

Rapport 21710278.R02

Crossroads Groningen

- Onderzoek aanwezige trillingsniveaus -



Rapport 21710278.R02

Crossroads Groningen

- Onderzoek aanwezige trillingsniveaus -

Datum: 16 mei 2019

Opdrachtgever: Geveke Bouw & Ontwikkeling
Postbus 19
9750 AA Haren

Auteur: J. Dijkstra

Akkoord: mevr. dr. R.F. Noorman



Noorman Hendriks Partners BV

Hoofdvesting en postadres
Paterswoldseweg 808
9728 BM Groningen

Vestiging Apeldoorn
Laan van Westenek 162
7336 AV Apeldoorn

T 050 525 09 92
E info@noormanadvies.nl
I www.noormanadvies.nl

Bank rek.nr.
NL05 INGB 0005 9657 21
BTW NL008482627.B01

Inhoud

1 	Inleiding	5
2 	(Meet)situatie	5
2.1	Situatie	5
2.2	Spoorlijn	6
3 	Toetsingscriteria hinderbeleving trillingen	7
3.1	Algemeen	7
3.2	De trillingssterkte	7
3.3	Maximale trillingssterkte V_{max}	7
3.4	Trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per}	7
3.5	Streefwaarden trillinghinder	8
3.6	Hinderkwalificatie	9
4 	Trillingsmetingen	10
4.1	Algemeen	10
4.2	Meetapparatuur	10
4.3	Meetresultaten	10
5 	Overdracht van bodemtrillingen naar bebouwing	11
6 	Samenvatting en conclusie	12

Bijlagen

- 1 Toelichting op beoordelingsgrootheden (trillingssterkte en tijdgewogen signaal)
- 2 Overzicht meetresultaten en berekening V_{per}

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem/haar worden gebruikt voor het doel waarvoor het is opgesteld. Niets uit dit document mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever en/of van Noorman Bouw- en milieu-advies. Kwaliteit en verbetering van product en proces zijn bij Noorman Bouw- en milieu-advies gewaarborgd middels een kwaliteitsmanagementsysteem volgens NEN-EN-ISO 9001:2015.

1 | Inleiding

In opdracht van Geveke Bouw & Ontwikkeling zijn trillingsmetingen uitgevoerd ten behoeve van het project Crossroads te Groningen.

Dit project betreft de nieuwbouw van in totaal zeven bouwblokken met appartementen en woningen op de voormalige ACM locatie aan de Friesestraatweg in Groningen. De nieuwbouw wordt gerealiseerd naar een ontwerp van Van Ringen architecten uit Groningen en omvat de realisatie van in totaal vijf (deels gekoppelde) bouwblokken met in totaal 269 appartementen en 19 zogenoemde kade-woningen (grondgebonden). De hoogte van de bouwblokken met appartementen varieert van 4 tot 21 bouwlagen.

De locatie ligt op korte afstand van de spoorweg Groningen – Delfzijl/Roodeschool. Het trillingsonderzoek is uitgevoerd in verband met de ter plaatse mogelijk optredende spoortrillingen. De te verwachten trillingsniveaus zijn getoetst aan de grenswaarden als gegeven in de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn 'Trillingen deel B – Hinder voor personen in gebouwen'.

2 | (Meet)situatie

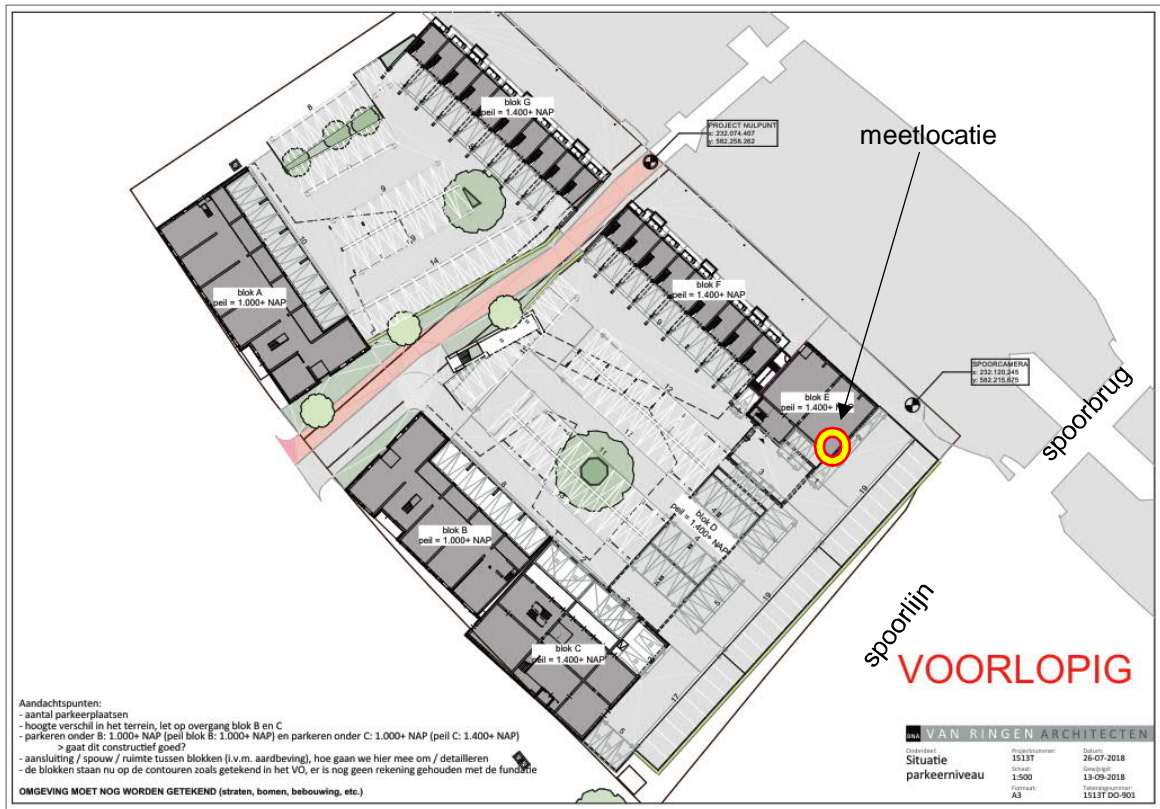
2.1 Situatie

Een overzichtstekening van de te realiseren situatie is gegeven in afbeelding 1. De nieuwbouw wordt op palen gefundeerd, de draagstructuur inclusief de vloeren wordt uitgevoerd in beton. De gevels worden grotendeels uitgevoerd in beton en/of metselsteen.

De hoogste trillingsniveaus zijn te verwachten nabij het zuidoostelijke bouwblok E. De zuidoostgevel van dit bouwblok ligt op circa 30 m van de spoorlijn. Verder ligt dit bouwblok nabij de spoorbrug over het Reitdiep. Bij de overgang spoorlijn/spoorbrug kunnen in meer of mindere mate trillingen optreden.

De voormalige ACM locatie ligt in de actuele situatie braak. Op 1 mei 2019 zijn ter plaatse trillingsmetingen uitgevoerd. Gemeten zijn de op maaiveldniveau optredende trillingsniveaus (bodemtrillingen) ter plaatse van het te realiseren bouwblok E. De meetlocatie is weergegeven in afbeelding 1.

Afbeelding 1: Overzicht van de situatie



2.2 Spoorlijn

De spoorlijnen Groningen – Delfzijl en Groningen – Roodeschool worden geëxploiteerd door vervoersmaatschappij Arriva Nederland. De maximale treinlengte bedraagt 112 m (twee treinstellen).

Het totale aantal treinen/passages bedraagt bij de huidige dienstregeling ten hoogste 97 in de dagperiode (tussen 07.00 en 19.00 uur), 22 in de avondperiode (tussen 19.00 en 23.00 uur) en 23 in de nachtperiode (tussen 19.00 en 07.00 uur)¹.

¹ Bron: <https://www.arriva.nl>

3 | Toetsingscriteria hinderbeleving trillingen

3.1 Algemeen

In Nederland bestaan op dit moment geen wettelijke regelingen en normen, die duidelijke grenswaarden met een beoordelingssysteem voor trillingen geven.

Sinds 1993 is er wel de meet- en beoordelingsrichtlijn “Hinder voor personen in gebouwen”, waarin streefwaarden worden gegeven, waarbij redelijkerwijs mag worden aangenomen dat er geen hinder optreedt. De SBR-publicatie is in 2002 geactualiseerd.

3.2 De trillingssterkte

Trillinghinder wordt beoordeeld op basis van de voortschrijdende effectieve waarde van de trillingsnelheid $v_{\text{eff}}(t)$. Deze wordt bepaald uit de gewogen momentane waarde $v(t)$ volgens de in bijlage 1 gegeven formules.

De gewogen momentane waarde $v(t)$ wordt bepaald uit het trillingssignaal waarbij een weging wordt toegepast volgens de wegingsfunctie in bijlage 1.

3.3 Maximale trillingssterkte V_{max}

De uiteindelijke beoordeling van trillinghinder vindt plaats op basis van de maximale trillingssterkte V_{max} . De waarde van V_{max} wordt bepaald uit de voortschrijdende effectieve waarde $v_{\text{eff}}(t)$. De weging correspondeert met de gevoeligheid van mensen voor trillingen.

3.4 Trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per}

De trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} is een maat voor het aantal en de hoogte van de trillingspieken, die binnen een dag(deel) voorkomen en kan worden gezien als een ‘tijdgemiddelde waarde’.

De definitie van V_{per} en de bijbehorende formules zijn gegeven in bijlage 1.

3.5 Streefwaarden trillinghinder

Maatgevend voor de beoordeling van de trillingssterkte is de gemeten maximale trillingssterkte V_{\max} en de 'gemiddelde' trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} . Voor de aan te houden streefwaarden wordt in de SBR-richtlijn onderscheid gemaakt tussen gebouwfuncties en functies van ruimten binnen gebouwen volgens onderstaande indeling:

- 1 gezondheidszorg;
- 2 wonen;
- 3 kantoor en onderwijs;
- 4 bijeenkomstgebouwen;
- 5 kritische werkruimten (laboratoria, operatiekamers, etc.).

Verder wordt rekening gehouden met de omstandigheden waarin de trillingen voorkomen:

- 1 continu voorkomende trillingen gedurende lange tijd;
- 2 herhaald voorkomend trillingen gedurende lange tijd door weg- en railverkeer;
- 3 continu of herhaald voorkomende trillingen gedurende een aaneengesloten tijdsduur, korter dan 3 maanden, door bouw- of sloopwerkzaamheden;
- 4 incidenteel voorkomende, kortdurende trillingen (explosies o.i.d.).

Bij de beoordeling van weg- en railverkeer wordt verder nog onderscheid gemaakt tussen bestaande situaties, gewijzigde situaties of nieuwe situaties. Van bestaande situaties wordt gesproken bij een bestaande bron en een bestaande ontvanger. Voor nieuwe situaties geldt dat er sprake is van een nieuwe bron of een nieuwe ontvanger. Voor het project Crossroads geldt derhalve dat er sprake is van een nieuwe situatie als bedoeld in de SBR-publicatie.

Volgens de SBR-publicatie valt spoorwegverkeer onder de categorie "herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd". De streefwaarden zijn afhankelijk van de gebouwfunctie en de omstandigheden waaronder de trillingen voorkomen. De aan te houden streefwaarden omvatten drie componenten:

- A_1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{\max} ;
- A_2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{\max} ;
- A_3 = streefwaarde voor trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} .

In gebouwen wordt voldaan aan de streefwaarden als is voldaan aan één van de volgende voorwaarden:

- de waarde van de maximale trillingssterkte V_{\max} is kleiner of gelijk aan A_1 ;
- de waarde van de maximale trillingssterkte V_{\max} is kleiner of gelijk aan A_2 en de trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} is kleiner of gelijk aan A_3 .

In tabel 1 is een aan de SBR-publicatie (uitgave augustus 2002) ontleend overzicht gegeven van de streefwaarden A_1 , A_2 en A_3 voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd met betrekking tot hinder voor personen in bestaande situaties. De waarden gelden zowel voor de verticale als de horizontale trillingsrichtingen. In voorliggende situatie zijn de streefwaarden voor 'wonen' van toepassing.

Tabel 1: Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd voor nieuwe situaties

Gebouwfunctie	Dag- en avondperiode			Nachtperiode		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
1 Gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
2 Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
3 Onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
4 Bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
5 Kritische werkruimte	0,1	0,1	--	0,1	0,1	--

3.6 Hinderkwalificatie

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer.

Tabel 2: Hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer

V_{\max}	Hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 – 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin de trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

4 | Trillingsmetingen

4.1 Algemeen

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd op woensdag 1 mei 2019, van circa 13.15 tot 16.50 uur. De metingen zijn uitgevoerd op maaiveldniveau. De meetlocatie is weergegeven in afbeelding 1. Het gemeten aantal treinpassages gedurende deze periode bedroeg in totaal 29.

4.2 Meetapparatuur

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd met de volgende apparatuur:

- APTech versnellingsopnemers, type AP2082;
- Sound & Vibration Analyser, SVAN958, SVANTEK;
- APTech Vibration Calibrator, type AT01.

De meetfiles zijn bewerkt met daartoe geëigende software.

De trillingsniveaus zijn gemeten in twee horizontale en de verticale meetrichting volgens:

- kanaal 1: meetrichting verticaal;
- kanaal 2: meetrichting horizontaal, parallel aan de spoorbaan;
- kanaal 3: meetrichting horizontaal, loodrecht op de spoorbaan.

4.3 Meetresultaten

Resultaten

De trillingsniveaus zijn vastgelegd als snelheidsniveaus in mm/s. Uit de metingen volgt dat de passageduur (= tijdsduur met een verhoogd trillingsaanbod op het meetpunt) ten hoogste 15 seconden is bij een trein met twee treinstellen en daarmee binnen de tijdstap van 30 s valt als beschreven in de SBR-B richtlijn.

Een overzicht van het per passage ten hoogste gemeten trillingsniveau $V_{\text{eff,max,30,i}}$ is gegeven in bijlage 2.

Het ten hoogste vastgestelde trillingsniveau bedraagt $V_{\text{max}} = 0,164$ (tijdens de passage van 16.25 uur).

In de bijlage is tevens de berekende trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} gegeven. Deze bedraagt respectievelijk $V_{\text{per}} = 0,02$ in de dagperiode en $V_{\text{per}} = 0,01$ in zowel de avond- als de nachtperiode.

Uit een nadere analyse van het opgeslagen meetsignaal volgt dat de dominante frequentie rond 8 tot 10 Hz ligt.

Beoordeling resultaten

De streefwaarden voor wonen (nieuwbouw) zijn gegeven in tabel 1. Geconcludeerd wordt dat de middels meting vastgestelde V_{max} , groter is dan de in tabel 1 voor de dag-, avond- en nachtperiode geldende streefwaarde $A_1 = 0,1$. In de dag- en avondperiode wordt wel voldaan aan de maximale streefwaarde $A_2 = 0,4$ en in de nachtperiode wordt voldaan aan de streefwaarde $A_2 = 0,2$.

De vastgestelde trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} is ruim lager dan de voor de dag-, avond- en nachtperiode geldende streefwaarde $A_3 = 0,05$.

Uit bovenstaande volgt dat bij de huidige dienstregeling de trillingsniveaus op maaiveldniveau voldoen aan de SBR-B streefwaarden.

5 | Overdracht van bodemtrillingen naar bebouwing

De overdracht tussen de bodem en de bebouwing is afhankelijk van de volgende factoren:

- de manier van funderen (op staal of op palen);
- de funderingsdiepte (bij laagbouw op staal);
- de stijfheid van het gebouw zelf.

Bij de overdracht tussen de bodem naar de fundering treedt in het algemeen een verzwakking op. Uit de literatuur en praktijkmetingen volgt dat voor op palen gefundeerde bebouwing bij een dominante frequentie van 8 tot 10 Hz rekening moet worden gehouden met een empirische dempingsfactor, uitgedrukt in dB van ten minste 2 dB, overeenkomend met een afname van de trillingssterkte met 21% (factor 0,79). Verder geldt voor de op te trekken bebouwing dat deze wordt uitgevoerd met een

stijve betonnen draagconstructie. Ook de vloeren worden in beton uitgevoerd. Opslingering van de trillingen, zoals dit bij lichte houten vloeren soms het geval kan zijn, is niet te verwachten.

6 | Samenvatting en conclusie

In opdracht van Geveke Bouw & Ontwikkeling zijn trillingsmetingen uitgevoerd ten behoeve van het project Crossroads te Groningen. De planlocatie ligt nabij de spoorlijn Groningen – Delfzijl/Roodeschool. Het plan voorziet in de bouw van in totaal zeven bouwblokken met appartementen en woningen.

Gemeten zijn de op maaiveldniveau optredende trillingsniveaus (bodemtrillingen) ter plaatse van het toekomstige bouwblok E. Gelet op de situatie wordt dit bouwblok het hoogst belast door spoortrillingen.

De middels meting vastgestelde trillingsniveaus voldoen aan de streefwaarden als gegeven in de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn 'Trillingen deel B – Hinder voor personen in gebouwen'.

De bebouwing wordt op palen gefundeerd en uitgevoerd met een stijve betonnen draagconstructie. Ook de vloeren worden in beton uitgevoerd. Door de wijze van fundering en de aard van de draagconstructie en vloeren treedt er bij de overdracht van trillingen tussen de bodem en het gebouw een verdere verzwakking van de trillingssterkte op. Verwacht wordt dat de binnen de woningen/appartementen optredende trillingen eveneens voldoen aan streefwaarden als gegeven in de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn 'Trillingen deel B – Hinder voor personen in gebouwen'.

Noorman Bouw- en milieu-advies

Bijlagen

Bepaling van de trillingssterkte

Trillinghinder wordt beoordeeld op basis van de voortschrijdende effectieve waarde van de trillingssnelheid $v_{\text{eff}}(t)$. Deze wordt bepaald uit de gewogen momentane waarde $v(t)$ volgens:

$$v_{\text{eff}}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^t g(\xi) v^2(t - \xi) d\xi}$$

$$g(\xi) = e^{-\xi/\tau}$$

$$\tau = 0,125s$$

De gewogen momentane waarde $v(t)$ wordt bepaald uit het trillingssignaal waarop een weging wordt toegepast volgens onderstaande formules. Wanneer het trillingssignaal de momentane waarde van de trillingssnelheid weergeeft, geldt:

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

waarin:

$$\begin{aligned} f &= \text{de frequentie in Hz} \\ f_0 &= 5,6 \text{ Hz} \\ v_0 &= 1 \text{ mm/s} \end{aligned}$$

Wanneer het trillingssignaal de momentane waarde van de trillingsversnelling weergeeft, geldt:

$$|H_a|(f) = \frac{1}{v_0} \cdot \frac{1}{2\pi f} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}}$$

$|H_v|(f)$ is de wegingfunctie voor de trillingssnelheid.

$|H_a|(f)$ is de wegingfunctie voor de trillingsversnelling.

Trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per}

De letterlijke definitie van de trillingssterkte over de beoordelingsperiode luidt: het kwadratisch gemiddelde van de grootste effectieve waarde per interval van 30 seconden in de desbetreffende beoordelingsperiode:

$$V_{per} = v_{per,meet} \cdot \sqrt{\frac{T_b}{T_o}}$$

$$v_{per,meet} = \sqrt{\left[\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_{eff,max,30,i}^2 \right]}$$

waarin:

- n = het aantal perioden van 30 seconden in de meetperiode
- $v_{eff,max,30,i}$ = de grootste waarde per interval i van 30 seconden van $v_{eff}(t)$
- T_b = is de tijdsduur dat de trillingsbron actief is in de beoordelingsperiode
- T_o = is de duur van de beoordelingsperiode (dag-, avond- of nachtperiode)

V_{per} is een maat voor het aantal en de hoogte van de trillingspieken, die op een dag(deel) voorkomen.

datum en tijd	tijdsduur passage groter dan 30 s?	aantal (n) perioden van 30 sec	richting		$V_{\text{eff,max,30,i}}$			$V_{\text{eff,max,30,i}}$ gecorrigeerd*		
			vanuit ZW (afkomstig van hoofdstation)	vanuit NO (rijdend naar hoofdstation)	maaiveld			maaiveld		
					kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3	kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3
1-05-19 13:20	nee	1	x		0,127	0,069	0,050	0,127	0,000	0,000
1-05-19 13:24	nee	1	x		0,107	0,064	0,035	0,107	0,000	0,000
1-05-19 13:34	nee	1		x	0,106	0,076	0,064	0,106	0,000	0,000
1-05-19 13:38	nee	1		x	0,087	0,060	0,046	0,000	0,000	0,000
1-05-19 13:52	nee	1	x		0,084	0,057	0,043	0,000	0,000	0,000
1-05-19 13:56	nee	1	x		0,123	0,060	0,045	0,123	0,000	0,000
1-05-19 14:04	nee	1		x	0,124	0,046	0,042	0,124	0,000	0,000
1-05-19 14:09	nee	1		x	0,068	0,076	0,054	0,000	0,000	0,000
1-05-19 14:20	nee	1	x		0,089	0,068	0,046	0,000	0,000	0,000
1-05-19 14:24	nee	1	x		0,071	0,054	0,049	0,000	0,000	0,000
1-05-19 14:35	nee	1		x	0,129	0,061	0,040	0,129	0,000	0,000
1-05-19 14:39	nee	1		x	0,085	0,060	0,043	0,000	0,000	0,000
1-05-19 14:50	nee	1	x		0,089	0,065	0,059	0,000	0,000	0,000
1-05-19 14:54	nee	1	x		0,079	0,058	0,037	0,000	0,000	0,000
1-05-19 15:04	nee	1		x	0,114	0,062	0,058	0,114	0,000	0,000
1-05-19 15:08	nee	1		x	0,094	0,054	0,046	0,000	0,000	0,000
1-05-19 15:20	nee	1	x		0,040	0,081	0,059	0,000	0,000	0,000
1-05-19 15:24	nee	1	x		0,044	0,093	0,055	0,000	0,000	0,000
1-05-19 15:33	nee	1		x	0,093	0,079	0,054	0,000	0,000	0,000
1-05-19 15:39	nee	1		x	0,105	0,052	0,050	0,105	0,000	0,000
1-05-19 15:50	nee	1	x		0,108	0,038	0,035	0,108	0,000	0,000
1-05-19 15:54	nee	1	x		0,058	0,080	0,050	0,000	0,000	0,000
1-05-19 16:04	nee	1		x	0,079	0,069	0,057	0,000	0,000	0,000
1-05-19 16:09	nee	1		x	0,091	0,083	0,081	0,000	0,000	0,000
1-05-19 16:20	nee	1	x		0,129	0,056	0,032	0,129	0,000	0,000
1-05-19 16:25	nee	1	x		0,164	0,058	0,042	0,164	0,000	0,000
1-05-19 16:33	nee	1		x	0,124	0,036	0,026	0,124	0,000	0,000
1-05-19 16:39	nee	1		x	0,127	0,049	0,035	0,127	0,000	0,000
1-05-19 16:50	nee	1	x		0,052	0,070	0,042	0,000	0,000	0,000
* als $V_{\text{eff,max,30,i}} \leq 0,1$ dan geldt: $V_{\text{eff,max,30,i}} = 0$					$V_{\text{per,meet}}$ (gehele meting):			0,082	0,000	0,000

aantal treinpassages tijdens meting:	29
maximale passageduur [s]:	15

aantal treinpassages bij huidige dienstregeling	P
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	P = 97
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	P = 22
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	P = 23

tijdsduur trillingsbron	T_b [s]
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	$T_b = 1.455$
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	$T_b = 330$
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	$T_b = 345$

Tijdsduur beoordelingsperiode	T_0 [s]
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	$T_0 = 43.200$
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	$T_0 = 14.400$
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	$T_0 = 28.800$

periode	V_{per}		
	kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	0,02	0,00	0,00
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	0,01	0,00	0,00
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	0,01	0,00	0,00