



Rapport

## **Bouwkavel Alkmaars Accent, onderzoek trillingen vanwege railverkeer**

## Colofon

Opdrachtnemer M+P raadgevende ingenieurs BV

Opdrachtgever Bot Bouw Initiatief  
K.P.C. de Bazelweg 2  
1703DJ HEERHUGOWAARD

Opdrachtnummer -

Titel Bouwkavel Alkmaars Accent, onderzoek trillingen vanwege railverkeer

Rapportnummer M+P.BOT.19.01.9

Revisie 1

Datum 11 december 2019

Aantal pagina's 27

Auteur ing. [REDACTED]

Redacteur ir. [REDACTED]

Contactpersoon ing. [REDACTED] | 0297-320651 | aalsmeer@mp.nl

M+P Visserstraat 50 | 1431 GJ Aalsmeer  
Wolfskamerweg 47 | 5262 ES Vught

www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLingenieurs | ISO 9001 gecertificeerd

Copyright © M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011 Artikel 46).

## Inhoud

|           |                                                                   |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1         | Inleiding                                                         | 4  |
| 2         | UITGANGSPUNTEN                                                    | 5  |
| 2.1       | Situatie                                                          | 5  |
| 2.2       | Beoordelingscriteria trillingen                                   | 6  |
| 2.3       | Onderzoeksmethode                                                 | 8  |
| 3         | Resultaten metingen                                               | 9  |
| 3.1       | Monitoring                                                        | 9  |
| 4         | Conclusie en aanbevelingen                                        | 11 |
| 5         | Literatuur                                                        | 12 |
| bijlage A | Figuren                                                           | 13 |
| bijlage B | Plot meetresultaten monitoringspost trillingen conform SBR deel B | 16 |
| bijlage C | Meetresultaten en statistische verwerking                         | 21 |

## Inleiding

In opdracht van Bot Bouw Initiatief zijn metingen uitgevoerd om het trillingsniveau vanwege passerende treinen te bepalen ter plaatse van een bouwka­vel nabij het station Alkmaar.

Het onderzoek is een vervolg op een eerdere metingen in juli 2018, opgenomen in onze rapportage kenmerk M+P.BOT.18.01.2 van 10 augustus 2018.

Het onderzoek vindt plaats in het kader van het opstellen van een bestemmingsplan. De bouwka­vel is direct aan de spoorlijn Alkmaar – Heerhugowaard. Over deze spoorlijn vindt voornamelijk reizigersvervoer plaats.

In het eerdere onderzoek is een indicatieve meting verricht. Gemeten is uitsluitend in de verticale richting en op meerdere punten op de kavel om te bepalen hoe de trillingsniveaus zich verhouden op de verschillende posities. Omdat is gebleken dat er sprake is van significante trillingsniveaus, is nu een meting uitgevoerd gedurende een week van maandag 16 september tot maandag 23 september 2019.

Deze langere meetduur is in overeenstemming met de bepalingen uit de richtlijn SBR richtlijn B *hinder voor personen in gebouwen* [2] en de onlangs verschenen *Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen* [7]. De metingen zijn uitgewerkt conform de statistische methode [5] zoals deze ook in de *Beleidsregel trillingshinder spoor* (BTS) [4] wordt toegepast en volgens de SBR richtlijn B.

De metingen hebben onbemand plaatsgevonden.

Het doel van het onderzoek is om het trillingsniveau vast te stellen dat als uitgangspunt dient voor de planregels in het bestemmingsplan. Er kan pas gebouwd worden indien bij de omgevingsvergunning aanvraag wordt aangetoond dat wordt voldaan aan de richtwaarden van de SBR richtlijn deel B. Hiervoor zijn maatregelen nodig. Dit kunnen bijvoorbeeld maatregelen zijn in de overdracht of bij het gebouw. Deze maatregelen dienen nader uitgewerkt te worden.

## 2 UITGANGSPUNTEN

### 2.1 Situatie

De positie van de te bebouwen kavel is weergegeven in figuur 2 en figuur 3 van Bijlage A. De kavel is op dit moment braakliggend zonder enige verharding.

Op een afstand van 23 meter ten opzichte van het hart van beide doorgaande sporen is gemeten. Direct naast het bouwplan ligt het spoor met daarin wissels. Over deze wissels komen en vertrekken de treinen van en naar het station Alkmaar en worden ook via de wissels naar het juiste perron geleid. Het spoor ter plaatse van onderzochte locatie is voorzien van houten dwarsliggers. Uit navraag bij Prorail blijkt dat het spoor ter plaatse aan een normale onderhoudsconditie en voldoet aan de eisen die worden gesteld.

Direct ten noorden van het bouwplan ligt de spoorwegovergang van de Helderseweg en de stalen spoorbrug over het Noordhollands kanaal. Over het spoor rijden zowel intercity-treinen als sprinters in noordelijke en zuidelijke richting. Normaliter rijden er geen goederentreinen over dit traject. In de huidige dienstregeling stoppen alle reizigerstreinen bij het station Alkmaar. In figuur 1 is een foto van de meetlocatie opgenomen.

De meetlocatie is zo gekozen dat is gemeten op een maatgevende punt waar mogelijk bebouwing wordt gerealiseerd. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de trillingsniveaus op ander gedeelten van het onderzochte kavel lager zijn.



*figuur 1*      *meetlocatie*

## 2.2 Beoordelingscriteria trillingen

### *Schade aan bouwwerken*

De beoordelingscriteria voor schade aan gebouwen zijn opgenomen in de SBR-Trillingsrichtlijn A: *schade aan bouwwerken* [1]. Voor nieuwbouw is schade door trillingen in het algemeen niet relevant vanwege de bouwwijze en het toepassen van diepe funderingen. De richtwaarden voor hinder zijn in het algemeen maatgevend.

### *Hinder voor personen*

Bij het beoordelen van trillingshinder voor personen in gebouwen worden in eerste instantie de trillingen van vloervelden beschouwd. De beoordelingscriteria die hierbij zijn aangehouden, zijn ontleend aan de SBR-richtlijn B: *Hinder voor personen in gebouwen door trillingen* [2].

Voor het beoordelen van de trillingen is de functie van het gebouw of de ruimte in het gebouw en het type trillingen van belang. De trillingen worden beoordeeld op het frequentiegebied van 1 tot en met 100 Hz. De grenswaarden worden uitgedrukt in een gewogen trillingssnelheid. In de onderstaande formule is de weegfunctie weergegeven:

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

waarin:

- $f$ : frequentie [Hz]
- $f_0$ : referentie-frequentie (5,6 Hz)
- $v_0$ : trillingssnelheid [mm/s]

Praktisch gezien houdt de weging in dat in het frequentiegebied van 1 Hz tot 16 Hz een reductie plaatsvindt, en in het frequentiegebied van 16 Hz tot en met 100 Hz nagenoeg geen mindering van toepassing is. Door middel van integratie wordt het gemeten signaal omgezet in een voortschrijdende effectieve waarde. In de onderstaande tabel zijn de streefwaarden voor deze gewogen trillingssnelheden  $V_{\text{eff,max}}$  weergegeven, deze waarde is dimensieloos.

De grenswaarde voor trillingen is afhankelijk van de situatie. In dit geval is er sprake van een nieuwe woonbestemming. Van toepassing zijn de grenswaarden voor een nieuwe situatie. In tabel I zijn de grenswaarden uit de SBR richtlijn deel B overgenomen.

**tabel I** *streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen voor woningen in nieuwe situaties*

|                                                                     | dag en avond | nacht |
|---------------------------------------------------------------------|--------------|-------|
| A1. maximale trillingssterkte, $v_{\text{max}}$ [.]                 | 0,1          | 0,1   |
| A2. hoogste maximale trillingssterkte, $v_{\text{max}}$ [.]         | 0,4          | 0,2   |
| A3. trillingssterkte over beoordelingsperiode, $v_{\text{per}}$ [.] | 0,05         | 0,05  |

*tabel II*      *streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen voor woningen in bestaande situaties*

|                                                                     | dag en avond | nacht |
|---------------------------------------------------------------------|--------------|-------|
| A1. maximale trillingssterkte, $v_{\max}$ [.]                       | 0,2          | 0,2   |
| A2. hoogste maximale trillingssterkte, $v_{\max}$ [.]               | 0,8          | 0,4   |
| A3. trillingssterkte over beoordelingsperiode, $v_{\text{per}}$ [.] | 0,1          | 0,1   |

Trillingen dienen beschouwd te worden indien grenswaarde A1 overschreden wordt. Trillingssterktes tot aan grenswaarde A2 zijn toelaatbaar mits de trillingssterkte voor de periode A3 niet overschreden wordt. Trillingen sterker dan A2 zijn niet toelaatbaar. Voor bestaande situaties ligt de waarde van A2 een factor 2 hoger.

Bijlage 5 van de SBR richtlijn B geeft een kwalificatie voor de optredende trillingssterkte. Deze kwalificatie is opgenomen in tabel III.

*tabel III*      *hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer*

| $V_{\text{eff,max}}$ [-] | hinderkwalificatie |
|--------------------------|--------------------|
| < 0,1                    | geen hinder        |
| 0,1 - 0,2                | weinig hinder      |
| 0,2 – 0,8                | matige hinder      |
| 0,8 – 3,2                | hinder             |
| > 3,2                    | ernstige hinder    |

Voor nieuwe woningen stelt de SBR richtlijn dat moet worden gestreefd naar geen hinder maar dat weinig hinder toelaatbaar is. In het ontwerp dient echter te worden gestreefd naar een maximaal optredende  $V_{\text{eff,max}} \leq 0,1$ . Dit betekent dat voor 95% van de optredende trillingen geen hinder wordt ondervonden. Daarmee is ook de kans dat incidentele overschrijdingen meer dan 0,2 bedragen nihil en zal ook worden voldaan aan de eis voor trillingssterkte over de beoordelingsperiode  $V_{\text{per}}$

#### *Statistische analyse*

De SBR richtlijn B geeft een methode aan voor een statistisch verwerking van de meetresultaten. Het doel hiervan is dat de toetswaarde  $V_{\text{eff,max,stat}}$  een waarde uitdrukt met een betrouwbaarheid van 95%. De kans op overschrijden van deze waarde bedraagt dan 5%. De waarde van  $V_{\text{eff,max,stat}}$  wordt deels bepaald door het gemiddelde van de gemeten trillingssterktes, en deels door de afwijking tussen de gemeten waarden in de vorm van de standaarddeviatie. Hoe groter de onderlinge afwijking tussen de passages, hoe groter de waarde van  $V_{\text{eff,max,stat}}$ . Waarden die minder dan de helft van de hoogst gemeten waarde bedragen worden niet meegenomen in de analyse. Bij 15 valide metingen wordt de kleinste afwijking berekend.

Bij toepassing van de Beleidsregel trillingshinder spoor (BTS) [4] zoals deze verplicht is voor tracébesluiten, wordt een meer uitgebreide statistische analyse [5] toegepast. Hieruit komt een waarde die beter reproduceerbaar is bij toekomstige metingen. De metingen zijn zowel volgens de statistische methode uit de BTS als de methode uit de SBR deel B uitgewerkt.

## 2.3 Onderzoeksmethode

Gemeten is van maandag 16 september 2019 tot maandag 23 september 2019.

Deze metingen heeft plaatsgevonden met een meetsysteem van het merk Acoem 01dB type Orion. Deze meetsystemen zijn uitgerust met interne tri-axiale versnellingsopnemer.

Bij de metingen zijn de effectieve voortschrijdende trillingssterkte KB<sub>Ft</sub> vastgelegd conform de DIN4150-2 [3]. Bij de hier toegepaste apparatuur is deze vergelijkbaar aan de  $V_{\text{eff,max}}$  van de SBR deel B [2]

Ter plaatse van het maaiveld is een kuil gegraven van circa 20 cm diepte waarin de trillingsopnemer is geplaatst op betontegels. Hierover is een kast geplaatst ter bescherming van de meetapparatuur.

De gemeten Y-richting is haaks op het spoor, de X richting hier parallel aan en de Z-richting is in de verticale richting.

## 3 Resultaten metingen

### 3.1 Monitoring

De monitoringpost ter plaatse van de meetpositie (zie figuur 2 en figuur 3) is gebruikt om de optredende trillingssterke te bepalen. Verstoringen ten gevolge van montage en demontage van de meetkast zijn buiten beschouwing gelaten.

In Bijlage B zijn grafisch de meetresultaten opgenomen voor de meetperiode. De hier weergegeven waarden betreft de voortschrijdend effectieve waarde  $V_{\text{eff,max}}$  zoals beschreven in de SBR deel B: *Hinder voor personen in gebouwen door trillingen* [2]. In de grafieken zijn tevens de grenswaarden uit de SBR overgenomen voor nieuwe situaties. Een meetwaarde boven de grenswaarde betreft dus een overschrijding voor de desbetreffende periode.

Duidelijk zijn de individuele passages te zien. Ook is duidelijk het tijdsraam waarneembaar wanneer de dienstregeling van toepassing is hoewel er ook 's nachts incidentele passages zijn waargenomen. De verticale Z-richting (kanaal 8) is duidelijk maatgevend. Op het maaiveld vinden er veelvuldige overschrijding plaats van de richtwaarden.

Van de complete meetduur is een sortering gemaakt op de hoogst optredende waarden. Deze zijn opgenomen in Bijlage C. Deze waarden zijn statistisch verwerkt volgens zowel de SBR richtlijn B als de methode BTS/Level Acoustics [5]. De methode BTS schrijft voor hoe groot de verzameling meetwaarden is waarop de toetswaarde wordt gebaseerd, de top X %. Tevens wordt de reproduceerbaarheid van de meting berekend. Indien deze groter is dan 10%, dan wordt de meetwaarde met deze factor verhoogd. De toetswaarde volgens de SBR richtlijn is eveneens opgenomen.

Voor de maatregelen is de toetswaarde volgens de methode BTS aangehouden. Deze methode gaat uit van een grotere verzameling meetgegevens waardoor de toetswaarde een grotere betrouwbaarheid heeft.

In de onderstaande tabel IV zijn de statistisch verwerkte meetresultaten samengevat voor de beoordeling van trillingshinder.

tabel IV *resultaten monitoring op maaiveld van 16 t/m 23 september 2019*

|                                                                         | X<br>(parallel spoor) | Y<br>(haaks spoor) | Z<br>(verticaal) |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| maximale trillingssterkte $V_{\text{eff,max}}$                          | 0,51                  | 0,55               | 0,69             |
| gemiddelde trillingssterkte $V_{\text{eff,max}}$                        | 0,48                  | 0,52               | 0,63             |
| bepaald over top #%                                                     | 12,5 %                | 12,5%              | 12,5%            |
| $V_{\text{eff,max,BTS}}$                                                | 0,49                  | 0,54               | 0,67             |
| reproduceerbaarheid                                                     | 4,1%                  | 3,9%               | 4,1%             |
| toetswaarde $V_{\text{eff,max,STAT}}$                                   | 0,48                  | 0,54               | 0,66             |
| <b>toetswaarde <math>V_{\text{eff,max,BTS}}</math></b>                  | <b>0,49</b>           | <b>0,54</b>        | <b>0,67</b>      |
| <b>toetswaarde <math>V_{\text{eff,max,BTS}}</math> [dB, ref 1 nm/s]</b> | <b>113,8</b>          | <b>114,7</b>       | <b>116,5</b>     |

Voor de beoordeling van de  $V_{\text{eff,max,BTS}}$  wordt geen onderscheid gemaakt in de dag-, avond- of nachtperiode aangezien niet te voorspellen is wanneer de maatgevende treinen rijden. Verder valt op dat er een groot aantal relevante trillingen zijn gemeten. Tijdens de meetperiode waren dat meer dan 800 passages. Dit heeft invloed op de beoordeling volgens de SBR richtlijn, omdat er ook een grenswaarde voor het gemiddelde niveau over de periode geldt, de  $V_{\text{per}}$ , en dat deze mogelijk relevant is in deze situatie.

In tabel IV is ook de trillingsnelheid in dB uitgedrukt. Om te voldoen aan de grenswaarde is een reductie nodig en het is praktisch om deze in dB uit te drukken. Grenswaarde A2 bedraagt dan 106 dB en grenswaarde A1, 100 dB. Voor de nieuwbouw wordt gestreefd naar een niveau gelijk aan grenswaarde A1 van 100 dB. Er is dus een reductie nodig van het vloerveld in de woning ten opzichte van het maaiveld van 16,5 dB (referentie  $1 \times 10^{-12}$  m/s).

Voor de maximaal gemeten trillingsnelheid is het spectrum bepaald in de tertsbanden van 4 t/m 100 Hz.

*tabel V*

*Spectrum maximaal gemeten trillingssnelheid in de Z richting, in dB (ref 1 nm/s)*

| 4   | 5   | 6,3 | 8   | 10  | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40  | 50  | 63  | 80  | 100 |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|----|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| -36 | -30 | -33 | -18 | -11 | -6   | -9 | -8 | -6 | -13  | -14 | -18 | -22 | -28 | -32 |

De dominante frequenties liggen tussen de 10 en 31,5 Hz. Bij het uitwerken van maatregelen is dit van belang.

## 4 Conclusie en aanbevelingen

Uit metingen ter plaatse van het maaiveld bij het bouwplan Hollands accent blijkt dat de grenswaarde voor hinder conform de SBR richtlijn deel B [2] overschreden wordt. Er is een reductie nodig van maximaal 16,5 dB in de verticale richting en 14,7 dB in de horizontale waarbij de frequentiekaracteristiek uit tabel V in acht moet worden genomen.

Bij de nieuwbouw van woningen dient te worden voldaan aan de streefwaarden voor nieuwe situaties uit de SBR deel B. Hiervoor zijn speciale maatregelen nodig zoals bijvoorbeeld het opnemen van veren of dempingsmateriaal tussen de fundering en hoofd draagconstructie. Met deze maatregelen zijn reducties mogelijk tot 20 dB [6], zodat in er in de woningen geen hinder van trillingen is. De maatregelen dienen in het bouwkundig ontwerp nader uitgewerkt te worden. Hierbij moet bij het ontwerp worden gestuurd op een reductie tot het niveau van de onderste streefwaarde A1. Wij stellen voor om de streefwaarde voor bestaande woningen als grenswaarde (eis) voor de nieuwbouw te hanteren.

Wij adviseren om in het bestemmingsplan aandacht te schenken aan trillingen door een voorwaardelijke verplichting op te nemen. Dit betekent dat de woningen alleen mogen worden gebouwd wanneer een bepaald trillingsniveau niet wordt overschreden, al dan niet na het nemen van trillingsreducerende maatregelen.

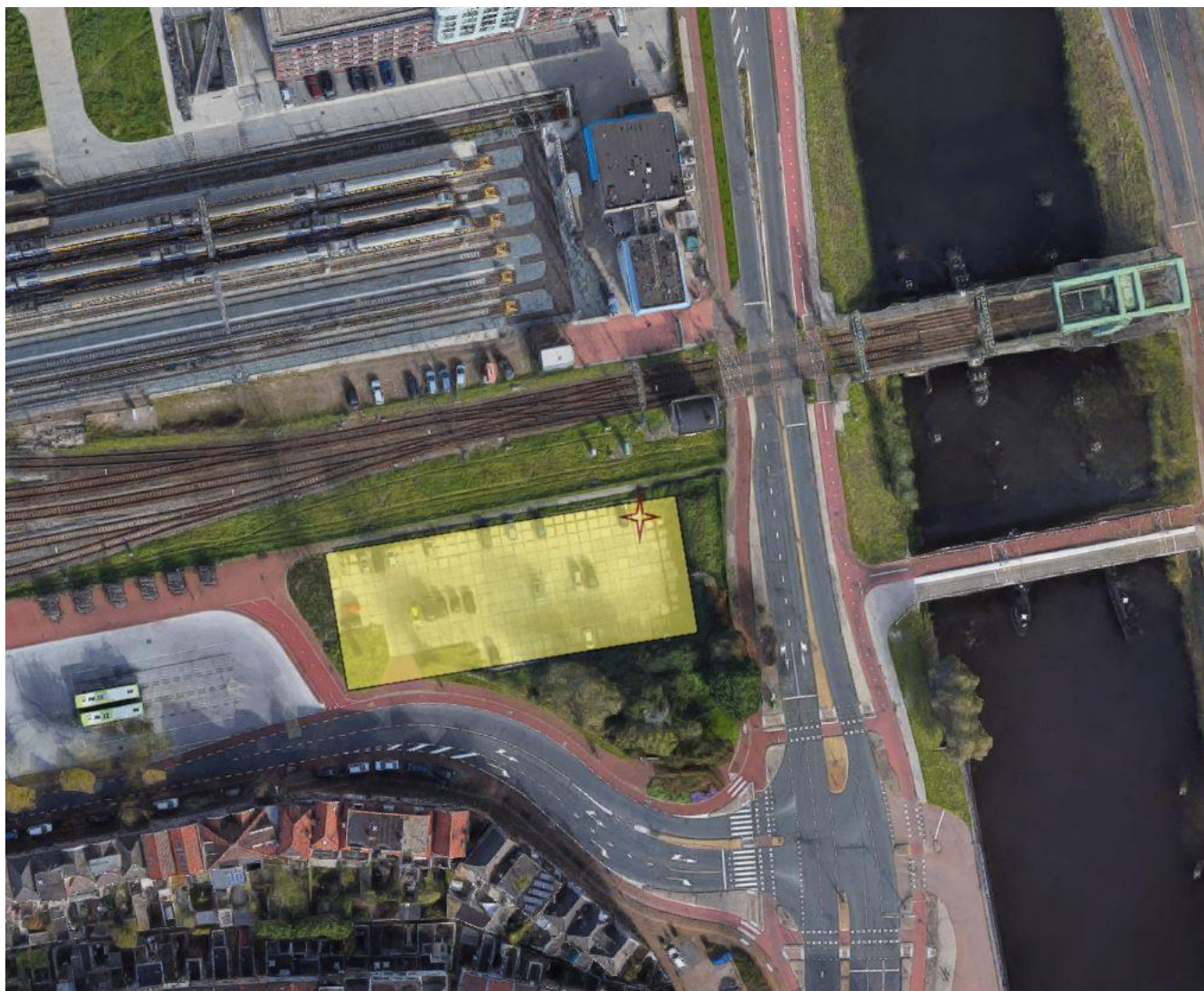
## 5 Literatuur

- [1] *SBR Trillingsrichtlijn A, Schade aan bouwwerken*, november 2017;
- [2] *SBR deel B, Hinder voor personen in gebouwen*, meet- en beoordelingsrichtlijn, augustus 2002;
- [3] DIN 4150-2:1999-06, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf menschen in Gebäuden, juni 1999;
- [4] *Beleidsregel trillingshinder spoor*, IENM/BSK-2012/5478, staatscourant 2012 7532 tot en met de wijziging staatscourant 2014 8251, 27 maart 2014;
- [5] memo Reparatie BTS, Kenmerk: LA.131001a.M04, Level Acoustics, 26 februari 2014;
- [6] Maatregelcatalogus spoortrillingen Prorail, Grontmij 8 januari 2016;
- [7] *Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen*, referentie 111016/19-007.368. MlnW, mei 2019.

Bijlage A

---

## Figuren



figuur 2      satellietfoto met meetsituatie en bouwvlak (bron Google Maps)

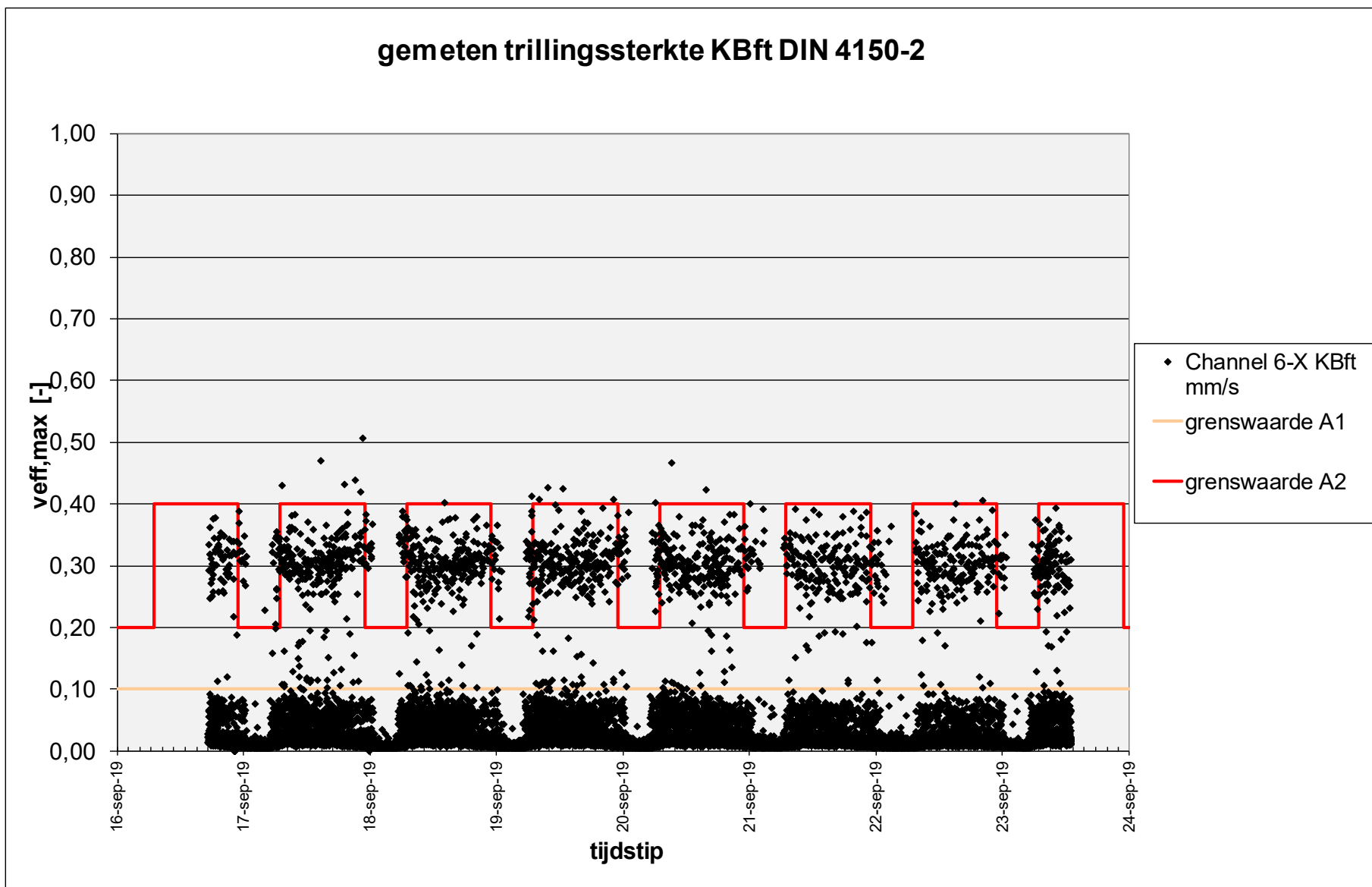


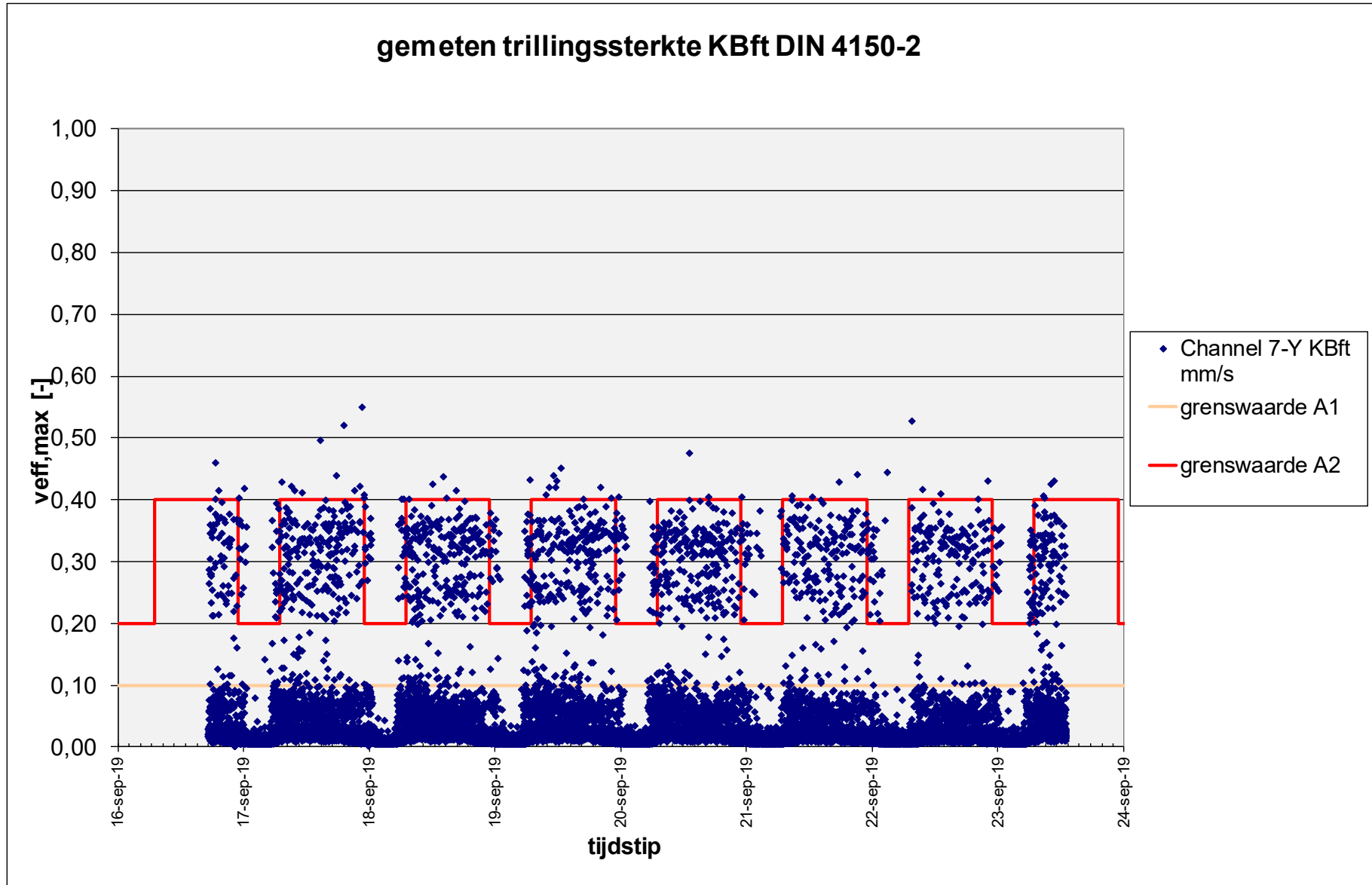
*figuur 3*      *meetsituatie met meetpunten ten opzichte van bouwvlakken*

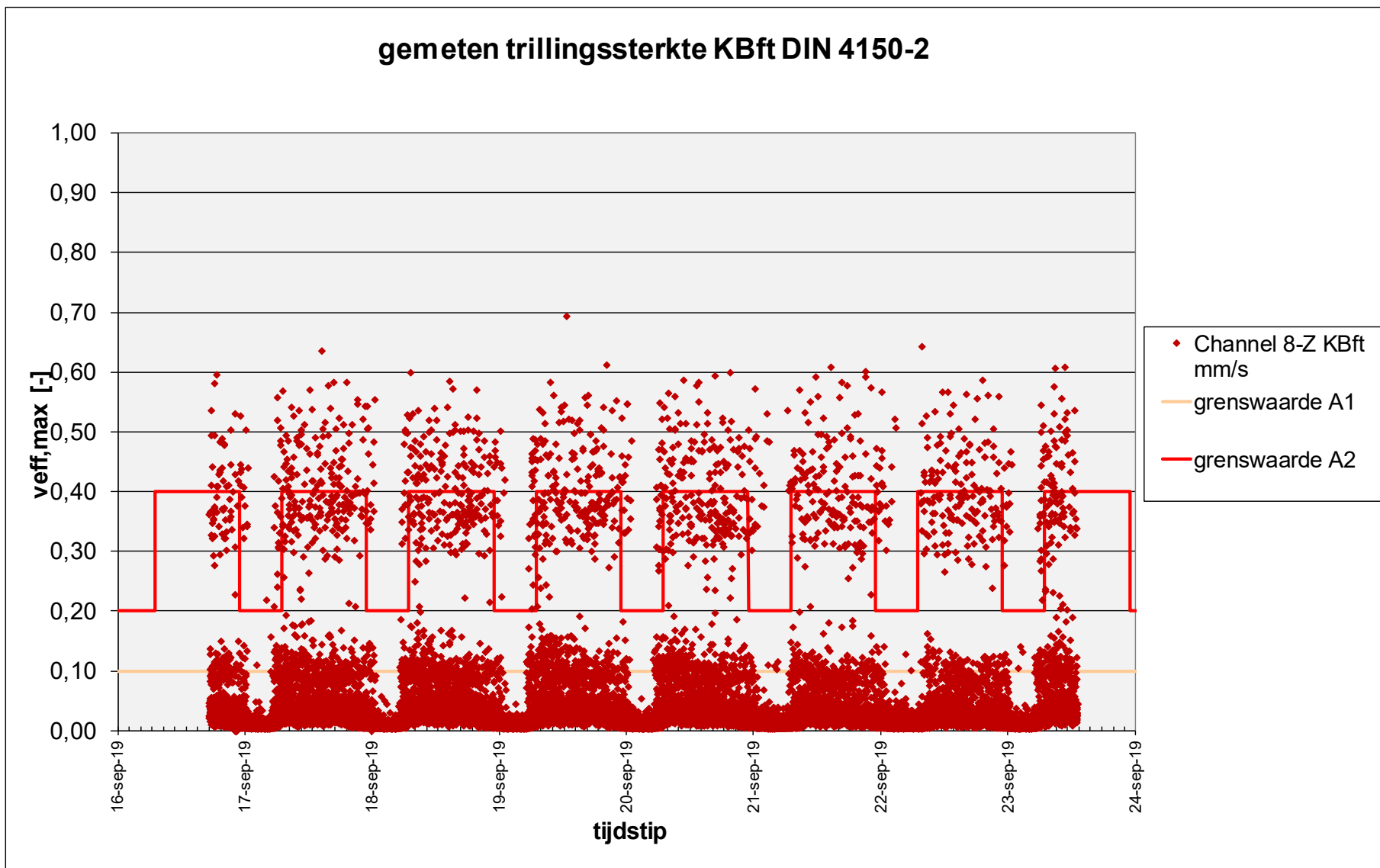
Bijlage B

---

**Plot meetresultaten monitoringspost  
trillingen conform SBR deel B**









## Bijlage C

---

### **Meetresultaten en statistische verwerking**

tabel VI top 50 hoogste meetwaarde per meetrichting

| # nr |        |        |        | X             |                        |           | Y                  |                        |           | Z                  |        |           |
|------|--------|--------|--------|---------------|------------------------|-----------|--------------------|------------------------|-----------|--------------------|--------|-----------|
|      | top X  | top Y  | top Z  | tijdstip      | Ve <sub>eff</sub> ,max | top 12,5% | tijdstip           | Ve <sub>eff</sub> ,max | top 12,5% | tijdstip           |        | top 12,5% |
| 1    | 0,5060 | 0,5493 | 0,6933 | 17-9 22:42:00 | 0,506                  | WAAR      | 17-9-2019 22:42:00 | 0,5493                 | WAAR      | 19-9-2019 12:44:30 | 0,6933 | WAAR      |
| 2    | 0,4695 | 0,5271 | 0,6427 | 17-9 14:38:00 | 0,4695                 | WAAR      | 22-9-2019 07:44:00 | 0,5271                 | WAAR      | 22-9-2019 07:44:00 | 0,6427 | WAAR      |
| 3    | 0,4669 | 0,5197 | 0,6360 | 20-9 09:14:00 | 0,4669                 | WAAR      | 17-9-2019 19:13:30 | 0,5197                 | WAAR      | 17-9-2019 14:38:00 | 0,6360 | WAAR      |
| 4    | 0,4393 | 0,4951 | 0,6122 | 17-9 21:13:30 | 0,4393                 | ONWAAR    | 17-9-2019 14:38:00 | 0,4951                 | WAAR      | 19-9-2019 20:13:30 | 0,6122 | WAAR      |
| 5    | 0,4318 | 0,4752 | 0,6084 | 17-9 19:13:30 | 0,4318                 | ONWAAR    | 20-9-2019 13:14:00 | 0,4752                 | ONWAAR    | 21-9-2019 14:44:00 | 0,6084 | WAAR      |
| 6    | 0,4303 | 0,4595 | 0,6081 | 17-9 07:15:30 | 0,4303                 | ONWAAR    | 16-9-2019 18:43:30 | 0,4595                 | ONWAAR    | 23-9-2019 10:44:00 | 0,6081 | WAAR      |
| 7    | 0,4272 | 0,4504 | 0,6070 | 19-9 09:44:00 | 0,4272                 | ONWAAR    | 19-9-2019 12:44:30 | 0,4504                 | ONWAAR    | 23-9-2019 09:00:30 | 0,6070 | WAAR      |
| 8    | 0,4238 | 0,4437 | 0,6009 | 19-9 12:44:30 | 0,4238                 | ONWAAR    | 22-9-2019 02:56:30 | 0,4437                 | ONWAAR    | 21-9-2019 21:17:00 | 0,6009 | ONWAAR    |
| 9    | 0,4233 | 0,4397 | 0,5997 | 20-9 15:46:00 | 0,4233                 | ONWAAR    | 21-9-2019 21:14:00 | 0,4397                 | ONWAAR    | 20-9-2019 19:43:30 | 0,5997 | ONWAAR    |
| 10   | 0,4200 | 0,4392 | 0,5992 | 17-9 22:14:00 | 0,4200                 | ONWAAR    | 17-9-2019 17:45:00 | 0,4392                 | ONWAAR    | 18-9-2019 07:14:30 | 0,5992 | ONWAAR    |
| 11   | 0,4121 | 0,4382 | 0,5965 | 19-9 06:43:30 | 0,4121                 | ONWAAR    | 19-9-2019 11:13:30 | 0,4382                 | ONWAAR    | 16-9-2019 18:43:30 | 0,5965 | ONWAAR    |
| 12   | 0,4072 | 0,4371 | 0,5947 | 19-9 22:15:00 | 0,4072                 | ONWAAR    | 18-9-2019 14:14:30 | 0,4371                 | ONWAAR    | 20-9-2019 16:45:00 | 0,5947 | ONWAAR    |
| 13   | 0,4069 | 0,4322 | 0,5923 | 19-9 08:15:00 | 0,4069                 | ONWAAR    | 19-9-2019 06:43:30 | 0,4322                 | ONWAAR    | 21-9-2019 11:45:00 | 0,5923 | ONWAAR    |
| 14   | 0,4059 | 0,4302 | 0,5922 | 22-9 20:14:30 | 0,4059                 | ONWAAR    | 23-9-2019 10:44:00 | 0,4302                 | ONWAAR    | 21-9-2019 21:14:00 | 0,5922 | ONWAAR    |
| 15   | 0,4023 | 0,4295 | 0,5870 | 20-9 06:15:00 | 0,4023                 | ONWAAR    | 22-9-2019 22:14:30 | 0,4295                 | ONWAAR    | 22-9-2019 19:14:30 | 0,5870 | ONWAAR    |
| 16   | 0,4013 | 0,4290 | 0,5859 | 18-9 14:14:30 | 0,4013                 | ONWAAR    | 19-9-2019 11:44:30 | 0,429                  | ONWAAR    | 20-9-2019 10:44:30 | 0,5859 | ONWAAR    |
| 17   | 0,4003 | 0,4276 | 0,5842 | 22-9 15:14:30 | 0,4003                 | ONWAAR    | 17-9-2019 07:15:30 | 0,4276                 | ONWAAR    | 18-9-2019 14:44:30 | 0,5842 | ONWAAR    |
| 18   | 0,3995 | 0,4276 | 0,5836 | 21-9 00:15:30 | 0,3995                 | ONWAAR    | 17-9-2019 07:15:30 | 0,4276                 | ONWAAR    | 17-9-2019 19:13:30 | 0,5836 | ONWAAR    |
| 19   | 0,3976 | 0,4253 | 0,5833 | 19-9 11:13:30 | 0,3976                 | ONWAAR    | 23-9-2019 10:14:30 | 0,4253                 | ONWAAR    | 20-9-2019 13:44:30 | 0,5833 | ONWAAR    |
| 20   | 0,3936 | 0,4251 | 0,5832 | 19-9 20:13:30 | 0,3936                 | ONWAAR    | 18-9-2019 12:14:00 | 0,4251                 | ONWAAR    | 21-9-2019 16:44:00 | 0,5832 | ONWAAR    |
| 21   | 0,3931 | 0,4216 | 0,5830 | 23-9 10:14:30 | 0,3931                 | ONWAAR    | 17-9-2019 09:13:30 | 0,4216                 | ONWAAR    | 17-9-2019 16:44:00 | 0,5830 | ONWAAR    |

| # nr | X      |        |        | Y             |          |           | Z                  |          |           |                    |           |        |
|------|--------|--------|--------|---------------|----------|-----------|--------------------|----------|-----------|--------------------|-----------|--------|
|      | top X  | top Y  | top Z  | tijdstip      | Veff,max | top 12,5% | tijdstip           | Veff,max | top 12,5% | tijdstip           | top 12,5% |        |
| 22   | 0,3923 | 0,4215 | 0,5826 | 21-9 02:37:30 | 0,3923   | ONWAAR    | 17-9-2019 22:14:00 | 0,4215   | ONWAAR    | 19-9-2019 09:44:00 | 0,5826    | ONWAAR |
| 23   | 0,3916 | 0,4202 | 0,5822 | 21-9 08:44:30 | 0,3916   | ONWAAR    | 19-9-2019 11:44:00 | 0,4202   | ONWAAR    | 16-9-2019 18:14:00 | 0,5822    | ONWAAR |
| 24   | 0,3904 | 0,4199 | 0,5783 | 21-9 12:14:00 | 0,3904   | ONWAAR    | 19-9-2019 20:13:30 | 0,4199   | ONWAAR    | 17-9-2019 15:44:00 | 0,5783    | ONWAAR |
| 25   | 0,3898 | 0,4189 | 0,5781 | 19-9 11:44:30 | 0,3898   | ONWAAR    | 19-9-2019 10:19:30 | 0,4189   | ONWAAR    | 20-9-2019 13:14:00 | 0,5781    | ONWAAR |
| 26   | 0,3892 | 0,4171 | 0,5777 | 22-9 22:14:30 | 0,3892   | ONWAAR    | 17-9-2019 00:14:00 | 0,4171   | ONWAAR    | 21-9-2019 17:43:30 | 0,5777    | ONWAAR |
| 27   | 0,3884 | 0,4153 | 0,5758 | 19-9 16:13:30 | 0,3884   | ONWAAR    | 22-9-2019 09:43:30 | 0,4153   | ONWAAR    | 23-9-2019 08:50:30 | 0,5758    | ONWAAR |
| 28   | 0,3884 | 0,4147 | 0,5748 | 19-9 16:13:30 | 0,3884   | ONWAAR    | 17-9-2019 09:45:00 | 0,4147   | ONWAAR    | 21-9-2019 22:15:00 | 0,5748    | ONWAAR |
| 29   | 0,3883 | 0,4143 | 0,5722 | 19-9 06:46:00 | 0,3883   | ONWAAR    | 17-9-2019 21:13:30 | 0,4143   | ONWAAR    | 18-9-2019 15:14:00 | 0,5722    | ONWAAR |
| 30   | 0,3881 | 0,4139 | 0,5720 | 16-9 23:08:00 | 0,3881   | ONWAAR    | 16-9-2019 19:13:30 | 0,4139   | ONWAAR    | 21-9-2019 00:15:30 | 0,5720    | ONWAAR |
| 31   | 0,3878 | 0,4136 | 0,5708 | 18-9 06:09:00 | 0,3878   | ONWAAR    | 18-9-2019 16:43:30 | 0,4136   | ONWAAR    | 18-9-2019 19:44:00 | 0,5708    | ONWAAR |
| 32   | 0,3867 | 0,4109 | 0,5705 | 17-9 19:43:30 | 0,3867   | ONWAAR    | 17-9-2019 11:14:00 | 0,4109   | ONWAAR    | 21-9-2019 08:44:30 | 0,5705    | ONWAAR |
| 33   | 0,3859 | 0,4086 | 0,5701 | 20-9 01:04:30 | 0,3859   | ONWAAR    | 22-9-2019 13:05:30 | 0,4086   | ONWAAR    | 17-9-2019 12:14:30 | 0,5701    | ONWAAR |
| 34   | 0,3858 | 0,4076 | 0,5680 | 21-9 22:15:00 | 0,3858   | ONWAAR    | 17-9-2019 23:07:00 | 0,4076   | ONWAAR    | 17-9-2019 07:15:30 | 0,5680    | ONWAAR |
| 35   | 0,3842 | 0,4070 | 0,5667 | 22-9 07:44:00 | 0,3842   | ONWAAR    | 19-9-2019 09:44:00 | 0,407    | ONWAAR    | 22-9-2019 11:44:00 | 0,5667    | ONWAAR |
| 36   | 0,3834 | 0,4060 | 0,5664 | 20-9 20:14:00 | 0,3834   | ONWAAR    | 23-9-2019 08:50:00 | 0,406    | ONWAAR    | 22-9-2019 12:44:30 | 0,5664    | ONWAAR |
| 37   | 0,3830 | 0,4056 | 0,5662 | 17-9 09:45:00 | 0,383    | ONWAAR    | 21-9-2019 08:43:30 | 0,4056   | ONWAAR    | 22-9-2019 00:14:00 | 0,5662    | ONWAAR |
| 38   | 0,3830 | 0,4046 | 0,5642 | 17-9 09:45:00 | 0,383    | ONWAAR    | 19-9-2019 23:43:00 | 0,4046   | ONWAAR    | 20-9-2019 07:52:30 | 0,5642    | ONWAAR |
| 39   | 0,3821 | 0,4045 | 0,5627 | 17-9 23:13:30 | 0,3821   | ONWAAR    | 21-9-2019 12:44:00 | 0,4045   | ONWAAR    | 22-9-2019 16:14:30 | 0,5627    | ONWAAR |
| 40   | 0,3820 | 0,4033 | 0,5619 | 21-9 13:14:30 | 0,382    | ONWAAR    | 20-9-2019 16:45:00 | 0,4033   | ONWAAR    | 19-9-2019 16:44:30 | 0,5619    | ONWAAR |
| 41   | 0,3813 | 0,4032 | 0,5616 | 19-9 23:07:00 | 0,3813   | ONWAAR    | 20-9-2019 23:07:00 | 0,4032   | ONWAAR    | 22-9-2019 20:14:00 | 0,5616    | ONWAAR |
| 42   | 0,3809 | 0,4021 | 0,5608 | 17-9 09:14:00 | 0,3809   | ONWAAR    | 17-9-2019 23:06:30 | 0,4021   | ONWAAR    | 19-9-2019 10:15:30 | 0,5608    | ONWAAR |
| 43   | 0,3807 | 0,4019 | 0,5601 | 19-9 06:44:00 | 0,3807   | ONWAAR    | 18-9-2019 14:44:30 | 0,4019   | ONWAAR    | 22-9-2019 22:14:30 | 0,5601    | ONWAAR |
| 44   | 0,3801 | 0,4017 | 0,5596 | 18-9 06:14:30 | 0,3801   | ONWAAR    | 16-9-2019 23:13:30 | 0,4017   | ONWAAR    | 21-9-2019 12:14:00 | 0,5596    | ONWAAR |



| # nr |        |        |        | X             |          |           | Y                  |          |           | Z                  |        |           |
|------|--------|--------|--------|---------------|----------|-----------|--------------------|----------|-----------|--------------------|--------|-----------|
|      | top X  | top Y  | top Z  | tijdstip      | Veff,max | top 12,5% | tijdstip           | Veff,max | top 12,5% | tijdstip           |        | top 12,5% |
| 45   | 0,3801 | 0,4017 | 0,5587 | 18-9 06:14:30 | 0,3801   | ONWAAR    | 16-9-2019 23:13:30 | 0,4017   | ONWAAR    | 20-9-2019 09:14:00 | 0,5587 | ONWAAR    |
| 46   | 0,3799 | 0,4012 | 0,5584 | 21-9 17:43:30 | 0,3799   | ONWAAR    | 23-9-2019 09:00:30 | 0,4012   | ONWAAR    | 17-9-2019 06:14:00 | 0,5584 | ONWAAR    |
| 47   | 0,3794 | 0,4007 | 0,5575 | 18-9 06:45:00 | 0,3794   | ONWAAR    | 18-9-2019 06:43:30 | 0,4007   | ONWAAR    | 21-9-2019 16:13:30 | 0,5575 | ONWAAR    |
| 48   | 0,3792 | 0,4003 | 0,5569 | 18-9 20:14:00 | 0,3792   | ONWAAR    | 16-9-2019 18:37:30 | 0,4003   | ONWAAR    | 19-9-2019 16:13:30 | 0,5569 | ONWAAR    |
| 49   | 0,3778 | 0,4002 | 0,5568 | 16-9 18:43:30 | 0,3778   | ONWAAR    | 19-9-2019 16:51:00 | 0,4002   | ONWAAR    | 23-9-2019 10:14:30 | 0,5568 | ONWAAR    |
| 50   | 0,3770 | 0,4001 | 0,5557 | 18-9 16:14:00 | 0,377    | ONWAAR    | 22-9-2019 20:14:30 | 0,4001   | ONWAAR    | 22-9-2019 18:14:30 | 0,5557 | ONWAAR    |

*tabel VII statistische uitwerking conform BTS*

| statistische verwerking<br>conform BTS | eenheid              | X<br>Veff,max | Y<br>Veff,max | Z<br>Veff,max |
|----------------------------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|
| factor top %                           | %                    | 13%           | 12,5%         | 12,5%         |
| max                                    | mm/s                 | 0,506         | 0,549         | 0,693         |
| gemiddelde                             | $\mu/\text{Ln}(\mu)$ | 0,480         | 0,522         | 0,629         |
| aantal                                 | #                    | 3             | 4             | 7             |
| stdev                                  | $\sigma$             | 0,022         | 0,022         | 0,032         |
| meetdagen                              | dag                  | 6,826         | 6,826         | 6,826         |
| kans                                   |                      | 0,675         | 0,756         | 0,861         |
| factor                                 | $\beta$              | 0,528         | 0,789         | 1,1911        |
| bijbehorende<br>overschrijdingskans    | %                    | 33%           | 24%           | 14%           |
| Veff,max,BTS                           | mm/s                 | 0,492         | 0,540         | 0,667         |
| ref 1nm/s                              | dB (ref 1nm/s)       | 113,8         | 114,7         | 116,5         |

| statistische verwerking<br>conform BTS   | eenheid        | X<br>Veff,max | Y<br>Veff,max | Z<br>Veff,max |
|------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| iteratie indien:                         |                |               |               |               |
| #(Veff,max,j ><br>Vmax,BTS)>#meetdagen/7 |                | WAAR          | WAAR          | WAAR          |
| #top50% ><br>15.#meetdagen/7             |                | ONWAAR        | ONWAAR        | ONWAAR        |
| iteratie nodig                           |                | ONWAAR        | ONWAAR        | ONWAAR        |
| reproduceerbaarheid R                    | %              | 4,1%          | 3,9%          | 4,1%          |
| toetswaarde Veff,max,BTS                 | mm/s           | <b>0,492</b>  | <b>0,540</b>  | <b>0,667</b>  |
|                                          | dB (ref 1nm/s) | <b>113,8</b>  | <b>114,7</b>  | <b>116,5</b>  |

tabel VIII statistische uitwerking conform SBR deel B

| statistische verwerking<br>methode SBR deel B | eenheid        |       |       |       |
|-----------------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|
| max                                           | mm/s           | 0,506 | 0,549 | 0,693 |
| gemiddelde                                    | μ              | 0,432 | 0,464 | 0,611 |
| aantal                                        |                | 15    | 15    | 15    |
| stdev                                         | σ              | 0,029 | 0,040 | 0,027 |
| factor                                        | β              | 1,76  | 1,76  | 1,76  |
| Veff,max,stat conform SBR<br>deel B           | mm/s           | 0,485 | 0,540 | 0,662 |
|                                               | dB (ref 1nm/s) | 113,7 | 114,6 | 116,4 |





