

Trillingsonderzoek spoor Roodeschool - Eemshaven

Trillingsonderzoek

Status	definitief
Versie	003
Rapport	T.2015.0743.00.R001
Datum	15 oktober 2015

Colofon

Opdrachtgever	ProRail Afdeling Projecten Postbus 2038 3500 GA UTRECHT
Contactpersoon	mevrouw S. Bomers stanny.bomers@prorail.nl
Project Betreft Uw kenmerk	ProRail / Trillingsonderzoek Roodeschool Trillingsonderzoek -
Rapport Datum Versie Status	T.2015.0743.00.R001 15 oktober 2015 003 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Bouw B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
Informatie	ing. R.G. (Reinoud) Fennema 088 346 76 33 rfe@dgmr.nl
Auteur	ing. R.G. (Reinoud) Fennema en ir. M. (Marjon) van Harten 088 346 76 33 rfe@dgmr.nl
Verantwoordelijk	ing. B. (Bart) van der Graaf 088 346 76 30 gf@dgmr.nl
Verwerkt door	GF BR

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Situatie	5
3. Toetsingskader	6
3.1 Trillingshinder	6
3.2 Risico gebouwschade	6
4. Opzet onderzoek	7
4.1 Meten trillingsoverdracht	7
4.2 Bronsterkte reizigerstreinen	8
4.3 Bronsterkte goederentreinen	8
4.4 Invloed rijsnelheid	9
4.5 Meetpunten	9
4.6 Meetapparatuur	10
5. Meetresultaten	11
5.1 Reizigerstreinen	11
5.2 Trillingsimmissie testtrein	11
5.3 Trillingsoverdracht	11
5.4 Invloed rijsnelheid	11
6. Prognose	13
7. Analyse	14
7.1 Trillingsbijdrage goederentreinen	14
7.2 Trillingsbijdrage reizigerstreinen	14
8. Conclusies	15

Bijlagen

Bijlage 1	Bronspectrum goederentreinen
Bijlage 2	Gemeten bronspectra reizigerstreinen (Stadler GTW)
Bijlage 3	Gemeten trillingsspectra - experiment testtrein
Bijlage 4	Gemeten overdrachten Dwarsweg 2
Bijlage 5	Trillingsprognoses

1. Inleiding

In opdracht van ProRail heeft DGMR Bouw BV een onderzoek uitgevoerd naar de te verwachten trillingsimmissie op aanliggende woningen aan de spoorlijn Roodeschool - Eemshaven. Deze spoorlijn zal worden doorgetrokken tot aan de terminal op de pier van de Eemshaven om de ontwikkeling van toerisme naar het eiland Borkum verder te faciliteren. Na realisatie zullen er dan ook reizigerstreinen rijden tot de nieuwe halte op de pier. Momenteel is de lijn slechts in gebruik voor goederenvervoer met een betrekkelijk lage gebruiksintensiteit. Tussen 1 april 2014 en 1 april 2015 reden er slechts 66 goederentreinen, gemiddeld 5 à 6 per maand.

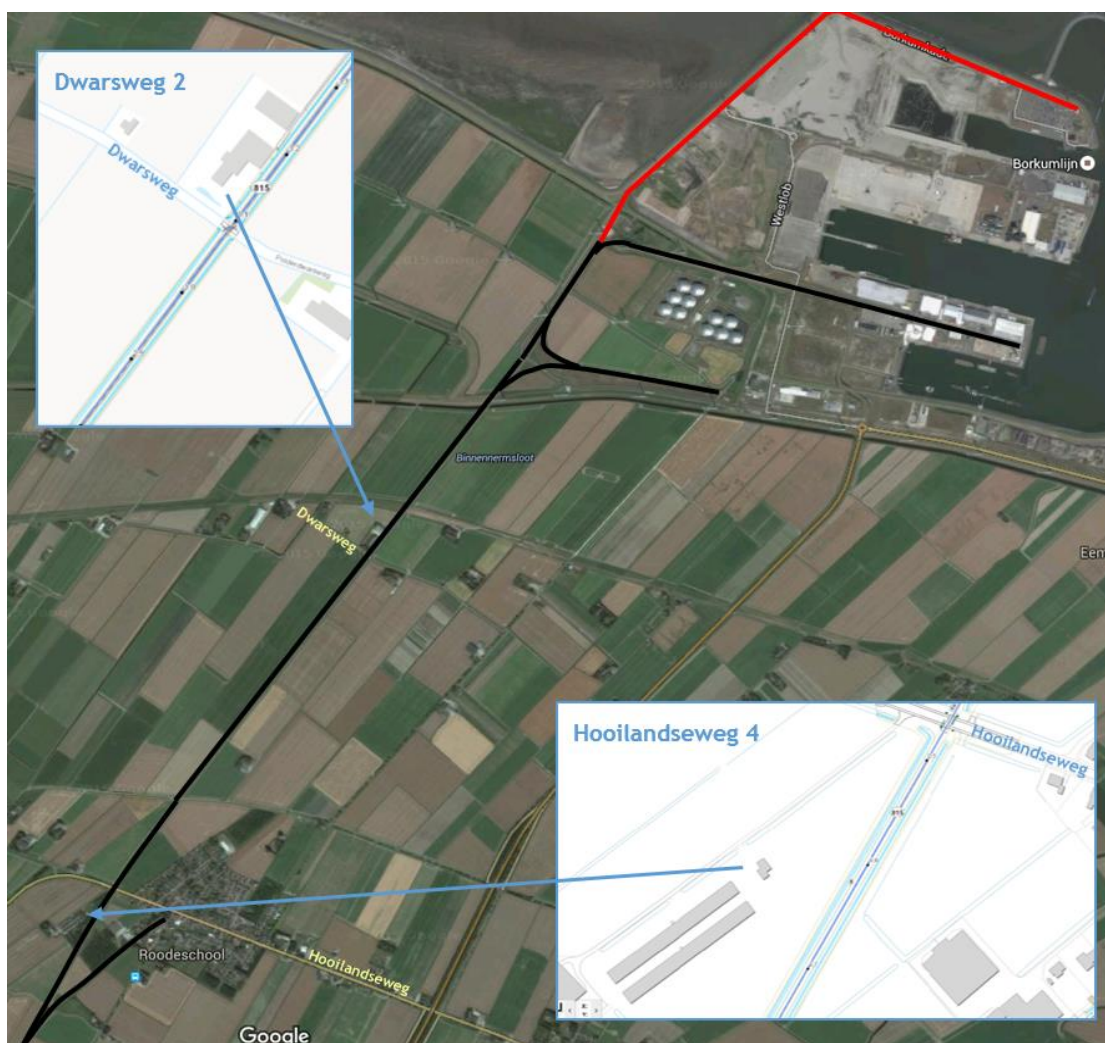
Doel van het onderzoek is om de te verwachten trillingsbelasting op aanliggende woningen in beeld te brengen en te toetsen.

2. Situatie

De bestaande spoorlijn Roodeschool - Eemshaven (zwarte lijn in figuur 1) wordt met ongeveer 3 km nieuw spoor verlengd (rode lijn) en er wordt een halte voor reizigerstreinen aangelegd op de pier van de Eemshaven. Goederentreinen zullen geen gebruik maken van dit nieuwe spoor, deze rijden slechts op het bestaande deel (zwarte lijn). De huidige halte Roodeschool wordt verplaatst naar de doorgaande lijn en komt dan te liggen ter hoogte van de Hooilandseweg.

In de huidige situatie wordt de lijn uitsluitend gebruikt voor goederenvervoer. De toegestane rijsnelheid op het racé bedraagt momenteel 40 km/h. In de plansituatie gaan de rijsnelheden omhoog tot 60 km/uur voor goederen- en 80 km/u voor reizigerstreinen. Feitelijke rijsnelheden zullen echter afhangen van omstandigheden en de positie langs het tracé in relatie tot haltes (reizigerstreinen).

Langs het tracé bevinden zich verspreid liggend boerderijen en woningen, met name in de kern van Roodeschool. Voor het onderzoek zijn de panden binnen een afstand van 100 m tot het spoor relevant. Dit betreffen twee panden (boerderijen), de adressen Dwarsweg 2 in Uithuizermeeden op 42 m afstand tot het spoor en Hooilandseweg 4 in Roodeschool op circa 63 m. Beide zijn aangegeven in figuur 1.



figuur 1: Plangebied met ligging maatgevende woningen

3. Toetsingskader

3.1 Trillingshinder

Voor de beoordeling van trillingen op het risico van hinder voor personen in gebouwen, wordt de door de Stichting BouwResearch (SBR) in het jaar 2002 uitgegeven meet- en beoordelingsrichtlijn 'Trillingen' deel B 'Hinder voor personen' (kortweg SBR-B) aangehouden. Deze richtlijn vindt brede toepassing voor het beoordelen van trillingshinder kwesties en stelt streefwaarden aan herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd (weg- en railverkeer) ter voorkoming van trillingshinder.

Voor de gebouwfunctie 'wonen' zijn de streefwaarden voor respectievelijk de optredende maximale trillingssterkte V_{\max} en de langtijdgemiddelde effectieve waarde V_{per} in de vloer weergegeven in tabel 1.

Er wordt voldaan aan de SBR-B als de maximaal optredende trillingssterkte V_{\max} voldoet aan de streefwaarde A1 óf als de trillingssterkte V_{\max} voldoet aan de bovenste streefwaarde A2 én de langtijdgemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet aan de streefwaarde A3.

tabel 1: SBR-B, streefwaarden voor trillingen ter voorkoming van hinder, gebouwfunctie wonen

	dag en avond			nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
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

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{\max} ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{\max} ;
A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode V_{per} , indien $A1 < V_{\max} < A2$.

Bij de streefwaarden wordt onderscheid gemaakt in nieuwe, bestaande en gewijzigde situaties. Onder nieuwe situaties wordt onder meer verstaan de aanleg van een nieuwe spoorlijn, dit is alleen aan de orde in de Eemshaven alwaar geen woonfuncties zijn. Op het tracédeel waar wel woningen staan is in de huidige situatie al spoor aanwezig en is er sprake van een gewijzigde situatie.

Hiervoor geldt het volgende:

- als trillingssterkten (V_{\max} en V_{per}) in woningen voorafgaand aan de wijziging niet voldoen aan de streefwaarden (A2 en A3) voor bestaande situaties, moeten deze na wijziging hieraan wél voldoen;
- als trillingssterkten (V_{\max} en V_{per}) voor de wijziging voldoen aan de streefwaarden voor bestaande situaties maar niet aan de streefwaarden (A2 en A3) voor nieuwe situaties, mogen de trillingssterkten na wijziging niet toenemen;
- als trillingssterkten (V_{\max} en V_{per}) voor de wijziging voldoen aan de streefwaarden (A2 en A3) voor nieuwe situaties, mogen de trillingssterkten V_{\max} en V_{per} na wijziging maximaal toenemen tot de streefwaarden A2 en A3 geldend voor nieuwe situaties.

3.2 Risico gebouwschade

Het aspect schade door trillingen hoeft voor de spoorexploitatie niet nader onderzocht te worden indien er al een toetsing op het aspect trillingshinder plaatsvindt. Indien wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B wordt impliciet ook voldaan aan de grenswaarden van de SBR-richtlijn deel A, meet- en beoordelingsrichtlijn "Schade aan gebouwen". De grenswaarden uit de SBR-A zijn gebaseerd op een schaderisico van ten hoogste 1%.

4. Opzet onderzoek

In de huidige situatie rijden er op het tracé weinig goederentreinen en in de uitvoeringsperiode van het onderzoek heeft zich geen (aangekondigd) vervoer voorgedaan. Voor het opstellen van een prognose is daarom gebruik gemaakt van een testtrein om verkeerspassages te realiseren en is de volgende aanpak qua onderzoeksopzet gekozen:

- meten trillingsoverdracht van het spoor naar de qua trillingen meest relevante woning;
- meten bronsterkte (referentiemeetpunt in de bodem op 10 m afstand tot spoor) reizigerstreinen op het tracé Roodeschool - Groningen;
- corrigeren bronsterkte reizigerstreinen voor hogere rijsnelheden;
- bronsterkte goederentreinen op basis van bodemmetingen uit het project “Derde spoor Zevenaar - Duitse grens”;
- corrigeren van de bronsterkte goederentreinen voor hogere rijsnelheden;
- combineren bronsterkten, vervoersintensiteiten en trillingsoverdracht tot prognose V_{\max} en V_{per} .

4.1 Meten trillingsoverdracht

Om de trillingsoverdracht van het spoor naar de woning te bepalen is gebruik gemaakt van een speciaal voor dit onderzoek samengestelde testtrein, bestaande uit twee zware locomotieven en 4 tussengeschakelde (lege) ertswagons. Het voordeel van een testtrein als aanstootbron voor de bepaling van de trillingsoverdracht is dat deze ook daadwerkelijk de frequentiebanden met voldoende energie aanstoot die voor goederentreinen van belang zijn. Het nadeel is echter dat in de huidige omstandigheden de rijsnelheid beperkt is tot 40 km/u en dat ter hoogte van de woning Hooilandseweg 4 nog veel langzamer moet worden gereden om nog vóór de wissel te kunnen stoppen in verband met het niet zomaar kunnen binnenrijden van het reguliere net met reizigerstreinen tussen Roodeschool en Groningen. Omdat de woning Hooilandseweg op ongeveer 63 m afstand tot het spoor ligt zal het onderzoek zich daarom beperken tot de woning Dwarsweg 2, waar alle gewenste rijsnelheden onbelemmerd kunnen worden behaald.



figuur 1: Testtrein met op achtergrond woning Dwarsweg 2

De testtrein bestond uit twee serie-1600 locomotieven (nrs. 1614 en 1616) elk 82 ton zwaar, met daartussen 4 lege ertswagons van 26 ton elk. De totale combinatie had daarmee een gewicht 270 ton. De combinatie heeft per te testen snelheid telkens twee ritten in oostelijke en twee ritten in westelijke richting uitgevoerd, behalve voor de tijdens de uitvoering extra toegevoegde rijsnelheid van 50 km/u waarvoor maar één rit in westelijke richting is gedaan. Getest zijn de snelheden 20, 30, 40 en 50 km/u.

4.2 Bronsterkte reizigerstreinen

Er rijden momenteel geen reizigerstreinen op het tracé, zodat de bronsterkte van reizigersmaterieel niet op locatie kan worden gemeten. Het Stadler GTW materieel rijdt wel op het traject Roodeschool - Groningen. Om de bronsterkte van dit type materieel zo getrouw mogelijk mee te nemen in de prognose is deze gemeten ten westen van Roodeschool, ongeveer 300 m voor station Uithuizermeeden. De rijsnelheid ligt hier op circa 50 km/u. Vanwege het bochtige karakter van deze lijn en de vele haltes zijn er maar weinig stukken waar de rijsnelheid veel hoger en constant is.

De metingen zijn verricht in de groenstrook aan de Havenweg in Uithuizermeeden, ten zuiden van het spoor. Hier zijn 13 passages van reizigerstreinen gemeten, 7 in westelijke richting en 6 oostwaarts.



figuur 2: Meetpunt bronsterkte reizigerstreinen, Havenweg Uithuizermeeden

4.3 Bronsterkte goederentreinen

Voor de bronsterkte van goederentreinen wordt gebruik gemaakt van meetdata van goederentreinen op het traject Zevenaar - Duitse Grens. De spooruitvoering bestaat hier eveneens uit voegloos spoor op betonnen liggers in ballast. Het spoor in Zevenaar wordt intensief bereiden waardoor de spoortoestand mogelijk minder gunstig is als die op de spoorlijn Roodeschool - Eemshaven. Dit maakt de prognose dan conservatief en ook meer van toepassing op het trillingsbeeld over langere termijn. Bijlage 1 toont het gehanteerde bronspectrum voor het goederenmaterieel (verticaal) op 10 m uit het spoor (in vergelijking met de in dit meetprogramma bepaalde bronspectra voor reizigerstreinen en de testtrein).

4.4 Invloed rijksnelheid

Behalve voor het bepalen van de trillingsoverdracht is de testtrein tevens gebruikt om de relatie tussen de trillingsbronsterkte en de rijksnelheid te bepalen. Hiervoor heeft de testtrein met rijksnelheden van 20, 30, 40 en 50 km/u gereden. Voor hogere toekomstige rijksnelheden, in het geval van de goederentreinen tot 60 km/u, wordt deze trendlijn verder doorgezet (geëxtrapoleerd). Op basis van de meetresultaten op het bodemmeetpunt 10 m uit het spoor wordt deze relatie bepaald.

4.5 Meetpunten

Voor de prognoses is het van belang de trillingsoverdracht van het spoor naar de voor trillingshinder relevante meetpunten te kennen. Hiertoe zijn de volgende meetpunten ingericht:

- Referentie meetpunt bodem op 10m uit het hart spoor (1,5).
- Meetpunt woningfundatie (gevel) op hoek (2).
- Vloer slaapkamer op begane grond aan spoorzijde (3).
- Vloer verdieping (zolder) aan spoorzijde (4).

Voor de meetpunten 3 en 4 geldt dat op het midden van de vloer is gemeten, waar de hoogste trillingssterkten zijn te verwachten. De zolder is grotendeels in gebruik als opslagruimte, maar er bevindt zich ook nog een slaapkamer. Meetpunt 4 bevindt zich in het opslagdeel, recht boven meetpunt 3. Figuur 3 toont de locaties van de overige meetpunten 1, 2 en 5.



figuur 3: Boerderij Dwarsweg 2, met ligging meetpunten (bron: Google Earth)

4.6 Meetapparatuur

Voor de metingen is ingezet de in tabel 1 aangegeven apparatuur. Alle apparatuur beschikte ten tijde van de metingen over een geldige kalibratie.

Tabel 2: Overzicht meetapparatuur, meetposities en richtingen

locatie		Meetsysteem / sensoren		Meetkanaal/richting	
1	Referentiemeetpunt 10m	NI-USB 6210, s/n 12DC4B3	Wilcoxon 731-207, s/n 3474	1	X
			3476	2	Y
			3477	3	Z
2	Hoek gevel		Wilcoxon 731-207, s/n 3709	4	X
			3710	5	Y
			3711	6	Z
3	Vloer slaapkamer begane grond		Wilcoxon 731-207, s/n 3714	7	X
			3715	8	Y
			3716	9	Z
		Syscom MR2002	AH0054, s/n 4436096	Ch.1	X
				Ch.2	Y
				Ch.3	Z
4	Vloer verdieping/zolder		AH0082, s/n 10220848	Ch.1	X
				Ch.2	Y
				Ch.3	Z
5	Bodemmeetpunt 10m achter op erf		AH0051, s/n 1005310	Ch.1	X
				Ch.2	Y
				Ch.3	Z

5. Meetresultaten

5.1 Reizigerstreinen

In bijlage 2 worden de gemeten trillingsspectra in de bodem op 10 m afstand uit het hart spoor afgebeeld voor alle drie de meetrichtingen. De x-richting staat voor de horizontale richting haaks op het spoor, de z-richting is verticaal. Per meetrichting is het gemiddelde en maximum spectrum (5% overschrijdingskans) bepaald. Deze spectra worden gebruikt in de prognoses van de V_{\max} en V_{per} op aanliggende woningen.

5.2 Trillingsimmissie testtrein

In bijlage 3 worden de gemeten trillingsspectra op de meetlocatie Dwarsweg 2 weergegeven tijdens de 15 passages van de testtrein. Tevens is weergegeven het per meetpunt en meetrichting geldende achtergrondspectrum. De spectra behorende bij één rijsnelheid zijn telkens geclusterd in dezelfde lijnkleur weergegeven. De gesommeerde V_{eff} -waarden per passage worden in de legenda vermeld.

Wat opvalt is dat de opgewekte trillingssterkten met de testtrein zeer gering zijn. Op de vloeren in de woning komt de V_{eff} nergens hoger uit dan 0,1 en ook op het referentie bodemmeetpunt op 10 m afstand zijn de trillingssterkten ook niet veel hoger dan 0,1.

Het spoor is recentelijk geheel vernieuwd en verkeert visueel in zeer goede conditie hetgeen mede verantwoordelijk zal zijn voor deze lage niveaus.

De trillingsspectra in bijlage 3 laten zien dat op alle meetpunten een bijdrage van de treinen wordt gemeten die duidelijk boven het achtergrondniveau uitkomt, zodat er over dit frequentiegebied betrouwbare overdrachten kunnen worden vastgesteld.

5.3 Trillingsoverdracht

Uit de in bijlage 3 weergegeven spectra zijn de overdrachten van bodem naar gevel en van de gevel naar de twee vloermeetpunten bepaald. De individuele overdrachtsspectra per passage zijn vervolgens met elkaar gemiddeld. Bijlage 4 toont de hieruit verkregen overdrachtsspectra die worden gebruikt in de trillingsprognoses.

De overdracht van het bodemmeetpunt (10 m afstand tot het spoor) naar de gevel (42 m afstand tot het spoor) betreft de gecombineerde afstandsverzwakking in de bodem en overdracht van bodem naar gevel. Voor objecten op een andere afstand wordt een correctie toegepast op basis van een 'expert' bodemoverdrachtmodel (gebaseerd op DGMR ervaring) waarvan de parameters zijn afgestemd op deze metingen.

5.4 Invloed rijsnelheid

Met de testtrein zijn vier snelheden beproefd, te weten 20, 30, 40 en 50 km/u. Bijlage 3 figuren 1.3 en 2.3 laat het effect hiervan zien op het bodemmeetpunt 1 en het gevelmeetpunt 2, beide in de verticale richting.

In de spectra vallen drie dominante frequenties op, te weten de enkele/dubbele omwentelfrequentie van de wielen (vlakke plaatsen en onrondheid wielen) en de ligger passeerfrequentie. Al deze frequenties zijn gekoppeld aan de rijsnelheid en schuiven met hogere snelheid op naar rechts in de figuren. Tussen 20 en 30 km/u neemt de liggerpasseerfrequentie toe van 9,5 Hz naar 14 Hz en verdubbelt de hierdoor opgewekte trillingsterkte. Als de rijsnelheid verder toeneemt naar 40 en 50 km/uur dan verschuift deze frequentie naar respectievelijk 18,5 Hz en 23 Hz maar daalt de trillingssterkte weer licht. Kennelijk is de bodem meer gevoelig voor frequenties tussen globaal 8 en 20 Hz.

De onrondheid van de wielen stoot bij 50 km/u dezelfde frequentie aan als de dwarsligger passeerfrequentie bij 20 km/u. Verwacht mag worden dat bij verdere verhoging van de rijsnelheid deze bijdrage wat toeneemt vanwege de gebleken gevoeligheid van de bodem rond 14 Hz.

Vanwege de SBR-B weegcurve is het effect of de effectieve trillingssterkte V_{eff} gering. Bij 20 km/u bedraagt de trillingssterkte op het bodemmeetpunt 1 in verticale richting ongeveer 0,06 à 0,07 en dit loopt bij 50 km/u op tot circa 0,13 à 0,14. Daarbij valt op dat het verschil tussen 30, 40 en 50 km/u gering is. De grootste toename treed al op bij de snelheidsverhoging van 20 tot 30 km/u. Bij rijsnelheden tot 60 km/u wordt op grond van de gepresenteerde spectra een verdere toename van de trillingssterkte verwacht van circa 20%. Het verschil in trillingsopwekking tussen de momenteel toegestane 40 km/u en de 60 km/u in de plansituatie ligt dus op een factor van circa 1,2 ofwel 2 dB. In de prognoses wordt met dit effect rekening gehouden.

6. Prognose

Voor de woningen Dwarsweg 2 en Hooilandseweg 4 is een trillingsprognose opgesteld gebaseerd op de gemeten overdrachten op het eerste adres, de gemeten bronsterktes van reizigerstreinen in Uithuizermeeden en de aangehouden bronsterktegegevens van goederentreinen uit het project “Derde spoor Zevenaar - Duitse grens”, zie de beschreven aanpak in hoofdstuk 4.

Voor het afstandsverschil tussen beide woningen tot het spoor wordt gecorrigeerd o.b.v. een uit de overdrachtsmetingen afgeleid model voor de afstandsverzwakking in de bodem. Snelheidseffecten worden in rekening gebracht volgens de in paragraaf 4.4 aangegeven wijze. Er zijn ter hoogte van de twee woningen in kwestie geen verdere in rekening te brengen factoren aan het spoor die de trillingssterkte zouden kunnen beïnvloeden (andere spooruitvoering, aanleg wissels).

In tabel 3 zijn de verwachte trillingssterkten voor de twee woningen in de huidige (referentie) situatie en de plansituatie weergegeven. Weergegeven zijn de V_{\max} en V_{per} waarden voor de maatgevende richtingen. Dit is op de begane grond (vanwege vloerresonanties) de verticale richting (Z) maar op de verdieping kan dit zowel de verticale of één van de twee horizontale richtingen zijn. Van de horizontale richting is dan de maatgevende (X of Y) opgenomen. De onderliggende prognosebladen zijn te vinden in bijlage 5.

tabel 3: Prognose trillingssterkten V_{\max} en V_{per}

adres en afstand tot spoor		vloerniveau en richting		Huidig (referentie) (goederen 40 km/u)		Plansituatie (goederen 60 km/u; reizigers 80 km/u)	
				V_{\max}	V_{per}	V_{\max}	V_{per}
Dwarsweg 2	42	BG	V	0,11	0,00	0,14	0,00
		1e	V	0,15	0,00	0,19	0,01
			H	0,05	--	0,06	--
Hooilandseweg 4	63	BG	V	0,08	0,00	0,10	0,00
		1e	V	0,11	0,00	0,14	0,00
			H	0,04	--	0,05	--

7. Analyse

Uit tabel 3 blijkt dat de trillingssterkte V_{\max} in de plansituatie zal toenemen als gevolg van de toename van de rijsnelheid van goederentreinen van 40 tot 60 km/u. Hierdoor zal de trillingssterkte in de woning Dwarsweg 2 naar verwachting toenemen van 0,15 tot 0,19 (mm/s) op de verdieping in de verticale meetrichting. Dit voldoet echter aan de streefwaarde A2 van 0,2 geldend voor de nachtperiode (nieuwe situaties). Omdat ook de V_{per} voldoet aan de streefwaarde A3 voor nieuwe situaties wordt hiermee geheel voldaan aan de streefwaarden voor nieuwe situaties volgens de SBR-B.

De trillingen in verticale meetrichting blijken maatgevend boven de horizontale meetrichtingen. In de horizontale meetrichting bedraagt de V_{\max} in de plansituatie naar verwachting ten hoogste 0,06 op de verdiepingvloer en 0,05 op de begane grondvloer.

De geprognoseerde trillingen in verticale richting zijn voor de wat zwaardere treinen in deze woning juist voelbaar en deze zouden dan aanleiding kunnen geven tot lichte (weinig) hinder volgens de definities van de SBR-B. Bedacht moet worden dat bij de voorziene gebruiksintensiteit van de lijn het slechts om enkele treinpassages per maand zal gaan die de voelbaarheidsgrens ($V_{\text{eff}} > 0,1$) zullen overschrijden.

De contour waarbuiten in woningen geen voelbare trillingen ($V_{\text{eff}} > 0,1$) meer zijn te verwachten ligt volgens de prognose op circa 90 m afstand tot het spoor.

7.1 Trillingsbijdrage goederentreinen

De verwachte trillingssterkten in de plansituatie, zie tabel 3, liggen voor de woning Dwarsweg 2 een factor 2,5 tot 3 hoger dan gemeten tijdens het experiment met de testtrein. Redenen hiervoor zijn:

- de iets hogere rijsnelheid waarmee is gerekend (60 versus 50 km/u);
- verwachte verschillen tussen lange en zware goederentreinen in verhouding tot de testtrein;
- mogelijke verschillen tussen het visueel in zeer goede conditie verkerende spoor op deze lijn in verhouding tot het intensief bereden spoor in Zevenaar waarvan de bronsterkten afkomstig zijn. Dit houdt in dat in de prognose mogelijk gerekend is met trillingsbronsterkten veroorzaakt door een minder goede spoorconditie.

Rekening houdend met deze invloedfactoren zullen goederentreinen maatgevend zijn voor de maximale trillingssterkte V_{\max} .

7.2 Trillingsbijdrage reizigerstreinen

Bijlage 1 laat zien dat het bronnspectrum van de testtrein bij frequenties tot 30 Hz vergelijkbaar is met dat van de gemeten reizigerstreinen (Uithuizermeeden), maar dat tussen 30 en 70 Hz de gemeten reizigerstreinen een hogere trillingsopwekking te zien gaven. Hierdoor is de totale trillingssterkte (0-100 Hz) gemeten op 10 m uit het hart spoor voor de reizigerstreinen fractioneel hoger dan dat van de testtrein.

Op basis van de gemeten bronsterkte van de reizigerstreinen is de verwachting dat wanneer deze gaan rijden richting de Eemshaven met de beoogde hogere rijsnelheid van 80 km/h de trillingssterkte V_{\max} op de verdieping van de woning Dwarsweg 2 tot maximaal 0,11 zal stijgen. Op de begane grond zal de V_{\max} naar verwachting niet meer dan 0,08 bedragen. Dit betekent dat reizigerstreinen nauwelijks voelbaar zullen zijn en ook een te verwaarlozen bijdrage leveren aan de langtijdgemiddelde trillingssterkte V_{per} . Reizigerstreinen zullen daarmee geheel voldoen aan het toetsingskader SBR-B. Voor alle overige woningen in het projectgebied, die op grotere afstand liggen, geldt dat reizigerstreinen niet voelbaar zullen zijn. Ten aanzien van de rijsnelheid moet worden opgemerkt dat de maximale rijsnelheid slechts op delen van het beschouwde tracé kunnen worden gehaald. Nabij de haltes zal de rijsnelheid lager liggen. Daarmee is de prognose een 'worst case' benadering.

8. Conclusies

Metingen uitgevoerd met een testtrein, bestaande uit twee zware serie 1600 locomotieven met daartussen 4 (lege) ertswagons, geven een indicatie dat de spoorlijn Roodeschool - Eemshaven in een zeer goede conditie is. De trillingsmissie van de testtrein is nauwelijks hoger dan van het reizigersmaterieel, type Stadler GTW, dat op de lijn Groningen - Roodeschool rijdt en in de toekomst zal doorrijden tot de Eemshaven.

De gemeten bronsterkten van de reizigerstreinen gekoppeld aan de gemeten trillingsoverdracht van het spoor naar de woning Dwarsweg 2 leidt tot de conclusie dat reizigerstreinen in de toekomst trillingssterkten zullen opwekken die nauwelijks boven de voelbaarheidsdrempel, $V_{\max} > 0,1$, zullen uitkomen. Slechts incidentele passages van dit type materieel zullen op de verdieping van deze woning mogelijk nog voelbaar zijn. Op de begane grond blijven de verwachte trillingssterkten onder de 0,1 en zijn daarmee in de regel niet voelbaar. Reizigerstreinen leveren hierdoor een te verwaarlozen bijdrage aan de langtijdgemiddelde trillingssterkte V_{per} .

In alle overige woningen in het projectgebied zullen reizigerstreinen naar verwachting niet voelbaar zijn, doordat deze woningen verder van het spoor liggen. Hieruit te concluderen is dat reizigerstreinen qua trillingsmissie niet relevant zijn.

In de plansituatie zullen goederentreinen de maatgevende trillingsbron zijn. Omdat in de huidige situatie er geen regelmatig aanbod van goederentreinen is en het aantal goederentreinen sowieso zeer gering is, is voor de prognose gebruik gemaakt van bronsterkte metingen uit een ander project in Zevenaar. Het spoor wordt hier druk bereden door goederentreinen, die bovendien rijden met de ook in dit project beoogde snelheid van 60 km/u en zelfs hogere snelheden. Deze bronsterkten zijn voor dit project als conservatief te beschouwen, mede vanwege de vermeende zeer goede spoortoestand op de huidige lijn Roodeschool - Eemshaven.

Met deze kanttekening leidt de prognose tot een verwachte trillingssterkten V_{\max} van 0,14 op de begane grond en een V_{\max} van 0,19 op de verdieping van woning Dwarsweg 2, waarbij de V_{per} naar verwachting nergens hoger zal zijn dan 0,06. Hiermee wordt in deze woning, en ook in alle overige woningen in het projectgebied die op grotere afstanden tot het spoor liggen, voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B geldend voor nieuwe situaties.

Omdat in alle woningen in het projectgebied naar verwachting wordt voldaan aan het toetsingskader (SBR-B) behoeven geen maatregelen te worden overwogen.



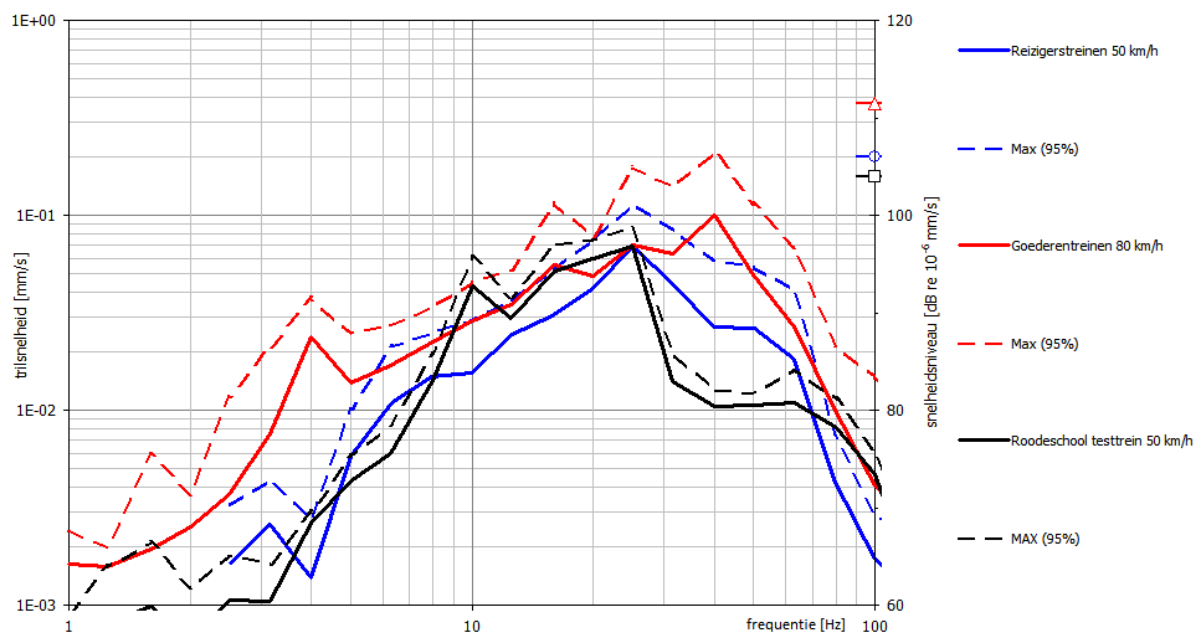
ing. B. (Bart) van der Graaf
DGMR Bouw B.V.

Bijlage 1

Titel	Bronspectrum goederentreinen
Omvang	1

Bronsterkte reizigerstreinen vs goederentreinen

Trilsnelheden V_{rms} in 1/3-octaaftanden, z-richting



Bijlage 2

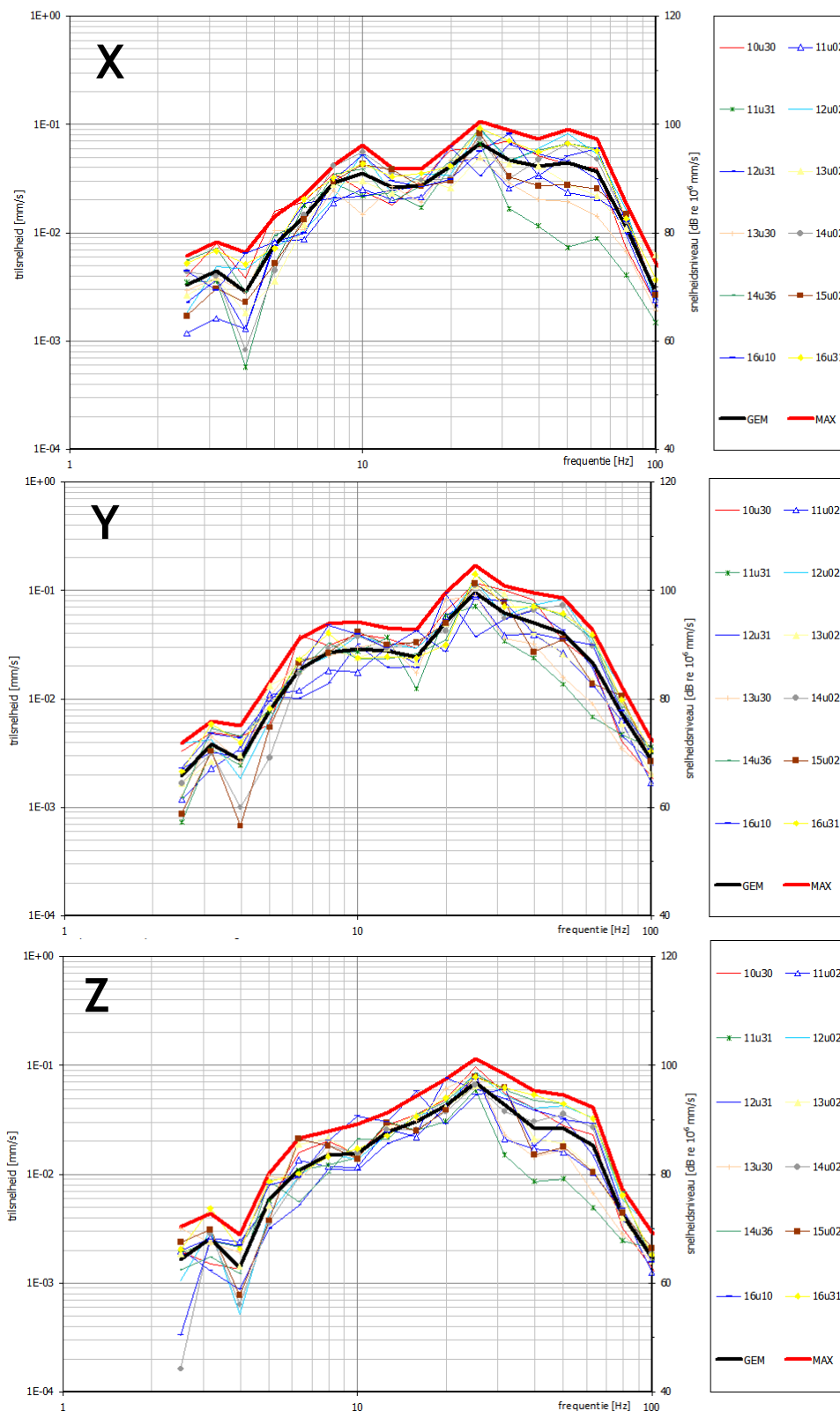
Titel	Gemeten bronspectra reizigerstreinen (Stadler GTW)
Omvang	1

Trillingsonderzoek spoor Roodeschool - Eemshaven

Bronsterkte reizigerstreinen Stadler GTW

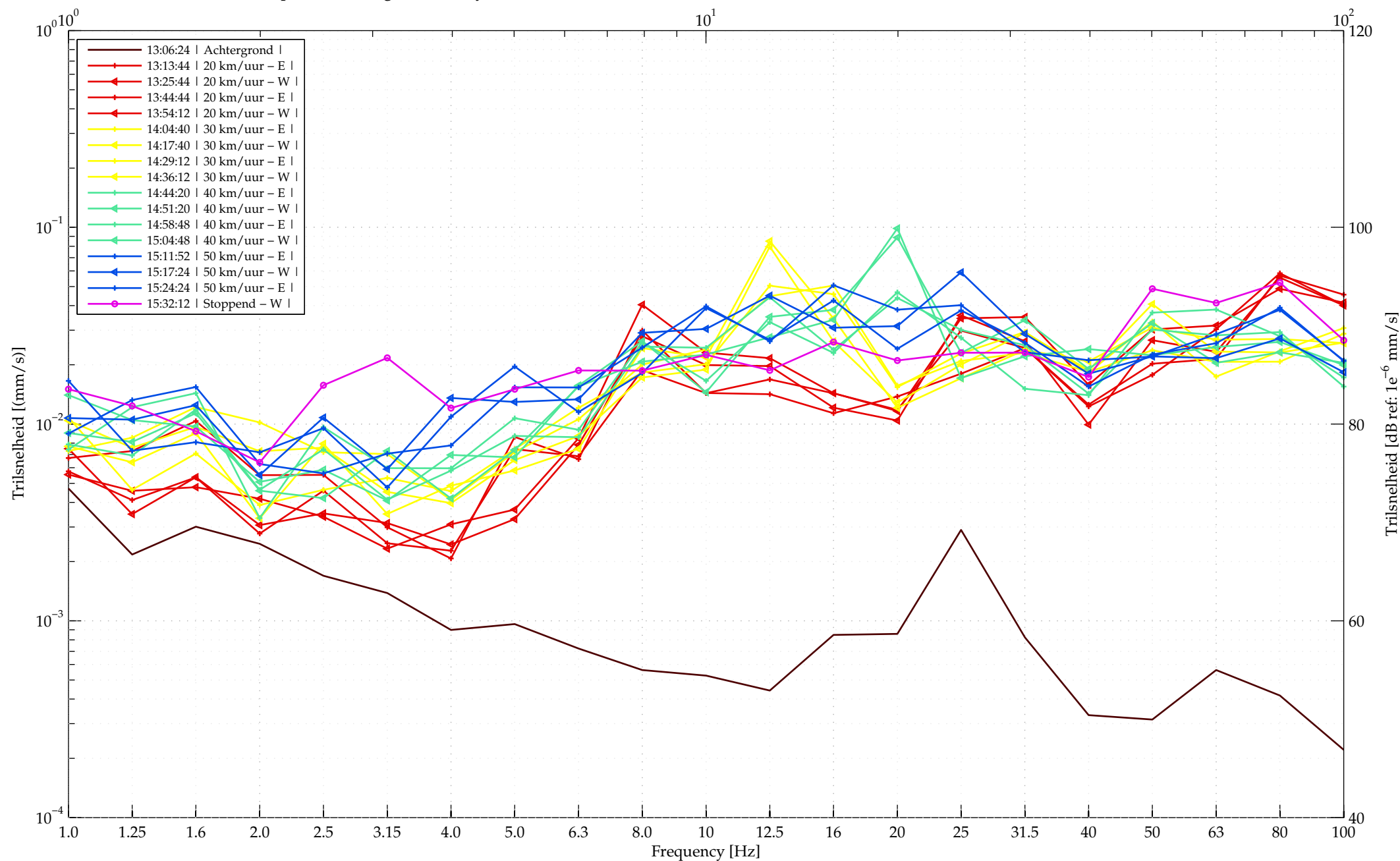
Trilsnelheden V_{rms} in 1/3-octaaftanden, x-richting

Meetdatum: 13 september 2015, Locatie: Havenweg Uithuizermeeden

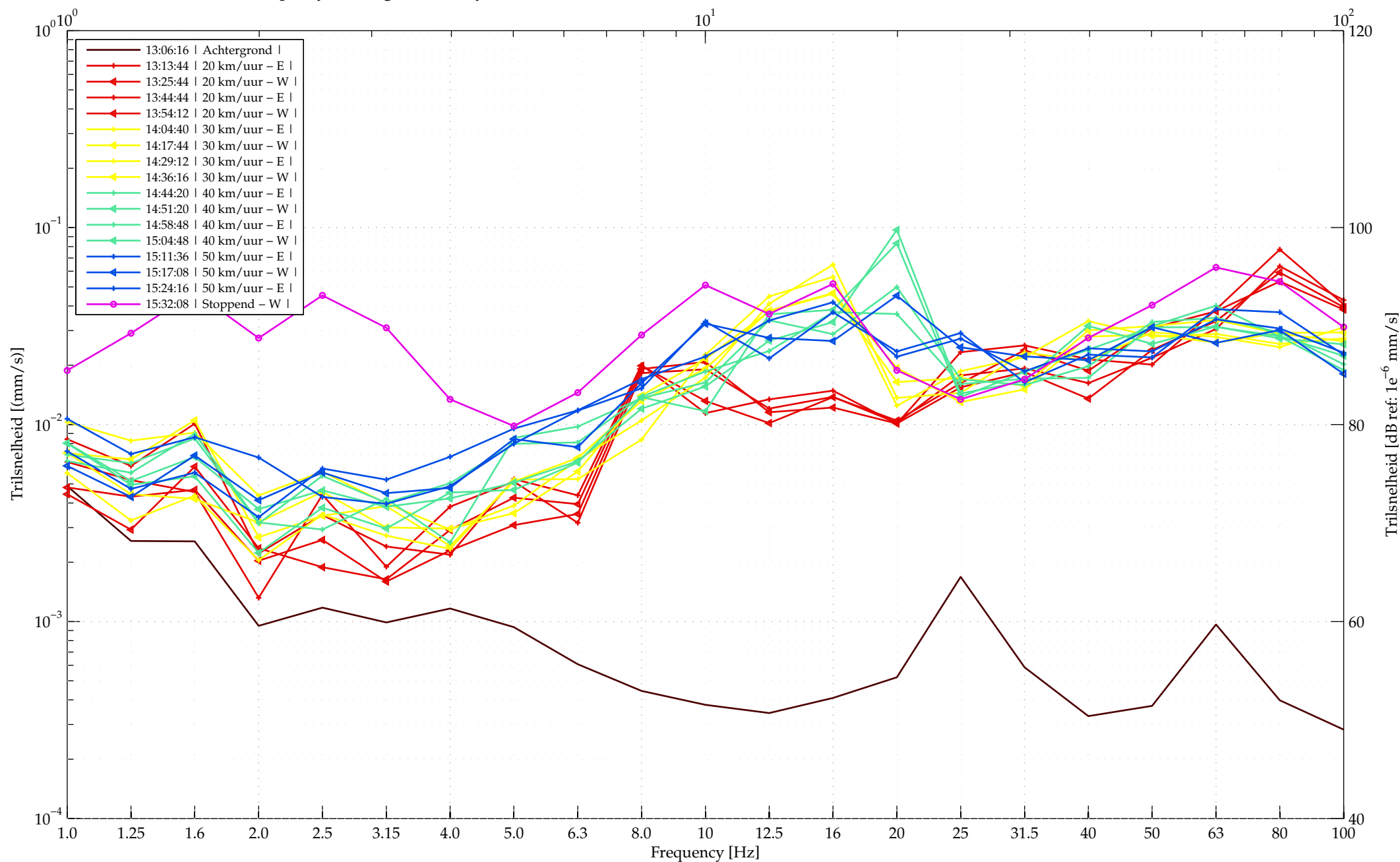


Bijlage 3

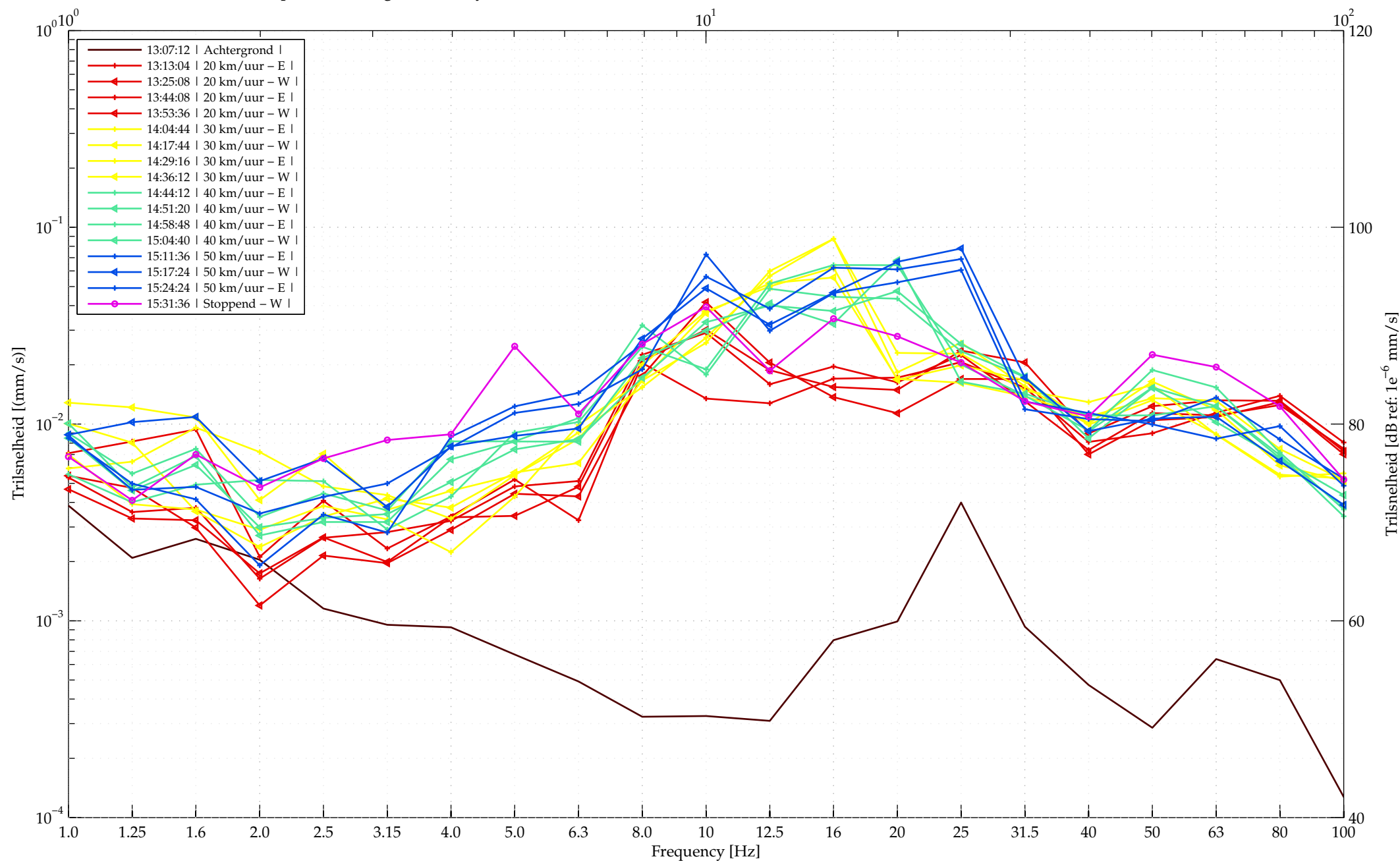
Titel	Gemeten trillingsspectra - experiment testtrein
Omvang	18 (figuren 1.1 - 6.3)



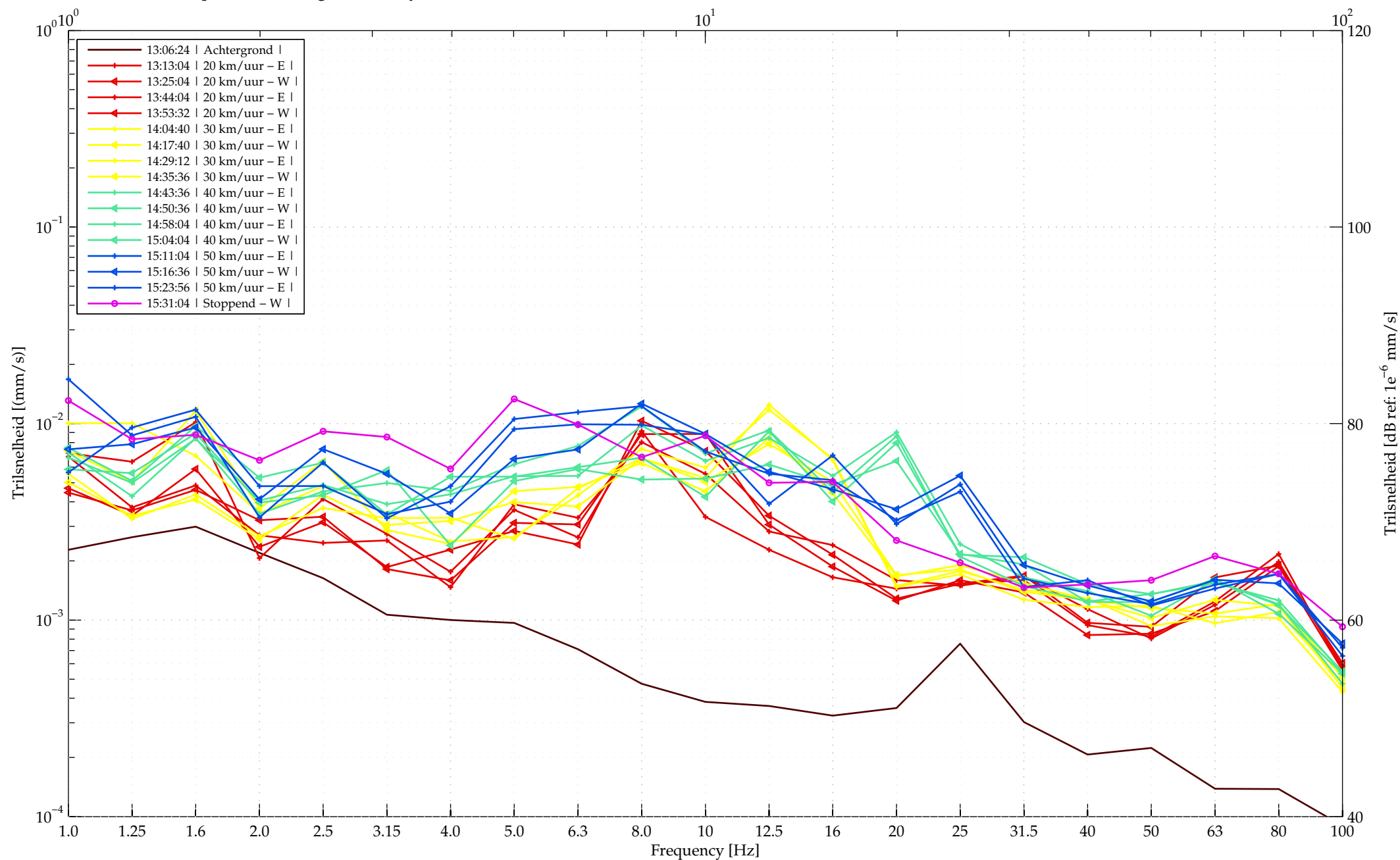
Figuur 1.1



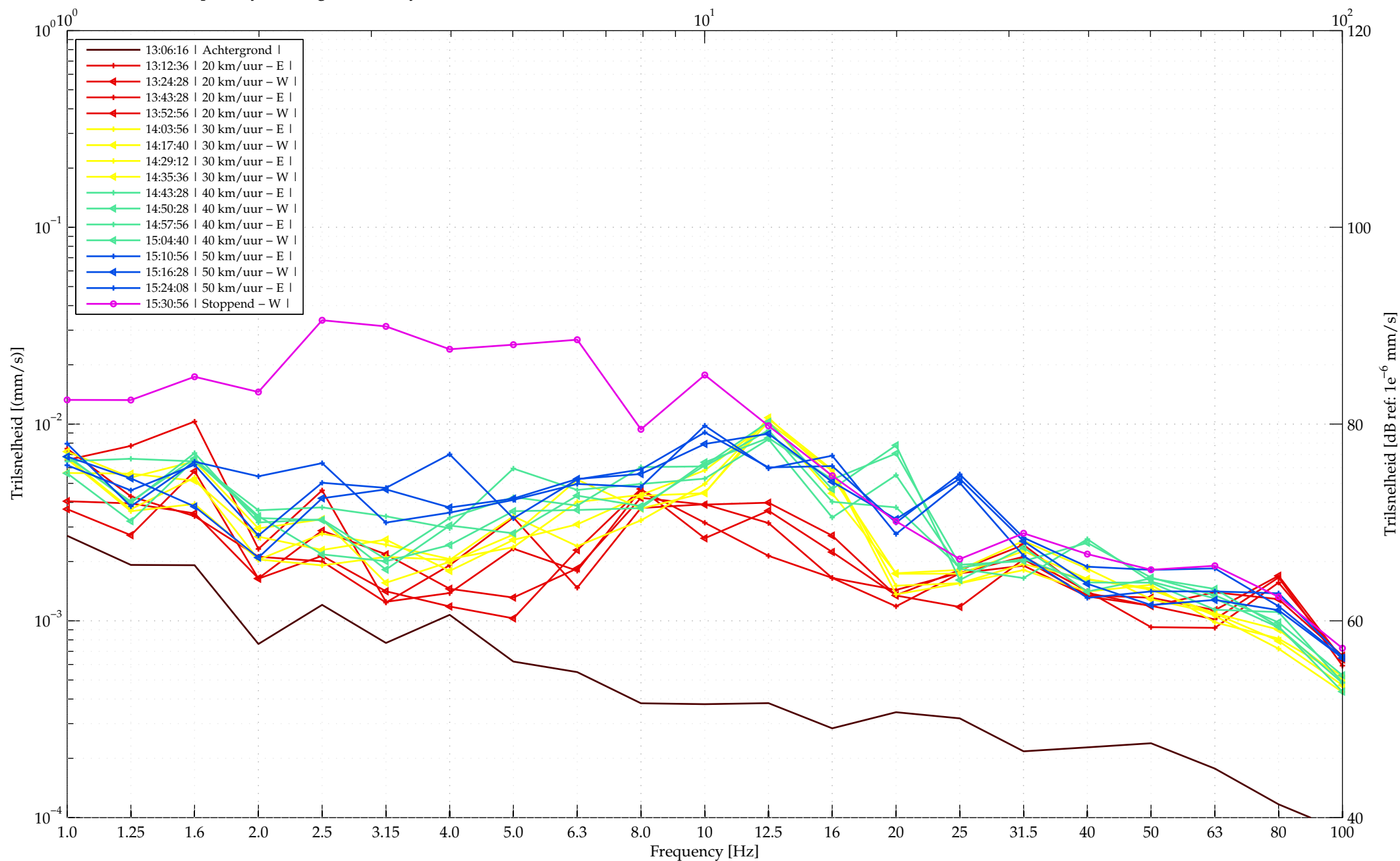
Figuur 1.2



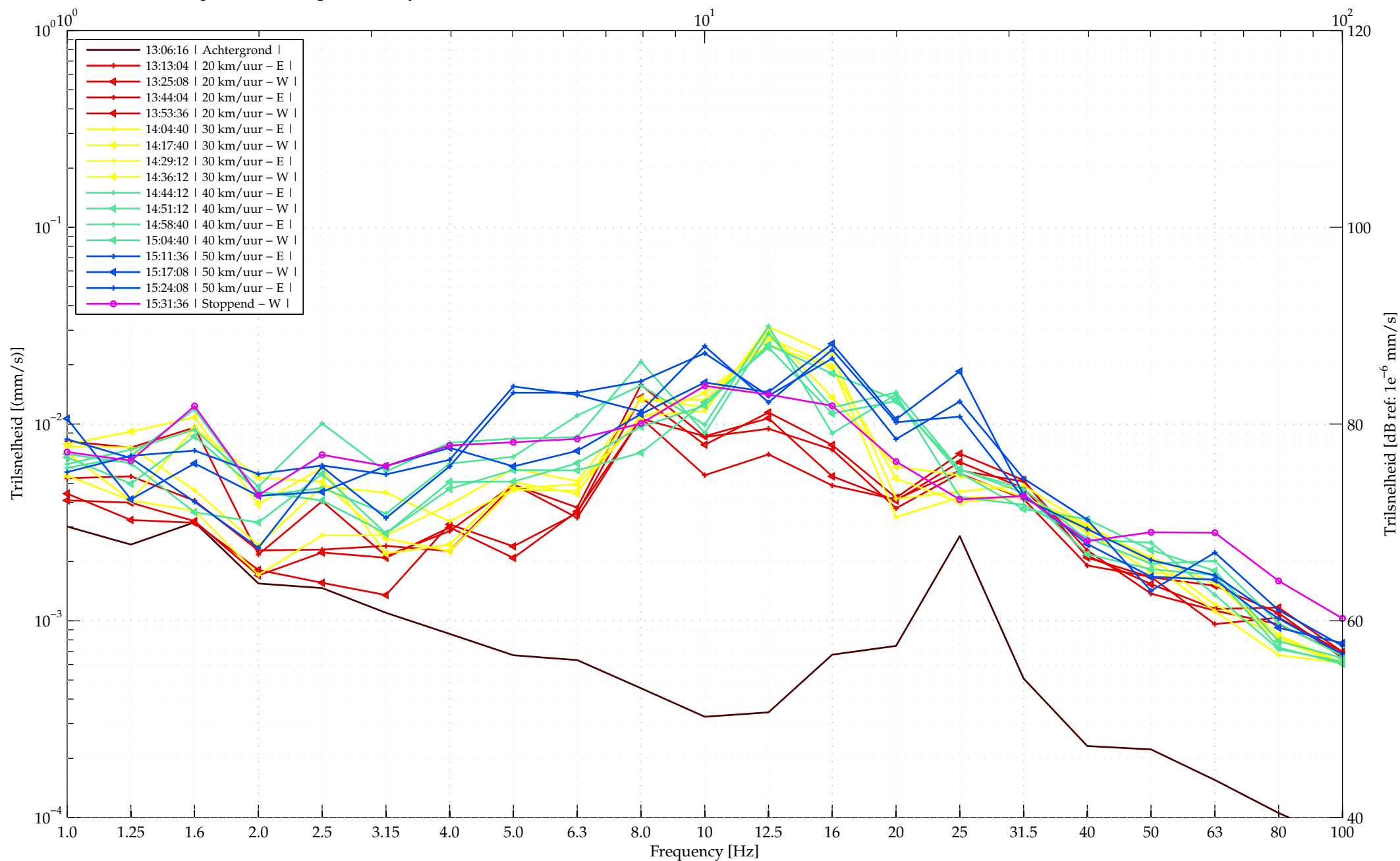
Figuur 1.3



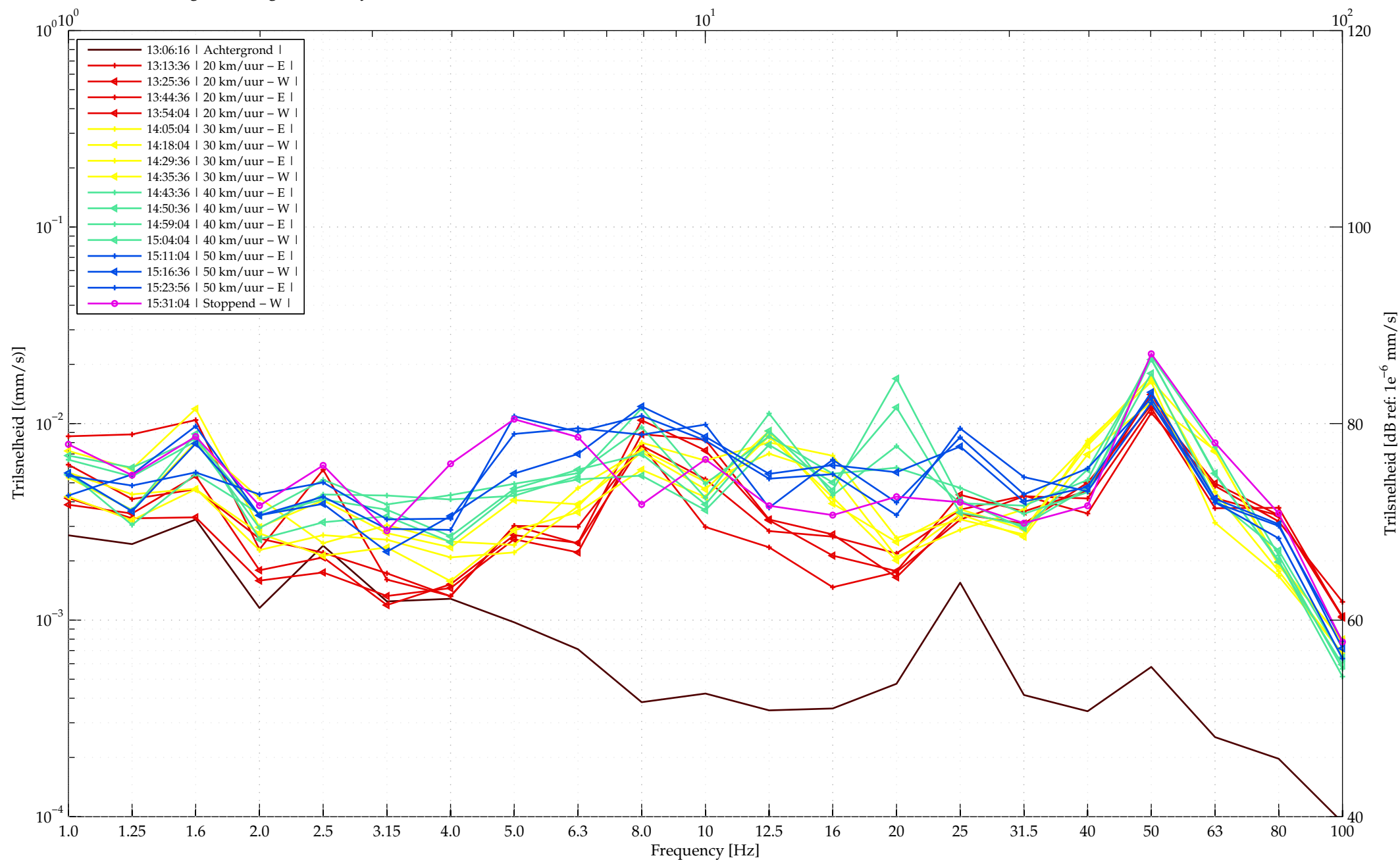
Figuur 2.1



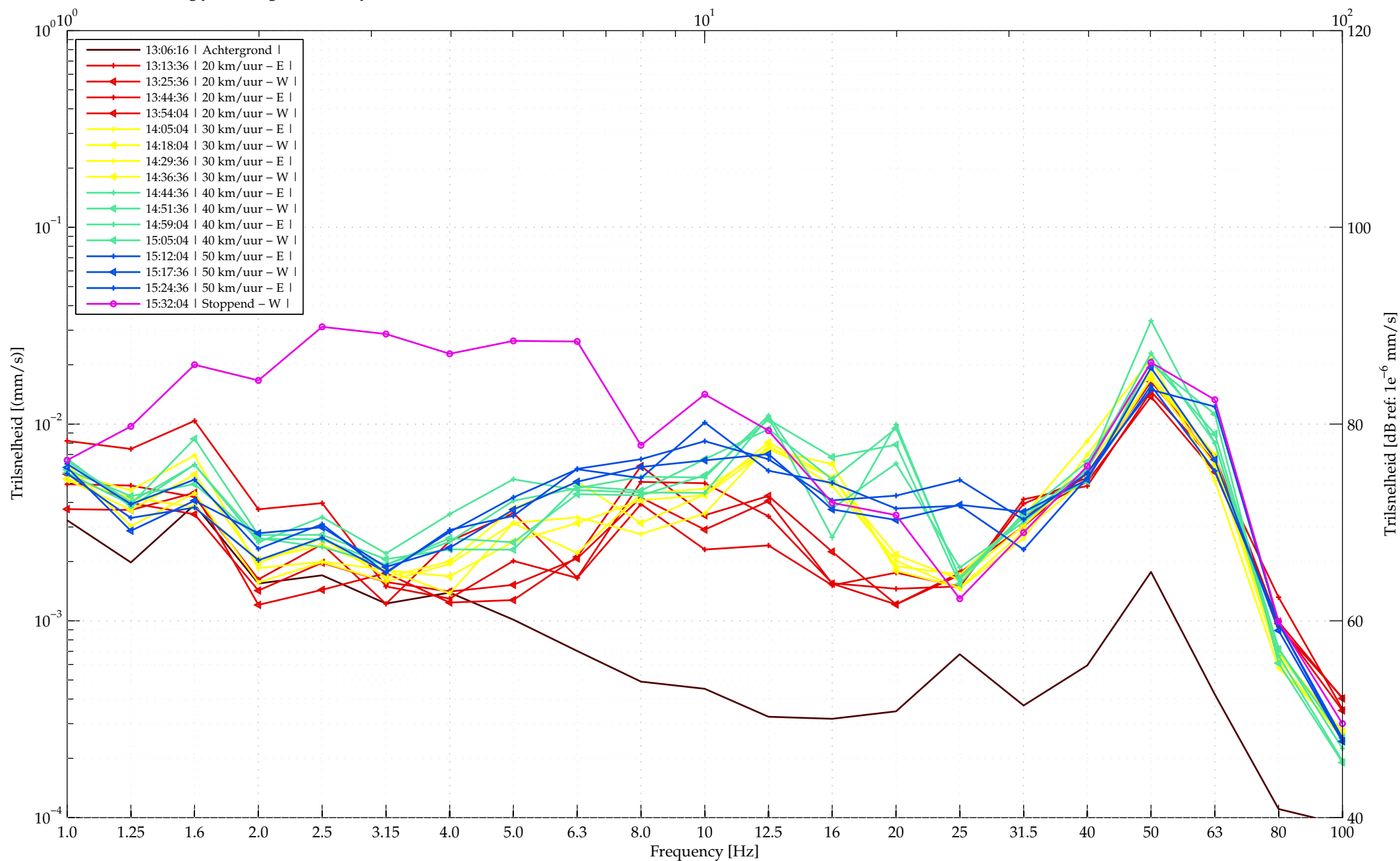
Figuur 2.2



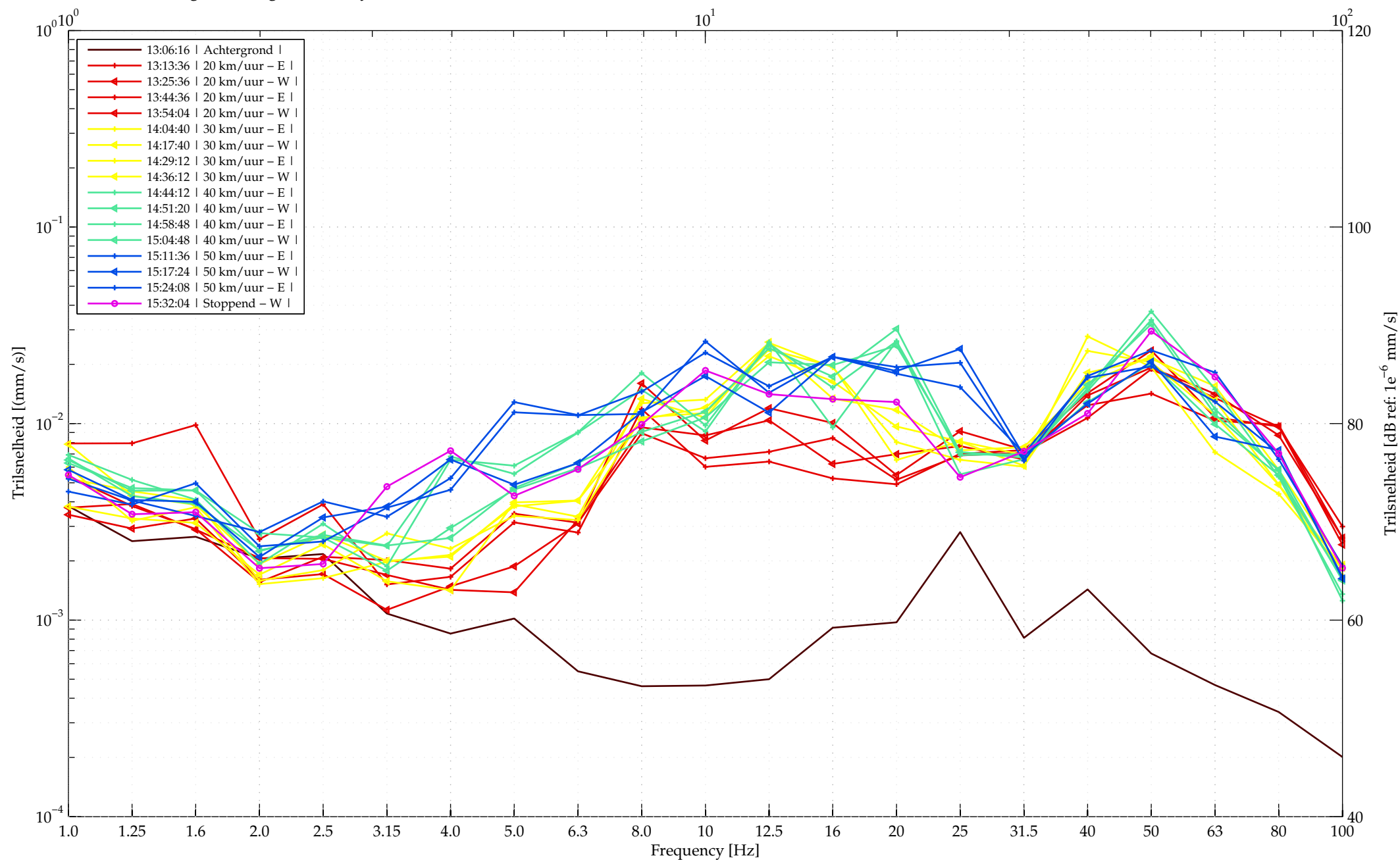
Figuur 2.3



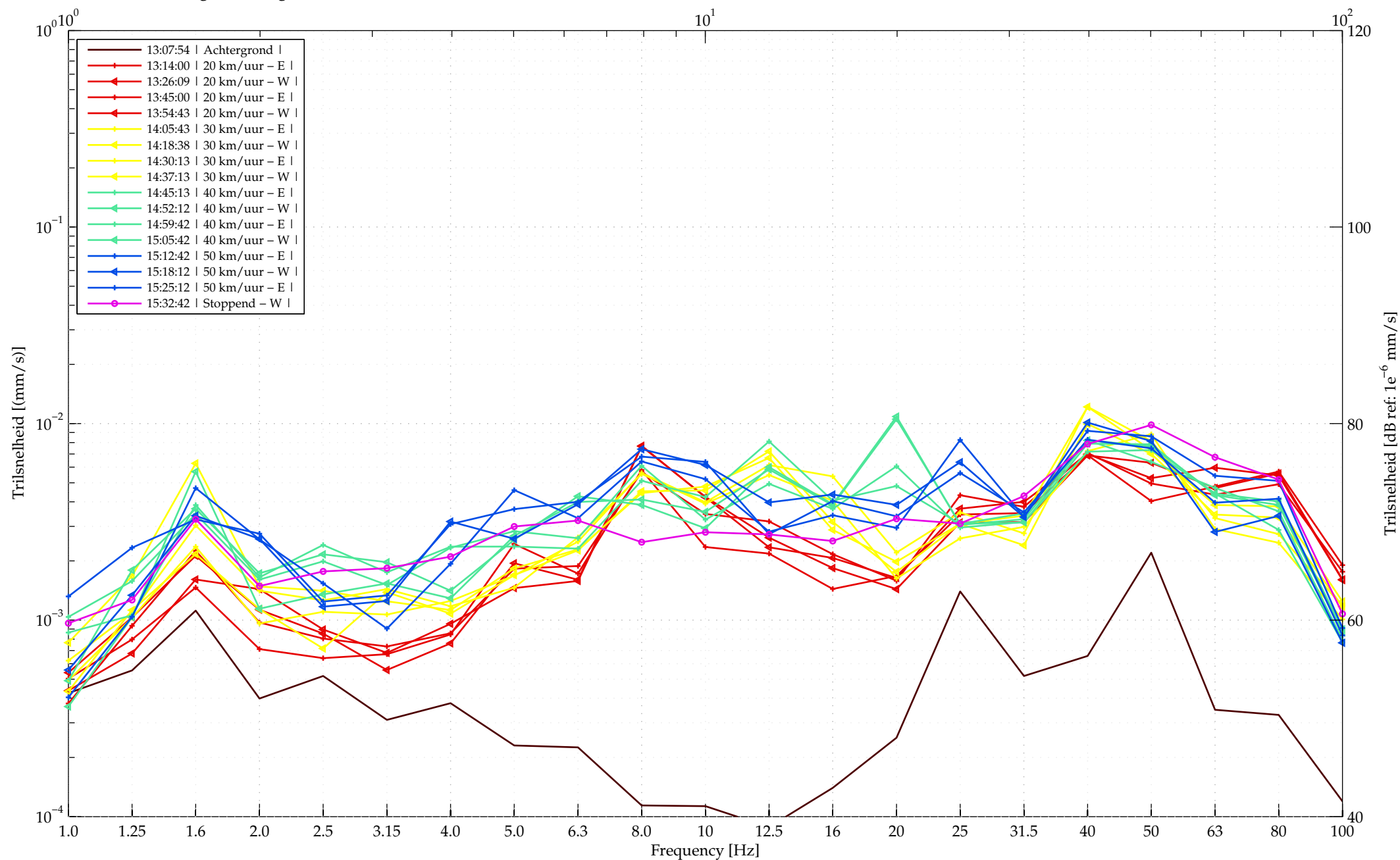
Figuur 3.1



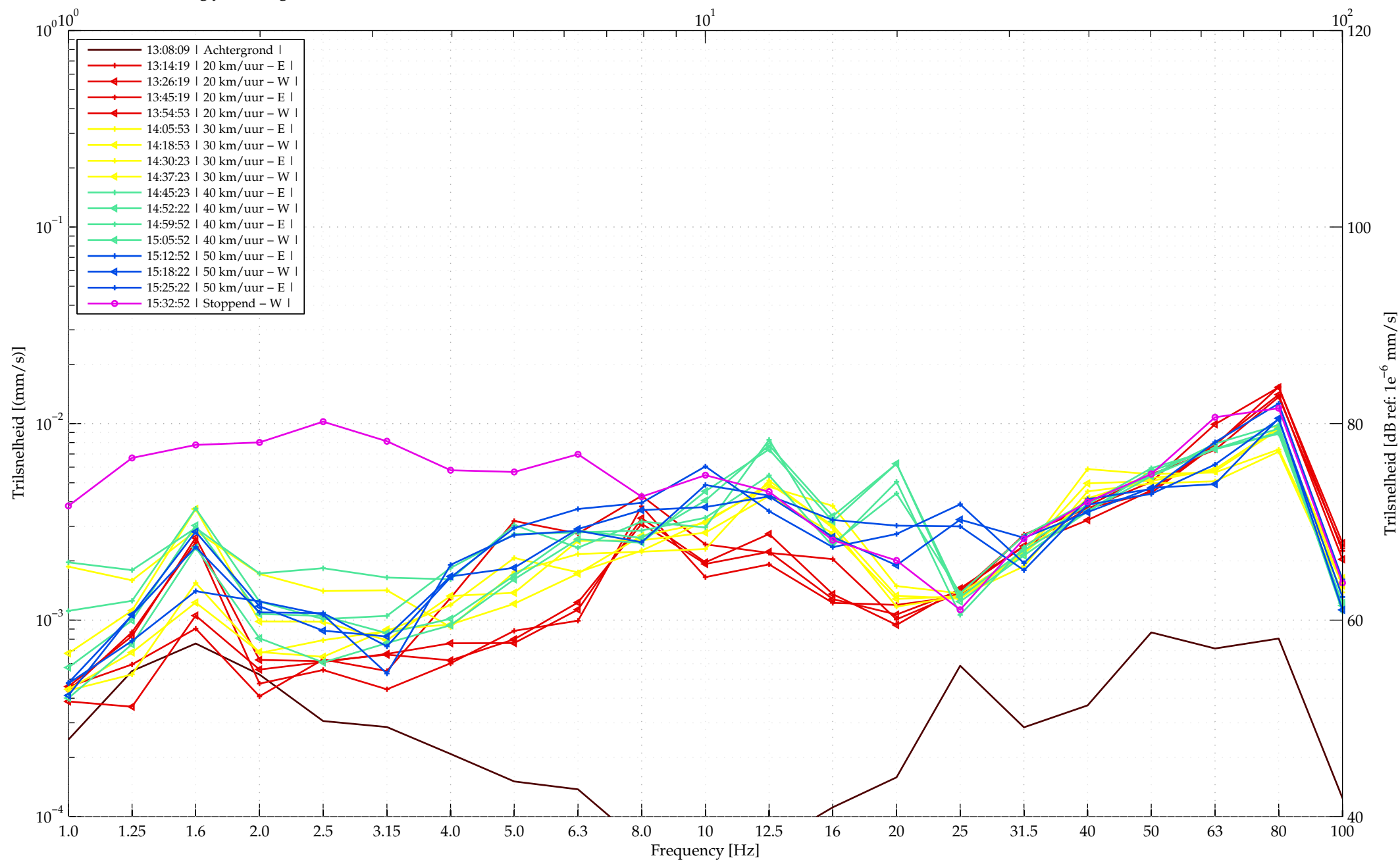
Figuur 3.2



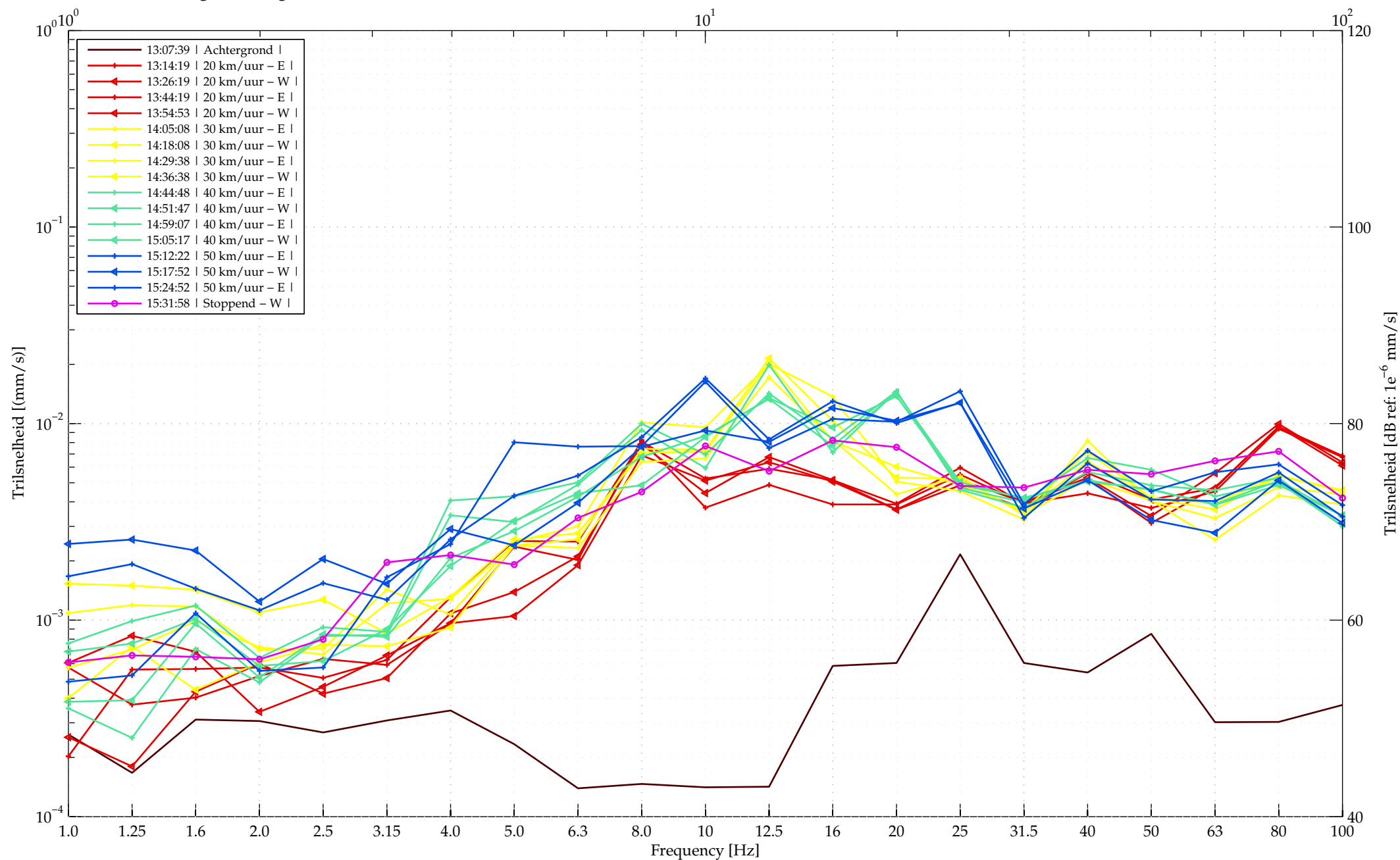
Figuur 3.3



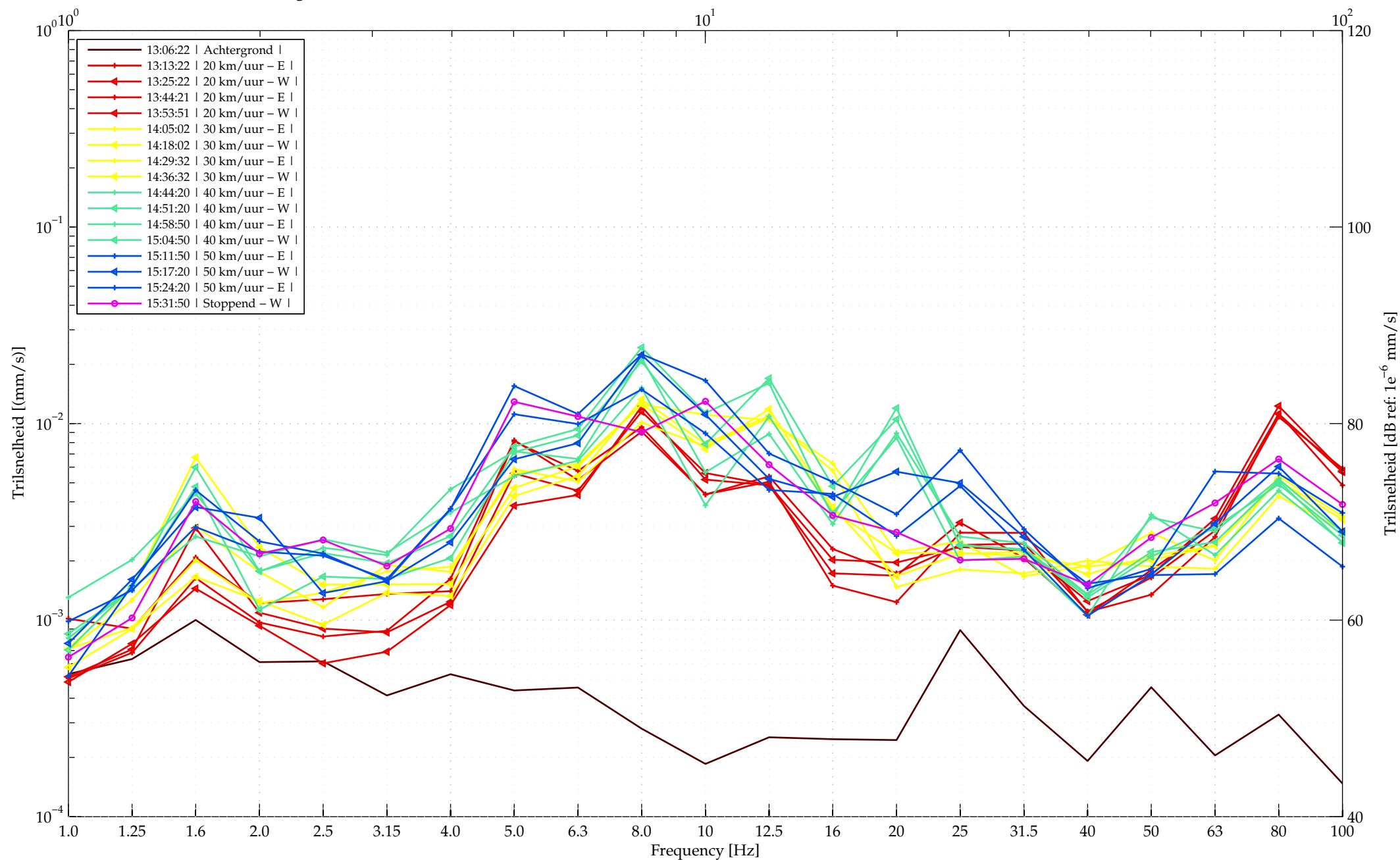
Figuur 3.1b



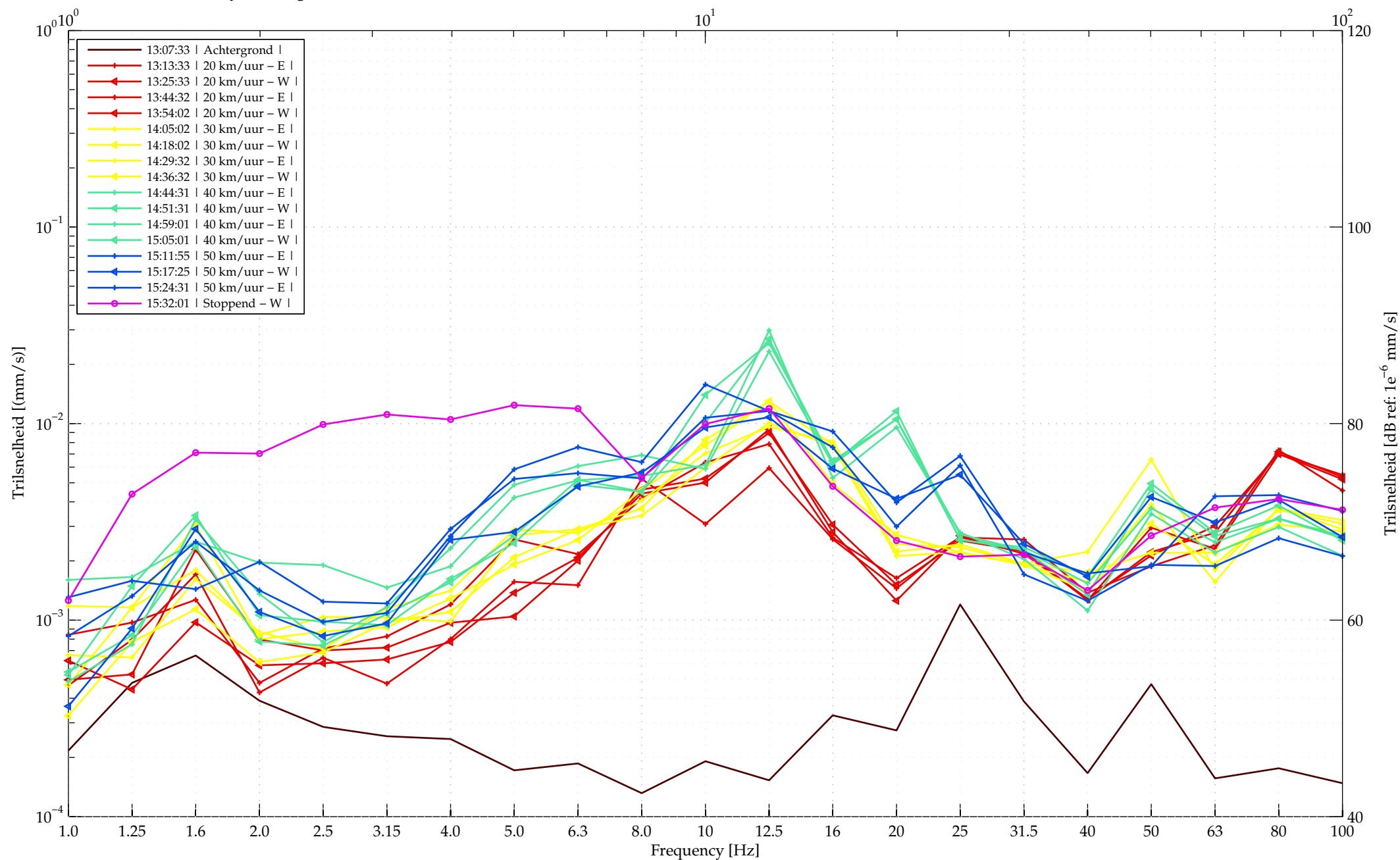
Figuur 3.2b



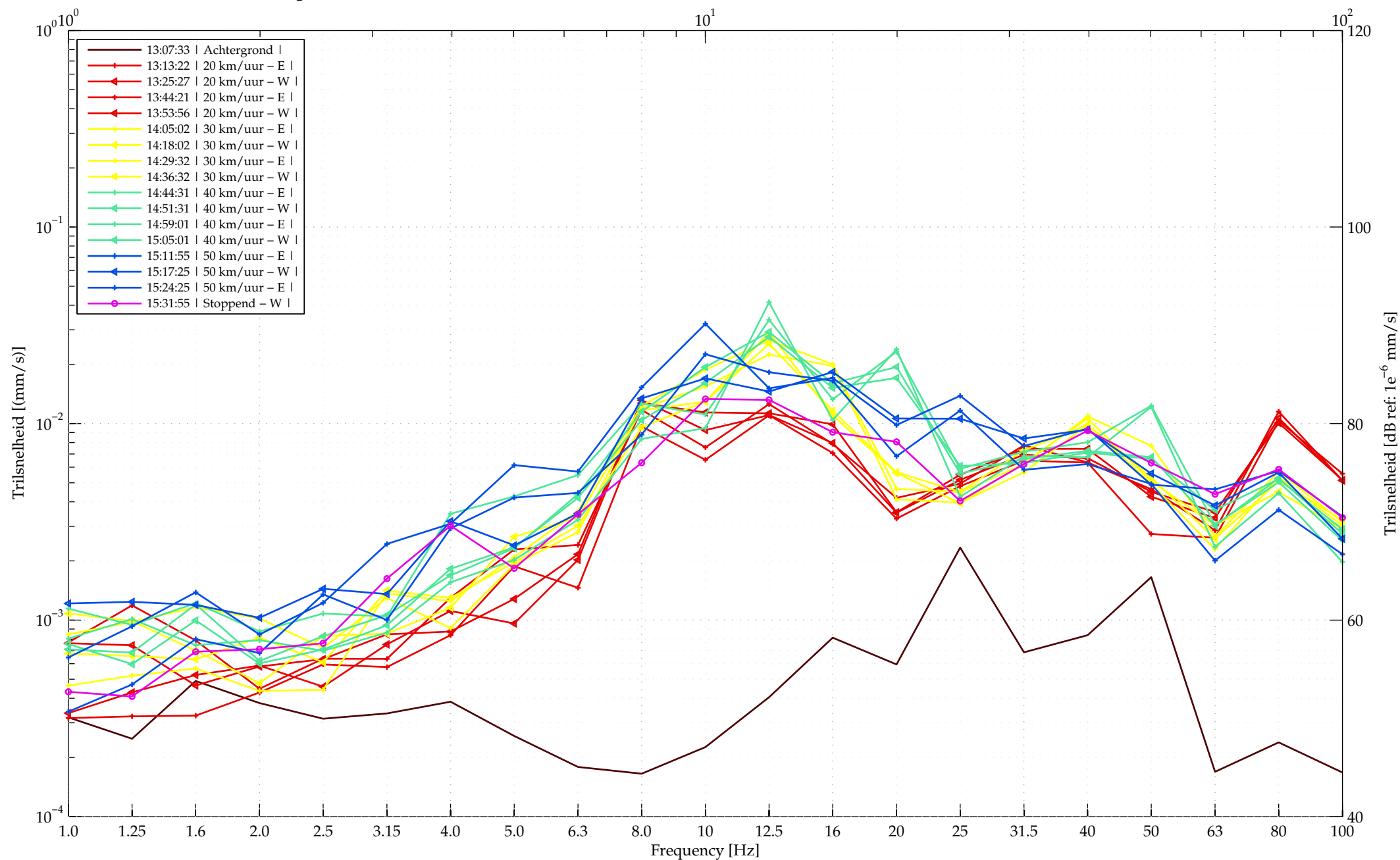
Figuur 3.3b



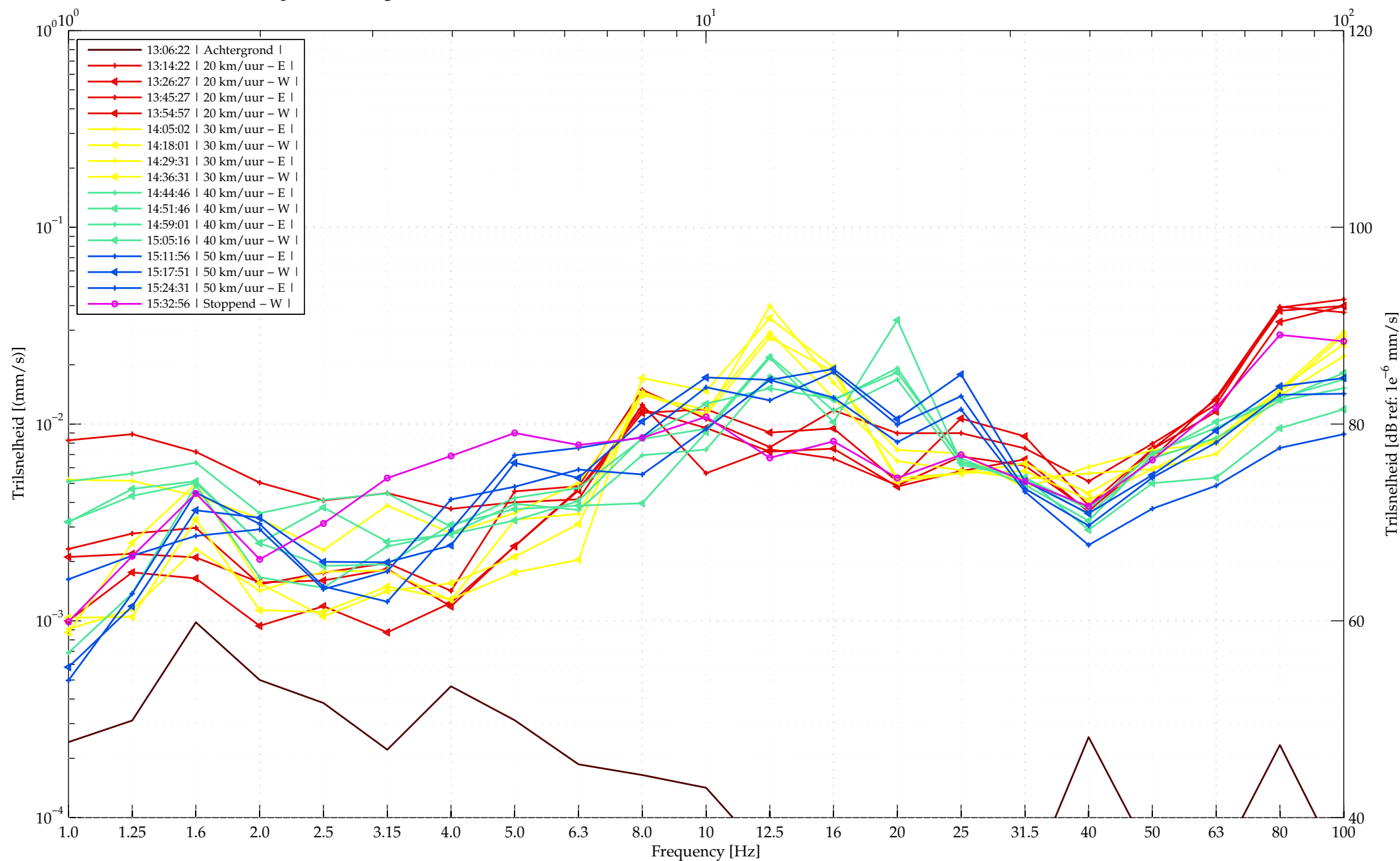
Figuur 4.1



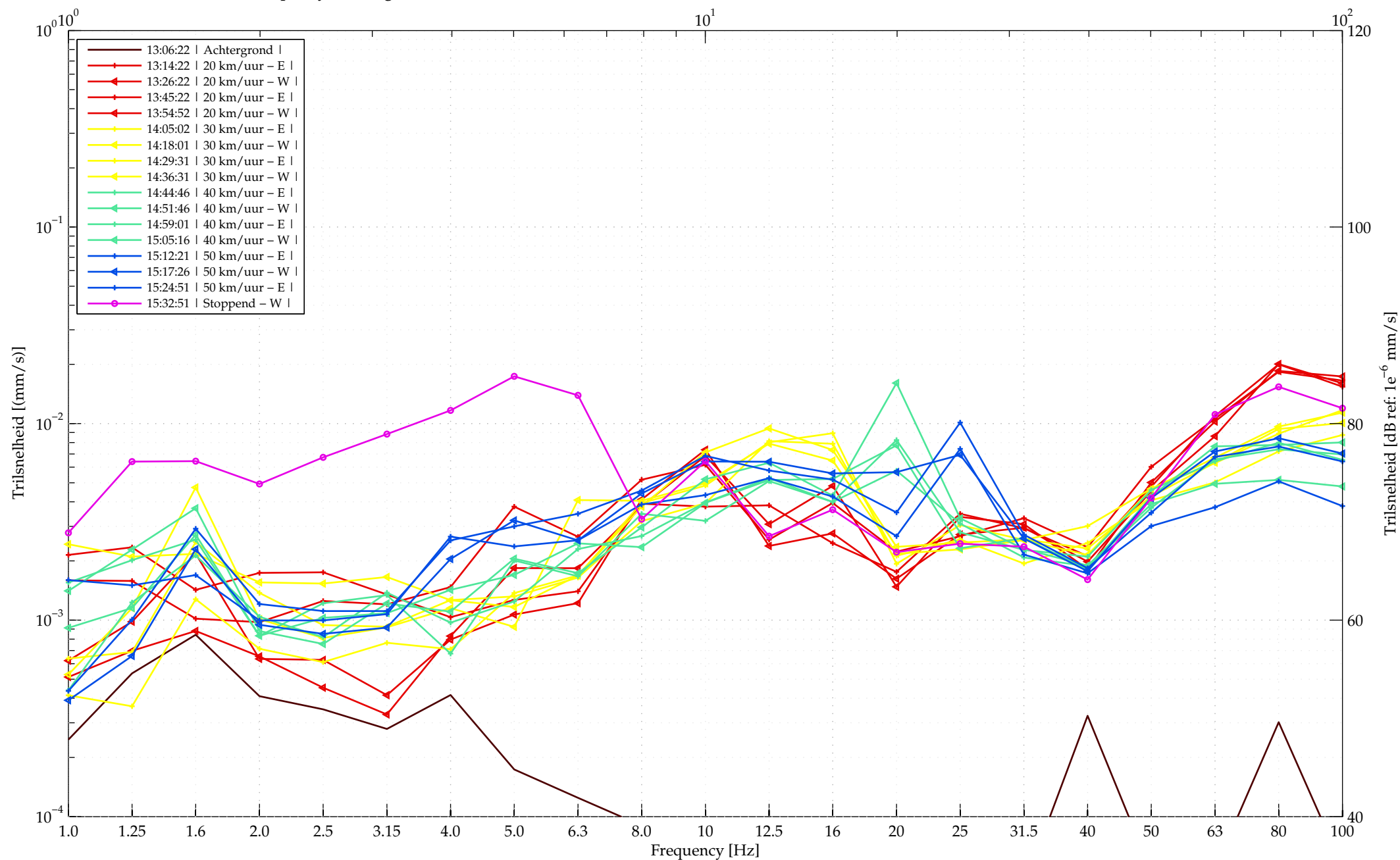
Figuur 4.2



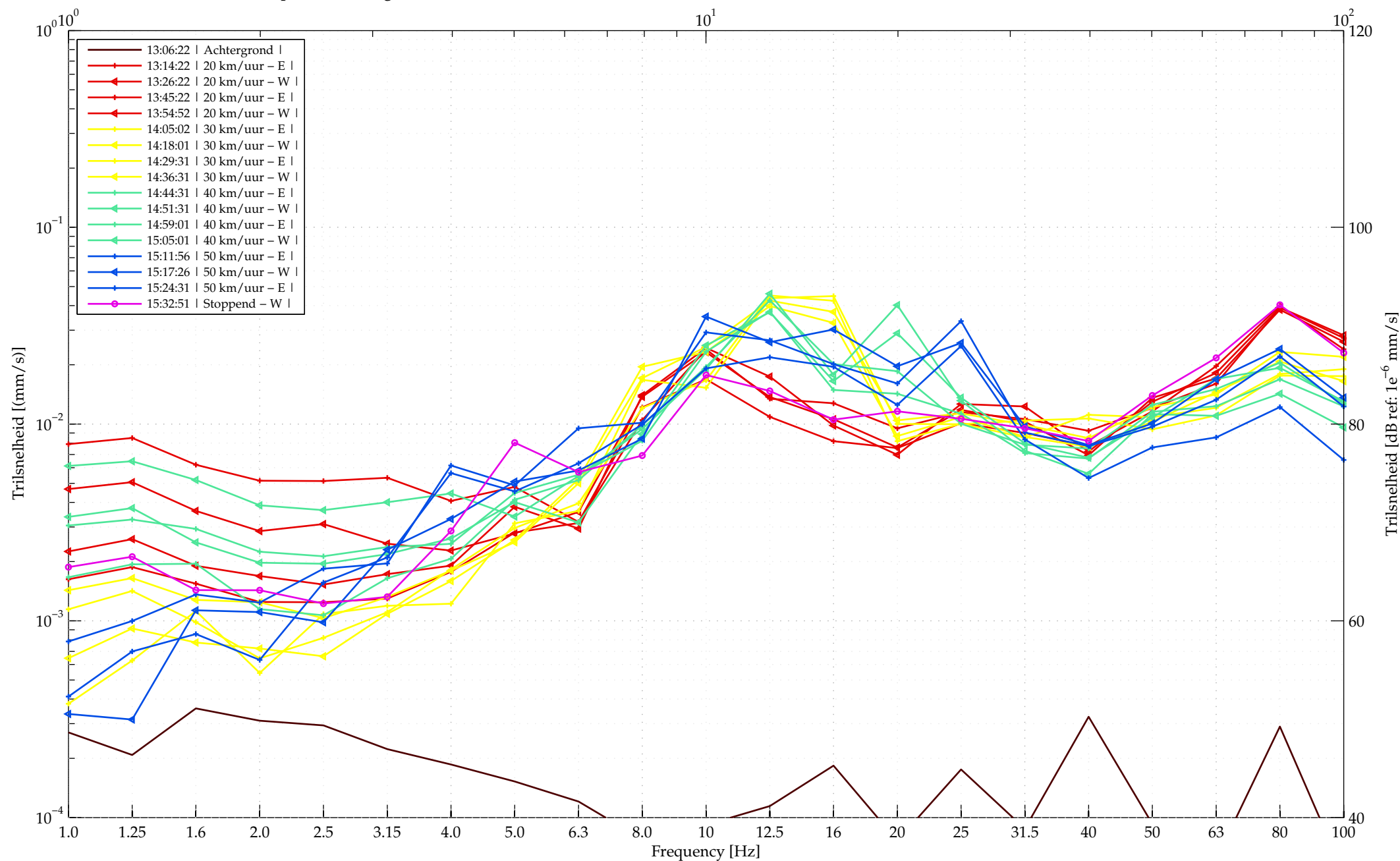
Figuur 4.3



Figuur 5.1



Figuur 5.2



Figuur 5.3

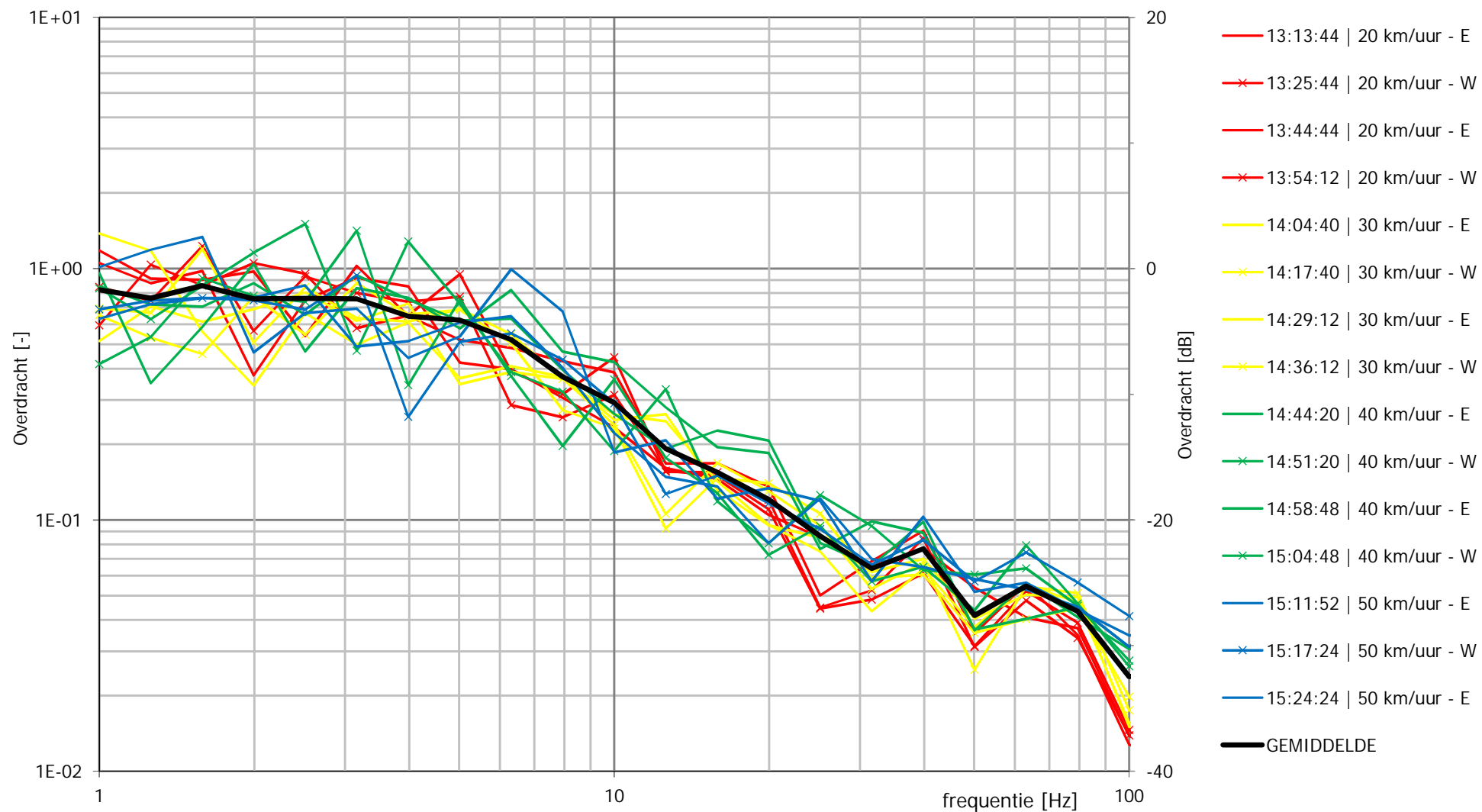
Bijlage 4

Titel	Gemeten overdrachten Dwarsweg 2
Omvang	9 (figuren 1.1 - 3.3)

Overdracht Mp1 bodem naar Mp2 gevel

1/3-octaaftanden, x-richting

Meetdatum: 13 september 2015

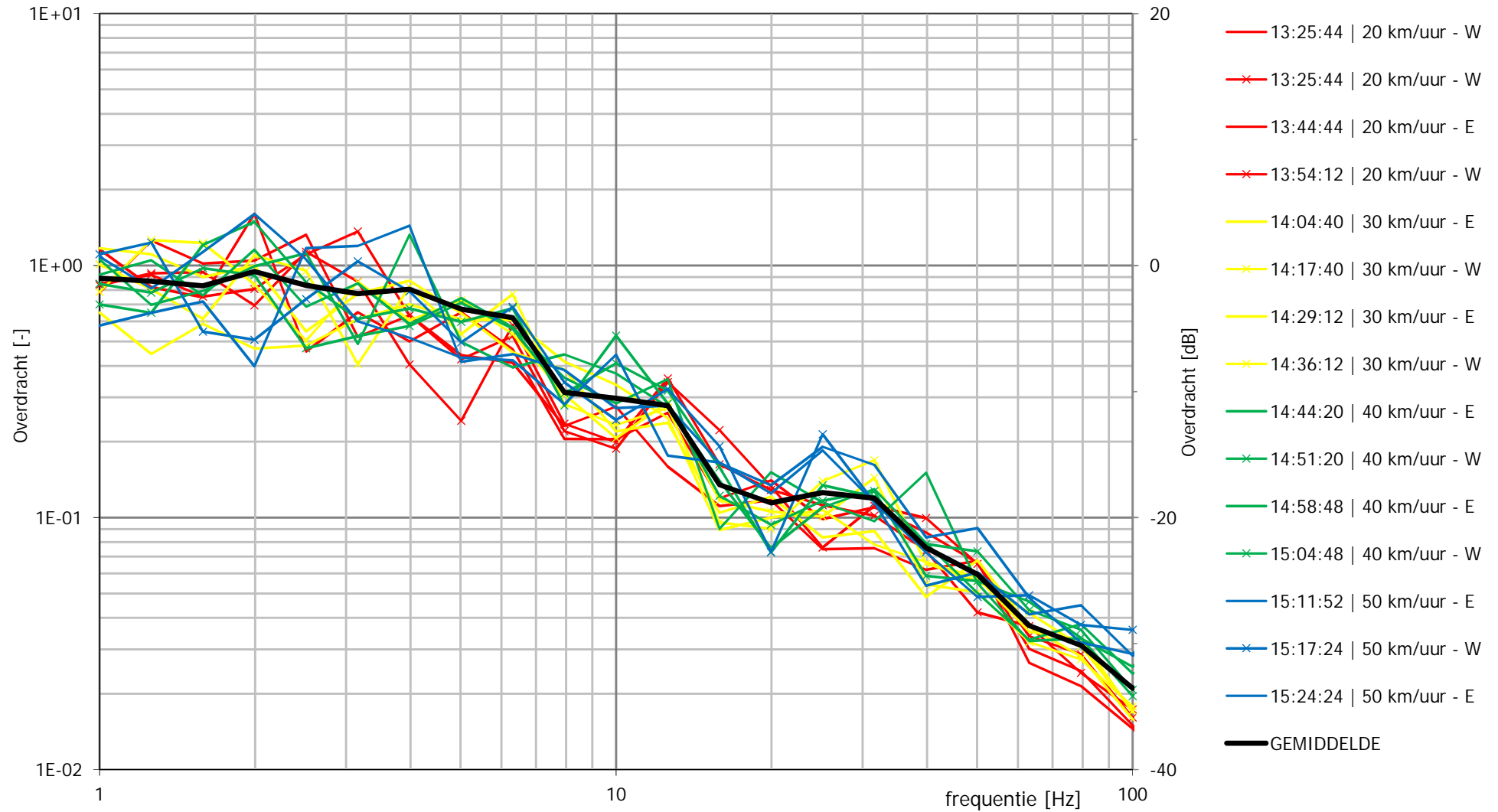


Figuur 1.1

Overdracht Mp1 bodem naar Mp2 gevel

1/3-octaaftanden, y-richting

Meetdatum: 13 september 2015

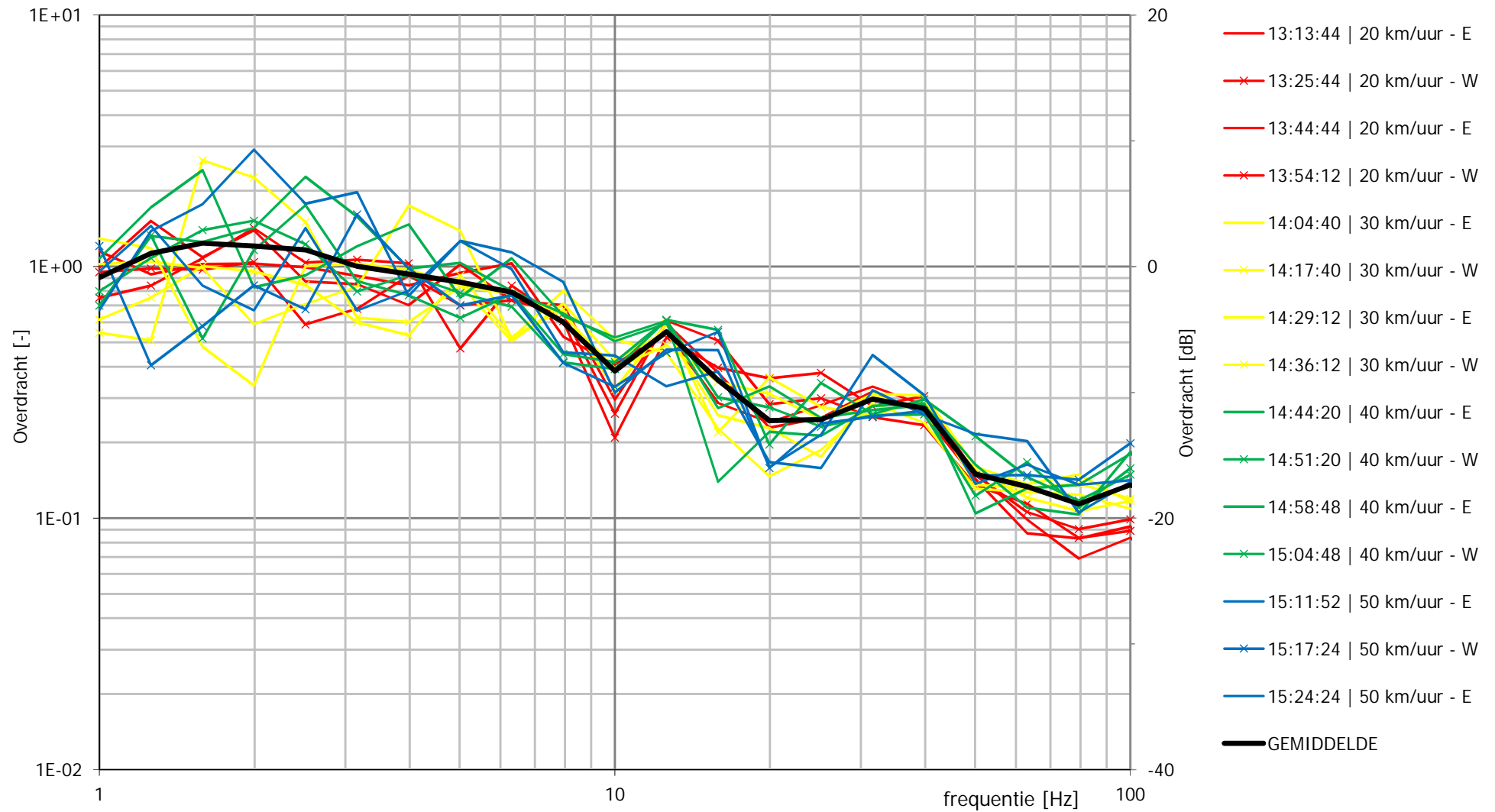


Figuur 1.2

Overdracht Mp1 bodem naar Mp2 gevel

1/3-octaaftanden, z-richting

Meetdatum: 13 september 2015

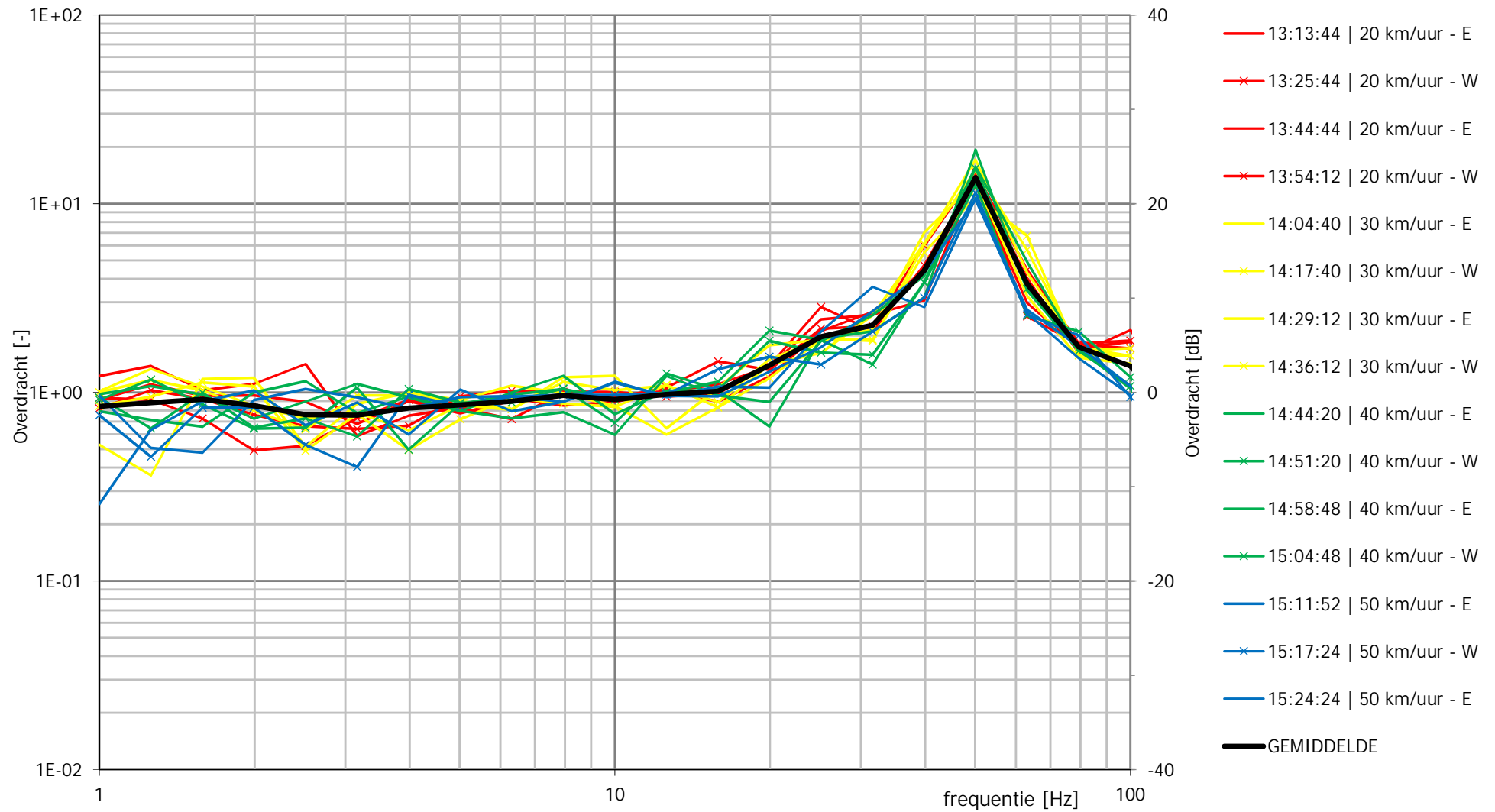


Figuur 1.3

Overdracht Mp2 gevel naar Mp3 begane grond

1/3-octaaftanden, x-richting

Meetdatum: 13 september 2015

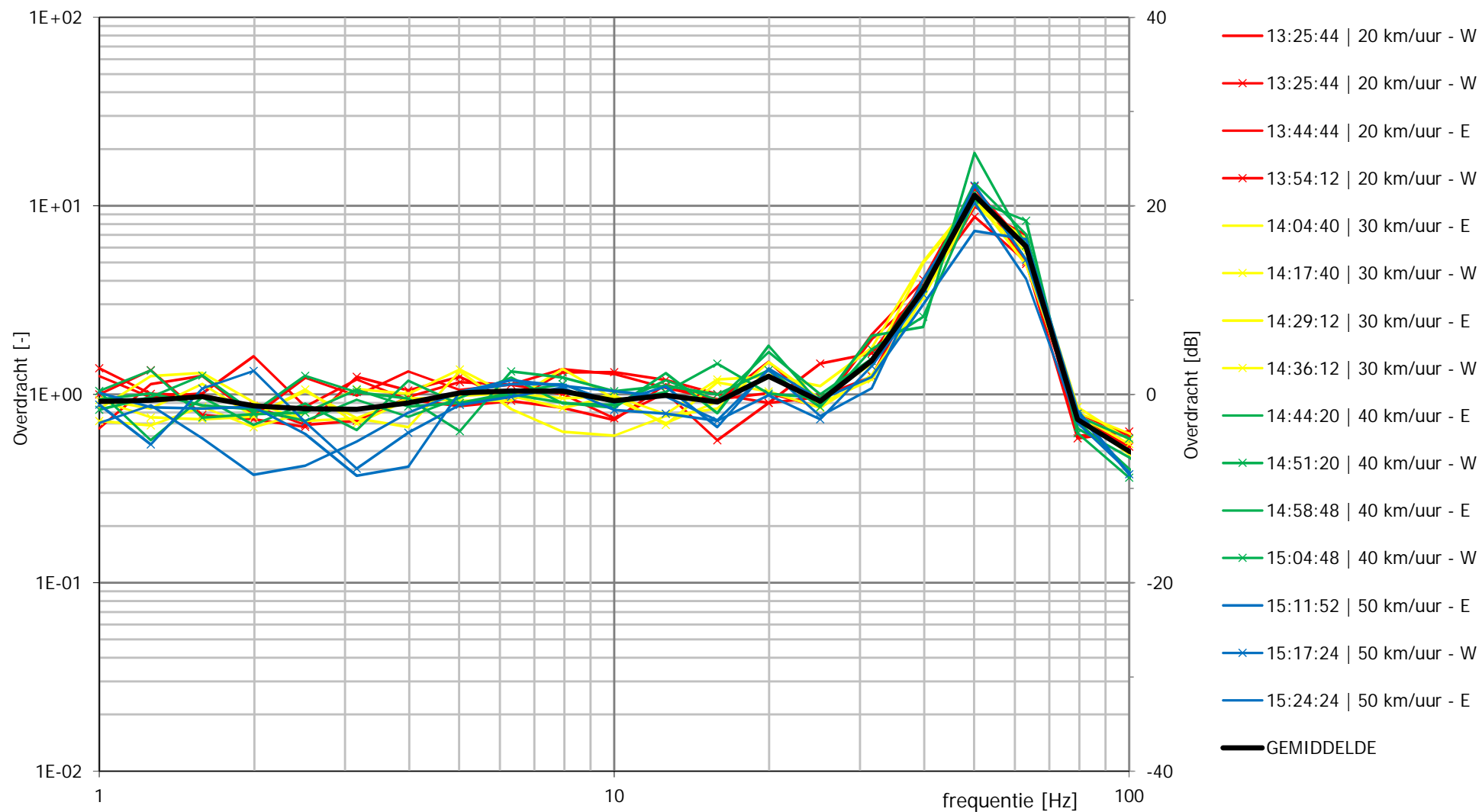


Figuur 2.1

Overdracht Mp2 gevel naar Mp3 begane grond

1/3-octaaftanden, y-richting

Meetdatum: 13 september 2015

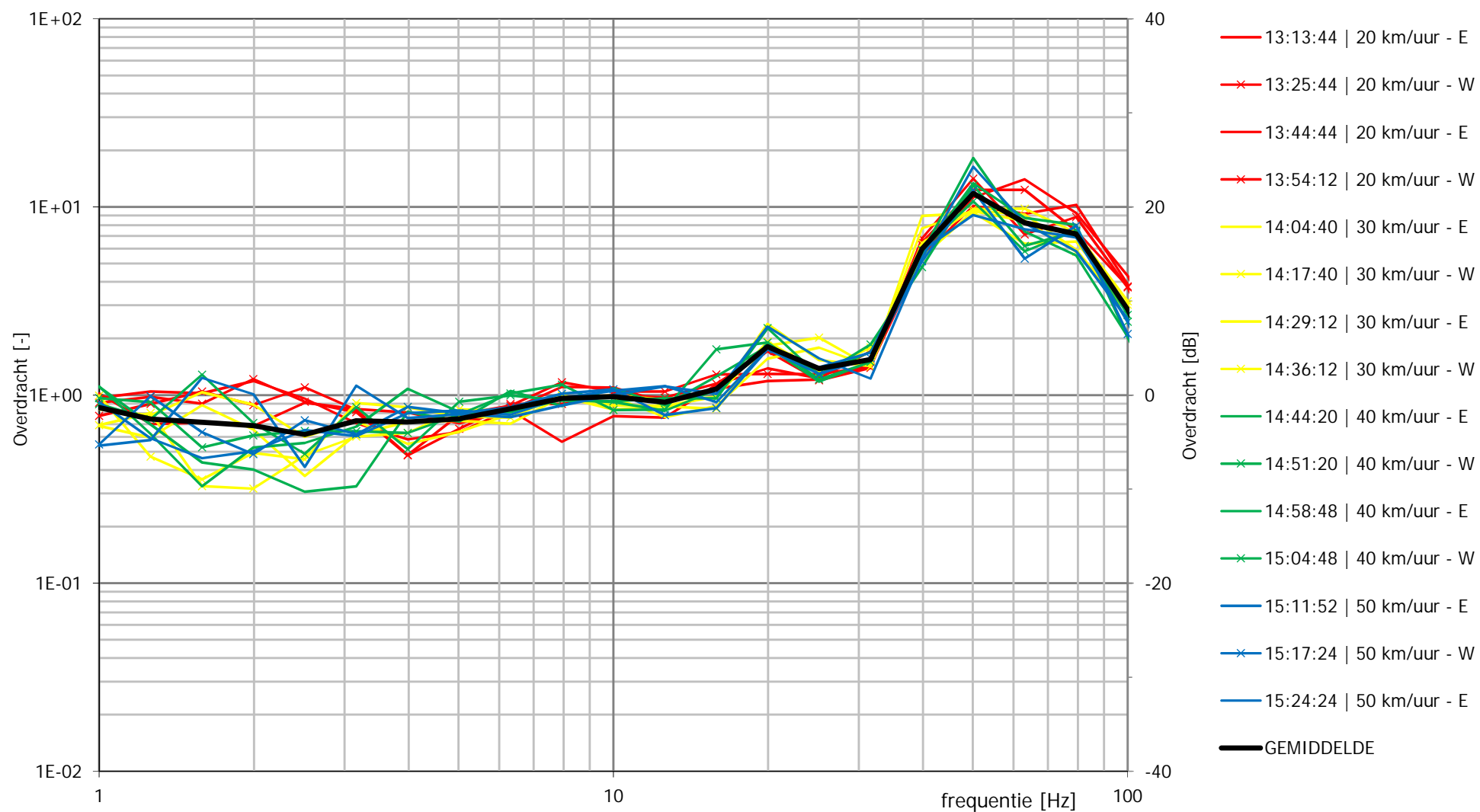


Figuur 2.2

Overdracht Mp2 gevel naar Mp3 begane grond

1/3-octaaftanden, z-richting

Meetdatum: 13 september 2015

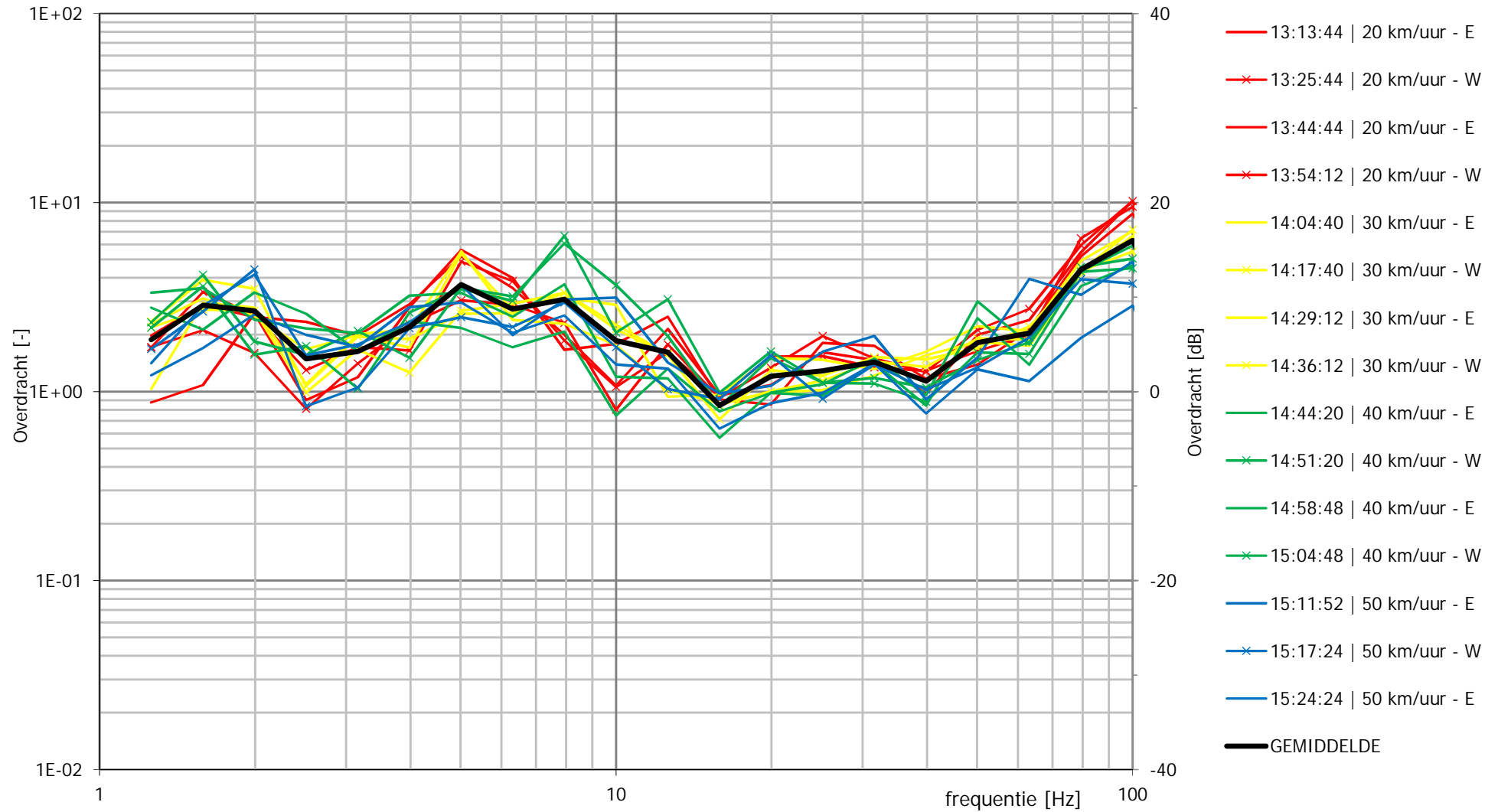


Figuur 2.3

Overdracht Mp2 gevel naar Mp4 zolder

1/3-octaaftanden, x-richting

Meetdatum: 13 september 2015

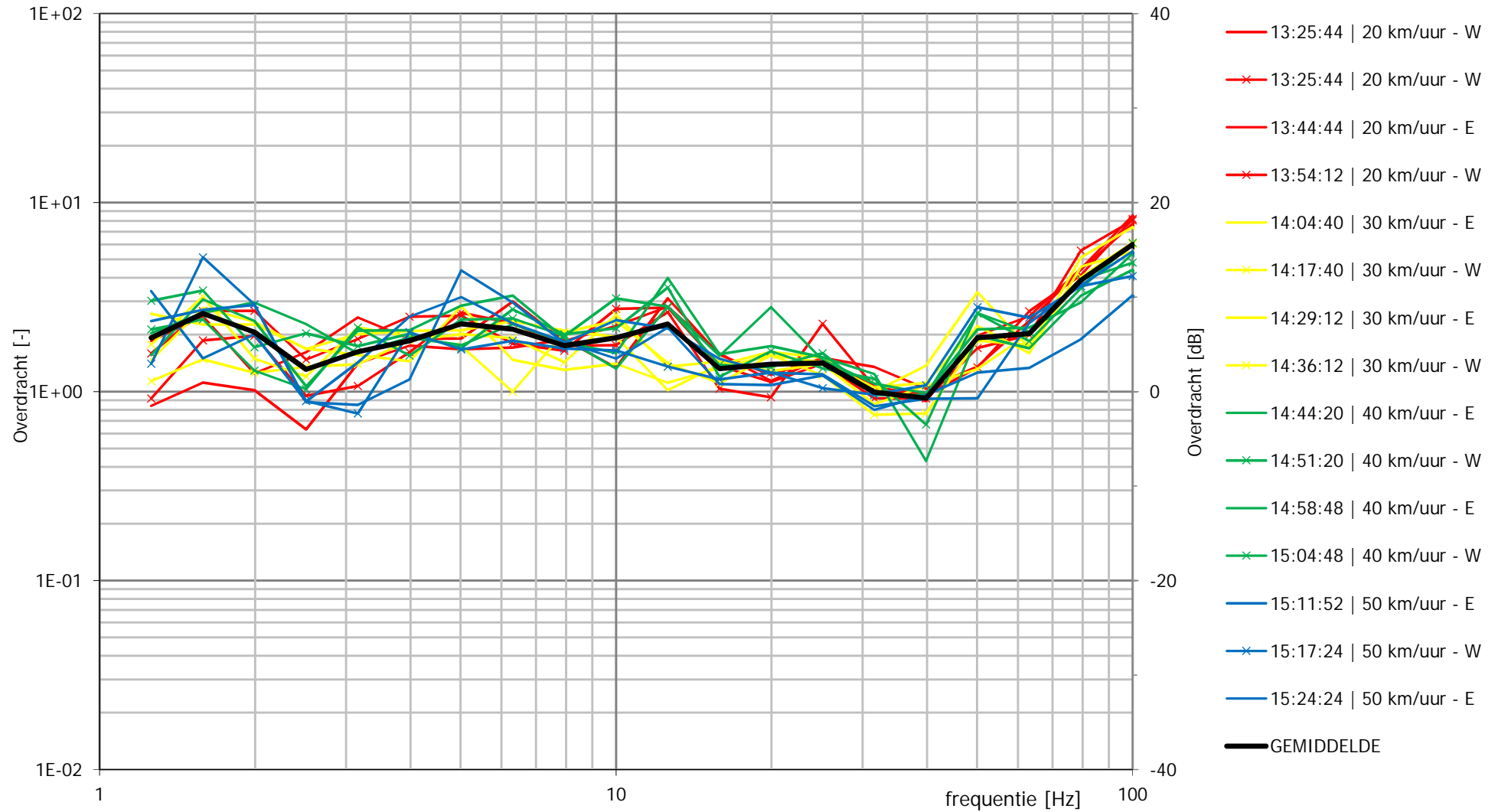


Figuur 3.1

Overdracht Mp2 gevel naar Mp4 zolder

1/3-octaaftanden, y-richting

Meetdatum: 13 september 2015

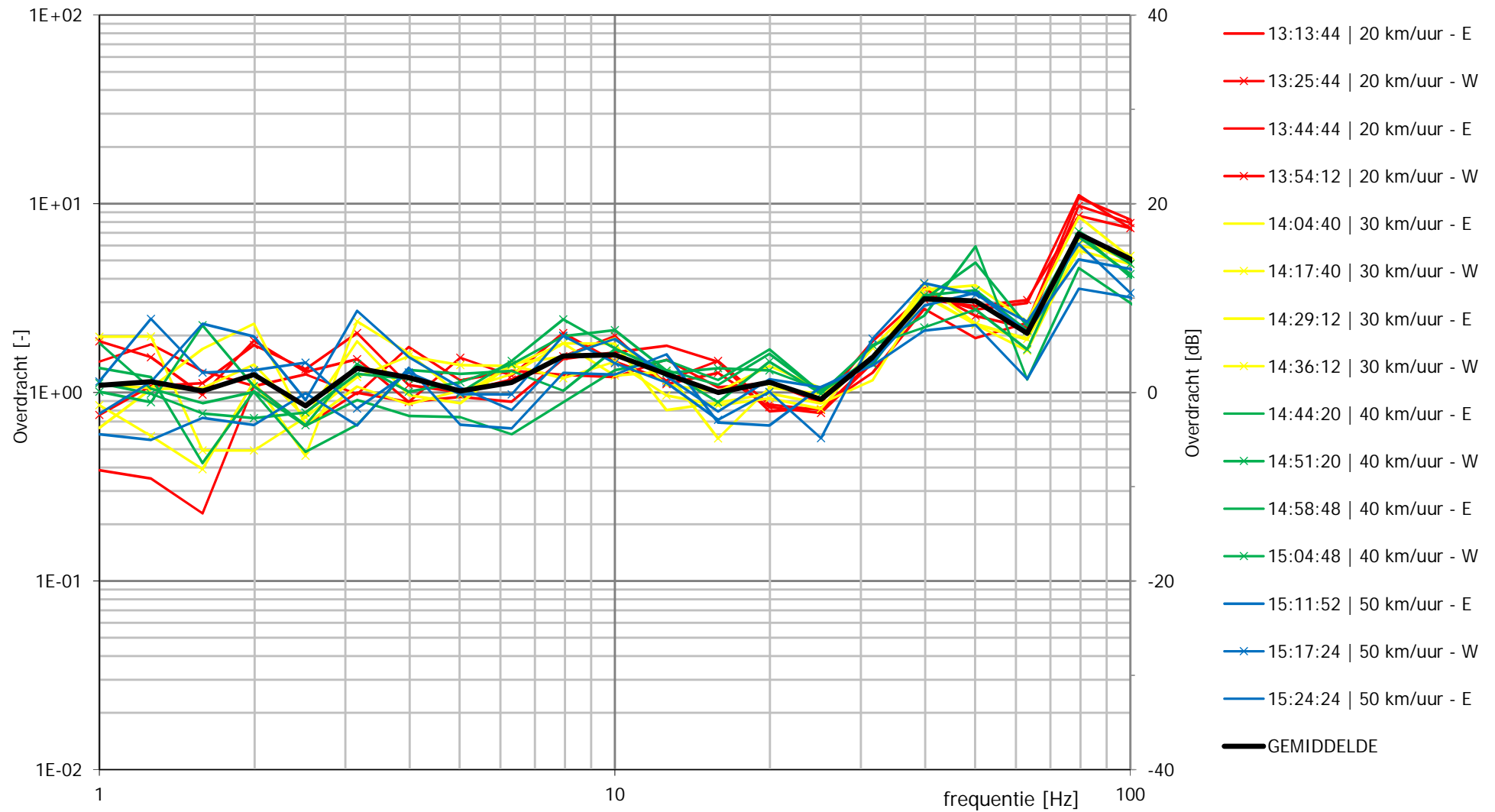


Figuur 3.2

Overdracht Mp2 gevel naar Mp4 zolder

1/3-octaaftanden, z-richting

Meetdatum: 13 september 2015



Figuur 3.3

Bijlage 5

Titel	Trillingsprognoses
Omvang	1

			Prognose												SBR-B																			
															A1		A2		A3		ΔVmax													
															D/A/N		D/A	N	D/A/N		D/A/N													
															0,1		0,4	0,2	0,05															
Bebouwing			Huidig				Autonoom 2025				Plansituatie				Huidig						Autonoom 2025						Plansituatie							
Adres	Minimale afstand		Vmax	Vper			Vmax	Vper			Vmax	Vper			Vmax		Vper		Vmax	Vper			Vmax	Vper										
	Referentie	Plan		D	A	N		D	A	N		D	A	N	D/A	N	D	A		N	D/A	N		D	A	N	D/A	N	D	A	N			
Begane grond(Z)			42 63	42 63	0,11 0,08	0,00 0,00 0,00	0,11 0,08	0,00 0,00 0,00	0,14 0,10	0,00 0,00 0,00	OK OK	OK OK	OK OK OK	OK OK	OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK									
Dwarsweg 2																																		
Hooilandseweg 4																																		
Dwarsweg 2	testtrein		0,04																															
Verdieping (Z)			42 63	42 63	0,15 0,11	0,00 0,00 0,00	0,15 0,11	0,00 0,00 0,00	0,19 0,14	0,01 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	OK OK	OK OK	OK OK OK	OK OK	OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK									
Dwarsweg 2																																		
Hooilandseweg 4																																		
Dwarsweg 2	testtrein		0,06																															
Verdieping (X)			42 63	42 63	0,05 0,04		0,05 0,04		0,06 0,05			OK OK	OK OK	OK OK OK	OK OK	OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK									
Dwarsweg 2																																		
Hooilandseweg 4																																		

Railverkeer

project

Spoor Roodeschool - Eemshaven

materieel

cat.4

woning

Dwarsweg 2

Min. afstand

42 m

vormfactor $C_F (v_{rms}/v_{top})$

0,3

Bodemtrillingen

1/3-octaf	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
bronspectrum (max)	66	65	74	70	80	85	90	87	87	89	92	93	100	97	104	102	105	100	95	85	82	79	79	77	110
spreiding																									
afstandscorrectie																									
L _v [dB]	66	65	74	70	80	85	90	87	87	89	92	93,2	100	97	104	102	105	100	95	85	82	79	79	77	110
v _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,10	0,07	0,15	0,12	0,18	0,10	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,33
																					v _{top}				1,09

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie																									
H _{v,1} [dB]	-0,9	1,0	1,9	1,6	1,3	0,0	-0,6	-1,2	-2,0	-4,4	-8,3	-5,2	-9,0	-12,3	-12,2	-10,5	-11,3	-16,5	-17,5	-18,9	-17,4	-18,8			
L _v [dB]	65	66	76	72	82	85	90	85	85	85	84	88	91	84	91	91	94	83	78	66	65	60	79	77	100
v _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,10
																					v _{top}			0,34	

SBR-C / Verstoring van apparatuur (v_{rms})

Begane grond																									
H _{v,3} [dB]																									
H _{v,vloer}	1,1	2,5	1,1	1,7	-1,2	1,3	1,8	1,4	1,1	0,2	-1,3	-3,4	-3,9	0,4	-0,2	-1,3	7,1	6,6	9,0	16,6	16,4	14,9			
L _v [dB]	67	68	77	73	80	87	91	87	86	85	82	85	87	85	91	90	101	90	87	83	81	75	79	77	103
v _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,11	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15
	v _{top}																							0,49	
1e verdieping																									
H _{v,3} [dB]																									
H _{v,vloer} [dB]	0,7	1,1	0,1	1,9	-1,4	2,6	1,6	0,2	1,1	3,8	4,0	1,9	0,0	1,1	-0,7	3,7	9,9	9,7	6,3	16,8	14,1	9,6			
L _v [dB]	66	67	76	74	80	88	91	86	86	89	88	90	91	85	91	95	104	93	84	83	79	70	79	77	106
v _{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,06	0,16	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,20
	v _{top}																							0,65	

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})

Begane grond																									
SBR-weging	-15,1	-13,2	-11,2	-9,5	-7,8	-6,1	-4,7	-3,5	-2,5	-1,7	-1,2	-0,8	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
L _v [dB]	51	55	66	64	73	80	87	83	84	83	81	84	86	84	91	90	101	90	87	83	81	75	79	77	103
v _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,11	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14
Schaalfactor																									
1e verdieping																									
L _v [dB]	51	54	65	64	72	82	87	82	84	87	86	89	90	85	91	95	104	93	84	83	79	70	79	77	105
v _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,15	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,19
Schaalfactor																									
Schaalfactor																									

Railverkeer

project

Spoor Roodeschool - Eemshaven

materieel

cat.4

woning

Dwarsweg 2

Min. afstand 42 m

vormfactor C_F (v_{rms}/v_{top})

0,3

Trillingen woning

Trillingen woning														Begane grond (Z)						Verdieping (Z)						Verdieping (X)					
Huidig		Uurintensiteiten												Trillingssterkten						Trillingssterkten						Trillingssterkten					
		Goederen			Reizigers									V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}					
Spoor	Afstand	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N			
Spoor 1	42 m	0,02	0,03	0,01										0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05						
		0,02	0,03	0,01										0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05						
Autonoom 2025		Uurintensiteiten												Trillingssterkten						Trillingssterkten						Trillingssterkten					
		Goederen			Reizigers									V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}					
		D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N			
Spoor	Afstand	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05						
Spoor 1	42 m	0,02	0,03	0,01										0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05						
		0,02	0,03	0,01										0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05						
Plansituatie		Uurintensiteiten												Trillingssterkten						Trillingssterkten						Trillingssterkten					
		Goederen			Reizigers									V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}					
		D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	0,19	0,19	0,01	0,00	0,00	0,06	0,06						
Spoor	Afstand	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D/A <th>N</th> <th>D</th> <th>A</th> <th>N</th> <td>0,19</td> <td>0,19</td> <td>0,01</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,06</td> <td>0,06</td> <td></td> <td></td> <td></td>	N	D	A	N	0,19	0,19	0,01	0,00	0,00	0,06	0,06						
Spoor 1	42 m	0,18	0,19	0,12	0,46	0,02								0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,19	0,19	0,01	0,00	0,00	0,06	0,06						
		0,18	0,19	0,12	0,46	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,19	0,19	0,01	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00			

Railverkeer

project

Spoor Roodeschool - Eemshaven

materieel

cat.4

woning

Hooilandseweg 4

Min. afstand

63 m

vormfactor $C_F (v_{rms}/v_{top})$

0,3

Bodemtrillingen

1/3-octaf	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
bronspectrum (max)	66	65	74	70	80	85	90	87	87	89	92	93	100	97	104	102	105	100	95	85	82	79	79	77	110
spreiding																									
afstandscorrectie	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,6	-3,2	-3,9	-4,9	-6,0	-7,4	-7,5	-7,4	
L_v [dB]	64	62	72	68	78	83	88	84	85	87	90	91	98	94	101	99	103	97	92	80	76	71	72	70	108
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,08	0,05	0,12	0,09	0,13	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,25
v_{top}																									0,82

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie																									
$H_{v,1}$ [dB]	-0,9	1,0	1,9	1,6	1,3	0,0	-0,6	-1,2	-2,0	-4,4	-8,3	-5,2	-9,0	-12,3	-12,2	-10,5	-11,3	-16,5	-17,5	-18,9	-17,4	-18,8			
L_v [dB]	63	63	74	70	79	83	87	83	83	83	81	86	89	82	89	89	91	80	74	61	59	52	72	70	98
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,03	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
v_{top}																									0,26

SBR-C / Verstoring van apparatuur (v_{rms})

Begane grond																									
$H_{v,3}$ [dB]																									
$H_{v,vloer}$	1,1	2,5	1,1	1,7	-1,2	1,3	1,8	1,4	1,1	0,2	-1,3	-3,4	-3,9	0,4	-0,2	-1,3	7,1	6,6	9,0	16,6	16,4	14,9			
L_v [dB]	64	66	75	71	78	84	89	85	84	83	80	82	85	83	89	88	98	87	83	78	75	67	72	70	101
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
v_{top}																									0,36
1e verdieping																									
$H_{v,3}$ [dB]																									
$H_{v,vloer}$ [dB]	0,7	1,1	0,1	1,9	-1,4	2,6	1,6	0,2	1,1	3,8	4,0	1,9	0,0	1,1	-0,7	3,7	9,9	9,7	6,3	16,8	14,1	9,6			
L_v [dB]	64	65	74	71	78	86	89	83	84	87	85	88	89	83	89	93	101	90	80	78	73	62	72	70	103
v_{rms} [mm/s]	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,04	0,12	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
v_{top}																									0,48

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})

Begane grond																										
SBR-weging	-15,1	-13,2	-11,2	-9,5	-7,8	-6,1	-4,7	-3,5	-2,5	-1,7	-1,2	-0,8	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
L _v [dB]	49	53	64	62	70	78	85	81	82	81	79	82	84	82	89	87	98	87	83	78	75	67	72	70	100	
v _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	
Schaalfactor																										
1e verdieping																										
L _v [dB]	49	51	63	62	70	80	84	80	82	85	84	87	88	83	88	93	101	90	80	78	73	62	72	70	103	
v _{eff,max} [mm/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,04	0,11	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	
Schaalfactor																										
Schaalfactor																										

Railverkeer

project

Spoor Roodeschool - Eemshaven

materieel

cat.4

woning

Hooilandseweg 4

Min. afstand 63 m

vormfactor C_F (v_{rms}/v_{top})

0,3

Trillingen woning

Trillingen woning														Begane grond (Z)						Verdieping (Z)						Verdieping (X)					
Huidig		Uurintensiteiten												Trillingssterkten						Trillingssterkten						Trillingssterkten					
		Goederen			Reizigers									V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}					
Spoor	Afstand	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N			
Spoor 1	63 m	0,02	0,03	0,01										0,08	0,08				0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04						
		0,02	0,03	0,01										0,08	0,08				0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04						
Autonoom 2025		Uurintensiteiten												Trillingssterkten						Trillingssterkten						Trillingssterkten					
		Goederen			Reizigers									V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}					
Spoor	Afstand	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N			
Spoor 1	63 m	0,02	0,03	0,01										0,08	0,08				0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04						
		0,02	0,03	0,01										0,08	0,08				0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04						
Plansituatie		Uurintensiteiten												Trillingssterkten						Trillingssterkten						Trillingssterkten					
		Goederen			Reizigers									V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}			V _{max}		V _{per}					
Spoor	Afstand	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N	D/A	N	D	A	N			
Spoor 1	63 m	0,18	0,19	0,12	0,46	0,02								0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05						
		0,18	0,19	0,12	0,46	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00			