



# Trillingsonderzoek

Ten behoeve van het Ontwerp wijzigings-Tracébesluit Programma  
Hoogfrequent Spoorvervoer viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid (2021)

ProRail B.V.

18 december 2020

Project	Trillingsonderzoek
Opdrachtgever	ProRail B.V.
Document	Ten behoeve van het Ontwerp wijzigings-Tracébesluit Programma Hoogfrequent Spoorvervoer viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid (2021)
Status	Definitief 10
Datum	18 december 2020
Referentie	116923/20-019.591
Projectcode	116923
Projectleider	G.J. Dijkgraaf MSc
Projectdirecteur	mevrouw ir. J.L. Dierx
Auteur(s)	G.J. Dijkgraaf MSc
Gecontroleerd door	mevrouw drs. T. Klumper
Goedgekeurd door	G.J. Dijkgraaf MSc
Paraaf	
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Leeuwenbrug 8 Postbus 233 7400 AE Deventer +31 (0)570 69 79 11 <a href="http://www.witteveenbos.com">www.witteveenbos.com</a> KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

1	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
2	<b>TRACÉBESLUIT 2016</b>	<b>6</b>
2.1	Beoordelingskader	6
	2.1.1 Schade	6
	2.1.2 Hinder	6
2.2	Methodiek	6
3	<b>WIJZIGINGEN</b>	<b>8</b>
3.1	Aanleiding voor wijzigingen	8
3.2	Beschrijving wijzigingen	8
3.3	Trillingsmaatregelen	10
3.4	Ruimtelijke ontwikkelingen	10
4	<b>BEOORDELING</b>	<b>11</b>
4.1	Achtergrond: de beoordeling uit het Deelonderzoek	11
	4.1.1 Beoordeling $V_{per}$	11
	4.1.2 Beoordeling $V_{max}$	12
4.2	Aansluiting Hoekse lijn tot aan station Schiedam Centrum	12
	4.2.1 Wijzigingen in wissels	12
	4.2.2 Aanpassing spoorviaduct	12
	4.2.3 Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid	12
	4.2.4 Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen	12
	4.2.5 Conclusie	13
4.3	Tussen Tjalklaan en Delfshavense Schie	13
	4.3.1 Wijzigingen in wissels	13
	4.3.2 Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid	13
	4.3.3 Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen	14
	4.3.4 Conclusie	14
4.4	Tussen Delfshavense Schie en entree Rotterdam Centraal West	14
	4.4.1 Wijzigingen in wissels	14
	4.4.2 Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid	14
	4.4.3 Beoordeling $V_{max}$	14
	4.4.4 Beoordeling $V_{per}$	14

4.4.5	Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen	14
4.4.6	Conclusie	15
4.5	Entree Rotterdam Centraal West (Sporendriehoek)	15
4.5.1	Wijzigingen in aantal sporen	15
4.5.2	Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid	15
4.5.3	Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen	16
4.5.4	Conclusie	16
4.6	Emplacement Rotterdam Centraal West	16
4.6.1	Wijzigingen in wissels	16
4.6.2	Wijziging in spoorligging	16
4.6.3	Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid	16
4.6.4	Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen	17
4.6.5	Conclusie	17
<b>5</b>	<b>SAMENVATTING EN CONCLUSIE</b>	<b>18</b>
5.1	Wijzigingen met gevolgen voor $V_{\max}$	18
5.2	Wijzigingen met gevolgen voor $V_{\text{per}}$	19
5.3	Conclusie	19
	<a href="#">Laatste pagina</a>	19
	<b>Bijlage(n)</b>	<b>Aantal pagina's</b>
I	Overzicht deelgebieden	4
II	$V_{\text{per}}$ -contouren deelonderzoek trillingen en laagfrequent geluid	5
III	Spoorontwerp WTB 2021	7
IV	Berekeningen $V_{\text{per}}$ -toename	3
V	Trillingsmetingen RFC-weg en Weenapad	22

# 1

## INLEIDING

Het project viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid maakt het mogelijk om acht Intercity's en zes Sprinters per uur per richting te rijden tussen Rijswijk en Rotterdam. Hiertoe is op 7 december 2016 het Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk – Delft Zuid vastgesteld (hierna: TB 2016). Dit TB 2016 voorziet in de uitbreiding van twee naar vier sporen tussen Rijswijk en Delft Zuid, alsmede een aantal sporaanpassingen tussen Schiedam en Rotterdam Centraal. Het TB 2016 is sinds 12 juli 2017 onherroepelijk.

Na december 2016 zijn er veranderingen ontstaan in het beoogde gebruik van het traject Rijswijk – Rotterdam door treinverkeer en het daarvoor benodigde fysieke en ruimtelijke ontwerp, waardoor een aanpassing van het TB 2016 nodig is: het Wijzigings-Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid (hierna: WTB 2021). Het grootste deel van deze wijzigingen betreft het tracédeel Schiedam – Rotterdam.

Voor het WTB 2021 is het onder andere nodig aanvullend onderzoek uit te voeren naar trillingen. Dit aanvullend onderzoek vindt plaats op basis van de inzichten en methodiek uit het TB 2016. De leidende vraag daarbij is: leiden de wijzigingen in het spoorontwerp tot andere conclusies op het gebied van trillingen, dan getrokken in het 'Deelonderzoek Trillingen en Laagfrequent geluid' bij het TB 2016? Dit rapport beantwoordt deze vraag.

Hoofdstuk 2 van dit rapport schetst het voor het TB 2016 uitgevoerde trillingsonderzoek. Hoofdstuk 3 gaat in op de wijzigingen zoals voorzien in het WTB 2021. Hoofdstuk 4 beoordeelt deze wijzigingen per locatie, aan de hand van de methodiek zoals gevolgd in het reeds voor het TB 2016 uitgevoerde trillingsonderzoek. Hoofdstuk 5 sluit af met de conclusies.

# 2

## TRACÉBESLUIT 2016

### 2.1 Beoordelingskader

In het 'Deelonderzoek Trillingen en Laagfrequent geluid' behorend bij het TB 2016 (hierna: het Deelonderzoek) komen zowel schade als hinder als gevolg van trillingen aan bod.

#### 2.1.1 Schade

Over schade is in het Deelonderzoek aangegeven dat de richtlijn, deel A, van de Stichting Bouw Research (hierna: de SBR-richtlijn) het aangewezen kader is. Deze richtlijn stelt grenswaarden aan trillingen in gebouwconstructies. Het Deelonderzoek geeft aan dat 'de toetsing van hinder [...] wat betreft toelaatbare trillingsniveaus maatgevend [blijkt] ten opzichte van schade. Voor de gebruiksfase is in dit onderzoek daarom getoetst op trillingshinder.'<sup>1</sup> Daarnaast vermeldt het rapport: '[E]nkel in het geval er woningen op enkele meters van het spoor staan is er mogelijk sprake van kans op schade door trillingen als gevolg van passerend treinverkeer. Hiervan is geen sprake in het studiegebied. Er is daarom geen nader onderzoek naar schade als gevolg van trillingen door treinverkeer uitgevoerd.'<sup>2</sup>

Deze beoordeling geldt ook voor dit rapport, dat de situatie van het WTB 2021 beschrijft: de conclusies uit het Deelonderzoek wijzigen niet. Schade komt dan ook verder niet aan bod.

#### 2.1.2 Hinder

Voor de beoordeling van hinder geldt, net als in het Deelonderzoek, het wettelijk kader van de Beleidsregel trillingshinder spoor (Bts). Deze beleidsregel is sinds het vaststellen van het TB 2016 niet gewijzigd. Voor uitleg over de regel verwijzen we naar hoofdstuk 2 van het Deelonderzoek.

### 2.2 Methodiek

In het Deelonderzoek zijn trillingen op hoofdlijnen als volgt behandeld:

- op basis van metingen op representatieve locaties elders is een beschouwing gemaakt van de te verwachten  $V_{\max}$ - en  $V_{\text{per}}$ -waarden in het studiegebied tussen Delft Zuid en Rotterdam. De  $V_{\max}$ - en  $V_{\text{per}}$ -waarden zijn bepaald door steeds de meest conservatieve waarden in de berekeningen te nemen. De op deze wijze bepaalde waarden zijn te beschouwen als een bovengrens voor de te verwachten waarden na realisatie van PHS;

---

<sup>1</sup> 'Programma Hoogfrequent Spoorvervoer Viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid – Deelonderzoek Trillingen en Laagfrequent geluid', Railinfra Solutions/Bentham Crowel, 27 oktober 2016, definitief 2.0, pagina 17.

<sup>2</sup> Pagina 23. De in dit citaat aanwezige voetnoot verwijst naar een woning buiten het onderzoeksgebied van voorliggend rapport en is hier daarom weggelaten.

- voor de deelgebieden die in dit rapport, dat de situatie van het WTB 2021 beschrijft, terugkomen, is geconcludeerd dat geen toename in  $V_{\max}$  te verwachten is, omdat de spoorligging en het spoorgebruik niet wijzigen;
- voor het invloedsgebied van wissels is op basis van een uitgevoerde meting een afstand van 50 meter bepaald. Binnen dit gebied neemt de invloed van wissels lineair af met de afstand vanaf een maximale toename van 50 %;
- wanneer trillingsgevoelige gebouwen binnen de  $V_{\text{per}}$ -contouren liggen, is naar deze bestemmingen aanvullend onderzoek gedaan.

Deze methodiek is in dit onderzoek, dat de situatie van het WTB 2021 beschrijft, ook aangehouden:

- de aangehouden referentiesituatie blijft dus hetzelfde, namelijk de situatie vóór uitvoering van het TB 2016. In het TB 2016 wordt, conform de Bts, de plansituatie vergeleken met deze referentiesituatie. In het voorliggende onderzoek wordt beoordeeld of deze beoordeling uit het TB 2016 verandert door de wijzigingen in het WTB 2021;
- in een paar gevallen blijft het uitgangspunt dat  $V_{\max}$  niet wijzigt, niet overeind. In dat geval wordt de locatie hierna aanvullend besproken conform de methodiek uit het Deelonderzoek;
- bijlage II bij dit rapport toont de  $V_{\text{per}}$ -contouren zoals bepaald in het Deelonderzoek. In de hierna volgende analyse wordt een aantal keer naar deze contouren verwezen. Zie ook paragraaf 4.1.

---

### Laagfrequent geluid

Het Deelonderzoek gaat ook in op laagfrequent geluid, maar alleen rond de spoortunnel in Delft. Uit dit rapport blijkt dat rond de spoortunnel geen wijzigingen optreden die effect hebben op trillingen of laagfrequent geluid (zie hoofdstuk 3). Daarom komt laagfrequent geluid in dit rapport, dat de situatie van het WTB 2021 beschrijft verder niet aan bod.

---

# 3

## WIJZIGINGEN

### 3.1 Aanleiding voor wijzigingen

De aanleiding voor de ontwerpwijzigingen ligt in de volgende keuzes binnen het project die na vaststelling van het TB 2016 zijn gemaakt:

- 1 **viersporigheid Schiedam.** Er is gekozen om een deel van de intercity's vanuit en in de richting van Delft te laten halteren op station Schiedam Centrum, waardoor hier vier sporen gebruikt moeten worden. Er zijn hier al vier sporen aanwezig. Ten tijde van het vaststellen van het TB 2016 werd uitgegaan dat twee sporen zouden volstaan. Ten opzichte van het TB 2016 verandert daarom het spoorgebruik en het spoorontwerp tussen de aansluiting Hoekse Lijn en emplacement Rotterdam CS;
- 2 **keren van twee intercity's te Rotterdam.** Wegens de beperkte capaciteit van de Willemspoortunnel is er voor gekozen om twee van de acht Intercity's per uur te laten keren te Rotterdam. Hiervoor is het nodig om het spoorgebruik en spoorontwerp op emplacement Rotterdam Centraal aan te passen;
- 3 **andere geluidsmaatregelen** aan de westkant van de noordelijke toerit van spoortunnel Delft.

### 3.2 Beschrijving wijzigingen

De tabel hierna beschrijft de verschillende wijzigingen per locatie, ten opzichte van het TB 2016, en geeft aan of de wijziging consequenties kan hebben voor het uitgevoerde trillingsonderzoek. Zoals in hoofdstuk 2 aangegeven heeft geen van deze wijzigingen een effect op laagfrequent geluid.

In bijlage I zijn de wijzigingen en hun benaming aangegeven op de verschillende deeltrajecten zoals gehanteerd in het TB 2016.

Tabel 3.1 Overzicht ontwerpwijzigingen t.o.v. TB 2016

Locatie	Verandering in (spoor)ontwerp	Verandering in spoorgebruik	Gevolgen voor beoordeling in trillingsonderzoek
spoortunnel Delft, noordelijke toerit	geluidsscherm wordt hoger (van 1 naar 2 meter), raildempers vervallen	-	geen, de veranderingen in het spoorontwerp leiden niet tot een andere trillingsemisatie
tussen station Delft en station Delft Campus	toevoegen van een riooloverkluizing t.h.v. km 70,8	-	geen, de veranderingen in het spoorontwerp leiden niet tot een andere trillingsemisatie
station Delft Campus	toevoegen van een kabeloverkluizing	-	geen, de veranderingen in het spoorontwerp leiden niet tot een andere trillingsemisatie



Locatie	Verandering in (spoor)ontwerp	Verandering in spoorgebruik	Gevolgen voor beoordeling in trillingsonderzoek
boog ten westen van Schiedam Centrum, bij aansluiting Hoekse Lijn	kleine verschuiving (< 1m) in spoorligging over een afstand van circa 200 meter	-	geen, de verschuiving is te klein om een effect te hebben
aansluiting Hoekse Lijn tot aan station Schiedam Centrum	- verwijderen diverse overloopwissels - realisatie 3 nieuwe wissels - aanpassing spoorviaduct over 's Gravenlandseweg met zettingsvrije plaat	- 4 sporen in gebruik i.p.v. 2 sporen: treinen richting Rotterdam (14 per uur en goederen) rijden op zuidelijke sporen (1 en 2) i.p.v. spoor 3 - snelheidswijzigingen (extra remmen en optrekken van halterende intercity's op station Schiedam Centrum)	nader beschouwen, zie hfst. 4
station Schiedam Centrum	- aanpassing spoorhoogte - verlengingen van perron aan oostzijde (middelste en zuidelijke)	- treinen richting Rotterdam rijden op de zuidelijke sporen i.p.v. op spoor 2	geen, de trillingsgevoelige bebouwing staat op te grote afstand om effect van de verandering in spoorgebruik te ondervinden
tussen Tjalklaan en Delfshavense Schie	- verwijderen van een extra wisseloverloop - toevoegen van een wisseloverloop op andere locatie	- treinen richting Rotterdam rijden op de zuidelijke sporen i.p.v. op spoor 2 - treinen richting Schiedam rijden op de noordelijke sporen 120 km/u in plaats van 110 km/u	nader beschouwen, zie hfst. 4
tussen Delfshavense Schie en entree Rotterdam Centraal West	verwijderen van 2 wissels (1 wisseloverloop)	- treinen richting Rotterdam rijden op de zuidelijke sporen i.p.v. op spoor 2 - treinen richting Schiedam rijden op de noordelijke sporen 120 km/u in plaats van 110 km/u	nader beschouwen, zie hfst. 4
entree Rotterdam Centraal West	wijzigingen in Sporendriehoek: - van 4 naar 3 sporen en aanpassing sporenlay-out, positie buitenste spoor verandert niet relevant - 1 nieuw wissel	- 2 reizigerstreinen per uur over buitenste zuidelijke spoor (in plaats van middensporen)	nader beschouwen, zie hfst. 4
emplacement Rotterdam Centraal West	- 13 extra nieuwe wissels, vooral in het middendeel van het emplacement (sporen 6-11) - wijziging sporenlay-out, aan zuidzijde emplacement t.h.v. Essenburgsingel	- 2 à 3 reizigerstreinen p/u over buitenste zuidelijke spoor richting spoor 3 (in plaats van middensporen) met circa 60 km/u - 2 à 3 treinen op sporen 2 en 3 richting Rotterdam rijden 60 km/h	nader beschouwen, zie hfst. 4
keren van twee intercity's te Rotterdam Centraal	aanpassing station Rotterdam Centraal: - langere perrons (in totaal 3 stuks) in middenterrein - aanpassingen wissels - verlenging calamiteitentoeegangsweg	n.v.t.	geen, want geen trillingsgevoelige bebouwing binnen het invloedsgebied van wissels, en verlenging perrons en aanleg toegangsweg hebben geen invloed op trillingsemisatie

### 3.3 Trillingsmaatregelen

Het TB 2016 beschrijft dat op de tunnelvloer en de opstaande randen van de spoortunnel in Delft een trillingsdempende mat wordt aangebracht. Het WTB 2021 bevat geen wijzigingen aan deze maatregel.

### 3.4 Ruimtelijke ontwikkelingen

Sinds de vaststelling van het TB 2016 zijn in de nabijheid van het tracé op een aantal locaties nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen planologisch mogelijk gemaakt. Voor zover deze nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen in de buurt van locaties met wijzigingen liggen (zie paragraaf 3.2), komen ze aan bod in de beoordeling in dit rapport.

Voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen die niet bij locaties met wijzigingen liggen, was de situatie van het TB 2016 het uitgangspunt voor de planologische procedure. Het is dan ook niet nodig deze locaties opnieuw te betrekken in dit onderzoek.

# 4

## BEOORDELING

In tabel 3.1 zijn de wijzigingen ten opzichte van het TB 2016 en de consequenties op een rij gezet. Een aantal situaties moet nader beschouwd worden. Deze situaties worden in dit hoofdstuk behandeld. Het hoofdstuk begint met een weergave van de beoordeling uit het Deelonderzoek (paragraaf 4.1). Daarna komen de te bespreken situaties aan bod (paragrafen 4.2 t/m 4.6).

### 4.1 Achtergrond: de beoordeling uit het Deelonderzoek

In het Deelonderzoek bij het TB2016 zijn vijf deelgebieden onderzocht. Alle locaties die hieronder aan bod komen vallen in deelgebied 5.

#### 4.1.1 Beoordeling $V_{per}$

In het Deelonderzoek geldt voor deelgebied 5 de volgende toetsing voor het gemiddelde trillingsniveau  $V_{per}$ .

Tabel 4.1 Toetsing  $V_{per}$  voor deelgebied 5 uit het Deelonderzoek<sup>1</sup>

Gebouwfunctie	Grenswaarde $V_{per}$	$V_{per,ref}$	Afname dB/meter	Maximale afstand (m)
woning (PHS)	0,1	0,102	-0,136	33
kantoor (PHS)	0,15	0,102	-0,136	20

De kolommen in deze tabel duiden het volgende aan:

- de aangegeven **gebouwfunctie** correspondeert met de aangegeven grenswaarde. De aangegeven getallen betreffen de situatie waarin het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) is aangelegd, d.w.z. dat het TB2016 is gerealiseerd;
- de **grenswaarde  $V_{per}$**  is afkomstig uit Tabel 3 van de Bts;
- **$V_{per,ref}$**  is het gemeten en berekende niveau voor  $V_{per}$  op een afstand van 10 meter buiten het spoor;
- de **afname dB/meter** duidt de reductie in het trillingsniveau per meter afstand tot het spoor aan;
- de **maximale afstand** is de maximale afstand van bebouwing tot aan het spoor waarbinnen de waarde van  $V_{per}$  in de nabijgelegen bebouwing de grenswaarde van de Bts overschrijdt. Daarbij is uitgegaan van een opslingeringsfactor in gebouwen van 2, d.w.z. het trillingsniveau op de vloeren in een gebouw verdubbelt ten opzichte van het trillingsniveau in de ondergrond door de respons van het gebouw.<sup>2</sup> Deze maximale afstand is als contour rond het spoor geprojecteerd op de kaarten in bijlage VI van het Deelonderzoek.

<sup>1</sup> Tabel 5.14 uit het Deelonderzoek. De maximale afstand is afgerond op hele meters.

<sup>2</sup> Voor een vijftal kantoorgebouwen aan de Schuttevaerweg (tussen station Schiedam Centrum en de Delfshavense Schie) is een opslingeringsfactor van 1,5 aangehouden. Daar hoort een maximale afstand van 10,6 meter bij. Zie Tabel 5.15 van het Deelonderzoek.

Wanneer deze toetsing door de wijzigingen in het WTB 2021 verandert, zal dat hieronder worden aangeduid.

#### 4.1.2 Beoordeling $V_{\max}$

Het Deelonderzoek geeft voor deelgebied 5 aan dat geen toename in  $V_{\max}$  is te verwachten, en dat aan de bovenste grenswaarde van 3,2 wordt voldaan. Alle woningen in dit deelgebied voldoen aan de Bts.

Door de spoorwijzigingen in het WTB 2021 kan deze beoordeling veranderen. Als dat het geval is, komt dat hieronder aan bod.

### 4.2 Aansluiting Hoekse lijn tot aan station Schiedam Centrum

#### 4.2.1 Wijzigingen in wissels

Het verwijderen van diverse wissels en overloopwissels op deze locatie zal een beperkt gunstig effect hebben op de trillingsniveaus. Van het realiseren van drie nieuwe wissels worden geen gevolgen verwacht, aangezien de afstand van de nieuwe locatie van deze wissels tot aan de bestaande bebouwing groter is dan het invloedsgebied (bepaald op 50 meter) van de wissels.

#### 4.2.2 Aanpassing spoorviaduct

Het spoorviaduct over de 's Gravenlandseweg wordt aangepast met een zettingsvrije plaat. Dit zal geen effect of een gunstig effect hebben op trillingen, mits wordt voorkomen dat er een discontinuïteit of aanstootpunt in het spoor ontstaat bij de aanleg. Bij een gebruikelijke aanleg is hier geen sprake van.

#### 4.2.3 Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid

In de situatie van het WTB 2021 zullen enkele intercity's halteren op station Schiedam Centrum. Intercity's en goederentreinen vanuit Delft zullen op deze locatie gebruikmaken van de zuidelijke sporen, waar in het TB 2016 werd voorzien dat deze op spoor 2 zouden rijden (het op één na meest noordelijke spoor). Bij de vaststelling van het TB 2016 is al rekening gehouden met het rijden van incidentele goederentreinen vanuit Hoek van Holland over de zuidelijke sporen. Omdat deze goederentreinen maatgevend zijn voor het  $V_{\max}$ -niveau, is hier geen verandering in  $V_{\max}$  te verwachten.

In dit gebied ligt geen trillingsgevoelige bebouwing binnen de  $V_{\text{per}}$ -contouren uit bijlage VI bij het Deelonderzoek. Omdat deze contouren zijn gebaseerd op de volledige spoorbreedte (van vier sporen) wijzigt de beoordeling voor  $V_{\text{per}}$  niet ten opzichte van de beoordeling die is uitgevoerd voor het TB 2016.

#### 4.2.4 Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen

In dit deelgebied zijn na vaststelling van het TB 2016 de volgende relevante ruimtelijke ontwikkelingen planologisch mogelijk gemaakt:

- 'Schielanders': bouw van 16 grondgebonden woningen en 30 appartementen aan de Johan Braakensiekstraat 12 in Schiedam. De afstand tot het spoor bedraagt circa 45 meter. De wijzigingen op deze locatie (opbreken van oude en aanleggen van nieuwe wissels, aanleg van een zettingsvrije plaat) liggen op circa 140 meter afstand van het bouwplan. De trillingsniveaus  $V_{\max}$  en  $V_{\text{per}}$  op deze locatie zullen daarom niet veranderen door de wijziging. Eind 2019 is deze ontwikkeling ook opgenomen in het bestemmingsplan Verzamelherziening 2019. Die planologische verandering heeft geen gevolgen voor de beoordeling van trillingen;

- 'Wetenschappersbuurt Schiedam-Oost': nieuwbouw van woningen op circa 90 meter van het spoor. De woningen liggen ruim buiten de  $V_{per}$ -contour. De al eerder beoordeelde goederentreinen vanuit Hoek van Holland zijn maatgevend voor het  $V_{max}$ -niveau en hierin treedt geen wijziging op.
- 'Schieveste 2021': een ontwerpbestemmingsplan met verbrede reikwijdte dat nieuwe trillingsgevoelige bestemmingen mogelijk maakt op een afstand vanaf ca. 10 meter tot het spoor, aan de noordzijde van station Schiedam Centrum. Het plan voorziet in de ontwikkeling van ongeveer 3.000 woningen in dit gebied, waarvan de exacte invulling en lokalisering nog niet bekend is. Voor het plan is een quickscan spoortrillingen uitgevoerd, op basis waarvan in het bestemmingsplan een voorwaardelijke verplichting op het gebied van trillingen is opgenomen. De quickscan baseert zich op uitgangspunten over de snelheid van treinen door het station (90 km/u) en aantallen treinen (passagierstreinen en incidentele goederentreinen) die in het WTB 2021 niet zullen wijzigen. Vanuit het WTB 2021 is er dan ook geen reden om deze ontwikkeling opnieuw op trillingen te onderzoeken.

#### 4.2.5 Conclusie

Door de wijzigingen op deze locatie zal de beoordeling voor  $V_{max}$  en  $V_{per}$  niet negatief veranderen ten opzichte van de beoordeling uit het TB 2016.

### 4.3 Tussen Tjalklaan en Delfshavense Schie

#### 4.3.1 Wijzigingen in wissels

Op dit trajectdeel vindt een aantal wijzigingen in de locaties van wissels plaats. Waar het TB 2016 voorzag in het opbreken van één wisseloverloop, voorziet het WTB 2021 in het verwijderen van twee wisseloverlopen. Het verwijderen van wissels heeft een gunstig effect op de trillingsemmissie.

Waar het TB 2016 een nieuwe wisseloverloop kende ter hoogte van km 81,5, voorziet het WTB 2021 deze nieuwe wisseloverloop ter hoogte van km 81,3. Binnen het invloedsgebied van deze nieuwe wisseloverloop liggen geen trillingsgevoelige bestemmingen.

#### 4.3.2 Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid

Door de aanpassingen in het WTB 2021 zullen intercity's en goederentreinen vanuit Delft ook over de zuidelijke sporen rijden. De snelheid op het meest noordelijke spoor verandert niet. De maximumsnelheid op het noordelijkste spoor verandert van 110 km/u (TB 2016) naar 120 km/u (WTB 2021). De minimale afstand van trillingsgevoelige panden aan de zuidzijde van het spoor in dit gebied bedraagt circa 95 meter. In de situatie uit het TB 2016 rijden incidentele goederentreinen vanuit Hoek van Holland al over de zuidelijke sporen. Omdat deze goederentreinen maatgevend zijn voor het  $V_{max}$ -niveau, is hier geen verandering in  $V_{max}$  te verwachten.

In het Deelonderzoek is vastgesteld dat vijf kantoorpanden (aan de Schuttevaerweg, aan de noordzijde van het spoor) binnen de  $V_{per}$ -contouren liggen. In het Deelonderzoek is beschreven dat vanwege de ligging van het spoor op een viaduct en het recente bouwjaar van de panden hier geen overschrijding verwacht wordt. In dit geval komt aanvullend daarop een deel van het spoorverkeer op grotere afstand van deze panden te rijden. Dat veroorzaakt een afname in het trillingsniveau bij deze panden. De snelheid op het meest noordelijke spoor gaat naar 120 km/u, waar in het TB 2016 werd uitgegaan van 110 km/u (in de huidige situatie rijden treinen hier 130 km/u). Conform de in het TB 2016 bepaalde relatie tussen snelheid en trillingsniveau betekent dit een toename in  $V_{max}$ -niveau van enkele procenten en een zeer beperkte toename in de contourafstand voor  $V_{per}$ . Met het gezamenlijke effect van deze beperkte toe- en afnames zal de beoordeling voor  $V_{per}$  in dit deelgebied niet veranderen ten opzichte van de beoordeling uit het TB 2016.

### 4.3.3 Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen

Dit deelgebied bevat geen relevante nieuw mogelijk gemaakte planologische ontwikkelingen sinds de vaststelling van het TB 2016.

### 4.3.4 Conclusie

Door de wijzigingen op deze locatie zal de beoordeling voor  $V_{\max}$  en  $V_{\text{per}}$  niet negatief veranderen ten opzichte van de beoordeling uit het TB 2016.

## 4.4 Tussen Delfshavense Schie en entree Rotterdam Centraal West

### 4.4.1 Wijzigingen in wissels

Op dit trajectdeel voorziet het WTB 2021 in het verwijderen van een wisseloverloop. Het verwijderen van wissels heeft een gunstig effect op de trillingsemisatie.

### 4.4.2 Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid

Bij het gebruiken van vier in plaats van twee sporen op dit trajectdeel zullen de twee zuidelijke sporen ook gebruikt gaan worden voor intercity's en goederentreinen vanuit Delft. De snelheid op het meest noordelijke spoor verandert niet. De maximumsnelheid op het noordelijkste spoor verandert van 110 km/u (TB 2016) naar 120 km/u (WTB 2021). In de huidige situatie wordt op dit spoor 130 km/u gereden.

### 4.4.3 Beoordeling $V_{\max}$

In zowel de situatie uit het TB 2016 als de situatie in het WTB 2021 wordt het  $V_{\max}$ -niveau aan de zuidzijde van het tracé bepaald door goederentreinen vanuit en naar Hoek van Holland. Deze situatie verandert niet en daarmee verandert ook de beoordeling van  $V_{\max}$  niet.

### 4.4.4 Beoordeling $V_{\text{per}}$

In het Deelonderzoek is voor de beoordeling van  $V_{\text{per}}$  in dit gebied een bovengrensbenadering aangehouden op basis van de meest maatgevende waardes uit andere deelgebieden. Omdat in het Deelonderzoek ook al is uitgegaan van een viersporige situatie om de contouren voor  $V_{\text{per}}$  te bepalen, wordt hier geen wijziging in de contouren verwacht. In het Deelonderzoek is vastgesteld dat bij de viersporige situatie geen trillingsgevoelige bebouwing binnen de  $V_{\text{per}}$ -contouren valt. Met de snelheidswijziging op het meest noordelijke spoor zou een zeer kleine wijziging kunnen optreden in de  $V_{\text{per}}$ -contourafstand aan de noordzijde (zie ook paragraaf 4.3.2), maar hier ligt geen trillingsgevoelige bebouwing. De beoordeling uit het Deelonderzoek verandert niet.

### 4.4.5 Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen

Dit deelgebied bevat geen relevante nieuw mogelijk gemaakte planologische ontwikkelingen sinds de vaststelling van het TB 2016.

## 4.4.6 Conclusie

Door de wijzigingen op deze locatie zal de beoordeling voor  $V_{\max}$  en  $V_{\text{per}}$  niet negatief veranderen ten opzichte van de beoordeling uit het TB 2016.

## 4.5 Entree Rotterdam Centraal West (Sporendriehoek)

### 4.5.1 Wijzigingen in aantal sporen

Het op een na zuidelijkste spoor in de Sporendriehoek wordt gedeeltelijk opgebroken en eindigt, vanuit het oosten gezien, straks bij km 82,5. In plaats daarvan worden de noordelijkste drie sporen van de viersporige situatie komend vanuit het westen aangesloten op de fly-over. Het meest zuidelijke doorgaande spoor blijft behouden. Omdat de locatie van de sporen niet wijzigt, zorgen deze aanpassingen niet voor een verandering in het trillingsniveau.

### 4.5.2 Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid

In de situatie van het WTB 2021 zullen twee intercity's per uur en een incidentele goederentrein over het meest zuidelijke spoor rijden. De snelheid op het meest noordelijke spoor verandert niet. De maximumsnelheid op het tweede noordelijkste spoor verandert van 120 km/u naar 110 km/u. Deze wijziging heeft in dit gebied geen invloed, omdat het treinverkeer op de zuidelijke sporen maatgevend is voor de trillingsemmissie naar de omgeving.

De beoordeling voor  $V_{\max}$ , die al bepaald wordt door de goederentrein, zal niet veranderen. Een beperkte toename in  $V_{\text{per}}$  is wel mogelijk: een deel van de intercity's (twee van de zestien per uur) komt in plaats van op 125 meter op 100 meter afstand tot de bebouwing (aan de Essenburgsingel ten westen van de Van Aerssenlaan) te rijden. De verwachte toename in  $V_{\text{per}}$  is in dat geval circa 16 % (deze verwachting wordt onderbouwd in bijlage IVa), een verandering in contourafstand<sup>1</sup> van ongeveer 4 meter. De aanwezige trillingsgevoelige bebouwing ligt ruim buiten de maximale contourafstand en dat zal met deze wijziging niet veranderen.

Tabel 4.2 Aangepaste toetsing  $V_{\text{per}}$  voor deelgebied 5 door dichterbij rijdende intercity's ter hoogte van de Essenburgsingel ten westen van de Van Aerssenlaan

Gebouwfunctie	Grenswaarde $V_{\text{per}}$	$V_{\text{per,ref}}$	Afname dB/meter	Maximale afstand (m)
woning (PHS)	0,1	0,118	-0,136	37
kantoor (PHS)	0,15	0,118	-0,136	24

Ter hoogte van de RFC-weg ligt het spoor op een kunstwerk. Hier liggen enkele woningen aan de zuidzijde op korte afstand (circa 25 meter) van het spoor. De metingen uit het TB 2016 zijn niet op vergelijkbare locaties uitgevoerd. Om na te gaan of wijzigingen uit het WTB 2021 op deze locatie kunnen leiden tot een andere beoordeling dan uit het TB 2016, zijn op deze locatie trillingsmetingen uitgevoerd. De metingen laten zien dat de beoordeling uit het TB 2016 niet negatief verandert. Bijlage V bij dit rapport behandelt deze metingen.

<sup>1</sup> Afstand van het spoor tot de  $V_{\text{per}}$ -contourlijn waarbij de grenswaarde wordt bereikt. Voor woningen die binnen de contourafstand liggen wordt de  $V_{\text{per}}$  grenswaarde overschreden.

### 4.5.3 Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen

Dit deelgebied bevat geen relevante nieuw mogelijk gemaakte planologische ontwikkelingen sinds de vaststelling van het TB 2016.

### 4.5.4 Conclusie

Door de wijzigingen op deze locatie zal de beoordeling voor  $V_{\max}$  en  $V_{\text{per}}$  niet negatief veranderen ten opzichte van de beoordeling uit het TB 2016.

## 4.6 Emplacement Rotterdam Centraal West

### 4.6.1 Wijzigingen in wissels

Op het midden van het emplacement wordt in de situatie in het WTB 2021 een reeks nieuwe wissels aangelegd. Binnen het invloedsgebied van het merendeel van deze nieuwe wissels ligt geen trillingsgevoelige bebouwing. Bij de nieuwe wissels in de zuidelijke sporen rondom km 83,5 is er wel bebouwing met woonfunctie (appartementencomplex aan het Weenapad) binnen het invloedsgebied aanwezig. Deze wordt hieronder bij 'Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid' behandeld.

### 4.6.2 Wijziging in spoorligging

Het meest zuidelijke spoor komt tussen km 83,3 en 83,6 enkele meters verder naar het noorden te liggen. Dit heeft een beperkt gunstig effect op de trillingsniveaus in de omgeving, omdat de afstand tot trillingsgevoelige bebouwing toeneemt.

### 4.6.3 Wijzigingen in spoorgebruik en snelheid

In de situatie van het WTB 2021 zullen twee intercity's per uur en een incidentele goederentrein over het meest zuidelijke spoor rijden.

De beoordeling voor  $V_{\max}$  kan op één locatie veranderen. Vóór het appartementencomplex aan het Weenapad wordt een wisselcomplex gerealiseerd op circa 23 meter afstand. Het gebouw komt daarmee binnen het invloedsgebied van het wissel te liggen. Uitgaande van de in het Deelonderzoek gevolgde methodiek bedraagt de toename van het trillingsniveau circa 27 %, <sup>1</sup> minder dan de conform de Bts toegestane toename van 30 %.

Een beperkte toename in  $V_{\text{per}}$  is mogelijk: een deel van de intercity's (twee van de zestien per uur) komt, ter hoogte van de Essenburgsingel, in plaats van op 85 meter op 55 meter afstand te rijden, met een iets hogere snelheid (60 in plaats van 40 km/u). De verwachte toename in  $V_{\text{per}}$  is in dat geval circa 27 % (zie bijlage IVb). Zoals aangegeven in het Deelonderzoek is de contourafstand hier een worst-casebenadering, omdat het treinverkeer op deze plek over meer verder weg liggende sporen wordt verdeeld. Bij deze toename reiken de contouren tot een maximale afstand van 40 meter. De trillingsgevoelige bebouwing aan de Essenburgsingel ligt daarbuiten.

---

<sup>1</sup> De methodiek uit het Deelonderzoek (beschreven in paragraaf 5.2.3) hanteert voor een wissel binnen de invloedssfeer van 50 meter een lineaire toename van maximaal 50 % op het trillingsniveau zonder wissel. Op 49 meter afstand is de toename veroorzaakt door het wissel dus 1 %, op 48 meter 2 %, enzovoorts. Op 23 meter afstand bedraagt de toename daarmee 27 %.



Tabel 4.3 Aangepaste toetsing  $V_{per}$  voor deelgebied 5 door dichtbij rijdende intercity's ter hoogte van de Essenburgsingel tussen Velsenluststraat en S113

Gebouwfunctie	Grenswaarde $V_{per}$	$V_{per,ref}$	Afname dB/meter	Maximale afstand (m)
woning (PHS)	0,1	0,129	-0,136	40
kantoor (PHS)	0,15	0,129	-0,136	27

Voor het appartementencomplex aan het Weenapad (dat op circa 23 meter van het spoor ligt) bedraagt de verwachte toename in  $V_{per}$  circa 7 % (zie bijlage IVc). Omdat de  $V_{per}$ -contour op deze locatie een duidelijke overschatting geeft (het spoor ligt op een talud, treinsnelheden zijn laag, de meeste bereden sporen liggen op grotere afstand, en het gaat hier om een zwaar gebouw dat minder trillingen opneemt dan een lichter gebouw), wordt niet verwacht dat hier een overschrijding van  $V_{per}$  zal optreden. Om dit nader te onderbouwen zijn trillingsmetingen uitgevoerd. Bijlage V beschrijft deze metingen, waaruit blijkt dat inderdaad geen verandering van de beoordeling uit het TB 2016 te verwachten is.

#### 4.6.4 Nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen

Dit deelgebied bevat geen relevante nieuw mogelijk gemaakte planologische ontwikkelingen sinds de vaststelling van het TB 2016.

#### 4.6.5 Conclusie

Door de wijzigingen op deze locatie zal naar verwachting geen sprake zijn van een overschrijding van  $V_{max}$  en/of  $V_{per}$ , dus zal de beoordeling niet veranderen ten opzichte van de beoordeling uit het TB 2016.

# 5

## SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Het WTB 2021 voorziet in een aantal wijzigingen van het TB 2016. Witteveen+Bos heeft de trillingsgevolgen van de voorziene wijzigingen onderzocht. Het gaat om wijzigingen in de aanwezigheid van wissels, de sporenlay-out en in het spoorgebruik. Langs het trajectdeel tussen de aansluiting Hoekse Lijn en station Rotterdam Centraal zouden deze wijzigingen kunnen leiden tot een andere beoordeling op het aspect trillingen.

Bij de beoordeling van deze wijzigingen is uitgegaan van de methodiek zoals ook aangehouden in het Deelonderzoek Trillingen en Laagfrequent geluid bij het TB 2016. Dat wil zeggen dat de onderliggende metingen en berekeningen uit het Deelonderzoek in deze beoordeling opnieuw zijn betrokken. Daarnaast zijn voor twee locaties aanvullende trillingsmetingen uitgevoerd.

Op een aantal locaties treden wel wijzigingen op, maar ligt geen trillingsgevoelige bebouwing in de nabijheid. Deze locaties (de noordelijke toerit van de spoortunnel in Delft, de onderdoorgang van station Delft-Zuid, de boog ten westen van station Schiedam Centrum, station Schiedam Centrum, en station Rotterdam Centraal) zijn niet verder onderzocht. Voor vijf locaties is nader gekeken naar de gewijzigde situatie. Dit zijn de onderstaande locaties:

- 1 aansluiting Hoekse lijn tot aan station Schiedam Centrum;
- 2 tussen Tjalklaan en Delfshavense Schie;
- 3 tussen Delfshavense Schie en entree Rotterdam Centraal West;
- 4 entree Rotterdam Centraal Westzijde (omgeving Sporendriehoek);
- 5 emplacement Rotterdam Centraal Westzijde.

Voor de locaties met wijzigingen langs het tracé is bezien of nieuwe planologische ontwikkelingen mogelijk zijn gemaakt sinds de vaststelling van het TB 2016, die onder invloed kunnen staan van trillingen en waar de trillingsniveaus door de wijzigingen toenemen tot boven de grenswaarden. Dit blijkt niet het geval.

### 5.1 Wijzigingen met gevolgen voor $V_{max}$

Over het algemeen hebben de wijzigingen in wissels geen negatieve effecten of hebben ze zelfs beperkt positieve effecten. Het verwijderen van wissels reduceert de trillingsemmissie. De aanleg van de nieuwe wissels gebeurt in bijna alle gevallen of op gelijke afstand tot de bestaande bebouwing of op grote afstand van trillingsgevoelige bestemmingen, zodat geen negatieve gevolgen van deze wijziging worden verwacht. In één geval kan de aanleg van een wissel leiden tot toename van het maximale trillingsniveau  $V_{max}$ , maar de toename bedraagt naar verwachting minder dan de door de Bts toegestane toename van 30 %.

De wijzigingen in spoorligging vinden plaats op relatief grote afstand tot trillingsgevoelige bestemmingen en/of de aanpassingen zijn zodanig dat de afstand tot de bestaande bebouwing toeneemt. Deze wijzigingen hebben daarom geen consequenties voor de beoordeling.

Ook is er in het Deelonderzoek uitgegaan van een worst-case scenario waarbij de maatgevende goederentreinen op de buitenste sporen rijden, hierdoor worden er bij een wijziging in het spoorgebruik geen gevolgen verwacht voor de  $V_{max}$ -waarden. Het WTB 2021 bevat namelijk geen wijziging in het spoorgebruik door goederentreinen.

## 5.2 Wijzigingen met gevolgen voor $V_{per}$

Voor alle nader besproken locaties wordt door de wijziging in spoorgebruik geen verandering verwacht van de in het Deelonderzoek vastgestelde en beoordeelde contouren voor het gemiddelde trillingsniveau  $V_{per}$ . Deze contouren waren namelijk voor het gehele relevante traject al gebaseerd waren op viersporigheid. De snelheidstoename op het meest noordelijke spoor, tussen Schiedam en het emplacement Rotterdam-West, van 110 km/u in het TB 2016 naar 120 km/u in dit WTB 2021, zal niet leiden tot nieuwe trillingsgevoelige bebouwing binnen de contouren. Rond de entree van en het emplacement bij station Rotterdam Centraal kan in een aantal situaties de  $V_{per}$ -contour verder van het spoor komen te liggen. In geen van de gevallen wordt verwacht dat daarmee in bebouwing overschrijdingen van de grenswaarde voor  $V_{per}$  zullen ontstaan.

## 5.3 Conclusie

Op grond van bovenstaande wordt niet verwacht dat de beoordeling van  $V_{max}$  en  $V_{per}$  negatief zal veranderen ten opzichte van de beoordeling uit het TB 2016.

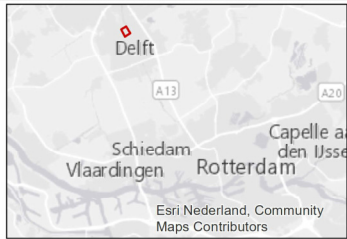
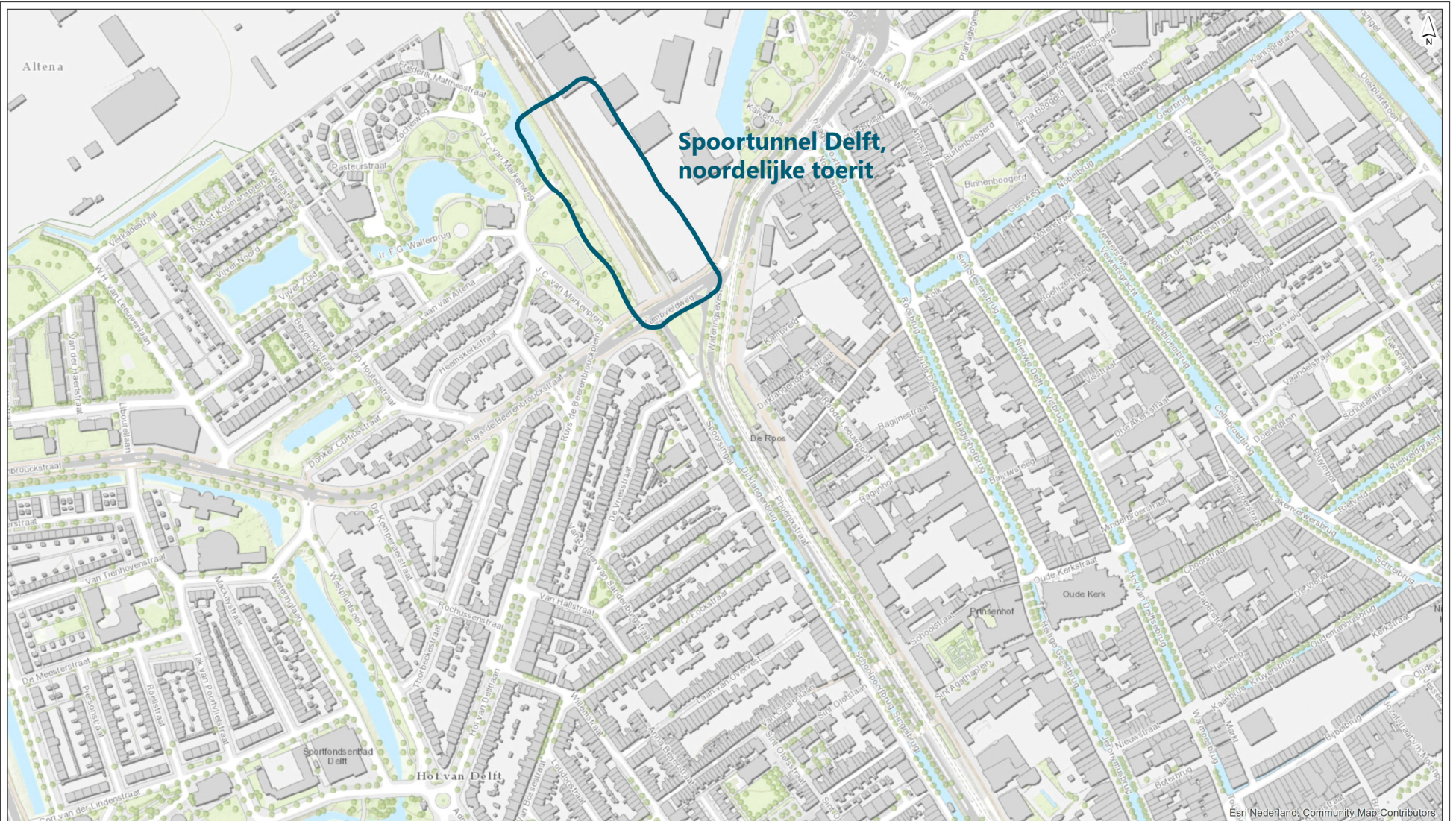


Bijlage(n)





## BIJLAGE: OVERZICHT DEELGEBIEDEN



drawn: G.J. Dijkgraaf MSc  
 verified: G.J. Dijkgraaf MSc  
 approved: dr. ir. M. Bezemer-Krijnen  
 version: final 1  
 date: 07-11-2019  
 drawing no: 1 of 4

page size: A3 landscape  
 scale: 1:3600



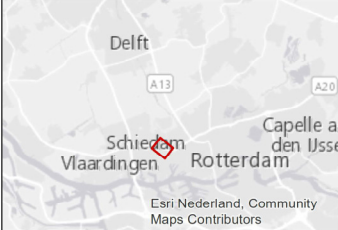
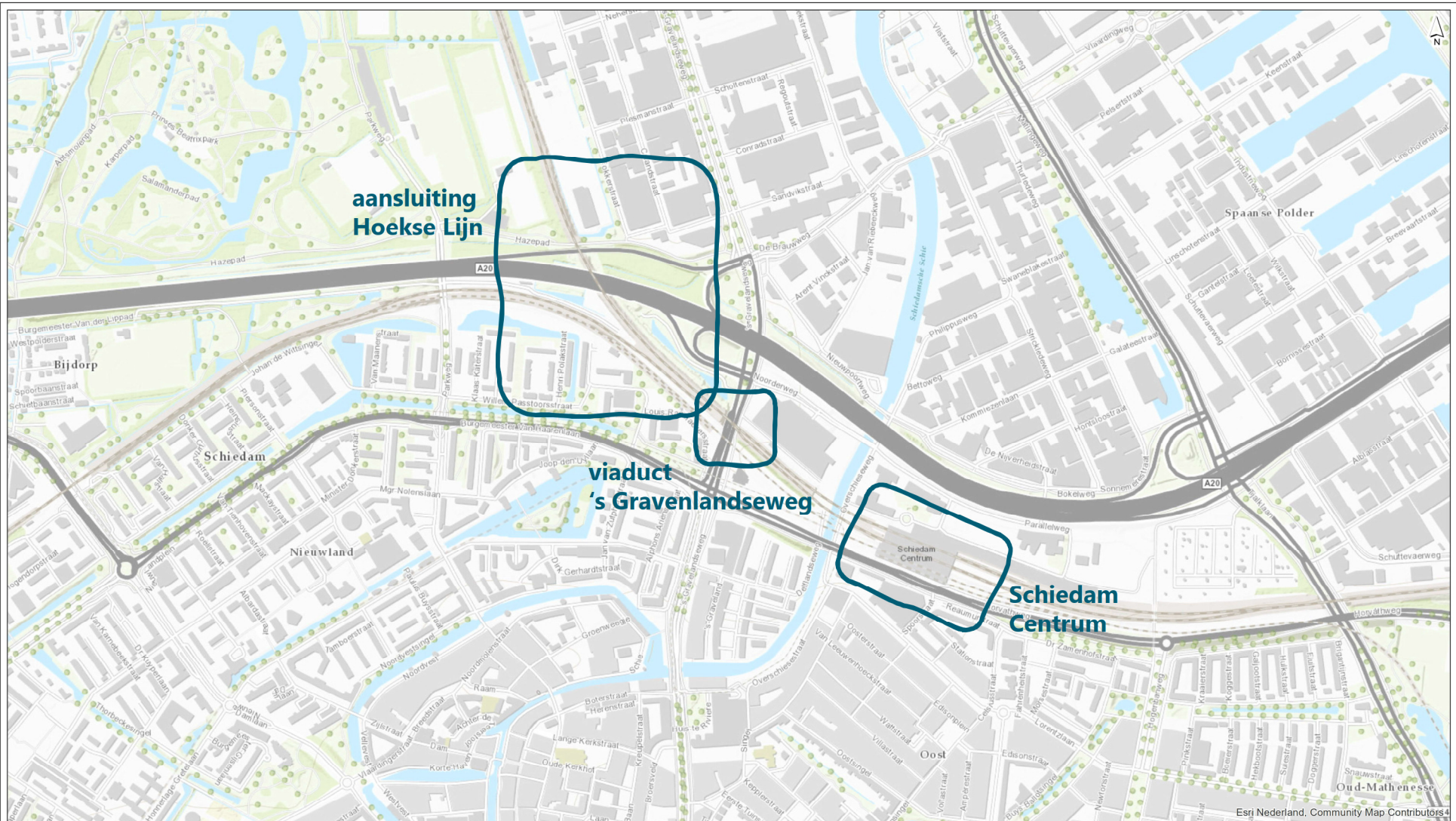
**Overzicht deelgebieden**

**Trillingsonderzoek wijzigings-Tracébesluit  
PHS Rijswijk-Rotterdam**

client: ProRail B.V.  
 project: Trillingsonderzoek wTB PHS Rijswijk-Rotterdam  
 project code: 116923





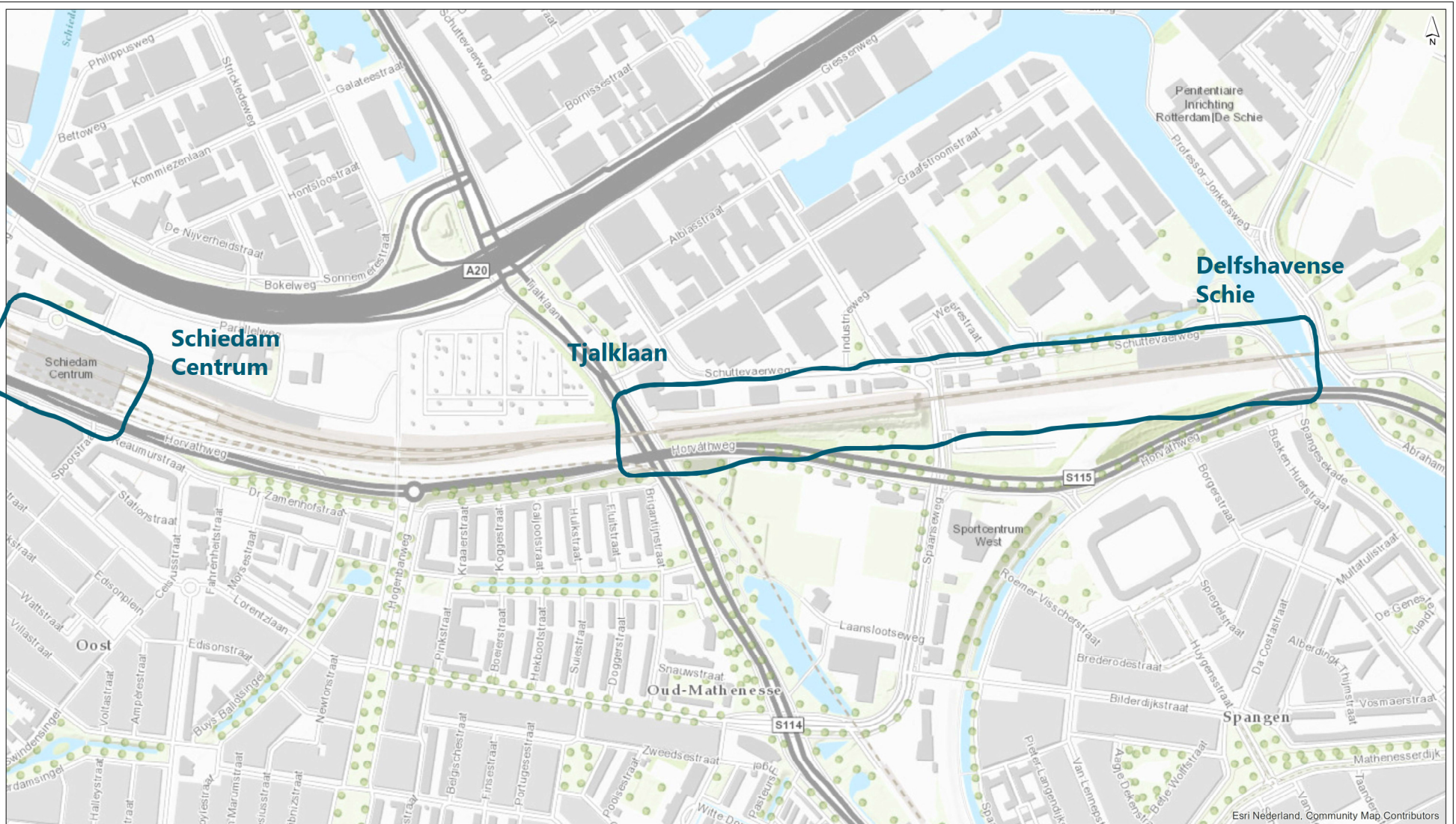


drawn: G.J. Dijkgraaf MSC  
 verified: G.J. Dijkgraaf MSc  
 approved: dr. ir. M. Bezemer-Krijnen  
 version: final 1  
 date: 07-11-2019  
 drawing no: 2 of 4

page size: A3 landscape  
 scale: 1:7700  
 0 100 200 300 400 m

**Overzicht deelgebieden**  
**Trillingsonderzoek wijzigings-Tracébesluit PHS Rijswijk-Rotterdam**  
 client: ProRail B.V.  
 project: Trillingsonderzoek wTB PHS Rijswijk-Rotterdam  
 project code: 116923





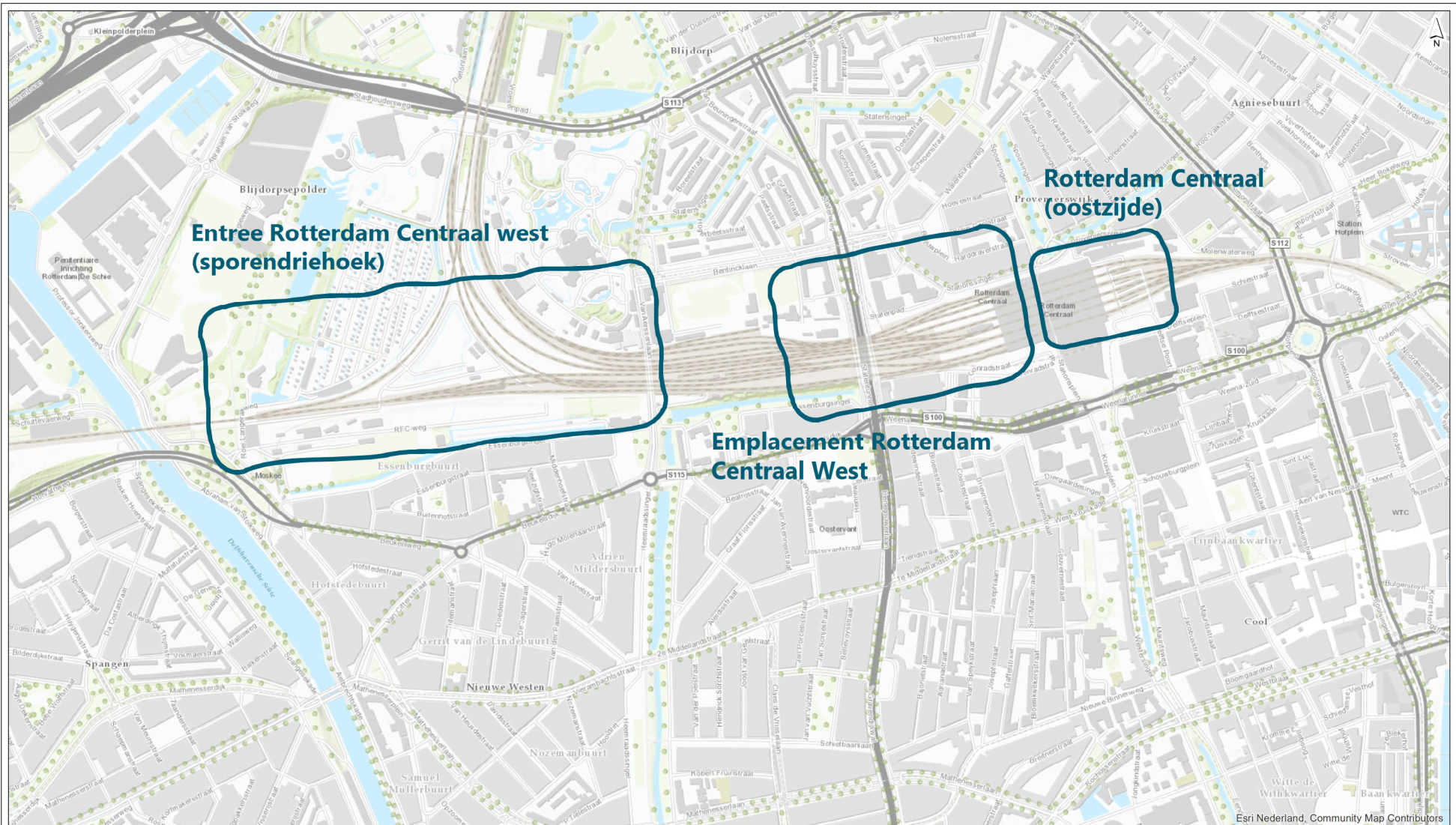
drawn: G.J. Dijkgraaf MSc  
 verified: G.J. Dijkgraaf MSc  
 approved: dr. ir. M. Bezemer-Krijnen  
 version: final 1  
 date: 07-11-2019  
 drawing no: 3 of 4

page size: A3 landscape  
 scale: 1:5600  
 0 100 200 300 m

**Overzicht deelgebieden**  
**Trillingsonderzoek wijzigings-Tracébesluit**  
**PHS Rijswijk-Rotterdam**

client: ProRail B.V.  
 project: Trillingsonderzoek wTB PHS Rijswijk-Rotterdam  
 project code: 116923





drawn: G.J. Dijkgraaf MSC  
 verified: G.J. Dijkgraaf MSC  
 approved: dr. ir. M. Bezemer-Krijnen  
 version: final 1  
 date: 07-11-2019  
 drawing no: 4 of 4

page size: A3 landscape  
 scale: 1:8700  
 0 100 200 300 400 500 m

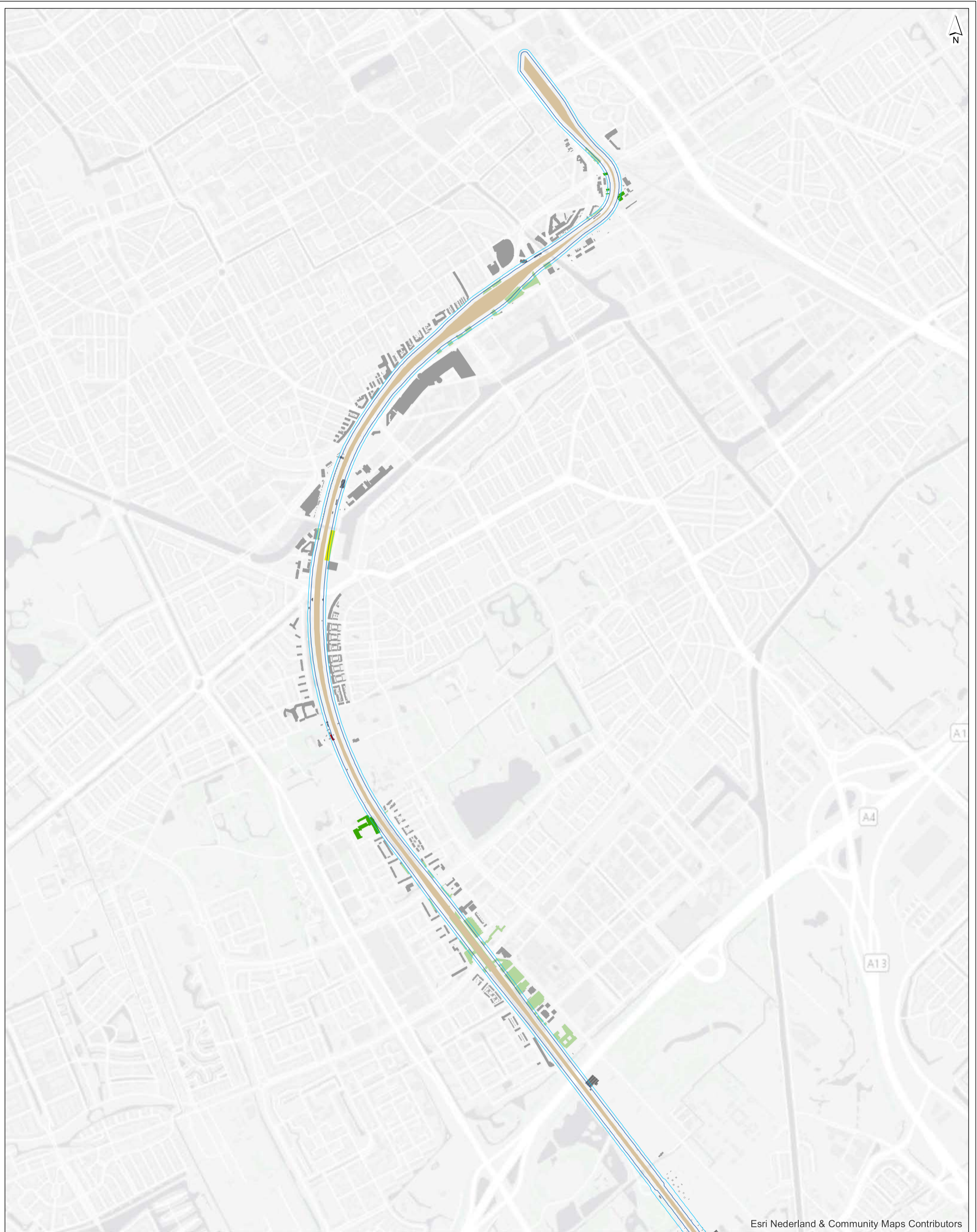
**Overzicht deelgebieden**  
**Trillingsonderzoek wijzigings-Tracébesluit PHS Rijswijk-Rotterdam**  
 client: ProRail B.V.  
 project: Trillingsonderzoek wTB PHS Rijswijk-Rotterdam  
 project code: 116923





## **BIJLAGE: VPER-CONTOUREN DEELONDERZOEK TRILLINGEN EN LAAGFREQUENT GELUID**

Onderstaande afbeeldingen zijn rechtstreeks afkomstig uit bijlage VI van het Deelonderzoek Trillingen en Laagfrequent geluid bij het TB uit 2016.



Esri Nederland & Community Maps Contributors

- grenswaarde kantoor  
( $v_{per} = 0.15$ )
- grenswaarde woning  
( $v_{per} = 0.10$ )
- BuitenkantSpoor plan
- overschrijding woning
- overschrijding kantoor
- recente nieuwbouw
- afwijkende situatie
- buiten contour kantoor
- schuur of opslaghal
- buiten contour

getekend: ing. B.J. Roosendaal  
 gecontroleerd: ing. H.E.J. Nieuwland  
 goedgekeurd: ir. E. Vlijm  
 versie: definitief 1  
 datum: 20-05-2016  
 tekeningnr: 31

formaat: A3 staand  
 schaal: 1:19000

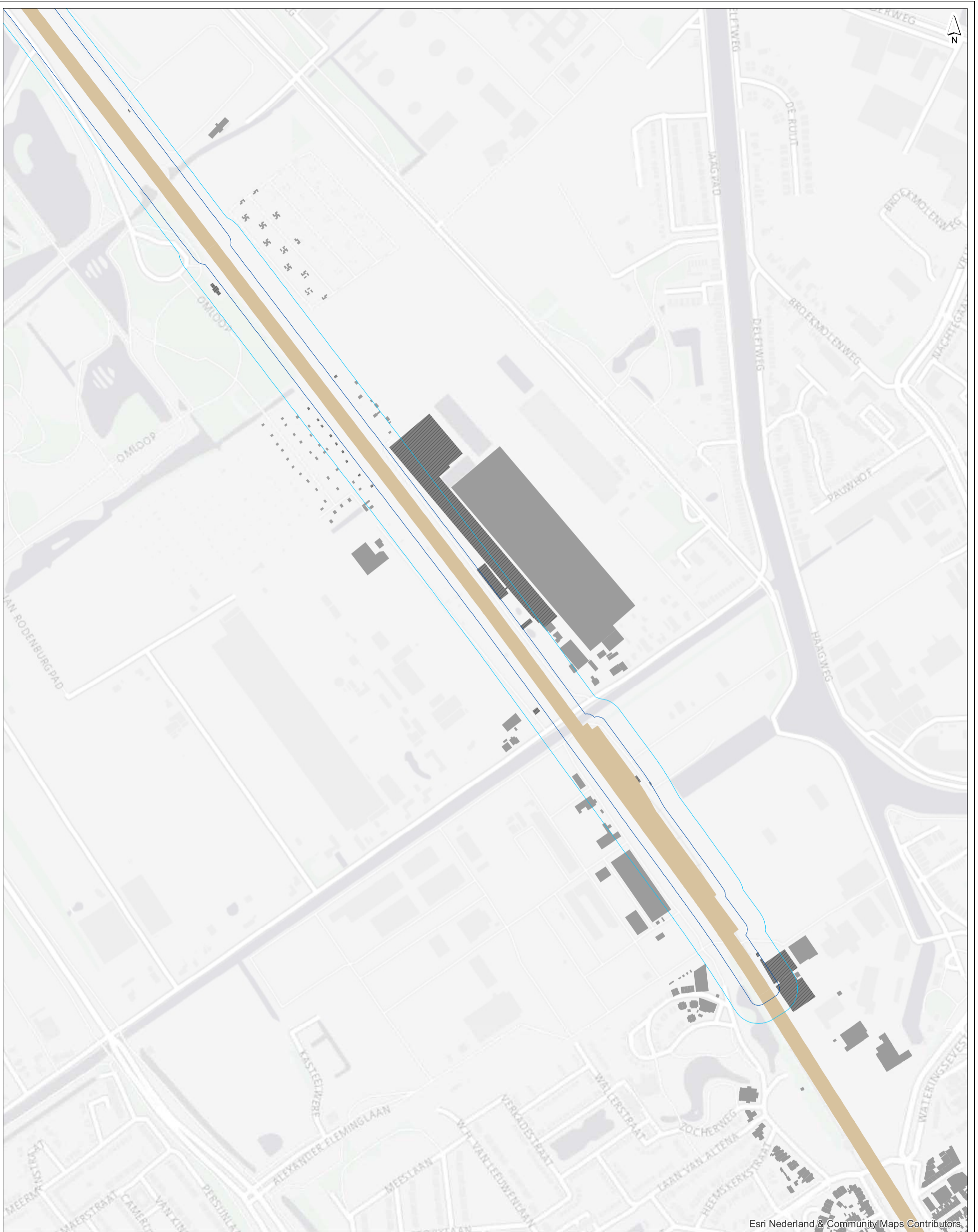
0 180 360 540 720 900 m

**Deelonderzoek trillingen**

**Plan situatie**  
**Toetsing  $v_{per}$  deelgebied 1**

opdrachtgever: Prorail  
 projectnaam: Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid  
 projectcode: RIS432-26-101





Esri Nederland & Community Maps Contributors

- grenswaarde kantoor (v<sub>per</sub> = 0.15)
- grenswaarde woning (v<sub>per</sub> = 0.10)
- BuitenkantSpoor plan
- overschrijding woning
- overschrijding kantoor
- recente nieuwbouw
- afwijkende situatie
- buiten contour kantoor
- schuur of opslaghal
- buiten contour

getekend: ing. B.J. Roosendaal  
 gecontroleerd: ing. H.E.J. Nieuwland  
 goedgekeurd: ir. E. Vlijm  
 versie: definitief 1  
 datum: 20-05-2016  
 tekeningnr: 31

formaat: A3 staand  
 schaal: 1:5000

0 40 80 120 160 200 m

**Deelonderzoek trillingen**

**Plan situatie**  
**Toetsing v<sub>per</sub> deelgebied 2**

opdrachtgever: Prorail  
 projectnaam: Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid  
 projectcode: RIS432-26-101

**Witteveen + Bos**



Esri Nederland & Community Maps Contributors

- grenswaarde kantoor ( $v_{per} = 0.15$ )
- grenswaarde woning ( $v_{per} = 0.10$ )
- BuitenkantSpoor plan
- overschrijding woning
- overschrijding kantoor
- recente nieuwbouw
- afwijkende situatie
- buiten contour kantoor
- schuur of opslaghal
- buiten contour

getekend: ing. B.J. Roosendaal  
 gecontroleerd: ing. H.E.J. Nieuwland  
 goedgekeurd: ir. E. Vlijm  
 versie: definitief 1  
 datum: 20-05-2016  
 tekeningnr: 31

formaat: A3 stand  
 schaal: 1:7000

0 60 120 180 240 300 m

**Deelonderzoek trillingen**

**Plan situatie**  
**Toetsing  $v_{per}$  deelgebied 3**

opdrachtgever: Prorail  
 projectnaam: Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid  
 projectcode: RIS432-26-101

**Witteveen + Bos**



Esri Nederland & Community Maps Contributors

- grenswaarde kantoor ( $v_{per} = 0.15$ )
- grenswaarde woning ( $v_{per} = 0.10$ )
- BuitenkantSpoor plan
- overschrijding woning
- overschrijding kantoor
- recente nieuwbouw
- afwijkende situatie
- buiten contour kantoor
- schuur of opslaghal
- buiten contour

getekend: ing. B.J. Roosendaal  
 gecontroleerd: ing. H.E.J. Nieuwland  
 goedgekeurd: ir. E. Vlijm  
 versie: definitief 1  
 datum: 20-05-2016  
 tekeningnr: 31

formaat: A3 staand  
 schaal: 1:16000

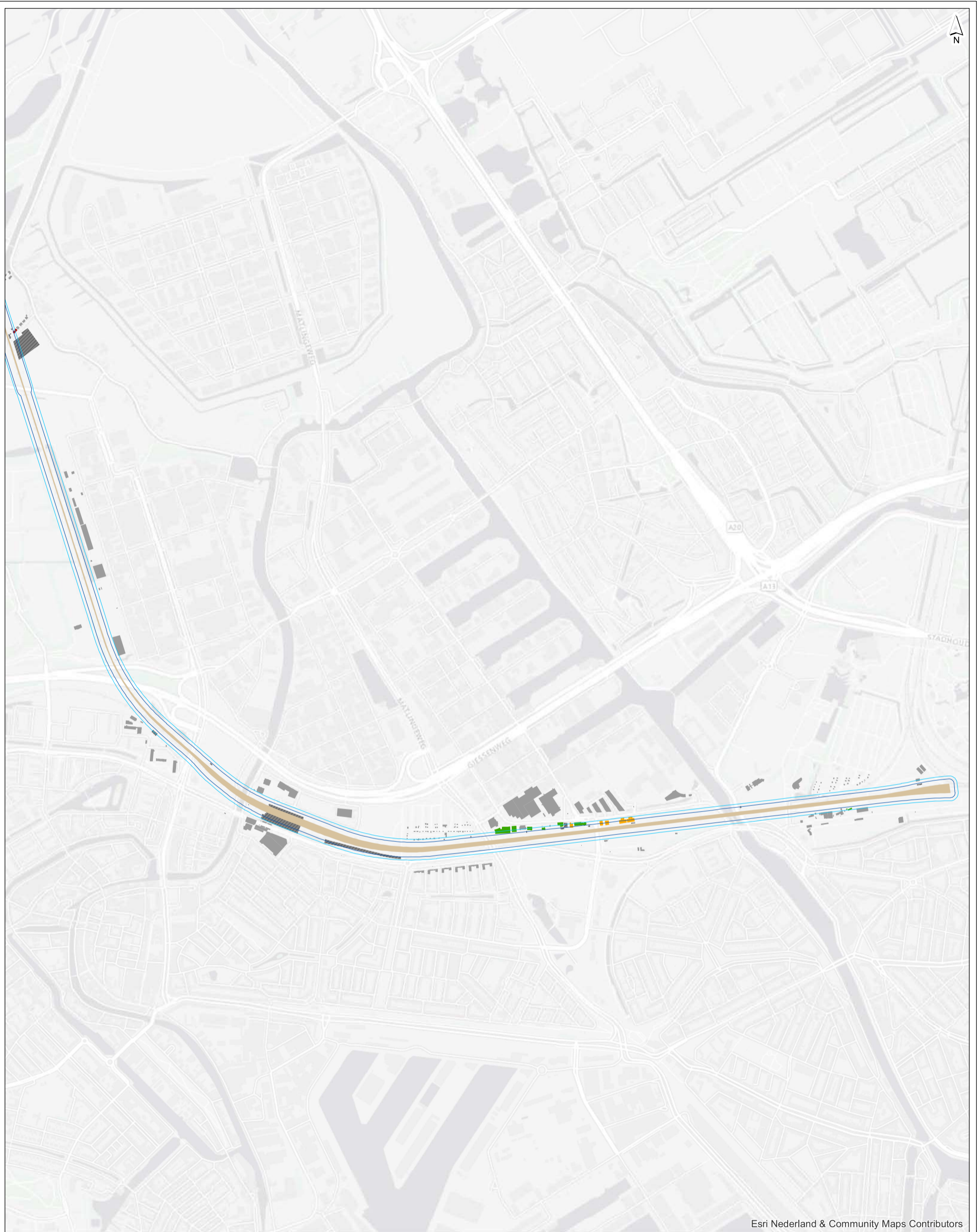
0 160 320 480 640 800 m

**Deelonderzoek trillingen**

**Plan situatie**  
**Toetsing  $v_{per}$  deelgebied 4**

opdrachtgever: Prorail  
 projectnaam: Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid  
 projectcode: RIS432-26-101





Esri Nederland & Community Maps Contributors

- grenswaarde kantoor ( $v_{per} = 0.15$ )
- grenswaarde woning ( $v_{per} = 0.10$ )
- BuitenkantSpoor plan
- overschrijding woning
- overschrijding kantoor
- recente nieuwbouw
- afwijkende situatie
- buiten contour kantoor
- schuur of opslaghal
- buiten contour

getekend: ing. B.J. Roosendaal  
 gecontroleerd: ing. H.E.J. Nieuwland  
 goedgekeurd: ir. E. Vlijm  
 versie: definitief 1  
 datum: 20-05-2016  
 tekeningnr: 31

formaat: A3 staand  
 schaal: 1:15000  
 0 150 300 450 600 750 m

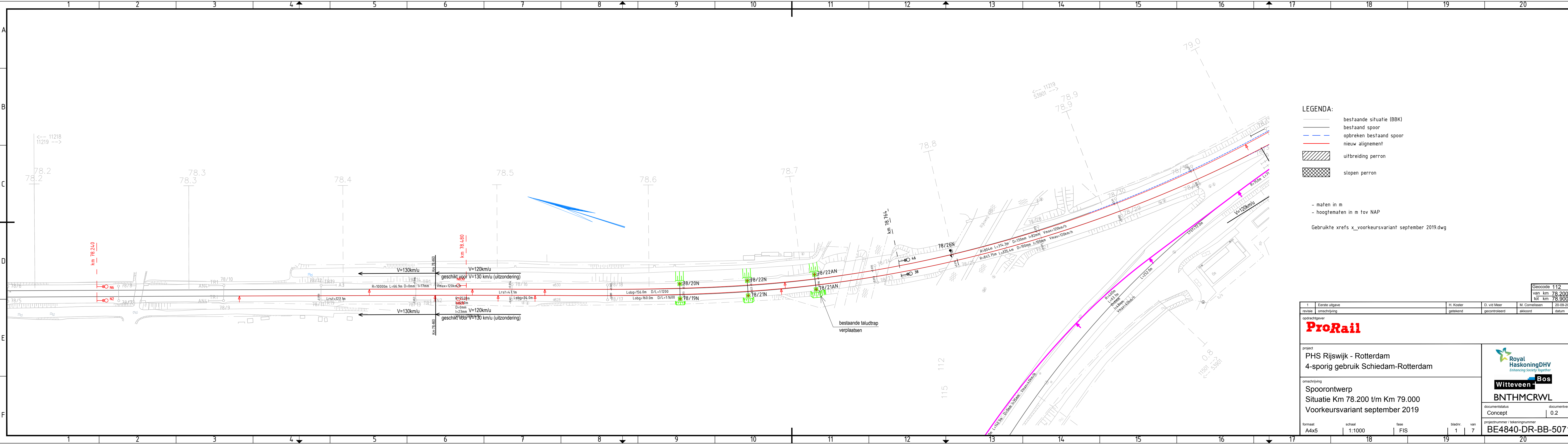
### Deelonderzoek trillingen

#### Plan situatie Toetsing $v_{per}$ deelgebied 5

opdrachtgever: Prorail  
 projectnaam: Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid  
 projectcode: RIS432-26-101



## BIJLAGE: SPOORONTWERP WTB 2021



- bestaande situatie (BBK)
- bestaand spoor
- opbreken bestaand spoor
- nieuw alignment
- uitbreiding perron
- slopen perron

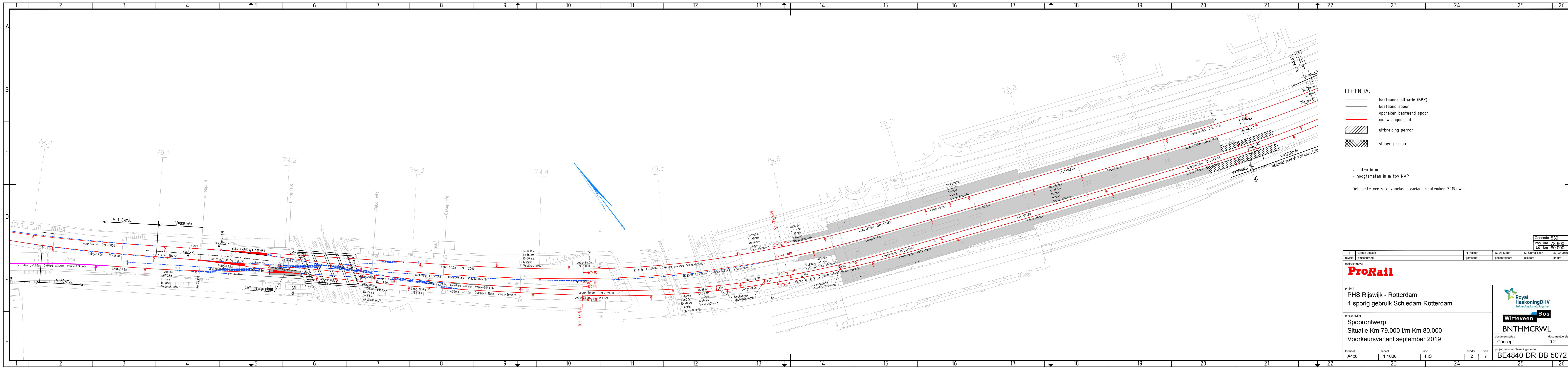
- maten in m  
 - hoogtematen in m tov NAP

Gebruikte xrefs x\_voorkeursvariant september 2019.dwg

Geocode 112  
 van km 78.200  
 tot km 78.900

1	Eerste uitgave	H. Koster	D. v.d. Meer	M. Cornelissen	20-09-2019
revisie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
opdrachtgever					
<b>ProRail</b>					

project PHS Rijswijk - Rotterdam 4-sporig gebruik Schiedam-Rotterdam		  <b>BNTHMCRWL</b>
omschrijving Spoorontwerp Situatie Km 78.200 t/m Km 79.000 Voorkeursvariant september 2019		
documentstatus	documentversie	
Concept	0.2	
formaat A4x5		schaal 1:1000
fase FIS		bladnr. van 1 7
projectnummer / tekeningnummer <b>BE4840-DR-BB-5071</b>		



- LEGENDA:**
- bestaande situatie (BBK)
  - opbreken bestaand spoor
  - nieuw alignment
  - uitbreiding perron
  - slopen perron

- maten in m  
 - hoogtematen in m tov NAP  
 Gebruikte xrefs x\_voorkeursvariant september 2019.dwg

Geocode 539  
 van km 78.900  
 tot km 80.000

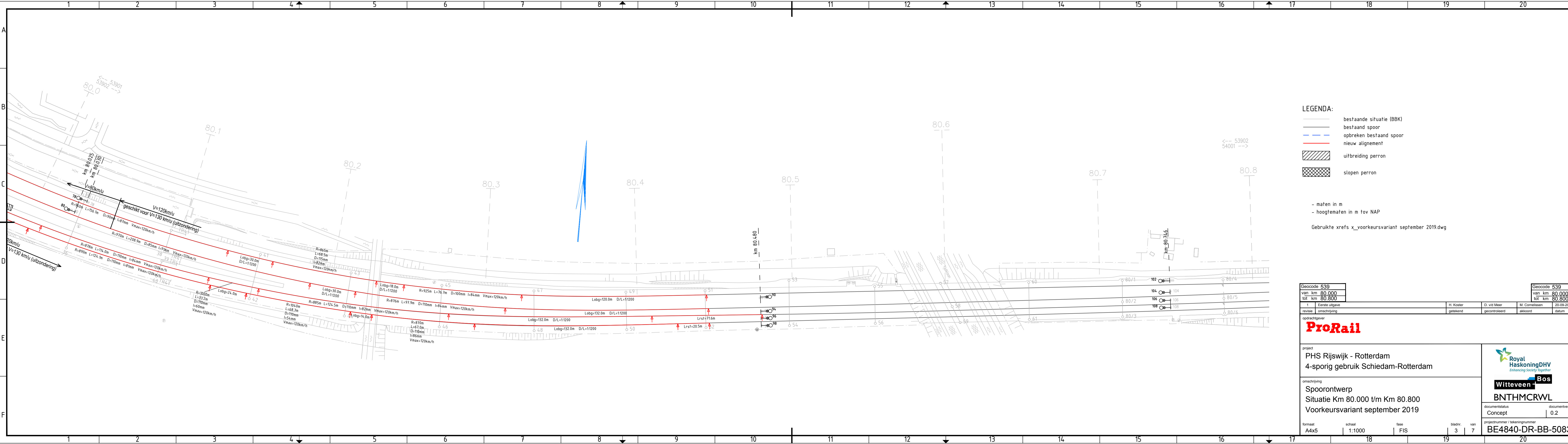
1	Eerste uitgave	H. Koster	D. vid Meer	M. Cornelissen	20-09-2019
revisie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
<b>ProRail</b>					

project  
**PHS Rijswijk - Rotterdam**  
 4-sporig gebruik Schiedam-Rotterdam

omschrijving  
 Spoorontwerp  
 Situatie Km 79.000 t/m Km 80.000  
 Voorkeursvariant september 2019

Enhancing Society Together  
  
**BNTHMCRWL**  
 documentstatus: Concept  
 documentversie: 0.2  
 projectnummer / tekeningnummer: BE4840-DR-BB-5072

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A4x6	1:1000	FIS	2	7

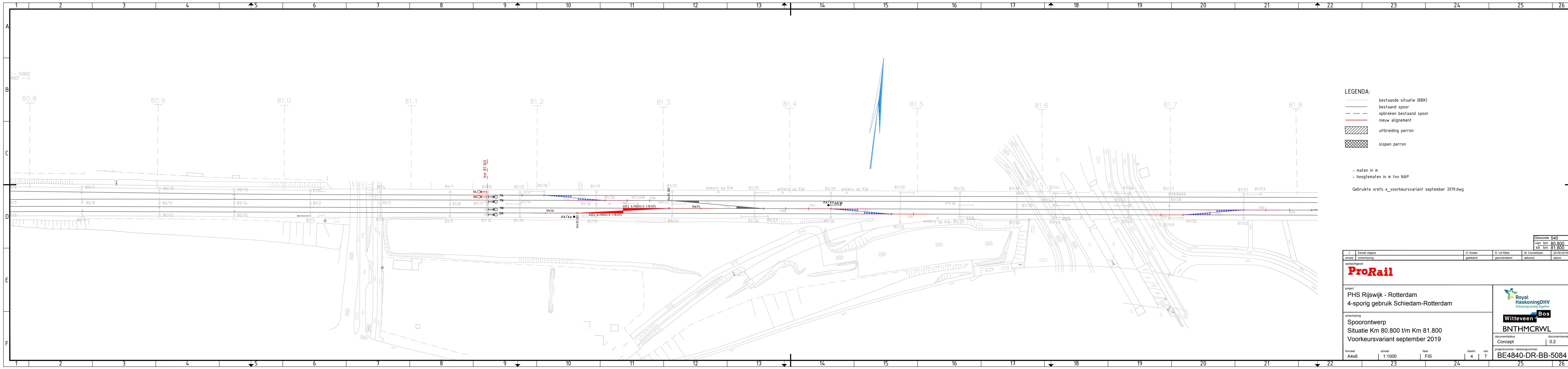


- LEGENDA:**
- bestaande situatie (BBK)
  - bestaand spoor
  - opbreken bestaand spoor
  - nieuw alignment
  - uitbreiding perron
  - slopen perron

- maten in m  
 - hoogtematen in m tov NAP  
 Gebruikte xrefs x\_voorkeursvariant september 2019.dwg

Geocode 539		Geocode 539	
van km 80.000		van km 80.000	
tot km 80.800		tot km 80.800	
1	Eerste uitgave	H. Koster	D. v.d. Meer
revisie	omschrijving	getekend	gecontroleerd
		M. Cornelissen	akkoord
opdrachtgever		datum	
<b>ProRail</b>			

project <b>PHS Rijswijk - Rotterdam</b> 4-sporig gebruik Schiedam-Rotterdam		  <b>BNTHMCRWL</b>	
omschrijving <b>Spoorontwerp</b> Situatie Km 80.000 t/m Km 80.800 Voorkeursvariant september 2019		documentstatus Concept	
formaat A4x5		documentversie 0.2	
schaal 1:1000		projectnummer / tekeningnummer <b>BE4840-DR-BB-5083</b>	
fase FIS		bladnr. van 3 7	



- LEGENDA:**
- bestaande situatie (BBK)
  - bestaand spoor
  - opbreken bestaand spoor
  - nieuw alignment
  - uitbreiding perron
  - slopen perron

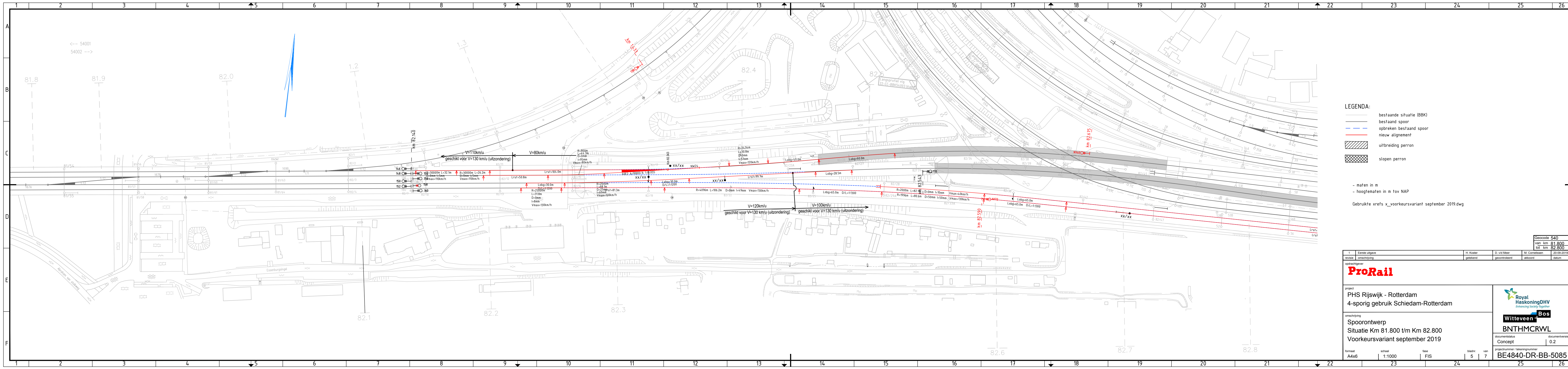
- maten in m  
 - hoogtematen in m tov NAP

Gebruikte xrefs x\_voorkeursvariant september 2019.dwg

Geocode 540		van km 80.800		tot km 81.800	
1	Eerste uitgave	H. Koster	D. vid Meer	M. Cornelissen	20-09-2019
revisie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
opdrachtgever					
<b>ProRail</b>					
project					
PHS Rijswijk - Rotterdam					
4-sporig gebruik Schiedam-Rotterdam					
omschrijving					
Spoorontwerp					
Situatie Km 80.800 t/m Km 81.800					
Voorkeursvariant september 2019					
formaat	schaal	fase	bladnr.	van	
A4x6	1:1000	FIS	4	7	
documentstatus			documentversie		
Concept			0.2		
projectnummer / tekeningnummer			BE4840-DR-BB-5084		



**BNTHMCRWL**



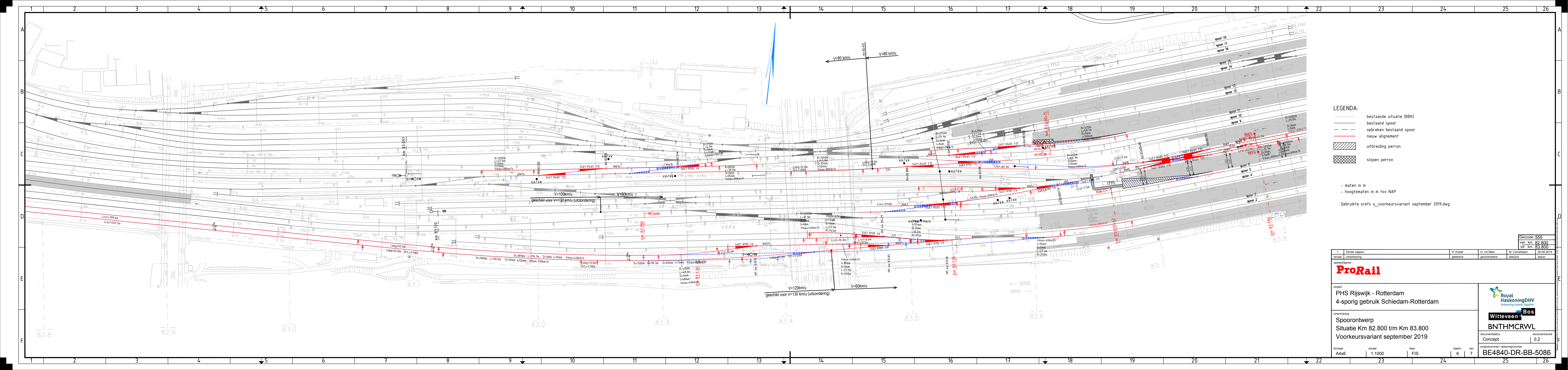
- LEGENDA:**
- bestaande situatie (BBK)
  - bestaand spoor
  - opbreken bestaand spoor
  - nieuw alignment
  - uitbreiding perron
  - slopen perron

- maten in m  
 - hoogtematen in m tov NAP  
 Gebruikte xrefs x\_voorkeursvariant september 2019.dwg

Geocode 540		van km 81.800		tot km 82.800	
1	Eerste uitgave	H. Koster	D. vid Meer	M. Cornelissen	20-09-2019
revisie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
opdrachtgever					
<b>ProRail</b>					
project					
PHS Rijswijk - Rotterdam					
4-sporig gebruik Schiedam-Rotterdam					
omschrijving					
Spoorontwerp					
Situatie Km 81.800 t/m Km 82.800					
Voorkeursvariant september 2019					
formaat	schaal	fase	bladnr.	van	documentversie
A4x6	1:1000	FIS	5	7	0.2
projectnummer / tekeningnummer					
BE4840-DR-BB-5085					



**BNTHMCRWL**



- LEGENDA:**
- bestaande situatie (BBK)
  - bestaand spoor
  - opbreken bestaand spoor
  - nieuw alignment
  - uitbreiding perron
  - slopen perron

- maten in m  
- hoogtematen in m tov NAP

Gebruikte xrefs x\_voorkeursvariant september 2019.dwg

1	Eerste uitgave	H. Koster	D. vid Meer	M. Cornelissen	20-09-2019
revisie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum

opdrachtgever  
**ProRail**

project  
PHS Rijswijk - Rotterdam  
4-sporig gebruik Schiedam-Rotterdam

omschrijving  
Spoorontwerp  
Situatie Km 82.800 t/m Km 83.800  
Voorkeursvariant september 2019



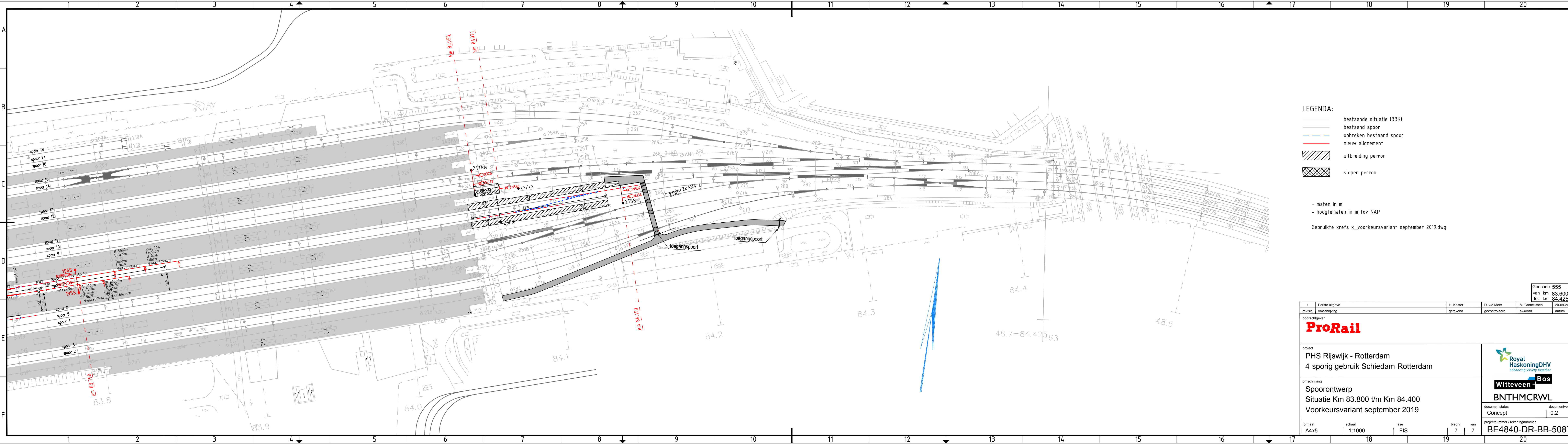
**BNTHMCRWL**

documentstatus	documentversie
Concept	0.2
projectnummer / tekeningnummer	BE4840-DR-BB-5086

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A4x6	1:1000	FIS	6	7

Geocode 555  
van km 82.800  
tot km 83.800





- LEGENDA:**
- bestaande situatie (BBK)
  - bestaand spoor
  - - - opbreken bestaand spoor
  - nieuw alignment
  - ▨ uitbreiding perron
  - ▩ slopen perron

- maten in m  
 - hoogtematen in m tov NAP

Gebruikte xrefs\_x\_voorkeursvariant september 2019.dwg

1		Eerste uitgave		H. Koster	D. v.d. Meer	M. Cornelissen	20-09-2019
revisie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum		

opdrachtgever

**ProRail**

project  
 PHS Rijswijk - Rotterdam  
 4-sporig gebruik Schiedam-Rotterdam



omschrijving  
 Spoorontwerp  
 Situatie Km 83.800 t/m Km 84.400  
 Voorkeursvariant september 2019

BNTHMCRWL  
 documentstatus  
 Concept | documentversie  
 | 0.2

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A4x5	1:1000	FIS	7	7

projectnummer / tekeningnummer  
**BE4840-DR-BB-5087**

Geocode 555  
 van km 83.600  
 tot km 84.425

# IV

## BIJLAGE: BEREKENINGEN VPER-TOENAME

## Berekening $V_{per}$ -toename Essenburgersingel (ten westen van Aerssenlaan)

Uitgangspunten	treintype	SPR	IC	GO
(uit Tabel 5.8,	som $V_{max,30,i}^2$	17.1	45.8	1.89
Deelonderzoek)	percentage	26%	71%	3%

Resultaat  $V_{per}$  **0.21**

Intensiteit per treintype	SPR	IC	GO
	n.v.t.	16	n.v.t.

2 treinen per uur gaan niet op 125 meter afstand rijden, maar op 100 meter

toename in  $V_{max}$  van deze treinen:

**119%**

(bepaald met afstandsrelatie uit Tabel 5.3 van het Deelonderzoek, locatie 4)

Uitgangspunt: bijdrage van IC's aan som  $V_{max,30,i}^2$  bestaat oorspronkelijk uit 16 identieke  $V_{max,30,i}$

Dus per bijdrage:

Twee van deze treinen nemen toe met 119% en de totale som wordt daarmee:

Waarmee de nieuwe  $V_{per}$  wordt:

$V_{max,30,i}$	<b>1.69</b>
som $V_{max,30,i}^2$	<b>67.48</b>
$V_{per}$	<b>0.25</b>

En de procentuele toename in  $V_{per}$  bedraagt:

**16%**

Opslingeringsfactor (uitgangspunt, zie par. 3.3.4 van het Deelonderzoek)

$V_{per,ref}$  (uitgangspunt, zie tabel 5.14 van het Deelonderzoek)

$V_{per,ref}$  (met toename)

Afname in dB/meter

Grenswaarde

Maximale afstand [m]

	2
	0.102
	<b>0.118</b>
	-0.136
woning	kantoor
0.1	0.15
37	24

## Berekening $V_{per}$ -toename Essenburgersingel (tussen Velsenluststraat en S113)

Uitgangspunten	treintype	SPR	IC	GO
(uit Tabel 5.8,	som $V_{max,30,i}^2$	17.1	45.8	1.89
Trillingsonderzoek)	percentage	26%	71%	3%

Resultaat  $V_{per}$  **0.21**

Intensiteit per treintype	SPR	IC	GO
	n.v.t.	16	n.v.t.

2 treinen per uur gaan niet op 85 meter afstand rijden, maar op 55 meter

toename in  $V_{max}$  van deze treinen: **156%** (bepaald met afstandsrelatie uit Tabel 5.3 van het Deelonderzoek, locatie 4)

Uitgangspunt: bijdrage van IC's aan som  $V_{max,30,i}^2$  bestaat oorspronkelijk uit 16 identieke  $V_{max,30,i}$

Dus per bijdrage:

De snelheidstoename betekent voor  $V_{max}$  een toename van:

$V_{max,30,i}$	1.69
niveau bij 60 km/u	0.23
niveau bij 40 km/u	0.21
relatieve toename	10%
som $V_{max,30,i}^2$	85.20
$V_{per}$	0.27

(uit bijlage VII,  
Deelonderzoek)

Twee van deze treinen nemen toe met 156% en de totale som (met snelheidsbijdrage) wordt daarmee:

Waarmee de nieuwe  $V_{per}$  wordt:

En de procentuele toename in  $V_{per}$  bedraagt:

**27%**

Opslingeringsfactor (uitgangspunt, zie par. 3.3.4 van het Deelonderzoek)

$V_{per,ref}$  (uitgangspunt, zie tabel 5.14 van het Deelonderzoek)

$V_{per,ref}$  (met toename)

Afname in dB/meter

Grenswaarde

Maximale afstand [m]

	2
	0.102
	0.129
	-0.136
woning	kantoor
0.1	0.15
40	27

## Berekening $V_{per}$ -toename Weenapad

Uitgangspunten	treintype	SPR	IC	GO
(uit Tabel 5.8,	som $V_{max,30,i}^2$	17.1	45.8	1.89
Trillingsonderzoek)	percentage	26%	71%	3%

Resultaat  $V_{per}$  0.21

Intensiteit per treintype	SPR	IC	GO
	n.v.t.	16	n.v.t.

2 treinen per uur gaan niet op 36 meter afstand rijden, maar op 23 meter

toename in  $V_{max}$  van deze treinen: 50% (bepaald met afstandsrelatie uit Tabel 5.3 van het Deelonderzoek, locatie 4)

Uitgangspunt: bijdrage van IC's aan som  $V_{max,30,i}^2$  bestaat oorspronkelijk uit 16 identieke  $V_{max,30,i}$

Dus per bijdrage:

De snelheidstoename betekent voor  $V_{max}$  een toename van:

(uit bijlage VII,  
Deelonderzoek)

$V_{max,30,i}$	1.69
niveau bij 60 km/u	0.23
niveau bij 40 km/u	0.21
relatieve toename	10%
som $V_{max,30,i}^2$	55.63
$V_{per}$	0.23

Twee van deze treinen nemen toe met 50% en de totale som (met snelheidsbijdrage) wordt daarmee:

Waarmee de nieuwe  $V_{per}$  wordt:

En de procentuele toename in  $V_{per}$  bedraagt:


7%



## BIJLAGE: TRILLINGSMETINGEN RFC-WEG EN WEENAPAD

## NOTITIE

---

Onderwerp	Trillingsmetingen RFC-weg en Weenapad
Project	Trillingsonderzoek ten behoeve van het Ontwerp wijzigings-Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid (2021)
Opdrachtgever	ProRail B.V.
Projectcode	116923
Status	Definitief 03
Datum	18 december 2020
Referentie	116923/20-019.593
Auteur(s)	P.W. Dijkstra MSc
Gecontroleerd door	G.J. Dijkgraaf MSc
Goedgekeurd door	G.J. Dijkgraaf MSc
Paraaf	
Bijlage(n)	Berekening trillingsniveaus RFC-weg (Vmax boven 0,2) Berekening Vper RFC-weg

---

## 1 INLEIDING

### 1.1 Achtergrond

Het project viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid maakt het mogelijk om acht Intercity's en zes Sprinters per uur per richting te rijden tussen Rijswijk en Rotterdam. Hiertoe is op 7 december 2016 het Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk – Delft Zuid vastgesteld (hierna: TB 2016). Dit TB 2016 voorziet in de uitbreiding van twee naar vier sporen tussen Rijswijk en Delft Zuid, alsmede een aantal spooraanpassingen tussen Schiedam en Rotterdam Centraal. Het TB 2016 is sinds 12 juli 2017 onherroepelijk.

Na december 2016 zijn er veranderingen ontstaan in het beoogde gebruik van het traject Rijswijk – Rotterdam door treinverkeer en het daarvoor benodigde fysieke en ruimtelijke ontwerp, waardoor een aanpassing van het TB 2016 nodig is: het Wijzigings-Tracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid (hierna: WTB 2021). Het grootste deel van deze wijzigingen betreft het tracédeel Schiedam – Rotterdam.

Voor het WTB 2021 is het onder andere nodig aanvullend onderzoek uit te voeren naar trillingen. Voor dit aanvullend onderzoek zijn trillingsmetingen uitgevoerd op twee locaties, waarvoor bleek dat op grond van eerder onderzoek het trillingseffect niet met voldoende zekerheid kon worden vastgesteld. Deze metingen zijn een aanvulling op een onderzoek voor het hele traject. Dit onderzoek is beschreven in de rapportage 'Trillingsonderzoek wijzigings-Tracébesluit PHS Rijswijk-Rotterdam' van 18 december 2020 (hierna: de rapportage Trillingsonderzoek).

## 1.2 Vraagstelling

De centrale vraag voor dit meetonderzoek is: welke trillingsniveaus  $V_{\max}$  en  $V_{\text{per}}$  treden voor de onderzochte locaties naar verwachting op in de toekomstige situatie?

Met het antwoord op deze vraag kan vervolgens de leidende vraag uit de rapportage Trillingsonderzoek beantwoord worden: leiden de wijzigingen in het spoorontwerp tot andere conclusies op het gebied van trillingen, dan getrokken in het 'Deelonderzoek Trillingen en Laagfrequent geluid' bij het TB 2016?

Deze notitie beantwoordt beide vragen. Voor meer achtergrond over het TB 2016 en de wijzigingen in het WTB 2021 verwijzen we naar de rapportage Trillingsonderzoek.

Hoofdstuk 2 van deze notitie beschrijft de onderzochte locaties. Hoofdstuk 3 gaat in op de uitvoering van de metingen. Hoofdstuk 4 laat de meetresultaten en verwerking per locatie zien en bevat ook de beoordeling per locatie. Hoofdstuk 6 sluit af met de conclusies.

## 2 MEETLOCATIES

Uit de notitie Trillingsonderzoek volgen twee locaties waar niet met voldoende zekerheid het toekomstig trillingseffect kan worden vastgesteld. Het betreft twee locaties tussen station Rotterdam Centraal en station Schiedam Centrum. Onderstaande afbeelding toont de in overleg met ProRail gebruikte meetlocaties.

Afbeelding 2.1 Meetlocaties nabij station Rotterdam Centraal (bron: Google Maps)



### 2.1 Woontoren Weenapad

De meetlocatie aan het Weenapad betreft een pand dat in gebruik is als studentenhuisvestingscomplex, gebouwd in 1981. Het pand is gefundeerd op palen en heeft 11 verdiepingen. De kortste afstand van het pand tot het spoor bedraagt circa 20 meter. Het spoor ligt op deze locatie circa 4 meter boven het lokale maaiveld en bestaat uit een bundel van circa 18 sporen. Op circa 150 meter ten oosten van de locatie beginnen de perrons van station Rotterdam Centraal. Reizigerstreinen passeren de locatie daarom veelal met lage snelheid.

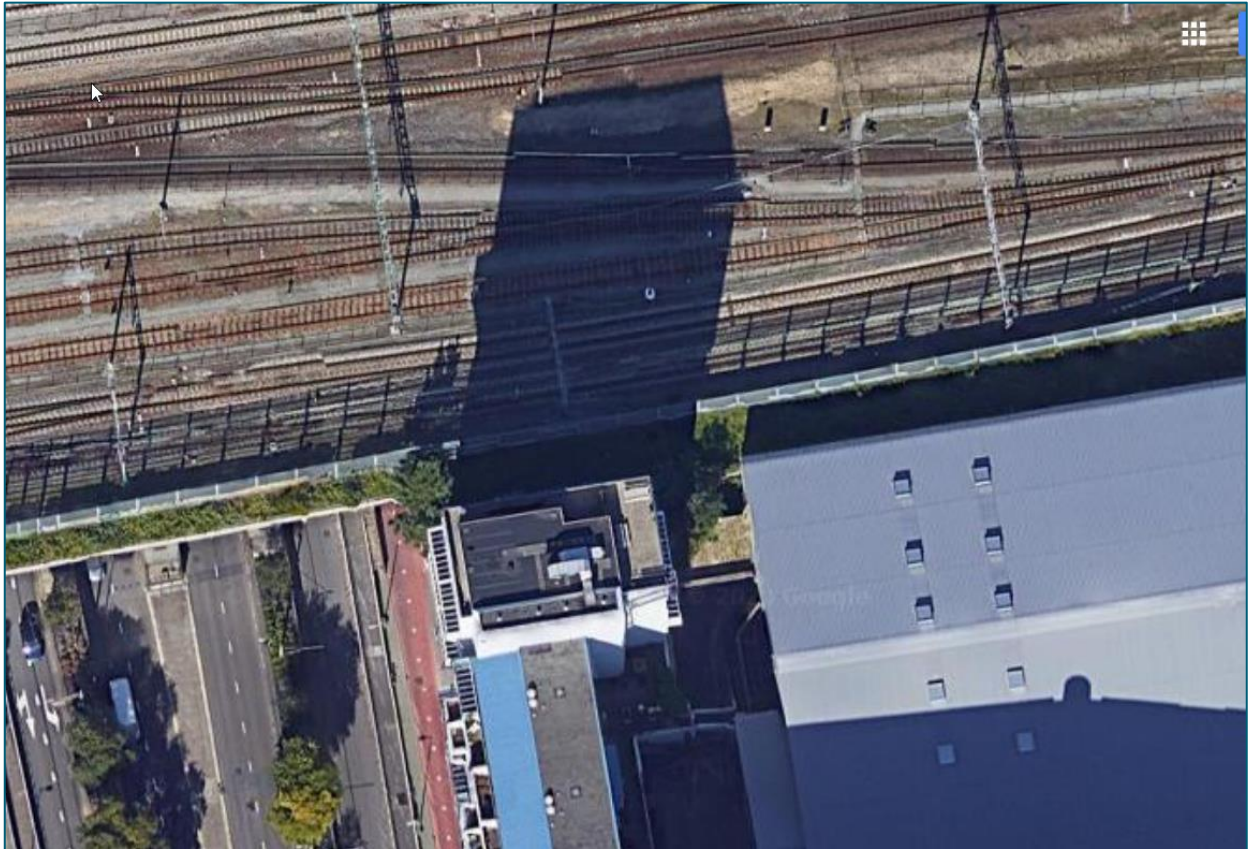
De metingen in het pand vonden op drie locaties plaats, alle aan de spoorzijde van het pand:

- aan de fundering;
- in een woonverblijf op de 1e verdieping;
- in een woonverblijf op de 5e verdieping.



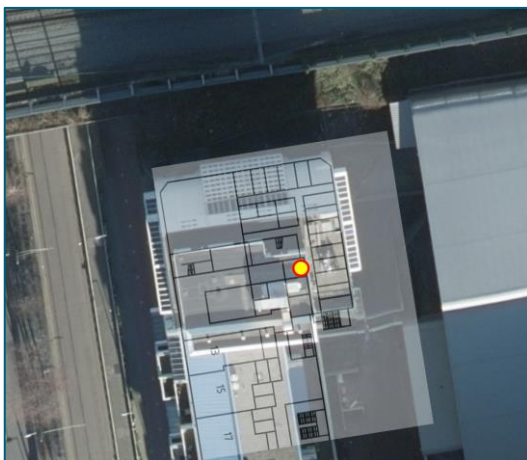
Door op deze drie locaties te meten wordt zowel de binnenkomende trilling op de fundering geregistreerd, en kan de overdracht van de trilling naar hoger gelegen delen van het gebouw worden bepaald. De eerste en vijfde verdieping worden als representatieve verdiepingen geacht voor de rest van het gebouw, omdat voor hoogbouw geldt dat het trillingsniveau naar hogere verdiepingen doorgaans afneemt.<sup>1</sup>

Afbeelding 2.2 Overzicht meetlocatie Weenapad ten opzichte van het spoor



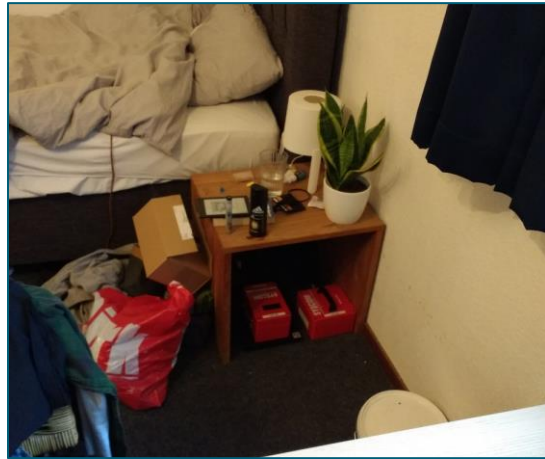
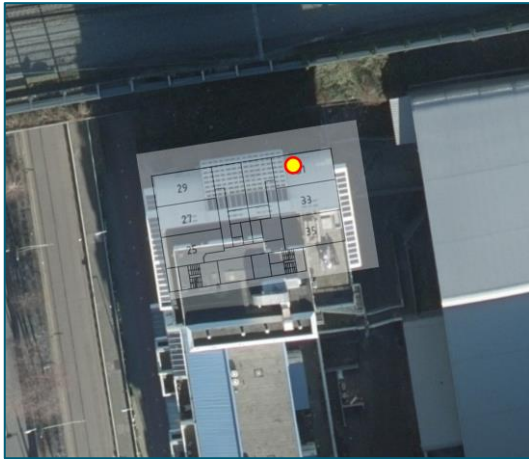
Afbeelding 2.3 Meetposities (links, geel gemarkeerd) en opstelling meetapparatuur (rechts) aan het Weenapad per verdieping

#### Fundering

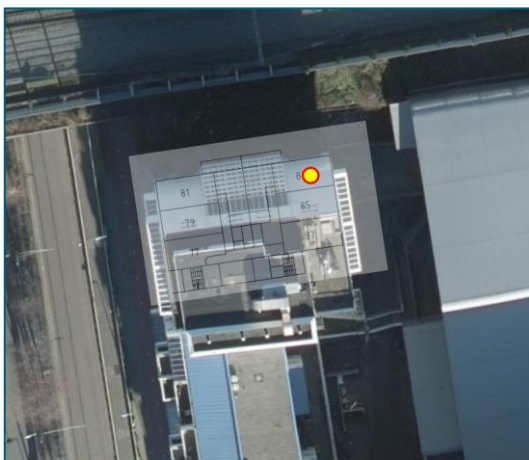


<sup>1</sup> Zie bijvoorbeeld de richtlijnen uit het rapport: Federal Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual. Federal Transit Administration (FTA), September 2018. FTA rapport nummer 0123.

### Eerste verdieping



### Vijfde verdieping



Uit de afbeeldingen blijkt dat de meetlocaties op de eerste en vijfde verdieping zich bevinden in de ruimte die zich het dichtst bij het spoor bevindt, op een afstand van 22 meter. De opnemer op de fundering is circa 10 meter (32 meter) verder van het spoor gesitueerd. Deze locatie is geselecteerd omdat deze onbegaanbaar is voor onbevoegden, waardoor de invloed van stoortrillingen minimaal is, en de veiligheid van de apparatuur is gegarandeerd. De woning op de vijfde verdieping is niet bewoond, waardoor ook hier invloeden van stoortrillingen minimaal zijn. De meetlocatie op de eerste verdieping betreft de gestempelde woningen hier direct onder enkele verdiepingen lager. Deze kamer is wel bewoond, maar tijdens het weekend waarin metingen werden uitgevoerd was de bewoner afwezig.

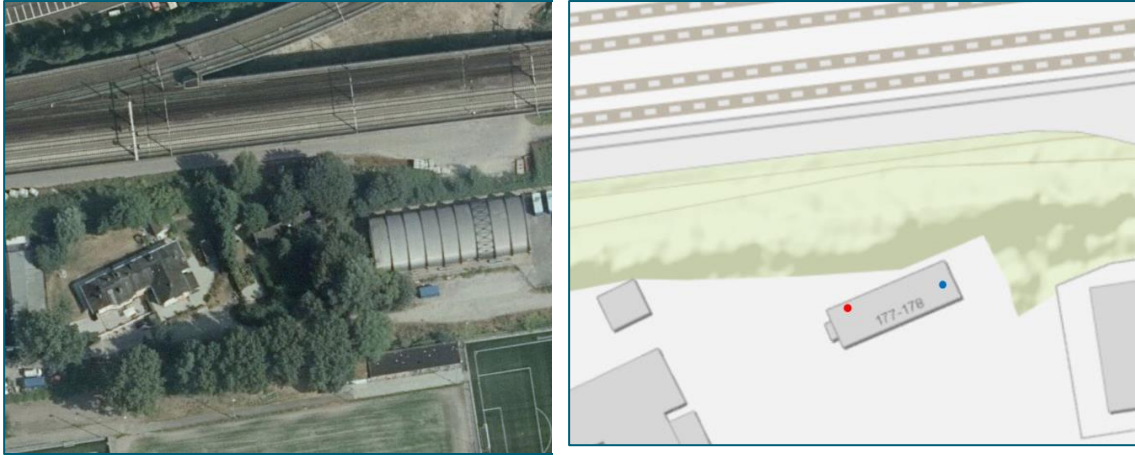
## 2.2 RFC-weg

De meetlocatie aan de RFC-weg is een voormalig baanwachtershuis, met bouwjaar 1898.

Deze locatie bestaat uit twee woonnummers, 177 en 178. De oostelijk gelegen woning, nummer 178 (bewoond), is op staal gefundeerd. De funderingswijze van de westelijk gelegen (onbewoonde) woning is onbekend, maar vermoedelijk gaat het hier ook om een fundering op staal. Het meetpunt op de fundering voor deze locatie is daarom op de keukenvloer van nummer 178 geplaatst. Voor het meetpunt op de eerste verdieping is nummer 177 gekozen, de invloed van stoortrillingen zal hier immers veel kleiner zijn.

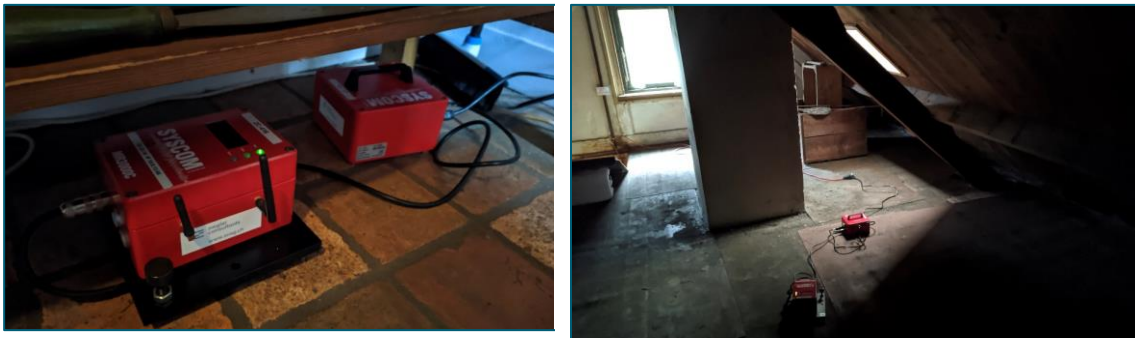
De sporenbundel ligt ter hoogte van deze meetlocatie op een betonnen kunstwerk, circa 6 meter hoger dan het lokale maaiveld. De afstand van de woning tot het spoor bedraagt in het platte vlak circa 25 meter. Onderstaande afbeeldingen tonen de meetlocaties voor de RFC-weg ten opzichte van het spoor.

Afbeelding 2.4 Meetlocaties RFC-weg (blauw: fundering, rood: eerste verdieping)



Afbeelding 2.5 geeft de meetlocaties weer in het pand aan de RFC-weg.

Afbeelding 2.5 Opstelling meetapparatuur RFC-weg in pand (links: fundering, rechts: eerste verdieping)



### 3 UITVOERING METINGEN

De metingen zijn verricht conform de aanwijzingen in de richtlijn SBR deel B. Voor de bepaling van trillingswaarden op de 1<sup>e</sup> en 5<sup>e</sup> verdieping (Weenapad) en de 1<sup>e</sup> verdieping (RFC-weg) is de methodiek aangehouden zoals beschreven in de memo LA.131001a.M04 van Level Acoustics (hierna: 'de Level Acoustics-memo'). Deze schrijft voor dat op de fundering een langdurige meting van minimaal één week met een triaxiale opnemer wordt uitgevoerd volgens de indicatieve methode van SBR-A. Voor hogere verdiepingen geldt een minimale meetduur van één etmaal. Door de verhouding tussen het meetsignaal op de fundering en de hogere verdiepingen te berekenen en deze verhouding toe te passen op het meetsignaal aan de fundering over de volledige week, verkrijgen we trillingswaarden voor de hogere verdiepingen voor de volledige week.

Tussen dinsdag 11 en vrijdag 21 februari 2019 zijn op de hiervoor genoemde twee locaties trillingsmetingen uitgevoerd. Voor de locatie aan het Weenapad zijn daartoe opnemers geplaatst op de fundering (dinsdag 11 tot en met dinsdag 18 februari) en in woningen op de eerste (14 tot en met 18 februari) en de vijfde verdieping (11 tot 14 februari). Op de RFC-weg is de apparatuur geplaatst op de fundering (dinsdag 11 tot en met vrijdag 21 februari) en de eerste verdieping (dinsdag 11 tot en met zondag 25 februari). Hoofdstuk 2 laat zien waar de meetapparatuur is geplaatst.

### Meetapparatuur

Bij alle metingen is gebruik gemaakt van apparatuur van het type Syscom MR3000TR. De systemen voeren trillingsmetingen uit conform de SBR-richtlijn. Voor de gehele periode wordt continu de  $V_{\text{eff,max},30,i}$  geregistreerd. Bovendien wordt de tijdsdata met hoge samplefrequentie (1.000 Hz) opgeslagen voor alle situaties waarin de drempelwaarde wordt overschreden. Tabel 3.1 toont de gehanteerde drempelwaarde per meetlocatie.

Tabel 3.1 Ingestelde drempelwaarde per locatie

Meetlocatie	x-richting	y-richting	z-richting
RFC-weg, fundering	0,07	0,07	0,07
RFC-weg, 1 <sup>e</sup> verdieping	0,06	0,06	0,06
Weenapad, fundering	0,02	0,02	0,02
Weenapad, 1 <sup>e</sup> verdieping	0,08	0,08	0,08
Weenapad, 5 <sup>e</sup> verdieping	0,03	0,03	0,03

## 4 MEETRESULTATEN EN BEOORDELING

Conform de toetsing volgens de Beleidsregel trillinghinder spoor zijn de maximale trillingsniveau ( $V_{\text{max}}$ ) en, indien noodzakelijk, de periodieke trillingsniveaus ( $V_{\text{per}}$ ) berekend aan de hand van de gemeten waardes, zoals beschreven in de SBR-richtlijn deel B. Hieronder komt eerst deze beoordelingsmethodiek aan bod, daarna volgen de resultaten en beoordeling per meetlocatie.

### 4.1 Beoordelingsmethodiek

Bij de beoordeling van spoortrillingen voor een Tracébesluit geldt de Beleidsregel trillinghinder spoor. Daarin vindt toetsing plaats van twee grootheden:  $V_{\text{max}}$  en  $V_{\text{per}}$ . Onderstaande paragrafen behandelen de beoordeling van deze grootheden. Hoofdstuk 2 van het trillingsonderzoek bij het TB 2016 gaat dieper in op deze beoordelingsmethodiek.

#### 4.1.1 Beoordeling $V_{\text{max}}$

Volgens artikel 6 van de Bts mogen maatregelen in een bestaande situatie ter beperking van trillinghinder achterwege blijven indien:

- 1 de  $V_{\text{max}}$  in de plansituatie voldoet aan de streefwaarden zoals opgenomen in onderstaande tabel; of
- 2 de toename van de trillingssterkte in de plansituatie ten opzichte van de bestaande situatie 30 procent of minder bedraagt.

Tabel 4.1 Grens- en streefwaarden  $V_{max}$  bestaande situatie (uit: Beleidsregel trillinghinder spoor)

Gebouwfunctie	Dag en avond		Nacht	
	$A_1$	$A_2$	$A_1$	$A_2$
gezondheidszorg en woonruimte	0,2	0,8	0,2	0,4
onderwijs, kantoor en bijeenkomst	0,3	1,2	0,3	1,2
kritische werkruimte	0,1	0,1	0,1	0,1

Indien  $V_{max}$  in de plansituatie groter is dan  $A_1$ , kleiner is dan  $A_2$  maar meer dan 30 % toeneemt ten opzichte van de bestaande situatie, bevat het tracébesluit maatregelen waarmee de toename wordt gereduceerd tot maximaal 30 %.

Indien  $V_{max}$  in de plansituatie groter is dan  $A_1$ , groter is dan  $A_2$  en meer dan 30 % toeneemt ten opzichte van de bestaande situatie bevat het tracébesluit maatregelen waarmee de toename wordt gereduceerd tot maximaal 30 % of zoveel meer als nodig om overschrijding van  $A_2$  te voorkomen.

#### 4.1.2 Beoordeling $V_{per}$

Volgens artikel 7 van de Bts mogen maatregelen ter beperking van trillingshinder achterwege blijven indien  $V_{per}$  in de plansituatie voldoet aan de grenswaarden opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 4.2 Grens- en streefwaarden  $V_{per}$  bestaande situatie (uit: Beleidsregel trillinghinder spoor)

Gebouwfunctie	Dag en avond	Nacht
	$A_3$	$A_3$
gezondheidszorg en woonruimte	0,1	0,1
onderwijs, kantoor en bijeenkomst	0,15	0,15

Indien in de bestaande situatie de optredende waarde van  $V_{per}$  voldoet aan de grenswaarden, maar in de plansituatie niet, bevat het tracébesluit maatregelen waarmee de toename van de trillingssterkte tot die grens wordt teruggebracht.

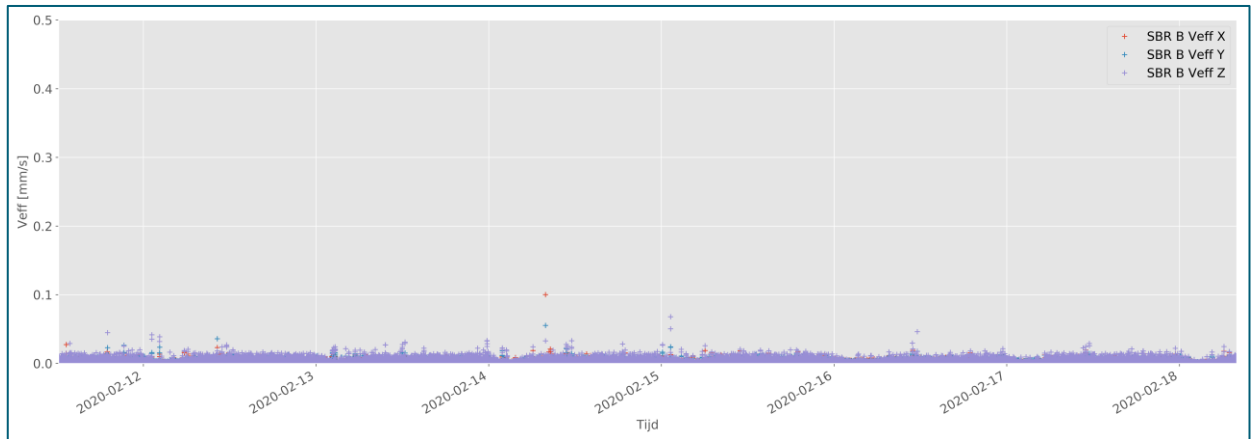
Indien in de bestaande situatie en in de plansituatie de optredende waarde van  $V_{per}$  niet voldoet aan de grenswaarden, bevat het tracébesluit maatregelen waarmee de toename van trillingssterkte wordt voorkomen.

## 4.2 Weenapad

### 4.2.1 Onbewerkte meetgegevens

Afbeelding 4.1 laat de gemeten maximale niveaus ( $V_{eff,max,30,i}$ ) per 30 seconden interval van de voortschrijdende effectieve waarden ( $V_{eff}(t)$ ) over de gehele meetperiode zien voor de trillingsopnemer op de fundering van het Weenapad.

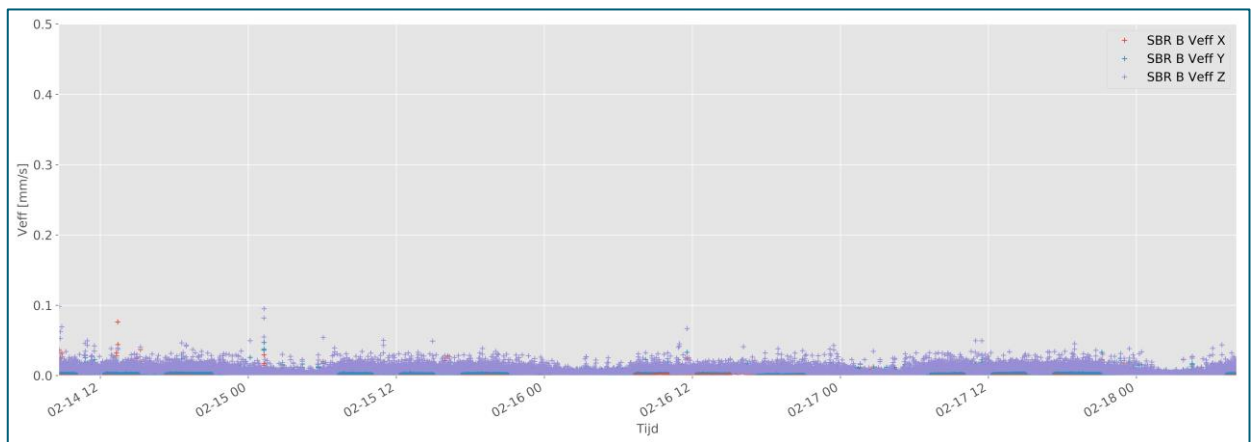
Afbeelding 4.1 Gemeten  $V_{\text{eff,max},30,i}$  niveaus gedurende de meetperiode in alle meetrichtingen voor de fundering van het Weenapad



In deze afbeelding is te zien dat de maximale niveaus in de gehele meetperiode eenmaal boven de waarde van 0,1 mm/s heeft oversteegen. Dit is door toedoen van een stoortrilling geweest, deze zijn namelijk in bovenstaande afbeelding nog niet verwijderd uit de dataset. Na verwijderen van stoortrillingen zijn er geen trillingsniveaus meer boven de 0,05 mm/s waar te nemen.

Onderstaande afbeelding toont de meetwaarden gemeten in de woning op de eerste verdieping.

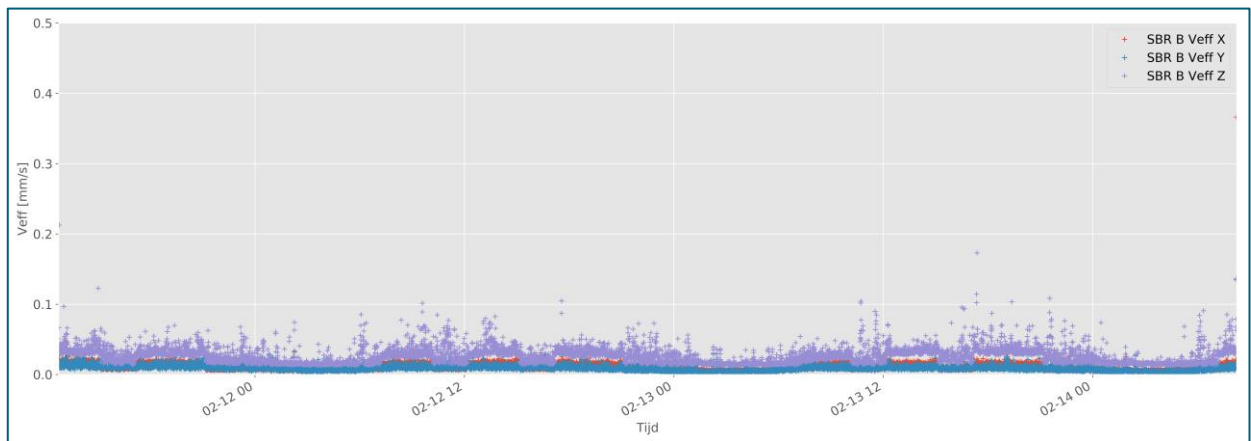
Afbeelding 4.2 Gemeten  $V_{\text{eff,max},30,i}$  niveaus gedurende de meetperiode in alle meetrichtingen voor de eerste verdieping van het Weenapad



De afbeelding toont de  $V_{\text{eff,max},30,i}$  trillingsniveaus over de gehele meetperiode (één week), voordat de stoortrillingen uit de meetgegevens zijn verwijderd. Hieruit blijkt dat er tijdens deze periode geen treinpassages zijn geweest die op de eerste verdieping een  $V_{\text{eff,max}}$  boven 0,1 mm/s hebben veroorzaakt. Merk op dat ondanks dat de trillingsniveaus zeer laag zijn, er wel een dag-nacht patroon te herkennen is in de gegevens. Dit patroon wordt veroorzaakt door de treinpassages, die immers in de dagperiode een grotere intensiteit kennen.

Onderstaande afbeelding toont de waarden gemeten in de woning op de vijfde verdieping.

Afbeelding 4.3 Gemeten  $V_{\text{eff,max},30,i}$  niveaus gedurende de meetperiode in alle meetrichtingen voor de vijfde verdieping van het Weenapad



In de afbeelding is te zien dat er op de vijfde verdieping enkele momenten zijn waarop de waarde van 0,1 mm/s is overstegen. Ook hier zijn de stoortrillingen nog aanwezig. Aan het begin en einde van de periode zijn er enkele gebeurtenissen die een niveau boven de 0,1 mm/s opleveren, door toedoen van het verplaatsen van de opnemer. In totaal resteert na filtering 1 gebeurtenis boven de 0,1 mm/s.

#### 4.2.2 Filteren stoortrillingen

Voor de verdere analyse van de trillingsgegevens aan het Weenapad zijn de stoortrillingen uit de dataset verwijderd. Dit is gedaan door alle gebeurtenissen te selecteren waar een koppeling is gevonden tussen een gebeurtenis op de fundering en een op een hoger gelegen verdieping. Vervolgens is bekeken of het tijdstip van deze gebeurtenissen overeenkomt met gegevens over treinpassages afkomstig van ProRail, waarin per tijdstip is geregistreerd wat voor trein is gepasseerd. Tenslotte zijn de meetsignalen nog handmatig nagelopen, omdat er ook sprake kan zijn van stoortrillingen tijdens een treinpassage.

#### 4.2.3 Overdracht tussen fundering en verdiepingen

Bijlage 1 van de Beleidsregel trillinghinder spoor schrijft voor dat de meetduur tenminste één week bedraagt.

Na filteren van stoortrillingen resteert één goederentreinpassage waarbij de verhouding tussen het trillingsniveau op de fundering en de eerste verdieping berekend kan worden volgens de voorgeschreven methode uit de Level Acoustics-memo. Eén passage is onvoldoende om de overdrachtsfactor tussen fundering en verdieping met betrouwbaarheid vast te stellen.

Dit betekent dat het op basis van deze metingen niet mogelijk is een betrouwbare bepaling van trillingsniveaus op de eerste en vijfde verdieping voor de volledige meetweek vast te stellen conform de procedure in de Level Acoustics-memo. Vanwege de lage gemeten waarden vindt verdere beoordeling dan ook plaats conform de gemeten waarden tijdens de 4, respectievelijk 3 meetdagen op de eerste en vijfde verdieping.

## 4.2.4 Beoordeling

Na het uitfilteren van de stoortrillingen liggen alle overgebleven waarden voor  $V_{\text{eff,max},30,i}$  op de eerste verdieping onder de grens van 0,1. De maximale  $V_{\text{max}}$  ten gevolge van een treinpassage is 0,06 voor de eerste verdieping, en 0,08 voor de vijfde verdieping. De grenswaarde  $A_1$  voor de beoordeling van  $V_{\text{max}}$  in bestaande situaties, 0,2, wordt dus tijdens de metingen niet overschreden. Deze uitkomsten sluiten aan bij de voorlopige inschatting in de notitie Trillingsonderzoek.

Op deze locatie wordt in de toekomst een wissel aangelegd, waardoor de trillingsbelasting met circa 27 % kan toenemen.<sup>1</sup> Bij een waarde voor  $V_{\text{max}}$  onder 0,1 wordt daarmee nog steeds voldaan aan de grenswaarde van  $V_{\text{max}}$  van 0,2.

Uit deze constatering volgt ook direct dat ruimschoots aan de grenswaarde  $A_3$  van  $V_{\text{per}}$  wordt voldaan. Immers, een trillingsniveau van 0,1 dat constant aanwezig is over een volledige beoordelingsperiode resulteert in een  $V_{\text{per}}$ -waarde van 0,1. Dit niveau wordt niet overschreden en treedt ook niet over de hele periode op. In de berekening van  $V_{\text{per}}$  tellen waarden voor  $V_{\text{eff,max}}$  onder 0,1 bovendien niet mee.  $V_{\text{per}}$  is hier daarom gelijk aan 0.

Daarmee voldoet deze locatie aan de bepaling dat de grenswaarde  $A_3$  van 0,1 voor  $V_{\text{per}}$  wordt voldaan. Ook in de toekomst, bij een toename van het gebruik van reizigerstreinen, zal dit het geval zijn.

Onderstaande tabel vat deze beoordeling samen.

Tabel 4.3 Beoordeling Weenapad

Verdieping	$V_{\text{max}}$ (gemeten, huidig)	$V_{\text{max}}$ (toekomst)	Grenswaarde $A_1$ voor $V_{\text{max}}$	$V_{\text{per}}$ (huidig)	$V_{\text{per}}$ (toekomst)	Grenswaarde $A_3$ voor $V_{\text{per}}$	Voldoet?
eerste verdieping	0,06	0,08	0,2	0	0	0,1	ja
vijfde verdieping	0,08	0,1	0,2	0	< 0,1	0,1	ja

## 4.3 RFC-weg

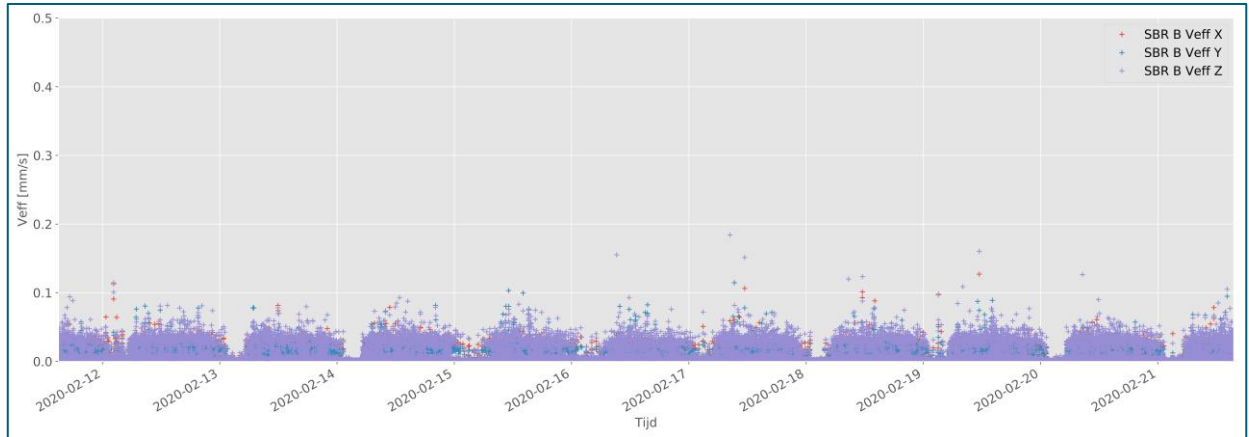
### 4.3.1 Onbewerkte meetgegevens

Afbeelding 4.4 laat de gemeten maximale niveaus ( $V_{\text{eff,max},30,i}$ ) per 30 seconden interval van de voortschrijdende effectieve waarden ( $V_{\text{eff}}(t)$ ) over de gehele meetperiode zien voor de trillingsopnemer op de fundering van de RFC-weg.

<sup>1</sup> Deze inschatting volgt uit de methodiek van het trillingsonderzoek bij het TB 2016, beschreven in het deelonderzoek, paragraaf 5.2.3.



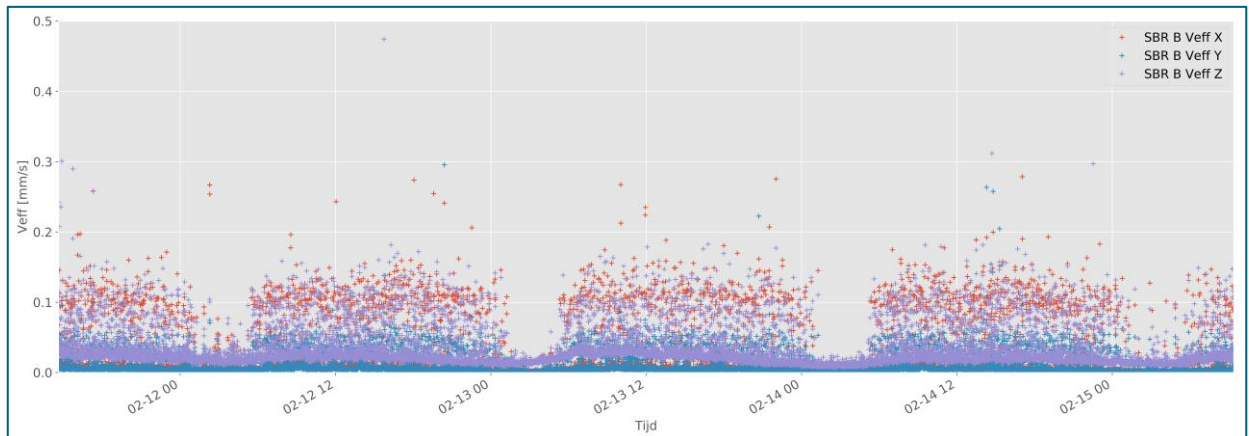
Afbeelding 4.4 Gemeten  $V_{\text{eff,max},30,i}$  op de fundering van de RFC-weg (circa 10 dagen)



Te zien is dat er tijdens de gehele meetperiode enkele malen de 0,1 mm/s is overschreden. Deze is met name in de z-richting (opwaarts) opgetreden. Ook zijn er een klein aantal overschrijdingen in de x- en y-richting te zien. De bovenstaande afbeelding toont alle gemeten waarden tijdens de meetperiode, hier zijn de stoortrillingen nog niet uit gefilterd.

Onderstaande afbeelding geeft de  $V_{\text{eff,max},30,i}$  gemeten op de 1<sup>e</sup> verdieping van de RFC-weg weer.

Afbeelding 4.5 Gemeten  $V_{\text{eff,max},30,i}$  op de 1<sup>e</sup> verdieping van de RFC-weg (circa 4 dagen)



In de afbeelding is te zien dat gedurende de meetperiode een groot aantal gebeurtenissen een trillingsniveau van meer dan 0,1 mm/s tot gevolg heeft. Ook is het dag-nacht patroon zeer goed waarneembaar. Het verwijderen van de stoortrillingen vindt plaats tijdens de analyse van de gegevens en zitten dus nog in de bovenstaande afbeelding.

### 4.3.2 Filteren stoortrillingen

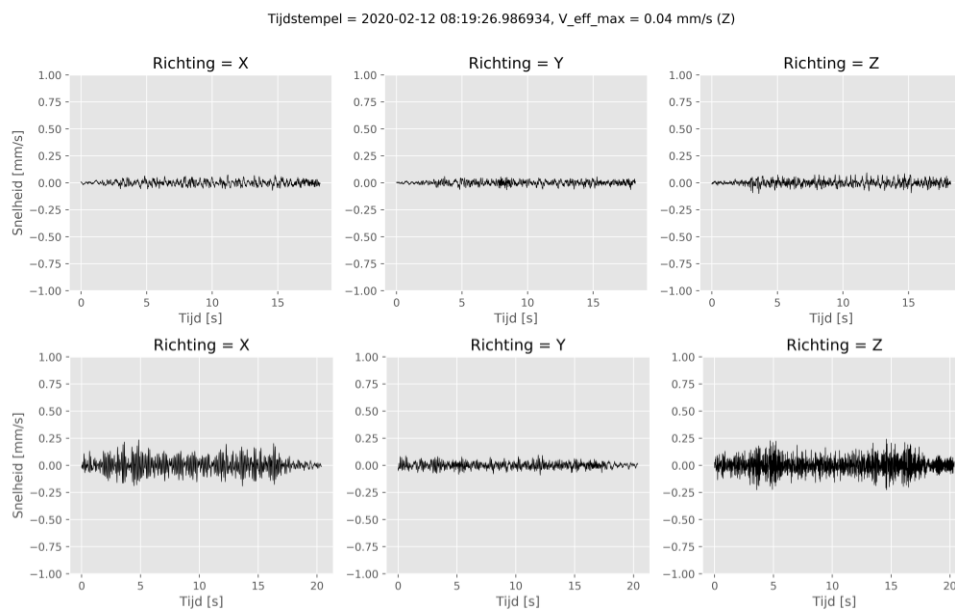
Om de stoortrillingen uit de dataset te verwijderen zijn eerst de gebeurtenissen tussen de meetpunten op de fundering en de eerste verdieping gekoppeld. Dit is gedaan door voor elke geregistreerde gebeurtenis na te gaan of op hetzelfde moment een gebeurtenis op het andere meetpunt is geregistreerd. Deze gecombineerde gebeurtenissen zijn vervolgens gekoppeld aan door ProRail aangeleverde treinpassagegegevens, om zo te bekijken of de gebeurtenis is veroorzaakt door een trein.

De uiteindelijk resterende set gebeurtenissen is handmatig gefilterd op stoortrillingen, door aan de hand van plots van het meetsignaal (zowel in het tijd- als in het frequentiedomein) na te gaan of de gebeurtenis inderdaad te relateren is aan een treinpassage.

### 4.3.3 Bepaling overdracht van fundering naar eerste verdieping

Vervolgens zijn conform de methode uit de Level Acoustics-memo de overdrachtsfactoren tussen de fundering en de eerste verdieping bepaald. Deze methode schrijft voor dat voor één etmaal (in dit geval 12 februari) de meetdata met elkaar worden vergeleken. Onderstaande afbeelding toont het gemeten trillingsniveau van een typische treinpassage tijdens deze dag.

Afbeelding 4.6 Tijdsignaal van een typische treinpassage (IC in westelijke richting) gemeten op 12 februari om 08:19 uur van fundering (boven) en 1<sup>e</sup> verdieping (onder)



De hoogste 50 % van de gebeurtenissen is geselecteerd voor de analyse. De tijdsignalen hiervan zijn allen omgezet naar octaafbanden met middenfrequenties van 2 tot en met 63 Hz. Per vloerpunt is voor iedere octaafband de dominante richting bepaald, en de verhouding tussen de eerste verdieping en de fundering berekend. Het gemiddelde over elk van de octaafbanden is opgeslagen als de overdrachtsfactor tussen eerste verdieping en de fundering. Een overzicht van de resulterende overdrachtsfactoren en dominante richtingen is opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 4.4 Gegevens overdracht (richting en transferfactor) van fundering naar eerste verdieping voor de RFC-weg

Octaafband middenfrequentie	2 Hz	4 Hz	8 Hz	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz
dominante richting fundering	X	Z	Z	Z	Z	Z
dominante richting 1 <sup>e</sup> verd.	X	X	X	Z	Z	Z
overdrachtsfactor dominante richting	-1	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447

In de volgende stap zijn de bepaalde overdrachtsfactoren in combinatie met de gemeten  $V_{\text{eff,max}}$ -waarden aan de fundering gebruikt om de  $V_{\text{eff,max}}$  op de eerste verdieping te berekenen voor de overige dagen. Hiertoe zijn voor de gehele meetweek de gebeurtenissen op de fundering met een  $V_{\text{eff,max}}$  boven 0,02 vastgelegd, en is van elk gebeurtenissen de dominante frequentie bepaald. De dataset is wederom gecontroleerd op stoortrillingen, eerste door de koppeling met registratiegegevens van ProRail, en vervolgens zijn de gebeurtenissen nog handmatig doorgelopen.

De  $V_{\text{eff,max}}$  op de eerste verdieping is nu bepaald door van elke gemeten (treingerelateerde) gebeurtenis de  $V_{\text{eff,max}}$  van de fundering te vermenigvuldigen met de overdrachtsfactor van de dominante octaafband. Dus: als bij een gemeten signaal op de fundering de 8 Hz octaafband de hoogste waarde geeft wordt deze vermenigvuldigd met de waarde 3,789 uit tabel 4.1, om zo tot de  $V_{\text{eff,max}}$  van die gebeurtenis op de eerste verdieping te komen.

#### 4.3.4 Bepaling $V_{\text{max}}$ en $V_{\text{per}}$

Uit de resterende dataset blijft een aantal van 45 gebeurtenissen over met een berekende  $V_{\text{eff,max}}$  van 0,2 mm/s of meer. De maximaal berekende  $V_{\text{max}}$  op de eerste verdieping gedurende de meetperiode is 0,47 mm/s. Dit is hoger dan de grenswaarde  $A_2$  uit de beleidsregel trillingshinder spoor. Omdat het spoor en de door het spoor bereden treinen hier niet wijzigen, is geen toename in  $V_{\text{max}}$  te verwachten. Bijlage I geeft een overzicht van alle treingerelateerde gebeurtenissen met een  $V_{\text{eff,max}}$  van 0,2 mm/s of meer. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de top-10 van passages.

<sup>1</sup> De overdrachtsfactor in de 2 Hz-octaafband is door uitschieters onrealistisch hoog. De uitschieters worden veroorzaakt door rekenkundige eigenschappen van het gebruikte octaafbandfilter. De 2 Hz-octaafband is in geen van de gevallen de dominante frequentie. Deze band is om die reden niet meegenomen in het vervolg van het onderzoek.

Tabel 4.5 Top-10 van treinpassages met berekening  $V_{max}$  op eerste verdieping

Tijdstip	Meetsignaal op fundering			Berekening eerste verdieping		
	$V_{eff,max}$	Dominante richting	Dominante frequentieband	Overdrachtsfactor in dominante frequentieband	$V_{eff,max}$ (eerste verdieping)	Grenswaarde $A_2$ voor $V_{max}$
12-02 02:16	0,12	Z	8,0 Hz	3,79	0,47	0,4
19-02 03:03	0,11	Z	8,0 Hz	3,79	0,40	0,4
11-02 17:16	0,10	Z	8,0 Hz	3,79	0,37	0,4
12-02 22:31	0,08	Z	8,0 Hz	3,79	0,29	0,4
17-02 17:30	0,07	Z	8,0 Hz	3,79	0,28	0,4
20-02 11:28	0,07	X	8,0 Hz	3,79	0,26	0,4
12-02 19:34	0,07	Z	8,0 Hz	3,79	0,25	0,4
16-02 17:06	0,05	Z	16,0 Hz	4,92	0,24	0,4
12-02 16:32	0,06	Z	8,0 Hz	3,79	0,24	0,4
11-02 18:19	0,06	Z	8,0 Hz	3,79	0,24	0,4

Het gemiddelde trillingsniveau  $V_{per}$  is vervolgens bepaald door alle gekoppelde gebeurtenissen met een  $V_{eff,max}$  boven 0,1 in te delen in dag- avond- en nachtperiode, en te registreren door welk treintype de trilling is veroorzaakt (sprinter, intercity, goederen of overig). Voor elk van de gebeurtenissen is per treintype bepaald wat de bijdrage op de totale bijdrage van  $V_{per}$  voor die periode is. Zie bijlage II voor een overzicht van de berekende  $V_{per}$  waarden per periode. De maximale  $V_{per}$  in de huidige situatie bedraagt 0,06.

In de toekomst neemt het vervoer van reizigerstreinen toe (sprinters met 50 % en intercity's met 14 %), en het gebruik van goederentreinen en overig gelijk. De bijdrages van het aandeel sprinters en intercity's is voor de beoordeling van  $V_{per}$  in de toekomstige situatie is daartoe verhoogd met bijbehorende percentages. De  $V_{per}$  in de toekomstige situatie neemt daardoor met maximaal 11 % toe, afhankelijk van de periode. De maximale  $V_{per}$  in de toekomst komt daarmee op 0,067, en is berekend in de nachtperiode. Dit ligt onder de grenswaarde  $A_3$  van 0,1 mm/s uit de Beleidsregel trillingshinder spoor.

De waarde  $V_{max}$  neemt niet toe door de intensivering van het gebruik van het spoor door reizigerstreinen. Deze is immers alleen afhankelijk van de treineigenschappen, rijnsnelheid en de spoorligging, die op deze locatie niet wijzigen. De wijzigingen in het WTB 2021 zorgen hier dus niet voor een wijziging in  $V_{max}$ .

Onderstaande tabel bevat de samenvatting van deze beoordeling.

Tabel 4.6 Beoordeling RFC-weg

Verdieping	$V_{max}$ (gemeten, huidig)	$V_{max}$ (toekomst)	Grenswaarde $A_2$ voor $V_{max}$	$V_{per}$ (huidig)	$V_{per}$ (toekomst)	Grenswaarde $A_3$ voor $V_{per}$	Voldoet?
eerste verdieping	0,47	0,47	0,4	0,06	0,067	0,1	ja

### 4.3.5 Beoordeling

Op basis van voorliggend meetonderzoek is vast te stellen dat de beoordeling ten gevolge van het WTB 2021 niet negatief zal veranderen ten opzichte van de beoordeling in het TB 2016.

## 5 SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Voor het Wijzigingstracébesluit PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid is het onder andere nodig aanvullend onderzoek uit te voeren naar trillingen. Daartoe zijn trillingsmetingen uitgevoerd op twee locaties, te weten de RFC-weg en het Weenapad.

De metingen zijn uitgevoerd tussen 11 en 21 februari, op zowel de fundering als op de verdieping. Met behulp van de verwerkingsmethode uit de memo van Level Acoustics zijn de meetresultaten geanalyseerd en verwerkt.

Voor de locatie aan het Weenapad blijkt dat, na het filteren van stoortrillingen, onvoldoende meetresultaten overblijven om een betrouwbare overdracht te kunnen bepalen tussen fundering en hoger gelegen verdiepingen. Voor de beoordeling is daarom gebruik gemaakt van de registratie op de eerste en vijfde verdieping gedurende kortere tijd (respectievelijk vier en drie dagen). De trillingsniveaus blijken dermate laag ( $V_{\max}$  maximaal 0,08) dat deze zowel nu als in de toekomst onder de grenswaarden uit de Beleidsregel trillingshinder spoor liggen.

Voor de woning aan de RFC-weg wordt in de huidige situatie een  $V_{\max}$  berekend van 0,47. Dit is hoger dan de grenswaarde  $A_2$  uit de Beleidsregel trillingshinder spoor. Er treedt echter geen toename op in  $V_{\max}$  in de toekomstige situatie, omdat het spoor en het in te zetten materieel op deze locatie niet wijzigen. De maximale  $V_{\text{per}}$  in de huidige situatie bedraagt 0,06. De maximale  $V_{\text{per}}$  in de toekomst komt op 0,067, een toename van 11 %. Dit ligt onder de grenswaarde  $A_3$  van 0,1 uit de Beleidsregel trillingshinder spoor.

Op basis van voorliggend meetonderzoek is dus vast te stellen dat voor de onderzochte locaties de beoordeling van  $V_{\max}$  en  $V_{\text{per}}$  niet negatief zal veranderen ten opzichte van de beoordeling uit het TB 2016.





## BIJLAGE: BEREKENING TRILLINGSNIVEAUS RFC-WEG ( $V_{MAX}$ BOVEN 0,2)

Algemeen			Veff per richting					koppeling fundering / eerste verdieping		Treinpassagegegevens ProRail						
Tijdstip	Verdieping	Data type	x	y	z	max	richting	Passagenr.	gekoppeld	Uitvoering - plantijd	Treinnummer	Rijrichting	Rijvolgorde	Dienstregelpunt	Treintype	Rijrichting (berekend)
11-02 16:03	fundering	event	0,041	0,027	0,057	0,057	Z	57	WAAR	2020-02-11 16:03:38	702459 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
11-02 16:31	fundering	event	0,040	0,018	0,057	0,057	Z	68	WAAR	2020-02-11 16:31:21	702461 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
11-02 16:45	fundering	event	0,040	0,021	0,057	0,057	Z	79	WAAR	2020-02-11 16:45:10	2250 E		380 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
11-02 17:16	fundering	event	0,059	0,038	0,098	0,098	Z	109	WAAR	2020-02-11 17:16:27	88890 E		40 Dhsa	LM	O (Dhs - Dhsa)	
11-02 18:19	fundering	event	0,038	0,026	0,063	0,063	Z	144	WAAR	2020-02-11 18:19:20	2256 E		380 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
11-02 20:39	fundering	event	0,028	0,021	0,042	0,042	Z	221	ONWAAR	2020-02-11 20:39:21	1177 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
11-02 20:39	fundering	event	0,033	0,019	0,042	0,042	Z	222	WAAR	2020-02-11 20:39:21	1177 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
11-02 22:39	fundering	event	0,028	0,019	0,047	0,047	Z	269	WAAR	2020-02-11 22:39:26	1185 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
11-02 22:39	fundering	event	0,027	0,023	0,044	0,044	Z	269	WAAR	2020-02-11 22:39:26	1185 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 02:16	fundering	event	0,120	0,046	0,123	0,123	Z	312	WAAR	2020-02-12 02:16:54	47612 E		630 Dhsa	GO	W (Dhsa - Dhs)	
12-02 06:39	fundering	event	0,028	0,019	0,047	0,047	Z	382	ONWAAR	2020-02-12 06:39:36	1121 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 06:39	fundering	event	0,033	0,023	0,044	0,044	Z	383	WAAR	2020-02-12 06:39:36	1121 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 08:32	fundering	event	0,048	0,028	0,060	0,060	Z	472	WAAR	2020-02-12 08:32:07	702429 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 10:39	fundering	event	0,028	0,020	0,047	0,047	Z	555	ONWAAR	2020-02-12 10:39:26	1137 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 10:39	fundering	event	0,034	0,023	0,043	0,043	Z	556	WAAR	2020-02-12 10:39:26	1137 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 12:02	fundering	event	0,047	0,027	0,059	0,059	Z	607	WAAR	2020-02-12 12:02:33	702443 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 14:15	fundering	event	0,039	0,022	0,055	0,055	Z	692	WAAR	2020-02-12 14:15:15	2240 E		380 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 16:32	fundering	event	0,044	0,025	0,063	0,063	Z	772	WAAR	2020-02-12 16:32:19	702461 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 16:39	fundering	event	0,029	0,024	0,042	0,042	Z	776	ONWAAR	2020-02-12 16:39:41	1161 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 17:18	fundering	event	0,039	0,017	0,055	0,055	Z	813	WAAR	2020-02-12 17:18:15	2252 E		380 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 17:48	fundering	event	0,042	0,020	0,058	0,058	Z	830	WAAR	2020-02-12 17:48:59	2254 E		380 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 18:03	fundering	event	0,046	0,030	0,062	0,062	Z	834	WAAR	2020-02-12 18:03:32	702467 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 19:34	fundering	event	0,047	0,026	0,066	0,066	Z	879	WAAR	2020-02-12 19:34:21	702473 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 20:24	fundering	event	0,031	0,043	0,042	0,043	Y	920	WAAR	2020-02-12 20:24:20	5068 E		140 Dhsa	SPR	W (Dhsa - Dhs)	
12-02 22:16	fundering	event	0,041	0,019	0,054	0,054	Z	971	WAAR	2020-02-12 22:16:57	2272 E		380 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
12-02 22:31	fundering	event	0,045	0,030	0,077	0,077	Z	974	WAAR	2020-02-12 22:31:30	703785 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
13-02 13:31	fundering	event	0,035	0,025	0,056	0,056	Z	1442	WAAR	2020-02-13 13:31:09	702449 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
13-02 14:09	fundering	event	0,033	0,022	0,041	0,041	Z	1453	WAAR	2020-02-13 14:09:05	1151 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
13-02 15:39	fundering	event	0,034	0,022	0,042	0,042	Z	1481	WAAR	2020-02-13 15:39:10	1157 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
13-02 17:58	fundering	event	0,039	0,037	0,061	0,061	Z	1578	WAAR	2020-02-13 17:59:11	702458 E		140 Dhsa	IC	W (Dhsa - Dhs)	
13-02 21:09	fundering	event	0,034	0,022	0,041	0,041	Z	1683	WAAR	2020-02-13 21:09:00	1179 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
14-02 07:39	fundering	event	0,034	0,020	0,041	0,041	Z	1827	WAAR	2020-02-14 07:39:31	1125 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
14-02 19:02	fundering	event	0,048	0,028	0,061	0,061	Z	2259	WAAR	2020-02-14 19:02:56	702471 O		190 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
14-02 19:09	fundering	event	0,033	0,022	0,041	0,041	Z	2264	WAAR	2020-02-14 19:09:16	1171 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
15-02 00:37	fundering	event	0,026	0,021	0,044	0,044	Z	2412	WAAR	2020-02-15 00:37:42	5186 E		140 Dhsa	SPR	W (Dhsa - Dhs)	
16-02 08:10	fundering	event	0,028	0,023	0,047	0,047	Z	3028	ONWAAR	2020-02-16 08:10:40	1127 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
16-02 17:06	fundering	event	0,030	0,023	0,049	0,049	Z	3337	ONWAAR	2020-02-16 17:07:11	3754 E		140 Dhsa	IC	W (Dhsa - Dhs)	
16-02 19:09	fundering	event	0,030	0,021	0,041	0,041	Z	3379	ONWAAR	2020-02-16 19:09:01	1171 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
17-02 08:39	fundering	event	0,032	0,022	0,044	0,044	Z	3651	ONWAAR	2020-02-17 08:39:19	1129 O		150 Dhsa	IC	O (Dhs - Dhsa)	
17-02 17:30	fundering	event	0,048	0,037	0,073	0,073	Z	4006	ONWAAR	2020-02-17 17:30:46	2456 E		150 Dhsa	IC	W (Dhsa - Dhs)	
19-02 03:03	fundering	event	0,103	0,054	0,105	0,105	Z	4837	ONWAAR	2020-02-19 03:04:32	47612 E		630 Dhsa	GO	W (Dhsa - Dhs)	
19-02 14:47	fundering	event	0,047	0,037	0,055	0,055	Z	5189	ONWAAR	2020-02-19 14:47:46	2255 O		400 Dhsa	IC	W (Dhsa - Dhs)	
19-02 17:04	fundering	event	0,031	0,030	0,060	0,060	Z	5298	ONWAAR	2020-02-19 17:04:50	9695 VB		400 Dhsa	IC	W (Dhsa - Dhs)	
20-02 11:28	fundering	event	0,068	0,037	0,058	0,068	X	5741	ONWAAR	2020-02-20 11:28:11	61601 O		370 Dhsa	GO	O (Dhs - Dhsa)	
21-02 14:28	fundering	event	0,029	0,028	0,056	0,056	Z	6518	ONWAAR	2020-02-21 14:29:08	2444 E		140 Dhsa	IC	W (Dhsa - Dhs)	



Algemeen	Overdrachtsfactor 2 Hz octaafband			Overdrachtsfactor 4 Hz octaafband			Overdrachtsfactor 8 Hz octaafband			Overdrachtsfactor 16 Hz octaafband			Overdrachtsfactor 31,5 Hz octaafband			Overdracht:
Tijdstip	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X
11-02 16:03	3,88E+27	3,74E+27	8,48E+27	0,018	0,011	0,023	0,032	0,021	0,052	0,016	0,010	0,018	0,008	0,009	0,016	0,002
11-02 16:31	6,32E+09	3,07E+10	6,87E+09	0,011	0,006	0,012	0,031	0,011	0,047	0,017	0,010	0,023	0,005	0,005	0,007	0,001
11-02 16:45	5,69E+13	6,96E+12	1,76E+13	0,012	0,007	0,012	0,033	0,015	0,047	0,016	0,011	0,023	0,005	0,005	0,008	0,002
11-02 17:16	3,11E+24	1,03E+24	1,17E+24	0,030	0,015	0,017	0,045	0,024	0,078	0,029	0,025	0,050	0,014	0,009	0,026	0,006
11-02 18:19	1,93E+12	2,71E+12	2,46E+12	0,013	0,007	0,014	0,031	0,020	0,046	0,019	0,013	0,034	0,006	0,006	0,012	0,001
11-02 20:39	9,08E+12	1,88E+12	1,64E+12	0,011	0,006	0,014	0,018	0,017	0,029	0,018	0,010	0,031	0,007	0,007	0,010	0,001
11-02 20:39	1,27E+10	6,82E+10	2,00E+10	0,010	0,006	0,012	0,020	0,015	0,023	0,022	0,012	0,037	0,007	0,006	0,010	0,001
11-02 22:39	1,50E+05	2,92E+04	2,23E+05	0,011	0,007	0,013	0,020	0,014	0,029	0,017	0,012	0,034	0,009	0,010	0,013	0,002
11-02 22:39	2,62E+05	4,41E+05	6,20E+04	0,011	0,008	0,016	0,019	0,016	0,030	0,017	0,013	0,033	0,006	0,008	0,012	0,002
12-02 02:16	2,15E+54	4,88E+53	1,48E+54	0,072	0,021	0,067	0,084	0,035	0,090	0,009	0,009	0,011	0,005	0,005	0,007	0,001
12-02 06:39	1,69E+16	1,65E+16	5,98E+16	0,011	0,007	0,015	0,020	0,016	0,031	0,019	0,011	0,036	0,009	0,009	0,012	0,002
12-02 06:39	1,00E+06	3,57E+05	3,10E+05	0,010	0,008	0,017	0,019	0,016	0,029	0,021	0,012	0,033	0,007	0,007	0,010	0,002
12-02 08:32	8,08E+31	1,67E+32	5,24E+31	0,020	0,011	0,026	0,035	0,024	0,053	0,021	0,009	0,018	0,008	0,010	0,016	0,002
12-02 10:39	8,66E+04	1,81E+04	5,66E+04	0,012	0,007	0,015	0,020	0,016	0,032	0,020	0,012	0,037	0,009	0,008	0,012	0,002
12-02 10:39	2,70E+11	9,98E+10	1,27E+11	0,011	0,009	0,017	0,019	0,016	0,029	0,021	0,012	0,030	0,006	0,007	0,012	0,002
12-02 12:02	7,06E+37	2,49E+38	1,24E+38	0,020	0,011	0,022	0,035	0,024	0,053	0,019	0,009	0,019	0,009	0,009	0,015	0,002
12-02 14:15	3,65E+14	5,44E+13	6,49E+13	0,013	0,007	0,014	0,026	0,017	0,037	0,026	0,011	0,034	0,006	0,006	0,011	0,001
12-02 16:32	1,26E+30	4,45E+30	5,26E+30	0,017	0,009	0,016	0,035	0,019	0,046	0,021	0,011	0,030	0,006	0,007	0,009	0,002
12-02 16:39	3,18E+04	8,84E+03	8,88E+03	0,009	0,005	0,013	0,018	0,019	0,026	0,020	0,013	0,036	0,007	0,006	0,011	0,001
12-02 17:18	3,62E+21	6,00E+20	4,53E+20	0,014	0,007	0,011	0,031	0,013	0,046	0,016	0,010	0,024	0,004	0,005	0,011	0,001
12-02 17:48	6,08E+25	2,29E+25	1,24E+25	0,012	0,006	0,012	0,034	0,015	0,047	0,018	0,011	0,024	0,005	0,005	0,009	0,001
12-02 18:03	1,72E+48	1,88E+48	1,55E+48	0,022	0,012	0,023	0,036	0,023	0,055	0,018	0,009	0,021	0,009	0,009	0,018	0,001
12-02 19:34	4,93E+16	2,74E+16	2,61E+16	0,021	0,011	0,025	0,037	0,022	0,054	0,017	0,009	0,018	0,008	0,009	0,018	0,004
12-02 20:24	1,35E+07	4,58E+07	1,98E+07	0,011	0,008	0,010	0,022	0,015	0,033	0,016	0,037	0,020	0,005	0,005	0,007	0,002
12-02 22:16	4,74E+09	1,56E+09	1,69E+09	0,014	0,006	0,012	0,028	0,016	0,040	0,018	0,009	0,028	0,006	0,006	0,010	0,001
12-02 22:31	1,17E+29	3,34E+28	5,71E+28	0,018	0,010	0,018	0,040	0,025	0,063	0,016	0,008	0,020	0,008	0,007	0,020	0,004
13-02 13:31	3,02E+31	2,15E+31	1,33E+31	0,016	0,011	0,021	0,032	0,022	0,042	0,014	0,007	0,016	0,007	0,006	0,018	0,003
13-02 14:09	2,33E+07	1,19E+07	3,29E+06	0,010	0,005	0,014	0,022	0,017	0,026	0,021	0,014	0,036	0,006	0,007	0,010	0,001
13-02 15:39	2,18E+11	1,55E+11	2,05E+11	0,011	0,005	0,015	0,022	0,016	0,025	0,021	0,012	0,036	0,005	0,006	0,010	0,002
13-02 17:58	1,82E+38	2,67E+38	2,75E+38	0,015	0,016	0,029	0,031	0,026	0,051	0,020	0,018	0,029	0,007	0,006	0,013	0,002
13-02 21:09	1,97E+07	1,26E+07	7,42E+06	0,011	0,007	0,017	0,021	0,017	0,031	0,021	0,011	0,032	0,007	0,007	0,011	0,002
14-02 07:39	2,08E+14	4,92E+12	1,56E+14	0,010	0,006	0,015	0,022	0,016	0,024	0,023	0,012	0,036	0,005	0,007	0,013	0,001
14-02 19:02	2,90E+32	5,36E+32	2,08E+32	0,021	0,012	0,024	0,034	0,024	0,053	0,019	0,009	0,023	0,009	0,009	0,017	0,002
14-02 19:09	6,55E-01	1,12E+00	3,80E-01	0,011	0,005	0,013	0,021	0,018	0,025	0,022	0,012	0,036	0,006	0,005	0,011	0,001
15-02 00:37	1,12E+17	7,46E+16	1,55E+17	0,011	0,006	0,008	0,018	0,015	0,026	0,018	0,015	0,029	0,005	0,005	0,011	0,001
16-02 08:10	2,31E+07	1,11E+07	1,92E+07	0,014	0,008	0,012	0,019	0,016	0,030	0,016	0,014	0,038	0,007	0,007	0,011	0,002
16-02 17:06	7,37E+09	1,93E+09	1,40E+10	0,009	0,009	0,014	0,027	0,017	0,026	0,008	0,009	0,031	0,004	0,005	0,013	0,003
16-02 19:09	1,25E+02	7,55E+00	6,00E+01	0,009	0,005	0,013	0,020	0,015	0,023	0,020	0,012	0,037	0,005	0,007	0,011	0,001
17-02 08:39	3,41E+03	5,94E+02	4,61E+03	0,009	0,007	0,015	0,021	0,016	0,025	0,020	0,013	0,039	0,006	0,006	0,011	0,002
17-02 17:30	3,73E+35	1,28E+35	1,63E+35	0,019	0,018	0,027	0,038	0,032	0,059	0,025	0,019	0,033	0,007	0,008	0,012	0,004
19-02 03:03	8,88E+53	3,95E+53	5,63E+53	0,044	0,018	0,049	0,084	0,038	0,092	0,008	0,007	0,013	0,002	0,002	0,004	0,001
19-02 14:47	1,03E+35	3,80E+34	5,64E+34	0,014	0,016	0,025	0,038	0,027	0,045	0,016	0,013	0,020	0,006	0,005	0,011	0,002
19-02 17:04	1,88E+29	4,82E+28	1,20E+29	0,013	0,007	0,011	0,018	0,018	0,027	0,014	0,021	0,017	0,006	0,005	0,016	0,009
20-02 11:28	1,77E+54	1,49E+54	1,22E+54	0,026	0,015	0,035	0,044	0,017	0,042	0,008	0,011	0,011	0,004	0,004	0,008	0,002
21-02 14:28	2,91E+45	1,01E+45	4,36E+44	0,013	0,014	0,017	0,025	0,021	0,032	0,012	0,009	0,031	0,004	0,004	0,017	0,002

Algemeen Tijdstip	sfactor 63 Hz octaafband		Dominante richting per octaafband						Overdrachtsfactor H in dominante richting						bepalen Veff,max,1e verdieping			
	Y	Z	2 Hz	4 Hz	8 Hz	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	2 Hz	4 Hz	8 Hz	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	Veff,max,fund	Dom. octaafband	toegepaste H	Veff,max,1e_verd
11-02 16:03	0,002	0,006	Z	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,057	8.0 Hz	3,789	0,218
11-02 16:31	0,002	0,006	Y	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,057	8.0 Hz	3,789	0,216
11-02 16:45	0,002	0,005	X	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,057	8.0 Hz	3,789	0,214
11-02 17:16	0,009	0,026	X	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,098	8.0 Hz	3,789	0,373
11-02 18:19	0,002	0,007	Y	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,063	8.0 Hz	3,789	0,237
11-02 20:39	0,002	0,006	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,042	16.0 Hz	4,920	0,207
11-02 20:39	0,001	0,004	Y	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,042	16.0 Hz	4,920	0,206
11-02 22:39	0,002	0,007	Z	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,047	16.0 Hz	4,920	0,229
11-02 22:39	0,002	0,007	Y	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,044	16.0 Hz	4,920	0,216
12-02 02:16	0,000	0,001	X	X	Z	Z	Z	X	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,123	8.0 Hz	3,789	0,465
12-02 06:39	0,002	0,006	Z	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,047	16.0 Hz	4,920	0,230
12-02 06:39	0,002	0,006	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,044	16.0 Hz	4,920	0,215
12-02 08:32	0,002	0,008	Y	Z	Z	X	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,060	8.0 Hz	3,789	0,228
12-02 10:39	0,002	0,006	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,047	16.0 Hz	4,920	0,233
12-02 10:39	0,002	0,006	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,043	16.0 Hz	4,920	0,211
12-02 12:02	0,004	0,012	Y	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,059	8.0 Hz	3,789	0,224
12-02 14:15	0,002	0,005	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,055	8.0 Hz	3,789	0,208
12-02 16:32	0,002	0,007	Z	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,063	8.0 Hz	3,789	0,237
12-02 16:39	0,001	0,005	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,042	16.0 Hz	4,920	0,205
12-02 17:18	0,002	0,007	X	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,055	8.0 Hz	3,789	0,209
12-02 17:48	0,002	0,006	X	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,058	8.0 Hz	3,789	0,218
12-02 18:03	0,001	0,004	Y	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,062	8.0 Hz	3,789	0,234
12-02 19:34	0,003	0,012	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,066	8.0 Hz	3,789	0,249
12-02 20:24	0,002	0,007	Y	X	Z	Y	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,043	16.0 Hz	4,920	0,214
12-02 22:16	0,002	0,006	X	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,054	8.0 Hz	3,789	0,206
12-02 22:31	0,004	0,013	X	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,077	8.0 Hz	3,789	0,293
13-02 13:31	0,004	0,012	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,056	8.0 Hz	3,789	0,214
13-02 14:09	0,001	0,005	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,041	16.0 Hz	4,920	0,200
13-02 15:39	0,001	0,004	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,042	16.0 Hz	4,920	0,206
13-02 17:58	0,002	0,006	Z	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,061	8.0 Hz	3,789	0,230
13-02 21:09	0,002	0,005	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,041	16.0 Hz	4,920	0,204
14-02 07:39	0,001	0,005	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,041	16.0 Hz	4,920	0,202
14-02 19:02	0,002	0,005	Y	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,061	8.0 Hz	3,789	0,232
14-02 19:09	0,001	0,004	Y	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,041	16.0 Hz	4,920	0,201
15-02 00:37	0,002	0,006	Z	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,044	16.0 Hz	4,920	0,216
16-02 08:10	0,002	0,006	X	X	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,047	16.0 Hz	4,920	0,230
16-02 17:06	0,005	0,009	Z	Z	X	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,049	16.0 Hz	4,920	0,241
16-02 19:09	0,002	0,005	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,041	16.0 Hz	4,920	0,204
17-02 08:39	0,002	0,005	Z	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,044	16.0 Hz	4,920	0,215
17-02 17:30	0,004	0,008	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,073	8.0 Hz	3,789	0,276
19-02 03:03	0,001	0,002	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,105	8.0 Hz	3,789	0,398
19-02 14:47	0,002	0,005	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,055	8.0 Hz	3,789	0,208
19-02 17:04	0,005	0,020	X	X	Z	Y	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,060	8.0 Hz	3,789	0,226
20-02 11:28	0,001	0,002	X	Z	X	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,068	8.0 Hz	3,789	0,256
21-02 14:28	0,003	0,014	X	Z	Z	Z	Z	Z	8,455E+55	1,713	3,789	4,920	3,199	1,447	0,056	8.0 Hz	3,789	0,211



## BIJLAGE: BEREKENING $V_{PER}$ RFC-WEG

periodenummer	periodenaam	som_SPR	som_IC	som_GO	som_rest	som_SPR (toekomst)	som_IC (toekomst)	periodeduur	som (totaal)	som (totaal) (toekomst)	Vper	Vper (toekomst)	toename (%)
0	dag	0,375	1,154		0,139	0,562	1,315	1440	1,667	2,016	0,034	0,037	10%
1	avond	0,296	1,272		0,018	0,444	1,450	480	1,586	1,912	0,057	0,063	10%
2	nacht	0,204	0,620	0,217		0,306	0,706	960	1,040	1,229	0,033	0,036	9%
3	dag	1,477	3,677	0,014		2,215	4,192	1440	5,169	6,422	0,060	0,067	11%
4	avond	0,298	1,087			0,447	1,239	480	1,384	1,685	0,054	0,059	10%
5	nacht	0,139	0,589		0,018	0,209	0,672	960	0,746	0,898	0,028	0,031	10%
6	dag	0,866	3,240	0,030	0,229	1,299	3,694	1440	4,365	5,251	0,055	0,060	10%
7	avond	0,138	0,962		0,062	0,207	1,096	480	1,161	1,365	0,049	0,053	8%
8	nacht	0,168	0,453			0,251	0,517	960	0,621	0,768	0,025	0,028	11%
9	dag	0,900	3,157	0,035	0,031	1,351	3,599	1440	4,123	5,015	0,054	0,059	10%
10	avond	0,164	0,946		0,011	0,245	1,078	480	1,120	1,335	0,048	0,053	9%
11	nacht	0,100	0,347		0,012	0,149	0,396	960	0,458	0,557	0,022	0,024	10%
12	dag	0,252	2,222		0,063	0,378	2,533	1440	2,537	2,975	0,042	0,045	8%
13	avond	0,044	0,682			0,066	0,778	480	0,726	0,843	0,039	0,042	8%
14	nacht	0,010	0,299		0,031	0,016	0,341	960	0,341	0,388	0,019	0,020	7%
15	dag	0,137	2,216		0,065	0,206	2,527	1440	2,418	2,797	0,041	0,044	8%
16	avond	0,025	0,508			0,038	0,579	480	0,533	0,617	0,033	0,036	8%
17	nacht	0,162	0,376		0,034	0,243	0,428	960	0,571	0,705	0,024	0,027	11%
18	dag	0,895	2,310		0,011	1,342	2,634	1440	3,216	3,987	0,047	0,053	11%
19	avond	0,155	0,467			0,233	0,532	480	0,622	0,765	0,036	0,040	11%
20	nacht	0,064	0,199		0,029	0,096	0,226	960	0,291	0,351	0,017	0,019	10%
21	dag	0,599	1,690	0,011	0,028	0,898	1,927	1440	2,328	2,864	0,040	0,045	11%
22	avond	0,151	0,509			0,227	0,580	480	0,660	0,807	0,037	0,041	11%
23	nacht		0,229	0,158	0,024		0,261	960	0,412	0,444	0,021	0,021	4%
24	dag	0,588	1,397	0,051	0,049	0,882	1,592	1440	2,085	2,575	0,038	0,042	11%
25	avond	0,089	0,549			0,134	0,626	480	0,638	0,760	0,036	0,040	9%
26	nacht	0,062	0,186		0,043	0,093	0,212	960	0,290	0,347	0,017	0,019	9%
27	dag	0,304	1,277	0,109		0,457	1,455	1440	1,690	2,020	0,034	0,037	9%
28	avond	0,029	0,178		0,021	0,044	0,203	480	0,228	0,268	0,022	0,024	8%
29	nacht	0,020	0,190			0,029	0,216	960	0,209	0,246	0,015	0,016	8%
30	dag	0,154	0,908	0,019	0,108	0,231	1,035	1440	1,188	1,392	0,029	0,031	8%

