Cohere Consultants
Bergstraat 29
Postbus 1755
3811 NE Amersfoort
info@cohereconsult.com

MEMO

Titel:	Trillingsmeting proeflocatie BISI nabij Diepenveen
Opdrachtgever:	ProRail
Contactpersoon:	Irene Kraak
Opgesteld door:	Eliam Vlijm
Datum:	10 april 2024
Referentienummer:	MEM20240402
Status:	Concept 1.0
Paraaf:	Digitaal ondertekend door Eliam Vlijm DN: cn=Eliam Vlijm, c=NL, o=Cohere Consultants, email=eliam.vlijm@cohereconsult.com Datum: 2024.04.10 19:59:03 +02'00'

Contents

Inleiding 3
Situatiebeschrijving 3
Meetperiodes 4
Specificaties meetapparatuur 5
Uitvoeringsaspecten 5
Overzicht alle gemeten V_{effmax} waarden 5
Gegevens treinbewegingen 6
Frequentie-inhoud trillingssignalen per type treinpassage 7
Conclusies 10

Inleiding

De combinatie Groundwater Technology en Cohere Consultants is door ProRail geselecteerd om een praktijkproef uit te voeren. Met de praktijkproef wordt op een proeflocatie langs het spoor de door de combinatie voorgestelde trillingsreducerende BISI-wand in de grond langs het spoor getest. BISI staat voor Bio Inspired Soil Improvement. De wand in de grond is een soort TROC (Trillingsreducerende Ondergrondse Constructie) die trillingen afkomstig van het spoor achter de wand mitigeert.

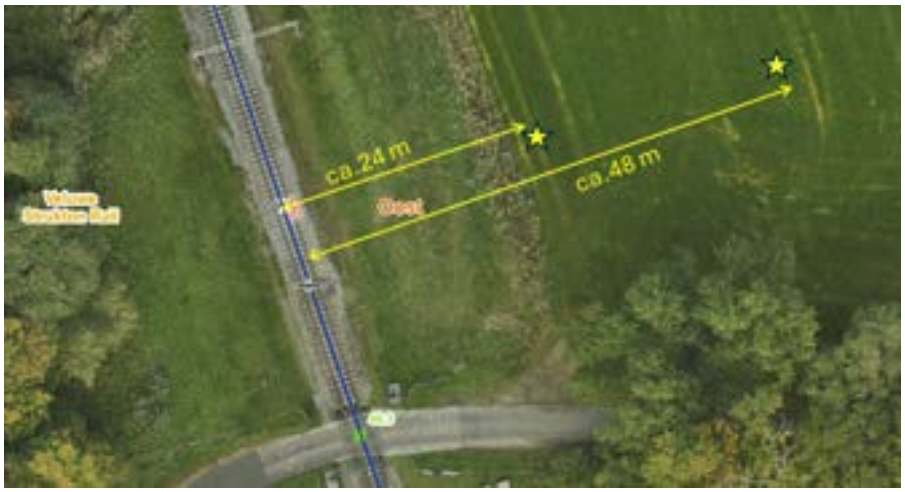
Door het gebiedsteam van ProRail is een locatie voorgesteld om als mogelijke proeflocatie te fungeren nadat meerdere andere locaties zijn bekeken en afgevallen. De locatie betreft geocode 018 Sallandweg KM 48.3, wat een spoorlocatie bij Diepenveen is. De voorgestelde locatie lijkt aan een aantal praktische eisen goed te voldoen zoals ruimte, toegankelijkheid en zandige ondergrond. Echter, het betreft een enkel-lijns spoor waar nauwelijks goederentreinen rijden maar vooral Sprinters en Intercity's. Het is niet helemaal zeker of het treinverkeer voldoende representatief is voor het inzetten van de maatregel.

Om het effect van de BISI-wand aan te tonen in de verschillende frequentiebanden is het van belang dat er voldoende aanstoting plaatsvindt in de verschillende frequentiebanden. Goederentreinen leveren relatief veel hinder door spoortrillingen op doordat lage frequenties sterk worden aangestoten. Dit is met reizigerstreinen over het algemeen minder. De ervaring leert dat voor de lage frequentiebanden (tussen 5-20 Hz) de inhoud bij goederentreinen meer is dan bij reizigerstreinen. Er is bij reizigerstreinen wel inhoud in de lage frequentiebanden, maar minder. Als er voldoende inhoud is bij reizigerstreinen dan kan de werking van de BISI wand voor de lage frequentiebanden ook worden aangetoond door alleen reizigerstreinen te meten. Voordat de proeflocatie definitief wordt gekozen is daarom met een trillingsmeting bepaald of reizigerstreinen voldoende frequentie-inhoud hebben in de verschillende banden en of voldoende signaal (amplitude) wordt gemeten. In voorliggende memo worden de resultaten van de proefmeting beschreven.

Situatiebeschrijving

Er is op twee afstanden tot het spoor te meten. In Figuur 1 wordt dit schetsmatig weergegeven. Ter plaatse van de doorsnede waar de meetpunten haaks op het spoor staan is op ca. 20 meter afstand een ES-las en iets verder op een overgang in het spoor aanwezig. Dit is weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 Opstelling van twee trillingsmeters (ster) Diepenveen geocode 018 Sallandweg KM 48.3. De ES-las is aangegeven met het zwarte plus-symbool.



Analyse van metingen

Van beide meetpunten op maaiveld zijn de meetresultaten verwerkt. Van de gemeten treinpassages is het trillingssignaal met een octaafbandfilter verwerkt, om de frequentie-inhoud zichtbaar te maken. Daarnaast

rapporteren we het trillingsniveau $V_{eff,max}$ per meetrichting. Met deze postprocessing krijgen we een beeld of er voldoende signaal wordt gemeten zowel op 24 als 48 meter afstand. Van een aantal reprersentatieve passages is met behulp van PAB gegevens het treintype bepaald.

Installatie trillingsmeters

Zoals in Figuur 1 weergegeven zijn er in de bodem op maaiveld op twee afstanden van het spoor trillingsmeter geplaatst. Bij de plaatsing van de trillingsmeters zijn de eisen van het meetprotocol gevolgd. In Figuur 2 zijn foto's weergegeven van deze plaatsing: de bovenste 20 cm van de bodem is verwijderd; vervolgens zijn er minstens 20 cm lange schroefdraadpinnen de grond ingeslagen; tenslotte is snelbeton gestort, waardoor er optimaal contact is met de ondergrond. Op het snelbeton is de trillingsmeter geplaatst die is vastgeschroefd aan twee schroefdraden. Deze wijze van plaatsen waarborgt een solide en direct contactvlak van de meter met de ondergrond. Het snelbeton hardt binnen 15-30 minuten uit.

Figuur 2 Installatie meters conform meetprotocol

Meetperiodes

In Tabel 1 wordt de meetperiode weergegeven.

Tabel 1. Meetperiode trillingsmetingen.

Type meting	meetperiode
Weeklange meting	22 maart 15:15 – 3 april 13:30 2024

Specificaties meetapparatuur

In Tabel 2 worden de specificaties van de ingezette meetapparatuur weergegeven.

Tabel 2. Type trillingsmeters.

Type meting	type
Weeklange meting meetpunten bodem	Syscom MR3000C

Uitvoeringsaspecten

De metingen zijn uitgevoerd door IV-Infra B.V. De verwerking van de ruwe meetdata, de interpretatie en nadere verwerking is uitgevoerd door Cohere Consultants.

Voor de metingen geldt de volgende definitie van meetrichtingen:

- X-richting: horizontaal parallel aan het spoor;
- Y-richting: horizontaal loodrecht op het spoor;
- Z-richting: verticaal.

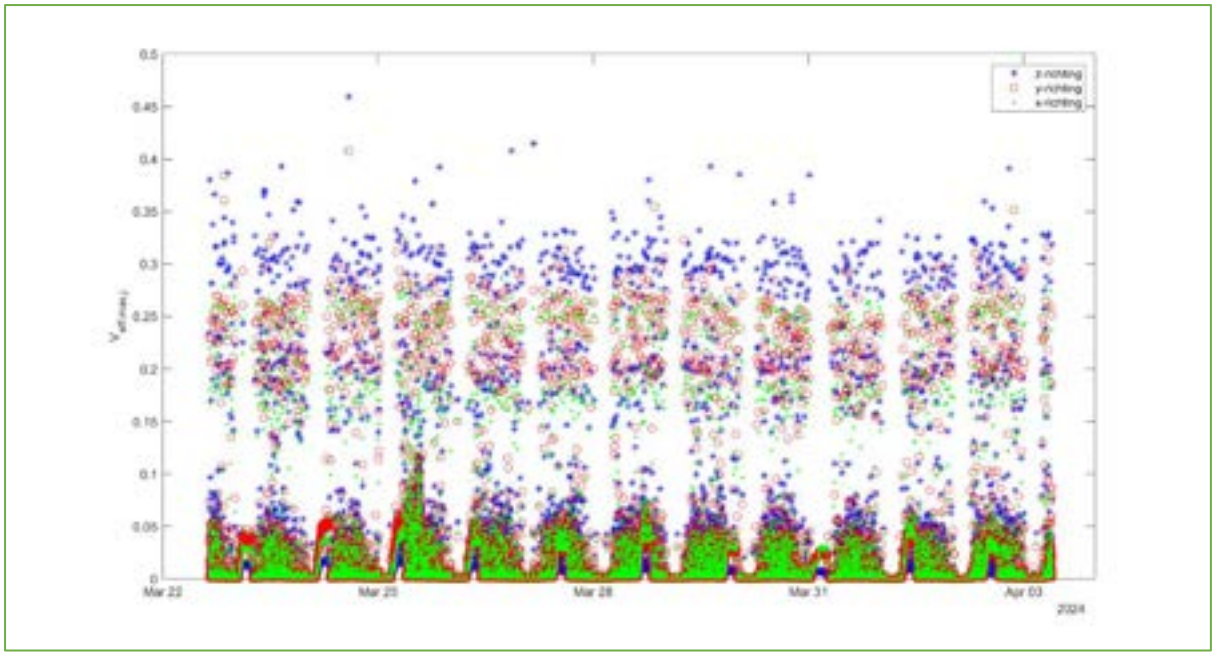
In Figuur 3 worden enkele aspecten van de meetlocatie weergegeven.

Figuur 3 Foto's van proeflocatie: linksboven: verhoogde spoorbaan/oude rangeerterrein, rechtsboven: goederentreinpassage, linksonder: ES-las nabij spoorwegovergang, rechtsonder: spoorwegovergang

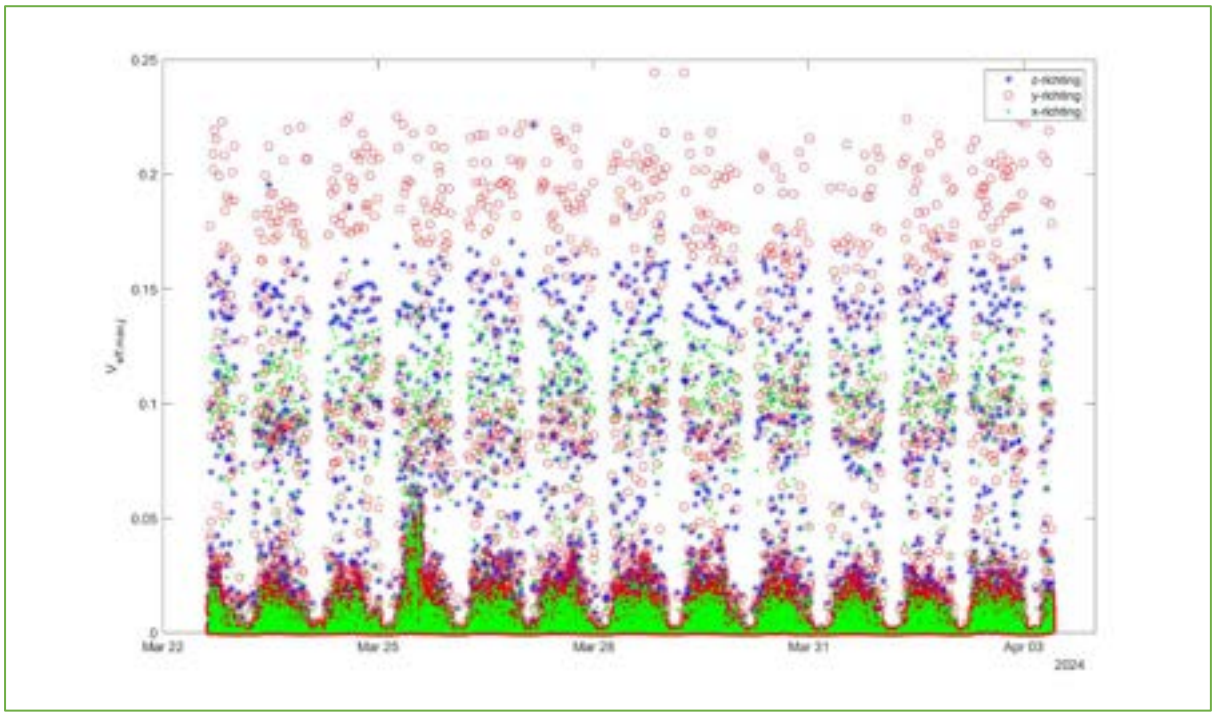
Overzicht alle gemeten V_{effmax} waarden

In Figuren 4 en 5 zijn alle gemeten V_{effmax} waarden gegeven op 24 en 48 meter afstand van het spoor. Uit de figuren blijkt zoals verwacht dat op 48 meter de niveaus aanzienlijk lager zijn dan op 24 meter. Ook blijkt dat op 24 meter in de verticale (z) meetrichting de hoogste niveaus zijn gemeten, maar dat op 48 meter afstand in de y-richting relatief veel passages met hoge niveaus zijn (y-richting is loodrecht op het spoor).

Figuur 4 Alle gemeten V_{effmax} waarden gedurende de meetperiode van het 24 meter punt



Figuur 5 Alle gemeten V_{effmax} waarden gedurende de meetperiode van het 48 meter punt



Gegevens treinbewegingen

Van de meetlocatie zijn voor de gehele meetperiode de treinbewegingen opgevraagd. De gegevens zijn beschikbaar van het meest nabijgelegen meetpunt (in dit geval meetpunt Olst). Tabel 3 geeft hiervan een overzicht. Hieruit blijkt dat er hoofdzakelijk Intercitytreinen (IC's) passeerden maar toch ook een aantal goederentreinen. Dit lijkt goed in overeenstemming met de meetsignalen.

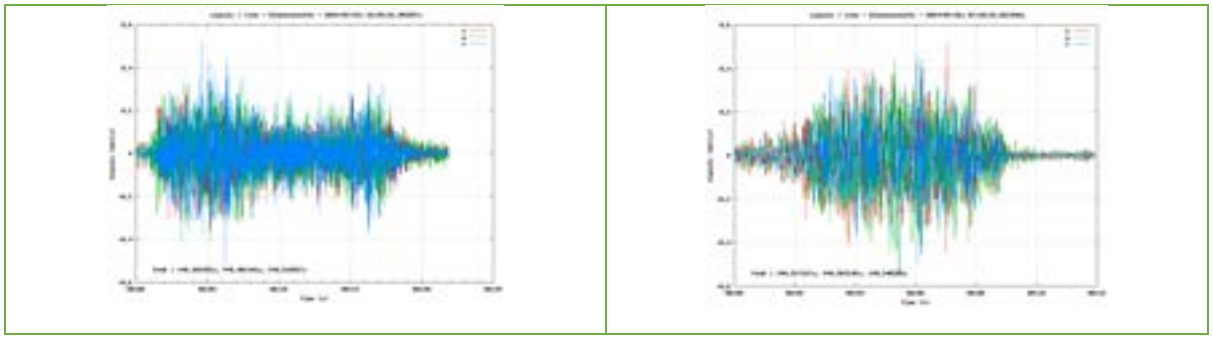
Tabel 3 Samenvattende tabel treinbewegingen tijdens meetperiode

Meetpunt	Totaal aantal passages	Beschrijving materieel
GO	23	TRAXX en BR193 en ELOC1800 getrokken materieel
IC	714	VIRM4 en VIRM6 (enkele BR189 getrokken materieel)
SPR	0	
Overig	62	Leeg materieel, onderhoud etc.

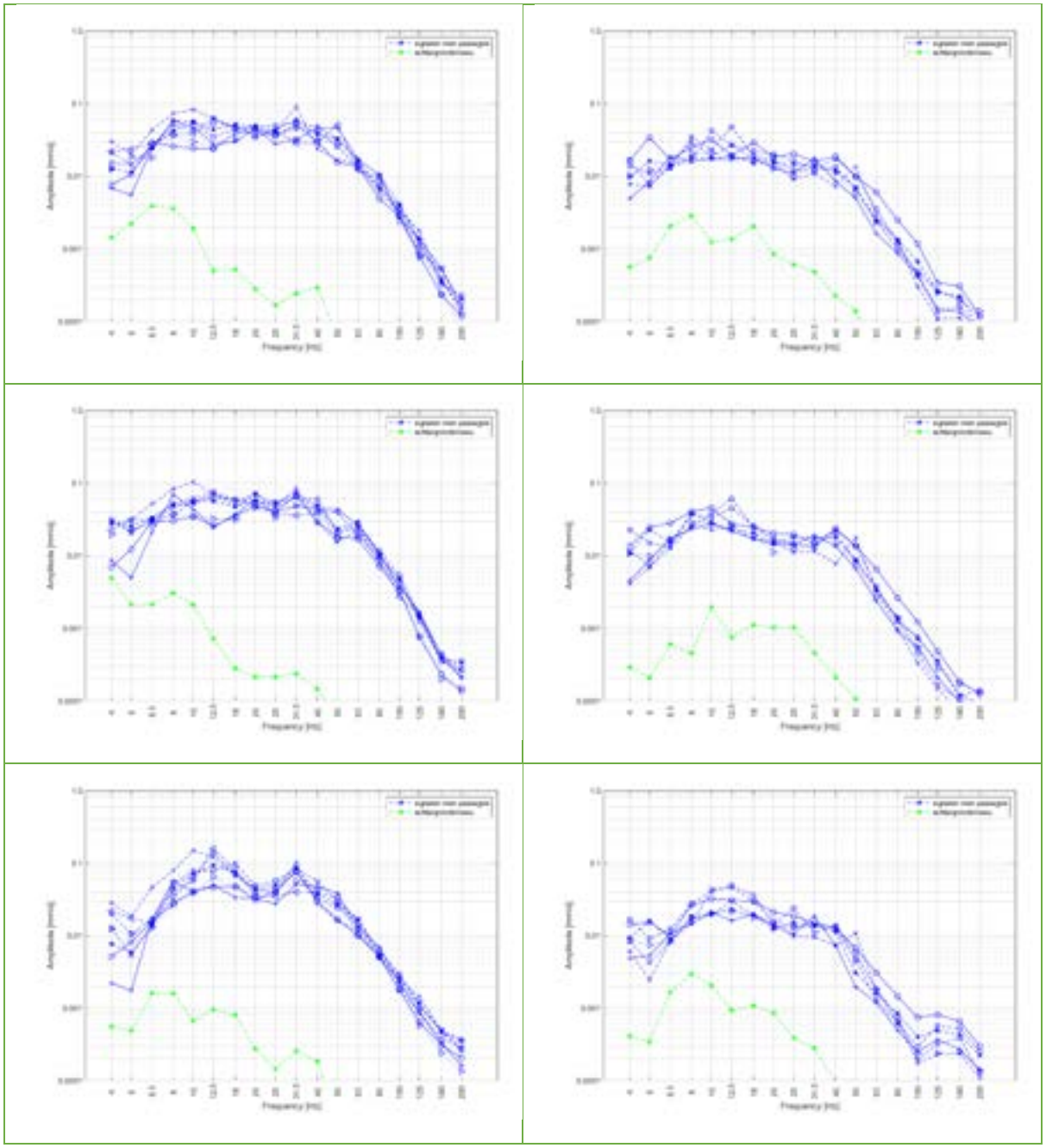
Frequentie-inhoud trillingssignalen per type treinpassage

De metingen hebben vrijwel geen andere signalen dan treinpassages. De signalen zijn duidelijk op te splitsen in karakteristieke signalen van IC's en goederentreinen. Van deze verschillende signalen zijn in Figuur 6 voorbeelden gegeven. Voor een aantal geïdentificeerde signalen is vervolgens een 1/3 octaafband filter gebruikt. Dit geeft de resultaten zoals weergegeven in Figuur 7, 8 en 9. In Bijlage I zijn de geselecteerde signalen opgenomen. De signalen zijn een selectie van alle gemeten signalen maar geven naar verwachting een representatief beeld. In de figuren wordt steeds een achtergrondniveau gepresenteerd van een enkel signaal. Dit signaal de laatste 1-2 seconden van een treinpassagesignaal waarbij het signaal naar verwachting volledig is uitgedoofd.

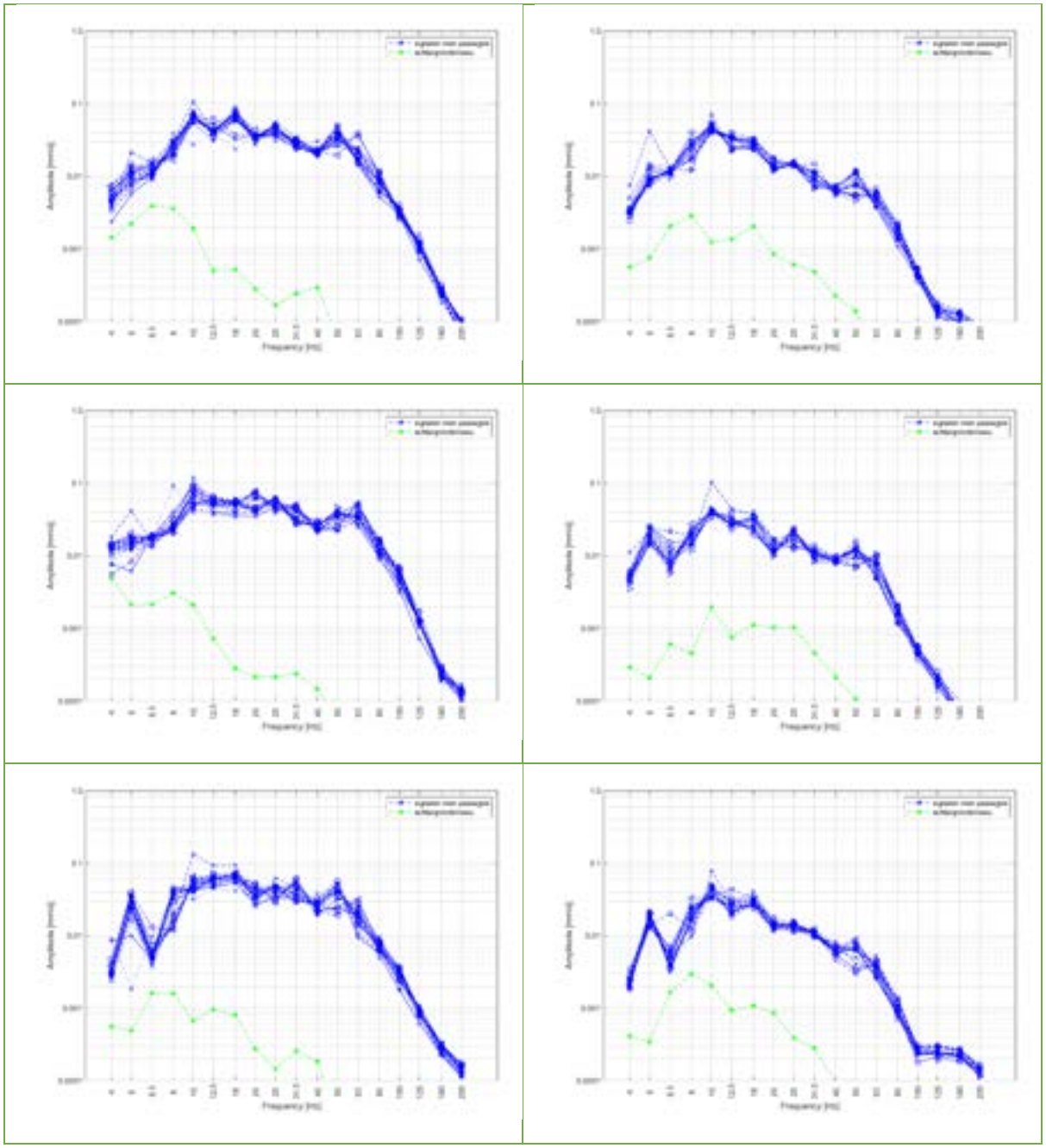
Figuur 6 Voorbeeld van geselecteerde trillingssignalen goederentrein (links) en IC (rechts)



Figuur 7 Tertsbandinhoud geselecteerde trillingssignalen goederentreinen meetpunt 24 meter (links) en 48 meter (rechts), bovenste rij X-richting, midden: Y-richting, onderste rij: Z-richting.



Figuur 8 Tertsbandinhoud geselecteerde trillingssignalen intercity's meetpunt 24 meter (links) en 48 meter (rechts), bovenste rij X-richting, midden: Y-richting, onderste rij: Z-richting.



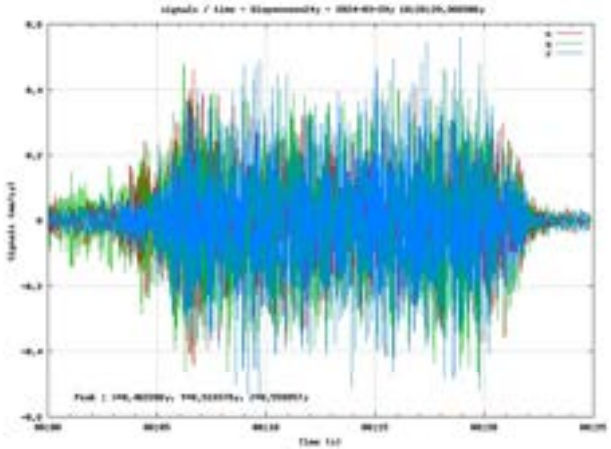
Uit de frequentie-inhoud van de signalen op 24 en 48 meter kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

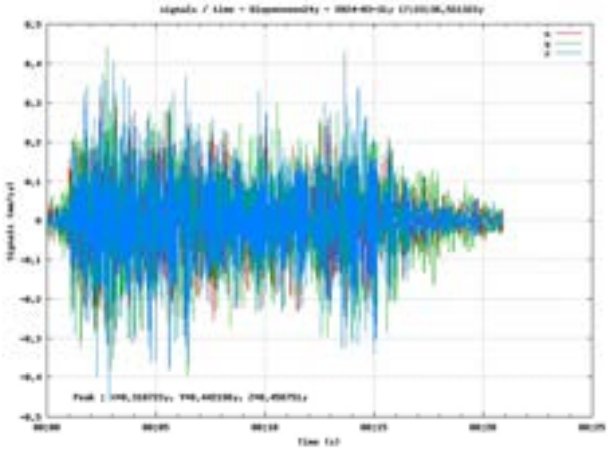
- Er wordt zowel op 24 als op 48 meter duidelijk trillingssignalen van treinen gemeten.
- Het gehele frequentiespectrum lijkt meer dan voldoende te worden aangestoten (van 6-ca. 80 Hz).
- De goederentreinen hebben voor lage frequentiebanden (6-12.5 Hz) de meeste inhoud, de Intercity's hebben tussen de 10-20 Hz de meeste inhoud.
- Met name de intercity's hebben een zeer contant beeld wat met het oog op de proef met de BISI wand gunstig is. Er hoeft dan in de vergelijking voor en na toepassen van de BISI maatregel weinig te worden verdisconteerd in andere mogelijke variërende parameters

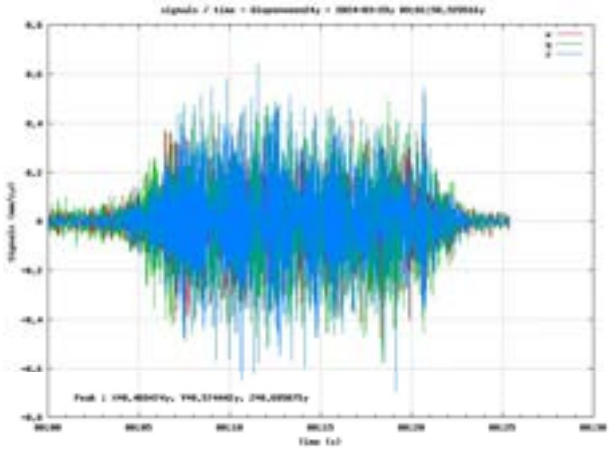
Conclusies

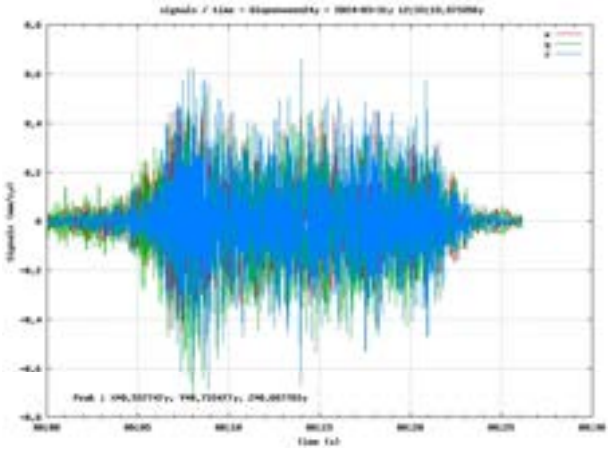
Uit de trillingsmetingen blijkt dat de beoogde proeflocatie met het oog op passerende treinen en optredende trillingssignalen een geschikte locatie is om de proef uit te voeren. Er is voldoende inhoud in het relevante frequentiegebied.

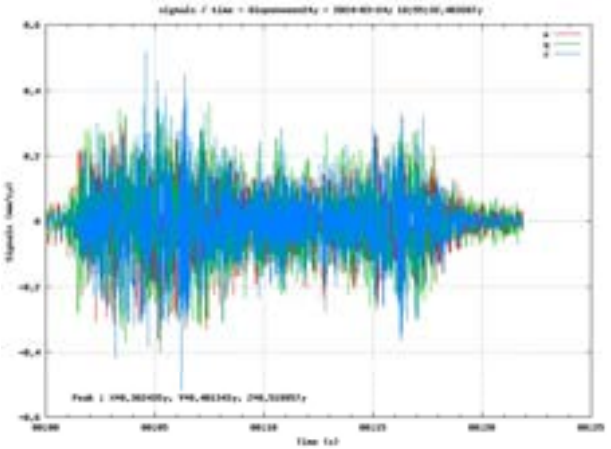
Bijlage I – Geselecteerde goederentrein en intercity signalen 24 meterpunt

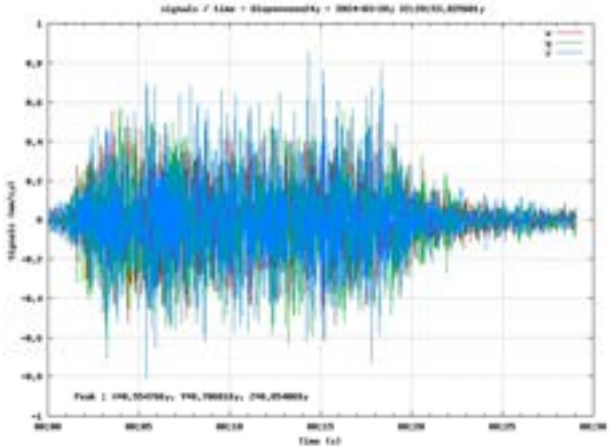


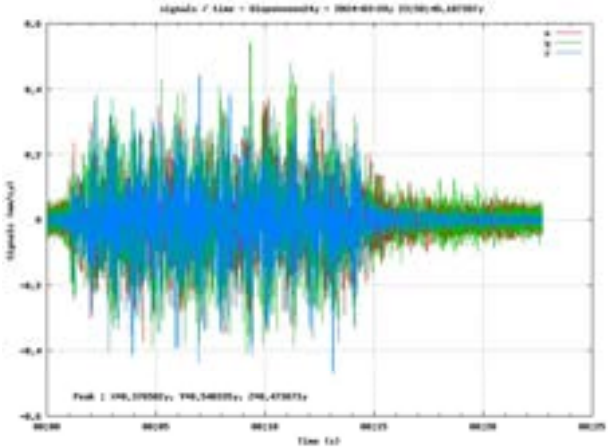


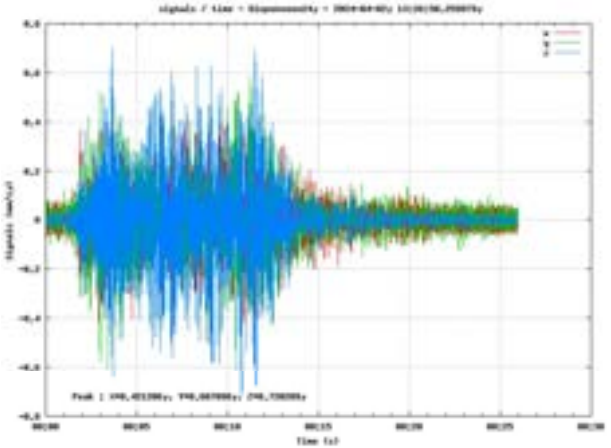


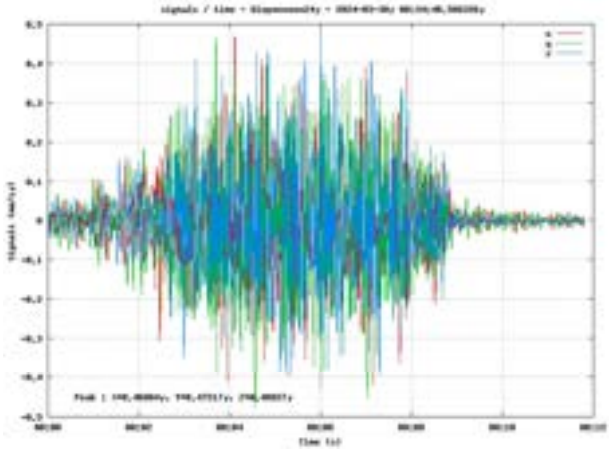
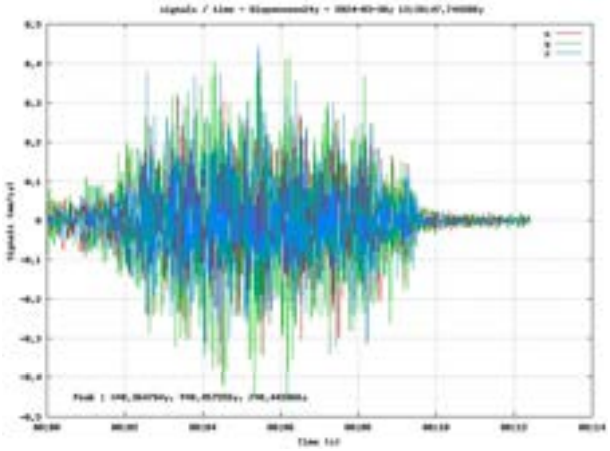
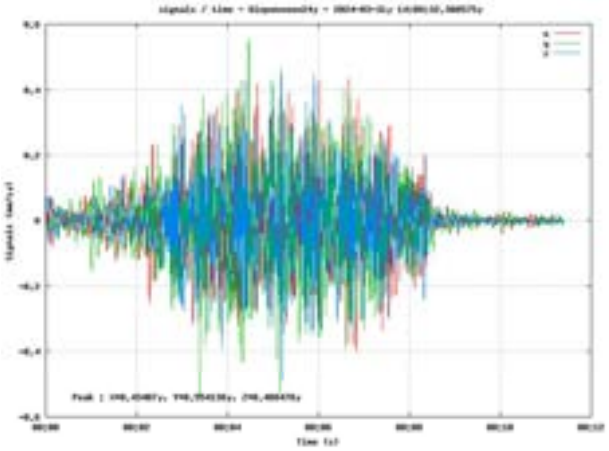
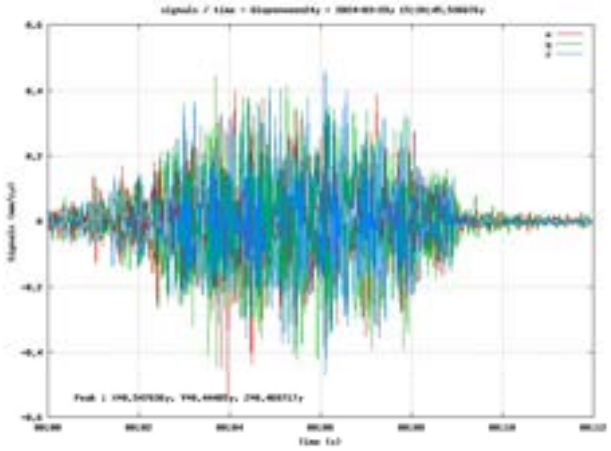
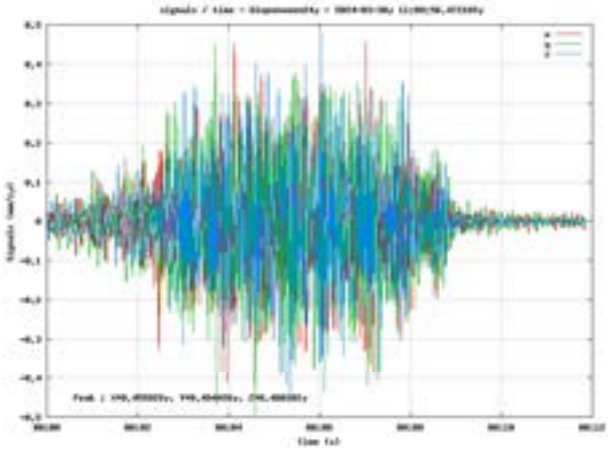
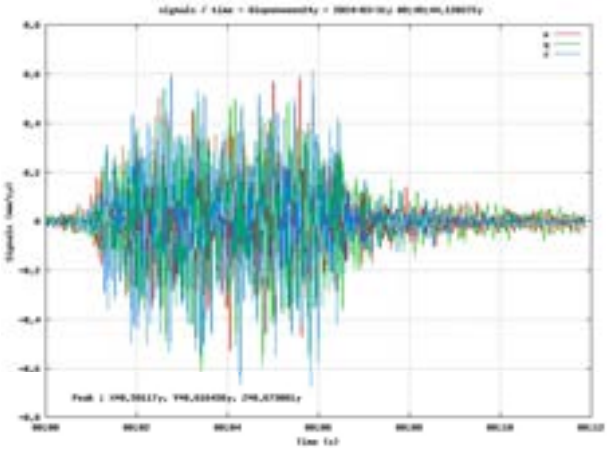
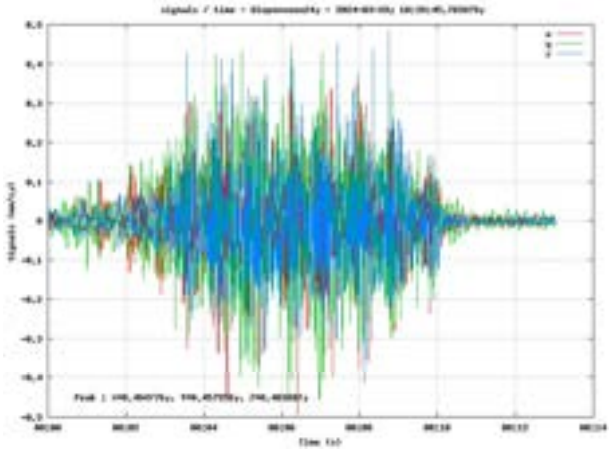
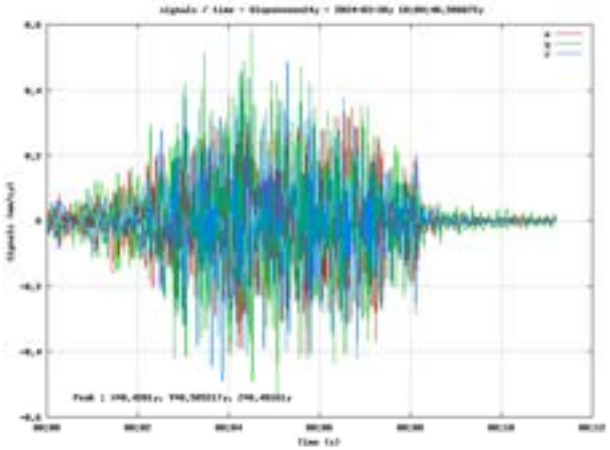
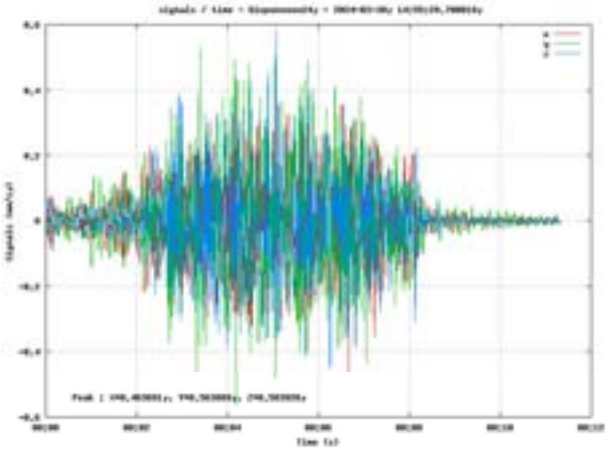


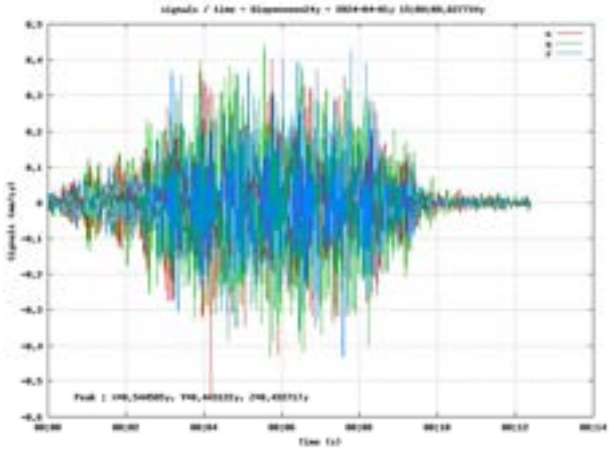
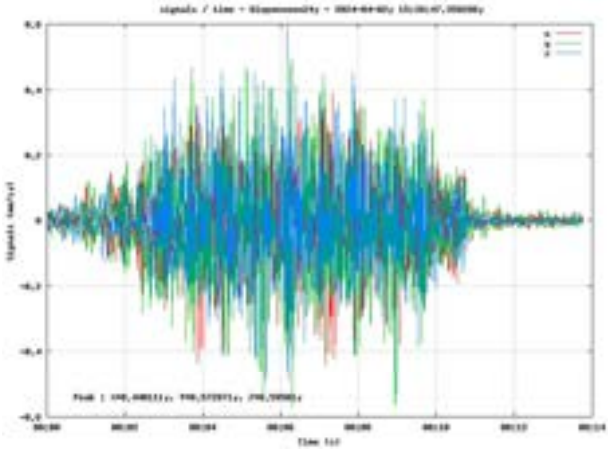
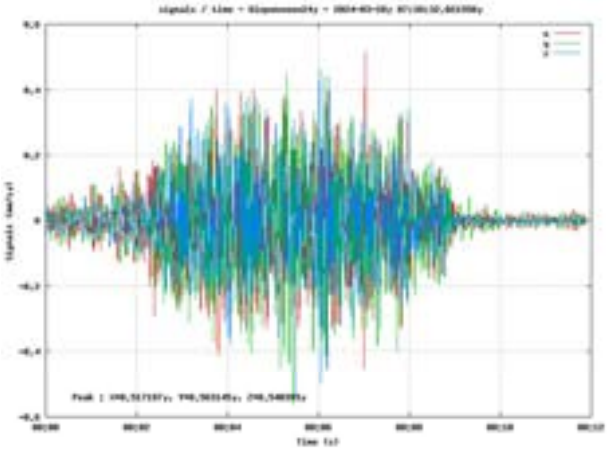
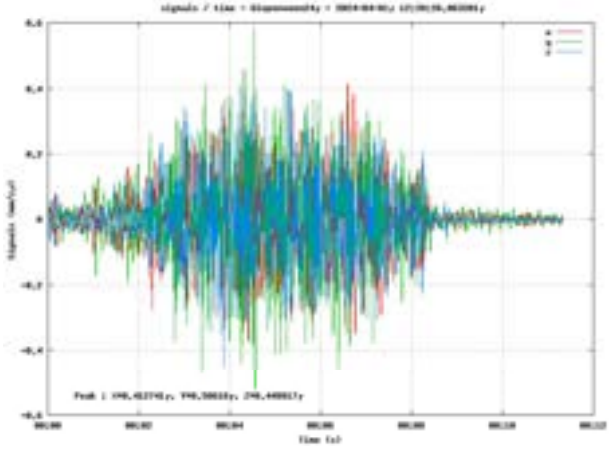
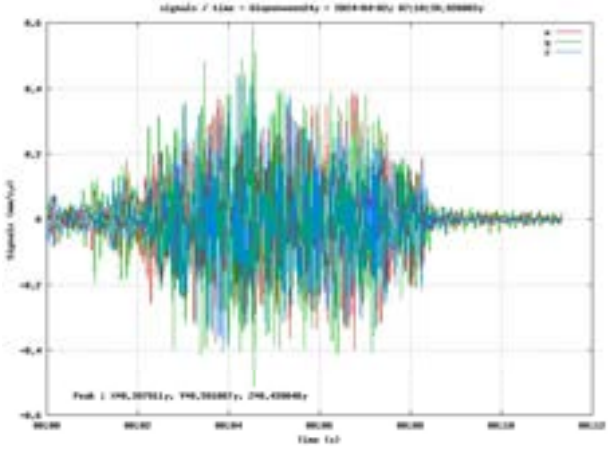
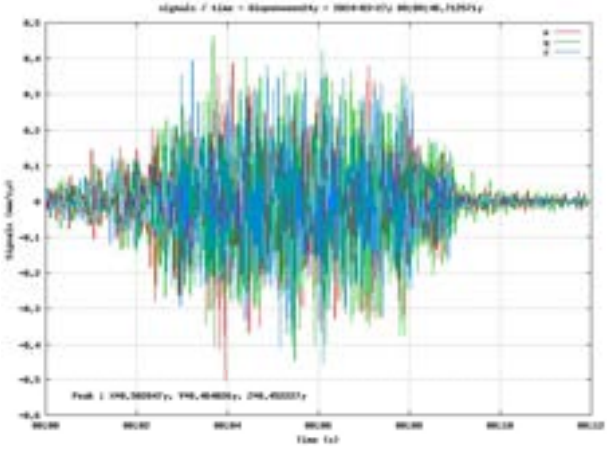
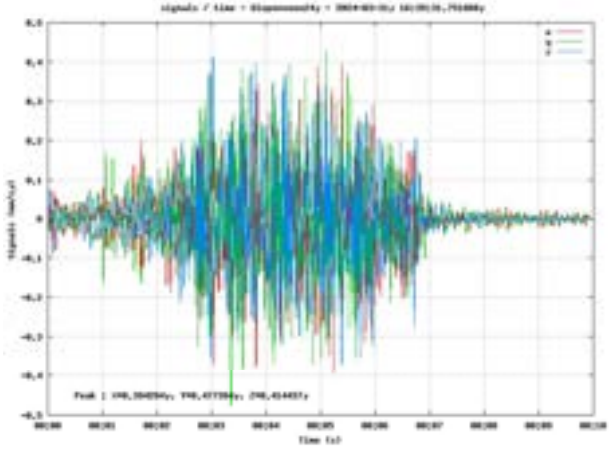
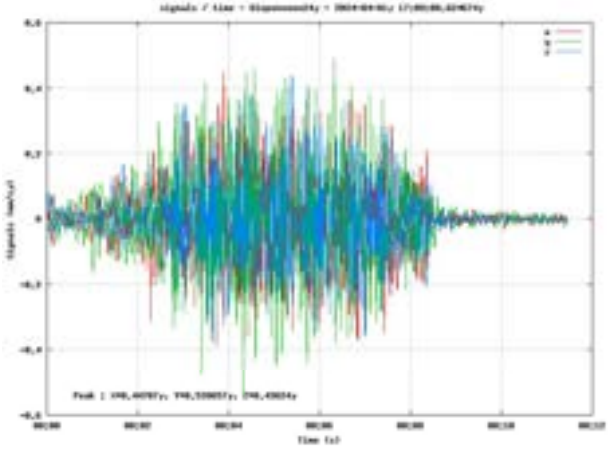
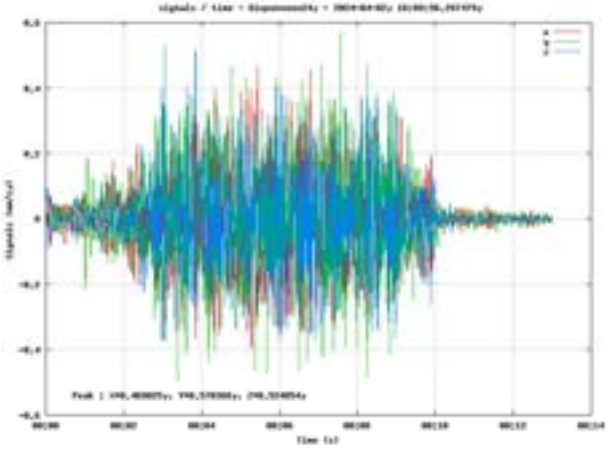


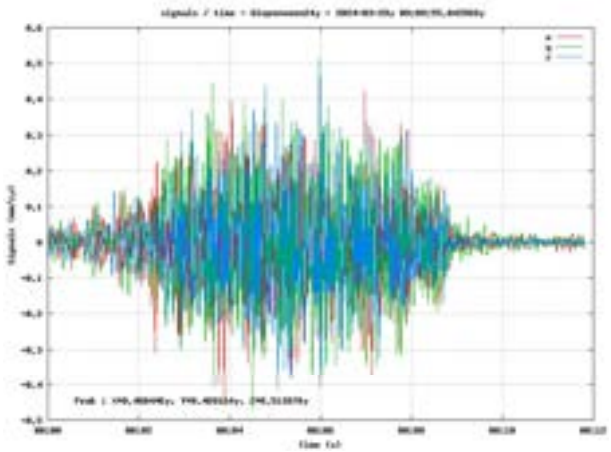


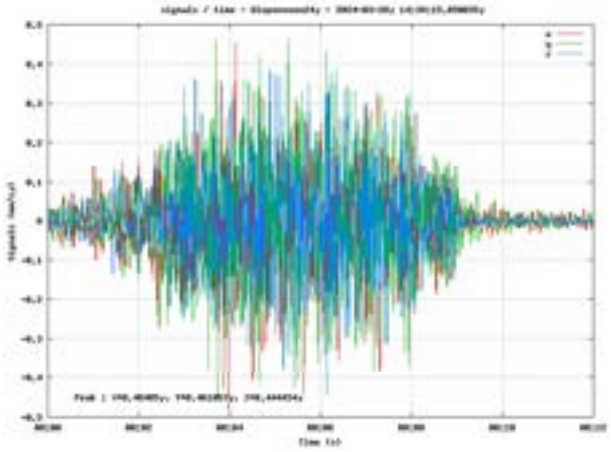
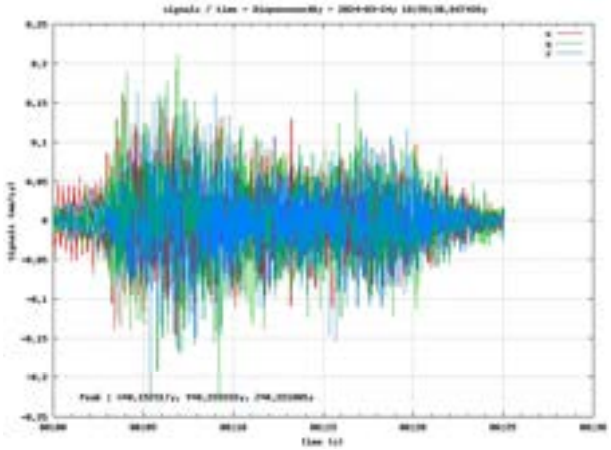
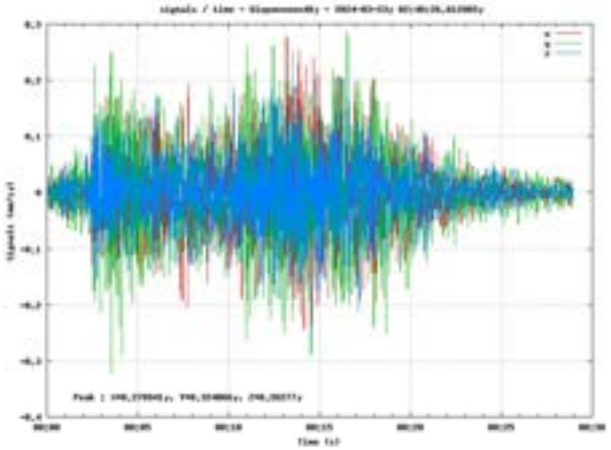
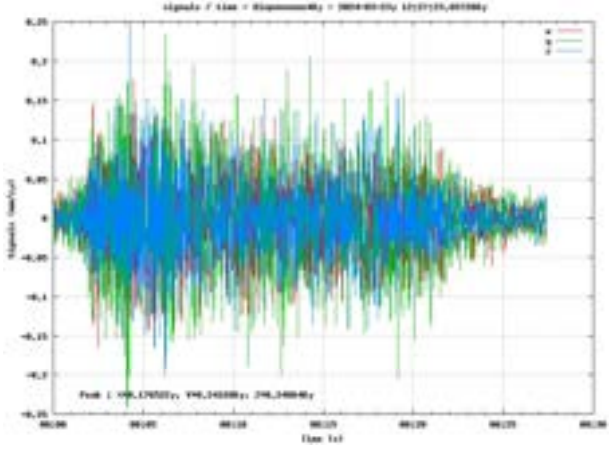
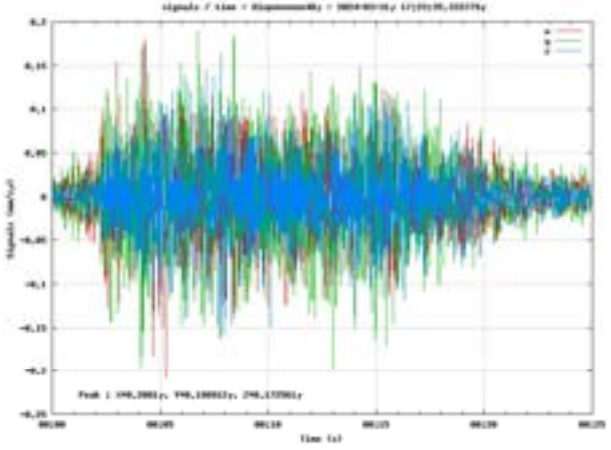
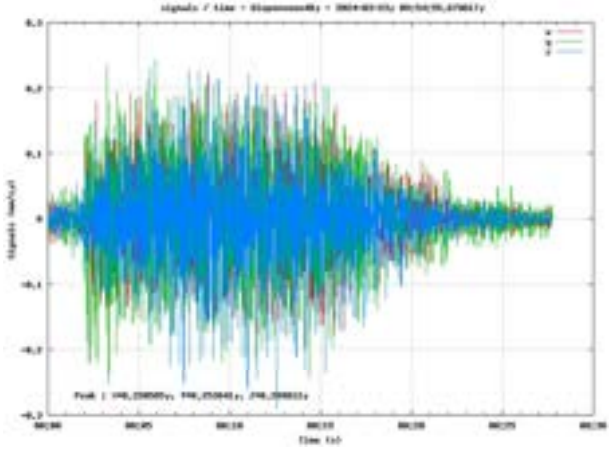
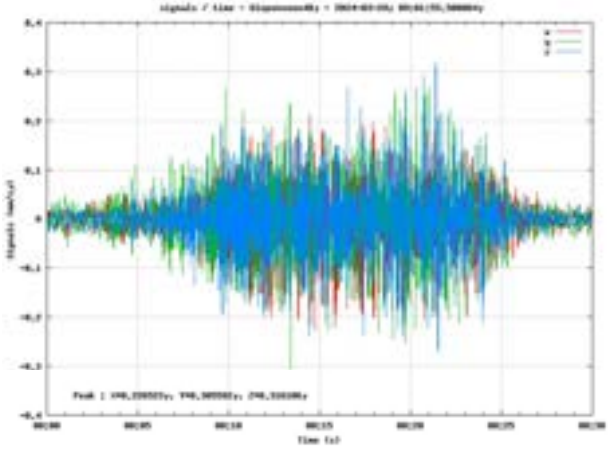
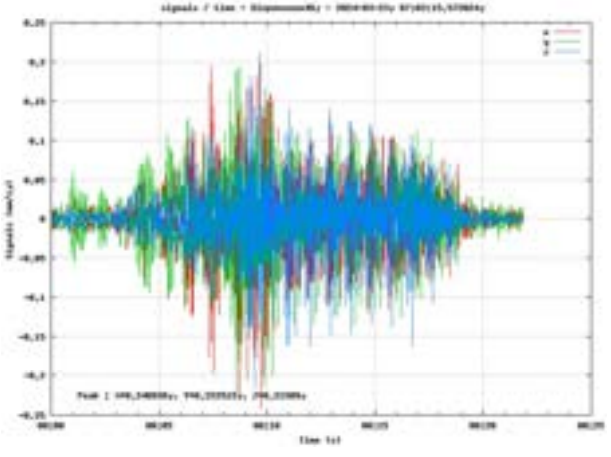
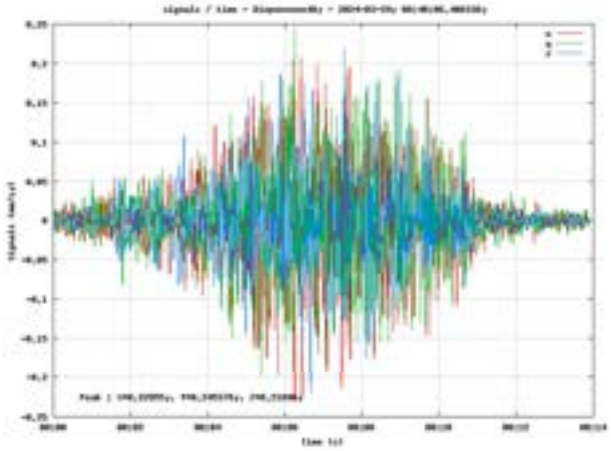
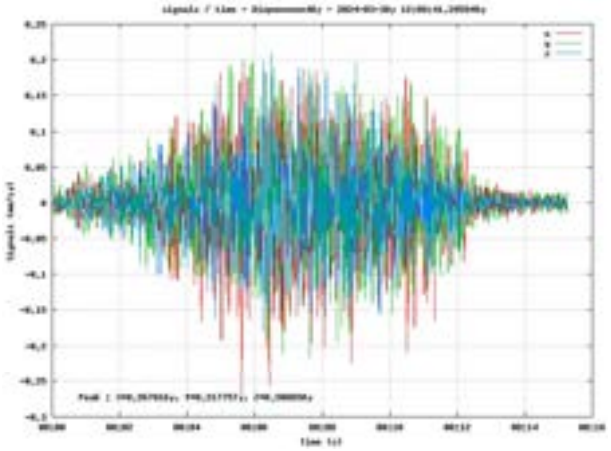
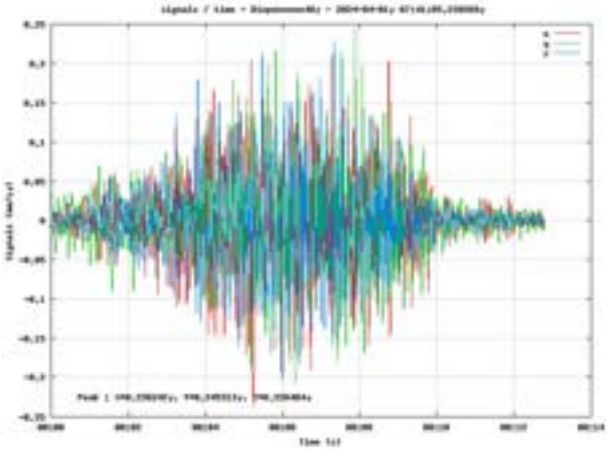
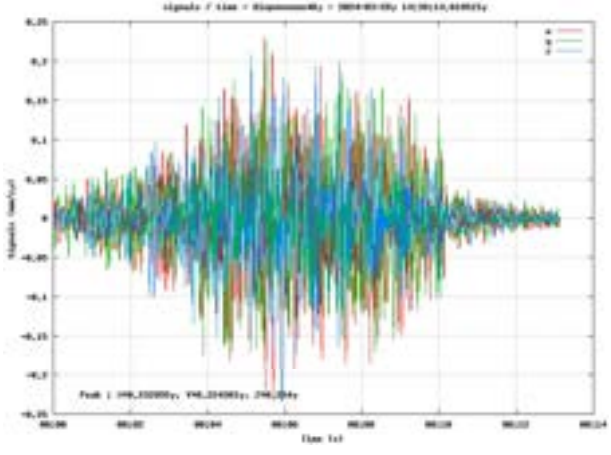
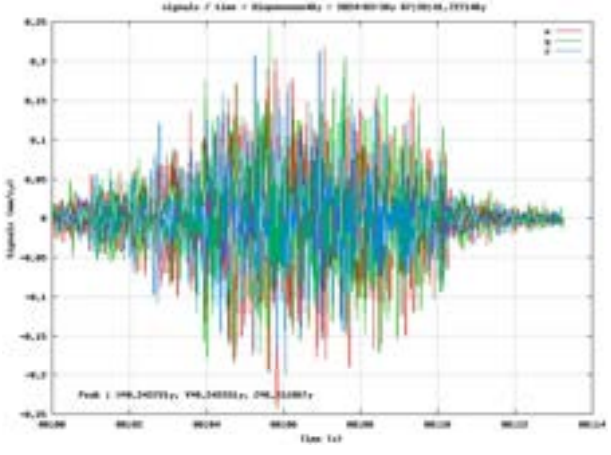
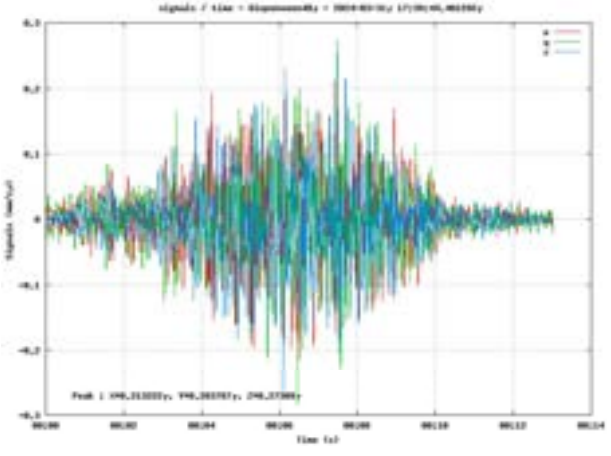
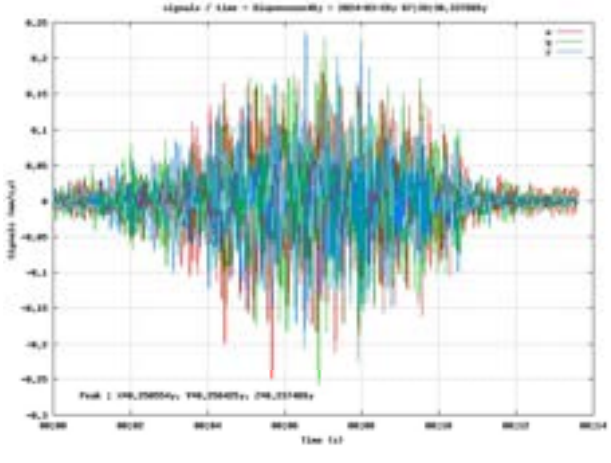
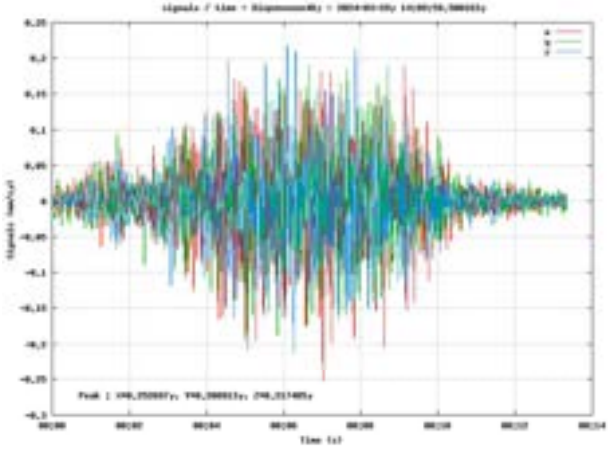
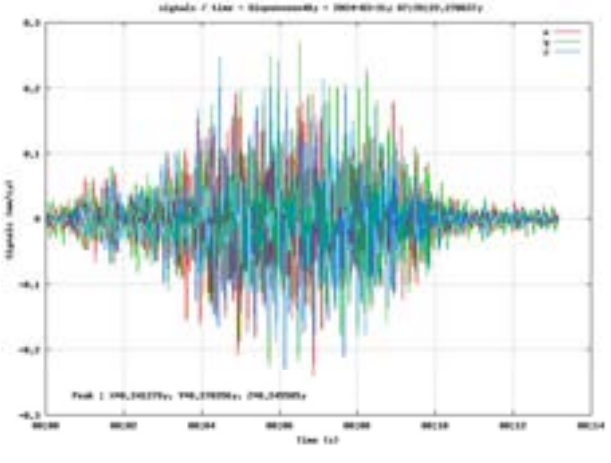
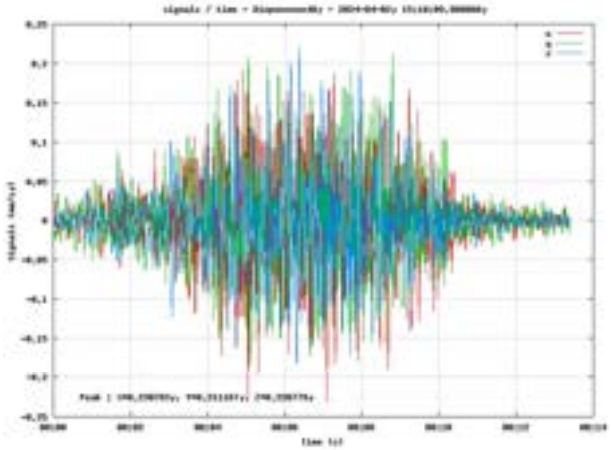
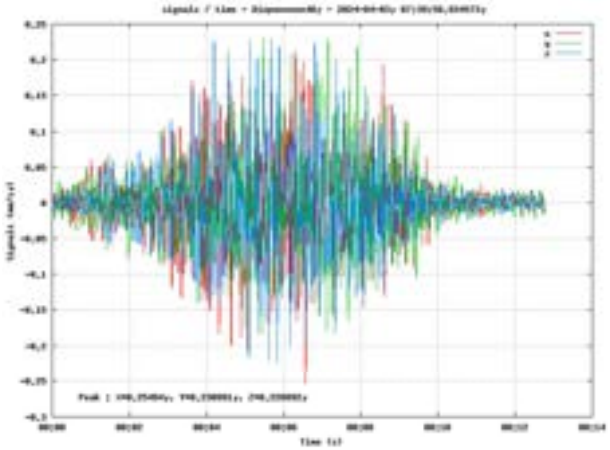
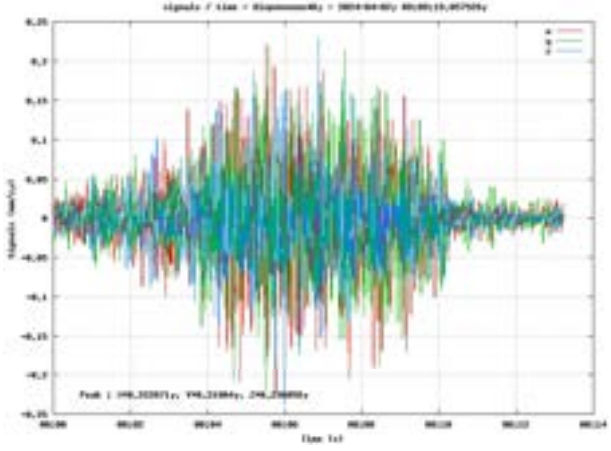
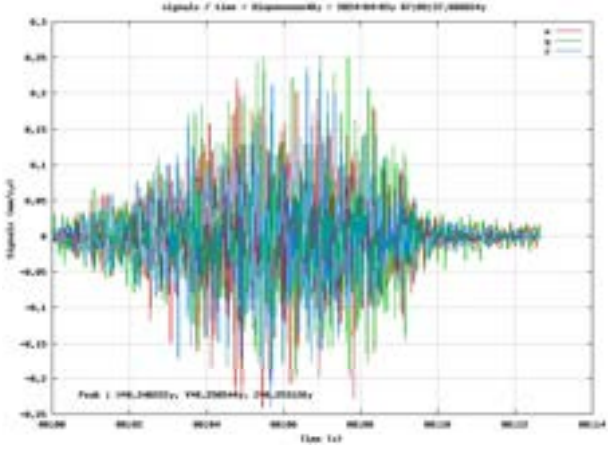
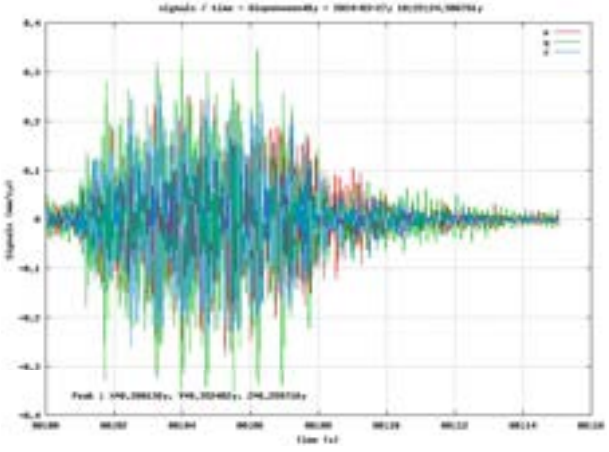
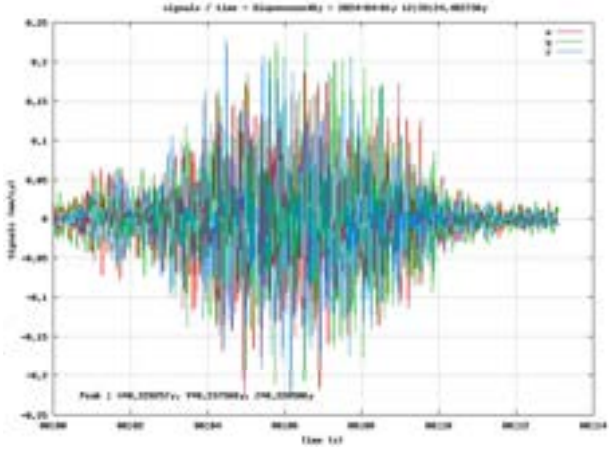
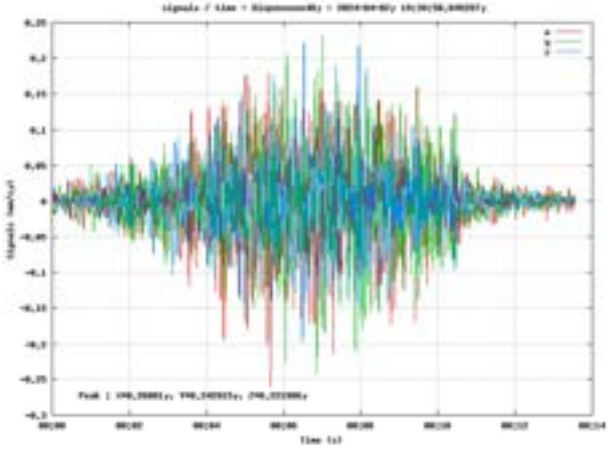
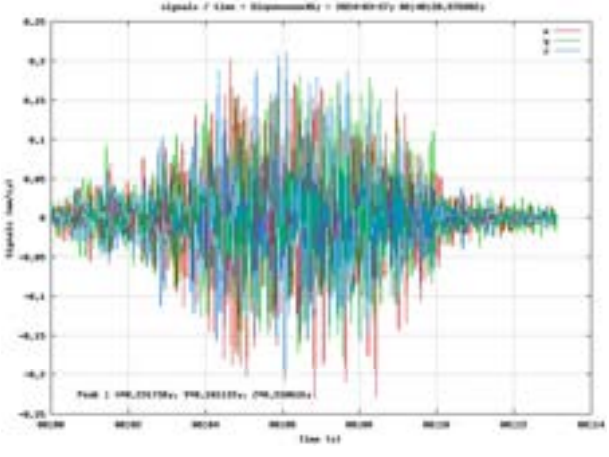








Bijlage II – Geselecteerde goederentrein en intercity signalen 48 meterpunt