

## ROMstad - Den Helder Zuid

### Trillingsonderzoek Den Helder Zuid

Status	definitief
Versie	001
Rapport	B.2023.1134.00.R001
Datum	7 november 2023



## Colofon

<b>Opdrachtgever</b>	ROMstad
<b>Contactpersoon opdrachtgever</b>	H. Misset
<b>Project</b>	ROMstad - Den Helder Zuid
<b>Betreft</b>	Trillingsonderzoek
<b>Uw kenmerk</b>	-
<b>Rapport</b>	B.2023.1134.00.R001
<b>Datum</b>	7 november 2023
<b>Versie</b>	001
<b>Status</b>	definitief
<b>Uitgevoerd door</b>	DGMR Bouw B.V. Weerdjesstraat 70 6811 JE Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
<b>Contactpersoon</b>	ing. R.G. (Reinoud) Fennema 088 346 76 33 rfe@dgmr.nl
<b>Auteur</b>	ir. M.B. (Marc) van 't Veer 088 346 78 65 mvee@dgmr.nl
<b>Projectadviseur</b>	ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren 088 346 76 02 hr@dgmr.nl
<b>2e lezer/secr.</b>	RFE   BDI

## Inhoud

<b>1. Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2. Situatie</b>	<b>5</b>
2.1 Stedenbouwkundig schetsplan	5
2.2 Spoor en treinmaterieel	5
<b>3. Toetsingskader</b>	<b>7</b>
<b>4. Metingen</b>	<b>8</b>
4.1 Meetomstandigheden	8
4.2 Meetpunten	8
4.3 Verwerking meetresultaten	9
<b>5. Resultaten</b>	<b>10</b>
<b>6. Uitgangspunten prognose</b>	<b>11</b>
6.1 Methode	11
6.2 Trilgedrag woningcasco	11
6.3 Trilgedrag vloeren	11
<b>7. Prognose</b>	<b>12</b>
<b>8. Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>13</b>

## Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties
Bijlage 2	Trillingsprognoses

## 1. Inleiding

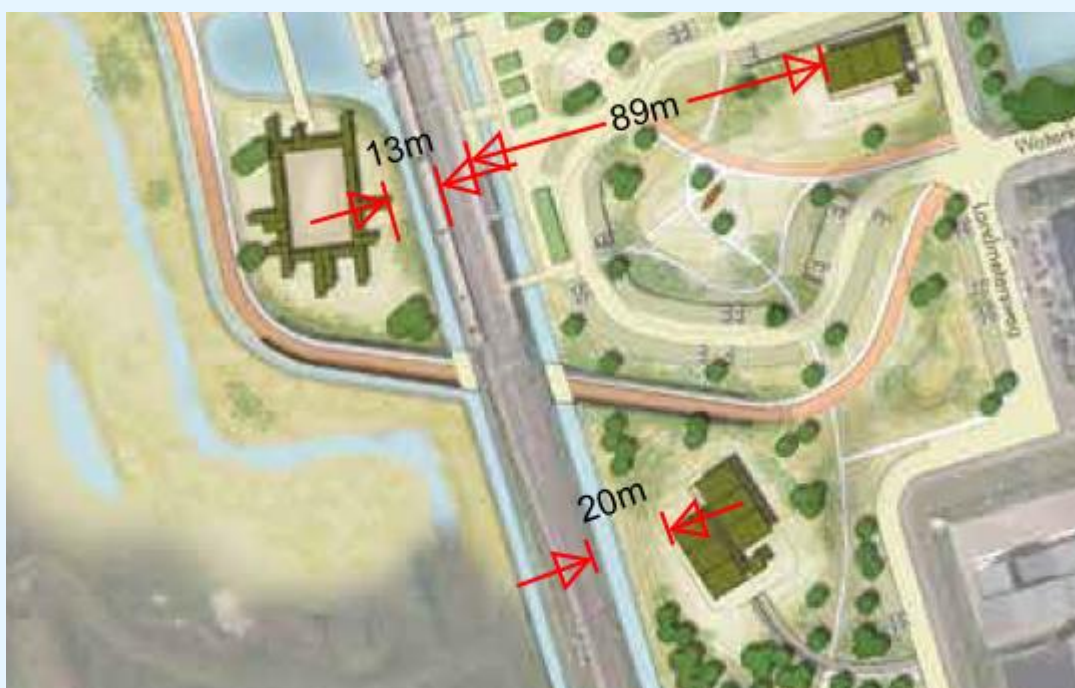
In opdracht van ROMstad heeft DGMR Bouw B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd voor de woningontwikkeling in het plan Gebiedsontwikkeling rondom Station Den Helder Zuid in Den Helder. Dit plan ligt op korte afstand van de spoorlijn bij het treinstation Den Helder Zuid. Hierdoor is er rekening te houden met trillingen van het spoor.

Om de trillingsbelasting in beeld te brengen zijn trillingsmetingen gedaan aan zowel de oostkant van het spoor als aan de westkant. Met deze gegevens en de kenmerken van de planinvulling is een trillingsprognose opgesteld voor de geplande gebouwen. Deze is getoetst aan de hiervoor geldende streefwaarden uit de trillingsrichtlijn SBR-B. Als er aanvullende maatregelen nodig zijn om te voldoen aan de SBR-B, dan zijn deze op hoofdlijnen aangegeven.

## 2. Situatie

### 2.1 Stedenbouwkundig schetsplan

Het stedenbouwkundig schetsplan Den Helder Zuid bestaat uit de gebiedsontwikkeling rondom NS-station Den Helder Zuid. Het omvat het bouwen van twee appartementengebouwen met een halfverdiepte (parkeer)kelder aan de oostkant van het spoor en eengezinswoningen met parkeerveld aan de westkant van het spoor. Het plan, zie figuur 1, ligt voor een gedeelte binnen 100 meter van de spoorlijn Alkmaar - Den Helder, de afstand waarbinnen volgens de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen onderzoek naar trillingshinder gewenst is.

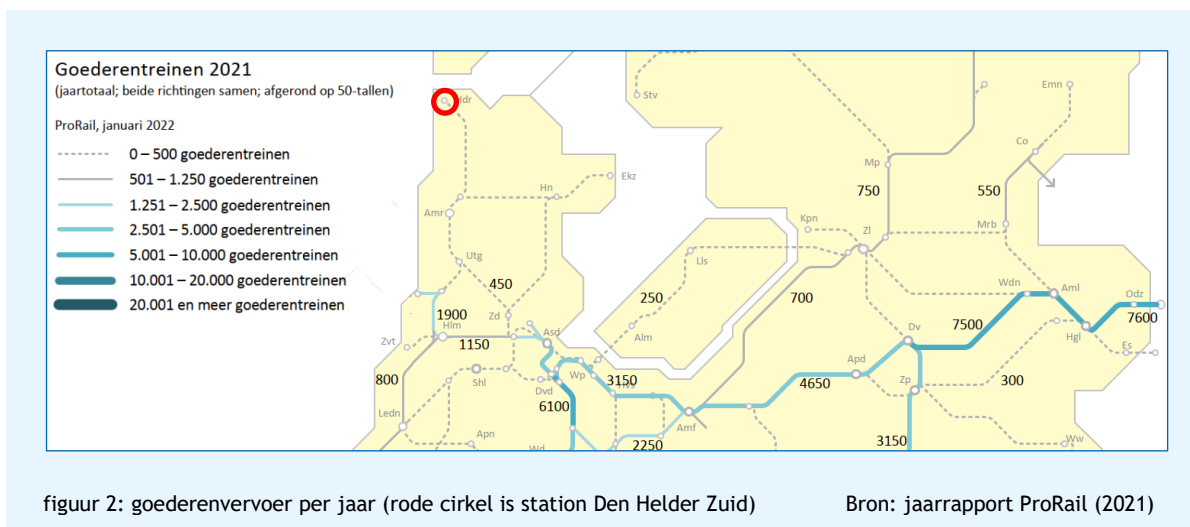


figuur 1: toekomstige situatie

### 2.2 Spoor en treinmaterieel

Op het traject Alkmaar - Den Helder rijden overwegend reizigerstreinen (type VIRM), twee per uur per richting. Goederentreinen komen weinig voor. Volgens het jaarrapport spoor-goederenvervoer van ProRail, zie figuur 2, rijden er per jaar 0 tot 500 goederentreinen (beide richtingen samen). Dit is de laagste klasse die ProRail toekent aan het hoofdnet en mogelijk rijdt hiervan maar een fractie. Per dag rijdt er hooguit één goederentrein per richting, inclusief werktreinen (onderhoud).

De lijn Alkmaar - Den Helder bestaat vanaf Schagen tot Den Helder uit enkelspoor. Ter hoogte van de perrons op station Den Helder Zuid gaat dit over in het oostelijke spoor (1). Noordwaartse treinen halteren doorgaans op het westelijke spoor (2) en zuidwaartse treinen op het oostelijke spoor (1), maar dit is lang niet altijd het geval. Om op het westelijke spoor te komen, moeten treinen afbuigen door de wissels voor en na het station en het naderen van het station zal dan mogelijk met wat lagere snelheid gebeuren. Vertrekkende treinen rijden ter hoogte van de oostelijke meetlijn gemiddeld langzamer dan aankomende treinen en ter hoogte van de westelijke meetlijn liggen de rijksnelheden van alle treinen die stoppen op Den Helder Zuid sowieso wat lager.



### 3. Toetsingskader

Het ministerie van I&W heeft in het jaar 2019 de “Handreiking nieuwbouw en spoortrillingen” uitgegeven, die in dit rapport wordt aangehouden. In deze handreiking wordt de SBR-B richtlijn “Trillingshinder voor personen in gebouwen” geadviseerd als toetsingskader voor trillingen. In deze richtlijn zijn de in tabel 1 weergegeven streefwaarden opgenomen voor nieuwbouw.

**tabel 1: SBR-B - streefwaarden continue en herhaald voorkomende trillingen, nieuwe situaties**

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

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  $V_{per}$ , wanneer  $A1 < V_{max} < A2$

Nieuwe woonbebouwing, nabij weg of spoorlijn, voldoet aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte  $V_{max}$  kleiner is dan 0,2 (nacht) en de gemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$  niet hoger is dan 0,05. Als  $V_{max}$  kleiner is dan 0,1, komt de toetsing van de  $V_{per}$  te vervallen. Voor de toetsing worden meet- en prognosewaarden afgerond op het aantal decimalen van de streefwaarde.

## 4. Metingen

### 4.1 Meetomstandigheden

In overeenstemming met de aanbeveling in de SBR-B is gedurende een week gemeten, om variaties in spoorgebruik en materieel mee te nemen in de metingen. De metingen zijn uitgevoerd tussen 16 en 24 oktober 2023. In deze meetperiode was er sprake van een normale dienstregeling.

### 4.2 Meetpunten

Om inzicht te krijgen in de trillingsbelasting in de bodem, zijn aan beide zijden en op verschillende afstanden tot het spoor meetsystemen aangebracht in de bodem, drie aan de westkant van het station en drie aan de oostkant. De oostelijke meetlijn ligt ter hoogte van de wissel en nabij elektronische scheidingslassen (ES-lassen) in het spoor. De wissel en deze lassen kunnen leiden tot hogere trillingsopwekking. De westelijke meetlijn heeft hier minder last van. De meetpunten zijn aangegeven in figuur 3. Alle sensoren zijn geplaatst met de X-richting haaks op het spoor en de Y-richting parallel aan het spoor. In tabel 2 is een overzicht gegeven van de gebruikte meetsystemen.



figuur 3: meetposities



tabel 2: meetlocaties en systemen

Meetpunt		Afstand	Meetsysteem	Serienummer
Bodem west	MP1	20 meter	Profound Vibra SBR	VIB01044
	MP2	40 meter	Profound Vibra SBR	VIBe1158
	MP3	60 meter	Profound Vibra SBR	VIBe0426
Bodem oost	MP4	20 meter	Profound Vibra SBR	VIBe1159
	MP5	40 meter	Profound Vibra SBR	VIBe1285
	MP6	60 meter	Profound Vibra SBR	VIBe1286

### 4.3 Verwerking meetresultaten

Om alleen de invloed van treinpassages, zonder verstoringen, in beeld te brengen, zijn treinpassages en mogelijke verstoringen in de trillingsregistraties geïdentificeerd op basis van onderling vergelijk van de meetsystemen. Waar nodig (en mogelijk) zijn pieken in de registraties geverifieerd op basis van de camerabeelden (spoorgerichte camera). Verstoorde treinpassages zijn buiten beschouwing gelaten.

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte  $V_{top}$  en de voor trillingshinder maatgevende effectieve trillingssterkte  $V_{eff}$ . De  $V_{eff}$  wordt overeenkomstig de SBR-B gemeten in 30 seconden intervallen. Dit is voor identificatie van treinpassages en check op verstoringen te grof. De identificatie van passages/verstoringen is daarom gedaan aan de hand van het trillingssignaal  $V_{top}$ , dat een 10x hogere resolutie heeft. Van de geïdentificeerde treinpassages (vrij van verstoringen) is vervolgens de bijbehorende effectieve trillingssterkte  $V_{eff,max}$  geselecteerd voor verdere analyse en prognose. De hoogste  $V_{eff,max}$  is de maatgevende  $V_{max}$  volgens de SBR-B richtlijn.

## 5. Resultaten

Bijlage 1 geeft een overzicht van de trillingsregistraties gedurende een week meten. Afgebeeld is de trillingssterkte  $V_{top}$  die, zoals in paragraaf 4.3 beschreven, wordt gebruikt voor de identificatie van treinpassages. In de figuur op blad 1 is te zien dat de meetwaarden voor de x-richting bij MP2 nogal hoog zijn. Dit kanaal blijkt storing te hebben en is verder buiten beschouwing gelaten. De figuur op blad 2 laat zien dat er aan de oostkant van het station veel verstoring is door auto's op de parkeerplaats. Dit is buiten de verwerking gelaten.

De passages met de hoogste trillingsopwekking, maar vrij van verstoringen, zijn weergegeven in tabel 3. Getoond worden de effectieve trillingssterkten ( $V_{eff,max}$ ), gerangschikt op aflopende trillingssterkte in Z-richting (verticaal) van meetpunt MP1. Voor de overzichtelijkheid zijn alleen de eerste twee meetpunten per meetlijn opgenomen, de meetpunten MP1, MP2, MP4 en MP5. De meetwaarden van MP3 en MP6 zijn te zien in bijlage 1.

**tabel 3: trillingssterkten  $V_{eff,max}$  (top-15)**

Top-15			MP1 (20 m west)			MP2 (40 m west)			Mp4 (20m oost)			MP5 (40m oost)		
Nr	Treintype	Tijdstip	X <sup>1)</sup>	Y <sup>1)</sup>	Z <sup>2)</sup>	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	IC VIRM (N)	19/10 23:20	0,10	0,10	0,13	0,09	0,08	0,07	0,09	0,09	0,10	0,08	0,08	0,10
2	IC VIRM (N)	17/10 19:07	0,10	0,07	0,11	0,08	0,06	0,06	0,08	0,08	0,10	0,07	0,06	0,08
3	IC VIRM (N)	16/10 14:22	0,10	0,06	0,11	0,05	0,05	0,06	0,08	0,05	0,10	0,06	0,05	0,06
4	IC VIRM (N)	22/10 13:36	0,10	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,07	0,09
5	IC VIRM (N)	17/10 15:51	0,10	0,06	0,11	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,10	0,05	0,06	0,05
6	IC VIRM (N)	18/10 14:20	0,10	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10	0,10	0,08	0,09	0,10
7	IC VIRM (N)	20/10 14:24	0,10	0,10	0,11	0,06	0,06	0,07	0,08	0,10	0,10	0,09	0,06	0,10
8	IC VIRM (N)	19/10 18:13	0,10	0,10	0,11	0,07	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,09	0,06	0,10
9	IC VIRM (N)	17/10 10:50	0,10	0,10	0,11	0,05	0,06	0,07	0,09	0,09	0,10	0,08	0,07	0,09
10	IC VIRM (N)	21/10 12:06	0,10	0,10	0,11	0,06	0,06	0,07	0,08	0,10	0,10	0,08	0,07	0,10
11	IC VIRM (N)	18/10 12:51	0,10	0,10	0,11	0,05	0,06	0,07	0,09	0,09	0,10	0,09	0,06	0,10
12	IC VIRM (N)	18/10 16:50	0,10	0,06	0,11	0,06	0,06	0,07	0,08	0,06	0,08	0,05	0,04	0,05
13	IC VIRM (N)	18/10 06:57	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,06	0,10	0,09	0,12	0,08	0,09	0,11
14	IC VIRM (N)	18/10 09:50	0,10	0,09	0,10	0,07	0,06	0,07	0,10	0,09	0,11	0,07	0,07	0,10
15	IC VIRM (N)	18/10 23:20	0,10	0,09	0,10	0,06	0,06	0,07	0,10	0,10	0,11	0,08	0,07	0,09
<b>V<sub>max</sub></b>			<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>

1) X-richting haaks op het spoor, Y parallel aan het spoor, Z verticaal

2) Gerangschikt op MP1, Z-richting

### Beschouwing

In tabel 3 is te zien dat de top-15 helemaal bestaat uit intercity's in noordelijke richting. De reden waarom treinen in noordelijke rijrichting meer trillingen opwekken is door het soms afwijkende spoorgebruik niet bekend.

De gemeten trillingssterkten  $V_{eff,max}$  in verticale richting lagen op het meetpunt op 20 meter ten westen van het spoor (MP1) onder 0,13 en op het meetpunt op 40 meter ten westen van het spoor (MP2) onder 0,08. Bij een afstand van 60 meter ten westen van het spoor (MP3) lagen de gemeten trillingssterkten  $V_{eff,max}$  in verticale richting onder de 0,05.

Aan de oostkant van het spoor liggen de gemeten trillingssterkten  $V_{eff,max}$  in verticale richting onder 0,12 op 20 meter (MP4), onder 0,11 op 40 meter (MP5) en onder 0,06 op 60 meter (MP6).

## 6. Uitgangspunten prognose

### 6.1 Methode

Voor een prognose van de te verwachten trillingssterkten in toekomstige bebouwing is een empirisch rekenmodel opgezet. Daarin is gebruikgemaakt van door TNO ontwikkelde overdrachtsfuncties, aangevuld met door DGMR verzamelde meetdata.

### 6.2 Trilgedrag woningcasco

De praktijk wijst uit dat de verticale meetrichting doorgaans maatgevend is voor de te realiseren bebouwing, vanwege de verwachte hogere overdrachtsverzwakking van bodem (maaiveld) naar de fundatie in horizontale richtingen en de mogelijke trillingsversterking op vloerniveau in verticale richting. In hogere bebouwing kunnen echter de horizontale richtingen op de hoogste verdieping maatgevend zijn.

Op verdiepingen kan de horizontale richting soms dominant zijn qua trillingen, als een woningcasco in resonantie raakt op het funderingssysteem en een kantelbeweging ondergaat. Dit treedt vaak op bij (langere) goederentreinen en speelt zich af bij lage frequenties ( $\leq 10$  Hz), maar laat zich op voorhand vaak moeilijk voorspellen. Bij kortere en sneller rijdende reizigerstreinen is dit risico veel minder aanwezig. Op deze lijn komen de hierboven bedoelde lange/zware goederentreinen niet voor en hoeft in de prognose geen rekening te worden gehouden met substantiële versterking in horizontale richtingen op hogere verdiepingen en bij deze zeer lage frequenties.

### 6.3 Trilgedrag vloeren

Qua trilgedrag van vloeren wordt gerekend met een karakteristiek waarbij de maximale trillingsversterking optreedt rond de laagste buig-eigenfrequentie van de vloer. Deze buig-eigenfrequentie ligt bij houtbouw units vaak in de orde van 8 tot 10 Hz, maar afhankelijk van de noodzaak kan een andere keuze gemaakt worden. De vloerversterking ligt bij betonvloeren aangestoten door treintrillingen vaak in de orde van een factor 1 tot 3 (tot 10 dB) en dit is sterk afhankelijk van het gekozen vloertype en het al dan niet samenvallen van vloereigenfrequenties met dominante frequenties in het treinspectrum. Bij een betonvloer met een laagste buig-eigenfrequentie van 16 Hz is de versterking meestal ruim lager dan een factor 2. Houten vloeren zijn aanmerkelijk lichter maar daarentegen is de demping van moderne vloerconstructies (CLT) doorgaans hoger. Per saldo is het ook met houtbouw mogelijk vloeren te ontwerpen met een beperkte trillingsversterking. In deze prognose wordt spectraal met een maximale trillingsversterking van een factor 3 (10 dB) rond de buig-eigenfrequentie gerekend en met een totale versterking tot een factor 2 (6 dB) op de trillingssterkte  $V_{\max}$ .

## 7. Prognose

In bijlage 2 zijn de prognoseberekeringen opgenomen voor de voorziene appartementengebouwen en eengezinswoningen. Bij de appartementengebouwen aan de oostkant van het spoor zijn alleen de rekenbladen voor het gebouw het dichtst bij het spoor opgenomen. In het tweede gebouw wordt vanwege de afstand van meer dan 85 meter tot het spoor geen trillingshinder verwacht van treinen.

De prognoses zijn opgesteld voor de qua trillingsopwekking maatgevende trein. Voor de  $V_{per}$  berekening (gemiddelde trillingssterkte) is de verdelingsfunctie van de  $V_{max}$  gebruikt. Hierdoor wordt gerekend met een reële verdeling. In tabel 4 zijn de uit bijlage 2 overgenomen berekende trillingssterkten  $V_{max}$  en  $V_{per}$  voor de voorgenomen bebouwing weergegeven.

**tabel 4: trillingsprognose  $V_{max}$  en ( $V_{per}$ ) - appartementsgebouw en eengezinswoningen**

Gebouwtype	Afstand spoor	Bouwlagen	Richting	Trillingsprognose $V_{max}$ ( $V_{per}$ )
Eengezinswoningen westkant	15 m	2	Horizontaal Verticaal	0,10 (0,00) 0,16 (0,01)
Appartementsgebouw oostkant	≥ 20 m	5-6	Horizontaal Verticaal	0,06 (0,00) 0,09 (0,00)

### Beschouwing

Uit tabel 4 valt op te maken dat in het appartementsgebouw het dichtst bij het spoor en de eengezinswoningen de (afgeronde) trillingssterkten voldoen aan de streefwaarden uit de SBR-B. Doordat het appartementsgebouw het dichtst bij het spoor al voldoet aan de streefwaarden zal ook het appartementsgebouw op meer dan 85 meter afstand van het spoor voldoen.

De exacte locatie van de eengezinswoningen aan de westkant van het spoor is nog niet bekend. Afgaande op het stedenbouwkundig schetsplan is rekening gehouden met een minimumafstand van 15 meter tot het spoor. Ook is uitgegaan van verdiepingen en vloeren die minimaal tweezijdig ondersteund worden. Het schetsplan toont echter woningen met een sterk uitkragende verdieping en dit soort architectuur kan leiden tot hogere trillingssterkten in de uitstekende delen. Bij de nadere uitwerking van woningen moet worden gelet op het trilgedrag van dit soort bouwdelen. Dit onderzoek is gericht op het aantonen van de haalbaarheid van woningen op de beoogde locatie, maar ziet niet toe op dynamisch meer uitdagende constructies. Met de kennis van de resultaten uit dit onderzoek zal men bij de verdere uitwerking van het ontwerp binnen de aanwezige marges moeten ontwerpen.

## 8. Conclusies en aanbevelingen

Tijdens de uitgevoerde trillingsmetingen bij Den Helder Zuid zijn op beeld geen goederentreinen waargenomen. Wel zijn er in de nachtperiode treinen voorbijgekomen met weinig verlichting waaronder mogelijk locs, werktreinen en leeg reizigersmaterieel. De invloed daarvan is dus meegenomen in de metingen. Qua trillingsopwekking zijn echter de intercitytreinen maatgevend gebleken. De hoogste trillingen zijn daarbij afkomstige van de intercity's in noordelijke richting. De reden waarom deze meer trillingen opwekken dan de zuidgaande treinen is niet duidelijk geworden, maar voor het project ook minder van belang.

De trillingsprognoses gebaseerd op de gedane trillingsmetingen laten zien dat in zowel de eengezinswoningen aan de westkant van het spoor alsook de appartementengebouwen aan de oostkant voldaan kan worden aan de streefwaarden uit de SBR-B.

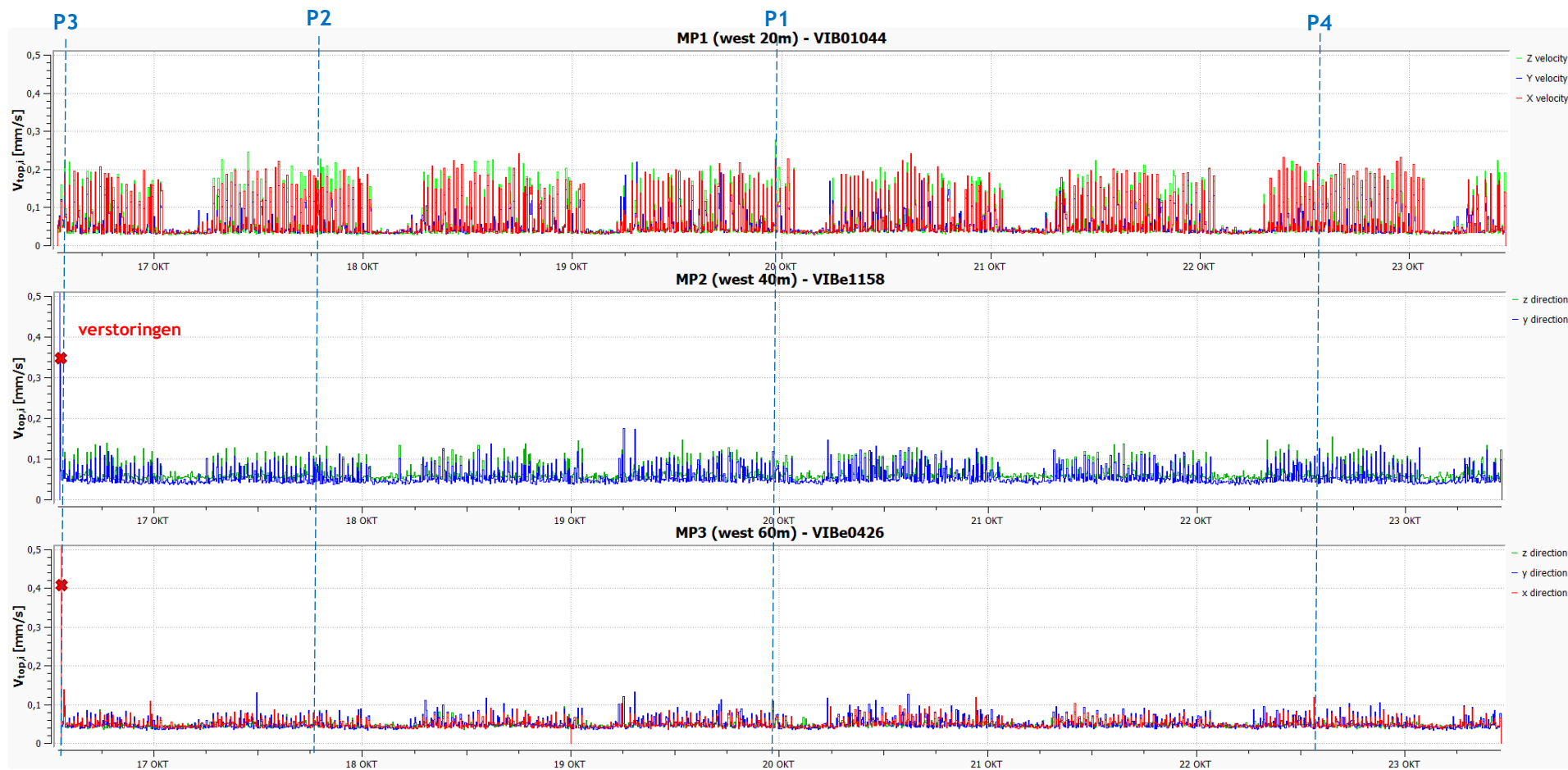
Voor de woningen aan de westkant is het wel van belang om er bij de verdere uitwerking op te letten dat bouwdelen die minder goed ondersteund worden, zoals sterk uitkragende delen, tot hogere trillingssterkten kunnen leiden dan waar in de prognose, op basis van gangbare gebouwenkenmerken, rekening mee is gehouden.

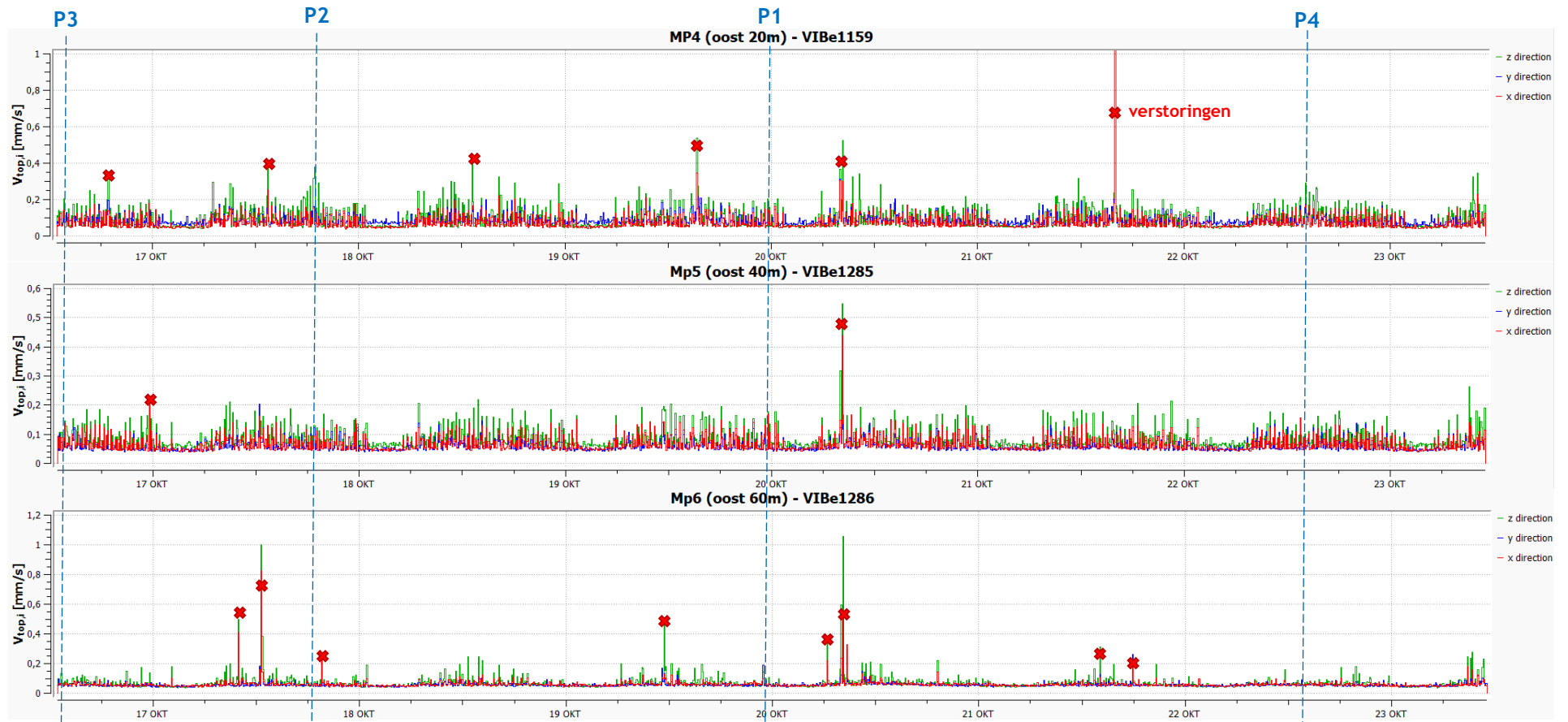
Op basis van het gedane trillingsonderzoek wordt geconcludeerd dat het mogelijk is om bij de in het stedenbouwkundig schetsplan getoonde woonvormen en bebouwingsafstanden te voldoen aan de SBR-B en qua trillingen een goed woon- en leefklimaat te bereiken.

ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren  
DGMR Bouw B.V.

## Bijlage 1

Titel	Trillingsregistraties
Omvang	2 bladen (west + oost)







## Bijlage 2

Titel	Trillingsprognoses
Omvang	2 bladen

**Trillingsprognose railverkeer**

project ROMstad Den helder Zuid bronspectrum Intercity, 17/10-19u07 passages per uur 0,0 (voelbaar  $V_{eff} > 0,1$ )  
 gebouwtype Eensgezinswoningen vormfactor  $C_F$  0,44 (verhouding  $v_{rms}/v_{top}$ ) peiljaar 2023  
 gebouwfstand (tot spoor) 15 m referentieafstand 20 m rijsnelheid 40 km/u  
 referentie snelheid 40 km/u

X

**Bodemtrillingen**

1/3-octavaf	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 (rms, gem)	[Data values]																									
spreiding	[Data values]																									
bronspectrum (rms, max)	[Data values]																									
snelheidscorrectie	[Data values]																									
afstandscorrectie	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,26

**SBR-A / Gebouwschade**

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 0																								
$H_{v,1}$ [dB]	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,25

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

Begane grond	vloer-type:	User defined																								
$H_{v,ver}$ [dB]	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,25

**1e verdieping**

Begane grond	vloer-type:	User defined																								
$H_{v,3}$ [dB]	[Data values]																									
$H_{v,ver}$ [dB]	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,24

**2e verdieping**

Begane grond	vloer-type:	User defined																								
$H_{v,3}$ [dB]	[Data values]																									
$H_{v,ver}$ [dB]	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,22

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

Begane grond	gebouwtype:	User defined 0																								
SBR-weging	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{eff,max}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{per}^*$	0,00

**1e verdieping**

Begane grond	vloer-type:	User defined																								
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{eff,max}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{per}^*$	0,09

**2e verdieping**

Begane grond	vloer-type:	User defined																								
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{eff,max}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{per}^*$	0,08

**Trillingsprognose railverkeer**

project ROMstad Den helder Zuid bronspectrum Intercity, 19/10-23u20 passages per uur 1,4 (voelbaar  $V_{eff} > 0,1$ )  
 gebouwtype Eensgezinswoningen vormfactor  $C_F$  0,41 (verhouding  $v_{rms}/v_{top}$ ) peiljaar 2023  
 gebouwfstand (tot spoor) 15 m referentieafstand 20 m rijsnelheid 40 km/u  
 referentie snelheid 40 km/u

Z

**Bodemtrillingen**

1/3-octavaf	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 (rms, gem)	[Data values]																									
spreiding	[Data values]																									
bronspectrum (rms, max)	[Data values]																									
snelheidscorrectie	[Data values]																									
afstandscorrectie	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,41

**SBR-A / Gebouwschade**

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	Laagbouw op palen (geen samenwerking)																								
$H_{v,1}$ [dB]	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,36

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

Begane grond	vloer-type:	vloer-type 3 ( $f_0 = 10-20$ Hz)																								
$H_{v,ver}$ [dB]	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,48

**1e verdieping**

Begane grond	vloer-type:	vloer-type 3 ( $f_0 = 10-20$ Hz)																								
$H_{v,3}$ [dB]	[Data values]																									
$H_{v,ver}$ [dB]	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,48

**2e verdieping**

Begane grond	vloer-type:	vloer-type 3 ( $f_0 = 10-20$ Hz)																								
$H_{v,3}$ [dB]	[Data values]																									
$H_{v,ver}$ [dB]	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{rms}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{top}$	0,48

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

Begane grond	gebouwtype:	Laagbouw op palen (geen samenwerking)																								
SBR-weging	[Data values]																									
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{eff,max}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{per}^*$	0,12

**1e verdieping**

Begane grond	gebouwtype:	Laagbouw op palen (geen samenwerking)																								
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{eff,max}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{per}^*$	0,16

**2e verdieping**

Begane grond	gebouwtype:	Laagbouw op palen (geen samenwerking)																								
$L_v$ [dB]	[Data values]																									
$V_{eff,max}$ [mm/s]	[Data values]																									
																									$V_{per}^*$	0,12

