



Woningbouwontwikkeling Werf 35 Hilversum

Onderzoek naar trillingen ten gevolge van railverkeer



Woningbouwontwikkeling Werf 35 Hilversum

Onderzoek naar trillingen ten gevolge van railverkeer

opdrachtgever COUP BV
rapportnummer O 16581-5-RA-001
datum 21 oktober 2022
referentie JO/THa/CJ/O 16581-5-RA-001
verantwoordelijke ir. J.P.J. Oostdijk
opsteller ing. T.J.D. Hallegraeff
+31 85 8228741
t.hallegraeff@peutz.nl

peutz bv, postbus 696, 2700 ar zoetermeer, +31 85 822 87 00, zoetermeer@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

mook – zoetermeer – groningen – eindhoven – düsseldorf – dortmund – berlijn – nürnberg – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding en samenvatting	4
2	Situatieschets	5
3	Wet- en regelgeving	6
4	Metingen	7
4.1	Meetmethode en meetinstrumenten	7
4.2	Meetperiode	7
5	Meet- en rekenresultaten	8
6	Beoordeling	10
7	Conclusie	12

1 Inleiding en samenvatting

In opdracht van COUP B.V. is onderzoek uitgevoerd naar de optredende trillingniveaus ten gevolge van railverkeer bij een beoogde woningbouwontwikkeling Werf 35 aan de Mussenstraat te Hilversum.

De beoogde ontwikkeling is gelegen ten noorden van het spoortraject Hilversum – Amersfoort. Over de spoorlijnen nabij de ontwikkeling rijden goederentreinen, intercity's en stoptreinen. De afstand van de meest nabijgelegen spoorlijn tot de ontwikkeling is circa 30 meter. De afstand is zodanig dat trillinghinder niet op voorhand kan worden uitgesloten. In dat kader is voorliggend onderzoek uitgevoerd.

Doel van het onderzoek is de optredende trillingniveaus te bepalen ter plaatse van de beoogde ontwikkeling in het kader van een goede ruimtelijke ordening. Gedurende een week zijn op maaiveldniveau metingen verricht aan de bouwgrens van de ontwikkeling op een afstand van circa 25 meter van de dichtstbijgelegen spoorlijn en op een grotere afstand van circa 55 meter. De trillingniveaus zijn getoetst aan de grenswaarden voor nieuwe situaties uit Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" van de Stichting Bouwresearch, hierna SBR-B.

Uit voorliggend onderzoek wordt geconcludeerd dat voor de nieuw te bouwen woningen in beginsel aan de streefwaarden uit de SBR-B wordt voldaan. Een aandachtspunt is dat voorkomen dient te worden dat in de nieuw te bouwen woningen de trillingen toch versterkt worden vanwege het in resonantie komen van vloeren. Dit dient nader onderzocht te worden bij het verlenen van de omgevingsvergunning voor het aspect bouwen van de woningen. Dit kan in de regels van het bestemmingsplan worden geborgd.

2 Situatieschets

De beoogde ontwikkeling is gelegen aan de Mussenstraat te Hilversum aan de noordzijde van het spoortraject tussen Hilversum en Amersfoort. Het station Hilversum is gelegen op circa 1200 meter ten noordwesten van het plangebied. Het zuidelijke gedeelte van de beoogde ontwikkeling is gelegen langs het spoor. Het gebied (in het op 12 juni 2013 vastgestelde bestemmingsplan 'Kamerlingh Onnesweg') is momenteel bestemd voor bedrijven. In figuur 2.1 is de locatie van de beoogde ontwikkeling in de omgeving weergegeven.

f2.1 Ligging beoogde ontwikkeling en meetposities in de omgeving



3 Wet- en regelgeving

De trillingniveaus vanwege het railverkeer ter plaatse van de beoogde ontwikkeling worden getoetst aan de streefwaarden uit de Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" uit augustus 2002 van de Stichting Bouwresearch. De hierna volgende streefwaarden zijn overigens geen wettelijke grenswaarden. Wel worden de SBR-richtlijnen in de jurisprudentie gehanteerd ter bepaling van de beoordelingscriteria. De streefwaarden zijn als grenswaarden te hanteren als deze worden opgenomen in de bestemmingsplanregels.

De streefwaarden hebben betrekking op voelbare trillingen tot 100 Hz. Boven 100 Hz zijn trillingen door de mens in het algemeen niet meer voelbaar.

De optredende trillingniveaus voldoen aan de streefwaarden indien voldaan wordt aan één van onderstaande twee voorwaarden:

- de waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte ($V_{\max}$) is kleiner dan A_1 ;
- de waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte ($V_{\max}$) is kleiner dan A_2 waarbij de trillingsterkte over de beoordelingsperiode in deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

Conform de SBR-B worden in beginsel voor woningen in nieuwe situaties, waarbij sprake is van herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd (waarvan bij trillingen veroorzaakt door spoorwegen sprake is), de in tabel 3.1 gegeven streefwaarden gehanteerd.¹

t3.1 Overzicht streefwaarden conform de SBR-B voor de gebouwfunctie wonen in een nieuwe situatie bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd

Periode	A_1	A_2	A_3
Dagperiode (07.00 – 19.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Avondperiode (19.00 – 23.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Nachtperiode (23.00 – 07.00 uur)	0,1	0,2	0,05

1 Voor bestaande situaties zijn de grenswaarden een factor 2 hoger.

4 Metingen

4.1 Meetmethode en meetinstrumenten

De trillingmetingen zijn uitgevoerd conform de SBR-B.

De trillingmetingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingrecorders, fabricaat SYSCOM, type MR3000C met geïntegreerde xyz-opnemers. De trillingopnemer is een triaxiale snelheidssensor en heeft een frequentiebereik van 1 tot 315 Hz.

Er is gemeten op twee posities, zie figuur 2.1, gelegen op 30 meter en 60 meter ten noorden van de spoorlijn (op respectievelijk de grens van het plangebied en 30 meter verderop).

4.2 Meetperiode

Op beide meetposities zijn gedurende een week in de dag-, avond- en nacht metingen verricht. In de meetperiode tussen dinsdag 21 september 2021 om circa 13:00 uur en dinsdag 28 september 2021 om circa 15:30 uur zijn de optredende trillingniveaus continu gemeten. Conform opgave ProRail worden de spoorlijnen tevens gebruikt voor goederentreinpassages. Om met zekerheid te stellen dat goederentreinpassages eveneens in de meetresultaten zijn opgenomen is besloten op beide meetposities gedurende deze langere tijd te meten. Geconstateerd is dat tijdens de metingen tevens passages van goederentreinen hebben plaatsgevonden.

5 Meet- en rekenresultaten

In tabel 5.1 zijn de berekende $V_{\max}$ waarden opgenomen. Deze zijn gelijk aan de maximale effectieve trillingsnelheid $v_{\text{eff,max,stat}}$. De $v_{\text{eff,max,stat}}$ betreft de statistische verwerking van de gemeten waarden van $v_{\text{eff,max,30,i}}$ met de formule $v_{\text{eff,max,stat}} = \mu * e^{\beta\sigma/\mu}$.

waarin:

- $v_{\text{eff,max,stat}}$ = de per meetpunt en meetrichting statistisch berekende waarde $v_{\text{eff,max}}$
- μ = de gemiddelde waarde bepaald over maximaal $n = 15$ hoogste waarden van $v_{\text{eff,max,30,i}}$ waarbij $v_{\text{eff,max,30,i}}$ minimaal 50% van de gemeten waarde van $v_{\text{eff,max}}$ moet bedragen;
- β = factor gelijk aan 1,76 (dit komt overeen met een kans van overschrijden van 5%). Indien minder dan 15 waarden van $v_{\text{eff,max,30,i}}$ in de bepaling van het gemiddelde zijn meegenomen, dan volgt de waarde voor β uit tabel 1 (van paragraaf 9.6 van de SBR-richtlijn B);
- σ = de standaardafwijking bepaald over de maximaal $n = 15$ hoogste waarden van $v_{\text{eff,max,30,i}}$. De standaardafwijking dient berekend te worden volgens:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(v_{\text{eff,max,30,i}} - \mu)^2}{n-1}}$$

De $v_{\text{eff,max,30,i}}$ is de hoogst gemeten trillingsnelheid per interval van 30 seconden. Hierbij wordt de gemeten trillingsnelheid frequentieafhankelijk gewogen volgens de weegfunctie die is opgenomen in de SBR-B. De weegfunctie is bedoeld om frequenties, waarbij het menselijk waarnemingsvermogen is verminderd, ook minder in de beoordeling te betrekken. Trillingen met frequenties tot circa 10 Hz worden door mensen als minder hinderlijk ervaren.

De dimensieloze effectieve waarde $v_{\text{eff,max,30,i}}$ is per passage bepaald voor de horizontale richtingen 'x' (evenwijdig aan het spoor) en 'y' (loodrecht op het spoor) en de verticale richting 'z' (loodrecht op de bodem). Deze metingen zijn voor alle passages van treinen uitgevoerd (goederentreinen en passagierstreinen).

De statistische berekening leiden tot $V_{\max}$ – zijnde de hoogst gemeten en statistisch bewerkte trillingsterkte – zoals gegeven in tabel 5.1.

t5.1 $V_{\max}$ voor de verschillende meetposities

	Periode	$V_{\max}$ (x-richting)	$V_{\max}$ (y-richting)	$V_{\max}$ (z-richting)
Positie 1	Dag	0,57	0,61	0,15
Positie 1	Avond	0,33	0,40	0,16
Positie 1	Nacht	0,22	0,27	0,12
Positie 2	Dag	0,17	0,15	0,15
Positie 2	Avond	0,13	0,11	0,19
Positie 2	Nacht	<0,1	<0,1	<0,1

De hoogste trillingsterkte ($V_{\max}$) van 0,61 treedt in de nachtperiode op in de y-richting (horizontale richting loodrecht op het spoor). De resultaten in $V_{\text{eff,max},30,i}$ van de trillingmetingen zijn voor beide meetposities als grafiek opgenomen in bijlage 1. Ter informatie zijn tevens de geplande goederentreintijden conform opgave ProRail weergegeven.

De geplande goederentreintijden kunnen verschillen met de in de praktijk gerealiseerde goederentreintijden. Het is tevens mogelijk dat sommige geplande treinen niet hebben gereden.

Daarnaast is per toetspunt en per richting V_{per} uitgerekend. Dit is effectieve waarde van de trillingsterkte over de betreffende beoordelingsperiode. Deze waarden zijn gegeven in tabel 5.2.

t5.2 V_{per} voor de verschillende meetposities

	Periode	V_{per}
Positie 1	Dag	0,04
Positie 1	Avond	0,04
Positie 1	Nacht	0,02
Positie 2	Dag	<0,01
Positie 2	Avond	<0,01
Positie 2	Dag	<0,01

6 Beoordeling

De hoogste trillingniveaus treden overwegend op in de dagperiode. Het is echter ook mogelijk dat deze optreden in de nachtperiode, omdat ook in die periode, volgens opgave van ProRail, (zware) goederentreinen kunnen passeren. Om deze reden worden de trillingsterktes $V_{\max}$ getoetst aan de streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties in de nachtperiode van 0,2.

Meetpositie 1

De hoogste trillingsterktes $V_{\max}$ gemeten op meetpositie 1 voldoen in de horizontale richtingen (x en y) niet aan de streefwaarde A_2 van 0,2 uit de SBR-B. Deze trillingen in horizontale richting worden hoofdzakelijk veroorzaakt door trillingen met een frequentie van circa 63 Hz. Het spectrum van de maatgevende goederentreinpassages met deze dominante frequentie is opgenomen in bijlage 2. Uit de praktijk blijkt dat dergelijk hoge frequenties door gebouwen sterk gereduceerd worden. Om deze reden worden deze frequenties niet verder beschouwd, en worden de trillingmetingen tevens geanalyseerd op trillingen met voor bebouwing doorgaans relevante lagere frequenties. Enkele goederentreinpassages bevatten relevante lagere frequenties van tussen de 6,3 Hz en 10 Hz. Het spectrum van goederentreinpassages waar deze lagere frequentiebanden maatgevend kunnen worden in de beoogde bebouwing zijn opgenomen in bijlage 3.

De trillingniveaus in de verticale richting (z-richting) voldoen wel aan streefwaarde A_2 van 0,2 in de nachtperiode. Een optredende frequentie van 6,3 Hz is terug te zien in de twee maatgevende treinpassages voor de z-richting. Minder van belang in deze z-richting is de piek bij 20 Hz die veelal tevens wordt gedempt door de beoogde bebouwing. De twee maatgevende passages in de verticale richting zijn weergegeven in bijlage 4.

De trillingsterkte V_{per} op deze meetpositie voldoet met maximaal 0,04 in alle gemeten perioden aan de streefwaarde A_3 van maximaal 0,05.

Als de hogere dominante frequenties buiten beschouwing worden gelaten, vooruitlopend op het dempende effect van de bebouwing, wordt op maaiveldniveau een $V_{\max}$ van ten hoogste 0,15 berekend. Deze waarde voldoet aan de streefwaarde A_2 van 0,2.

Meetpositie 2

De hoogste trillingsterkte $V_{\max}$ gemeten op meetpositie 2 is 0,19. De trillingsterkte V_{per} op deze meetpositie is in alle gemeten perioden lager dan 0,01.

Hiermee wordt niet voldaan aan de streefwaarde A_1 maar wel aan beide streefwaarden A_2 en A_3 . De trillingniveaus op meetpositie 2 voldoen daarmee aan streefwaarden van de SBR-B richtlijn.

Op deze meetpositie bevatten de twee maatgevende goederentreinpassages diverse dominante frequenties. Het maatgevende frequentiebereik ligt tussen de 10 Hz en 16 Hz. De twee maatgevende goederentreinpassages op meetpositie 2 zijn opgenomen in bijlage 5.

Beide meetposities

Uit vergelijkbare praktijksituaties blijkt dat een gebouw, door de massa en stijfheid van de constructie, een dempende werking heeft op de trillingen. Aldus zal ook in de nieuw te bouwen woningen in beginsel voldaan worden aan de streefwaarden en zijn er geen belemmeringen om de woningen te realiseren.

Voorkomen dient wel te worden dat in de nieuw te bouwen woningen de trillingen toch versterkt worden. Versterken van trillingen is alleen mogelijk indien de eigenfrequenties van de vloeren van de woningen overeenkomen met de aanstootfrequenties, waardoor resonantie kan optreden. Dit dient voorkomen te worden. Uitgangspunt dient te zijn dat in het ontwerp geen vloeren worden toegepast met een 1^e orde eigenfrequenties die overeenkomen met de gemeten aanstootfrequenties. Dit dient nader onderzocht te worden bij het verlenen van de omgevingsvergunning voor het aspect bouwen van de woningen. Dit kan in de regels van het bestemmingsplan worden geborgd.

7 Conclusie

Meetpositie 1

Op maaiveldniveau op circa 25 meter vanaf de buitenste spoorlijn wordt de streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties in de nachtperiode overschreden. De overschrijdingen in horizontale richting worden hoofdzakelijk veroorzaakt door trillingen met een frequentie van circa 63 Hz. Uit de praktijk blijkt dat dergelijke hoge frequenties door gebouwen sterk gereduceerd worden.

Als de hogere dominante frequenties buiten beschouwing worden gelaten, vooruitlopend op het dempende effect van de bebouwing, wordt op maaiveldniveau aan de streefwaarden uit de SBR-B voldaan.

Meetpositie 2

Op maaiveldniveau op circa 55 meter vanaf de buitenste spoorlijn wordt voldaan aan de streefwaarden A_2 voor nieuwe situaties in de nachtperiode. Aan grenswaarde A_3 wordt op meetpositie 2 voldaan. Hiermee wordt op deze meetpositie op maaiveldniveau aan de streefwaarden uit de SBR-B voldaan.

Beide meetposities

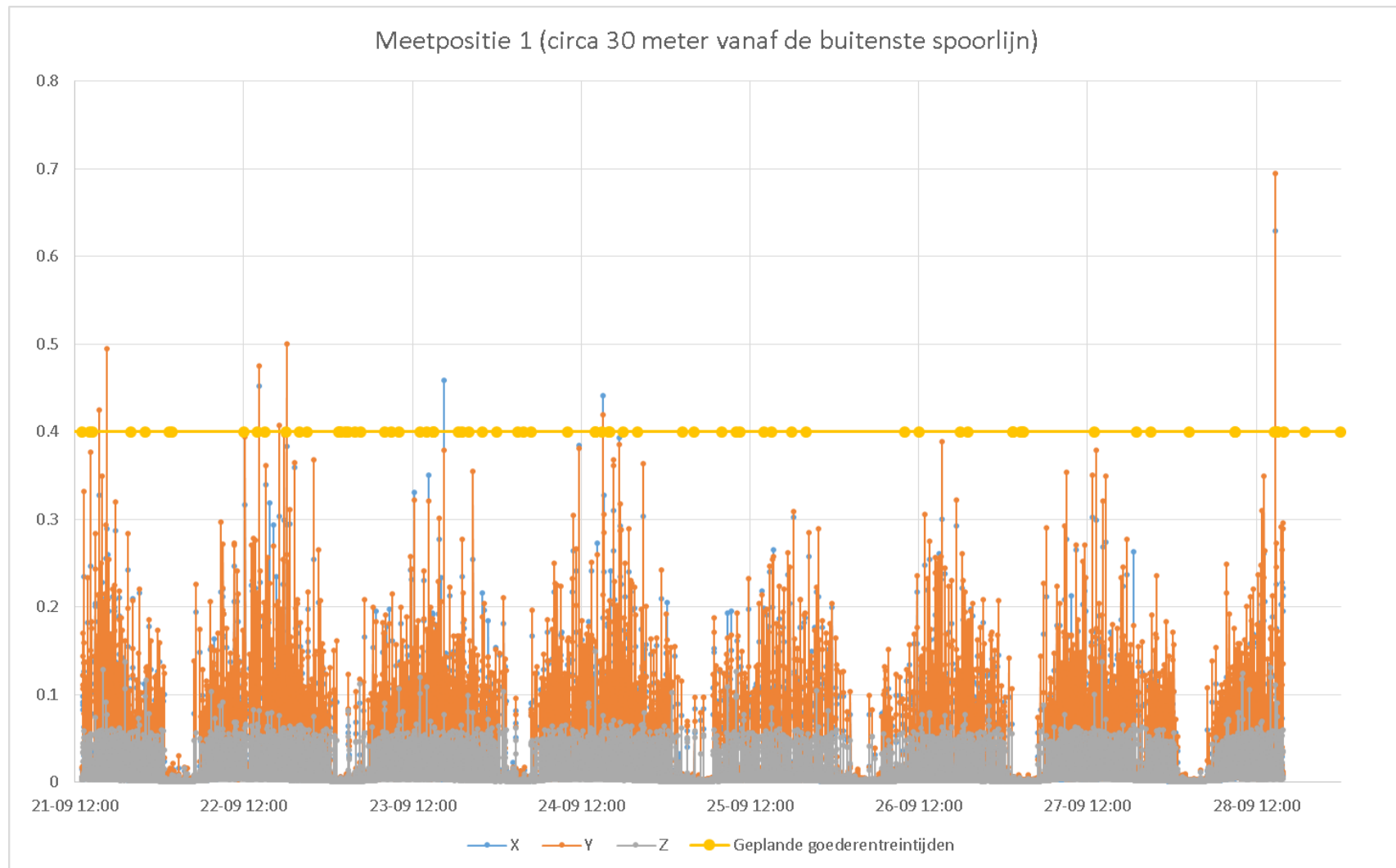
Een aandachtspunt is dat voorkomen dient te worden dat in de nieuw te bouwen woningen de trillingen toch versterkt worden vanwege het in resonantie komen van vloeren. Dit dient nader onderzocht te worden bij het verlenen van de omgevingsvergunning voor het aspect bouwen van de woningen. Dit kan in de regels van het bestemmingsplan worden geborgd.

Dit rapport bevat 12 pagina's en 5 bijlagen.

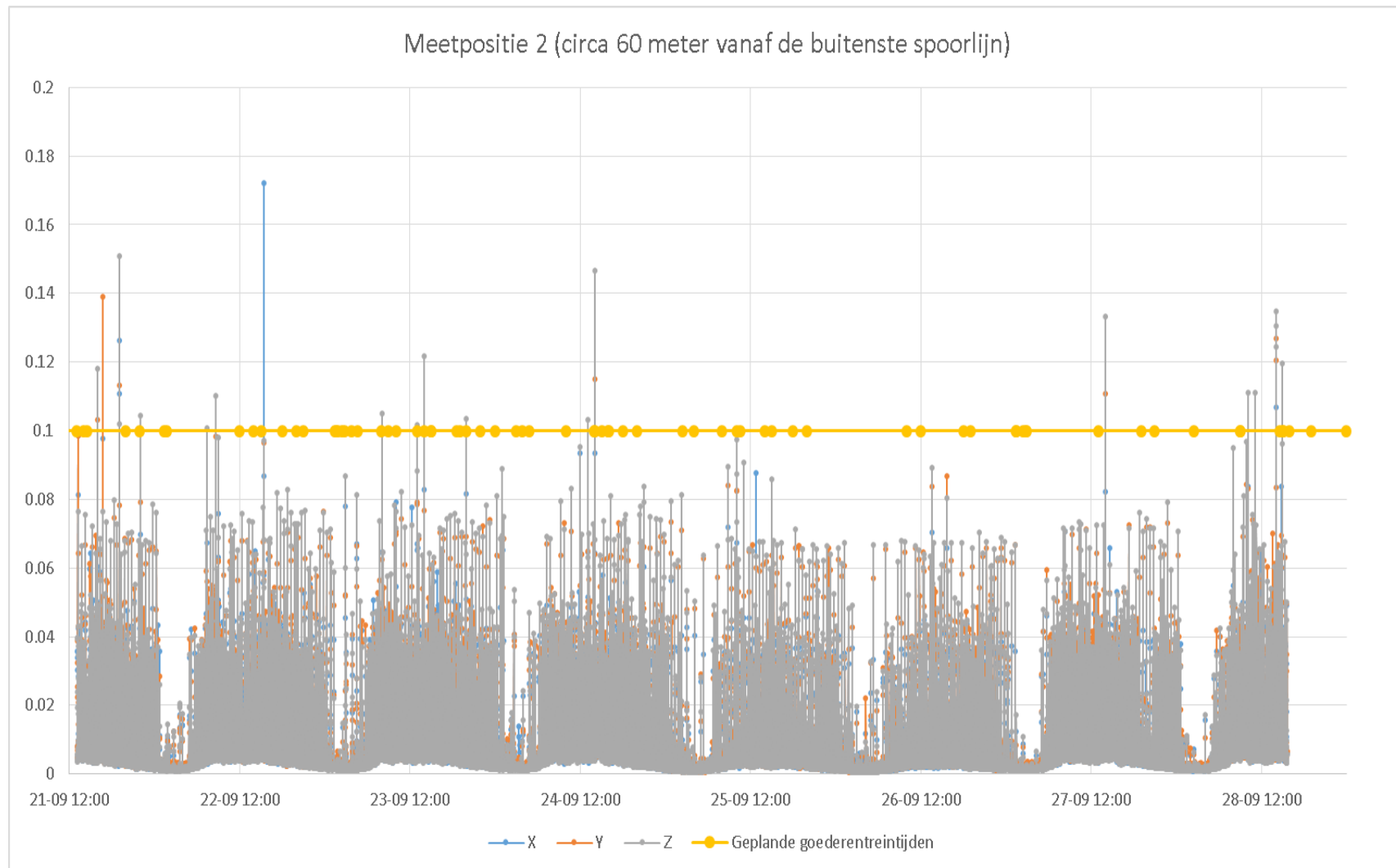
Zoetermeer,



Bijlage 1 Resultaten trillingmetingen in $V_{\text{eff,max},30,i}$

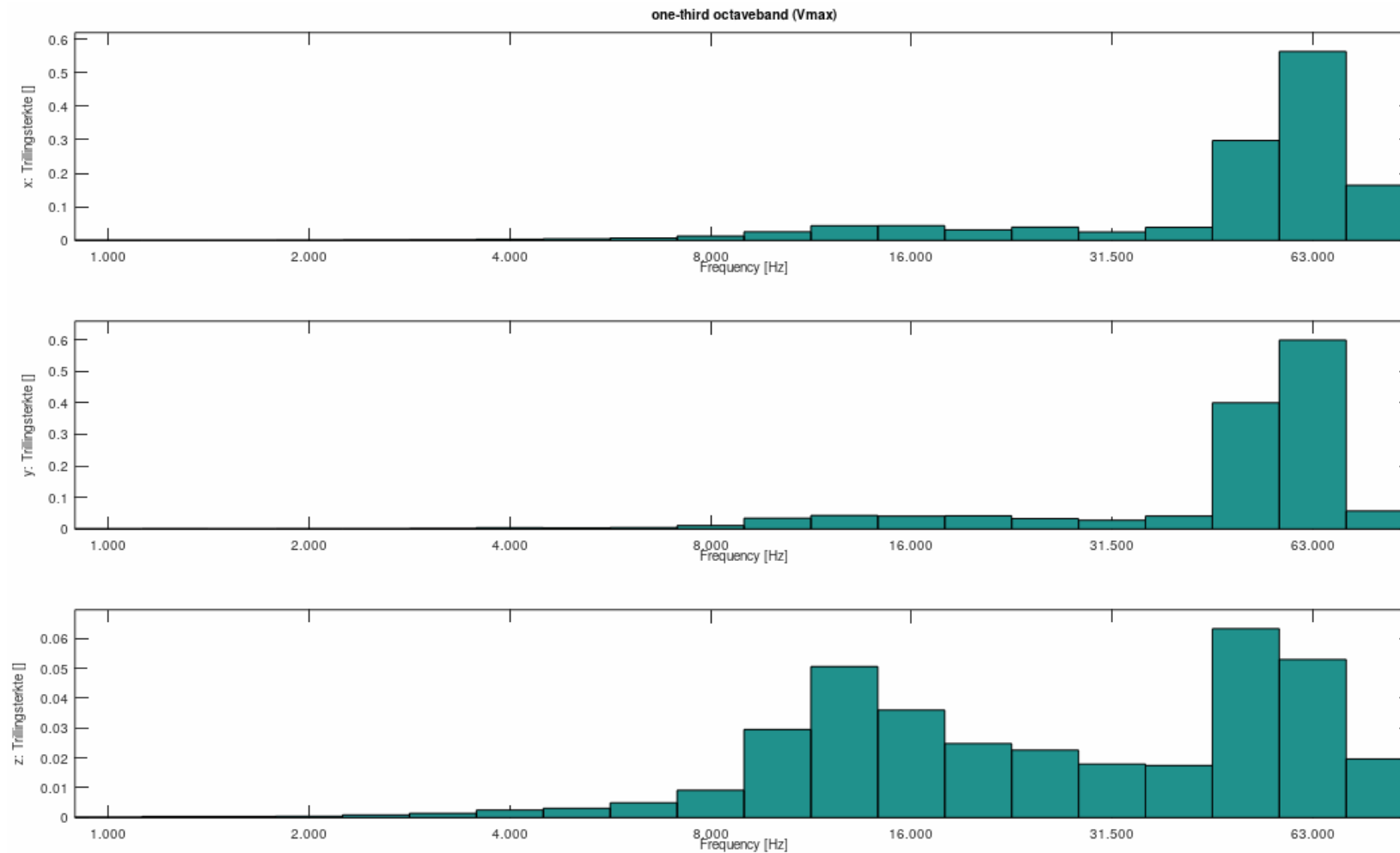


Bijlage 1 Resultaten trillingmetingen in $V_{eff,max,30,i}$



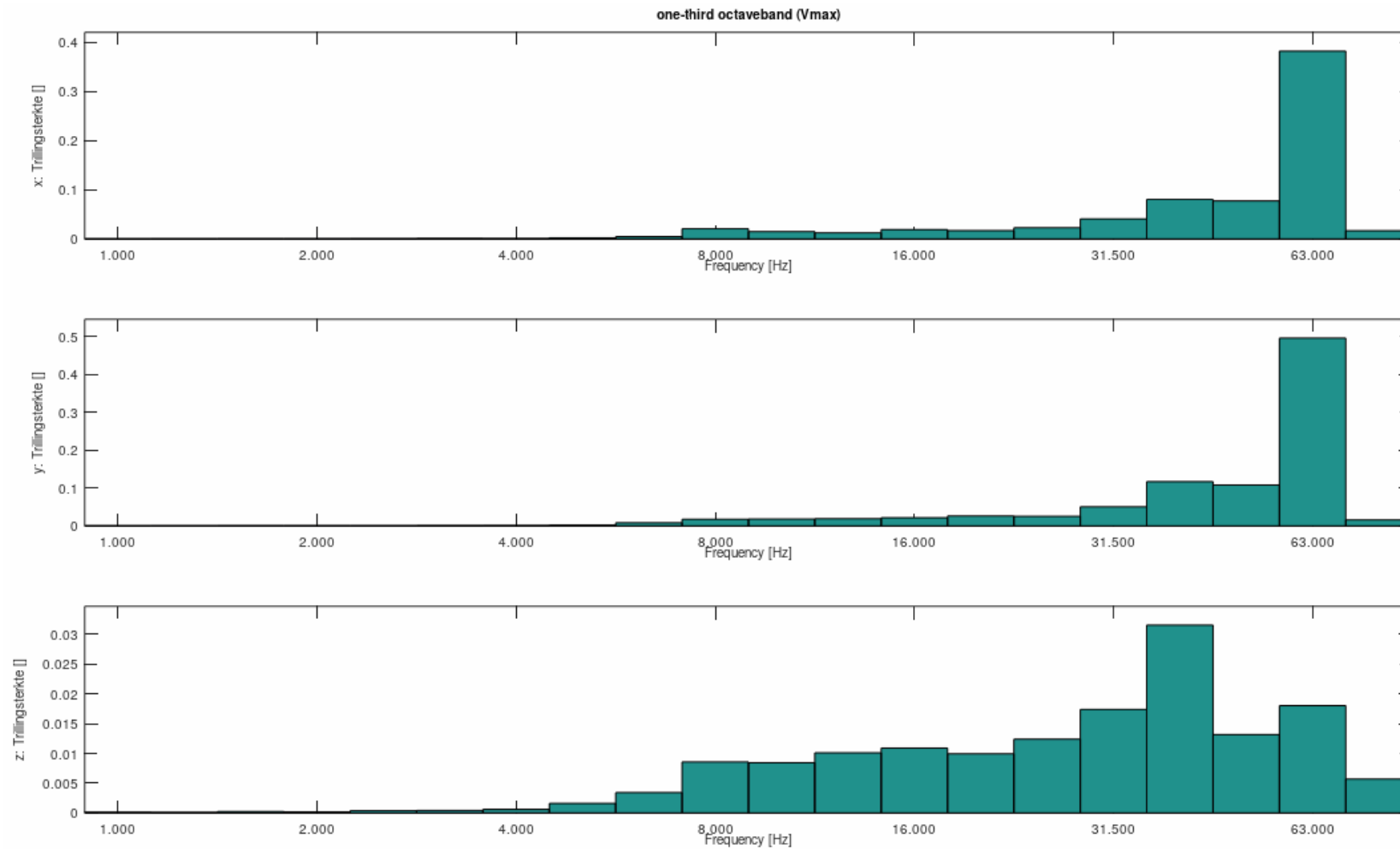
Bijlage 2 Meetpositie 1: spectrale gegevens maatgevende passages

Passage op 22 september om 18:05



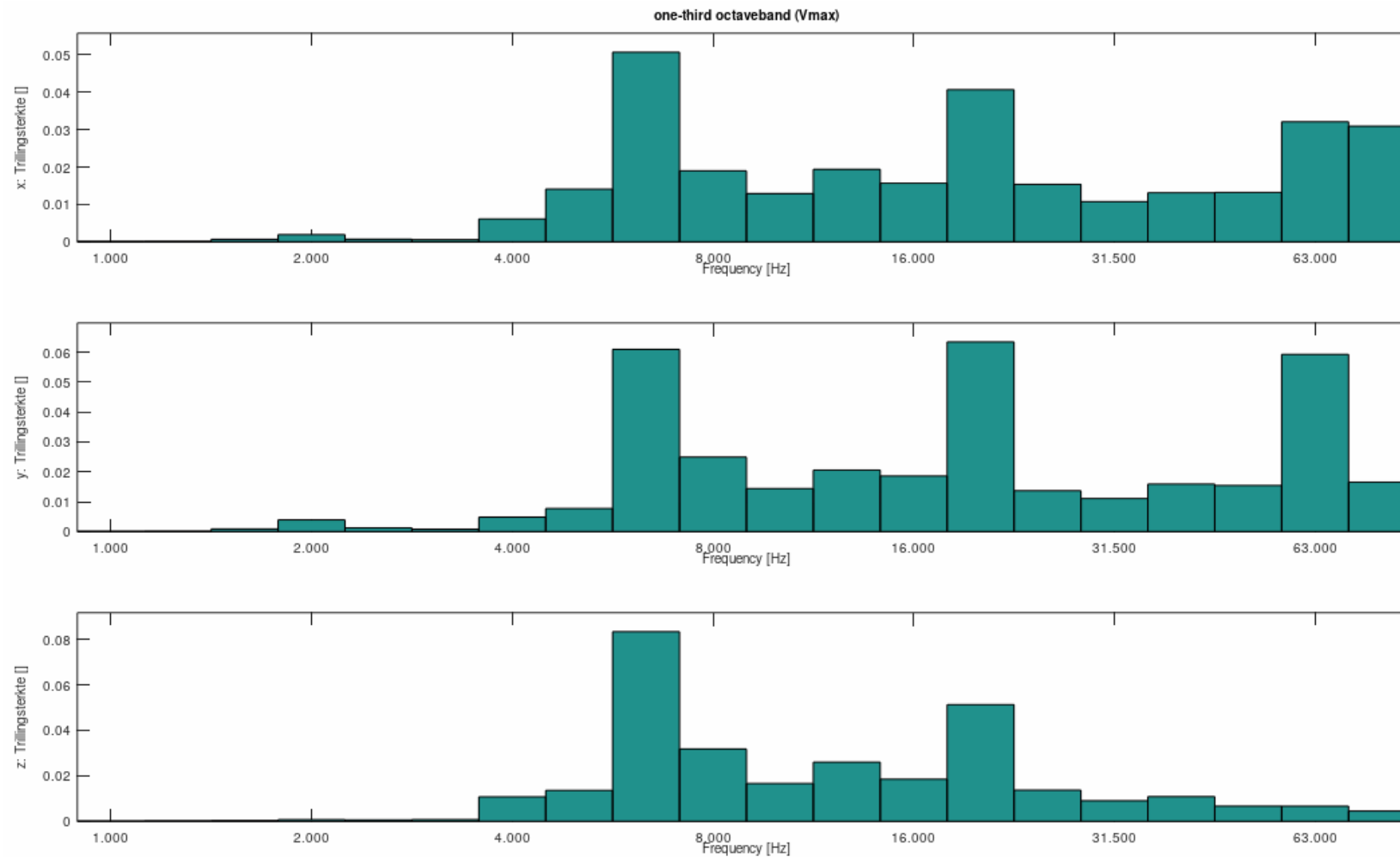
Bijlage 2 Meetpositie 1: spectrale gegevens maatgevende passages

Passage op 28 september om 14:45



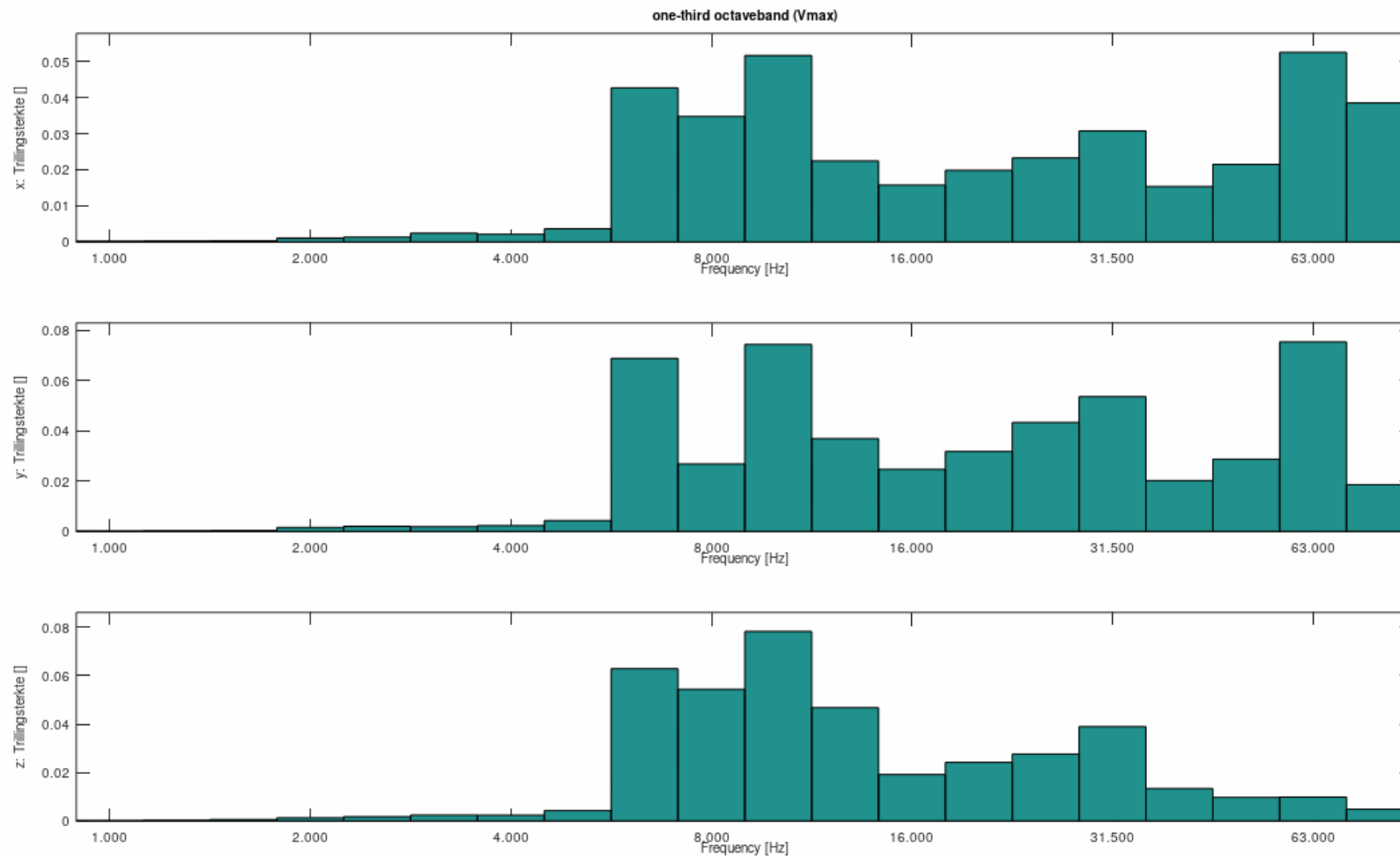
Bijlage 3 Meetpositie 1: spectrale gegevens analyse relevante lagere frequentiebanden

Passage op 23 september om 14:02



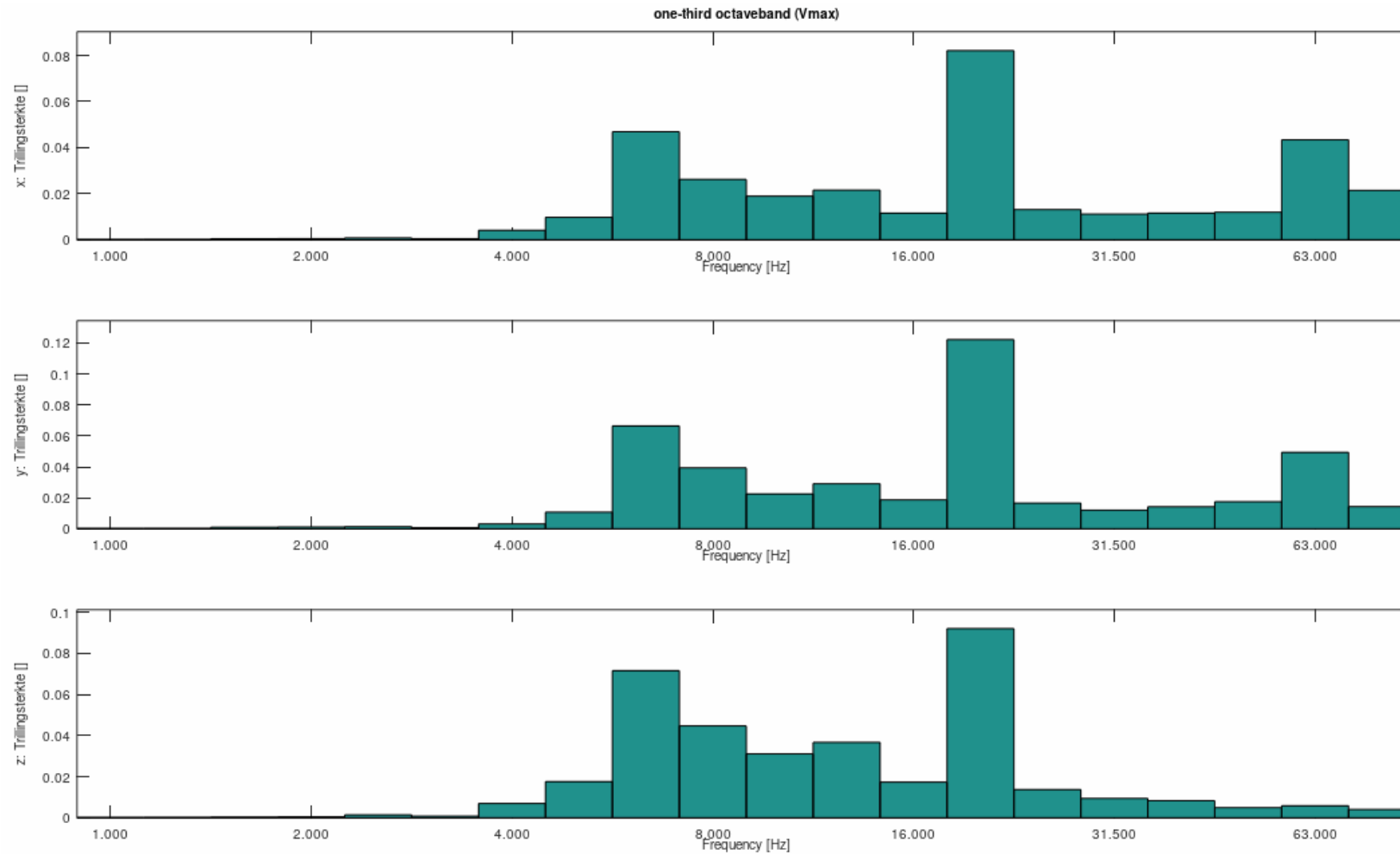
Bijlage 3 Meetpositie 1: spectrale gegevens analyse relevante lagere frequentiebanden

Passage op 27 september om 14:01



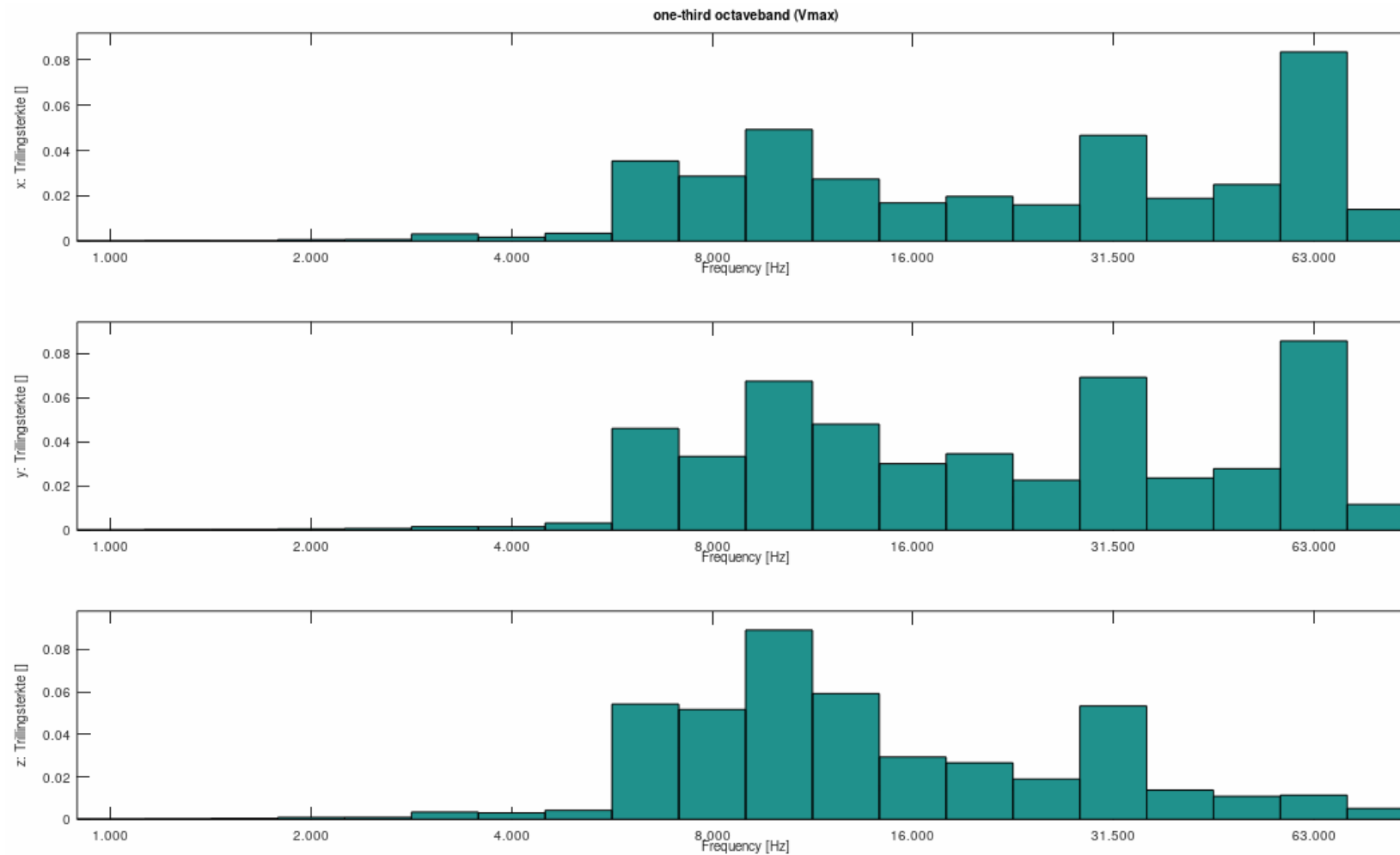
Bijlage 4 Meetpositie 1: spectrale gegevens maatgevende passages z-richting

Passage op 21 september om 19:07



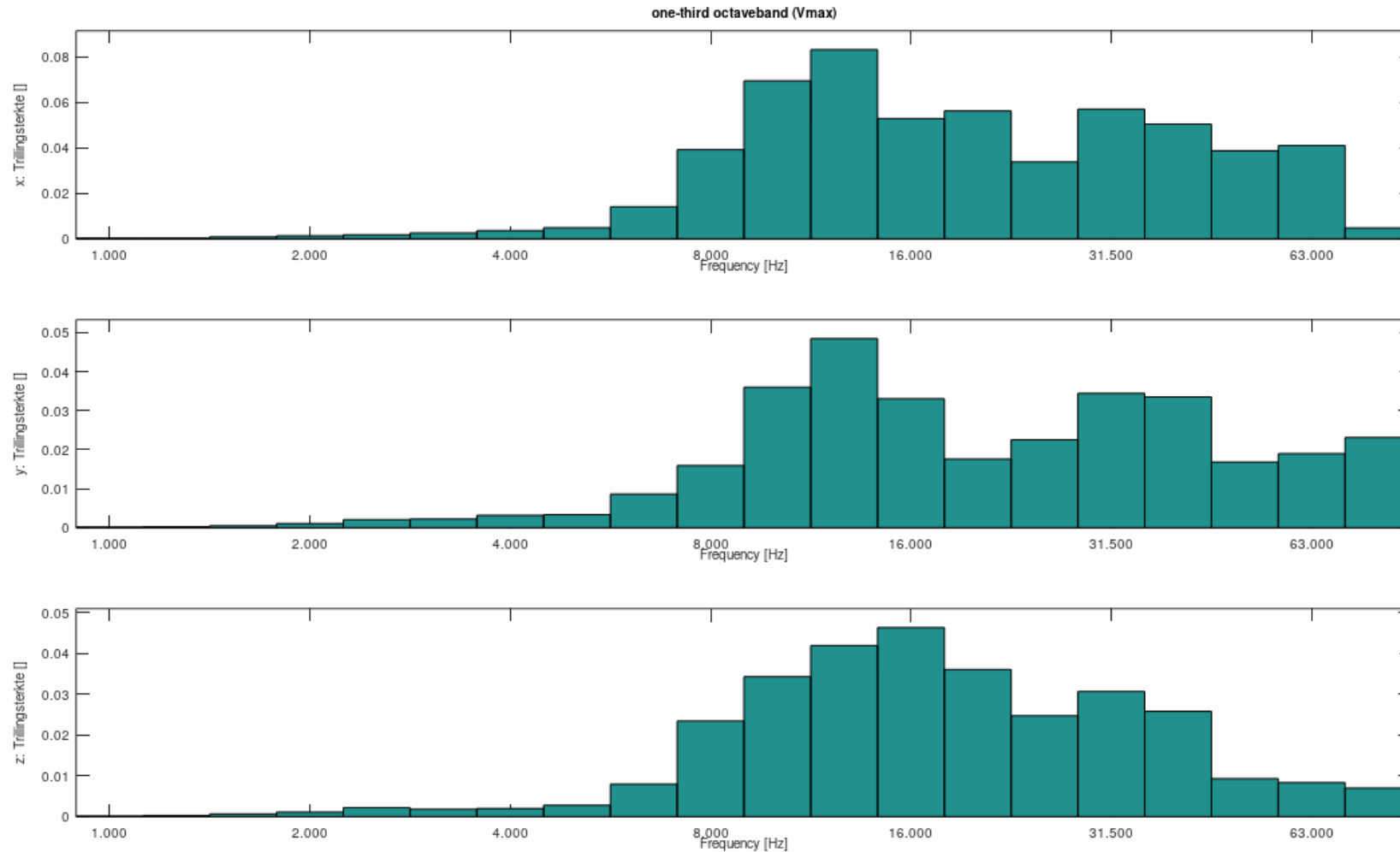
Bijlage 4 Meetpositie 1: spectrale gegevens maatgevende passages z-richting

Passage op 24 september om 14:02



Bijlage 5 Meetpositie 2: spectrale gegevens maatgevende passages

Passage 22 september om 15:23



Bijlage 5 Meetpositie 2: spectrale gegevens maatgevende passages

Passage op 24 september om 14:02

