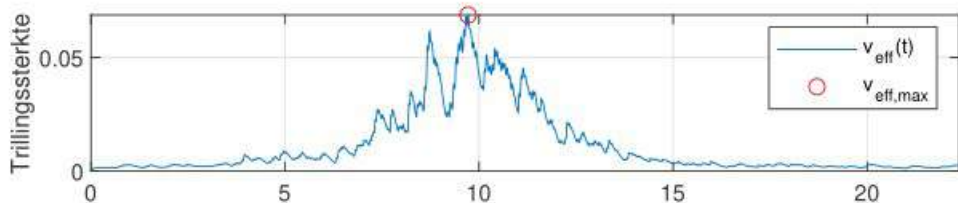
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2x om 2023-07-17 22:31



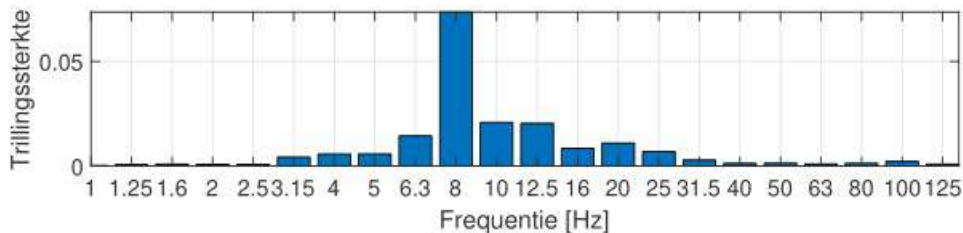
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-18 05:41



Tijd [s]

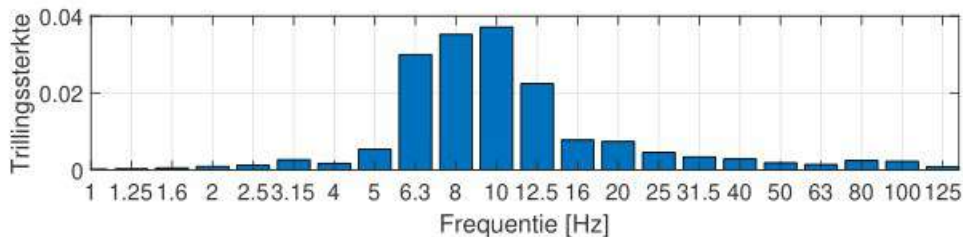
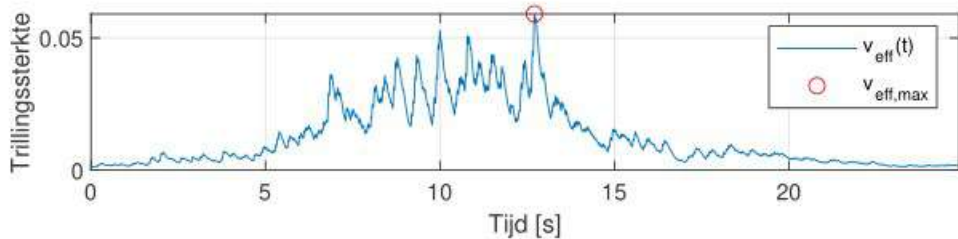
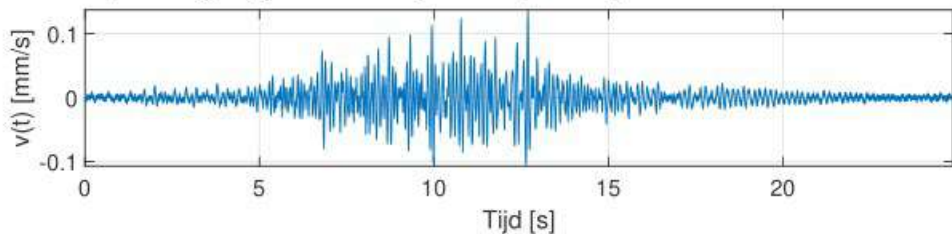


Tijd [s]

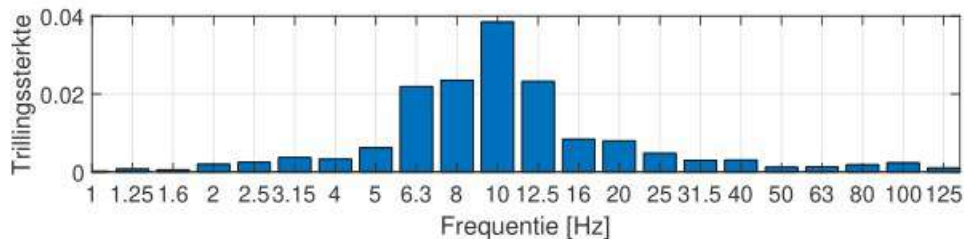
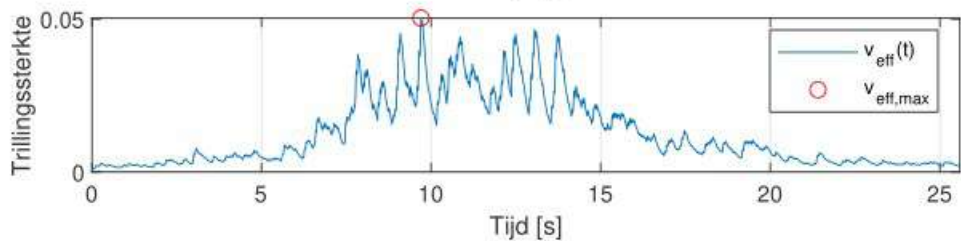
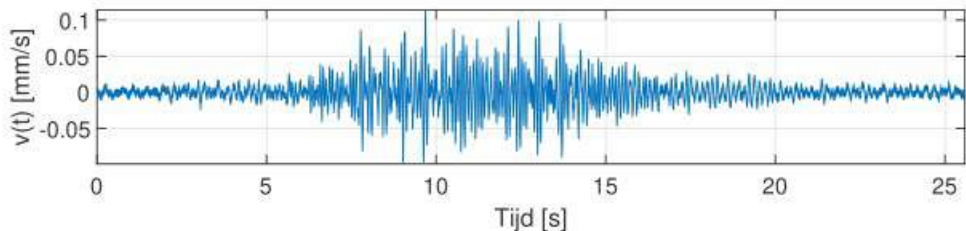


Frequentie [Hz]

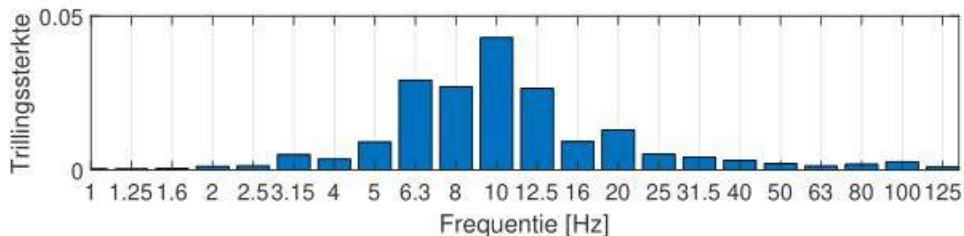
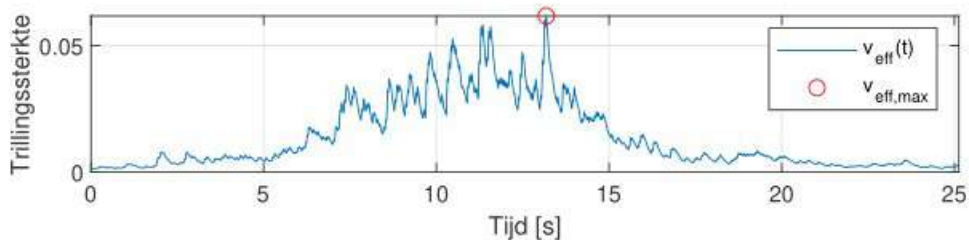
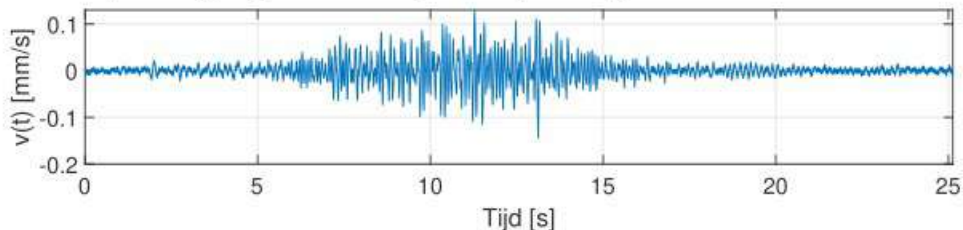
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-14 18:31



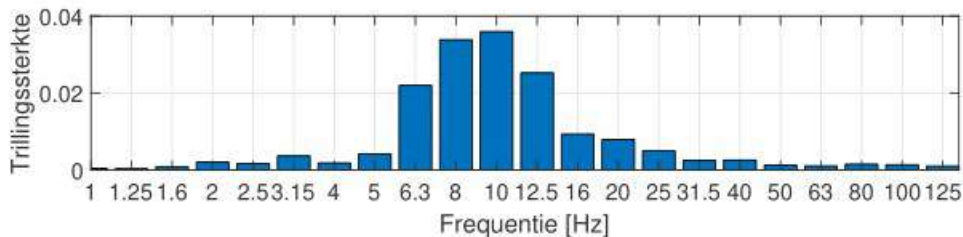
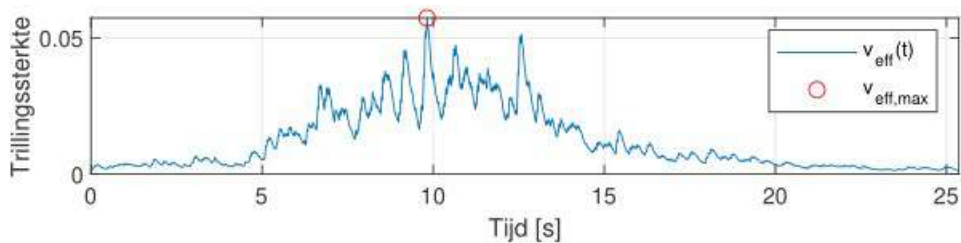
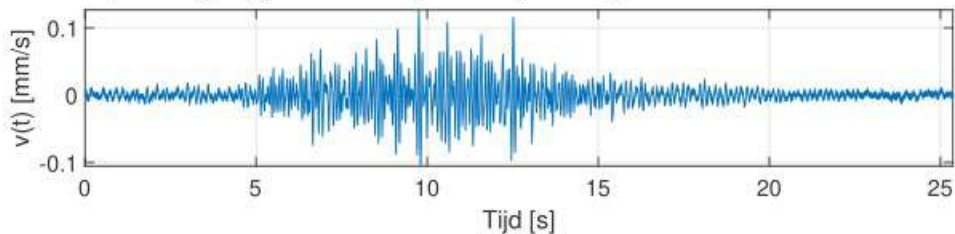
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-19 07:31



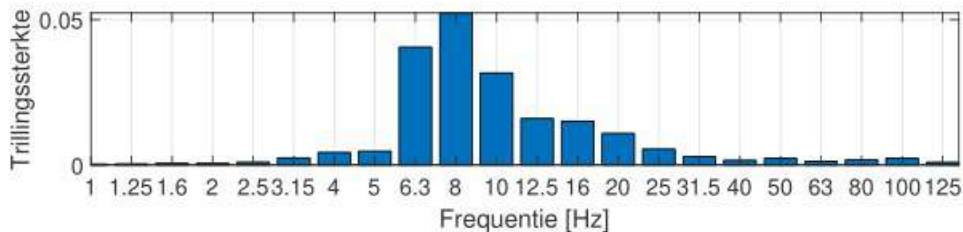
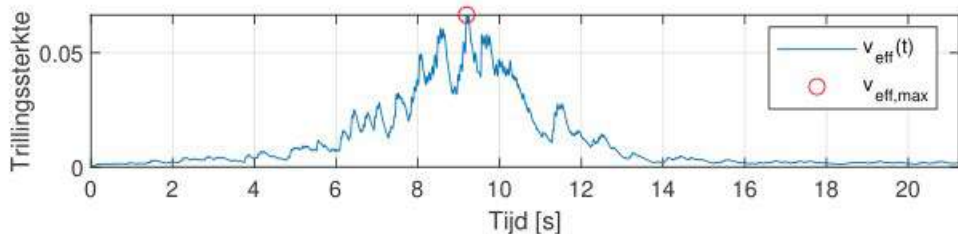
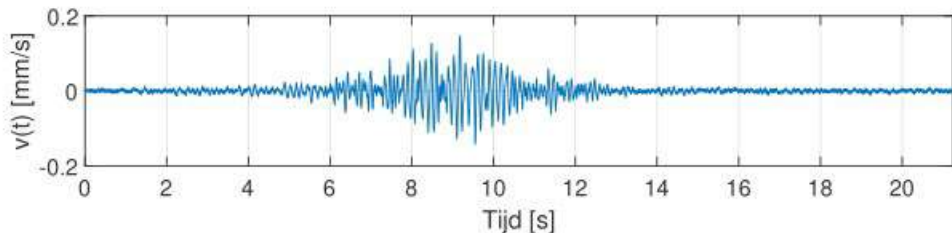
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-13 08:01



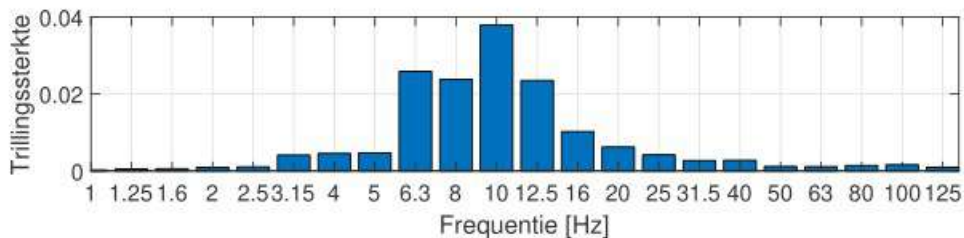
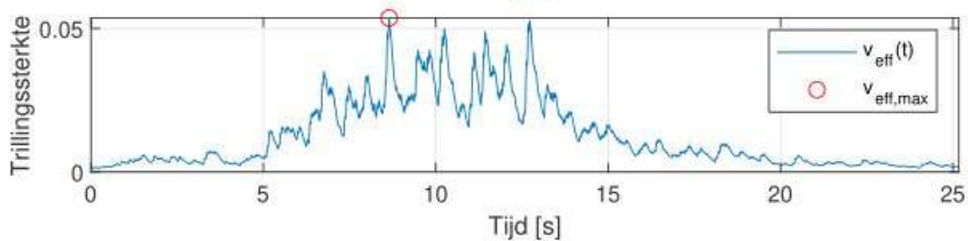
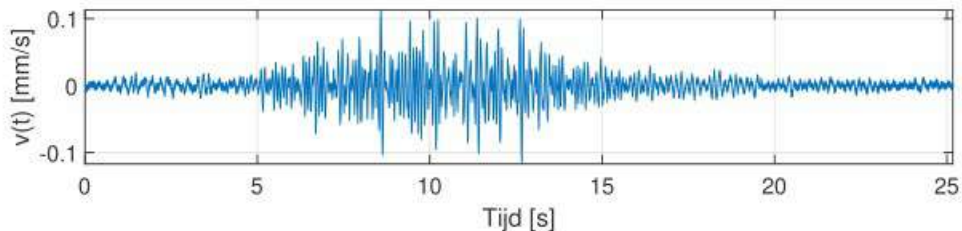
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-17 08:00



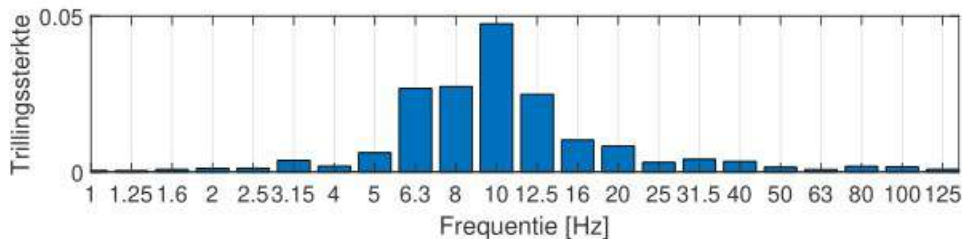
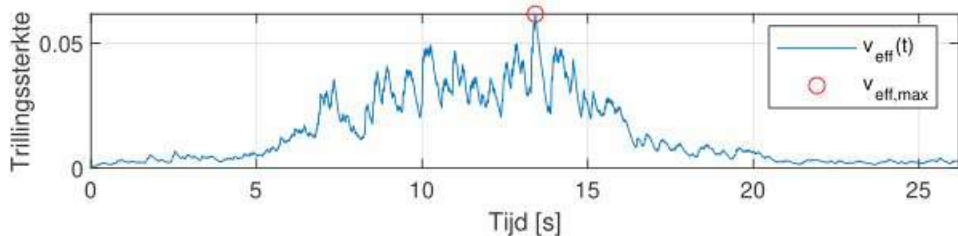
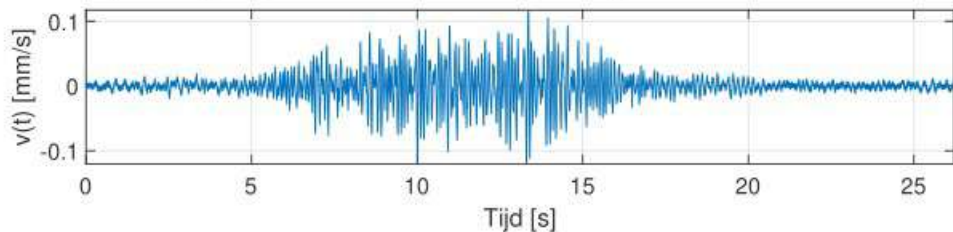
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-18 00:52



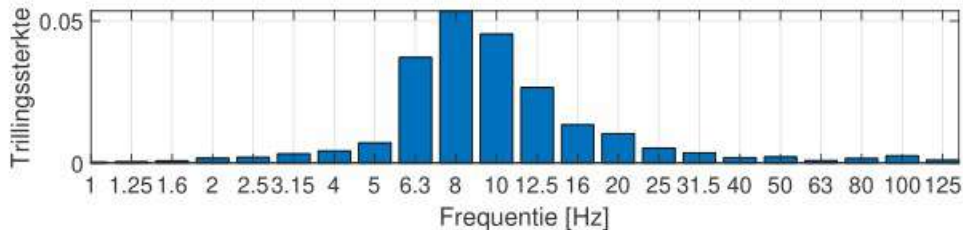
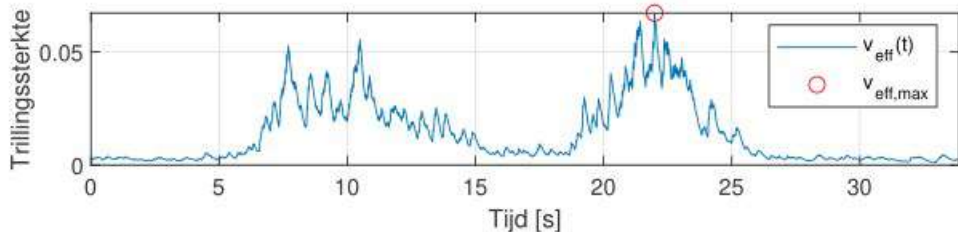
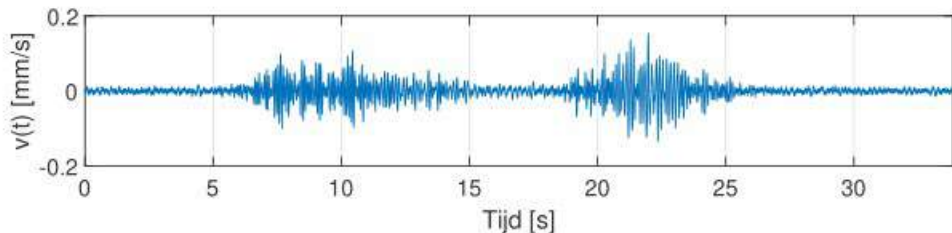
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-14 07:01



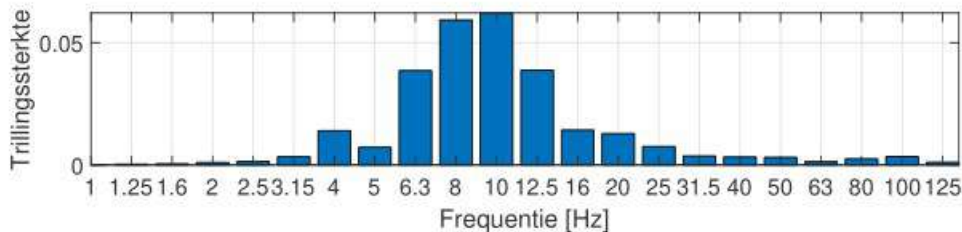
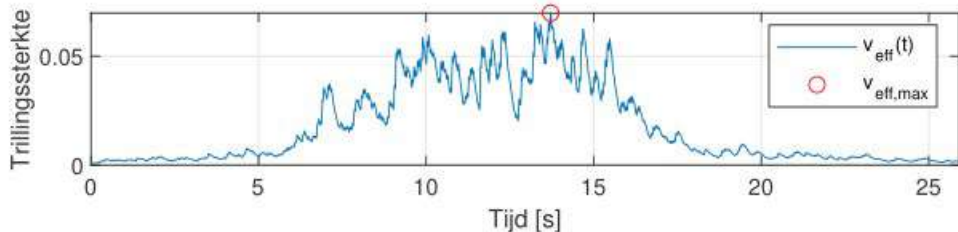
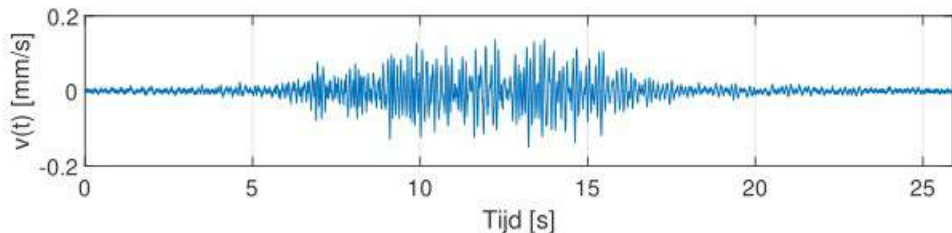
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-12 19:31



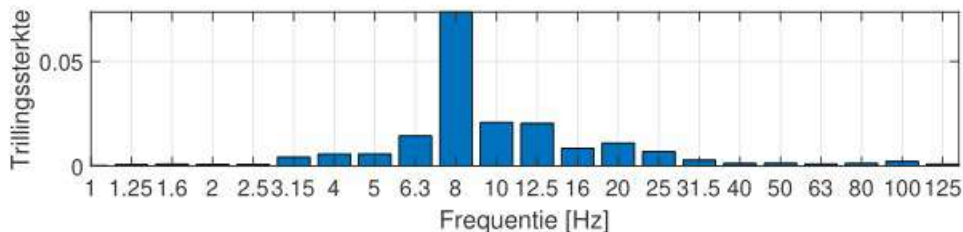
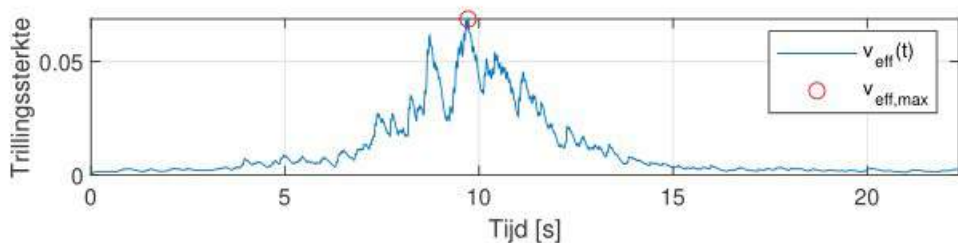
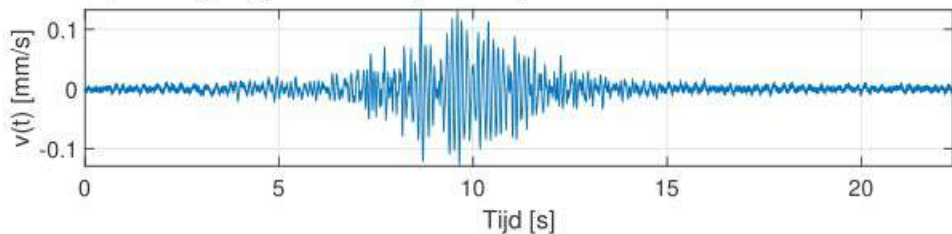
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-18 07:31



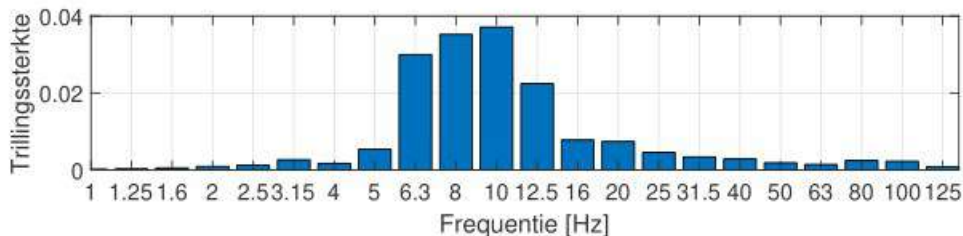
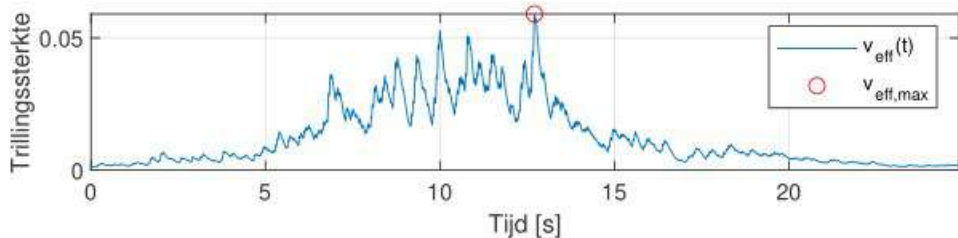
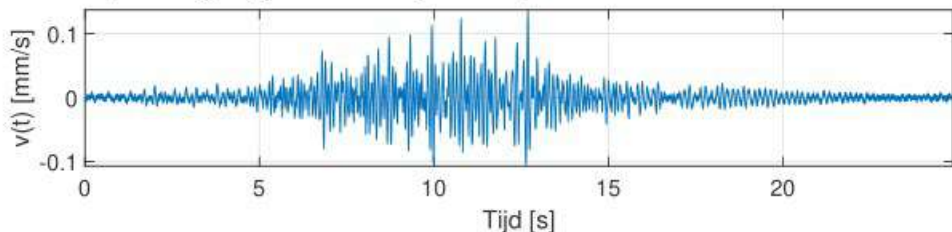
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2y om 2023-07-17 22:31



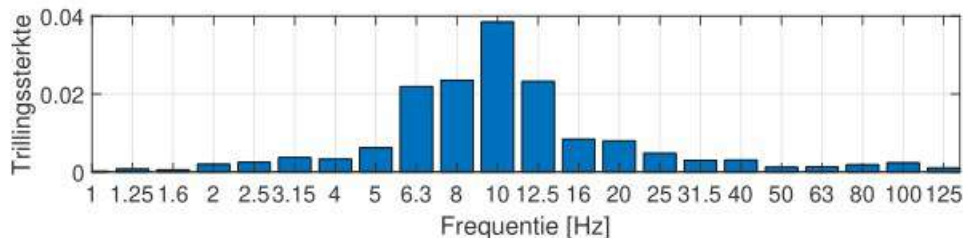
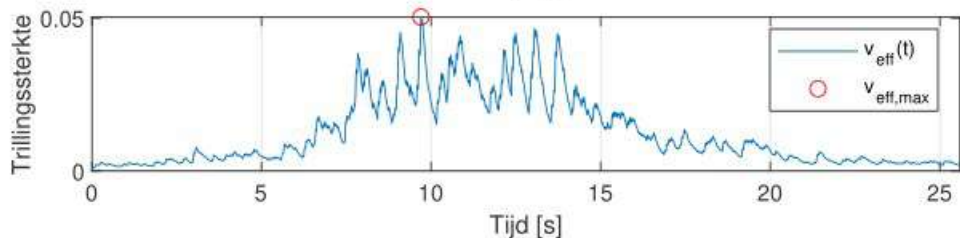
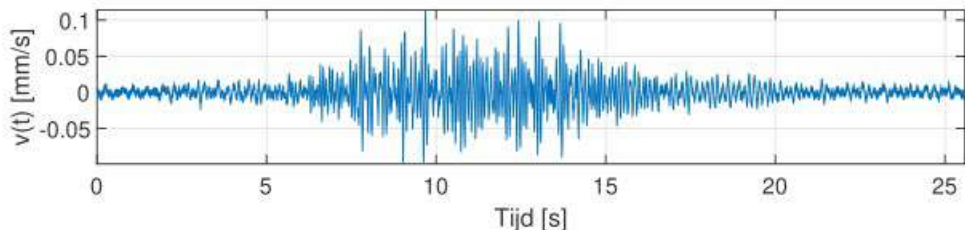
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-18 05:41



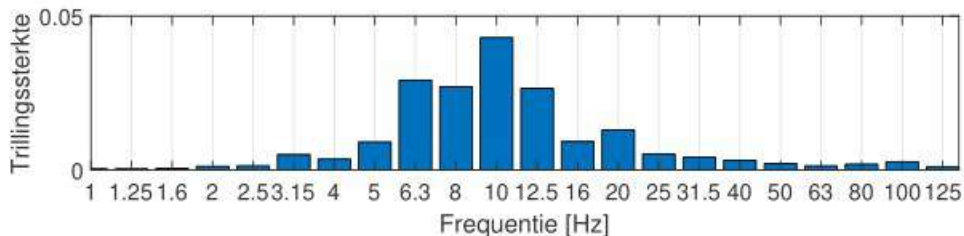
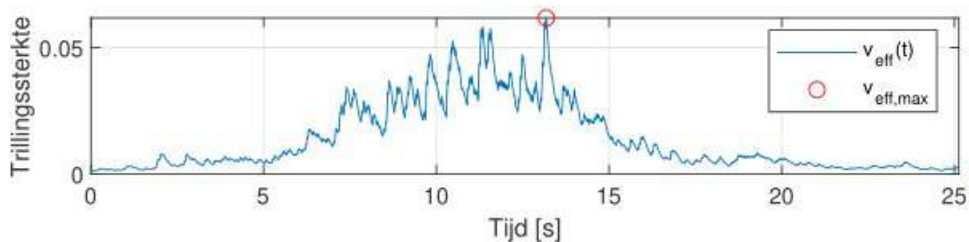
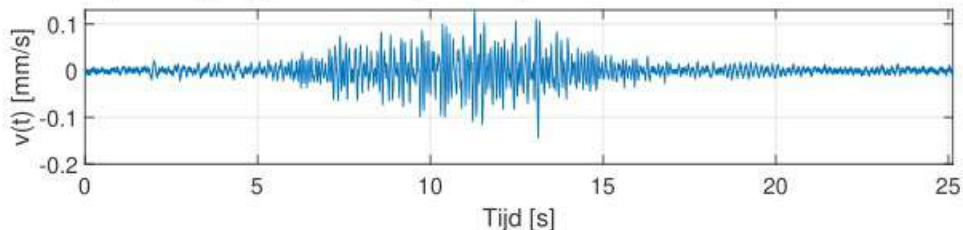
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-14 18:31



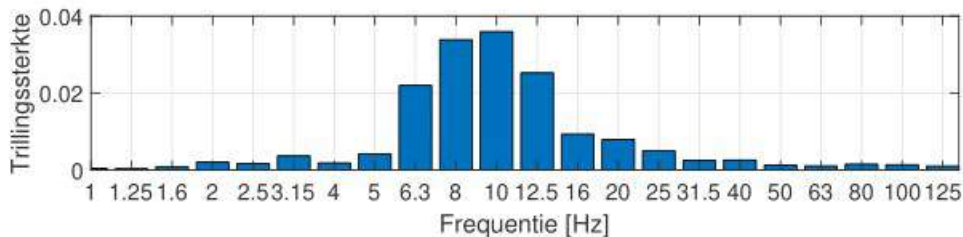
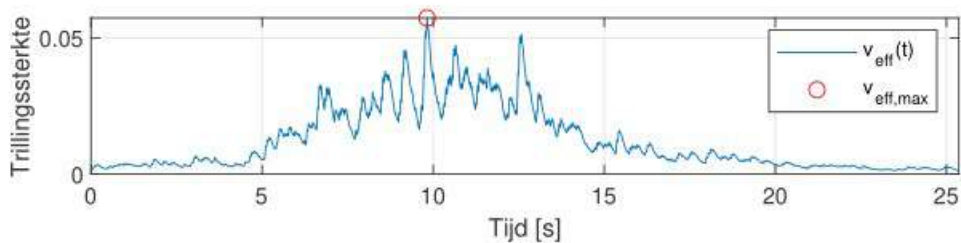
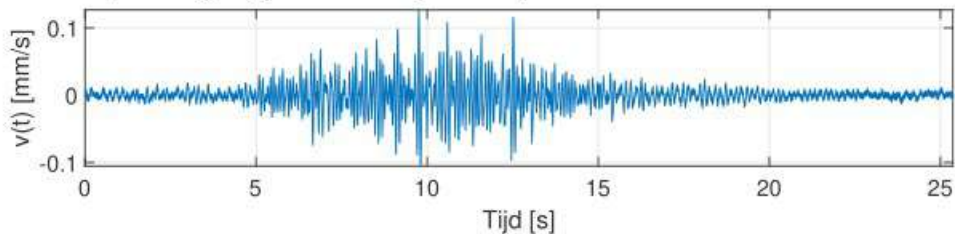
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-19 07:31



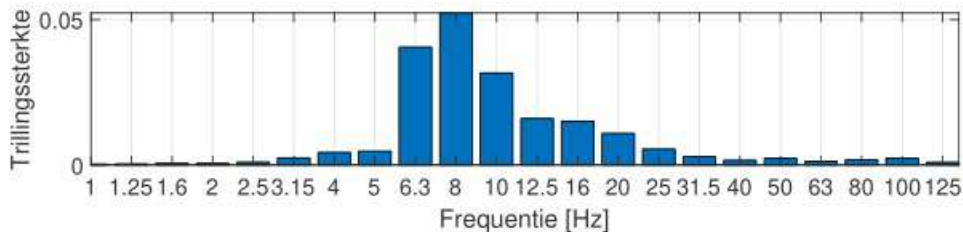
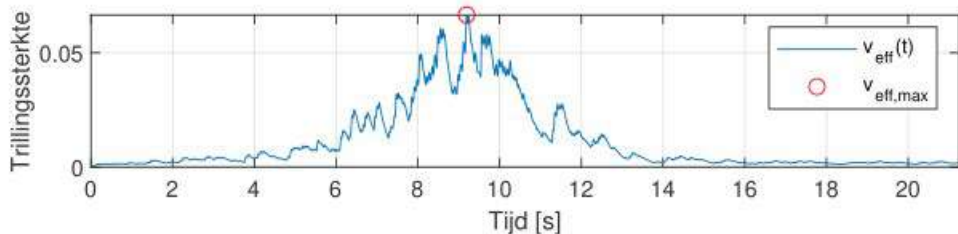
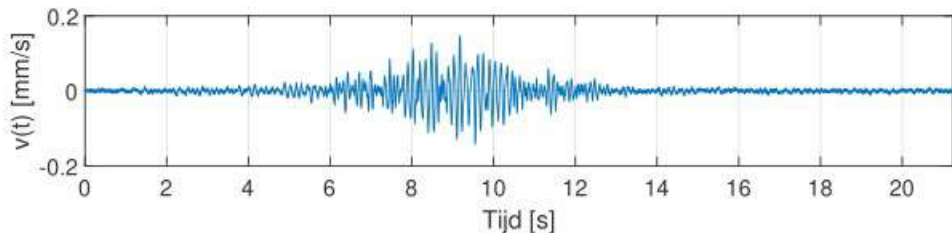
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-13 08:01



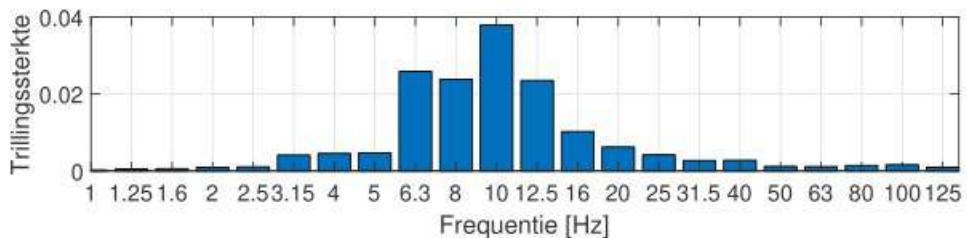
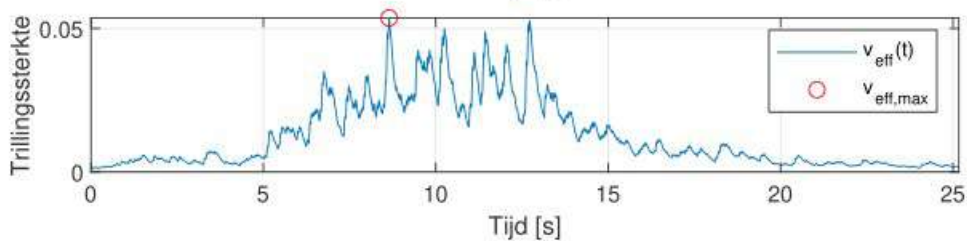
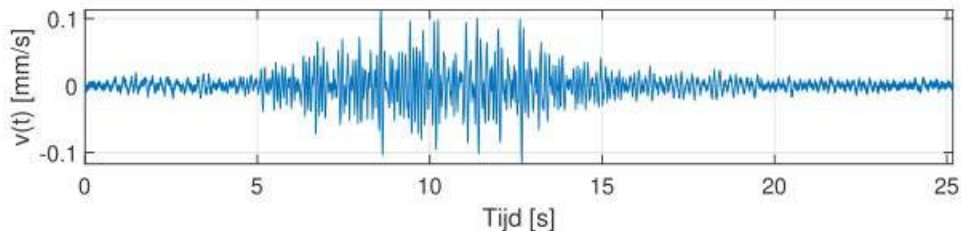
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-17 08:00



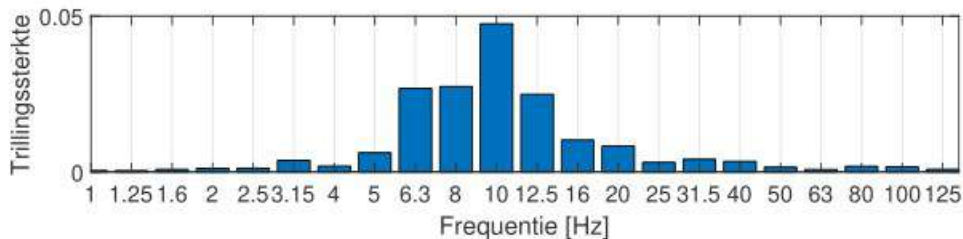
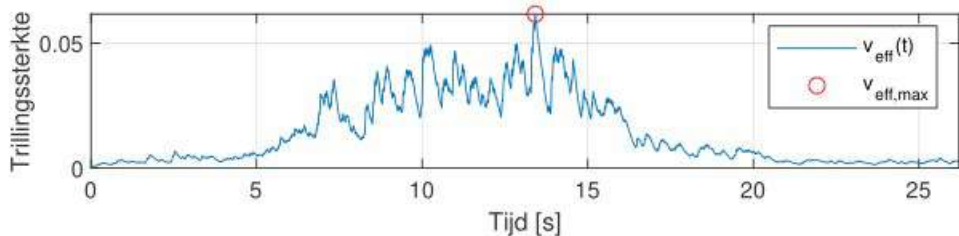
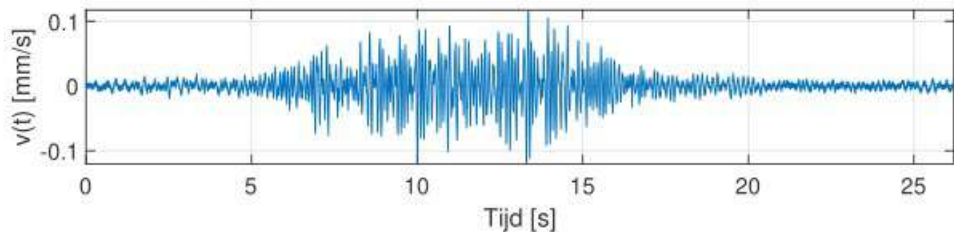
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-18 00:52



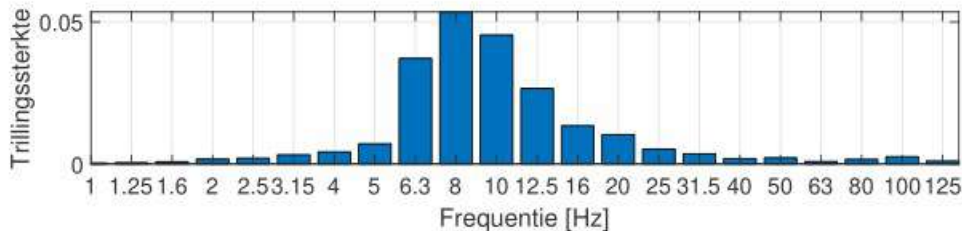
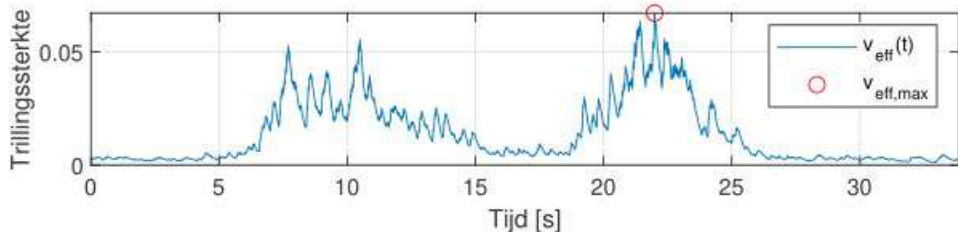
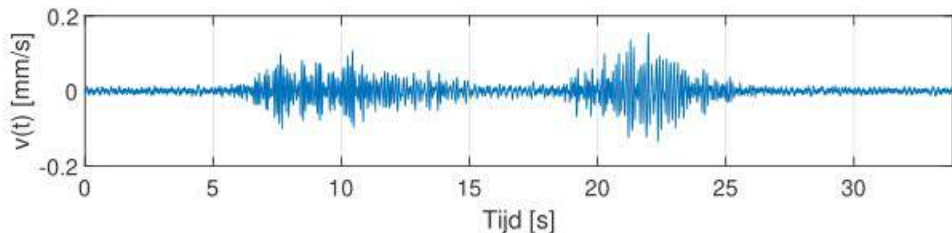
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-14 07:01



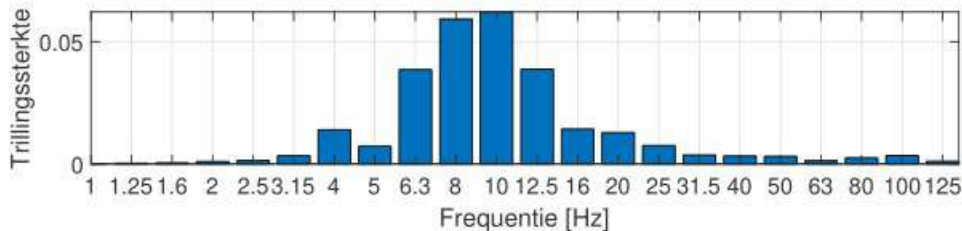
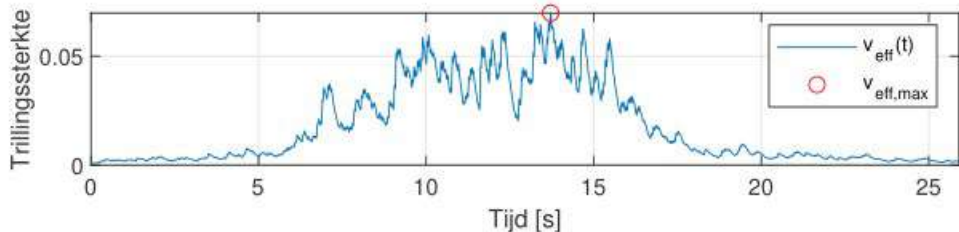
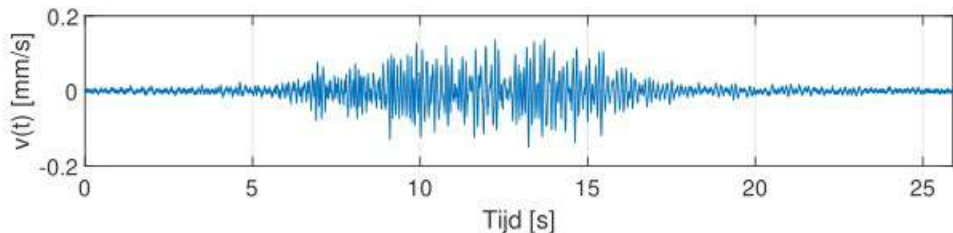
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-12 19:31



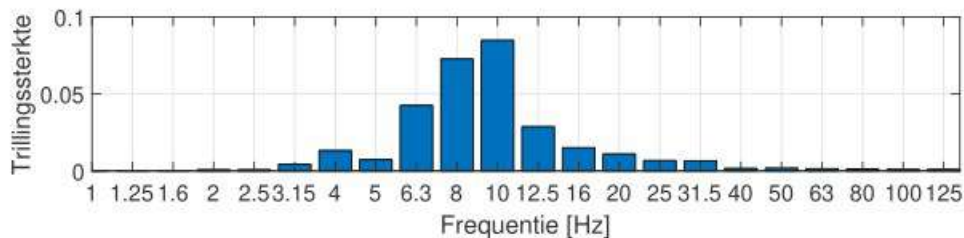
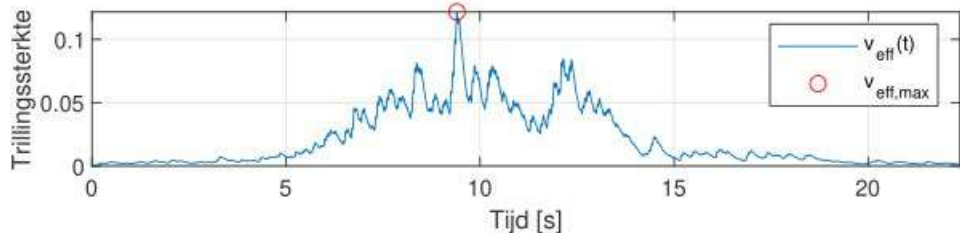
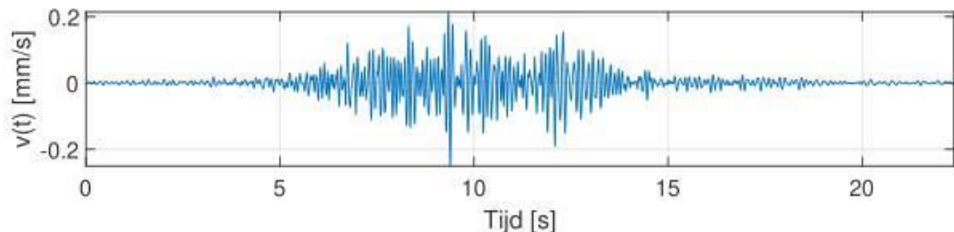
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-18 07:31



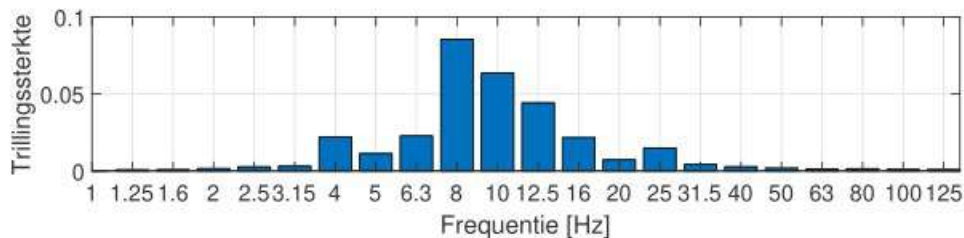
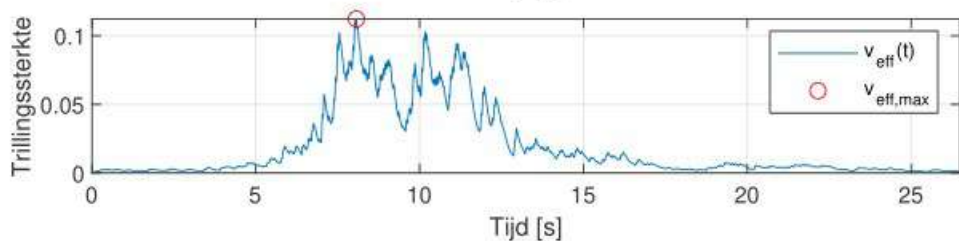
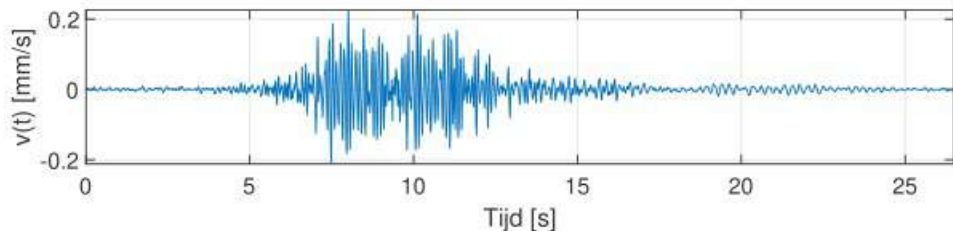
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2z om 2023-07-17 22:31



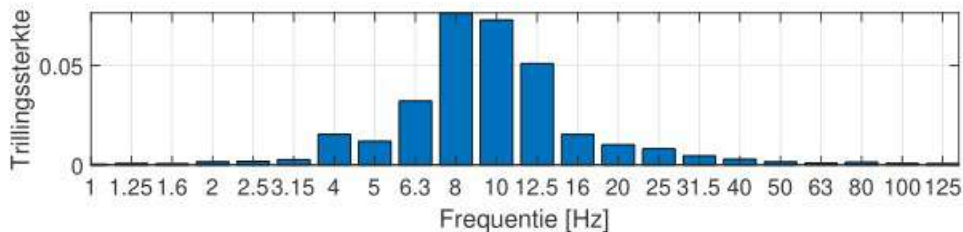
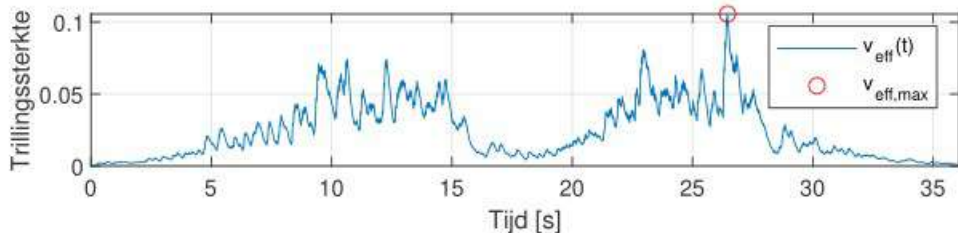
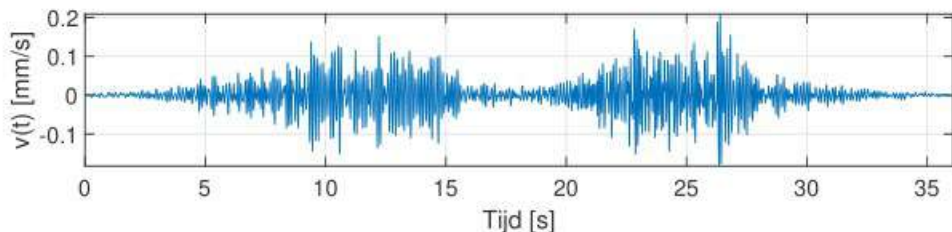
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-18 23:31



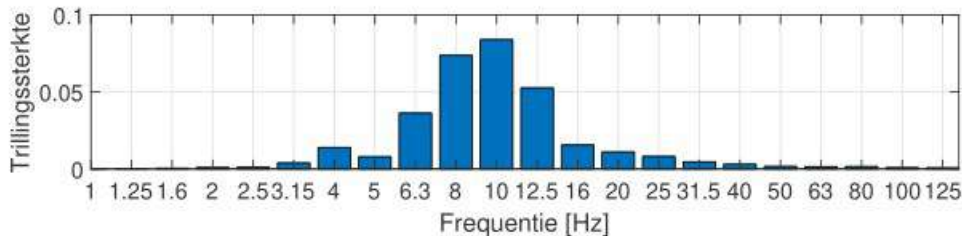
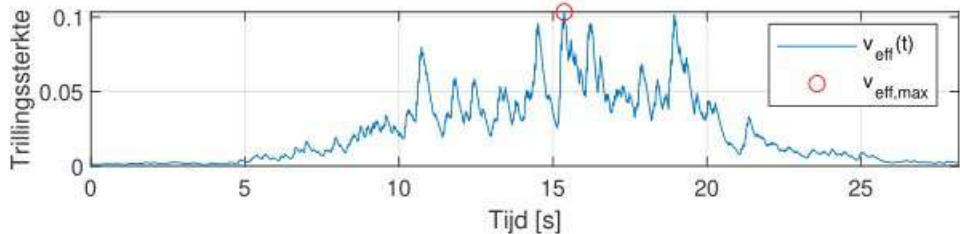
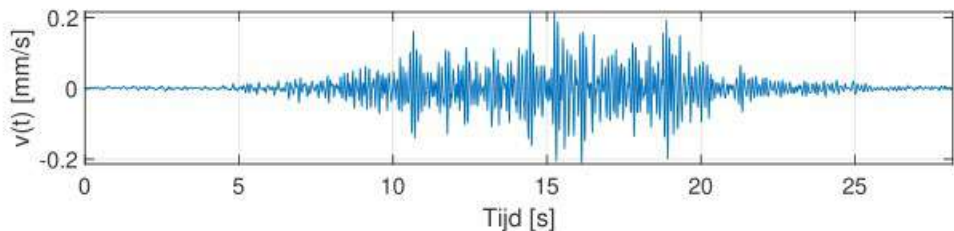
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-17 13:09



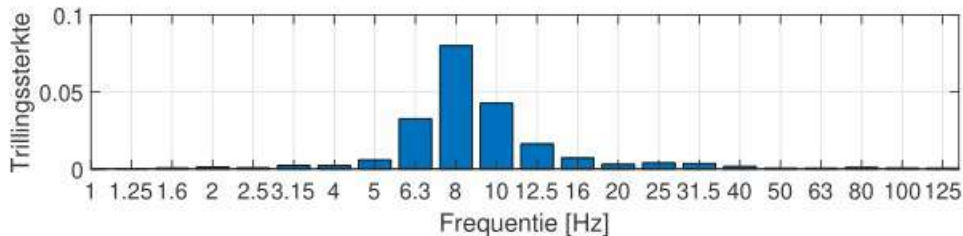
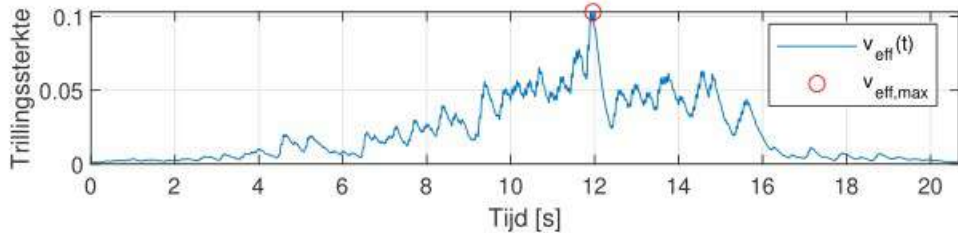
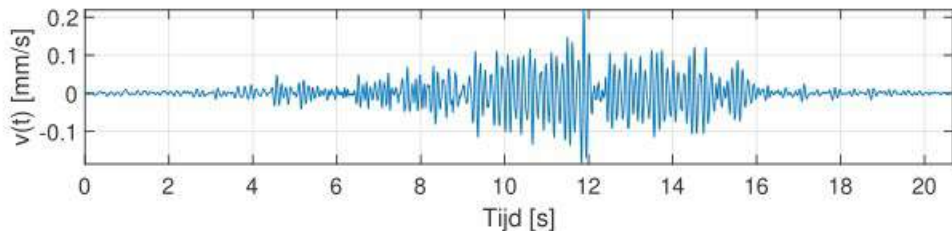
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-17 07:31



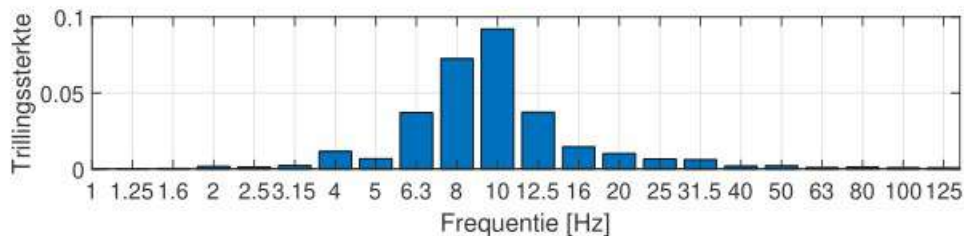
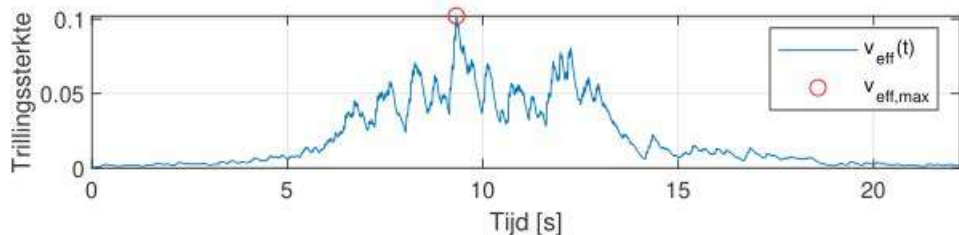
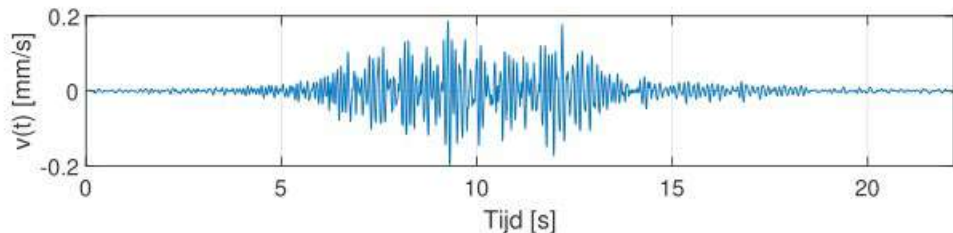
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-17 22:31



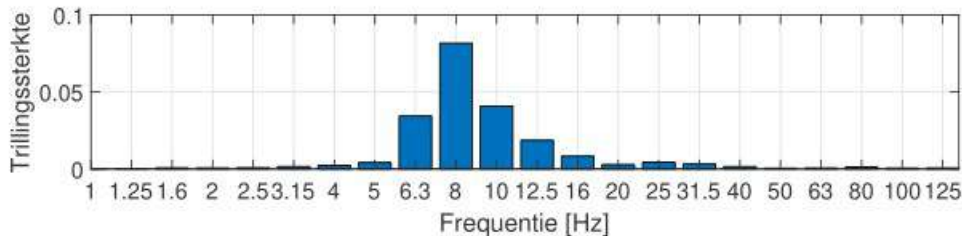
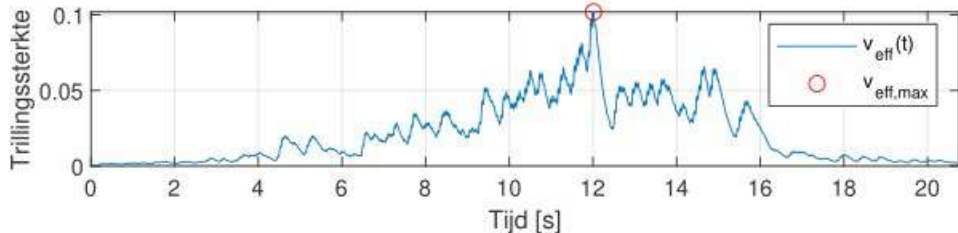
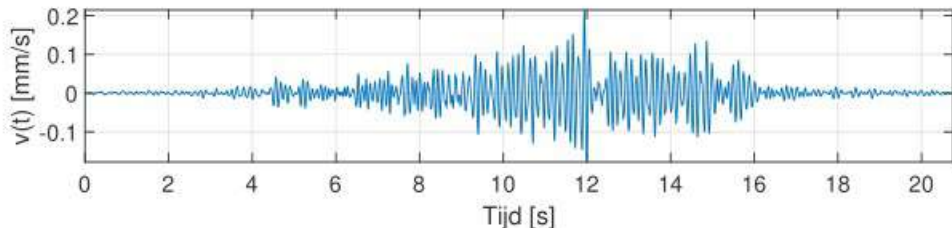
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-17 20:01



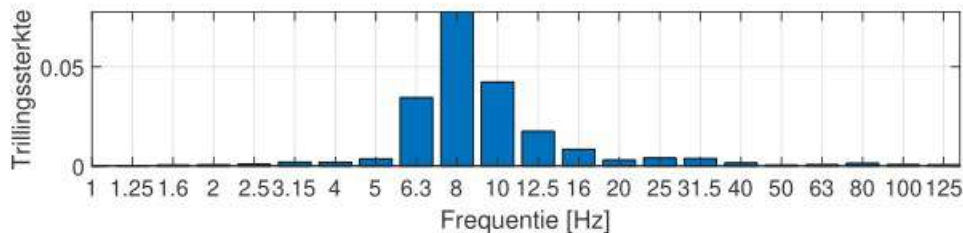
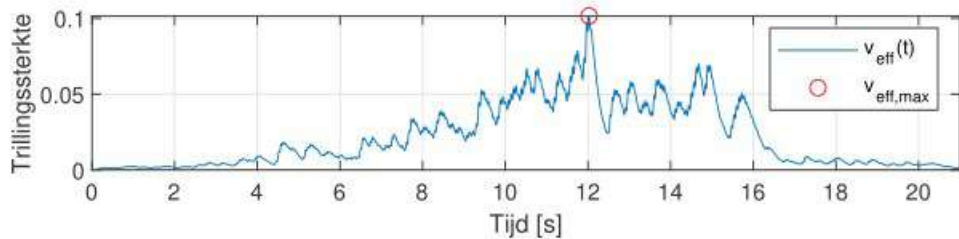
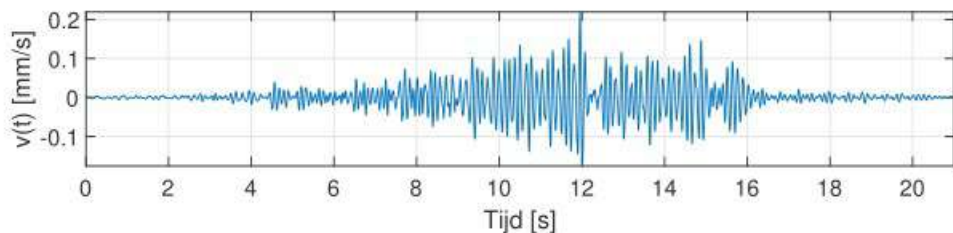
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-18 22:00



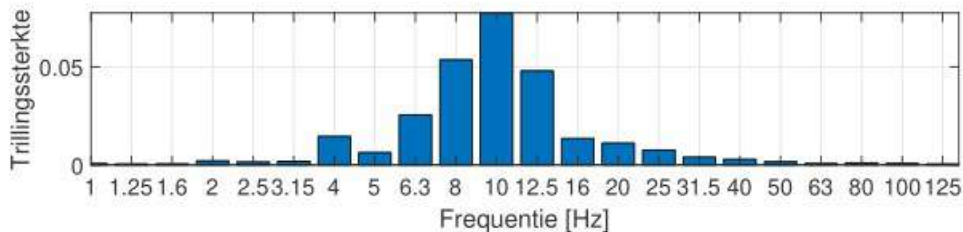
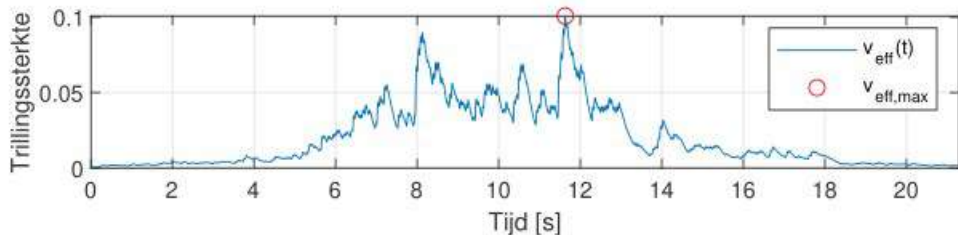
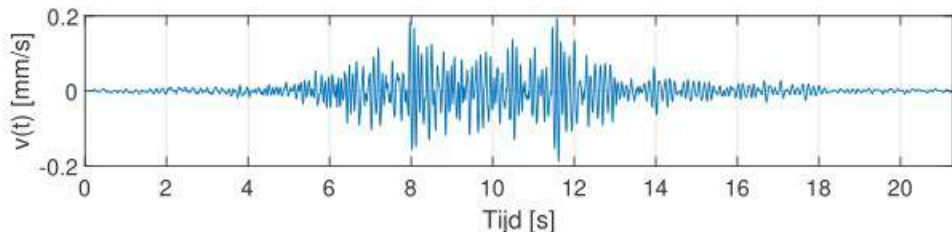
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-18 20:00



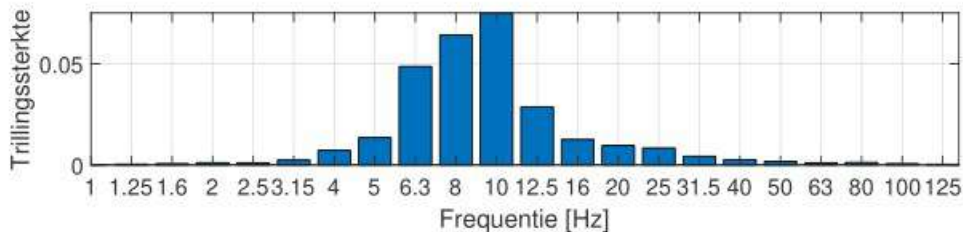
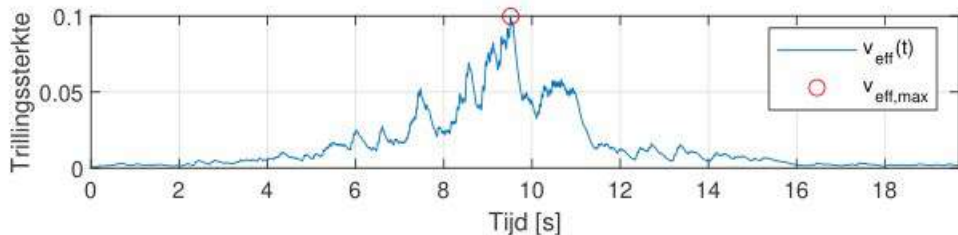
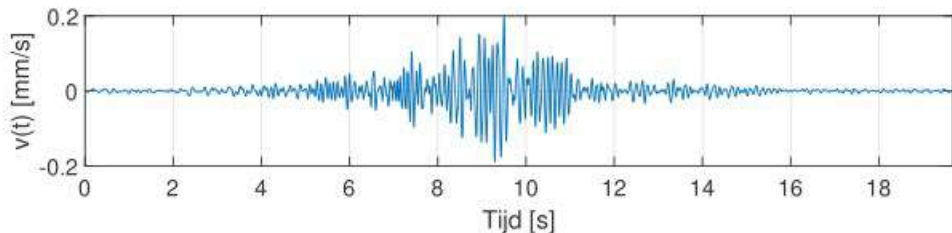
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-18 23:01



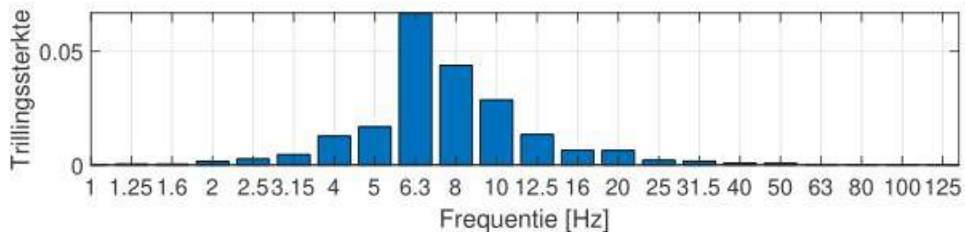
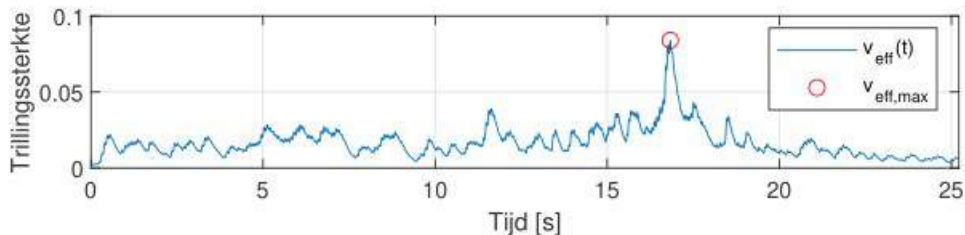
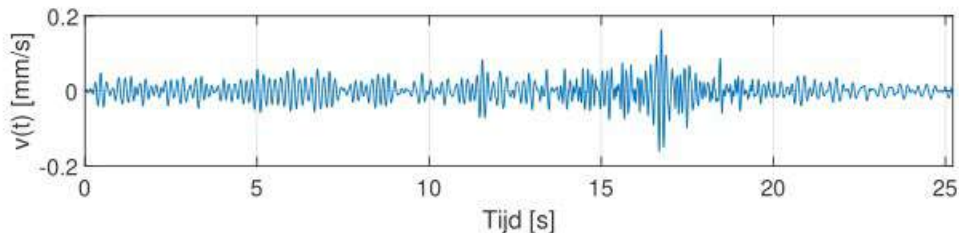
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-17 08:59



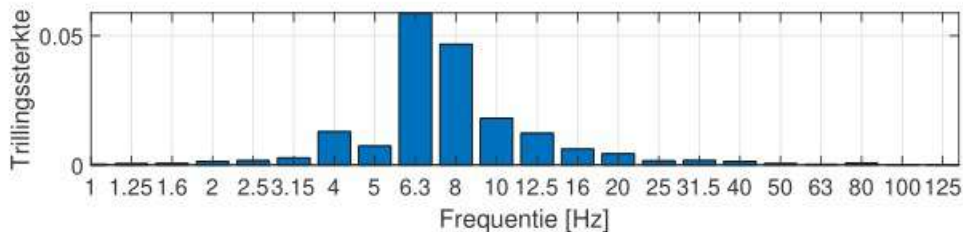
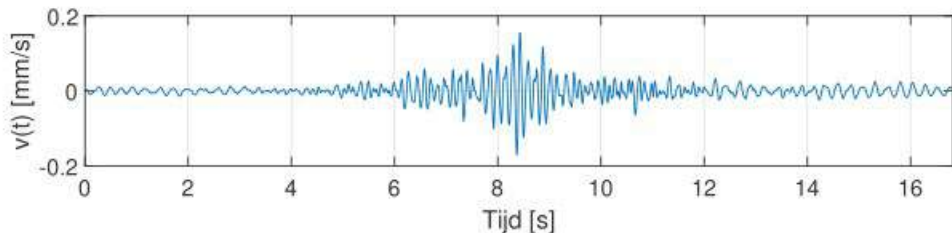
Treinpassage gemeten bij meetpunt 3 om 2023-07-15 00:26



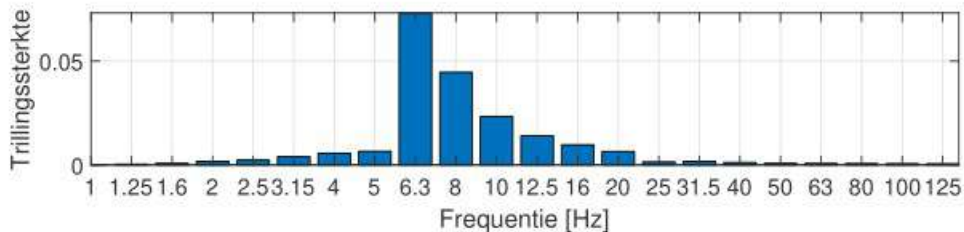
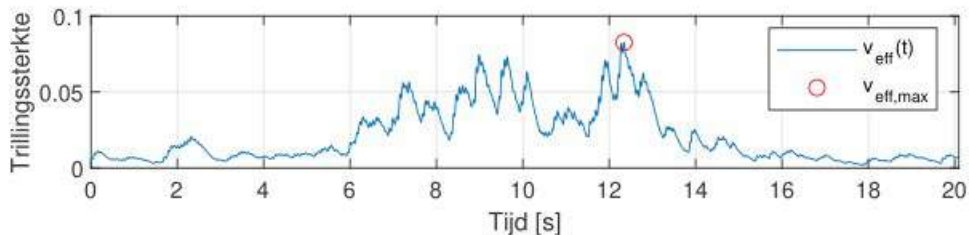
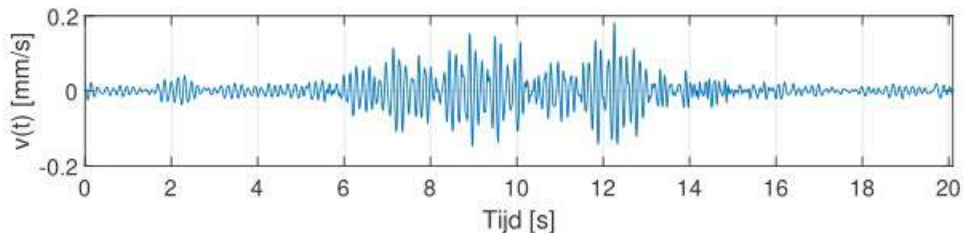
Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-14 11:26



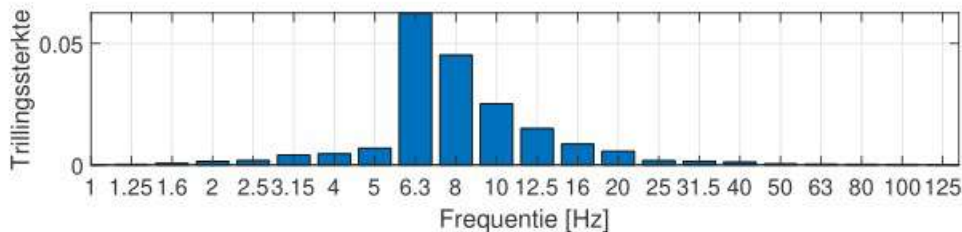
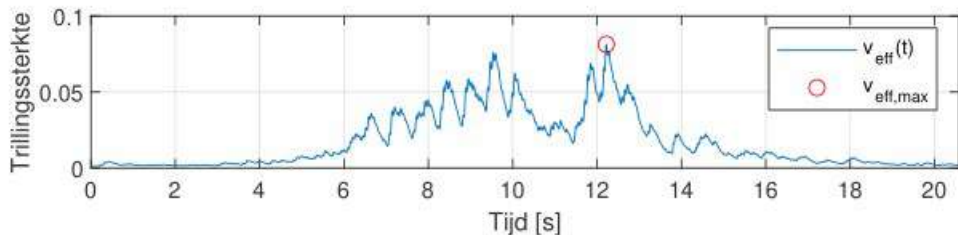
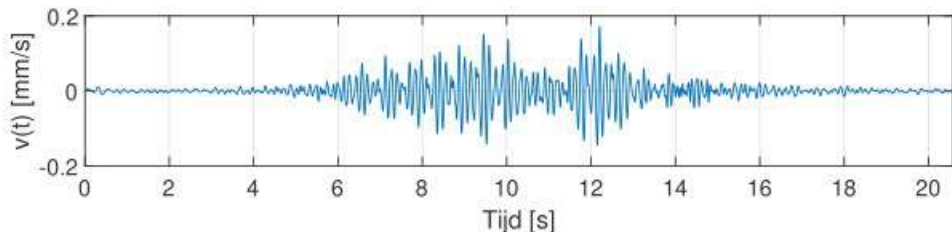
Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-12 23:56



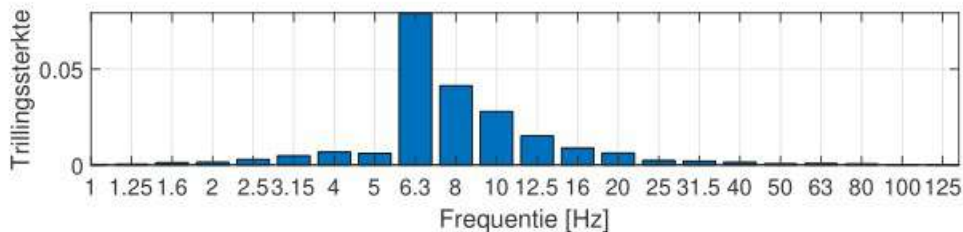
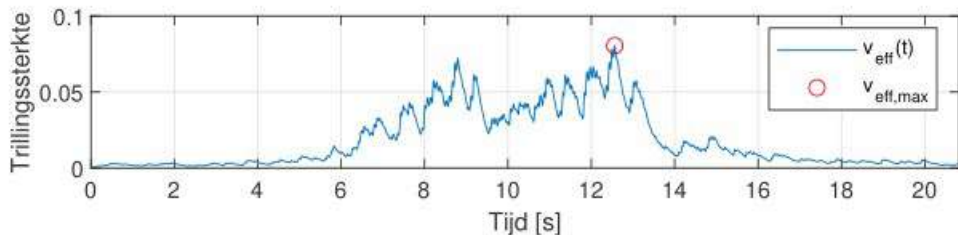
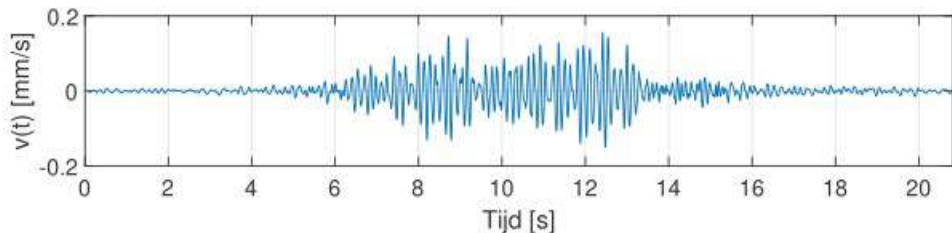
Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-19 06:59



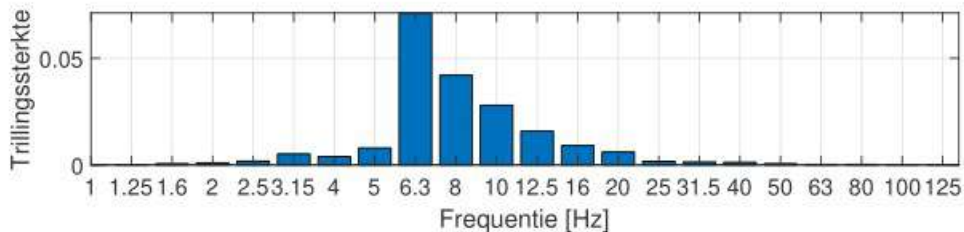
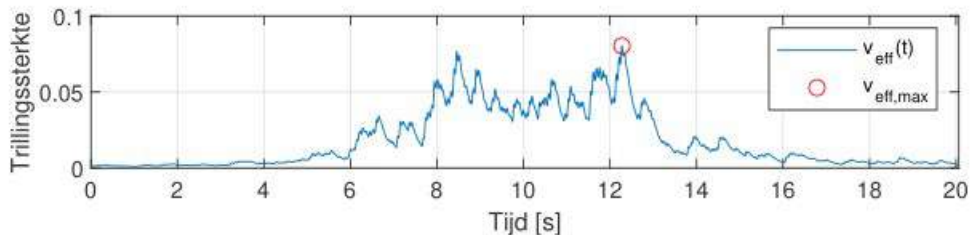
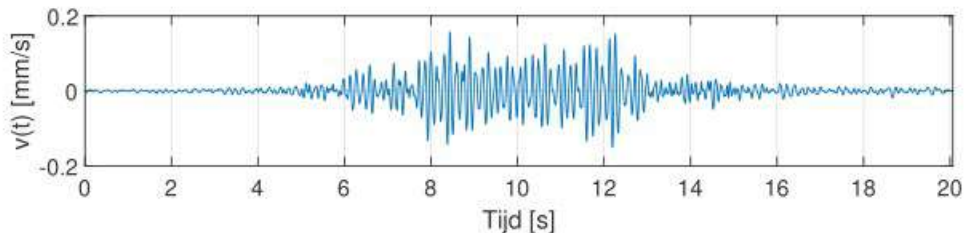
Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-17 23:31



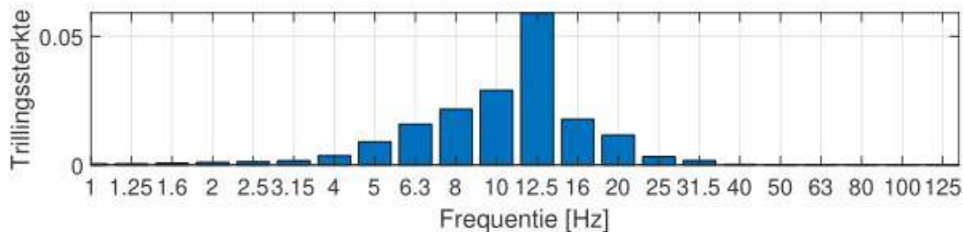
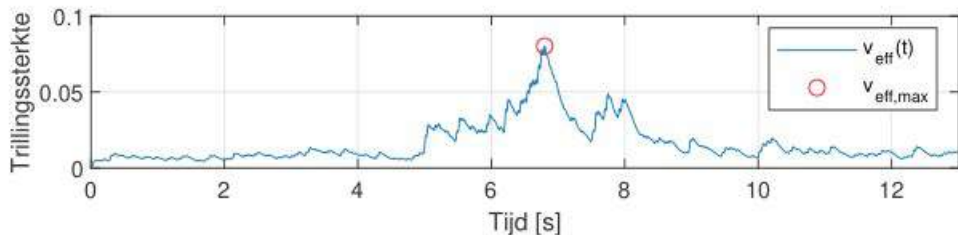
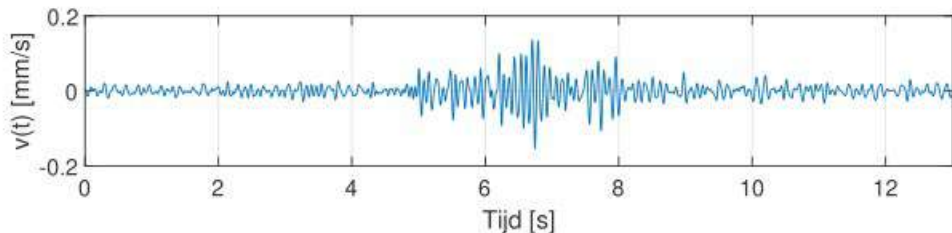
Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-13 06:56



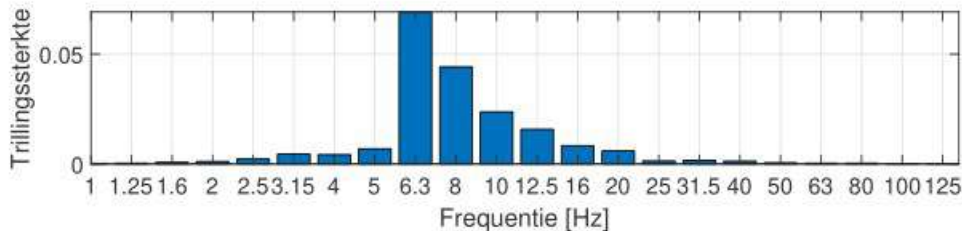
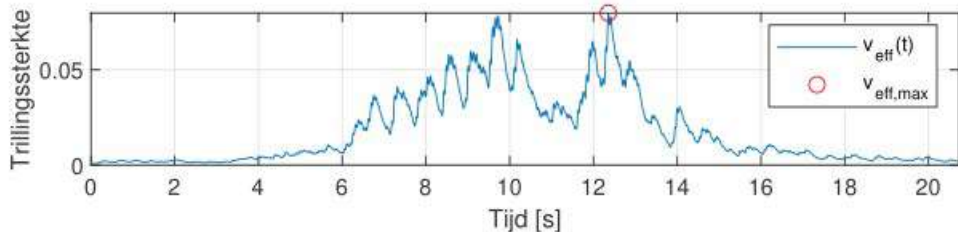
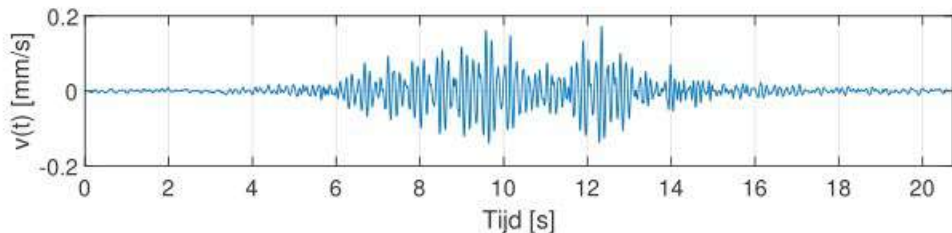
Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-17 23:59



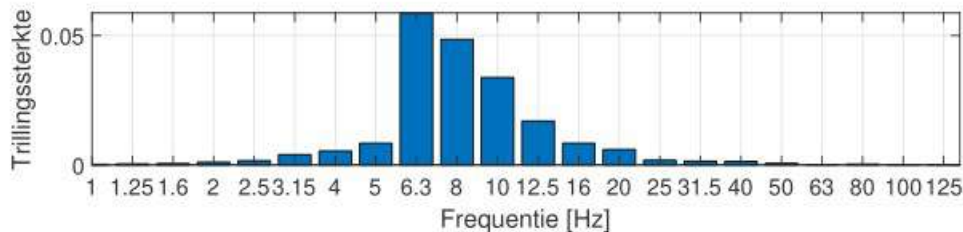
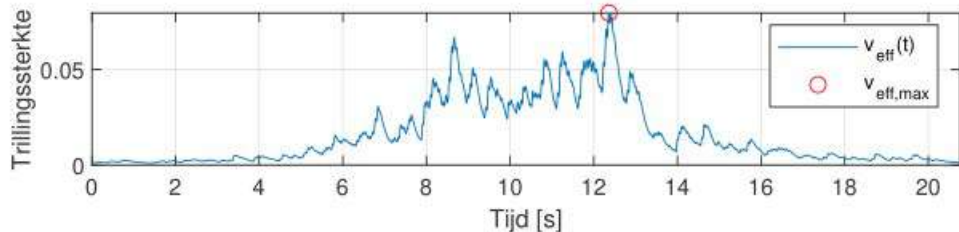
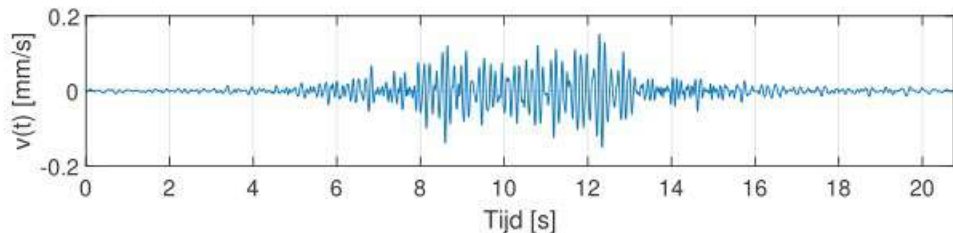
Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-17 17:16



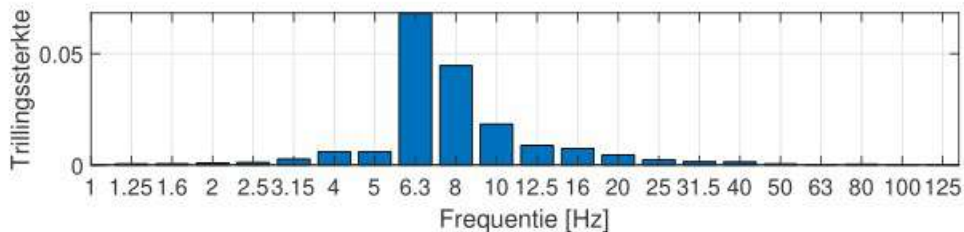
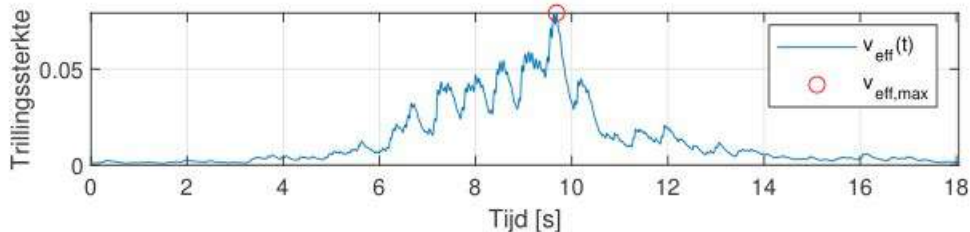
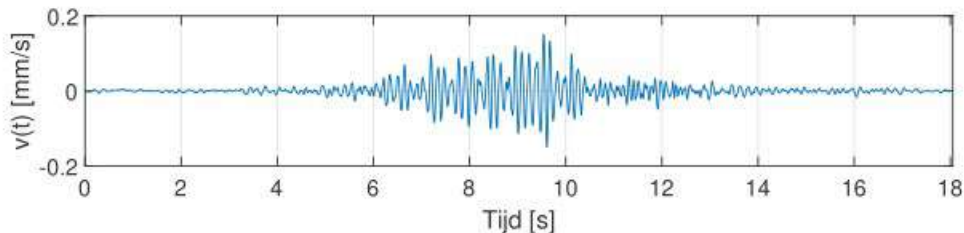
Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-17 22:06



Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-19 05:57

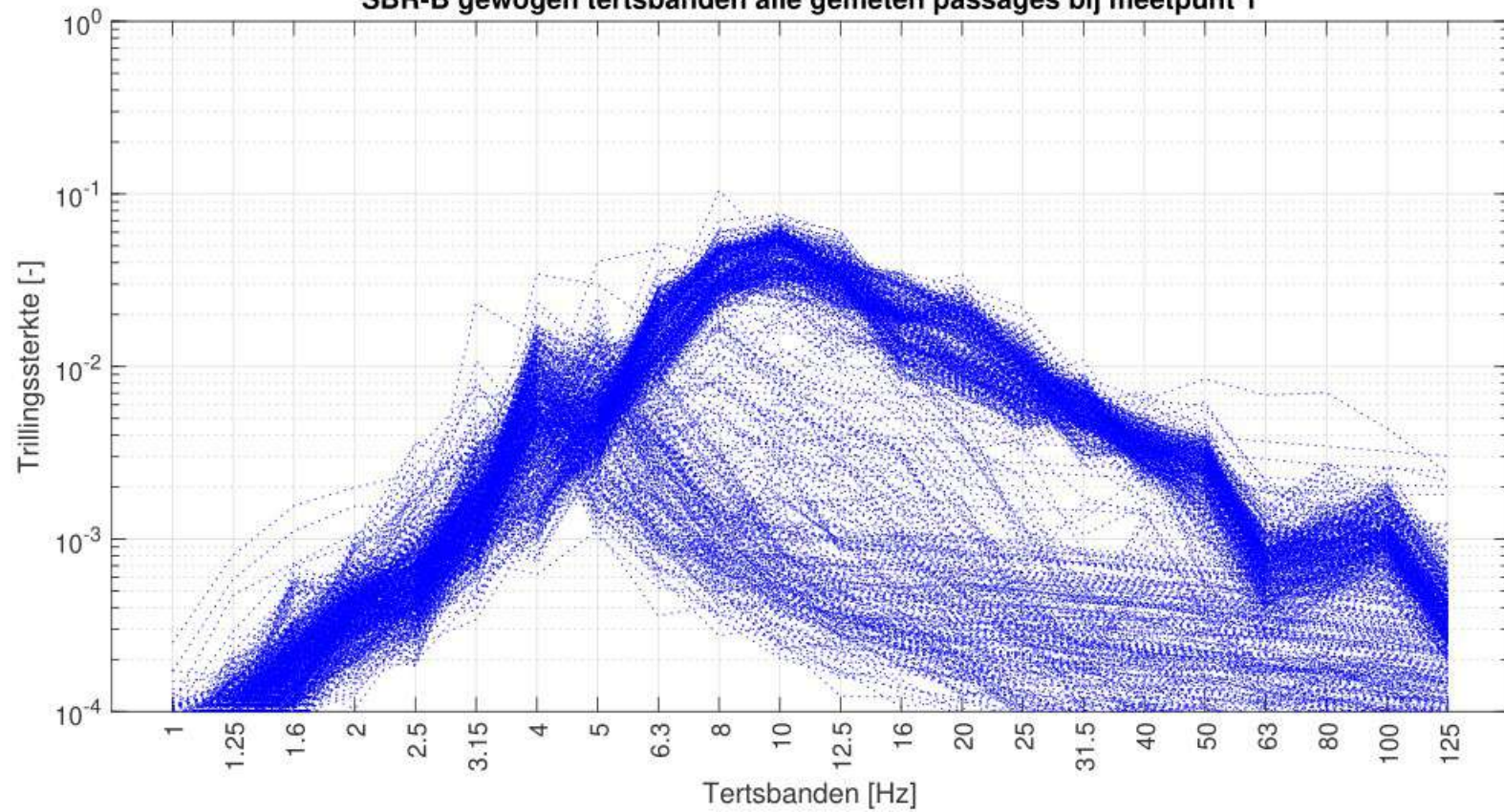


Treinpassage gemeten bij meetpunt 4 om 2023-07-12 22:56

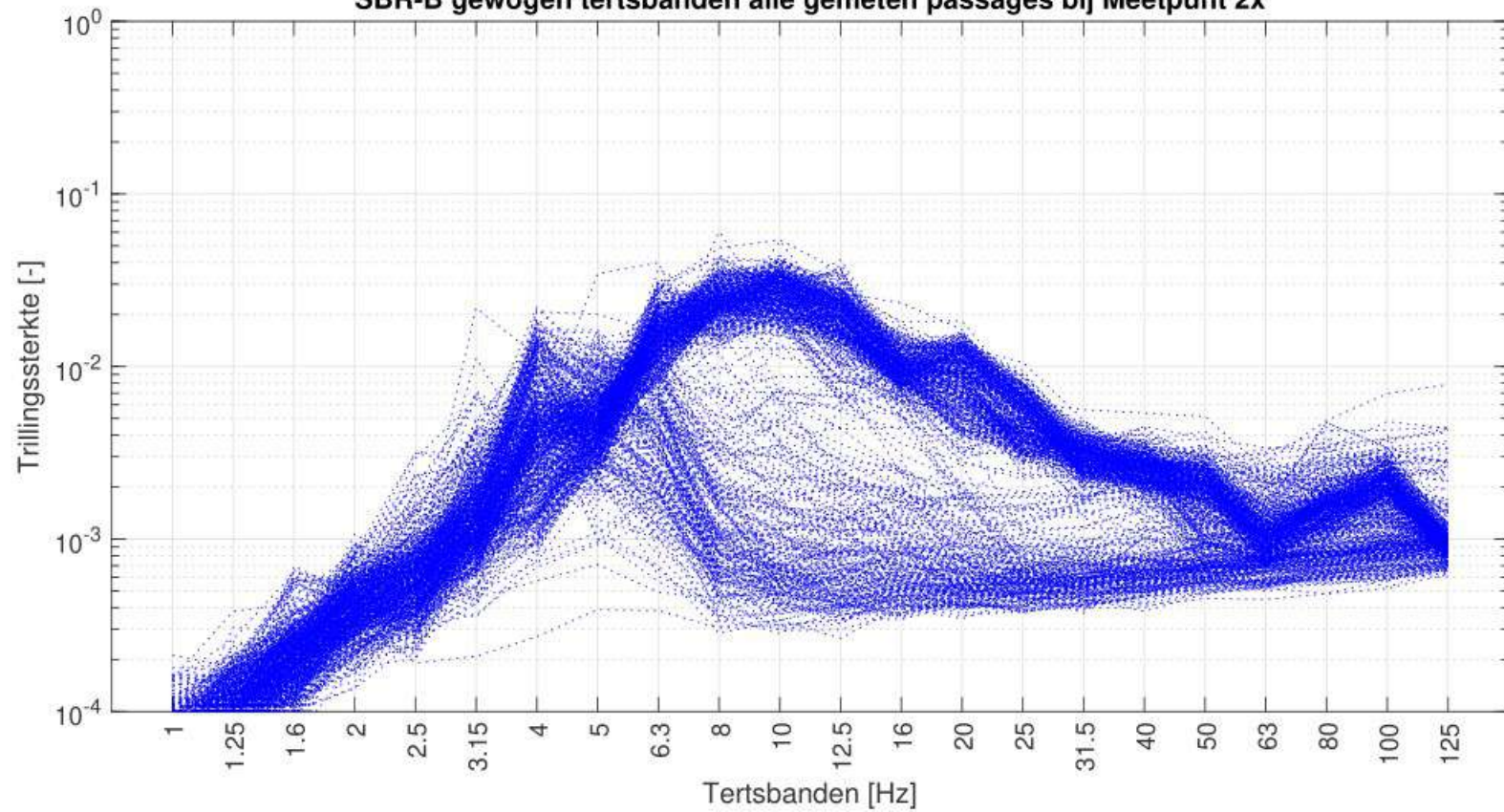


Bijlage III SBR-B gewogen tertsbandspectra per meetpunt

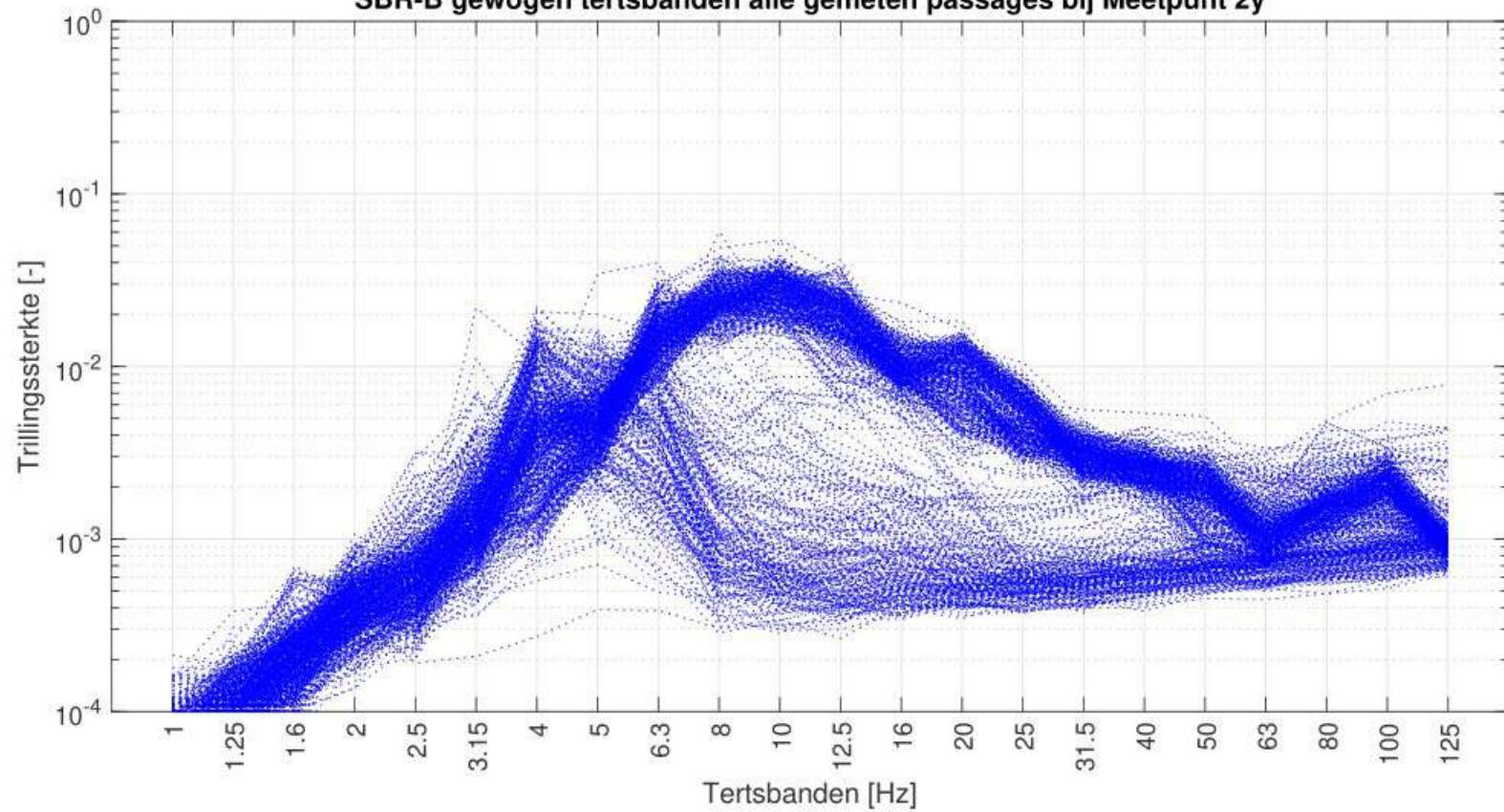
SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij meetpunt 1



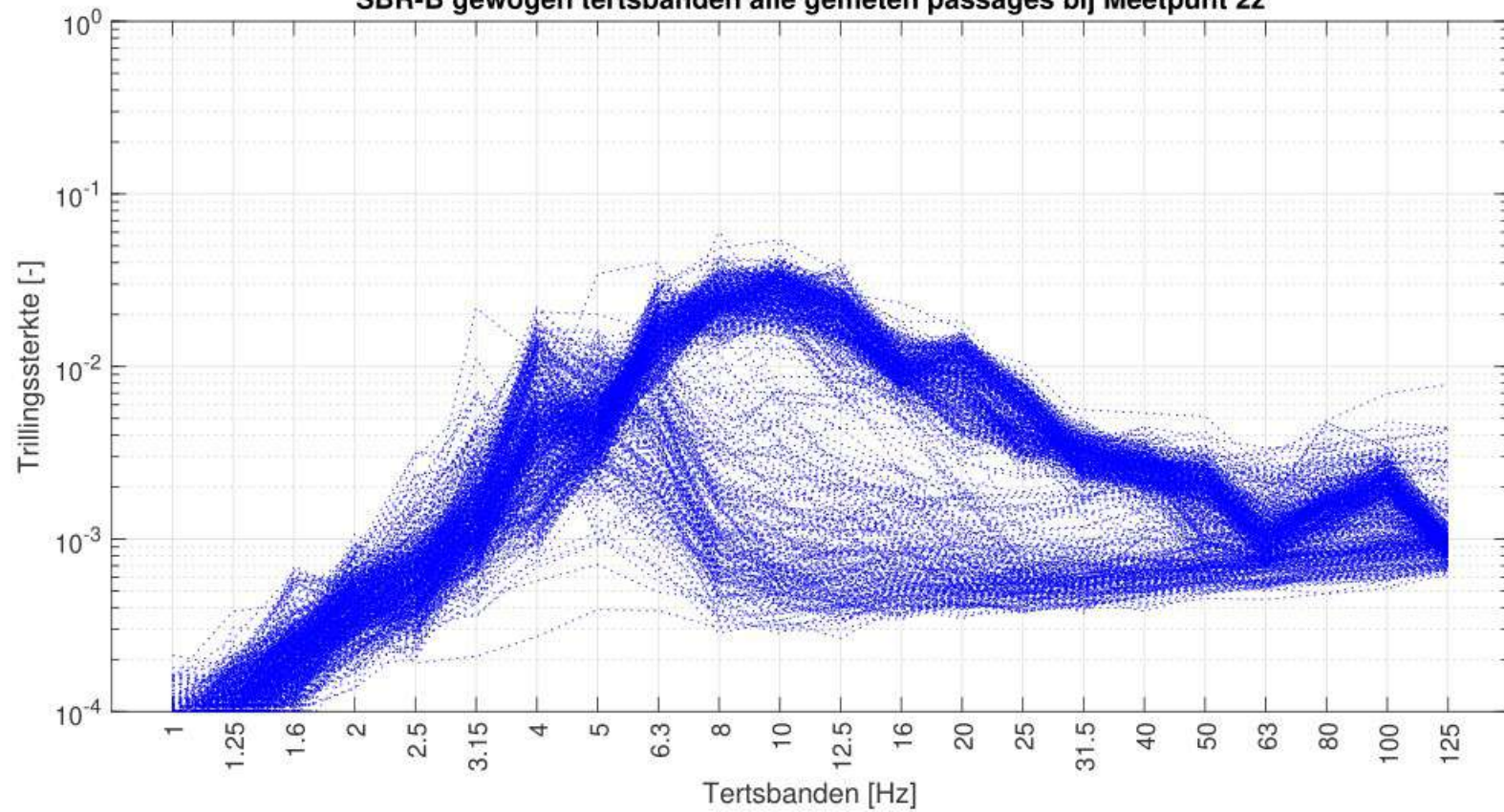
SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij Meetpunt 2x



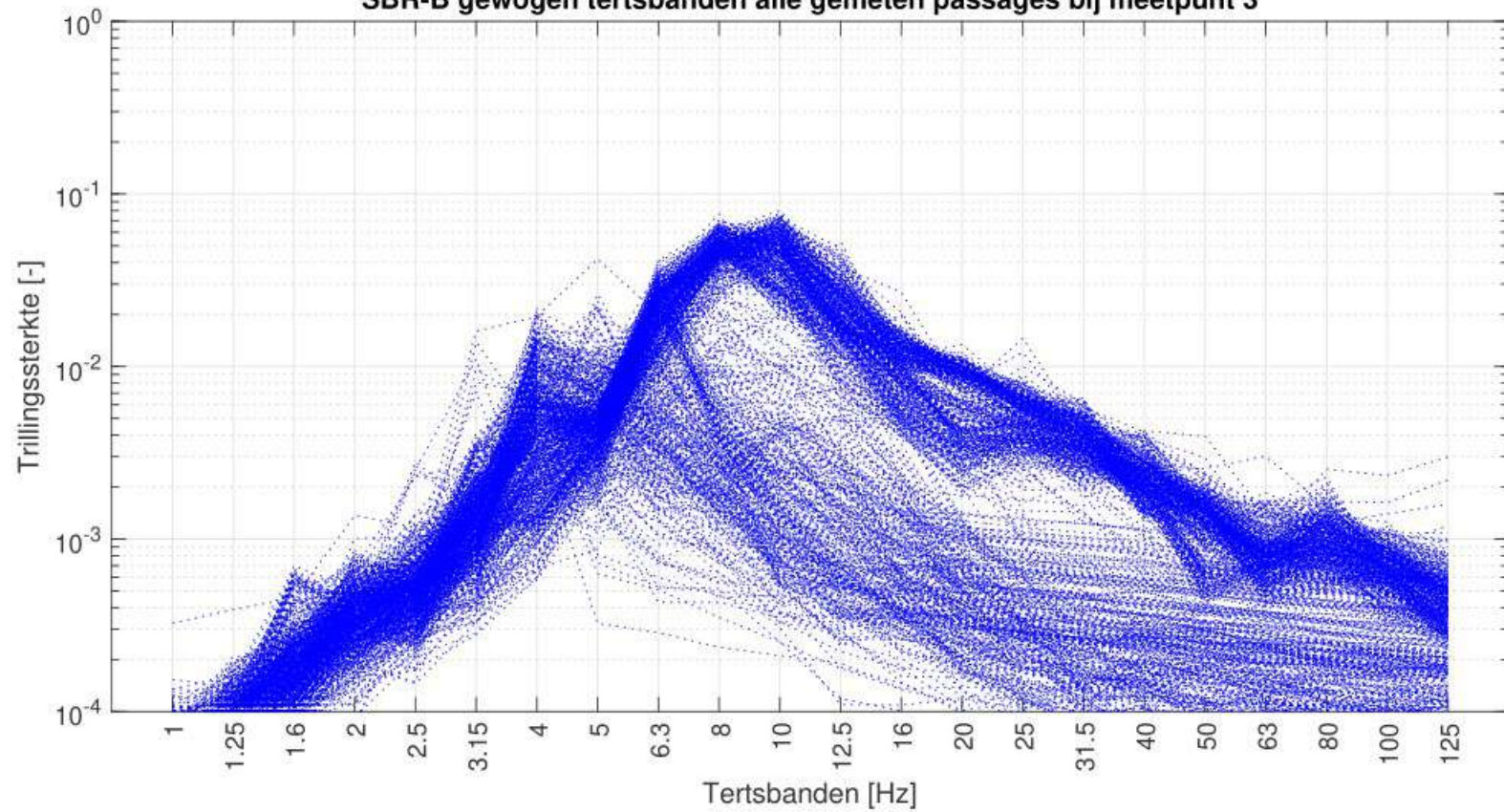
SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij Meetpunt 2y



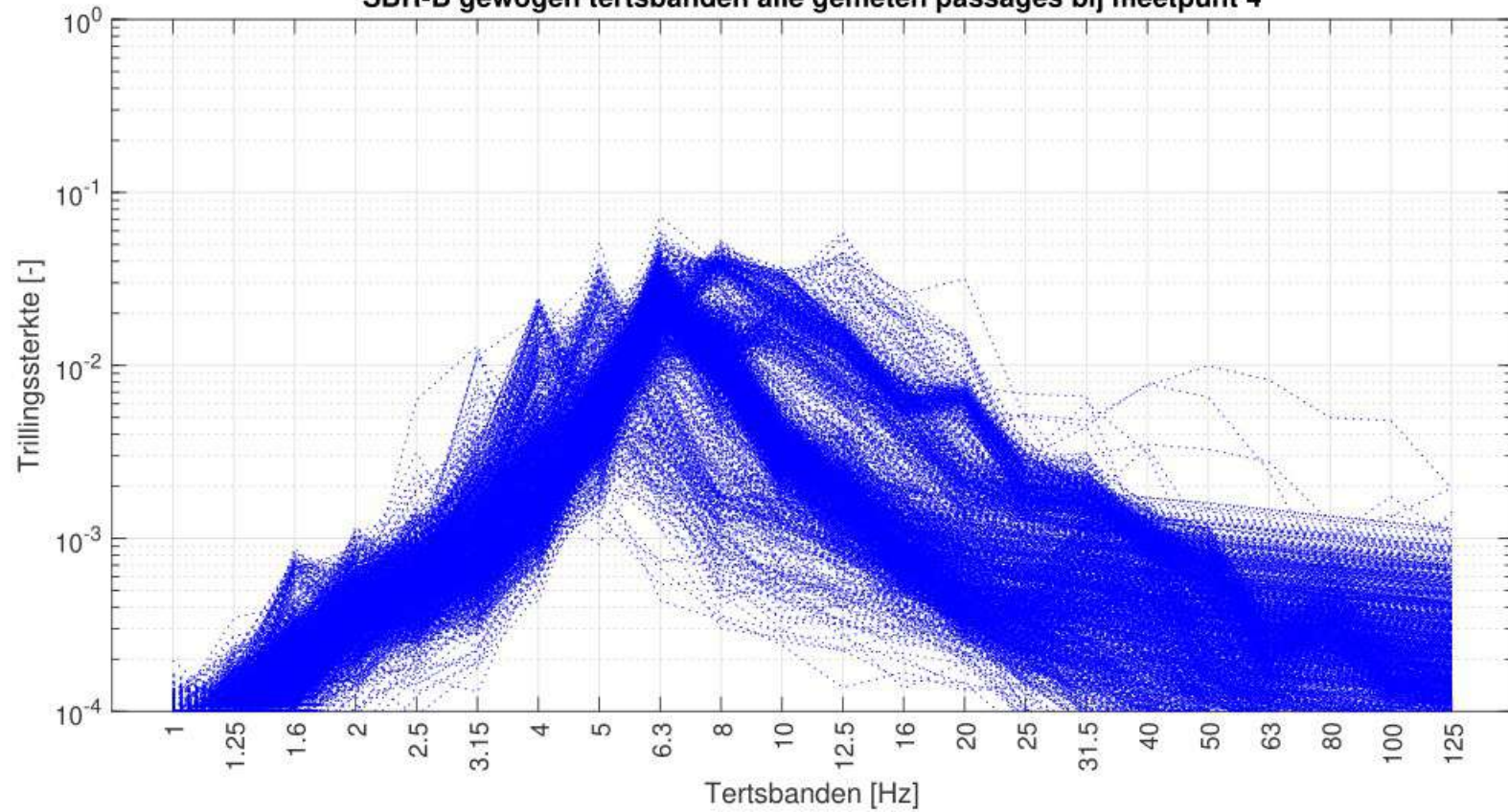
SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij Meetpunt 2z



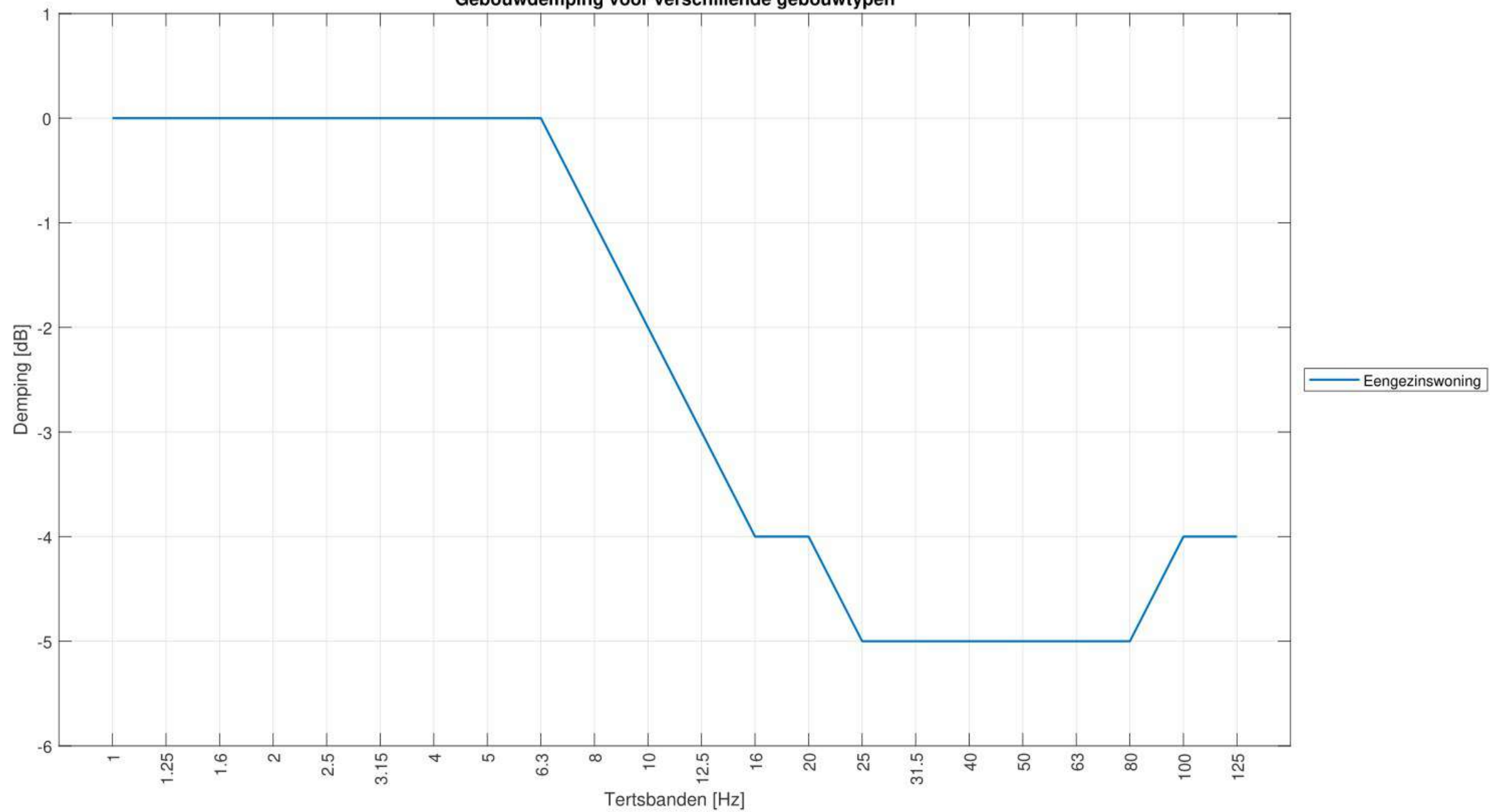
SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij meetpunt 3



SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij meetpunt 4



Gebouwdemping voor verschillende gebouwtypen



Opslintering per eigenfrequentie van de vloer

