



## **Bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat** Oldenzaal Trillingsonderzoek

Gemeente Oldenzaal

10 maart 2014  
Definitief rapport  
9V0530-003







## INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
2 PLAN VAN AANPAK	2
3 TRILLINGEN	3
3.1 Omschrijving situatie	3
3.2 Het (voorlopige verkaveling) bouwplan voor het bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat	3
3.3 Verkeersintensiteiten railverkeer	4
3.4 Metingen	6
3.5 Aanvullende metingen	11
3.6 Beschouwing meetresultaten nulsituatie	12
3.7 Toetsing trillingssterkte	13
3.7.1 Toetsing hinder voor personen	13
4 MITIGATIE	15
5 CONCLUSIE	17
6 LITERATUUR	18

## BIJLAGEN

- Bijlage 1: weergave situatie en meetpunten;
- Bijlage 2: weergave ruwe meetdata;
- Bijlage 3: weergave ruwe meetdata;
- Bijlage 4: analyse meetdata;
- Bijlage 5: prognose trillingsniveau in woningen.



## 1 INLEIDING

In de nabijheid van het station in Oldenzaal is met het bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat de nieuwbouw van een aantal woningen voorzien. In figuur 1 is de situatie weergegeven. Ten noorden van het bestemmingsplan ligt het station en de sporen voor het treinverkeer. Het voorliggende onderzoek heeft tot doel de te verwachten trillingsniveaus in de woningen in het licht van hinder voor personen te beschouwen.

In opdracht van de gemeente Oldenzaal verricht Royal HaskoningDHV een trillings onderzoek naar de te verwachte trillingsniveaus in de woningen in het bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat.

Het onderzoek naar de trillingsniveaus van het railverkeer in het te ontwikkelen plangebied gaat uit van de gegevens opgenomen in het Emissieregister van ProRail.

## 2 PLAN VAN AANPAK

De structuur van het onderzoek voor het aspect trillingen is als volgt:

- verzamelen van meetdata van de huidige nulsituatie;
- beschouwing van de te verwachten trillingsniveaus in de gebouwen in de gebruiksfase;
- toetsing aan normstelling;
- conclusie formuleren



### 3 TRILLINGEN

Doel van het onderzoek is te onderzoeken of hinder ten gevolge van de trillingen in de woningen kan ontstaan.

#### 3.1 Omschrijving situatie

Het bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat is gelegen aan de spoorlijn Hengelo naar de Duitse grens en wordt begrensd door de Spoorstraat, de Helmichstraat en de Stakenbeek.

In het onderstaande figuur 3.1 staat de locatie en de omvang van het plangebied aangegeven. In figuur 3.2 wordt het plangebied met de uitvoering van de verkaveling weergegeven.

**Figuur 3.1: Plangebied bestemmingsplan Bisschop Baldrickstraat (paars).**



#### 3.2 Het (voorlopige verkaveling) bouwplan voor het bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat

In het onderstaande figuur 3.2 wordt de verkaveling voor het bouwplan van het bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat weergegeven.

Figuur 3.2: Overzicht verkaveling bouwplan Bisschop Balderikstraat.



### 3.3 Verkeersintensiteiten railverkeer

Het spoor in Oldenzaal ter hoogte van het station bestaat uit vijf sporen. Het meest noordelijke spoor wordt gebruikt door de stoptrein Hengelo – Oldenzaal en is afgescheiden door een perron van de doorgaande sporen die Hengelo verbinden naar de grens. Daaronder zijn twee wachtsporen gelegen die gebruikt worden om treinen tijdelijk op te stellen.

Figuur 3.3: Overzicht sporenligging in Oldenzaal.



In tabel 3.3.0 worden de gegevens van de trajecten in Oldenzaal met het aantal sporen en de bijhorende zone aangeduid.

**Tabel 3.3.0: Gegevens spoorlijn in Oldenzaal.**

Traject	Kilometrag [km]e		Aantal sporen
	Van	tot	
180	17.365	26.175	2
181	26.175	33.457	2

Het station Oldenzaal is gelegen op kilometer 26.175 en vormt de overgang tussen traject 180 van Hengelo naar Oldenzaal en 181 van Oldenzaal naar de landsgrens. Station Hengelo-oost is gelegen op kilometer 17.360. De verkeersintensiteiten op de trajecten 180 en 181 worden weergegeven in de onderstaande tabellen 3.3.1 en 3.3.2.

**Tabel 3.3.1: Spoorgegevens voor traject 180<sup>1</sup>.**

Traject 180								
Km tot	dagdeel	categorien						
		1	2	3	4	5	6	8
		MAT64	ICM/ICR/DDM	DH	CARGO	DE	DH	IRM/DDM
GPP register 2013 uurintensiteiten								
26175	Dag			0.17	13.47	0.15	0.35	6.87
26175	Avond			0.09	13.58	0.06	0.42	4.62
26175	Nacht			0.10	18.01	0.12	0.50	2.74

**Tabel 3.3.2: Spoorgegevens voor traject 181.**

Traject 181									
Km tot	dagdeel	categorien							
		1	2	3	4	5	6	8	11
		MAT64	ICM/ICR/DDM	DH	CARGO	DE	DH	IRM/DDM	CARGO
GPP register 2013 uurintensiteiten									
33457	Dag				14.56			23.76	58.24
33457	Avond				15.88			22.96	63.54
33457	Nacht				9.94			5.60	39.72

<sup>1</sup> Op moment van dit onderzoek zitten er nog fouten in het emissieregister van ProRail. In de loop van mei 2013 zou een bijgestelde versie beschikbaar moeten komen voor foutloze berekeningen met deze gegevens. Wat opvalt in de gegevens uit het emissieregister is, dat vanaf station Oldenzaal een grote hoeveelheid bakken stiel goederenverkeer van categorie 11 naar de Duitse grens rijdt. Op locatie is waargenomen is dat er alleen doorgaande passerende goederentreinen passeren. Ook zit er een sprong in de intensiteiten voor de intercity (categorie 8). Op locatie is waargenomen is dat er alleen doorgaande intercity's passeren. Tevens valt op dat enerzijds op locatie is waargenomen dat de sprinters (catgorie 3) 2 maal per uur rijden en dat dit in de spoorgegevens een factor 10 lager is.



Op 11-2-2014 zijn 29 passages van treinen en op 13-2-2014 zijn 26 passages geregistreerd. Er zijn passages van 3 type treinen, sprinters, intercitys en cargo treinen geregistreerd.

De cargo en intercity treinen zijn doorgaande treinen (traject 180 en 181). Soms wacht de cargo trein ter hoogte van het station op een van de wachtsporen. De sprinters stoppen enige tijd op het station en rijden vervolgens weer terug naar Hengelo (traject 180).

In de onderstaande foto's zijn een stilstaande sprinter, een passerende cargotrein alsmede het meetsysteem weergegeven.

Foto's 3.3: Weergave situatie.



### 3.4 Metingen

De metingen zijn op 11-2-2014 en 11-2-2014 conform [1] verricht met een vibra  $\alpha$  serienummer 9512007. De vibra  $\alpha$  is tijdens de metingen met een sensor uitgerust. Er zijn aanvullende metingen verricht op 27-2-2014 en 28-2-2014.

Aan de noordwestzijde liggen een aantal wissels in de sporen. Dit heeft een trillingsverhogend effect. Derhalve is er voor de appartementencomplex een meetpunt aan de noordwestzijde nabij het gebied met de wissels gekozen.

Aan de noordoostzijde liggen de perrons van het station Oldenzaal. Vanwege de lage snelheden van de stoppende en vertrekkende treinen wordt hier een lagere trillingsnelheid verwacht. Hier wordt naar verwachting de trillingsimmissie door de

doorgaande treinen bepaald. Derhalve is voor de tussenwoningen in de noordoosthoek van het plan een meetpunt nabij het station gekozen.

In bijlage 1 is de situatie van de twee meetpunten weergegeven.

Meetpunt 1 is voor de tussenwoningen aan de noordoostzijde van het bestemmingsplan. De rooilijn van de woningen ligt op 50 m afstand van het hart van het dichtstbijzijnde spoor ter hoogte van het station. Meetpunt 1 ligt is op 50 m afstand van het hart van het dichtstbijzijnde spoor ter hoogte van het station.

Meetpunt 2 is voor het appartementencomplex en de woningen ter hoogte van de wissels aan de noordwestzijde van het bestemmingsplan. De rooilijn van de woningen ligt op 42 m afstand van het hart van het dichtstbijzijnde spoor ter hoogte van het station. Meetpunt 2 is op 42 m afstand van het hart van het dichtstbijzijnde spoor ter hoogte van het station.

De Sensor meet één verticale (kanaal 1) en twee horizontale componenten (kanaal 2 en 3) in meetpunt 1 en 2. De sensoren zijn met een grondpen in de grondlaag boven de GWS (grondwaterstand) gedrukt. Bij meetpunt 2 is eerst de humuslaag verwijderd.

Tijdens de metingen op 11 februari en 13 februari was het overdrachtgebied tussen spoor en meetpunt verzadigd met water. Tijdens de aanvullende metingen op 27 februari en 28 februari was het overdrachtgebied tussen spoor en meetpunt in iets mindere mate verzadigd met water.

Voor hinder voor personen is de grootheid  $V_{max}$  relevant. In bijlage 2 en bijlage 3 zijn de ruwe meetdata van  $V_{max}$  grafisch weergegeven.

In de omgeving zijn voor het trillingsniveau in de meetpunten geen relevante andere trillingsbronnen aanwezig. Op grotere afstand was op sommige momenten een mobiele kraan werkzaam. De verdiepte ligging van de Spoorstraat ligt op circa 20 m afstand van meetpunt 2. Het achtergrondsignaal bedraagt circa 0,02 - 0,03 [--] in beide meetpunten.

Het meetsysteem is zo ingesteld dat per periode van twee seconde een nieuwe meting is gestart en de meetwaarde gelogd. Op basis van de momenten waarbij er alleen een passage over een van de trillingsbronnen plaats vond zijn de onderstaande waarnemingen gebaseerd.

In tabel 3.4.0 en 3.4.1 zijn de meetresultaten weergegeven op basis van de bovenstaande waarnemingen. De achtergrondtrillingen ten gevolge van het bouwverkeer zijn op het moment van vaststellen - naar alle waarschijnlijkheid - niet relevant ten opzichte van het beschouwde trillingsniveau.

**Tabel 3.4.0: Meetresultaten meetpunt 1**

Passage	tijd	type trein	Vmax	type passage	aantal bakken	opmerking
1	10.54	intercity	0,05	doorgaand	10	
2	10.57	sprinter	0,05	aankomst	2	
3	11.01	sprinter	0,05	vertrek	2	
4	11.07	intercity	0,03	doorgaand	10	
5	11.25	sprinter	<0,02	aankomst	2	
6	11.31	sprinter	<0,02	vertrek	2	
7	11.54	sprinter	<0,02	aankomst	2	
8	12.02	sprinter	0,04	vertrek	2	
9	12.28	sprinter	<0,02	aankomst	2	
10	12.33	sprinter	0,04	vertrek	2	
11	12.55	sprinter	0,05	aankomst	2	
12	13.03	sprinter	0,07	vertrek	2	
13	13.07	sprinter	0,03	aankomst	2	
14	13.22	cargotrein	0,06	doorgaand	41	
15	13.27	sprinter	0,05	aankomst	2	
16	13.33	intercity	0,12	doorgaand	9	
17	13.57	sprinter	<0,02	aankomst	2	
18	14.06	sprinter	0,03	vertrek	2	
19	14.27	sprinter	<0,02	aankomst	2	
20	14.32	sprinter	0,06	vertrek	2	
21	14.56	intercity	0,03	doorgaand	10	
22	14.57	sprinter	<0,02	aankomst	2	
23	15.06	intercity	0,03	doorgaand	10	
24	15.27	sprinter	<0,02	aankomst	2	
25	15.33	sprinter	0,03	vertrek	2	
26	15.45	cargotrein	<0,02	aankomst	41	stapvoets
27	15.57	sprinter	<0,02	aankomst	2	
28	16.03	sprinter	0,04	vertrek	2	
29	16.14	cargotrein	0,05	vertrek	41	

**Tabel 3.4.1: Meetresultaten meetpunt 2**

Passage	Tijd	type trein	Vmax	type passage	aantal bakken	opmerking
1	11.03	sprinter	0,03	vertrek	2	
2	11.06	intercity	0,12	doorgaand	10	
3	11.26	sprinter	0,07	aankomst	2	
4	11.33	sprinter	<0,02	vertrek	2	
5	11.58	sprinter	0,04	aankomst	2	
6	12.02	sprinter	0,04	vertrek	2	
7	12.26	sprinter	0,04	aankomst	2	
8	12.42	cargotrein	0,14	doorgaand	41	personenauto wagons (leeg)
9	12.57	sprinter	0,05	aankomst	2	
10	13.03	intercity	0,07	doorgaand	10	
11	13.05	sprinter	0,06	vertrek	2	
12	13.07	intercity	0,09	doorgaand	10	
13	13.26	sprinter	0,07	aankomst	2	
14	13.33	sprinter	0,02	vertrek	2	
15	13.44	cargotrein	0,13	doorgaand	34	
16	13.57	sprinter	0,05	aankomst	2	
17	14.04	sprinter	0,04	vertrek	2	
18	14.27	sprinter	0,04	aankomst	2	
19	14.33	sprinter	0,02	vertrek	2	
20	14.53	intercity	0,07	doorgaand	10	
21	14.58	sprinter	0,04	aankomst	2	
22	15.04	sprinter	0,04	vertrek	2	
23	15.07	intercity	0,1	doorgaand	10	
24	15.27	sprinter	0,05	aankomst	2	
25	15.34	sprinter	<0,02	vertrek	2	

**Tabel 3.4.2: Samenvatting meetresultaten meetpunt 1 en 2.**

	hoogste waarde $V_{max}$ [--]	gemiddelde waarde $V_{max}$ [--]	aantal passages [--]
Meetpunt 1			
Intercity	0,12	0,05	5
Sprinter	0,07	0,03	21
Cargotrein	0,06	0,04	3
Meetpunt 2			
Intercity	0,12	0,09	5
Sprinter	0,07	0,03	22
Cargotrein	0,14	0,14	2

In tabel 3.4.2 is de meetdata samengevat weergegeven. Uit analyse van de meetdata kunnen de volgende aanvullende conclusies worden getrokken.

Ten eerste is vastgesteld dat de individuele passages van de sprinter een dermate laag trillingsniveau geeft dat de passages niet altijd duidelijk herkenbaar zijn ten opzichte van het achtergrondsignaal in het meetbeeld in meetpunt 1 en 2.

Ten tweede is vastgesteld dat de individuele passages van de doorgaande intercity en de doorgaande cargotrein duidelijk herkenbaar en maatgevend zijn in het meetbeeld in meetpunt 1 en 2.

Ten derde is vastgesteld dat in meetpunt 1 de hoogste waarde van  $V_{max}$  (0,12 [--]) bepaald wordt door een enkele passage (16) van een intercity. Hiermee kan op basis van de beperkte meetdata niet met zekerheid bepaald worden of de  $V_{max}=0,12$  een structureel beeld betreft, danwel dat dit een eenmalige zogenaamde uitbijter betreft. Ook is het mogelijk dat tijdens de passage de werkzaamheden aan de overzijde van het spoor bepalend zijn geweest voor de hoogste waarde van  $V_{max}$  (0,12 [--]). Om hier een beter beeld van te krijgen zijn in meetpunt 1 aanvullende metingen verricht.

Ten vierde in meetpunt 2 wordt de hoogste waarde van  $V_{max}$  in gelijke mate bepaald door de passages van de intercity's en cargo. Er zijn een viertal passages van intercity's en cargotreinen waargenomen met  $V_{max}$  in de range 0,10 - 0,14 [--].



### 3.5 Aanvullende metingen

Voor hinder voor personen is de grootte  $V_{\max}$  relevant. In bijlage 2 zijn van de aanvullende metingen op 27 en 28 februari de ruwe meetdata van  $V_{\max}$  grafisch weergegeven.

**Tabel 3.5.1: Samenvatting meetresultaten aanvullende metingen meetpunt 1**

	hoogste waarde $V_{\max}$ [--]	gemiddelde waarde $V_{\max}$ [--]	aantal passages [--]
Meetpunt 1			
Intercity	0,04	0,03	9
Cargotrein	0,10	0,06	9

In tabel 3.5.1 is de meetdata samengevat weergegeven. Uit analyse van de meetdata kunnen de volgende aanvullende conclusies worden getrokken.

Op 27-2-2014 zijn 32 passages van treinen en op 28-2-2014 zijn 29 passages geregistreerd. Er zijn passages van 3 type treinen, sprinters, intercity's en cargo treinen geregistreerd. De analyse van de aanvullende metingen is beperkt tot de intercity's en de cargotreinen. De sprinters zijn niet in de analyse van de aanvullende metingen betrokken omdat deze niet maatgevend zijn op basis van de eerdere metingen.

Vastgesteld is dat de individuele passages van de doorgaande cargotrein duidelijk herkenbaar en maatgevend zijn in het meetbeeld in meetpunt 1.

Op basis van de aanvullende metingen geldt dat alle 9 passages van de doorgaande intercity minder herkenbaar zijn en een factor 2 lager signaal dan de doorgaande cargotreinen.

Hiermee is in meetpunt 1 de hoogste waarde van passage 16  $V_{\max}$  (0,12 [--]) op 11 februari duidelijk afwijkend ten opzichte van de meetdata op 27 en 28 februari. Hiermee is in meetpunt 1 de hoogste waarde van passage 16  $V_{\max}$  (0,12 [--]) naar alle waarschijnlijkheid mede door een stoorsignaal t.g.v. de werkzaamheden aan de overzijde van het spoor bepaald en niet door een enkele passage van een intercity.

Op basis van de aanvullende metingen wordt voor de intercity in meetpunt 1 een  $V_{\max}$  0,05 [--] als maximale waarde gehanteerd. Hiermee zijn de cargotreinen maatgevend voor de maximale waarde van  $V_{\max}$ . Op basis van de aanvullende metingen wordt voor meetpunt 1 een  $V_{\max}$  0,10 [--] als maximale waarde gehanteerd.

### 3.6 Beschouwing meetresultaten nulsituatie

Het spectrum van de hoogste meetwaarde in bijlage 2 en 3 geven aan dat de dominante frequentie van de trillingen in het maaiveld voornamelijk tussen 5 en 15 Hz liggen.

Het appartementengebouw ter hoogte van meetpunt 2 wordt 4 verdiepingen hoog. Hiermee gedraagt het gebouw zich dynamisch als laagbouw. Voor hoogbouw geldt op basis van [2] dat de overdracht  $H_{xf}$  tussen maaiveld en de verticale trillingen in de fundering 1 [--] (< 10 Hz) bedraagt. Tussen 10-50 Hz neemt de overdracht af en bedraagt de overdracht  $1.1-0,01*f$ .

Omdat de gemeten spectra aangeven dat de dominante frequentie van de trillingen in het maaiveld voornamelijk tussen 5 en 15 Hz liggen wordt voor alle woningen een overdracht van 1 van maaiveld naar fundering gehanteerd. In de woningen komen vloeren met een vrije overspanning. In vloeren met een vrije overspanning treedt rond de eigenfrequentie een opslingering van het trillingsniveau op.

Van de woningen is nog geen ontwerp bekend. We nemen aan dat er betonvloeren in de woningen worden gerealiseerd.

Voor een holleplaatvloer geldt als vuistregel dat de eigenfrequentie  $f_e=664/L^2$  bedraagt (L is de overspanning van de vloer).

Voor een massieve betonvloer geldt als vuistregel dat de eigenfrequentie  $f_e=130/L$  bedraagt. Deze vuistregels houden geen rekening met inklemming aan de rand.

De karakteristieke waarde voor de demping van een holleplaatvloer bedraagt  $\xi = 0,030$  [--]. De karakteristieke waarde voor de demping van een massieve betonvloer bedraagt  $\xi = 0,047$  [--].

De vergrotingsfactor van een vloer bij stationaire trillingen bedraagt

$$H_{vf}=0,4+(3,14*f_e/(240*\xi)) \quad [1.1]$$

Hiermee bedraagt de vergrotingsfactor voor een overspanning van 12 m (aanneme) op basis van [1.1] maximaal 1,8 - 2,1 [--]. De eigenfrequentie ligt tussen 6 en 11 Hz.

De trillingen ten gevolge van de treinen zijn herhaald kortdurend trillingen en niet stationair van aard. Als worst case beschouwing wordt uitgegaan van de vergrotingsfactor voor stationaire trillingen.

Uitgaande van de aanname dat het trillingssignaal in de bodem maximaal  $V_{max} = 0,10$  [--] in meetpunt 1 en 0,14 in meetpunt 2 bedraagt zijn hiermee de trillingsniveaus in de vloeren te verwachten zoals weergegeven in tabel 3.5.0. De berekening van  $V_{per}$  is gebaseerd op de passages van de doorgaande intercity's en de cargotreinen zoals in paragraaf 3.3 weergegeven. In de gehanteerde intensiteiten zijn de intensiteitstoenames ten gevolge van het programma hoogfrequent spoor (PHS) niet verdisconteerd.

**Tabel 3.5.0: prognose trillingsniveaus**

	prognose in vloer		
	periode	$V_{max}$	$V_{per}$
Woningen ter hoogte meetpunt 1	Dag	0,21	0,04
	Avond	0,21	0,04
	Nacht	0,21	0,03
Woningen ter hoogte meetpunt 2	Dag	0,29	0,05
	Avond	0,29	0,04
	Nacht	0,29	0,04

### 3.7 Toetsing trillingssterkte

In Nederland bestaat geen specifieke juridisch kader voor trillingen zoals bijvoorbeeld geld voor geluid met de Wet Geluidhinder. Het juridisch kader wordt door wetgeving bepaald welke niet specifiek voor trillingen is bestemd.

Voor Tracébesluiten is de Beleidsregel trillingen spoor (BTS) van toepassing. Deze is niet van toepassing voor de het bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat. De jurisprudentie geeft aan dat de SBR meetrichtlijnen en normstelling van belang zijn. In de gebruiksfase van de infrastructuur is de beoordelingssystematiek SBR B richtlijn "hinder voor personen in gebouwen".

Om te beschouwen of de bestemming spoor en de bestemming wonen in het bestemmingsplan Bisschop Balderikstraat conform de WRO zorgvuldig zijn gescheiden is derhalve de beoordelingssystematiek SBR B richtlijn "hinder voor personen in gebouwen" gehanteerd.

#### 3.7.1 Toetsing hinder voor personen

In de "SBR B richtlijn Hinder voor personen" zijn afhankelijk van de functie van een bouwkundig object streefwaarden voor trillingen opgenomen.

De streefwaarden voor trillingen in "SBR B richtlijn Hinder voor personen" zijn voor kantoren in dag- avond- en nachtperiode gelijk.

**Tabel 3.6.0: Streefwaarden (SBR B richtlijn).**

Gebouwfunctie	A1 (dag / avond / nacht)	A2 (dag / avond / nacht)	A3 (dag / avond / nacht)
Woning (nieuwe situatie)	0.1 / 0.1 / 0.1	0.4 / 0.4 / 0.2	0.05 / 0.05 / 0.05

A1 = streefwaarden voor de trillingssterkte  $V_{max}$

A2 = hoogste streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{max}$

A3 = streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{per}$

Voorgesteld wordt om in eerste aanleg de streefwaarden voor kantoren nieuwe situatie te hanteren.

Bij deze waarden worden de volgende opmerkingen geplaatst:  
de waarde van de maximale trillingssterkte van de ruimte ( $V_{max}$ ) dient kleiner te zijn dan A1, of;  
de waarde van de maximale trillingssterkte dient kleiner te zijn dan de waarde A2 én de trillingssterkte over de beoordelingsperiode ( $V_{per}$ ) dient kleiner te zijn dan de waarde A3.

**Tabel 3.6.1: toetsing prognose trillingsniveaus.**

Objecten	prognose in vloer			toetswaarden		
	periode	$V_{max}$	$V_{per}$	A1	A2	A3
Woningen ter hoogte meetpunt 1	Dag	0,21	0,04	0,1	0,4	0,05
	Avond	0,21	0,04	0,1	0,4	0,05
	Nacht	0,21	0,03	0,1	0,2	0,05
Woningen ter hoogte meetpunt 2	Dag	0,29	0,05	0,1	0,4	0,05
	Avond	0,29	0,04	0,1	0,4	0,05
	Nacht	0,29	0,04	0,1	0,2	0,05

Uit de prognose rekenresultaten ( $V_{per}$ ), met een worst case aannames voor de vloeren, blijkt dat de streefwaarden voor de gemiddelden (A3) uit de SBR richtlijn na realisatie worden gerespecteerd in alle periodes.

Uit de prognose rekenresultaten ( $V_{max}$ ), met een worst case aannames voor de vloeren, blijkt dat de streefwaarden voor de pieken (A2) uit de SBR richtlijn na realisatie worden gerespecteerd in dag- en avondperiode.

In de nachtperiode wordt de streefwaarde voor de pieken overschreden. Voor de woningen nabij meetpunt 1 betreft het een lichte overschrijding. Voor de woningen nabij meetpunt 2 betreft het een significante overschrijding.

#### 4 MITIGATIE

De overschrijding wordt veroorzaakt door de pieken in de nachtperiode ten gevolge van de passages van intercity's en cargotreinen.

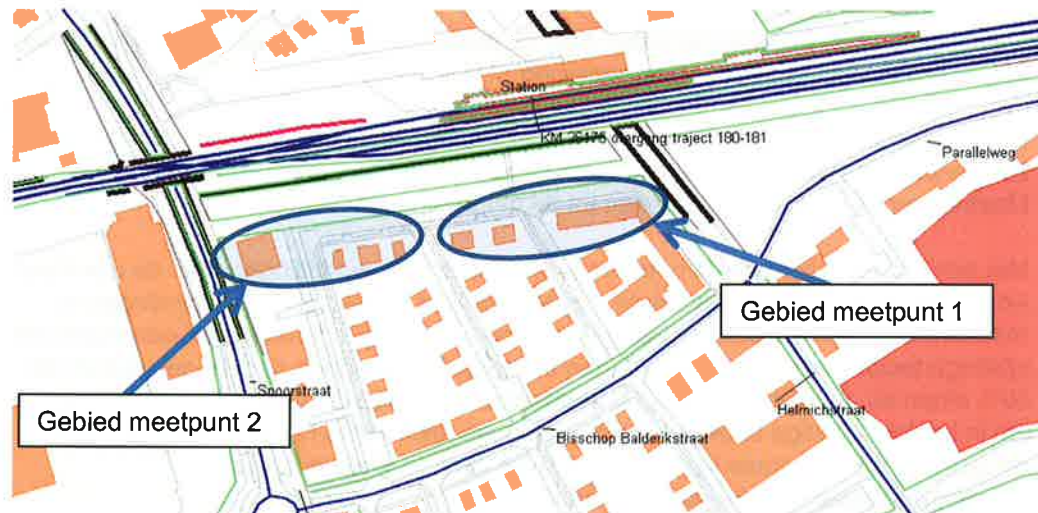
In zijn algemeenheid bestaan er twee mogelijkheden voor het nemen van maatregelen. Er kunnen maatregelen in het overdrachtgebied of aan de woningen worden genomen. Maatregelen bij de bron behoort niet tot de mogelijkheden.

Met een trillingsscherm in de bodem kan de overdracht van trillingen naar de woningen worden beperkt. Tevens bestaat de mogelijkheid om de trillingen in de woningen te reduceren door in het ontwerp van de woningen rekening te houden met een maximale opslingerfactor van de vloeren. Met een trillingsscherm kunnen de trillingen met 20 tot 50% afnemen. Omdat een trillingsscherm relatief kostbaar is en de mogelijkheid bestaat om in het toekomstige ontwerp van de woningen rekening te houden met de trillingen ten gevolge van het spoor ligt een ontwerp voor de vloeren in de eerstelijnsbebouwing meer voor de hand.

De opslingeringsfactor van de vloeren in het gebied waar de treinen trillingen veroorzaken 5-15 Hz dient te worden beperkt.

Om te voldoen aan de beoordelingssystematiek van de SBR richtlijn dient de opslingerfactor van alle vloeren van alle eerstelijnsbebouwing (gezien vanuit de spoorlijn) te worden beperkt.

Figuur 4.0: Overzicht gebieden met mitigatie



De opslingerfactor (5-15 Hz) voor de vloeren in de eerstelijnsbebouwing ter hoogte van meetpunt 1 (gebied ter hoogte van perrons zie figuur 4.0) dient te worden beperkt tot maximaal 2 [--]. De opslingerfactor (5-15 Hz) voor de vloeren in de woningen ter hoogte van meetpunt 2 (gebied met wissels zie figuur 4.0) dient te worden beperkt tot maximaal 1,6 [--].

Het dimensioneren van vloeren met een opslingerfactor van maximaal 1,6 tot 2 [--] wordt technisch uitvoerbaar geacht.

Het dimensioneren van vloeren met een opslingerfactor van maximaal 2 [--], voor het gebied rond meetpunt 1, wordt niet kostprijsverhogend geacht. Ter illustratie een breedplaatvloer met een overspanning van 12 m heeft een eigenfrequentie van 6 Hz en een opslingerfactor van 1,8 [--].

Het dimensioneren van vloeren met een opslingerfactor van maximaal 1,6 [--], voor het gebied rond meetpunt 2 ter hoogte van de wissels, wordt enigszins kostprijsverhogend geacht.

Hiermee is onderbouwd dat er een invulling van het bestemmingsplan mogelijk is die maakt dat de bestemming spoor en de bestemming wonen zorgvuldig zijn gescheiden.

Met een ontwerp aan de vloeren van de woningen in de eerstelijnsbebouwing wordt naar verwachting voldaan aan de streefwaarden voor de pieken (A2) uit de SBR richtlijn.

Aanbevolen wordt om de woningen in de eerstelijnsbebouwing een ontwerp aan de vloeren mee te geven.

## 5 CONCLUSIE

De onderzoeksresultaten op basis van metingen op locatie in een bovengrensbeschouwing geven het volgende aan:

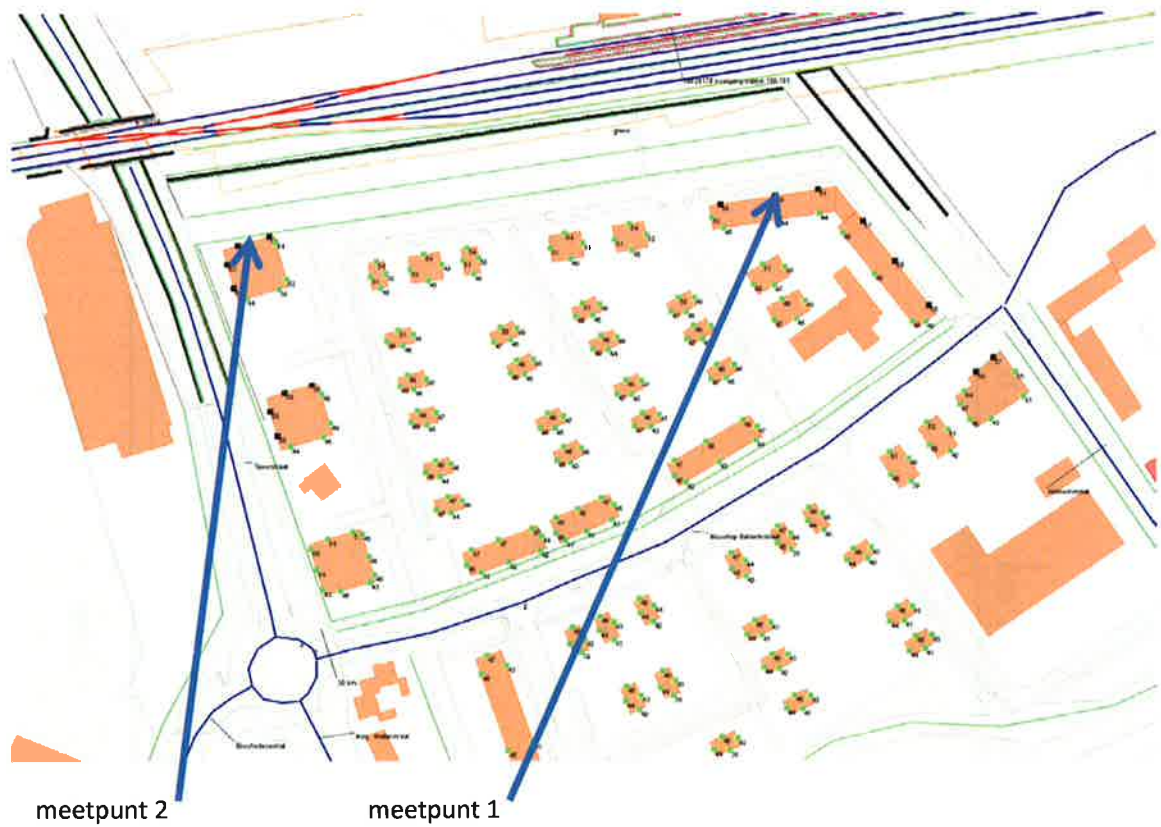
- Naar verwachting wordt in alle woningen, aan de streefwaarden (A3) voor een gemiddeld trillingsniveau in een woning conform de “SBR richtlijn Hinder voor personen” voldaan;
- Naar verwachting wordt in dag en avondperiode in alle woningen, aan de streefwaarden (A2) voor het maximale trillingsniveau in een woning conform de “SBR richtlijn Hinder voor personen” voldaan;
- Naar verwachting wordt in de nachtperiode in de woningen in de eerstelijnsbebouwing, niet aan de streefwaarden (A2) voor het maximale trillingsniveau in een woning conform de “SBR richtlijn Hinder voor personen” voldaan;
- Met een aanvullende ontwerpeis aan de vloeren van de woningen in de eerstelijnsbebouwing wordt naar verwachting voldaan aan de streefwaarden voor de pieken (A2) uit de SBR richtlijn. Aanbevolen wordt om de woningen in de eerstelijnsbebouwing een ontwerpeis, zoals geformuleerd in hoofdstuk 4, aan de vloeren mee te geven;
- Samenvattend wordt gesteld dat is onderbouwd dat met een aanvullende mitigatie er een invulling van het bestemmingsplan mogelijk is die maakt dat de bestemming spoor en de bestemming wonen zorgvuldig zijn gescheiden.

## 6 LITERATUUR

- [1] Stichting bouwresearch deel B Hinder voor personen in gebouwen, 2002
- [2] Gedrag en constructie en funderingen P. Waarts november 2001



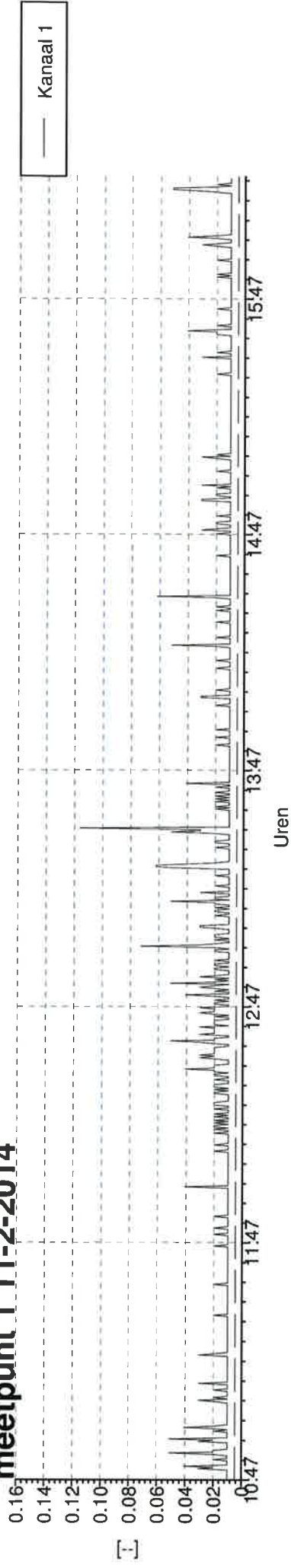
## Bijlage 1: weergave meetpunten



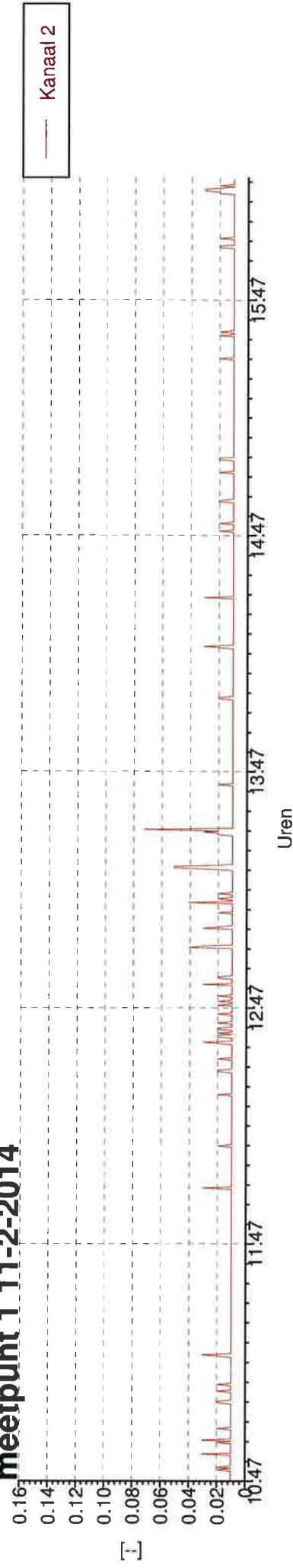
afstand hart dichtstbijzijnde spoor tot meetpunt 1: 50 m

afstand hart dichtstbijzijnde spoor tot meetpunt 2: 42 m

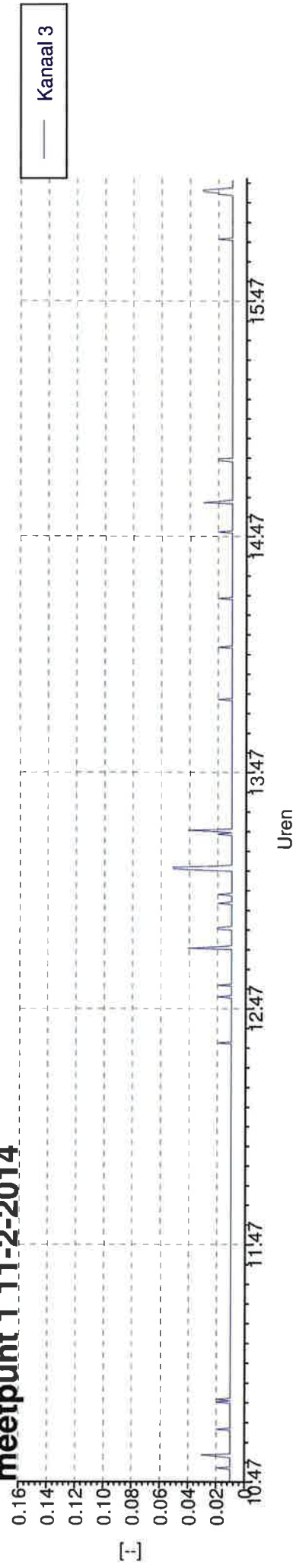
### meetpunt 1 11-2-2014



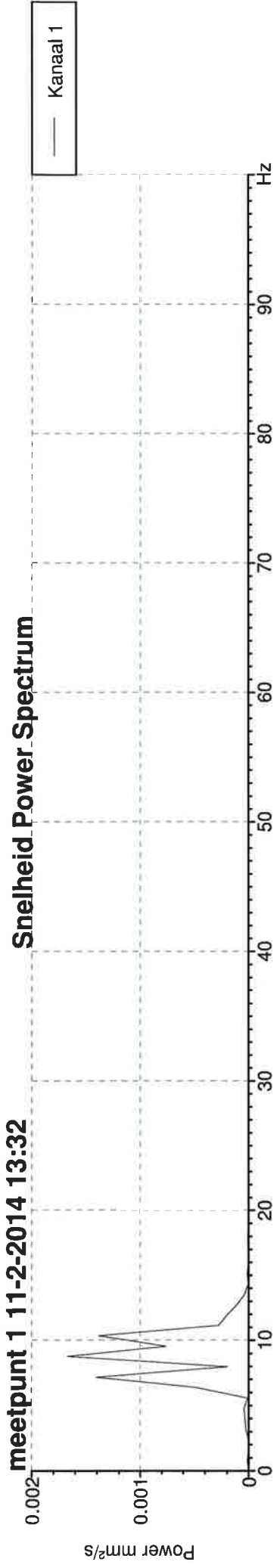
### meetpunt 1 11-2-2014



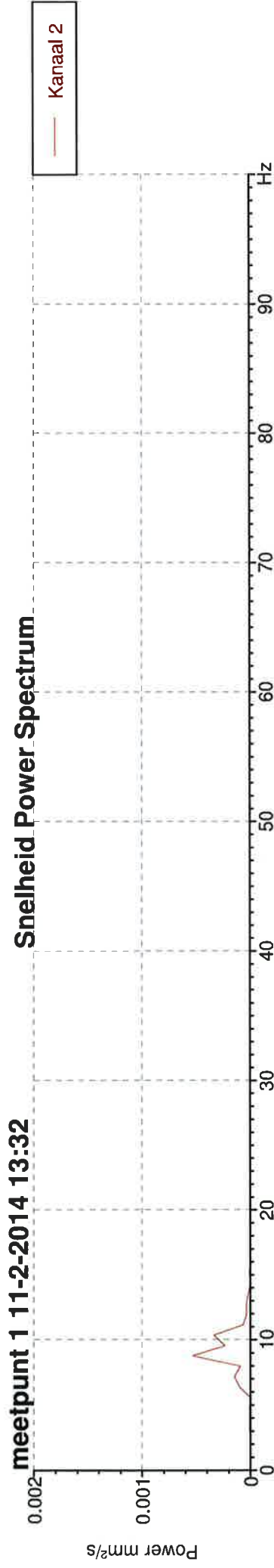
### meetpunt 1 11-2-2014



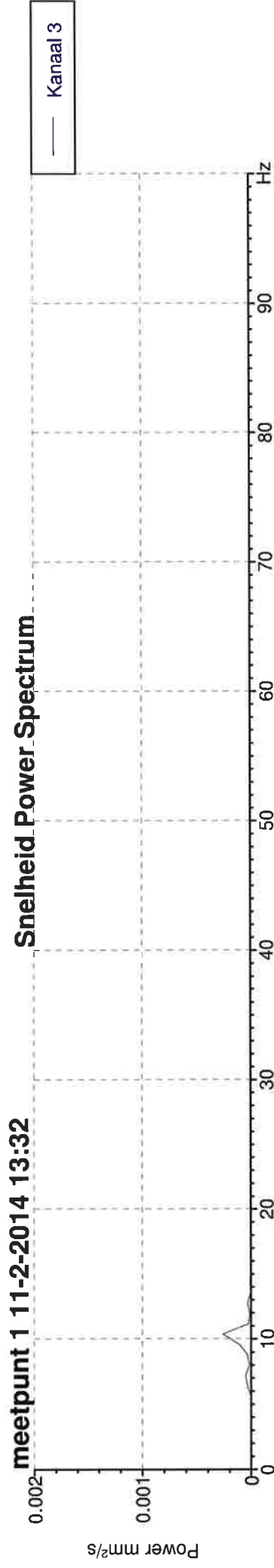
meetpunt 1 11-2-2014 13:32



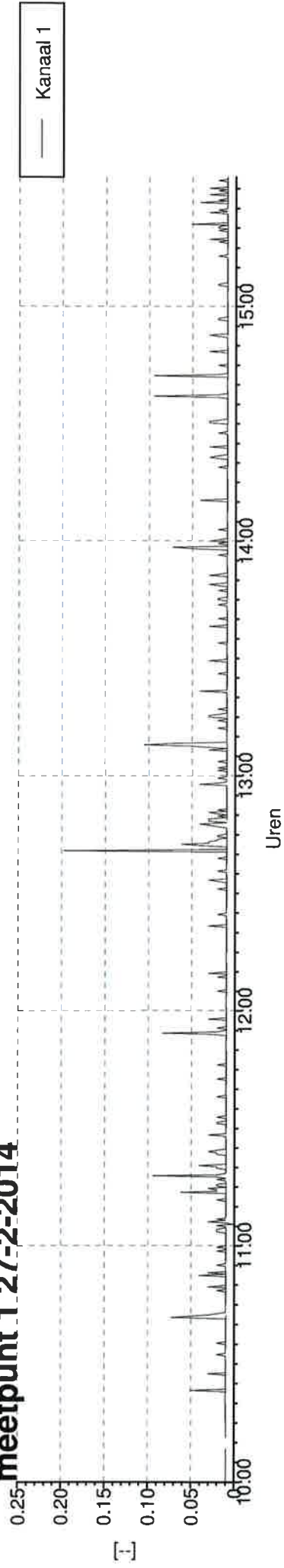
meetpunt 1 11-2-2014 13:32



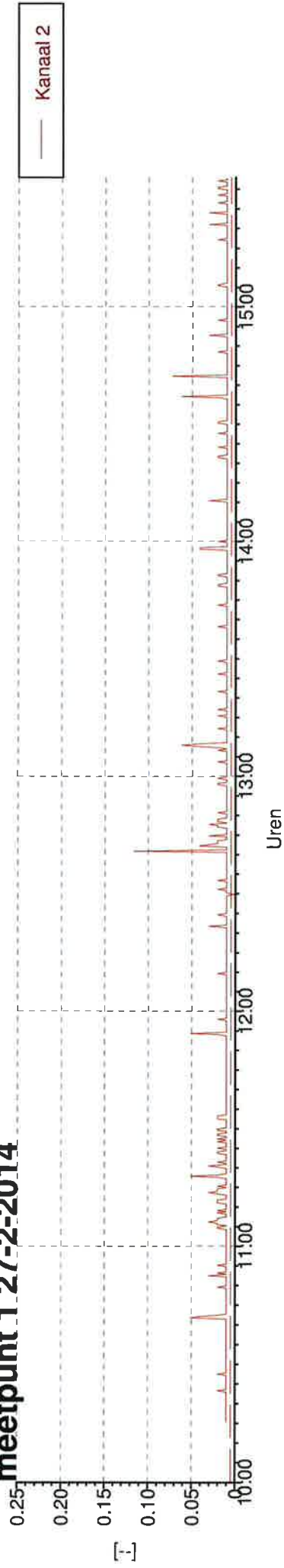
meetpunt 1 11-2-2014 13:32



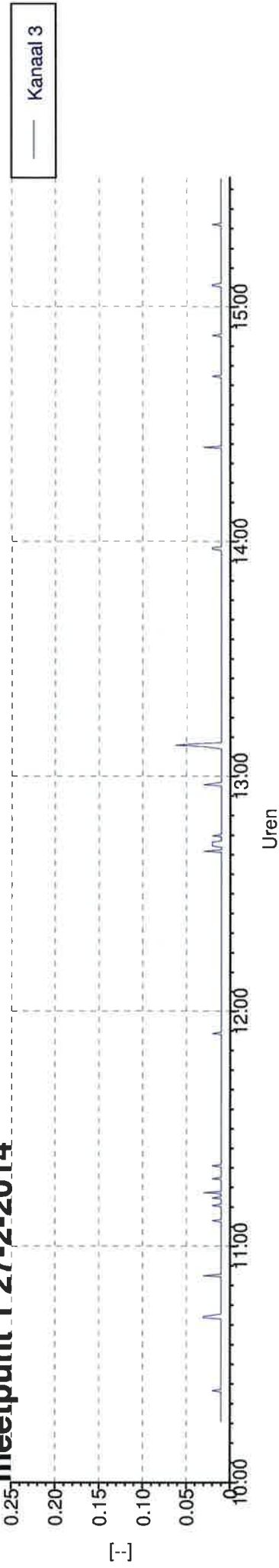
### meetpunt 1 27-2-2014



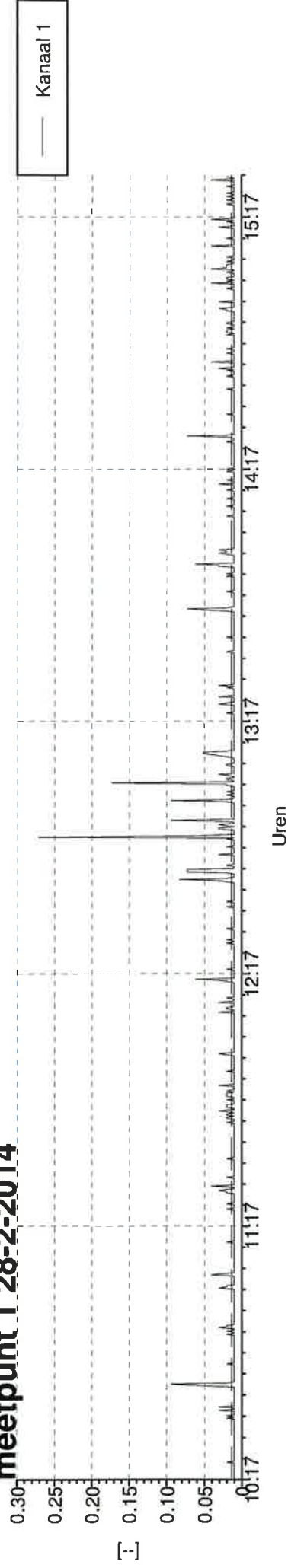
### meetpunt 1 27-2-2014



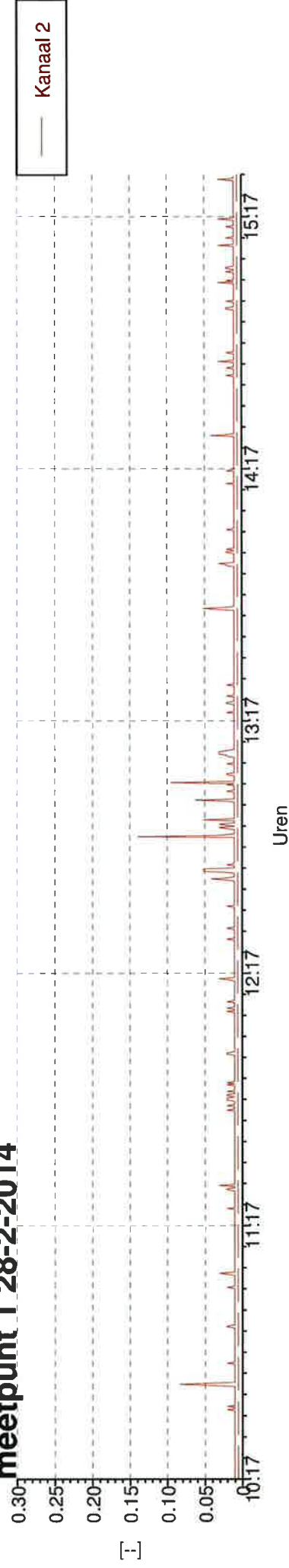
### meetpunt 1 27-2-2014



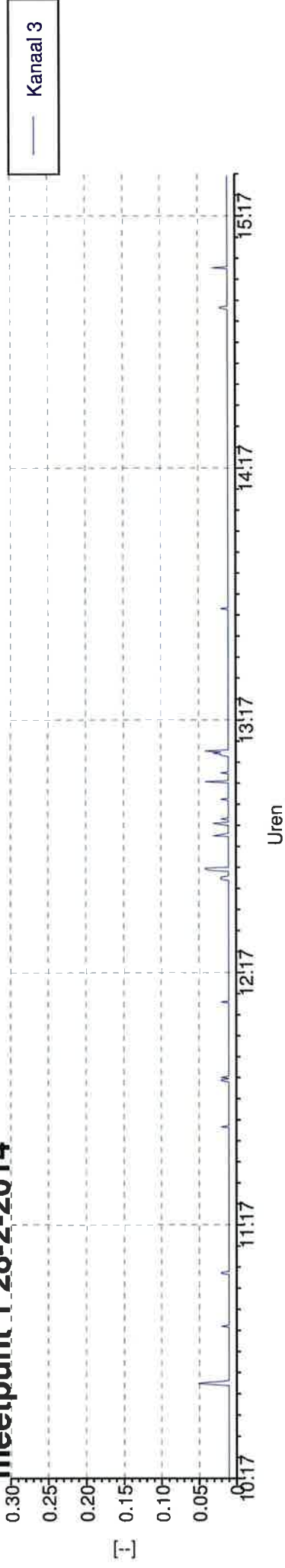
### meetpunt 1 28-2-2014



### meetpunt 1 28-2-2014

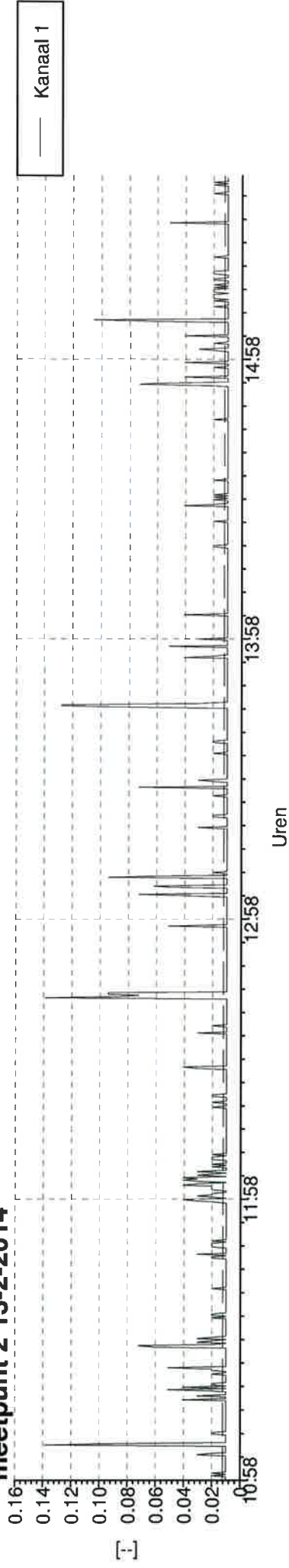


### meetpunt 1 28-2-2014

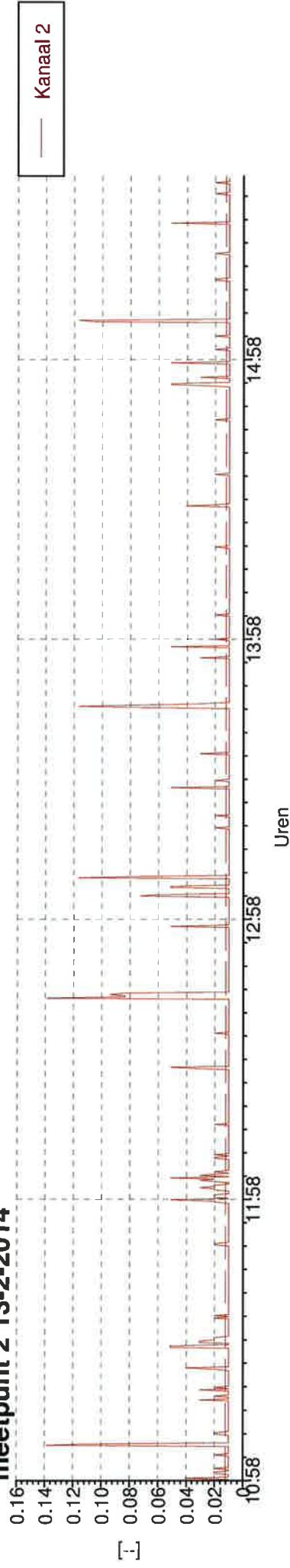




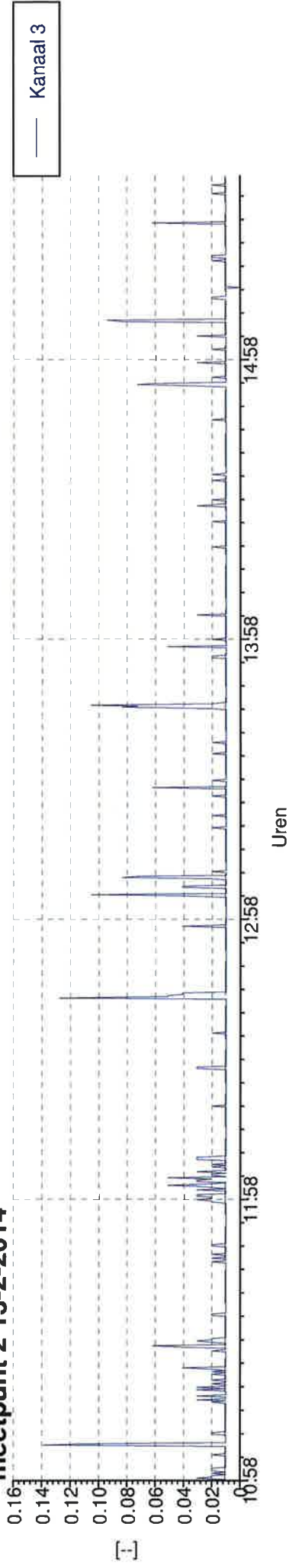
meetpunt 2 13-2-2014

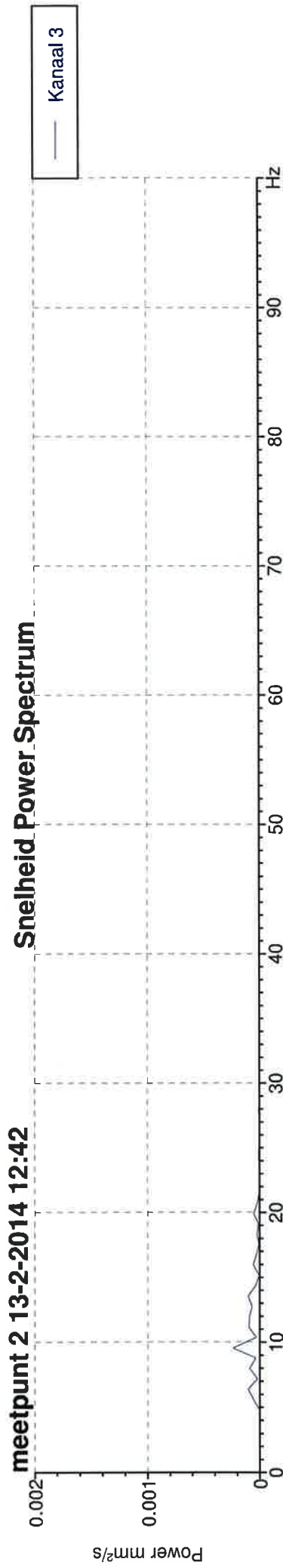
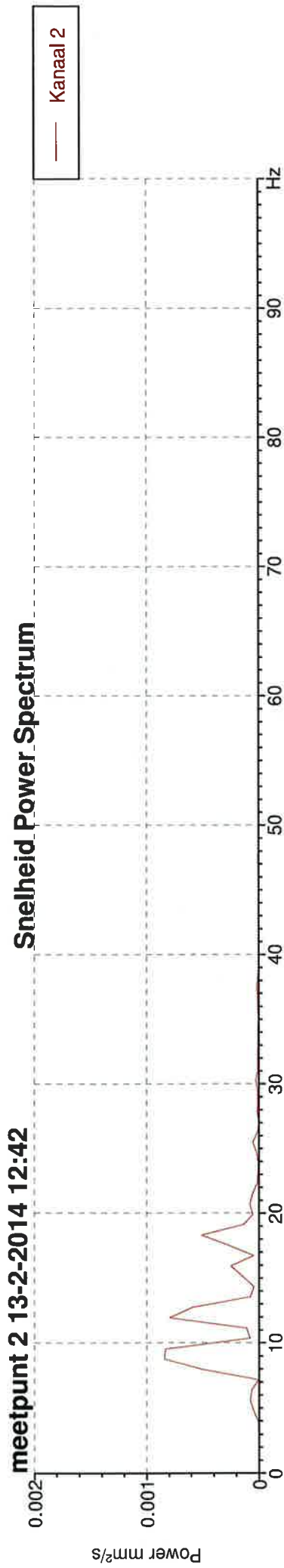
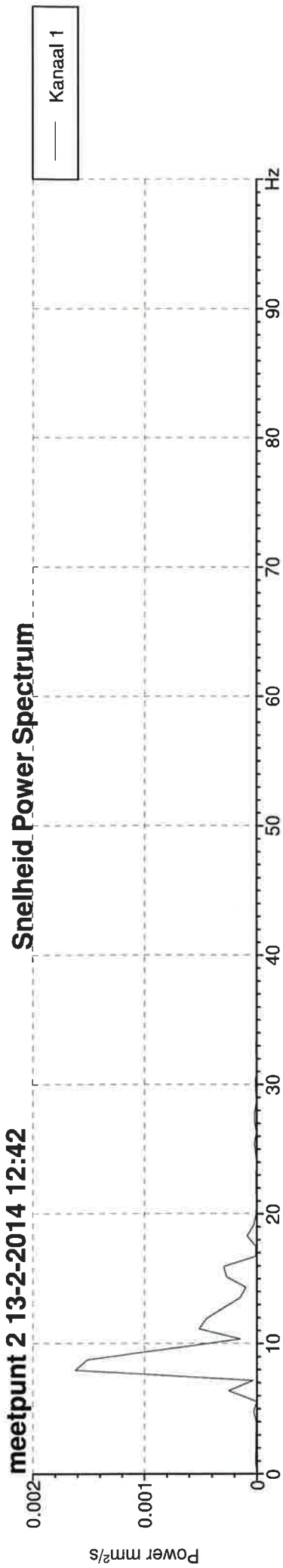


meetpunt 2 13-2-2014



meetpunt 2 13-2-2014





meetpunt 1 (oostzijde)

passage	tijd	type trein	Vmax	type passage	aantal bakken	opmerking
1	10.54	intercity	0,05	doorgaand	(+1)	
2	10.57	sprinter	0,05	aankomst	2	
3	11.01	sprinter	0,05	vertrek	2	
4	11.07	intercity	0,03	doorgaand	9+1	
5	11.25	sprinter	<0,02	aankomst	2	
6	11.31	sprinter	<0,02	vertrek	2	
7	11.54	sprinter	<0,02	aankomst	2	
8	12.02	sprinter	0,04	vertrek	2	
9	12.28	sprinter	<0,02	aankomst	2	
10	12.33	sprinter	0,04	vertrek	2	
11	12.55	sprinter	0,05	aankomst	2	
12	13.03	sprinter	0,07	vertrek	2	
13	13.07	sprinter	0,03	aankomst	2	
14	13.22	cargotreintrein	0,06	doorgaand	>40+1	
15	13.27	sprinter	0,05	aankomst	2	
16	13.33	intercity	0,12	doorgaand	9+1	
17	13.57	sprinter	<0,02	aankomst	2	
18	14.06	sprinter	0,03	vertrek	2	
19	14.27	sprinter	<0,02	aankomst	2	
20	14.32	sprinter	0,06	vertrek	2	
21	14.56	intercity	0,03	doorgaand	9+1	
22	14.57	sprinter	<0,02	aankomst	2	
23	15.06	intercity	0,03	doorgaand	9+1	
24	15.27	sprinter	<0,02	aankomst	2	
25	15.33	sprinter	0,03	vertrek	2	
26	15.45	cargotreintrein	<0,02	aankomst	>40+1	stapvoets
27	15.57	sprinter	<0,02	aankomst	2	
28	16.03	sprinter	0,04	vertrek	2	
29	16.14	cargotreintrein	0,05	vertrek	>40+1	

	hoogste waarde Vmax [--]	gemiddelde waarde Vmax [--]	aantal passages [--]
intercity	0,12	0,05	5
sprinter	0,07	0,03	21
cargotreintrein	0,06	0,04	3

meetwaarden meetpunt 1	
Vmax,meet	0,120
Vper,meet	0,005

aanvullende metingen

meetpunt 1 (oostzijde)

passage	tijd	type trein	Vmax	type passage	aantal bakken	opmerking
donderdag 27-2-2014						
1	10.42	cargotrein	0,08	doorgaand	32+1	
2	10.52	intercity	0,04	doorgaand	10+1	
3	11.06	intercity	0,03	doorgaand	9+1	
4	11.14	locomotief	0,06	doorgaand	1	
5	12.43	cargotrein	0,06	aankomst	40+1	
6	12.45	locomotief	0,02	doorgaand	1	
7	12.58	intercity	0,04	doorgaand	9+1	
8	13.08	cargotrein	0,10	doorgaand	36+1	
9	13.11	cargotrein	<0,02	vertrek	40+1	
10	14.53	intercity	0,03	doorgaand	9+1	
vrijdag 28-2-2014						
1	10.41	cargotrein	0,09	doorgaand	32+1	
2	10.54	intercity	0,03	doorgaand	9+1	
3	11.07	intercity	0,04	doorgaand	9+1	
4	12.43	cargotrein	0,08	doorgaand	26+1	
5	12.53	intercity	0,03	doorgaand	9+1	
6	13.10	cargotrein	0,06	doorgaand	35+1	
7	14.56	intercity	0,03	doorgaand	9+1	
8	15.06	intercity	0,04	doorgaand	9+1	

	hoogste waarde Vmax [--]	gemiddelde waarde Vmax [--]	aantal passages [--]
intercity	0,04	0,03	9
cargotrein (d)	0,10	0,06	9



meetpunt 2 (westzijde nabij wissels)

passage	tijd	type trein	Vmax	type passage	aantal bakken	opmerking
1	11.03	sprinter	0,03	vertrek	2	
2	11.06	intercity	0,12	doorgaand	9+1	
3	11.26	sprinter	0,07	aankomst	2	
4	11.33	sprinter	<0,02	vertrek	2	
5	11.58	sprinter	0,04	aankomst	2	
6	12.02	sprinter	0,04	vertrek	2	
7	12.26	sprinter	0,04	aankomst	2	
8	12.42	cargotreintrein	0,14	doorgaand	>40+1	personenauto wagons (leeg)
9	12.57	sprinter	0,05	aankomst	2	
10	13.03	intercity	0,07	doorgaand	9+1	
11	13.05	sprinter	0,06	vertrek	2	
12	13.07	intercity	0,09	doorgaand	9+1	
13	13.26	sprinter	0,07	aankomst	2	
14	13.33	sprinter	0,02	vertrek	2	
15	13.44	cargotreintrein	0,13	doorgaand	33+1	
16	13.57	sprinter	0,05	aankomst	2	
17	14.04	sprinter	0,04	vertrek	2	
18	14.27	sprinter	0,04	aankomst	2	
19	14.33	sprinter	0,02	vertrek	2	
20	14.53	intercity	0,07	doorgaand	9+1	
21	14.58	sprinter	0,04	aankomst	2	
22	15.04	sprinter	0,04	vertrek	2	
23	15.07	intercity	0,1	doorgaand	9+1	
24	15.27	sprinter	0,05	aankomst	2	
25	15.34	sprinter	<0,02	vertrek	2	

	hoogste waarde Vmax [--]	gemiddelde waarde Vmax [--]	aantal passages [--]
intercity	0,12	0,09	5
sprinter	0,07	0,03	22
cargotreintrein	0,14	0,14	2

meetwaarden meetpunt 2	
Vmax,meet	0,140
Vper,meet	0,012

traject 180

categorie	1	2	3	4	5	6	8	11
	MAT64	ICM/ICR/DDM	DH	CARGO	DE	DH	IRM/DDM	CARGO
dag			0,17	13,47	0,15	0,35	6,87	
avond			0,09	13,58	0,06	0,42	4,62	
nacht			0,1	18,01	0,12	0,5	2,74	

traject 181

categorie	1	2	3	4	5	6	8	11
	MAT64	ICM/ICR/DDM	DH	CARGO	DE	DH	IRM/DDM	CARGO
dag				14,56			23,76	58,24
avond				15,88			22,96	63,54
nacht				9,94			5,6	39,72

bakken/uur	periode	sprinter (180)	cargo (180/181)	intercity (180/181)
		doorgaand	doorgaand	doorgaand
	dag	0,17	13,97	6,87
	avond	0,09	14,06	4,62
	nacht	0,1	18,63	2,74

bakken/periode	periode	sprinter (180)	cargo (180/181)	intercity (180/181)
		doorgaand	doorgaand	doorgaand
	dag	2,04	167,64	82,44
	avond	0,36	56,24	18,48
	nacht	0,8	149,04	21,92

	lengte trein (bakken)
sprinter	1
intercity	10
cargo	41

treinen/periode	periode	sprinter (180)	cargo (180/181)	intercity (180/181)	aantal passages met een $V_{max} > 0,1$	aantal periodes van 30 sec. met een $V_{max} > 0,1$	afgerond aantal periodes van 30 sec. met een $V_{max} > 0,1$
		doorgaand	doorgaand	doorgaand			
	dag	2,0	4,1	8,2	12,3	41,2	42
	avond	0,4	1,4	1,8	3,2	10,1	11
	nacht	0,8	3,6	2,2	5,8	16,0	16

type vloer	overspanning [m]	eigen frequentie [Hz]	demping $\zeta$ [-]	Hvf vergrotingsfactor vloer [-]
massiefbeton	12	10,8	0,047	2,1
holleplaatvloer	12	4,6	0,03	1,8

prognose trillingsniveau in tussenwoningen ter hoogte meetpunt 1

meetwaarden		overdrachtfactoren tussenwoningen				afgerond aantal periodes van 30 sec. met een $V_{max} > 0,1$
maaiveld		Hxf	1,000	Hvf	2,100	
meetpunt 1						
$V_{max,meet}$	0,100					42
$V_{per,meet}$	0,005					11
						16
<b>toetswaardes</b>						
prognose in vloer		A1	A2	A3		
$V_{max}$	0,21	$V_{per,dag}$	0,04	0,1	0,4	0,05
$V_{max}$	0,21	$V_{per,avond}$	0,03	0,1	0,4	0,05
$V_{max}$	0,21	$V_{per,nacht}$	0,03	0,1	0,2	0,05

prognose trillingsniveau in appartementen ter hoogte van meetpunt 2

meetwaarden		overdrachtfactoren appartementen (4 bouwlagen)				afgerond aantal periodes van 30 sec. met een $V_{max} > 0,1$
maaiveld		Hxf (< 10 Hz)	1,000	Hvf	2,000	
meetpunt 2						
$V_{max,meet}$	0,140					42
$V_{per,meet}$	0,012					11
						16
<b>toetswaardes</b>						
prognose in vloer		A1	A2	A3		
$V_{max}$	0,28	$V_{per,dag}$	0,05	0,1	0,4	0,05
$V_{max}$	0,28	$V_{per,avond}$	0,04	0,1	0,4	0,05
$V_{max}$	0,28	$V_{per,nacht}$	0,04	0,1	0,2	0,05