M+P | Onderdeel van Müller-BBM groep
Mensen met oplossingen

Rapport

Aanleg Geogrids traject Leeuwarden Akkrum, onderzoek trillingen vanwege railverkeer, nulmeting.

M+P.RAIL.23.09.1 | 15 september 2023

Colofon

Opdrachtnemer	M+P raadgevende ingenieurs BV
Opdrachtgever	Prorail Postbus 2212 3500 GE UTRECHT
Opdrachtnummer	-
Titel	Aanleg Geogrids traject Leeuwarden Akkrum, onderzoek trillingen vanwege railverkeer, nulmeting.
Rapportnummer	M+P.RAIL.23.09.1
Revisie	0
Datum	15 september 2023
Aantal pagina's	35
Auteur	ing. Marc Burgmeijer
Redacteur	ir. Theodoor Höngens
Contactpersoon	ing. Marc Burgmeijer | 0297-320651 | info@mp.nl
M+P	Visserstraat 50 | 1431 GJ Aalsmeer Wolfskamerweg 47 | 5262 ES Vught www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLingenieurs | ISO 9001 gecertificeerd

Copyright

© M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011 Artikel 46).

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Meetopstelling	5
2.1	Meetlocatie	5
2.2	Meetraai	5
2.3	Opstelling opnemers	6
2.4	Meting op onderstation	7
2.5	Meetsysteem	8
2.6	Meetduur	9
2.7	Rijsnelheid	9
2.8	Meetomstandigheden	9
2.9	Meetprotocol	9
3	Verwerking meetgegevens	11
3.1	Analyse verschilmeting	12
4	Resultaten metingen	14
4.1	Ruwe meetdata	14
4.2	Snelheidsmetingen, passagetijden en treintypen	15
4.3	Meetresultaten	16
5	Samenvatting resultaten	17
6	Literatuur	19
bijlage A	Figuren	20
bijlage B	Plot meetwaarden gemeten overdrachtsdemping trillingen	20
bijlage C	Meetresultaten na filter	23

1 Inleiding

In opdracht van Prorail is een onderzoek uitgevoerd naar trillingen veroorzaakt door railverkeer ter plaatse van het onderstation aan de Lenswei 5 te Reduzum.

Op het traject Akkrum Leeuwarden wordt een bovenbouw met een Geogrid mat aangebracht. In het kader van het Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS) wordt onderzocht wat het effect is op trillingen door de bodem. In dit rapport zijn de trillingsniveaus onderzocht in de nulsituatie, dus met de traditionele bovenbouwconstructie. Na aanleg van de Geogrids zullen de metingen herhaald worden. De Geogrids worden alleen aangelegd op het westelijke spoor, dus het traject Leeuwarden richting Grou/Akkrum.

figuur 1 *Meetlocatie onderstation bij Reduzum*

De metingen hebben plaatsgevonden tussen 12 en 28 juli 2023. De metingen zijn uitgevoerd conform het Uniform Meetprotocol IBS Trillingen [3] (verder ‘uniform meetprotocol’ genoemd).

2 Meetopstelling

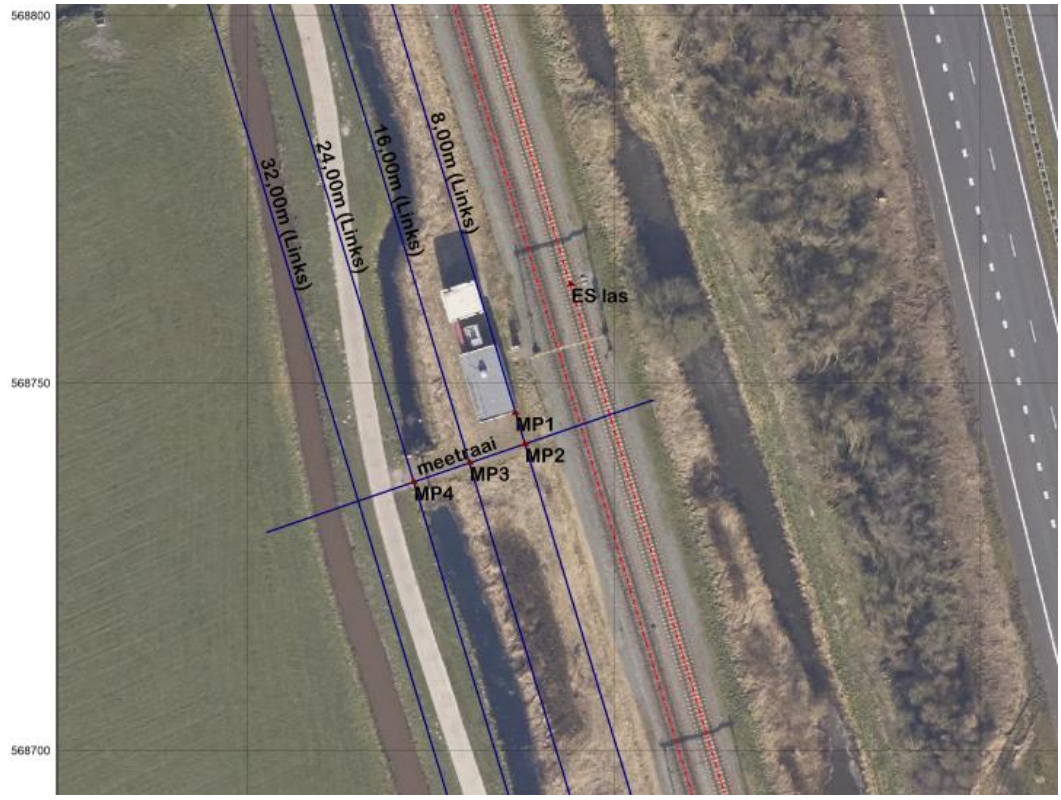
Doel is het effect van de maatregel te bepalen met een zo groot mogelijke betrouwbaarheid. De metingen worden uitgevoerd volgens het uniform meetprotocol [3]. Daar waar afgeweken wordt van het meetprotocol is dit vermeld en waar nodig beargumenteerd.

2.1 Meetlocatie

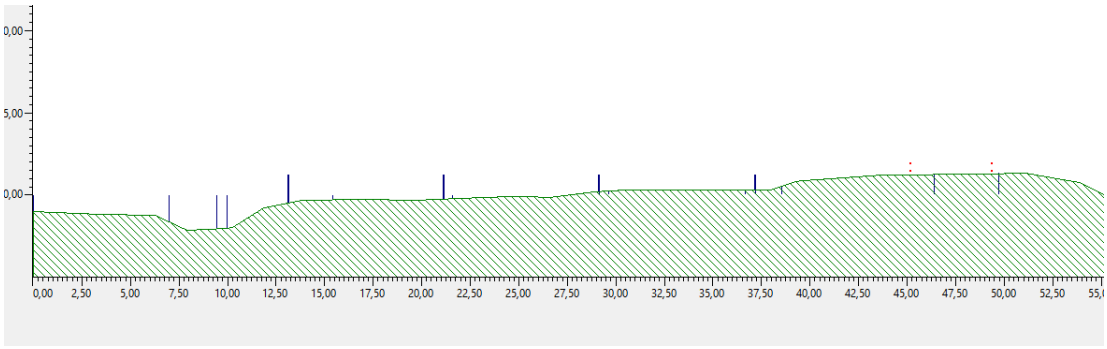
Gekozen is de in figuur 1 weergegeven locatie op ongeveer 1,7 km ten noorden van station Grou. Op deze locatie is het mogelijk de meetsystemen relatief ongestoord te kunnen opstellen. De afstand tot aan het station is voldoende groot zodat de treinen op kruissnelheid de meetlocatie passeren. Daarmee is beoogd het snelheidsverschil tussen de treinen zo klein mogelijk te houden.

2.2 Meetraai

De afstand van het hart van het westelijk spoor tot aan de sloot die de begrenzing vormt met het aangrenzende weiland bedraagt 34 meter. De voorkeursmeetraai bedraagt 8-16-24-32-48 en 64 meter (2.3.5 van het meetprotocol). Deze afstanden zijn weergegeven in figuur 2 en als doorsnede in figuur 3. De meetpunten op 48 en 64 meter bevinden zich in het weiland en vallen af. Het meetpunten 32 meter bevindt zich aan de overzijde van de weg. Na schouwing ter plaatse is ervoor gekozen om de meetpunten te kiezen op 8, 16 en 24 meter. Deze meetpunten vallen alle binnen het Prorail terrein. Ten oosten van het spoor is een brede sloot en is er kans op verstoring vanwege de rijksweg. De meting vindt daarom uitsluitend plaats ten westen van het spoor. Alleen het westelijke spoor wordt beoordeeld.



figuur 2 Locatie meting spoortrillingen ten noorden van Grou



figuur 3 *Bodemprofiel dwarsdoorsnede meetraai*

2.3 Opstelling opnemers

Op de gekozen locatie is wegdekverharding aanwezig in de vorm van betonklinkers. Direct naast de verharding is het maaiveld drassig en dichtbegroeid met riet. Bovendien is het lager gelegen zodat plaatsing hier niet de voorkeur heeft (risico voor beschadiging meetapparatuur door water). In overleg met Prorail, is ervoor gekozen om de opnemers direct te plaatsen op de klinkerverharding. In afwijking van het meetprotocol (3.1.1.c) is ervoor gekozen om de opnemers los te plaatsen. Deze zijn geplaatst op drie bouten (circa 20 mm) direct op de klinkerverharding. Vanwege de oneffenheid van de ondergrond, en de verwachte trillingsniveaus, is een horizontale verplaatsing uit te sluiten. De plaatsingsmethode heeft geen invloed op de meetresultaten.

figuur 4 *Plaatsing opnemers op maaiveld*

figuur 5 *Plaatsing opnemers op maaiveld*

Meetpunten 2,3 en 4 zijn opgesteld op het maaiveld. Alle meetsystemen zijn zo georiënteerd dat de Y-richting haaks aan het spoor is, de X-richting hier parallel aan en de Z-richting is verticaal.

2.4 Meting op onderstation

Meetpunt 1 is bevestigd aan de gevel van het onderstation (figuur 6). De opnemer is geplaatst middels een stalen hoekprofiel ter plaatse van een hoek van het gebouw juist boven maaiveld. De opnemer is middels bouten vast bevestigd aan het profiel. De afstand valt ongeveer gelijk met de 8 meter contour (zie figuur 2).

figuur 6 *Plaatsing opnemer aan onderstation*

2.5 Meetsysteem

Gebruikt zijn twee meetsystemen ORION Acoem 01dB tri-axiale versnellingsopnemer. Deze meetsystemen zijn uitgerust met interne tri-axiale versnellingsopnemers. Daarbij zijn tevens tri-axiale geofoons/snelheidsopnemers aangesloten van het type Sinus Swing type 902219,7. De metingen zijn verwerkt conform de DIN4150-2 [2].

In onderstaande tabel is samengevat welke meetapparatuur was opgesteld.

tabel I *Meetpunten met de opgesteld apparatuur*

meetpunt (zie figuur 3)	afstand tot hart spoor	opstelling	opnemer	kanalen *
1	8 m	onderstation	extern Sinus op Orion 02	02-6/7/8 (X/Y/Z)
2	8 m	maaiveld	intern Orion 02	02-14/15/16 (X/Y/Z)
3	16 m	maaiveld	extern Sinus op Orion 03	03-6/7/8 (X/Y/Z)
4	24 m	maaiveld	intern Orion 03	03-14/15/16 (X/Y/Z)

*) betreft aanduiding bij verwerking meetgegevens

2.6 Meetduur

Gestreefd is naar een zo groot mogelijke nauwkeurigheid. Tabel 4 van het meetprotocol geeft aan dat binnen een snelheidsvariatie van +/- 5% per klasse minimaal 50 tot 225 passages dienen worden gemeten per klasse. Indien de snelheidsvariatie groter is, dan zijn minimaal 110 tot 410 passages per klasse nodig. Ongedifferentieerd per klasse bedraagt het aantal 120 tot 530 treinen. In de huidige dienstregeling rijden 2 intercity's en 2 sprinters per uur (per richting). De totale meetduur bedroeg circa 14 dagen.

2.7 Rijsnelheid

De snelheid en de meetrichting is gemeten aan de hand van een Viatronics stationary sensor pro 1 (Stalker radar). De Stalker radar was opgesteld in een kunststof kist op circa 5 meter van het spoor. De meetrichting was zuidelijk.

figuur 7 *Opstelling snelheidsradar*

2.8 Meetomstandigheden

Tijdens de metingen hebben zich geen ongewone omstandigheden voorgedaan voor wat betreft de dienstregeling en de weersomstandigheden (zoals storm of zware regenval).

2.9 Meetprotocol

De werkzaamheden worden volgens het meetprotocol uitgevoerd. Op onderstaande punten van het meetprotocol trillingen hebben wij opmerkingen of wijken wij (gemotiveerd) af van het protocol:

2.2 Keuze van de meetlocatie

2.2.1.a De testsectie moet langer zijn dan 100 meter, binnen 50 meter aan weerszijden van het onderzoekspunt mogen geen significante invloedsfactoren aanwezig zijn.

De afstand tot aan de snelweg is meer dan 50 meter. Verstoring vanaf de landweg door bijvoorbeeld tractoren worden uitgefilterd. De Orion meters zijn zodanig ingesteld dat deze bij overschrijding van een drempelwaarde, het signaal opnemen. Dit signaal is terug te luisteren zodat verstoringen handmatig kunnen worden uitgefilterd.

2.2.2.a Hoogteverschillen tussen spoor en maaiveld moeten kleiner zijn dan 1 meter.

Het hoogteverschil is circa 1,5 meter. Aangezien het hier een verschilmeting betreft en het hoogteverschil gedurende de meetcampagne (voor- en na aanbrengen Geogrids) niet verandert wordt dit acceptabel geacht.

2.3 Locaties en aantal meetpunten

2.3.5.b In meersporige situaties gelden de afstanden uit 2.3.5.a voor elk te onderzoeken spoor.

De meetafstand wordt bepaald ten opzichte van het westelijke spoor. Door de radar kan ook de rijrichting worden bepaald en zodoende kunnen de treinen per rijrichting worden beoordeeld.

2.4 eisen aan apparatuur

2.4.1.b Meetbereik:

- *Versnellingsopnemer: 60 µm/s2 – 30 m/s2. Voor metingen aan treinen geldt bovengrens van 10g (horizontaal) en 70g (verticaal)*
- *Snelheidsopnemer: 10 µm/s – 50 mm/s*

De interne versnellingsopnemer van het toe te passen Orion 01dB meetsystemen voldoen niet aan de onderste gevoeligheid. Boven frequenties van 1 Hz ligt de ruisdrempel van dit meetsysteem ruim onder de 0,01 mm/s. Deze meetsystemen worden op korte afstand (8 en 16 meter) van het spoor geplaatst waarbij de te verwachten niveaus minimaal een factor 20 hoger liggen dan deze ruisdrempel. De gevoeligheid van de meetsystemen zal geen effect hebben op de betrouwbaarheid van de meting. De externe snelheidsopnemer op de overige meetpunten voldoen wel aan de specificaties voor de minimale gevoeligheid.

3 Verwerking meetgegevens

De trillingen zijn verwerkt conform de DIN4150-2 [2]. De *KBFt* waarde uit de DIN4150-2 is vergelijkbaar met de $V_{eff,max}$ waarde uit de SBR-richtlijn B: *Hinder voor personen in gebouwen door trillingen* [1]. Het betreft de grootheid waarbij hinder wordt beoordeeld.

De trillingen worden beoordeeld op het frequentiegebied van 1 tot en met 80 Hz. De streefwaarden worden uitgedrukt in een gewogen trillingssnelheid. In de onderstaande formule is de weegfunctie weergegeven:

(1) $$|H_v(f)| = \frac{1}{v_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f_0}{f}\right)^2}}$$

waarin:

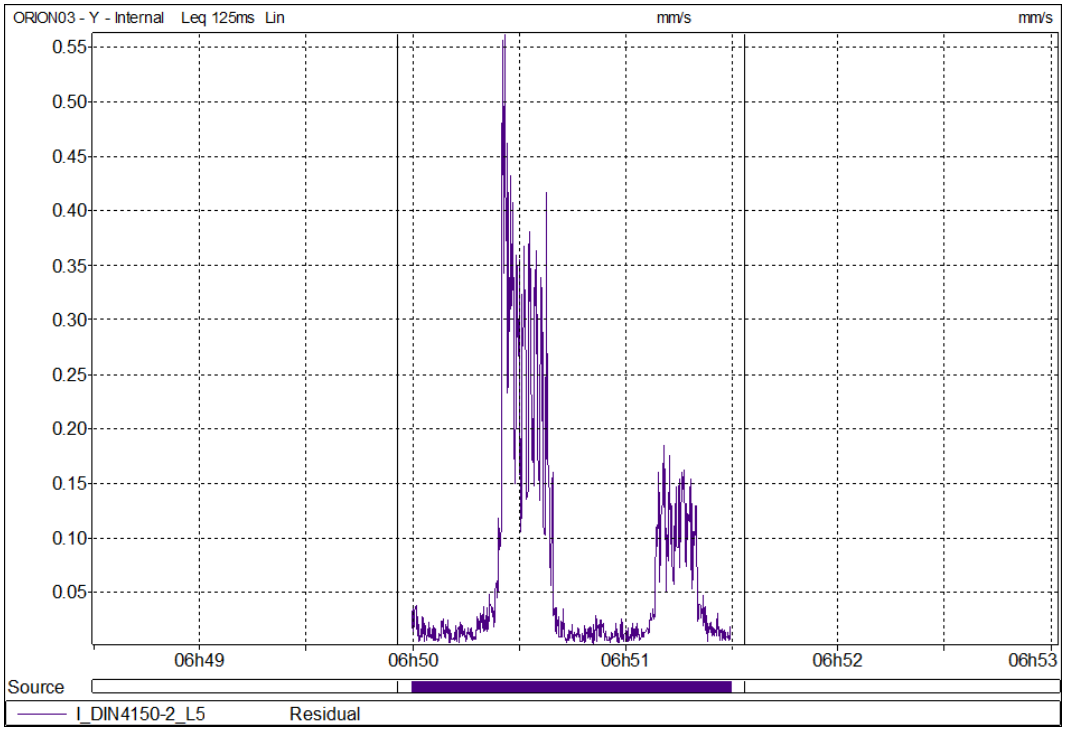
f: frequentie [Hz]

f_0: referentie-frequentie (5,6 Hz)

v_0: trillingssnelheid [mm/s]

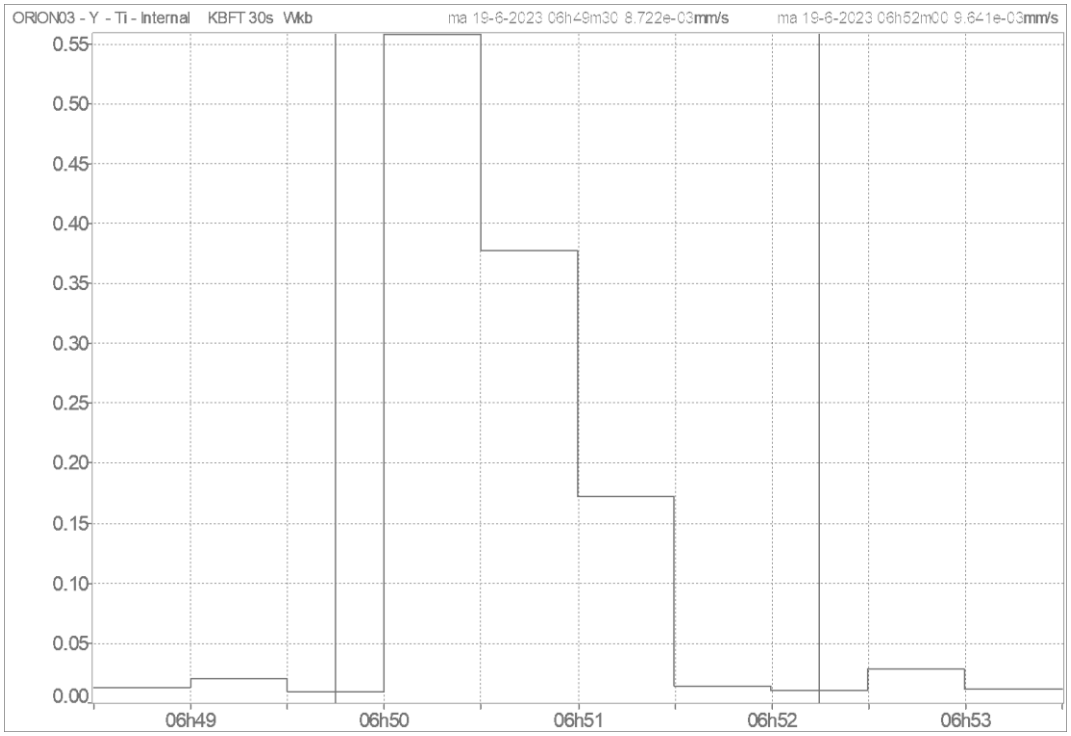
Praktisch gezien houdt de weging in dat in het frequentiegebied van 1 Hz tot 16 Hz een reductie plaatsvindt, en in het frequentiegebied van 16 Hz tot en met 80 Hz nagenoeg geen mindering van toepassing is. Door middel van integratie wordt het gemeten signaal omgezet in een voortschrijdende effectieve waarde.

In onderstaand figuur 8 is een voorbeeld gegeven van een passage van een trein en de daarbij optredende trillingsniveaus in één specifieke richting.



figuur 8 *Trillingsmeting passage trein momentane waarde*

Het gemeten niveau van figuur 8 wordt ingedeeld in meetintervallen van 30 seconden waarbij de hoogste waarde van deze interval wordt overgenomen. Dit intervalmaximum wordt gerapporteerd als de $V_{eff,max}$ zoals weergegeven in figuur 9.



figuur 9 *$V_{eff,max}$ waarde voor een treinpassage*

Omdat dit een verschilmeting betreft zijn geen richtwaarden van toepassing. Bijlage 5 van de SBR richtlijn B geeft een kwalificatie voor de optredende trillingssterkte. Deze kwalificatie is opgenomen in tabel II.

tabel II *hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer*

$V_{eff,max}$ [-]	hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 - 0,2	weinig hinder
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

3.1 Analyse verschilmeting

De metingen zijn conform hoofdstuk 4.2 van het uniform meetprotocol logaritmisch gemiddeld. Tevens is de standaarddeviatie op basis van de lognormale verdeling bepaald.

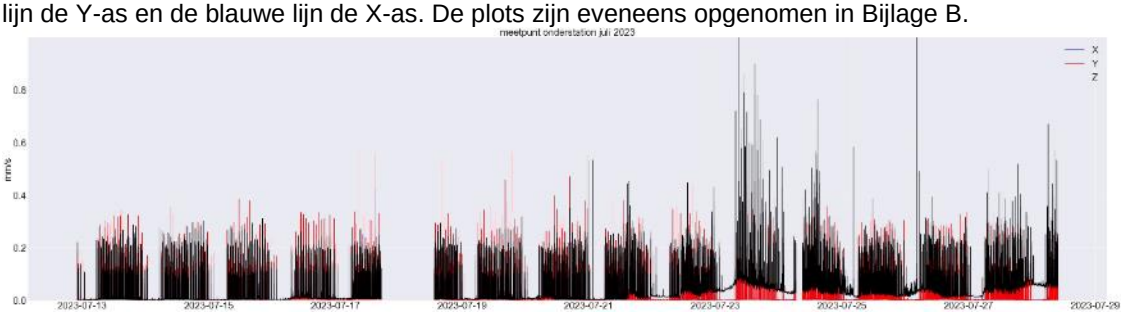
Aan de hand van de radargegevens en de dienstregeling is bepaald binnen welke tijdsinterval zowel de stoptreinen als de intercity's passeren. Deze zijn uitgefilterd op deze tijdsintervallen waarbij alle meetintervallen van 30 seconde met een waarde lager dan 0,1 mm/s zijn genegeerd.

Van de geregistreerde metingen is een top 15 gemaakt met de hoogste waarden. Van deze top 15 zijn alle metingen die een verstoring vormen uitgefilterd (en geïtereerd indien nodig) en wordt een gemiddelde gemaakt voor zowel de stoptreinpassages als de intercitypassages en beide met vermelding van het aantal passages.

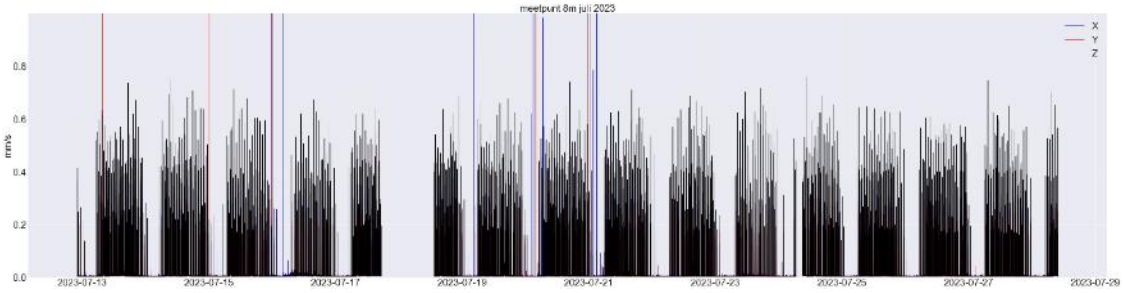
4 Resultaten metingen

4.1 Ruwe meetdata

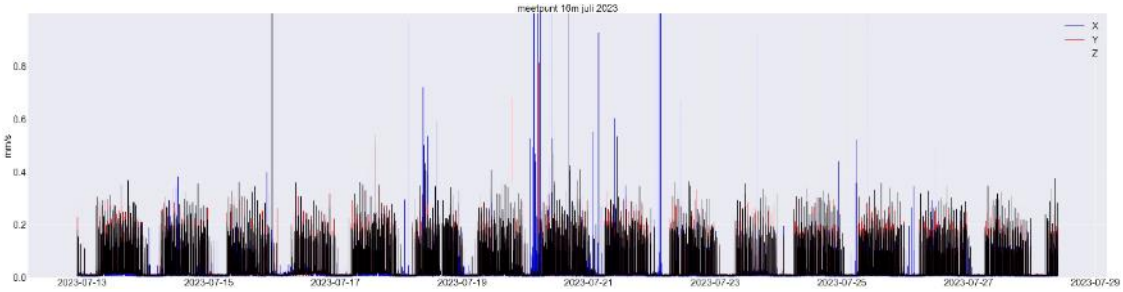
In onderstaand figuur 10 t/m figuur 13 is voor alle 4 meetpunten het verloop van de gemeten trillingsniveaus weergegeven als functie van de tijd. De zwarte lijn betreft de verticale Z-as, de rode lijn de Y-as en de blauwe lijn de X-as. De plots zijn eveneens opgenomen in Bijlage B.



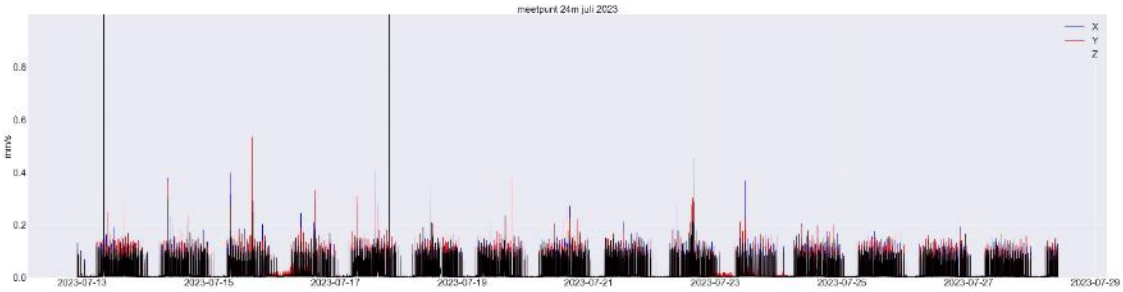
figuur 10 *trillingsniveaus meetpunt 01, gevel onderstation op 8 m hart westelijk spoor*



figuur 11 *trillingsniveaus meetpunt 02, maaiveld op 8 m hart westelijk spoor*



figuur 12 *trillingsniveaus meetpunt 03, maaiveld op 16 m hart westelijk spoor*



figuur 13 *trillingsniveaus meetpunt 04, maaiveld op 24 m hart westelijk spoor*

Wat betreft de metingen en de hieruit volgende data merken wij het volgende op:

- Meetpunt 1 en 2 aangesloten op systeem 02 missen data rond 18-07-2023. Dit ten gevolge van een volle geheugenkaart.
- Meetpunt 1 op het onderstation geeft vanaf ongeveer 22-07-2023 een afwijkend patroon te zien bij het Z-kanaal. Op dit kanaal was erg veel storing aanwezig, vermoedelijk ten gevolge van trillingen of het magnetisch veld van de transformatoren in het onderstation. Deze verstoring viel qua frequentie echter ruim boven het 80 Hz lowpass filter van de meter zodat wij ervan uitgaan dat dit geen invloed heeft gehad op de meetresultaten. Vanaf 22-07-2023 worden hogere pieken gemeten en is ook de ruisdrempel verhoogt van het Z-kanaal. Hiervan is niets terug te vinden op de andere meetpunten. Het betreft hier dan ook een storing. Alle metingen dit tijdstip voor het Z-kanaal meetpunt 1 zijn buiten beschouwing gelaten. Voor de X- en Y – kanalen zijn er geen afwijkingen waargenomen.
- Voor de overige kanalen zijn sporadisch met name voor de X- en Y kanalen hogere waarden geregistreerd ook als er geen treinen passeren in de nacht. De oorzaak hiervan is onbekend en deze metingen zijn verder buiten beschouwing gelaten.
- Meetpunt 4, zowel de X- en Y- richting hebben verstoringen gehad, vermoedelijk ten gevolge van het klapperen van het metalen hek in de wind. Deze zijn voor de meest relevante metingen handmatig uitgefilterd.
- Alle meetpunten maar met name 3 en 4, hebben verstoring gehad ten gevolge van passage van landbouwvoertuigen. Deze zijn voor de meest relevante metingen handmatig uitgefilterd zoals beschreven in hoofdstuk 3.1.

Buiten de hierboven vermelde afwijkingen zijn verder geen relevante verstoringen waargenomen. Met de toegepaste filters zijn betrouwbare meetresultaten vastgelegd.

4.2 Snelheidsmetingen, passagetijden en treintypen

Met behulp van de radar zijn snelheidsmeting verricht. Vanwege een beschadigde voedingskabel heeft de radar maar een beperkt aantal treinen geregistreerd. Dit betrof 89 treinen, zowel intercity's als stoptreinen, op het westelijke spoor met een gemiddelde snelheid van 127,8 km/u. De standaarddeviatie van de snelheid bedroeg 10,2 km/h. Dit betreft dus een afwijking van +/- 8% op de snelheid, waarbij dus wordt opgemerkt dat dit maar een beperkt aantal treinen betrof.

Aan de hand van de gemeten tijdstippen en de dienstregeling is de verwachte passagetijd ter plaatse bepaald. Deze zijn opgenomen in tabel III.

tabel III *Verwachte passagetijden*

tijdstip passage	weekdagen	zaterdag	zondag
05:14	ic		
05:54	ic		
06:10	sprinter		
06:24	ic		
06:40	sprinter	sprinter	
06:54	ic	ic	
07:10	sprinter	sprinter	

tijdstip passage	weekdagen	zaterdag	zondag
07:13			ic
07:24	ic	ic	
07:40	sprinter		
07:43			ic
08:10	sprinter	sprinter	sprinter
08:24	ic	ic	ic
08:40	sprinter		
08:54	ic	ic	ic
****:10**	sprinter	sprinter	sprinter
****:24**	ic	ic	ic
****:40**	sprinter		
****:54**	ic	ic	ic
19:40	sprinter		
21:54	ic	ic	ic
22:10	sprinter	sprinter	sprinter
22:24	ic	ic	ic
22:43	ic	ic	ic
23:31	ic	ic	ic

De meetresultaten zijn gefilterd door alleen één minuut voor en 1 minuut na de beoogde passagetijd de meetintervallen mee te nemen. Vervolgens zijn alle meetintervallen met een waarde van minder dan 0,1 mm/s genegeerd. Dit is gedaan per treintype maar ook per meetrichting. Hierdoor variëren het aantal metingen per meetrichting.

4.3 Meetresultaten

De resultaten van de metingen zijn opgenomen in tabel VIII t/m tabel XIII van Bijlage C.
In hoofdstuk 5 zijn deze samengevat. In de bijlage zijn tevens de 15 hoogste waarden per meetpunt en meetrichting vermeld.

5 Samenvatting resultaten

In tabel IV t/m tabel VII zijn de meetwaarden samengevat. Het betreft de logaritmisch gemiddelde waarde inclusief de standaarddeviatie. De uitvoer inclusief waarden uitgedrukt in dB (ref 1µm/s) zijn opgenomen in Bijlage C

tabel IV *Meetpunt 1, samenvatting meetresultaten nulmeting juli 2023*

meetpunt (zie figuur 3)	X	Y	Z
	01 stoptreinen		
aantal	325	415	262
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1214	0,1649	0,1974
deviatie [mm/s]	0,0142	0,0266	0,0297
	01 intercity's		
aantal	490	521	355
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1705	0,2405	0,2107
deviatie [mm/s]	0,0311	0,0693	0,0588
	01 alle treinen		
aantal	815	936	617
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1489	0,2034	0,2050
deviatie [mm/s]	0,0371	0,0668	0,0479

tabel V *Meetpunt 2, samenvatting meetresultaten nulmeting juli 2023*

meetpunt (zie figuur 3)	X	Y	Z
	02 stoptreinen		
aantal	418	419	420
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,2952	0,2242	0,3902
deviatie [mm/s]	0,0697	0,0468	0,0739
	02 intercity's		
aantal	532	536	534
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,2547	0,2381	0,4786
deviatie [mm/s]	0,0600	0,0699	0,1677
	02 alle treinen		
aantal	950	955	954
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,2718	0,2319	0,4374
deviatie [mm/s]	0,0682	0,0605	0,1368

tabel VI *Meetpunt 3, samenvatting meetresultaten nulmeting juli 2023*

meetpunt (zie figuur 3)	X	Y	Z
	03 stoptreinen		
aantal	430	425	438
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1382	0,1858	0,1777
deviatie [mm/s]	0,0190	0,0347	0,0321
	03 intercity's		
aantal	548	551	547
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1568	0,2116	0,2367
deviatie [mm/s]	0,0280	0,0509	0,0670
	03 alle treinen		
aantal	978	976	985
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1484	0,2000	0,2083
deviatie [mm/s]	0,0262	0,0462	0,0616

tabel VII *Meetpunt 4, samenvatting meetresultaten nulmeting juli 2023*

meetpunt (zie figuur 3)	X	Y	Z
	04 stoptreinen		
aantal	227	308	177
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1157	0,1162	0,1089
deviatie [mm/s]	0,0160	0,0141	0,0085
	04 intercity's		
aantal	468	473	420
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1288	0,1329	0,1226
deviatie [mm/s]	0,0204	0,0211	0,0181
	04 alle treinen		
aantal	695	781	597
gemiddelde trillingsnelheid [mm/s]	0,1244	0,1260	0,1184
deviatie [mm/s]	0,0202	0,0205	0,0169

6 Literatuur

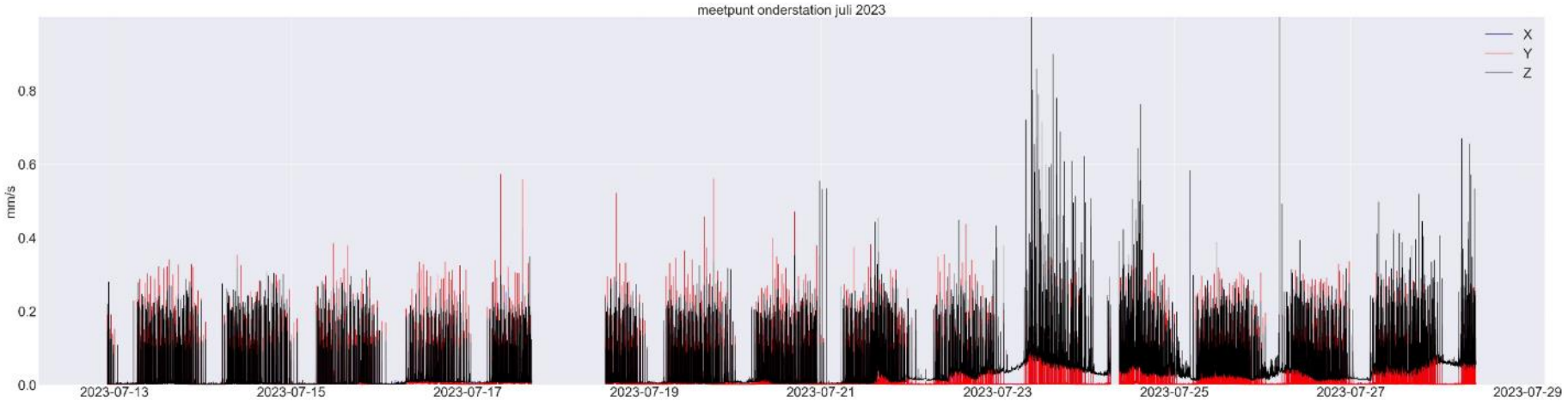
[1] *SBR deel B, Hinder voor personen in gebouwen*, meet- en beoordelingsrichtlijn, augustus 2002;

[2] DIN 4150-2:1999-06, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf menschen in Gebäuden, juni 1999;

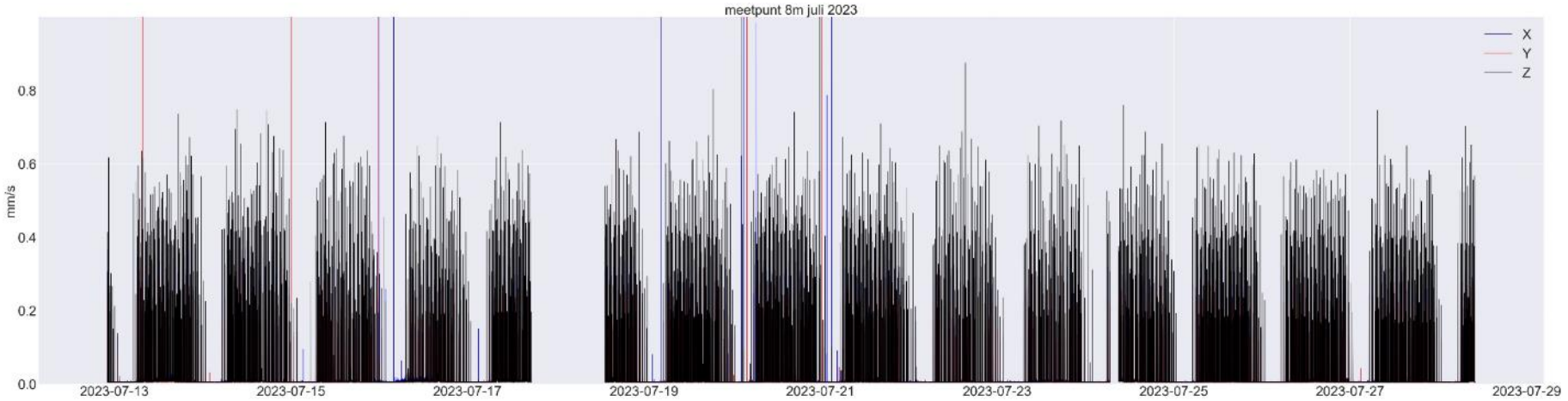
[3] Uniform meetprotocol IBS Trillingen, WBD2021-055, versie 2, Prorail, 31 augustus 2022.

Bijlage B

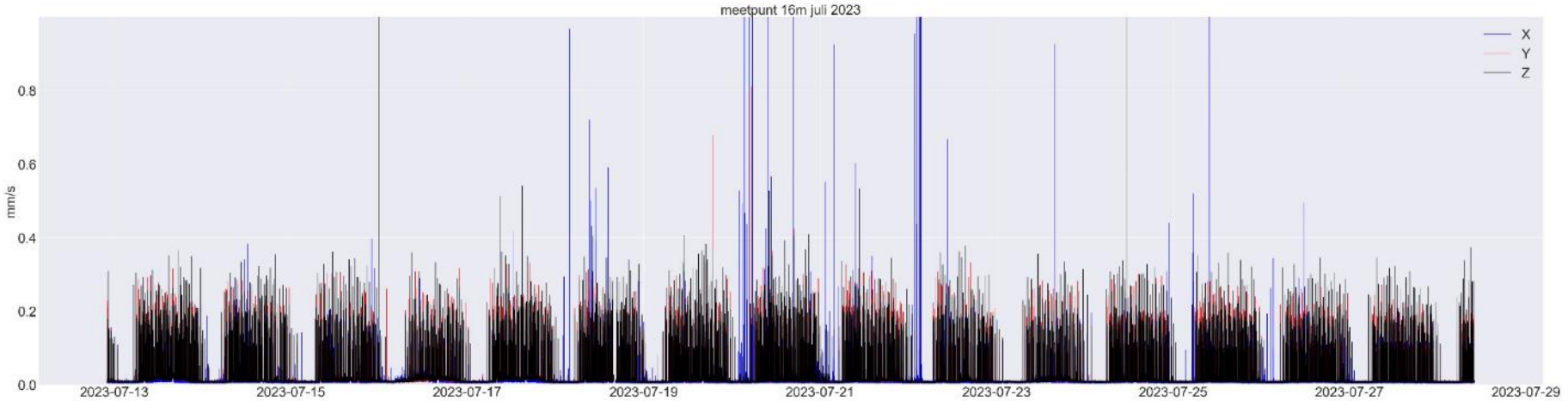
Plot meetwaarden gemeten trillingen



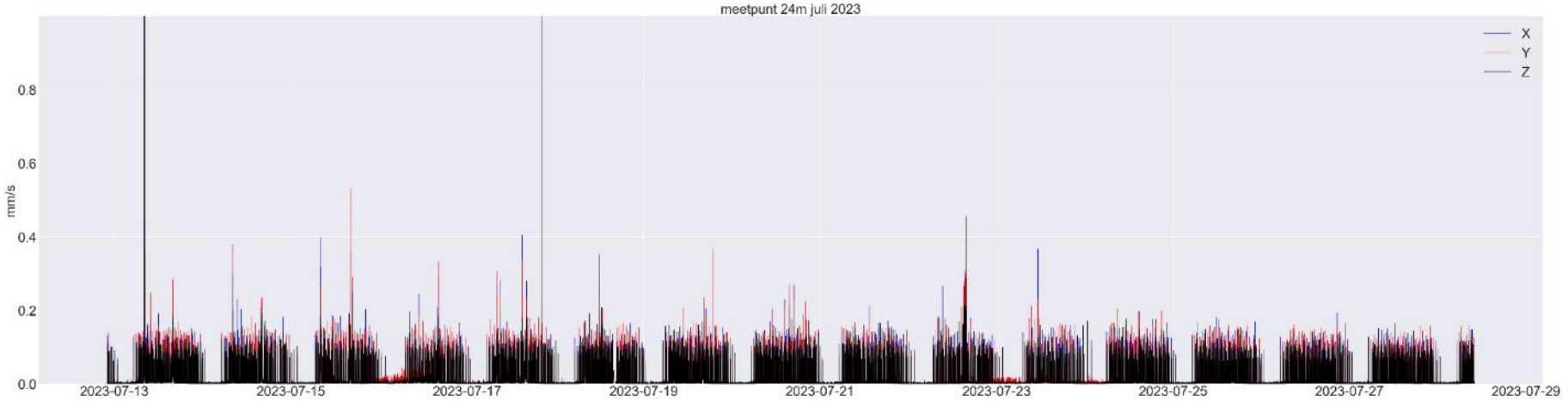
figuur 14 Gemeten trillingsniveaus in tijdsdomein meetpunt 1 onderstation op 8 m hart westelijk spoor



figuur 15 Gemeten trillingsniveaus in tijdsdomein meetpunt 2 maaiveld op 8 m hart westelijk spoor



figuur 16 Gemeten trillingsniveaus in tijdsdomein meetpunt 3 maaiveld op 16 m hart westelijk spoor



figuur 17 Gemeten trillingsniveaus in tijdsdomein locatie Campus (blauw = X-richting, rood = Y-richting, zwart = Z-richting)

Bijlage C

Meetresultaten na filter

tabel VIII *Meetpunt 1 onderstation (Ch.6,7,8) en 2 maaiveld 8 m (Ch.14,15,16),* ***stoptreinen***

	02_Channel 6 stat	02_Channel 7 stat	02_Channel 8 stat*	02_Channel 14 stat	02_Channel 15 stat	02_Channel 16 stat
13-7-2023 06:40		0,2317		0,3859	0,3088	
13-7-2023 10:39	0,1531			0,3948	0,3689	
13-7-2023 11:40		0,2280		0,3914		
13-7-2023 13:11				0,4174	0,3505	0,5220
13-7-2023 14:10		0,2221			0,2981	
13-7-2023 15:09	0,1470					
13-7-2023 17:09			0,2328			
13-7-2023 18:09	0,1797		0,2386	0,4112	0,3252	0,5414
13-7-2023 19:39	0,2250		0,2560		0,3092	0,5271
13-7-2023 20:09	0,1554					
14-7-2023 07:09				0,4376	0,3787	0,5019
14-7-2023 09:39				0,4200	0,3612	0,5134
14-7-2023 12:09			0,2426	0,3869	0,3419	0,4814
14-7-2023 14:10	0,1484					
14-7-2023 14:40	0,1597	0,2408		0,4063	0,3442	0,5408
14-7-2023 17:40			0,2340			
14-7-2023 18:39	0,1560					
15-7-2023 18:09			0,2497			
17-7-2023 14:10						0,5019
18-7-2023 17:09			0,2347			
19-7-2023 07:10		0,2186			0,3363	0,5806
19-7-2023 12:39				0,3840		
20-7-2023 07:09				0,3928		
20-7-2023 08:39				0,4021		
20-7-2023 10:09					0,2893	0,4805
20-7-2023 12:10	0,1482		0,2375			
20-7-2023 13:40		0,2197		0,3918		
20-7-2023 14:39	0,1546					
20-7-2023 16:09		0,2150				
20-7-2023 17:09	0,1623					
20-7-2023 18:39						0,4813
20-7-2023 19:39	0,1651		0,2495			

	02_Channel 6 stat	02_Channel 7 stat	02_Channel 8 stat*	02_Channel 14 stat	02_Channel 15 stat	02_Channel 16 stat
20-7-2023 21:10		0,2169				
21-7-2023 07:09						0,5726
21-7-2023 07:39			0,2347			
21-7-2023 09:10				0,3920		
21-7-2023 11:40				0,3916		
21-7-2023 14:40			0,2969			
21-7-2023 15:09	0,1549					
21-7-2023 16:40		0,2267				
21-7-2023 17:40			0,2530			
22-7-2023 09:09					0,2929	
22-7-2023 17:09		0,2367				
23-7-2023 20:09	0,2037	0,2422				0,4825
23-7-2023 22:09		0,2248			0,2893	0,5056
26-7-2023 10:40					0,3029	
27-7-2023 08:11		0,2512				
28-7-2023 06:10		0,2430				
28-7-2023 08:40	0,1560	0,2629				0,6035
Max	0,2250	0,2629	0,2969	0,4376	0,3787	0,6035
All count	325	415	262	418	419	420
All mean	0,1214	0,1649	0,1974	0,2952	0,2242	0,3902
All deviation	0,0142	0,0266	0,0297	0,0697	0,0468	0,0739
All mean [dB]	101,68	104,34	105,91	109,40	107,01	111,82

*) meetwaarden tot 23-07-2023

tabel IX *Meetpunt 1 onderstation (Ch.6,7,8) en 2 maaiveld 8 m (Ch.14,15,16),* ***intercity's***

	02_Channel 6 stat	02_Channel 7 stat	02_Channel 8 stat*	02_Channel 14 stat	02_Channel 15 stat	02_Channel 16 stat
13-7-2023 08:54				0,3415		
13-7-2023 09:54	0,2551					
13-7-2023 12:24				0,3340		
13-7-2023 17:24						0,7353
14-7-2023 08:53						0,6941
14-7-2023 09:24			0,315	0,5003	0,3739	0,7477
14-7-2023 10:54				0,3431		
14-7-2023 17:24			0,3077			0,7448
14-7-2023 17:53			0,2961			0,7064
14-7-2023 19:23			0,3035			
15-7-2023 09:24						0,7122
15-7-2023 10:55				0,3514		
15-7-2023 11:24	0,2654	0,3842				
15-7-2023 15:24		0,3791				
15-7-2023 16:24			0,295			
15-7-2023 20:24			0,3112			
16-7-2023 10:54	0,3102					
16-7-2023 15:53					0,3727	
17-7-2023 08:54	0,2828	0,5723	0,2973	0,4176	0,5078	0,7125
17-7-2023 10:24	0,2514					
17-7-2023 10:54	0,3105					
17-7-2023 11:24	0,2363					
17-7-2023 15:53				0,3628		
17-7-2023 16:53	0,3024		0,3485	0,3451		
18-7-2023 16:23	0,2819	0,5215		0,4729	0,6461	
19-7-2023 10:54	0,3198	0,3640		0,3341	0,3826	
19-7-2023 14:54			0,3236			
19-7-2023 16:24		0,4571			0,3730	
19-7-2023 16:53	0,2609	0,3733				
19-7-2023 18:54	0,4200	0,5602	0,3341	0,4117	0,6786	0,8023
19-7-2023 22:43			0,3167			
19-7-2023 23:31			0,3137			

	02_Channel 6 stat	02_Channel 7 stat	02_Channel 8 stat*	02_Channel 14 stat	02_Channel 15 stat	02_Channel 16 stat
20-7-2023 10:53	0,3030	0,3987			0,3751	
20-7-2023 11:24				0,3345		
20-7-2023 16:53	0,2652	0,4701	0,3513	0,3606	0,4386	0,7406
20-7-2023 16:54		0,4315			0,4905	
20-7-2023 19:24					0,3676	
21-7-2023 08:53		0,3739				
21-7-2023 09:23					0,3767	
21-7-2023 15:24			0,2981			
21-7-2023 16:24						0,7096
22-7-2023 09:24		0,3547		0,3471		
22-7-2023 12:24			0,3023			
22-7-2023 15:24	0,3268	0,4368			0,4178	0,8751
23-7-2023 15:54				0,3326		
23-7-2023 17:23						0,7167
24-7-2023 10:25						0,7599
24-7-2023 18:23		0,3575			0,4007	
24-7-2023 19:24					0,3815	
27-7-2023 07:24						0,746
28-7-2023 07:24						0,7023
Max	0,4200	0,5723	0,3513	0,5003	0,6786	0,8751
All count	490	521	355	532	536	534
All mean	0,1705	0,2405	0,2107	0,2547	0,2381	0,4786
All deviation	0,0311	0,0693	0,0588	0,0600	0,0699	0,1677
All mean [dB]	104,64	107,62	106,47	108,12	107,54	113,60

*) meetwaarden tot 23-07-2023

tabel X *Meetpunt 1 onderstation (Ch.6,7,8) en 2 maaiveld 8 m (Ch.14,15,16),* ***alle treinen***

	02_Channel 6 stat	02_Channel 7 stat	02_Channel 8 stat*	02_Channel 14 stat	02_Channel 15 stat	02_Channel 16 stat
13-7-2023 09:54	0,2551					
13-7-2023 10:39				0,3948		
13-7-2023 13:11				0,4174		
13-7-2023 17:24						0,7353
13-7-2023 18:09				0,4112		
14-7-2023 07:09				0,4376	0,3787	
14-7-2023 08:53						0,6941
14-7-2023 09:24			0,3150	0,5003	0,3739	0,7477
14-7-2023 09:39				0,4200		
14-7-2023 14:40				0,4063		
14-7-2023 17:24			0,3077			0,7448
14-7-2023 17:53			0,2961			0,7064
14-7-2023 19:23			0,3035			
15-7-2023 09:24						0,7122
15-7-2023 11:24	0,2654	0,3842				
15-7-2023 15:24		0,3791				
15-7-2023 20:24			0,3112			
16-7-2023 10:54	0,3102					
16-7-2023 15:53					0,3727	
17-7-2023 08:54	0,2828	0,5723	0,2973	0,4176	0,5078	0,7125
17-7-2023 10:24	0,2514					
17-7-2023 10:54	0,3105					
17-7-2023 11:24	0,2363					
17-7-2023 16:53	0,3024		0,3485			
18-7-2023 16:23	0,2819	0,5215		0,4729	0,6461	
19-7-2023 10:54	0,3198	0,3640			0,3826	
19-7-2023 14:54			0,3236			
19-7-2023 16:24		0,4571			0,3730	
19-7-2023 16:53	0,2609	0,3733				
19-7-2023 18:54	0,4200	0,5602	0,3341	0,4117	0,6786	0,8023
19-7-2023 22:43			0,3167			
19-7-2023 23:31			0,3137			

	02_Channel 6 stat	02_Channel 7 stat	02_Channel 8 stat*	02_Channel 14 stat	02_Channel 15 stat	02_Channel 16 stat
20-7-2023 07:09				0,3928		
20-7-2023 08:39				0,4021		
20-7-2023 10:53	0,3030	0,3987			0,3751	
20-7-2023 13:40				0,3918		
20-7-2023 16:53	0,2652	0,4701	0,3513		0,4386	0,7406
20-7-2023 16:54		0,4315			0,4905	
21-7-2023 08:53		0,3739				
21-7-2023 09:10				0,3920		
21-7-2023 09:23					0,3767	
21-7-2023 11:40				0,3916		
21-7-2023 14:40			0,2969			
21-7-2023 15:24			0,2981			
21-7-2023 16:24						0,7096
22-7-2023 09:24		0,3547				
22-7-2023 12:24			0,3023			
22-7-2023 15:24	0,3268	0,4368			0,4178	0,8751
23-7-2023 17:23						0,7167
24-7-2023 10:25						0,7599
24-7-2023 18:23		0,3575			0,4007	
24-7-2023 19:24					0,3815	
27-7-2023 07:24						0,7460
28-7-2023 07:24						0,7023
Max	0,4200	0,5723	0,3513	0,5003	0,6786	0,8751
All count	815	936	617	950	955	954
All mean	0,1489	0,2034	0,2050	0,2718	0,2319	0,4374
All deviation	0,0371	0,0668	0,0479	0,0682	0,0605	0,1368
All mean [dB]	103,46	106,17	106,23	108,68	107,31	112,82

*) meetwaarden tot 23-07-2023

tabel XI *Meetpunt 3 maaiveld 16 m (Ch.14,15,16) en 4 maaiveld 24 m (Ch.6,7,8),* ***stoptreinen***

	03_Channel 6 stat	03_Channel 7 stat	03_Channel 8 stat	03_Channel 14 stat	03_Channel 15 stat	03_Channel 16 stat
13-7-2023 06:40					0,2595	
13-7-2023 08:09	0,1821					
13-7-2023 08:10	0,1846	0,1541				
13-7-2023 08:11			0,1266			
13-7-2023 09:09	0,1629					
13-7-2023 11:40		0,1436			0,2456	
13-7-2023 14:10		0,1458		0,1819	0,2524	
13-7-2023 18:09						0,2717
13-7-2023 19:39						0,2847
13-7-2023 19:40			0,1251			
14-7-2023 12:09			0,1223			
14-7-2023 14:40			0,1276			
14-7-2023 15:40						0,2351
14-7-2023 16:10						0,2371
14-7-2023 19:10						0,2717
15-7-2023 08:10				0,1886	0,2485	
15-7-2023 08:10	0,3166	0,2455	0,1456			
15-7-2023 08:11		0,2332	0,1375			
15-7-2023 10:09			0,1216			
15-7-2023 16:09		0,1625				
16-7-2023 13:10						0,2441
17-7-2023 07:40			0,1221			
17-7-2023 09:09				0,1742		
17-7-2023 11:09				0,1788		0,2486
17-7-2023 11:39				0,1763		
17-7-2023 17:39						0,2414
17-7-2023 18:39						0,2388
18-7-2023 08:09			0,1279			
18-7-2023 14:41				0,2338		
18-7-2023 15:39			0,1356			
18-7-2023 15:40						0,2309
18-7-2023 19:10				0,1852		0,236

	03_Channel 6 stat	03_Channel 7 stat	03_Channel 8 stat	03_Channel 14 stat	03_Channel 15 stat	03_Channel 16 stat
19-7-2023 14:09				0,1828		
20-7-2023 07:09						0,2403
20-7-2023 12:10				0,1764		
20-7-2023 14:09						0,2398
20-7-2023 14:39				0,1772		
20-7-2023 17:10			0,1239			
20-7-2023 19:39						0,2389
21-7-2023 07:09		0,1491				
21-7-2023 07:39			0,1264			
21-7-2023 17:40			0,1217			
22-7-2023 09:09					0,2692	
22-7-2023 17:09				0,2083		
23-7-2023 14:09					0,2567	
23-7-2023 19:10				0,1803		
23-7-2023 20:09	0,1591	0,1504		0,2284	0,252	
23-7-2023 22:09			0,1252	0,1784	0,2821	
25-7-2023 10:09		0,1575			0,2812	
25-7-2023 12:40		0,1524			0,2644	
25-7-2023 15:11		0,1596			0,2713	
25-7-2023 17:39		0,1554			0,2665	
25-7-2023 20:10		0,1586			0,2702	
26-7-2023 08:40		0,1502			0,2494	
26-7-2023 11:10		0,1441			0,2507	
27-7-2023 08:11				0,1843		
28-7-2023 08:40			0,1603			0,2834
Max	0,3166	0,2455	0,1603	0,2338	0,2821	0,2847
All count	227	308	177	430	425	438
All mean	0,1157	0,1162	0,1089	0,1382	0,1858	0,1777
All deviation	0,0160	0,0141	0,0085	0,0190	0,0347	0,0321
All mean [dB]	101,27	101,30	100,74	102,81	105,38	104,99

tabel XII *Meetpunt 3 maaiveld 16 m (Ch.14,15,16) en 4 maaiveld 24 m (Ch.6,7,8),* ***intercity's***

	03_Channel 6 stat	03_Channel 7 stat	03_Channel 8 stat	03_Channel 14 stat	03_Channel 15 stat	03_Channel 16 stat
13-7-2023 10:54			0,168			
13-7-2023 14:53						0,3506
13-7-2023 17:24						0,3659
14-7-2023 09:24	0,2304					
14-7-2023 09:25	0,2111					
14-7-2023 10:25	0,2028			0,2187		
14-7-2023 13:25		0,183				
14-7-2023 19:55						0,3543
15-7-2023 09:54					0,3032	
15-7-2023 11:24	0,1849			0,2257		0,3606
15-7-2023 12:23			0,1657			
15-7-2023 13:24	0,1851				0,3052	
15-7-2023 15:24				0,2124		
15-7-2023 20:24	0,2025					
16-7-2023 08:53						0,3592
16-7-2023 09:54					0,3081	
16-7-2023 15:53	0,2076					
17-7-2023 09:24						0,3607
17-7-2023 10:24						0,3507
17-7-2023 10:54				0,2692	0,328	
17-7-2023 16:24		0,1805				
17-7-2023 16:25						0,3494
17-7-2023 16:53				0,2639	0,3307	
17-7-2023 19:24		0,1806				
18-7-2023 06:24					0,2977	
18-7-2023 07:53			0,1656			
18-7-2023 08:54					0,3132	
19-7-2023 06:55			0,1608			
19-7-2023 10:54	0,1865	0,2076		0,2554	0,3328	
19-7-2023 14:54			0,1604			0,3556
19-7-2023 15:53			0,1697			0,363
19-7-2023 16:24	0,229	0,2337		0,2188	0,3184	0,3512

	03_Channel 6 stat	03_Channel 7 stat	03_Channel 8 stat	03_Channel 14 stat	03_Channel 15 stat	03_Channel 16 stat
19-7-2023 16:53	0,2062	0,1827		0,3328	0,3142	0,3825
20-7-2023 10:54		0,2043			0,3626	
20-7-2023 14:24	0,2286	0,2127				0,3917
20-7-2023 19:24		0,1894		0,2292	0,2998	
21-7-2023 09:23				0,2184		
21-7-2023 11:54					0,3049	
21-7-2023 16:24			0,1651	0,2185		
22-7-2023 07:54		0,1805			0,3071	
22-7-2023 08:24		0,1817	0,1753	0,2169		
22-7-2023 09:24	0,2662					
22-7-2023 09:54			0,1766			
22-7-2023 13:53			0,1696			0,3624
22-7-2023 14:55			0,1625			
23-7-2023 09:24		0,2108				
23-7-2023 18:54				0,2164		
24-7-2023 07:53			0,1652			
24-7-2023 08:54	0,2036	0,1944				
24-7-2023 14:24	0,1976	0,1818			0,3013	
24-7-2023 14:54	0,188	0,1962				
24-7-2023 19:24				0,2484		
24-7-2023 22:23			0,1663			
25-7-2023 06:54			0,1694			0,3522
25-7-2023 11:54				0,2157		
27-7-2023 12:25			0,1652			
Max	0,2662	0,2337	0,1766	0,3328	0,3626	0,3917
All count	468	473	420	548	551	547
All mean	0,1288	0,1329	0,1226	0,1568	0,2116	0,2367
All deviation	0,0204	0,0211	0,0181	0,0280	0,0509	0,0670
All mean [dB]	102,20	102,47	101,77	103,91	106,51	107,48
All deviation [dB]	1,28	1,28	1,19	1,43	1,87	2,16

tabel XIII *Meetpunt 3 maaiveld 16 m (Ch.14,15,16) en 4 maaiveld 24 m (Ch.6,7,8),* ***alle treinen***

	03_Channel 6 stat	03_Channel 7 stat	03_Channel 8 stat	03_Channel 14 stat	03_Channel 15 stat	03_Channel 16 stat
13-7-2023 10:54			0,1680			
13-7-2023 14:53						0,3506
13-7-2023 17:24						0,3659
14-7-2023 09:24	0,2304					
14-7-2023 09:25	0,2111					
14-7-2023 10:25	0,2028			0,2187		
14-7-2023 13:25		0,1830				
14-7-2023 19:55						0,3543
15-7-2023 08:10	0,3166	0,2455				
15-7-2023 08:11		0,2332				
15-7-2023 09:54					0,3032	
15-7-2023 11:24				0,2257		0,3606
15-7-2023 12:23			0,1657			
15-7-2023 13:24	0,1851				0,3052	
15-7-2023 20:24	0,2025					
16-7-2023 08:53						0,3592
16-7-2023 09:54					0,3081	
16-7-2023 15:53	0,2076					
17-7-2023 09:24						0,3607
17-7-2023 10:24						0,3507
17-7-2023 10:54				0,2692	0,3280	
17-7-2023 16:25						0,3494
17-7-2023 16:53				0,2639	0,3307	
17-7-2023 19:24		0,1806				
18-7-2023 06:24					0,2977	
18-7-2023 07:53			0,1656			
18-7-2023 08:54					0,3132	
18-7-2023 14:41				0,2338		
19-7-2023 06:55			0,1608			
19-7-2023 10:54	0,1865	0,2076		0,2554	0,3328	
19-7-2023 14:54			0,1604			0,3556
19-7-2023 15:53			0,1697			0,3630

	03_Channel 6 stat	03_Channel 7 stat	03_Channel 8 stat	03_Channel 14 stat	03_Channel 15 stat	03_Channel 16 stat
19-7-2023 16:24	0,2290	0,2337		0,2188	0,3184	0,3512
19-7-2023 16:53	0,2062	0,1827		0,3328	0,3142	0,3825
20-7-2023 10:54		0,2043			0,3626	
20-7-2023 14:24	0,2286	0,2127				0,3917
20-7-2023 19:24		0,1894		0,2292	0,2998	
21-7-2023 09:23				0,2184		
21-7-2023 11:54					0,3049	
21-7-2023 16:24			0,1651	0,2185		
22-7-2023 07:54					0,3071	
22-7-2023 08:24		0,1817	0,1753	0,2169		
22-7-2023 09:24	0,2662					
22-7-2023 09:54			0,1766			
22-7-2023 13:53			0,1696			0,3624
22-7-2023 14:55			0,1625			
23-7-2023 09:24		0,2108				
23-7-2023 18:54				0,2164		
23-7-2023 20:09				0,2284		
24-7-2023 07:53			0,1652			
24-7-2023 08:54	0,2036	0,1944				
24-7-2023 14:24	0,1976	0,1818			0,3013	
24-7-2023 14:54	0,1880	0,1962				
24-7-2023 19:24				0,2484		
24-7-2023 22:23			0,1663			
25-7-2023 06:54			0,1694			0,3522
27-7-2023 12:25			0,1652			
Max	0,3166	0,2455	0,1766	0,3328	0,3626	0,3917
All count	695	781	597	978	976	985
All mean	0,1244	0,1260	0,1184	0,1484	0,2000	0,2083
All deviation	0,0202	0,0205	0,0169	0,0262	0,0462	0,0616
All mean [dB]	101,89	102,01	101,47	103,43	106,02	106,38