

## Nieuwbouwlocatie Stationsstraat Wehl

### Onderzoek invloed trillingen treinverkeer op nieuwbouwlocatie Stationsstraat Wehl

Status	definitief
Versie	001
Rapport	B.2019.0909.00.R001
Datum	4 september 2019



**Colofon**

<b>Opdrachtgever</b>	Hoornstra Wehl B.V. Leigraafseweg 45 6983 BR DOESBURG
<b>Contactpersoon opdrachtgever</b>	Dhr. H. Siebes 06 14 550 710 hanssiebes@scieb.nl
<b>Project</b>	Stationsstraat Wehl
<b>Betreft</b>	Nieuwbouwlocatie Stationsstraat Wehl
<b>Uw kenmerk</b>	-
<b>Rapport</b>	B.2019.0909.00.R001
<b>Datum</b>	4 september 2019
<b>Versie</b>	001
<b>Status</b>	definitief
<b>Uitgevoerd door</b>	DGMR Bouw B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
<b>Contactpersoon</b>	ing. D.H. (Daan) Perfors 088 346 76 35 dpe@dgmr.nl
<b>Auteur</b>	ing. D.H. (Daan) Perfors 088 346 76 35 dpe@dgmr.nl
<b>Projectadviseur</b>	ir. P.B. (Peter) Bijvoet 088 346 76 01 BV@dgmr.nl
<b>2e lezer/secr.</b>	RFE   BDI

## Inhoud

<b>1. Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2. Uitgangspunten</b>	<b>5</b>
2.1 Toetsingskader	5
2.2 Situatie	5
<b>3. Metingen</b>	<b>6</b>
3.1 Meetlocaties en -apparatuur	6
3.2 Meetduur en omstandigheden	6
3.3 Verwerking meetresultaten	7
<b>4. Meetresultaten</b>	<b>8</b>
4.1 Meetresultaten bodemmeetpunten	8
4.2 Overdrachtsmeting bodem-gebouw	8
<b>5. Prognoseresultaten</b>	<b>10</b>
<b>6. Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>12</b>

### Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistratie $V_{top}$ op kavel
Bijlage 2	Prognose

## 1. Inleiding

Nabij de spoorovergang aan de Stationsstraat in Wehl is een nieuwbouwlocatie voor woningen voorzien. Op deze kavel is nu nog een leegstaande woning met schuur aanwezig, die gesloopt zal worden. Hiervoor in de plaats zullen drie eengezinswoningen en een woonzorggebouw komen. Het woonzorggebouw bevindt zich, met een afstand van circa 12 meter, het dichtst bij het spoor.

Op deze ontwikkellocatie is onderzoek gedaan naar de te verwachten trillingen door railverkeer op de spoorlijn Zevenaar - Doetinchem. Om een goed beeld te krijgen van de trillingsrisico's zijn er drie meetpunten ingericht. Op basis van de meetresultaten wordt een prognose gegeven van de te verwachten trillingen in de nieuwbouw en worden randvoorwaarden gegeven voor het ontwerp om te kunnen voldoen aan de SBR-richtlijn Trillingen deel B 'Hinder voor personen in gebouwen'.

## 2. Uitgangspunten

### 2.1 Toetsingskader

Voor het project zijn geen afwijkende trillingseisen opgegeven. Optredende trillingen worden beoordeeld aan de hand van de in Nederland gebruikelijke SBR-richtlijn Trillingen - deel B: "Trillingshinder voor personen in gebouwen", uitgave 2002 (revisie 2006). In deze richtlijn zijn de in tabel 1 weergegeven streefwaarden opgenomen over trillingen.

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

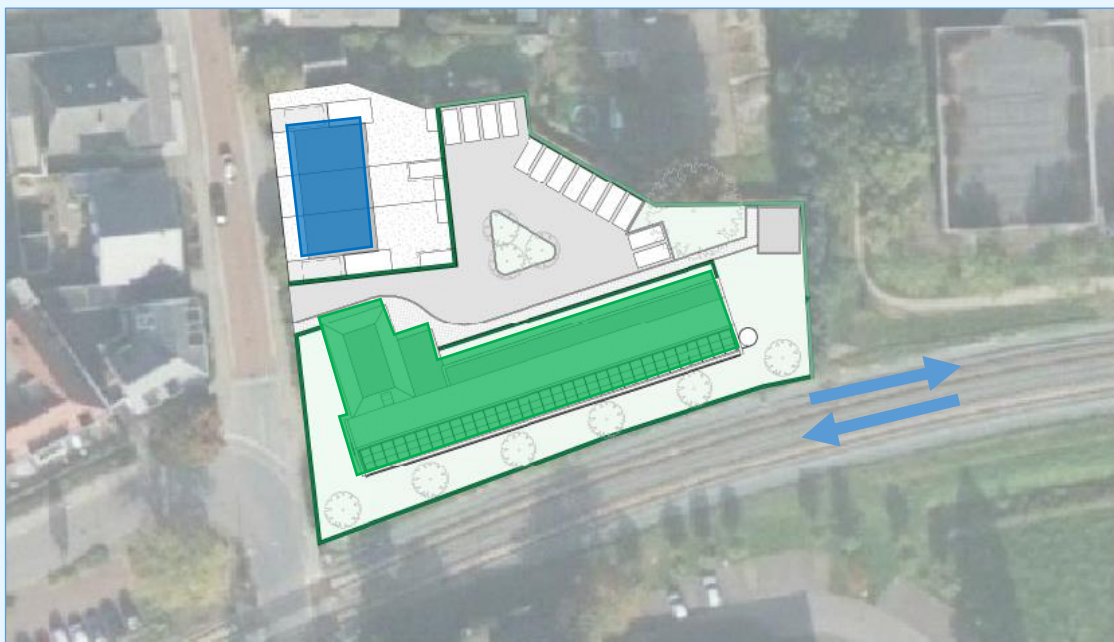
Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

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  $A1 < V_{max} < A2$ .

Voor nieuw te bouwen woningen nabij een spoorlijn wordt dus voldaan aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte  $V_{max}$  kleiner is dan 0,2 (nachtperiode) en de langtijdgemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$  niet hoger is dan 0,05. Als  $V_{max}$  niet hoger is dan 0,1 komt de toetsing van de  $V_{per}$  te vervallen.

### 2.2 Situatie

In figuur 1 is de nieuwbouwlocatie aan de Stationsstraat afgebeeld. Het woonzorggebouw is met een groene vormcontour aangegeven en ligt ca. 12 m vanaf de spoorlijn. De drie eengezinswoningen zijn met blauw aangegeven en liggen minimaal ca. 40 meter vanaf de spoorlijn. De spoorlijn bestaat uit twee sporen en wordt uitsluitend gebruikt voor personenvervoer (stoptreinen) van Breng en Arriva.

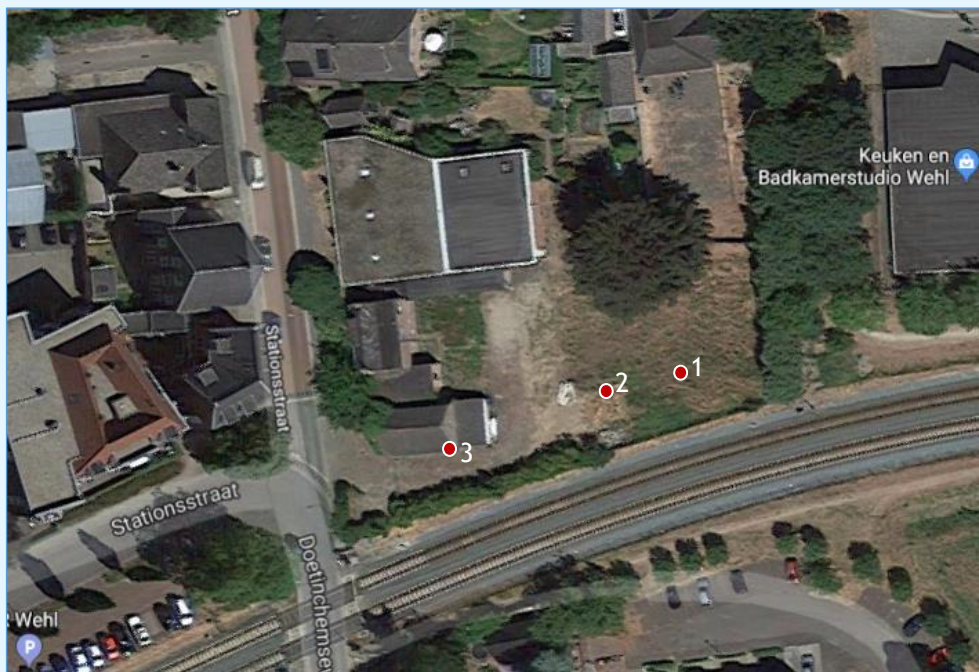


figuur 1: situatie

### 3. Metingen

#### 3.1 Meetlocaties en -apparatuur

Op de kavel zijn op drie posities trillingsmetingen uitgevoerd, de posities zijn weergegeven in figuur 2. De meetsystemen 1 en 2 bevinden zich in de bodem op ca. 15 m van het spoor. Meetsysteem 3 is op een stijf punt aan de gevel van de schuur gemonteerd.



figuur 2: meetpunten

Voor de metingen is gebruik gemaakt van meetsystemen van merk Profound type Vibra-sbr. In tabel 2 zijn de serienummers opgenomen. De meetsystemen worden jaarlijks gekalibreerd.

**tabel 2: meetapparatuur**

Nummer	Positie	DGMR-Id	Serienummer
1	bodem 15 m van spoor	AH0102	VIB01188
2	bodem 15 m van spoor	AH0101	VIB01187
3	stijf punt schuur	AH0087	VIB01044

#### 3.2 Meetduur en omstandigheden

Volgens de aanbevelingen in de SBR-richtlijn 'Trillingen', deel B - "Trillingshinder voor personen in gebouwen" (SBR-B) is een meetperiode van een week aangehouden om variaties in spoorgebruik en materieel gedurende deze periode mee te nemen in de metingen. De metingen zijn uitgevoerd tussen 9 en 16 augustus 2019.

Vanwege onderhoudswerkzaamheden bleek er geen treinverkeer mogelijk tot en met 11 augustus. Na deze periode reed het treinverkeer volgens de normale dienstverlening. Met uitzondering van de ochtend van 14 augustus toen er een seinstoring optrad waardoor er tijdelijk geen treinverkeer tussen Wehl en Didam was.

Ondanks deze onderbrekingen is sprake van een representatieve situatie aangezien het spoor alleen voor personenvervoer gebruikt wordt. Er zijn voldoende passages gemeten en voor zover bekend zijn alle variaties aan sporgebruik en materieel voorbijgekomen.

### 3.3 Verwerking meetresultaten

Om de invloed van treinpassages vrij van verstoring in beeld te brengen, zijn treinpassages in de (trillings)registraties geverifieerd op basis van camerabeelden (spoorgerichte camera). Daarnaast is het verloop van de (trillings)registraties rondom het passagemoment gecontroleerd op verstoringen. Wanneer verstoring aan de orde is wordt de treinpassage op alle meetpunten niet beschouwd.

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte  $V_{top}$  en de voor trillinghinder maatgevende effectieve trillingssterkte  $V_{eff}$ . De  $V_{eff}$  wordt gemeten in 30 seconden intervallen volgens de SBR-B. Voor identificatie van treinpassages is dit te grof. De identificatie van treinen en check op verstoringen gebeurt daarom aan de hand van het trillingssignaal  $V_{top}$  dat in 3-seconden-intervallen is vastgelegd. Van de geïdentificeerde treinpassages, die vrij zijn van verstoring, is de bijbehorende effectieve trillingssterkte  $V_{eff,max}$  geselecteerd voor verdere analyse.

## 4. Meetresultaten

### 4.1 Meetresultaten bodemmeetpunten

In bijlage 1 is een (ongefilterd) overzicht van de gemeten trillingssterkte  $V_{top}$  op meetpunt 2 gedurende een week meten op de kavel weergegeven. De treinpassages zijn er vanaf 12 augustus duidelijk in te herkennen. Van de top-15 treinpassages is de bijbehorende  $V_{eff,max}$  per passage geselecteerd en statistisch verwerkt volgens de in de SBR-B aangegeven methodiek. In tabel 3 zijn de resultaten daarvan weergegeven. De passages zijn qua trillingssterkte gesorteerd op de totale trillingssterkte in verticale richting van meetpunt 3. De horizontale meetrichtingen X en Y zijn respectievelijk gemeten parallel en loodrecht aan het spoor.

tabel 3: top 15 trillingssterkten  $V_{eff,max}$

Treinpassage		Meetpunt 1 (bodem)			Meetpunt 2 (bodem)			Meetpunt 3 (stijf punt gebouw)		
Top	Tijdstip	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	13-8-2019 16:44:00	0,16	0,35	0,24	0,2	0,33	0,31	0,1	0,1	0,2
2	12-8-2019 23:58:30	0,15	0,20	0,21	0,17	0,2	0,2	0,1	0,1	0,19
3	13-8-2019 11:43:30	0,11	0,22	0,16	0,19	0,21	0,2	0,08	0,1	0,15
4	13-8-2019 16:29:00	0,12	0,24	0,17	0,19	0,25	0,25	0,1	0,09	0,14
5	15-8-2019 14:29:30	0,13	0,29	0,19	0,2	0,27	0,21	0,09	0,09	0,14
6	13-8-2019 09:29:00	0,13	0,26	0,20	0,16	0,21	0,2	0,09	0,1	0,13
7	15-8-2019 16:59:00	0,11	0,23	0,14	0,19	0,2	0,18	0,07	0,1	0,13
8	13-8-2019 14:13:30	0,11	0,27	0,15	0,14	0,17	0,16	0,09	0,09	0,11
9	12-8-2019 16:43:30	0,11	0,25	0,15	0,16	0,21	0,21	0,06	0,08	0,13
10	13-8-2019 16:28:30	0,17	0,30	0,19	0,17	0,27	0,31	0,08	0,08	0,11
11	14-8-2019 06:28:30	0,13	0,23	0,17	0,15	0,2	0,17	0,09	0,08	0,1
12	13-8-2019 13:14:30	0,14	0,26	0,16	0,15	0,27	0,2	0,07	0,08	0,11
13	15-8-2019 13:44:00	0,10	0,26	0,17	0,13	0,17	0,19	0,08	0,07	0,1
14	11-8-2019 23:22:30	0,11	0,21	0,15	0,12	0,13	0,14	0,07	0,08	0,1
15	15-8-2019 07:29:30	0,10	0,29	0,18	0,12	0,19	0,19	0,07	0,07	0,1
Aantal passages (n)		15								
Gemiddelde ( $\mu$ )		0,13	0,26	0,18	0,16	0,22	0,21	0,08	0,09	0,13
Standaarddeviatie ( $\sigma$ )		0,02	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05	0,01	0,01	0,03
$V_{eff,max,stat}$		0,17	0,34	0,23	0,22	0,33	0,31	0,11	0,11	0,20

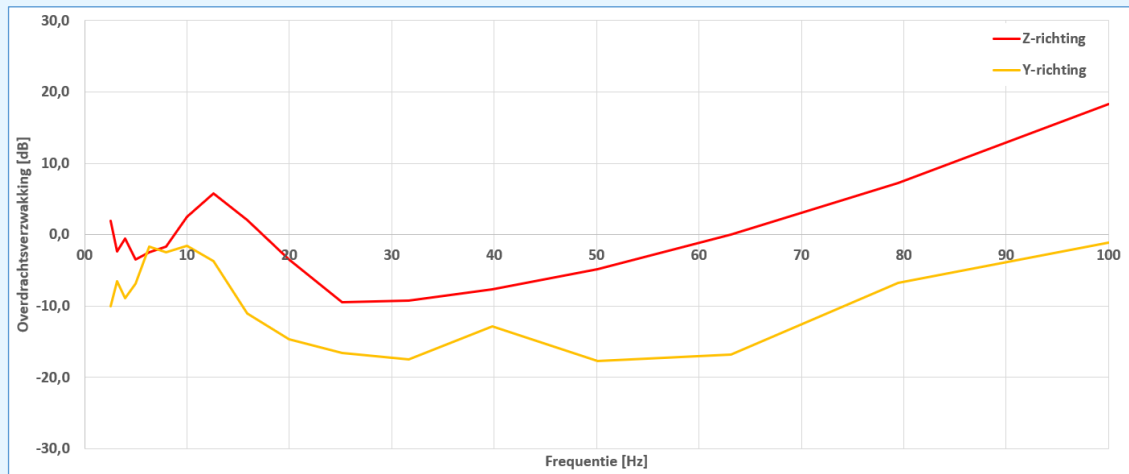
De hoogste trillingssterkte van 0,35 (mm/s) is gemeten in horizontale richting, loodrecht op het spoor en werd veroorzaakt door het gelijktijdig passeren van twee treinen. De dominante frequentie verschilt per treinpassage, maar valt meestal in de 31,5 Hz tertsband.

Te zien valt dat de trillingssterkten op meetpunt 2 in de regel hoger zijn dan op meetpunt 1 dat zich eveneens in de bodem bevindt en op gelijke afstand van het spoor. Het meetpunt 3 aan de schuur laat zien dat op licht bouwwerk de trillingssterkten in de verticale richting hooguit met 50% afnemen indien vergeleken met bodemmeetpunt 1, maar bijna niets als ze worden vergeleken met meetpunt 2. In de horizontale richting is er echter sprake van een duidelijke trillingsverzwakking van een factor 1,5 tot 3.

### 4.2 Overdrachtsmeting bodem-gebouw

Van een aantal top 15-treinpassages zijn de spectrale gegevens opgeslagen. Op basis van deze data is per treinpassage een overdracht van bodem naar gebouw bepaald. De overdrachten van verschillende treinpassages lagen in lijn met elkaar. Voor op staal gefundeerde nieuwbouw wordt uitgegaan van deze gemeten overdracht. Voor op palen gefundeerde nieuwbouw wordt hierop een correctie toegepast voor het paalsysteem. In figuur 3 is de gemeten overdrachtsverzwakking voor de op staal gefundeerde schuur weergegeven, in de verticale en de dominante horizontale richting (loodrecht aan het spoor).





figuur 3: overdrachtsverzwakking schuur

## 5. Prognoseresultaten

Om inzicht te krijgen in de te verwachten trillingssterkten in toekomstige bebouwing is, op basis van de gemeten trillingssterkten op de kavel en de bepaalde overdrachtsverzwakking, een empirisch rekenmodel opgezet. De prognoses zijn opgesteld voor zowel de verticale alsook de maatgevende horizontale richting.

Voor de mogelijke trillingsversterking van vloeren wordt gerekend met een overdracht waarbij de maximale trillingsversterking optreedt rond de laagste buig-eigenfrequentie van de vloer. De maximale versterking ligt in de orde van een factor 2,5 tot 3 (8 tot 10 dB), afhankelijk van het vloertype. In de praktijk komt dit neer op een maximale versterking van een factor 1 tot 3 (0 tot 10 dB) op het vloermidden, afhankelijk van de mate waarin eigenfrequenties overeenstemmen met dominante frequenties in het treinspectrum.

Opgegeven is dat er relatief stijve vloeren worden toegepast waarvan de laagste eigenfrequentie onder de dominante frequenties uit het treinspectrum zal liggen. Bij de meeste passages valt de dominante frequentie in de 31,5 Hz tertsband. Echter is ook het frequentiegebied van 8 Hz tot 12,5 Hz te mijden omdat in dit frequentiegebied doorgaans veel trillingen worden opgewekt bij verminderde wielkwaliteit. Geadviseerd wordt om een vloersysteem te kiezen waarbij de laagste eigenfrequentie rond 14 tot 16 Hz ligt.

Bijlage 2 toont een prognoseberekening voor een op palen gefundeerd appartementencomplex van drie bouwlagen. De begane grondvloer is een 320 mm kanaalplaatvloer en de verdiepingsvloeren zijn 280 mm breedplaatvloeren. Opgenomen is de voor trillingen maatgevende horizontale richting (Y) en de verticale (Z) richting. De prognose geldt voor de minimale bouwafstand van 12 meter tot het spoor.

Voor de  $V_{per}$  berekening is alleen het aantal treinen dat voelbare trillingen ( $> 0.1$  (mm/s)) opwekt relevant. In dit meetprogramma zijn dat slechts vier treinen geweest gedurende een week meten.

Tabel 4 geeft een overzicht van de geprognosticeerde trillingssterkten voor het appartementencomplex (woonzorg). Het relatief lage appartementengebouw onderscheidt zich qua gebouwmassa niet van de drie grondgebonden woningen en zijn voor de prognose allebei als laagbouw te karakteriseren. De drie woningen staan echter op grotere afstand ( $> 40$  m) en zijn dus minder kritisch.

**tabel 4: trillingsprognose ( $V_{max}/V_{per}$ ) woonzorgcomplex (12 m afstand)**

Gebouwtype	Richting	Bouwlagen	Trillingsterkte $V_{max}$ [mm/s]	Trillingsterkte $V_{per}$ [mm/s]
Laagbouw op staal <sup>1)</sup>	Horizontaal		0,06 - 0,12	--
	Verticaal		0,32 - 0,35	0,04
Laagbouw op palen	Horizontaal	BG, 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> verdieping	0,05 - 0,10	--
	Verticaal	BG	0,23 - 0,26	0,04

<sup>1)</sup> Overdracht grond-gebouw op basis van huidige fundatie

Uit de prognose blijkt dat de maximale effectieve trillingssterkte  $V_{max}$  in horizontale richting niet kritisch is en voldoet aan de streefwaarden uit de SBR Trillingen deel B.

In de verticale richting overschrijdt de maximale effectieve trillingssterkte  $V_{max}$  echter de streefwaarde voor de nachtperiode. Voor laagbouw op palen betreft deze overschrijding 0,03 tot 0,06 op de streefwaarde van 0,2 voor de nachtperiode. Met deze planinvulling gaat dit om de zorgappartementen.

Om te kunnen voldoen aan deze streefwaarde zou een minimum bebouwingsafstand van 20 m tot het spoor moeten worden aangehouden.

Omdat de drie rijwoningen op een afstand van tenminste 40 m tot het spoor gebouwd worden voldoen deze aan de streefwaarden uit SBR Trillingen deel B.

## 6. Conclusies en aanbevelingen

Uit het onderzoek is gebleken dat de drie rijwoningen, op de huidige geprojecteerde locatie, voldoen aan de SBR-B en zonder verdere maatregelen gebouwd kunnen worden.

Het woon-zorgcomplex voldoet niet aan de SBR-B. De verwachte vloertrillingen zijn in de verticale richting hoger dan de streefwaarde geldend voor de nachtperiode (23-7 u). Om zonder maatregelen te kunnen bouwen zou dit complex op tenminste 20 m afstand van het spoor gebouwd moeten worden.

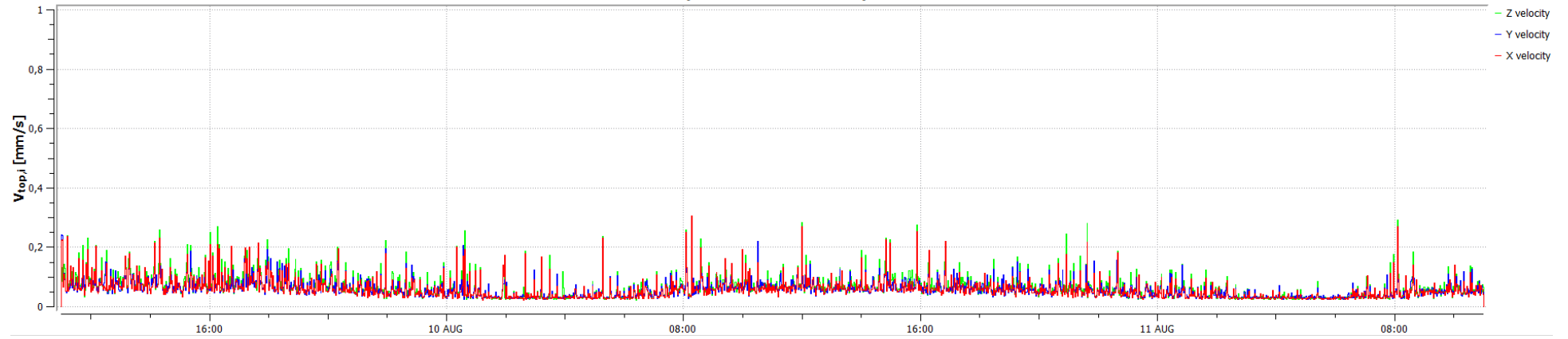


ir. P.B. (Peter) Bijvoet  
DGMR Bouw B.V.

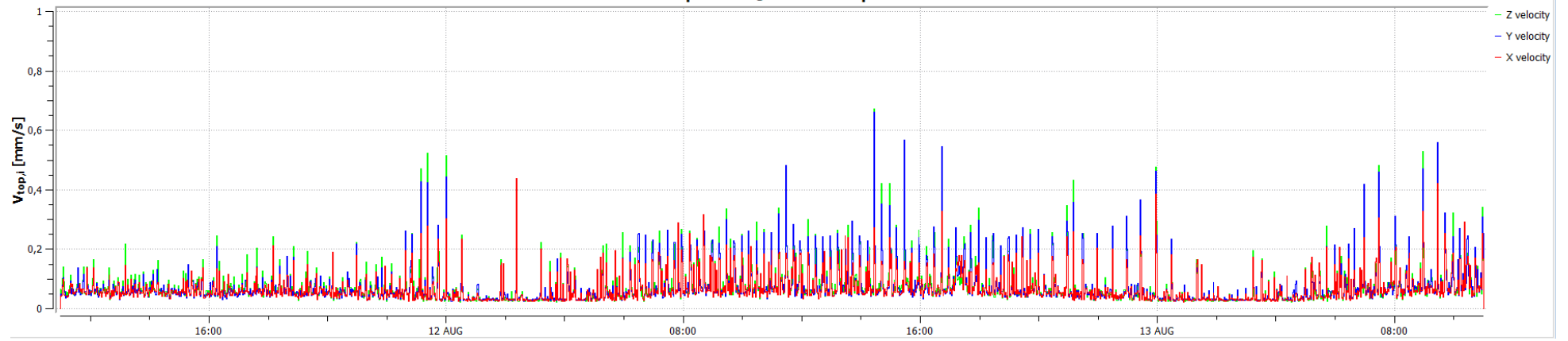
## Bijlage 1

Titel	Trillingsregistratie $V_{top}$ op kavel
Omvang	2

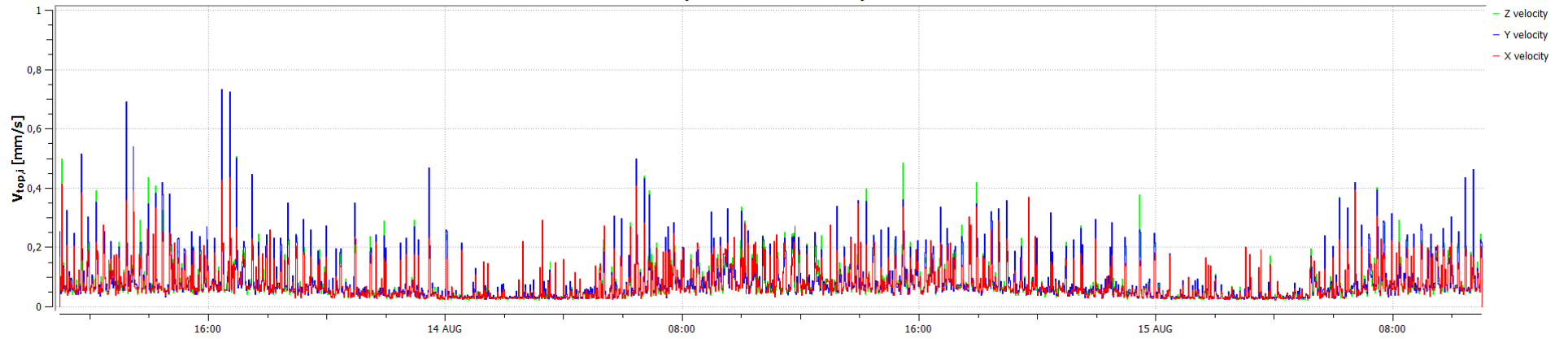
Meetpunt 2 - @15m vanaf spoor



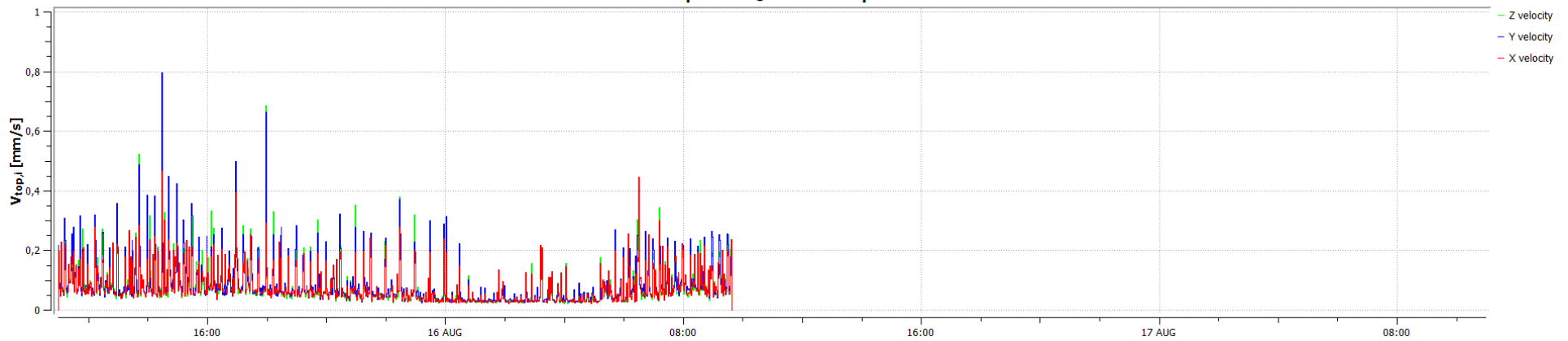
Meetpunt 2 - @15m vanaf spoor



Meetpunt 2 - @15m vanaf spoor



Meetpunt 2 - @15m vanaf spoor



## Bijlage 2

Titel	Prognose
Omvang	2
Toelichting	Laagbouw op paalfundering





