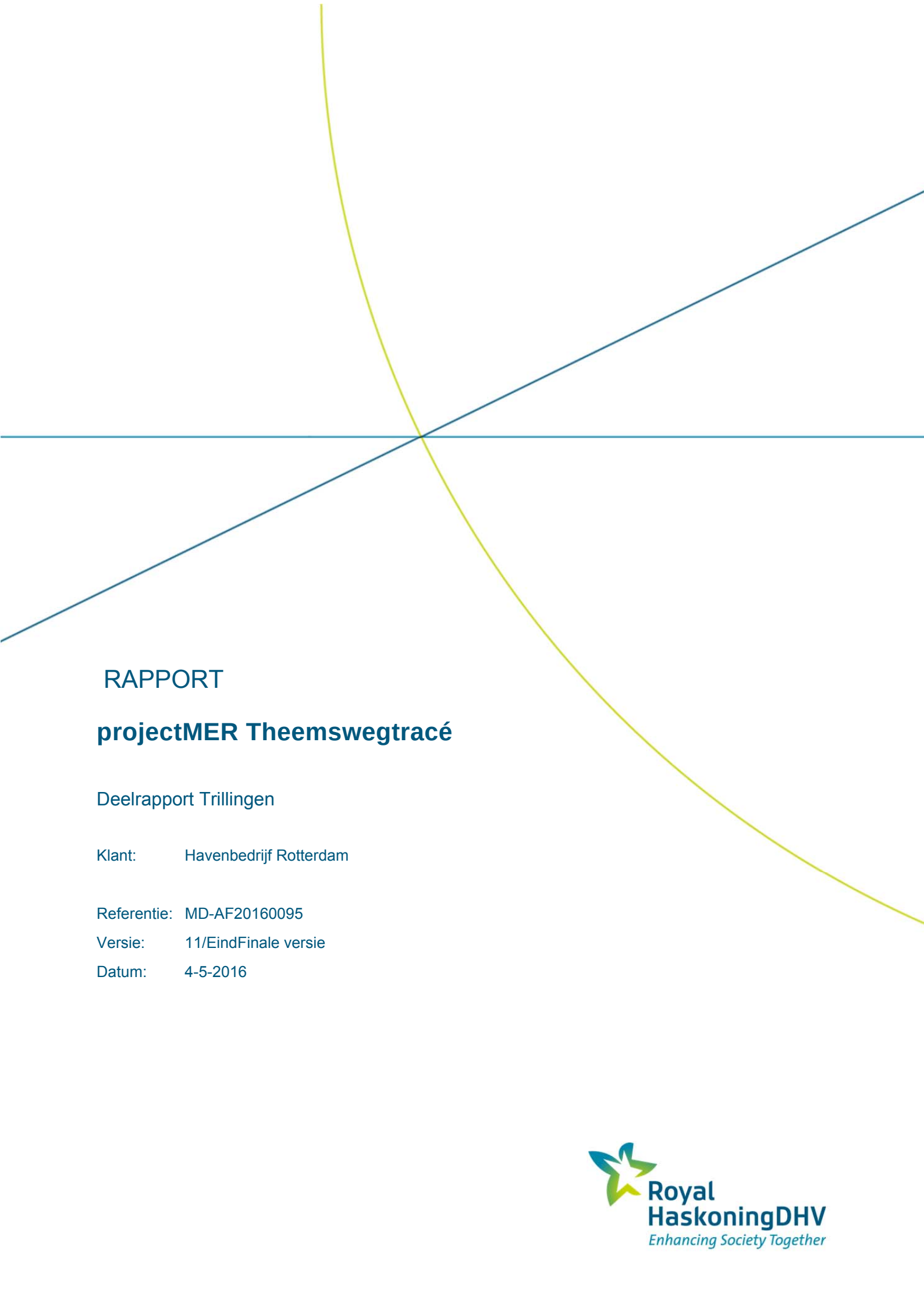




RAPPORT

projectMER Theemswegtracé

Deelrapport Trillingen

Klant: Havenbedrijf Rotterdam

Referentie: MD-AF20160095

Versie: 11/EindFinale versie

Datum: 4-5-2016

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 T
+31 33 463 36 52 F
info@rhdhv.com E
royalhaskoningdhv.com W

Titel document: projectMER Theemswegtracé

Ondertitel:
Referentie: MD-AF20160095
Versie: 01.1/Finale versie
Datum: 4-5-2016
Projectnaam: projectMER Theemswegtracé
Projectnummer: BD8976
Auteur(s): Hans Schinck

Opgesteld door: Ir. J.J.M.P. Schinck

Gecontroleerd door: Ing. F.J.M. van Hout

Datum/Initialen: 4 mei 2016

Goedgekeurd door: Drs. Ing J. de Lange

Datum/Initialen: 4 mei 2016

Classificatie

Open



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The quality management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.

Inhoud

1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding en problematiek	1
1.2	Voorgenomen activiteit	1
1.3	Plangebied en studiegebied	2
1.4	Leeswijzer	2
2	BEOORDELINGSKADER EN ONDERZOEKSMETHODE	4
2.1	Kader voor trillingen	4
2.2	Toelichting per beoordelingscriterium	5
2.2.1	Trillinghinder gebruiksfase	5
2.2.2	Schade ten gevolge van trillingen in gebruiksfase	6
2.3	Werkwijze	6
2.3.1	Onderzoeksopzet	6
2.3.2	Te beschouwen gebied en inventarisatie objecten	12
2.3.3	Inventarisatie kantoren, kritische werkruimten en woningen	13
2.3.4	Inventarisatie trillingsgevoelige apparatuur	14
2.3.5	Inventarisatie leidingen	15
2.3.6	Inventarisatie procesinstallaties	15
2.3.7	Inventarisatie objecten met verhoogde kans op schade	15
2.3.8	Relatie met andere deelrapporten	15
3	HUIDIGE SITUATIE EN REFERENTIESITUATIE	16
4	EFFECTBESCHRIJVING EN -BEOORDELING	17
4.1	Effecten van het project	17
4.1.1	Hinder effecten variant oostelijke passage in de gebruiksfase	17
4.1.2	Hinder effecten variant westelijke passage in de gebruiksfase	20
4.1.3	Beschouwing trillingen t.g.v. wegverkeer en stamlijn	23
4.1.4	Schade effecten van het project in de gebruiksfase	23
4.2	Waardering effecten	26
4.3	Effectbeoordeling	27
4.3.1	Effect trillinghinder in gebruiksfase	27
4.3.2	Effect schade ten gevolge van trillingen in gebruiksfase	27
4.4	Samenvatting effectbeoordeling	28

5	LEEMTEN IN KENNIS	29
6	LITERATUURLIJST	30

Bijlagen

Bijlage 1:	Metingen referentieobjecten
Bijlage 2:	Kaart kantoren en trillingsgevoelige apparatuur Theemswegtracé
Bijlage 3:	Tabel inventarisatie kantoren Theemswegtracé
Bijlage 4:	Weergave lay-out Vopak en Lyondell
Bijlage 5:	Nulmetingen
Bijlage 6:	Pijlers Theemswegtracé variant oostelijke passage
Bijlage 7:	Pijlers Theemswegtracé variant westelijke passage
Bijlage 8:	Maaiveldcontouren V_{max} Theemswegtracé variant oostelijke passage en huidig tracé
Bijlage 9:	Maaiveldcontouren V_{top} Theemswegtracé variant oostelijke passage
Bijlage 10:	Maaiveldcontouren V_{max} Theemswegtracé variant westelijke passage en huidig tracé
Bijlage 11:	Maaiveldcontouren V_{top} Theemswegtracé variant westelijke passage

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding en problematiek

De Calandbrug is een stalen hefbrug uit 1969 die wordt gebruikt voor trein-, weg- en langzaam verkeer in het Rotterdamse havengebied. Zo wordt de brug gebruikt voor vervoer van gevaarlijke stoffen en door verkeer dat te hoog is voor de Thomassentunnel. Als spoorbrug is ze de verbindende schakel in de Havenspoorlijn, onderdeel van de Betuweroute en verbindt ze het westelijk havengebied met het achterland. Voor de zeescheepvaart vormt de hefbrug de toegang naar de Brittanniëhaven: de Calandbrug opent daarom meerdere malen per dag. De hefbrug bedient dus zowel het trein- en wegverkeer als de zeescheepvaart waarbij de zeescheepvaart voorrang heeft.

In 2020 is de Calandbrug aan het einde van haar technische levensduur en moet er een omvangrijke renovatie plaatsvinden. Tegelijkertijd wordt, door de verwachte groei van het spoorvervoer en ook van het zeescheepvaartverkeer van en naar de Brittanniëhaven, vanaf dezelfde periode een capaciteitsknelpunt voor het treinverkeer verwacht. Door het toenemend aantal brugopeningen zal er met enkel een gerenoveerde brug onvoldoende capaciteit zijn om al het treinverkeer te bedienen.

Als oplossing voor de geschetste problematiek heeft de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu in september 2015 in de Structuurvisie Project Calandbrug definitief gekozen voor een verlegging van de Havenspoorlijn. Dit houdt in dat de spoorweg vanaf de Merseyweg tot aan de Moezelweg wordt omgeleid via de Theemsweg, het zogenaamde 'Theemswegtracé'. Treinen rijden dan niet meer over de Calandbrug en worden niet meer gehinderd door brugopeningen vanwege de zeescheepvaart. Het capaciteitsknelpunt voor het spoorverkeer als gevolg van de brugopeningen is hiermee opgelost. De huidige Calandbrug wordt gerenoveerd en blijft beschikbaar voor het wegverkeer en langzaam verkeer.

1.2 Voorgenomen activiteit

De voorgenomen activiteit is de situatie in 2030 waarin alle benodigde maatregelen zijn uitgevoerd die nodig zijn om binnen de vigerende wet- en regelgeving het Theemswegtracé te realiseren. Met de keuze voor het Theemswegtracé wordt de spoorweg in het havengebied omgeleid via de route langs de Theemsweg en Neckarweg. De verlegging van het spoor loopt van km 20.750 van de Havenspoorlijn ter hoogte van de Merseyweg in de Botlek, tot km 25.175 ten westen van de huidige Calandbrug in de Europoort. Treinen hoeven niet meer over de Calandbrug, waardoor treinverkeer en scheepvaart elkaar niet meer kruisen.

In het projectMER worden de (milieu)effecten van twee tracévarianten in beeld gebracht en beoordeeld, te weten:

1. Theemswegtracé met een westelijke passage van de windschermen.
2. Theemswegtracé met een oostelijke passage van de windschermen.

Het nieuwe tracé ligt op een verhoogde betonnen constructie, omdat kruisingen (met wegen, kabels, leidingenstrook en de Rozenburgsesluis) ongelijkvloers moeten worden uitgevoerd. Ook voor de borging van de bereikbaarheid van het gebied en de betreffende bedrijven is een verhoogde ligging noodzakelijk.

1.3 Plangebied en studiegebied

Voor het onderzoek trillingen worden twee soorten gebieden onderscheiden waarin onderzoek is uitgevoerd: het plangebied en studiegebied.

Plangebied

Het plangebied is het gebied waarbinnen fysieke ingrepen plaatsvinden om het Theemswegtracé te kunnen realiseren. De breedte van het plangebied wordt bepaald door de ruimte die nodig is om de uitbreiding en verlegging van de spoorweginfrastructuur te realiseren. De verlegging van het spoor via het Theemswegtracé loopt van km 20.750 van de Havenspoorlijn ter hoogte van de Merseyweg in de Botlek, tot km 25.175 ten westen van de huidige Calandbrug in de Europoort.

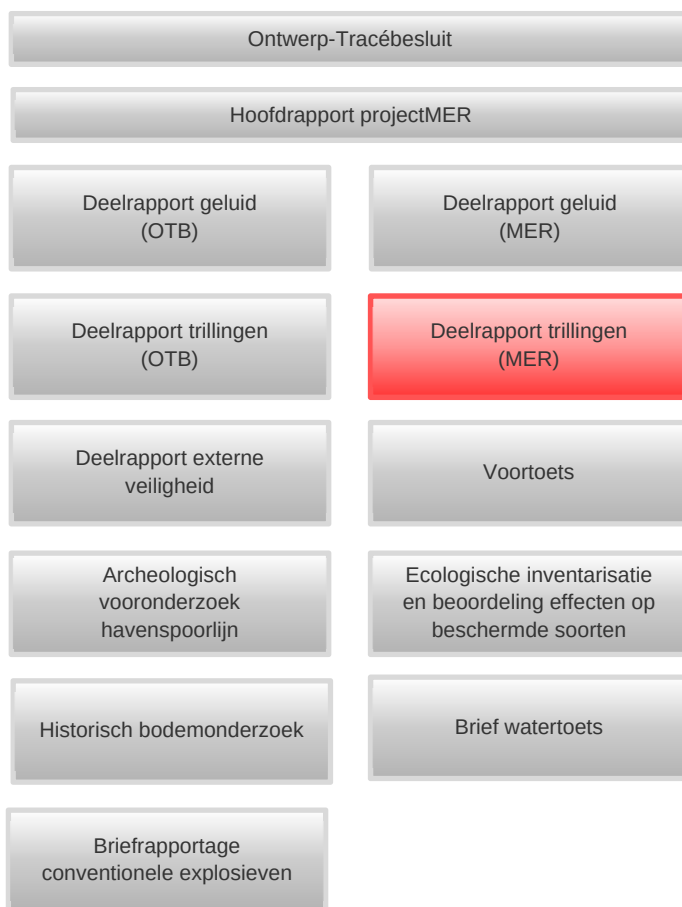
Studiegebied

Het studiegebied voor het projectMER is het gebied waarbinnen relevante milieueffecten als gevolg van de varianten kunnen optreden. Het gebied wordt dus bepaald door de reikwijdte van de effecten. Deze reikwijdte kan per milieuaspect en per onderdeel van de voorgenomen activiteit verschillen. De effecten van de fysieke aanleg van het spoor zijn vooral lokaal en beperken zich dus tot het plangebied. Mogelijke lokale effecten spelen met name een rol bij de thema's water, bodem, archeologie en landschappelijk, stedelijke en ruimtelijke kwaliteit en cultuurhistorie.

Door de realisatie van het Theemswegtracé neemt de capaciteit op de Havenspoorlijn beperkt toe. Vanwege de toename van het aantal treinen kunnen de effecten voor thema's geluid, luchtkwaliteit, trillingen, externe veiligheid en natuur (ecologie) mogelijk verder reiken dan alleen het gebied waarbinnen de fysieke aanpassingen ten gevolge van het Theemswegtracé plaatsvinden. De Havenspoorlijn maakt onderdeel uit van de Betuweroute. Volgens de Planologische Kern Beslissing Betuweroute (1993) is de Betuweroute aangelegd voor 10 goederentreinen per uur per richting. Voor de Betuweroute, vanaf het emplacement Waalhaven Zuid tot aan Zevenaar, is een Tracébesluit vastgesteld. De effecten van dit deel van de Betuweroute zijn meegenomen in het Milieueffectrapport Betuweroute. De toename van het aantal treinen als gevolg van het project Theemswegtracé past binnen de capaciteit waarop de Betuweroute is ingesteld. Het studiegebied is daarmee de Havenspoorlijn, vanaf de Maasvlakte tot het emplacement Waalhaven Zuid. De mogelijke effecten van de aanleg van het Theemswegtracé worden in dit projectMER in kaart gebracht.

1.4 Leeswijzer

Voor u ligt het deelrapport trillingen. Dit deelrapport is onderdeel van het projectMER Theemswegtracé. Na deze inleiding is in hoofdstuk 2 het beoordelingskader en onderzoeksmethode beschreven. De huidige en referentiesituatie zijn in hoofdstuk 3 beschreven. De effecten worden gepresenteerd en samengebracht in de beschouwing in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 zijn de leemten in kennis beschreven. In hoofdstuk 7 is de literatuurlijst weergegeven.



2 BEOORDELINGSKADER EN ONDERZOEKSMETHODE

In dit hoofdstuk beschrijven we het beoordelingskader en de onderzoeksmethode. In het beoordelingskader zijn de toetscriteria opgenomen op basis waarvan de effecten van de varianten worden bepaald ten opzichte van de referentiesituatie.

2.1 Kader voor trillingen

De effecten op het aspect trillingen zijn in beeld gebracht aan de hand van de volgende criteria:

- Hinder ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé in kantoren en kritische werkruimtes;
- Hinder ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé in woningen;
- Schade ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé aan apparatuur, bedrijfsprocessen en leidingen;

Tabel 2.1 projectMER beoordelingskader trillingen

Aspect	Criterium	wijze van beoordelen	methode	eenheid
Hinder ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé in kantoren en kritische werkruimtes	Trillinghinder in gebruiksfase bepaling aantal objecten in studiegebied	Bepaling toe- of afname gehinderde objecten	Prognose op basis van empirische methode	$V_{\max}$
Hinder ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé in woningen	Trillinghinder in gebruiksfase bepaling aantal objecten in studiegebied	Bepaling toe- of afname gehinderde objecten	Prognose op basis van empirische methode	$V_{\max}$
Schade ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé aan apparatuur, bedrijfsprocessen en leidingen	Kans op schade ten gevolge van trillingen in gebruiksfase	Toetsing aan beoordelingssystematiek SBRC gebruikmakend van diverse trillingsspecificaties en normstelling	Prognose op basis van empirische methode	V_{top}

Voor de kantoren is op basis van de streefwaarde (0,15 [--]) een studiegebied van ten minste 100 m tot het tracé gehanteerd. Voor kritische werkruimtes en trillingsgevoelige apparatuur is een groter studiegebied (circa 200 m) gehanteerd in verband met het feit dat trillingsgevoelige apparatuur mogelijk lage grenswaarden met zich meebrengt. Voor woningen is op basis van de grenswaarde een studiegebied van ten minste 225 m tot het huidige tracé gehanteerd.

In dit projectMER worden de effecten van het Theemswegtracé beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

Referentiesituatie projectMER

In het milieuonderzoek ten behoeve van het projectMER wordt onderscheid gemaakt tussen drie situaties:

1. De huidige situatie, conform spoorligging en spoorgebruik van 2013.
2. De referentiesituatie, huidige spoorligging en toename van aantal treinen situatie in 2030. Hierbij worden de autonome ontwikkelingen in het projectgebied meegenomen.
3. De projectsituatie. In deze situatie is het project *Theemswegtracé* gerealiseerd.

Er is voor de huidige situatie gekozen voor het jaar 2013 omdat dit het meest recente jaar is waar spoorintensiteiten van beschikbaar zijn. De effecten voor het aspect trillingen worden op basis van de trillingssterkte $V_{\max}$ bepaald omdat deze maatgevend is. De hinderklasse wordt op basis van de trillingssterkte $V_{\max}$ bepaald. De autonome ontwikkelingen worden bepaald door de toename van de intensiteiten op het spoor. Er zijn verder geen andere autonome ontwikkelingen in het projectgebied die de trillingssterkte $V_{\max}$ beïnvloeden. Dat betekent voor het Theemswegtracé dat de referentiesituatie gelijk is aan de huidige situatie.

Hierbij geldt dat voor het grootste gedeelte van het studiegebied dat de trillingen in de huidige situatie niet door de treinen op de Havenspoorlijn worden bepaald maar voornamelijk door trillingen van interne trillingsbronnen in kantoren en gedeeltelijk door industriële bronnen en het zwaar wegverkeer.

2.2 Toelichting per beoordelingscriterium

2.2.1 Trillinghinder gebruiksfase

Tot op heden zijn er geen richtlijnen om de effecten van trillinghinder objectief en systematisch te beoordelen ten behoeve van de beoordeling in een m.e.r.-procedure. Wel zijn er richtlijnen om trillinghinder te beoordelen ten behoeve van ruimtelijke besluiten, zoals tracébesluiten en bestemmingsplanprocedures. Voor spoorse tracébesluiten wordt gebruik gemaakt van de Beleidsregel Trillinghinder Spoor (verder: Bts).

De Bts geeft geen directe aanwijzingen om de milieueffecten van trillinghinder te beschrijven en is niet direct bruikbaar voor de toepassing in een m.e.r.-procedure. Belangrijk voor een juiste beoordeling van de effecten van trillinghinder is dat de methode aansluit bij de eisen uit de m.e.r.-wetgeving, aansluit bij de hinderbeleving van omwonenden en voldoende onderscheidend vermogen heeft, zodat het mogelijk is om een juiste variantenkeuze te maken indien van toepassing bij bepaalde projecten.

Om de trillinghinder in de gebruiksfase te bepalen wordt het aantal objecten bepaald waar mogelijk hinder wordt ervaren. Om de trillingssterkte in een context te plaatsen wordt de verwachting van de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ vergeleken met een hinderclassificatie conform de hinderclassificatie uit de SBR B richtlijn hinder voor personen in gebouwen. Hierbij worden objecten met hinderclassificatie “ernstige hinder” als knelpunt beoordeeld. Dit stemt overeen met de toetsingssystematiek van de Bts in die zin dat maatregelen voor objecten met hinderclassificatie “ernstige hinder” niet achterwege kunnen blijven.

Om een goede onderlinge vergelijking tussen de varianten mogelijk te maken heeft de referentiesituatie altijd een neutrale score (0). Door de referentiesituatie neutraal te stellen wordt een goede en duidelijke effectbeoordeling van de varianten (ten opzichte van de referentiesituatie) en onderlinge vergelijking (tussen de varianten onderling) mogelijk gemaakt. In het projectMER zijn de

effecten door middel van een onderbouwde kwantificering en/of kwalitatieve beschrijving in kaart gebracht en vervolgens beoordeeld op een kwalitatieve schaal. Er wordt een vertaling gemaakt van kwantitatieve resultaten naar een kwalitatieve schaal. De kwalitatieve methode vergelijkt de variant met de referentiesituatie. Deze beoordeling vindt plaats op een zevendelige schaal (+ +, +, 0/+, 0, 0/-, -, - -).

2.2.2 Schade ten gevolge van trillingen in gebruiksfase

Voor het projectMER wordt ook de schade ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé aan apparatuur, bedrijfsprocessen en leidingen bepaald. Er vindt toetsing aan beoordelingssystematiek SBRC plaats, gebruikmakend van diverse trillingsspecificaties en normstelling. Indien in een object niet aan deze normstellingen wordt voldaan is er sprake van een verhoogde kans op schade.

We gaan uit van de aanname dat er in de huidige situatie in objecten langs het huidige tracé geen sprake is van een verhoogde kans op schade aan trillingsgevoelige apparatuur, omdat er geen gegevens of meldingen op dit punt bekend zijn. Kennelijk is de huidige situatie werkbaar met betrekking tot trillingsgevoelige apparatuur. Hiermee is in de huidige situatie het aantal objecten met een verhoogde kans op schade 0 en wordt in de referentiesituatie en de projectsituatie (oostelijke en westelijke ligging) de toename van het aantal objecten met een verhoogde kans op schade bepaald.

2.3 Werkwijze

2.3.1 Onderzoeksopzet

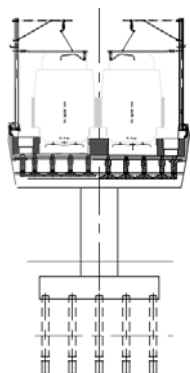
De bron in de gebruiksfase

De nieuw aan te leggen spoorbaan bestaat uit betonnen liggers op betonnen kolommen en op enkele korte delen van het tracé door een gewapende grondconstructie ondersteund. De kolommen worden op palen op de zandlaag gefundeerd. In de trogliggerconstructie wordt het spoor met dwarsliggers op doorgaand ballast aangelegd. Tussen de trogliggerconstructie en de ballast wordt een ballastmat aangelegd die in eerste instantie is bedoeld om vergruizing van de ballast en schade aan de trogliggerconstructie door de dynamische krachten van het spoor tegen te gaan. Eventuele trillingen zullen ontstaan tussen de wielen en de spoorstaaf. Deze trillingen worden via de dwarsligger en de ballast op de trogliggerconstructie overgedragen. Via de kolom poer en de paalfundering worden de trillingen op de omringende bodem overgedragen.

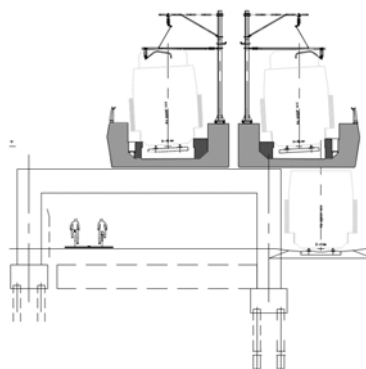
In het tracé komen vier type constructies voor:

- prefabbetonnenliggers in combinatie met pijlerbalk, constructie type 1;
- trogliggerconstructie (dubbel- en enkelsporig), constructie type 2;
- de pijlers van de stalenboogbrug met beton/staaldek, constructie type 3;
- een gewapende grondconstructie (Terre armee of geogrid), constructie type 4.

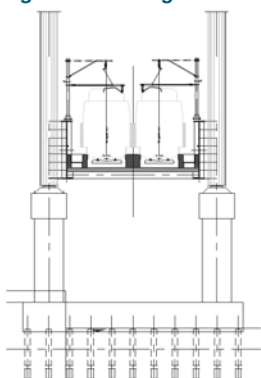
In figuur 2.1 t/m figuur 2.4 zijn van deze vier constructie types de dwarsdoorsneden van links naar rechts weergegeven. De meest voorkomende constructie in het tracé is de aan de linkerzijde weergegeven prefabbetonnenliggers in combinatie met pijlerbalk.



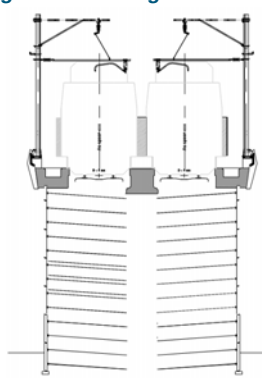
Figuur 2.1 Weergave constructie type 1



Figuur 2.2 Weergave constructie type 2

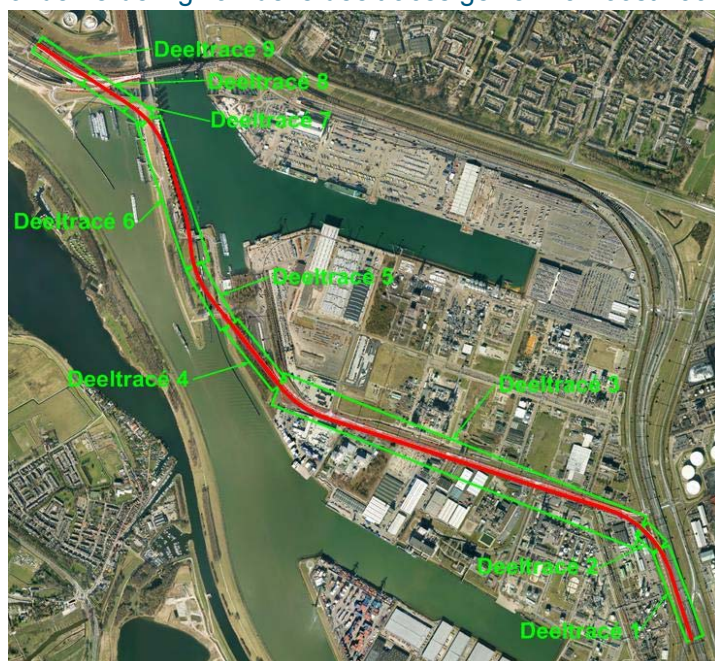


Figuur 2.3 Weergave constructie type 3



Figuur 2.4 Weergave constructie type 4

Ten behoeve van het ontwerp is het tracé opgedeeld in 9 deeltracés. Figuur 2.5 toont de onderverdeling van deze deeltracés gezien van oost naar west.



Figuur 2.5 Overzicht deeltracés

In Tabel 2.2 is een overzicht gegeven van alle deeltracés met daarbij de gekozen constructies.

Tabel 2.2 *Overzicht van alle deeltracés*

Deeltracé	Van km tot km	Constructie
Deeltracé 1: Oostelijke aansluiting nieuw tracé op huidige tracé	21.050 - 21.210	gewapende grondconstructie (Terre armee of geogrid)
Deeltracé 2: Kruising van tracé met Merseyweg	21.210 - 21.340	troglijgerconstructie
Deeltracé 3: Tracé langs de Theemsweg	21.340 - 23.160	prefabbetonnenliggers
Deeltracé 4: Tracé tussen de Theemsweg en Rozenburgsesluis	23.160 - 23.520	gewapende grondconstructie (Terre armee of geogrid)
Deeltracé 5: Tracé over de Rozenburgsesluis	23.520 - 23.850	stalenboogbrug met beton/staaldek
Deeltracé 6: Tracé langs de Neckarweg	23.850 - 24.560	prefabbetonnenliggers
Deeltracé 7: Kruising van tracé met Neckarhaven	24.560 - 24.670	troglijgerconstructie
Deeltracé 8: Kruising van tracé met Thomassentunnel	24.670 - 24.950	stalenboogbrug met beton/staaldek
Deeltracé 9: Westelijke aansluiting nieuw tracé op huidige tracé	24.950 - 25.130	gewapende grondconstructie (Terre armee of geogrid)

De verschillen tussen de varianten voor het aspect trillingen wordt bepaald door de verschillen in afstand van trillingsgevoelige objecten tot het tracé. In figuur 2.2 zijn de verschillen qua ligging van het tracé in de varianten weergegeven. Hierin is zichtbaar dat de verschillen qua ligging in het westelijk deel zitten. In het oostelijk deel is de ligging van de tracés van de twee varianten gelijk.



Figuur 2.6 *Verskil ligging tracévarianten*

Voor het onderzoek zijn bij bestaande vergelijkbare constructies aan de Havenspoorlijn met een vergelijkbare samenstelling van het spoorverkeer metingen uitgevoerd. Deze metingen zijn bedoeld om tegelijkertijd twee parameters vast te stellen. Het gaat hierbij om de bronsterkte van deze

spoorconstructie (hoeveel trillingsenergie wordt er door deze spoorconstructie in de bodem overgedragen) en de damping/versterking van de trillingen op steeds groter wordende afstanden vanaf het spoor. Een geschikte referentieconstructie trog op pijlers is gevonden in de Havenspoorlijn, nabij de Waalhaven (omgeving Blindeweg). Een geschikte referentieconstructie aarden baan is gevonden in de Havenspoorlijn bij de Botlekweg / Clydeweg (omgeving Theemswegtracé). Er wordt gebruik gemaakt van raaimetingen aan de twee referentieconstructies. In Bijlage 1 zijn de situaties van de referentieconstructies weergegeven.

De gewapende grondconstructie bestaat uit betonnen panelen met gewapende grond. Vanwege de hogere stijfheid van een gewapende grondconstructie ten opzichte van de aarden baan wordt de gewapende grond constructie in deeltracé 1, 4 en 9, ten minste vergelijkbaar geacht met de referentieconstructie aardenbaan aan de Botlekweg / Clydeweg. Hiermee wordt voor de gewapende grondconstructie een worst case benadering gevolgd.

De pijlers van de stalenboogbrug met beton/staaldek, in deeltracé 5 en 8 wordt op basis van de gegevens van de referentieconstructie aan de Blindeweg beschouwd. De overspanning van de stalenboogbrug (170 m) is groter dan van de referentieconstructie (25-45 m). Hiermee zal er naar verwachting meer laag frequente trillingen in de trillingsemisatie van de brugpijlers aanwezig zijn omdat de eigenfrequentie van de brug lager is dan van de referentieconstructie. Anderzijds zijn de funderingen van de brugpijlers significant zwaarder uitgevoerd dan van de pijlers van de troliggerconstructie waardoor de brugpijlers minder makkelijk in trilling worden gebracht. Per saldo is het resultaat van de meting aan de bestaande constructie te beschouwen als een conservatieve schatting.

Op hoofdlijn is de principe-opbouw van de trogliggerconstructie in het Theemswegtracé:

- Spoorstaaf op dwarsligger;
- Ballastbed;
- Ballastmat;
- Trogliggerconstructie (overspanning circa 25 tot 45 m);
- Oplegging met een rubber oplegblok;
- Kolom (dikte 2,5 m);
- Poer (dikte circa 1,5 m afmeting 11*8 m afmetingen variëren over tracé);
- Paalfundering (5*7 palen) met paalpunt op -26 m N.A.P.

Op hoofdlijn is de principe-opbouw van de trog referentieconstructie aan de Blindeweg:

- Spoorstaaf op dwarsligger;
- Ballastbed;
- Ballastmat;
- Trogliggerconstructie met kokervloer (overspanning westzijde 25 m oostzijde 45 m);
- Oplegging met een rubber oplegblok;
- Kolom (doorsnede 1,9 m);
- Poer (dikte 2 m afmeting 5,7*7,2 m);
- Paalfundering met paalpunt op -23,5 m N.A.P.

De trogliggerconstructie en de prefabbetonliggers in combinatie met pijlerbalk, deeltracé 2, 3, 6 en 7, worden vergelijkbaar geacht met de referentieconstructie trog op pijlers aan de Blindeweg.

Afstandsdemping

De overdrachtsverzwakking van de trillingen door de bodem wordt door verschillende factoren beïnvloed. De belangrijkste daarvan zijn de afstand tussen bron en ontvanger en de opbouw van de bodem (vooral de diepte van de minder elastische laag, meestal de zandlaag). Ook de frequentie van de trillingen speelt een rol. Het is bij praktisch trillingsonderzoek voor spoorprojecten gebruikelijk om de afstandsverzwakking door meting op een of meer “meetraaien” te bepalen. Er is voor gekozen een dergelijke meetraai op dezelfde plaats als waar de bronmetingen plaatsvinden uit te voeren. Op deze meetraai zijn enkele grondpennen in de bodem bevestigd en op deze grondpennen is de trillingssterkte tijdens treinpassages bepaald. De keuze voor deze dwarsdoorsnede waarop de meetraai wordt aangebracht is gebaseerd op de wens om minimale invloed van stoortrillingen te hebben. Op de meetraai zijn de trillingssterktes tijdens treinpassages gemeten.

Vergelijking sonderingen

De sondering van Blindeweg is niet beschikbaar, derhalve is gebruik gemaakt van gegevens in het Dinoloket. Op basis van sondering S37G02166 uit het dinoloket is op de locatie Blindeweg vanaf -20 m diepte t.o.v. maaiveld een matig vast zandpakket aanwezig. Op basis van sondering S09 van het grondonderzoek voor het tracé is vanaf -18 m N.A.P. een vergelijkbaar zandpakket aanwezig. Voor de Theemsweg geldt dat de conusweerstand van de lagen boven het zandpakket groter is dan voor de locatie Blindeweg. Hiermee zijn de lagen voor de Theemsweg boven het zandpakket stijver dan voor de locatie Blindeweg.

De sondering van Botlekweg / Clydeweg is niet beschikbaar, derhalve is gebruik gemaakt van gegevens in het Dinoloket. Op basis van sondering S37D01228 uit het dinoloket is op de locatie Botlekweg / Clydeweg vanaf -18 m diepte t.o.v. maaiveld een matig vast zandpakket aanwezig. Op basis van sondering S09 van het grondonderzoek voor het tracé is vanaf -18 m N.A.P. een vergelijkbaar zandpakket aanwezig.

Aangezien de sondering van de locatie Botlekweg / Clydeweg de meeste overeenkomst vertoont met sondering S09 van het grondonderzoek voor het tracé wordt ervoor gekozen om de bodemdemping op basis van de trillingsmetingen op locatie Botlekweg / Clydeweg te hanteren.

De raaimetingen aan de twee referentieobjecten zijn in Bijlage 1 weergegeven.

De relatie tussen afstand en trillingsniveau in de bodem is gegeven op basis van de meetdata met de empirische formule van Barkan [1] voor trillingen in het verre veld bepaald. De Barkan parameters gebaseerd op de meetdata zijn in Bijlage 1 weergegeven. Voor de prognose van trillingssterkte $V_{\max}$ wordt gebruik gemaakt van het trillingsmodel zoals in Bijlage 1 beschreven.

Voor de berekening zijn de in Tabel 2.3 gepresenteerde intensiteiten en gemiddelde treinlengtes gehanteerd.

Tabel 2.3 prognose intensiteiten aantal treinen en treinlengtes

Trillingen Realisatie 2013		Treinen en losse locs per etmaal			
Calandbrug		(som der beide richtingen)			
Materieeltype	Traject	Dag	Avond	Nacht	Gem.lengte (m)
Losse Loc	Erp-Bot v.v.	11,2	3,9	6,6	20
Goederentrein	Erp-Bot v.v.	32,9	10,4	14,9	527
Trillingen autonome ontwikkeling 2030		Treinen en losse locs per etmaal			
Calandbrug		(som der beide richtingen)			
Materieeltype	Traject	Dag	Avond	Nacht	Gem.lengte (m)
Losse Loc	Erp-Bot v.v.	11,2	3,9	6,6	20
Goederentrein	Erp-Bot v.v.	101,8	37,0	46,3	593
Trillingen prognoses 2030		Treinen en losse locs per etmaal			
Projectalternatief Theemswegtracé		(som der beide richtingen)			
Materieeltype	Traject	Dag	Avond	Nacht	Gem.lengte (m)
Losse Loc	Erp-Bot v.v.	11,2	3,9	6,6	20
Goederentrein	Erp-Bot v.v.	104,6	38,0	47,5	593

Er is uitgegaan van een snelheid van 80 km/u. De passagetijd van een loc en goederentrein bedraagt hiermee respectievelijk 0,9 seconde en 23,7 seconde.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- Tekening westvariant T-SO-CI-T-001-v0.2 met de locatie van de pijlers (Autocad tekening);
- Tekening oostvariant T-SO-CI-T-002-v0.1 met de locatie van de pijlers (Autocad tekening);
- De geometrie van de leidingen en leidingstroken in Tekening T-SO-CI-T-002-v0.1 (Autocad tekening);
- projectMER Theemswegtracé Rapportage FIS d.d.23 juli 2015 ;
- Bedrijven rondom Theemsweg. (Autocad tekening en shape);
- Adressenbestand ACN_kantoren (shape);
- Panden kantoren (shape);
- sondering S37G02166 uit het dinoloket van de meetlocatie Blindeweg;
- sondering S37D01228 uit het dinoloket van meetlocatie Botlekweg / Clydeweg;
- het grondonderzoek voor het tracé zoals ontvangen op 6 juli 2015;
- opgave lengte, gewicht en aantallen bakken van de 'gemeten' treinen locatie Blindeweg mail Hbr d.d. 7-8-2015;
- opgave lengte, gewicht en aantallen bakken van de 'gemeten' treinen locatie Botlekweg / Clydeweg mail Hbr d.d. 11/11/2015;
- Tekeningen en opgave gegevens voor bepaling opslingereffecten vloeren ontvangen van diverse bedrijven.

2.3.2 Te beschouwen gebied en inventarisatie objecten

Het te beschouwen gebied is het gebied van het huidige tracé van de havenspoorlijn en het Theemswegtracé. Buiten dit gebied treden geen effecten op omdat $V_{\max}$ daar niet wijzigt. Voor het huidige tracé en voor het Theemswegtracé zijn objecten geïnterpreteerd.

Voor het huidige tracé is op basis van de streefwaarde voor de kantoren een studiegebied van ten minste 100 m tot het tracé gehanteerd. Voor het huidige tracé is voor de kritische werkruimtes een studiegebied van ten minste 200 m tot het tracé gehanteerd. Voor het huidige tracé is op basis van de grenswaarde voor woningen een studiegebied van ten minste 225 m tot het tracé gehanteerd.

Voor de kantoren is een studiegebied van ten minste 100 m tot het Theemswegtracé gehanteerd. Binnen dit studiegebied zijn kantoorgebouwen geïnterpreteerd. De raaimetingen in het maaiveld aan de Havenspoorlijn bij de Blindeweg geven aan dat de trillingssnelheid $V_{\text{eff,max}}$ op 70 m $< 0,1$ mm/s bedraagt. Hiermee bevestigen de metingen aan de Blindeweg dat voor een trogligerconstructie op pijlers een aandachtgebied van 100 m tot het Theemswegtracé ruim afdoende is voor het inventariseren van objecten. We veronderstellen dat op grotere afstand de trillingssterkte geen overschrijdingen van de streefwaardes meer zal veroorzaken. Voor kritische werkruimtes en trillingsgevoelige apparatuur is een groter studiegebied (circa 200 m) gehanteerd in verband met het feit dat trillingsgevoelige apparatuur mogelijk lage grenswaarden met zich meebrengt. Voor leidingen is een studiegebied van 10 m tot het tracé gehanteerd. In het voor trillingen relevante studiegebied van het Theemswegtracé zijn geen woningen aanwezig.

Voor het huidige tracé is op basis van de grenswaarde voor woningen een studiegebied van ten minste 225 m tot het tracé gehanteerd. Voor het Theemswegtracé is op basis van de streefwaarden voor kritische werkruimten een studiegebied van ten minste 200 m tot het tracé gehanteerd.

In de directe omgeving van het nieuwe tracé (100 m) zijn de volgende potentiële trillingsgevoelige objecten geïnterpreteerd:

- Kantoren of andere bedrijfsgebouwen waarin mensen werken. Hiervoor gelden grenswaarden zoals aangegeven in de Bts.
- Bedrijfsgebouwen waaraan mogelijk schade door trillingen door het gebruik van de spoorlijn zou kunnen ontstaan (SBR richtlijn deel A geldt hiervoor als beoordelingskader).
- Trillingsgevoelige apparatuur in gebouwen (SBR richtlijn deel C geldt hiervoor als beoordelingskader). Door de gebruikers van industriegebouwen in de directe omgeving van het nieuwe tracé is zorg geuit over mogelijke schade aan apparatuur. Van deze apparatuur is een inventarisatie opgesteld.
- Schade aan procesinstallaties dicht bij het toekomstige spoor (het beoordelingskader is hiervoor ook SBR A).
- Schade aan leidingen in leidingstroken dicht bij het toekomstige spoor (het beoordelingskader is hiervoor ook SBR A).

2.3.3 Inventarisatie kantoren, kritische werkruimten en woningen

In de directe nabijheid van het huidige tracé en het Theemswegtracé zijn 21 bedrijven aanwezig. In Tabel 2.4 zijn de bedrijven weergegeven.

Tabel 2.4 Bedrijven in de directe nabijheid huidige tracé en het Theemswegtracé

Nummer	Bedrijfsnaam	adres	Huisnr.	Huidig tracé	Theemsweg tracé
1	Lyondell	Theemsweg	14	--	X
2	Vopak	Neckarweg	999	--	X
3	Huntsman/ Invista	Theemsweg	999	--	X
4	Egin / Stork	Theemsweg	2	X	X
5	Chem	Neckarweg	32	--	X
6	Climax	Theemsweg	20	--	X
7	Steinweg	Theemsweg	28	--	X
8	N.v.e.	Theemsweg	24	--	X
9	Almatis	Theemsweg	30	--	X
10	Reym	Theemsweg	32	--	X
11	Alconet	Theemsweg	54	--	X
12	Brandweer	Theemsweg	14	X	X
13	Havenpolitie	Theemsweg	50	--	X
14	Arbo	Theemsweg	5	X	X
15	onbekend	Neckarweg	999	--	X
16	Bertschi	Theemsweg	999	--	X
17	Bontrans	Theemsweg	52	--	X
18	CRO Ports	Merseyweg	70	X	--
19	Broekman	Merseyweg	40,50	X	--
20	Huntsman	Merseyweg	24,12,10	X	--
21	KWS infra rozenburg	Merseyweg	98	X	--
22	CdMR	Merseyweg	70	X	--
23	Lucite International Holland BV	Merseyweg	16	X	--

Op basis van gegevens zoals aangereikt door het Havenbedrijf zijn de aanwezige bedrijfsgebonden kantorengebouwen in Bijlage 3 weergegeven. De inventarisatie is gericht op controleren of deze objecten daadwerkelijk kantoorgebouwen zijn en of er nog meer objecten aanwezig zijn welke als kantoorgebouw kunnen worden aangemerkt.

Op 10 en 13 juli zijn aan 6 bedrijven (1 t/m 6) locatiebezoeken gebracht. Doel van het bezoek was voor het aspect trillingen relevante informatie ten aanzien van de kantoren te verzamelen. Aan de bedrijven is tevens de vraag gesteld welke onderdelen van het bedrijf ze trillingsgevoelig achten en waarom. Op 10 en 13 juli is tevens van de kantoorobjecten van 9 bedrijven (7 t/m 16) op basis van een externe visuele waarneming vastgesteld of dit daadwerkelijk kantoren betreft.

In Bijlage 2 is van het Theemswegtracé en het huidige tracé in een kaart op objectniveau weergegeven welke objecten als bedrijfsgebonden kantoorgebouw en kritische werkruimte worden beschouwd. Tevens is in deze kaart de objectlocatie aangegeven waar mogelijk trillingsgevoelige apparatuur aanwezig is.

In de directe nabijheid van het huidige tracé zijn 13 kantoren, een kritische werkruimte en 268 woningen aanwezig. In de directe nabijheid van het Theemswegtracé zijn 17 kantoren en 3 kritische werkruimten aanwezig. In bijlage 2 zijn de objecten grafisch weergegeven. Op basis van gegevens zoals aangereikt door het Havenbedrijf zijn de aanwezige objecten in Bijlage 3 weergegeven.

2.3.4 Inventarisatie trillingsgevoelige apparatuur

Van alle bedrijven in de nabijheid van het tracé is een selectie gemaakt. Alleen bedrijven waar het vermoeden bestaat dat er mogelijk trillingsgevoelige apparatuur aanwezig kan zijn gezien de aard van het bedrijf zijn op locatie bezocht. In Bijlage 3 is een verslag van een inventarisatie van trillingsgevoelige apparatuur bij bedrijven weergegeven. Hierin is een onderbouwing van de te hanteren grenswaarden voor de trillingsgevoelige apparatuur gegeven. Onderstaand zijn per bedrijf op hoofdlijnen de trillingsgevoelig te achten apparatuur omschreven.

Lyondell

Bij het bedrijf Lyondell zijn meteringstations aanwezig. In deze meteringstations zijn flowcomputers aanwezig. In de meetstraten zijn flowmeters aanwezig. De flowmeters worden op basis van de trillingsspecificaties niet trillingsgevoelig geacht. Op het terrein van Lyondell is een 25 kV station aanwezig, dit object dat eigendom is van Stedin wordt trillingsgevoelig geacht vanwege de aanwezigheid van relais in dit station.

Vopak

Op het terrein van Vopak zijn bij elke aanlegsteiger flowmeters aanwezig. De flowmeters worden op basis van de trillingsspecificaties niet trillingsgevoelig geacht. In het kantoor/bedieningsgebouw zijn op begane grond PMSX besturingssystemen aanwezig. Dit zijn regelkasten met harde schijven. In gebouw OS-06-1 van Vopak zijn PLC regelkasten aanwezig. Deze objecten worden trillingsgevoelig geacht.

Invista/Huntsman

Op het terrein van Invista/Huntsman zijn twee chemische laboratoria aanwezig. Een productielaboratorium in gebouw 12224 en een R&D laboratorium in gebouw 11075/12223. Deze laboratoria worden in eerste aanleg als kritische werkruimte conform de Bts beschouwd. De locatie van deze laboratoria is in Bijlage 2 weergegeven. Op het terrein van Huntsman is een York koelunit aanwezig. In stilstand wordt deze unit vanwege de dunne olielaag tussen de glijlageroppervlaktes trillingsgevoelig geacht. In bedrijf wordt deze unit niet trillingsgevoelig geacht.

Stork/Eqin

Op het terrein van Stork/Eqin is geen apparatuur aanwezig die trillingsgevoelig wordt geacht.

Climax

Op het terrein van Climax is een chemisch laboratorium en een serverruimte aanwezig. Dit laboratorium wordt in eerste aanleg als kritische werkruimte conform de Bts beschouwd. De locatie van dit laboratorium is in Bijlage 2 weergegeven.

In Tabel 2.5 is samenvattend de uitkomst van de inventarisatie van alle bedrijven weergegeven. Hierin is weergegeven welke objecten en welke toetswaarden voor trillingsgevoelige apparatuur worden gehanteerd. Voor de onderbouwing van de toetswaarde zie Bijlage 3.

Tabel 2.5 Trillingsgevoelige objecten en toetswaarden trillingsgevoelige apparatuur

Object	Pand id*	Toetswaarde
controlroom Lyondell	11124	2,1
metering Lyondell	105712	2,1
25 kV station Stedin (terrein Lyondell)	105713	2,2
ruimte met regelkasten met harde schijven Vopak	11424	2,1
ruimte met PLC kasten Vopak	21675	2,1
koelunit Huntsman	26619	1,0
serverruimte Climax	12419	2,1

* zie Bijlage 2 en Bijlage 3

2.3.5 Inventarisatie leidingen

De relevante invloedssfeer voor het aspect trillingen bedraagt voor leidingen slechts enkele meters. Naast de leidingstroken in de openbare ruimte zijn de leidingen op de bedrijfsterreinen relevant. Voor de leidingen op bedrijfsterreinen is een studiegebied van 10 m gehanteerd. Op het terrein van Vopak en Lyondell zijn relevante leidingen aanwezig op zeer korte afstand van het tracé. In Bijlage 3 is de situatie van Vopak en Lyondell beschreven. Van de overige bedrijven is de afstand van leidingen tot het tracé groter dan 10 m en derhalve niet relevant. In Bijlage 3 is een onderbouwing van de te hanteren grenswaarde gegeven. Voor de leidingen in de leidingstrook en op de bedrijventerreinen wordt op basis van SBR A richtlijn een rekenwaarde van de grenswaarde van 33,3 [mm/s] gehanteerd.

2.3.6 Inventarisatie procesinstallaties

Procesinstallaties bestaan uit een stelsel van leidingen en procesvaten met centrale controlrooms. Voor de leidingen en procesvaten op bedrijfsterreinen is een studiegebied van 10 m gehanteerd. Binnen 10 m afstand van het tracé zijn geen leidingen en procesvaten van procesinstallaties aanwezig. Voor de controlrooms is een studiegebied van 200 m gehanteerd. Alleen bij Lyondell is een controlroom binnen deze afstand aanwezig. De controlroom van Lyondell is in Bijlage 3 bij de inventarisatie trillingsgevoelige apparatuur van Lyondell besproken.

2.3.7 Inventarisatie objecten met verhoogde kans op schade

We gaan uit van de aanname dat er in de huidige situatie in objecten langs het huidige tracé geen sprake is van een verhoogde kans op schade aan trillingsgevoelige apparatuur, omdat er geen gegevens of meldingen op dit punt bekend zijn. Kennelijk is de huidige situatie werkbaar met betrekking tot trillingsgevoelige apparatuur.

2.3.8 Relatie met andere deelrapporten

Er is geen specifieke relatie met andere deelrapporten in de zin dat resultaten uit deze rapportage niet in andere deelrapporten worden gebruikt.

3 HUIDIGE SITUATIE EN REFERENTIESITUATIE

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige- en referentiesituatie van het plangebied en omgeving voor het aspect trillingen ten gevolge van treinpassages over de Havenspoorlijn. Het betreft de huidige- en referentiesituatie voor de objecten woningen, kantoren en kritische werkruimtes in het studiegebied. De objecten liggen in het studiegebied van het huidige tracé en het Theemswegtracé. Voor de objecten is voor de huidige- en referentiesituatie een berekening op basis van een referentiemeting aarden van de baan gemaakt. De referentiemeting van de aarden baan is in bijlage 1 weergegeven. In tabel 3.1 is de maximale trillingssterkte V_{max} van de huidige en referentiesituatie weergegeven.

Tabel 3.1 huidige situatie en referentiesituatie

Object	Huidige situatie V_{max}	Referentiesituatie 2030 V_{max}
kantoor Stork	0,22*	0,22*
kantoor Eqin	0,59*	0,59*
kantoor Brandweer	0,22*	0,22*
kantoor Arbo	0,22*	0,22*
kantoor Lyondell	--	--
kantoor Huntsman (pandid 11718)**	--	--
kantoor Huntsman (Invista pandid 12130)**	--	--
kantoor Climax	--	--
kantoor Steinweg	--	--
kantoor Almatiss	--	--
kantoor Reym (pandid 20963)**	--	--
kantoor Alconet (pandid 10691)**	--	--
kantoor Bontrans	--	--
kantoor Bertschi	--	--
kantoor Chem	--	--
kantoor Vopak	--	--
kantoor Havenpolitie	--	--
kritische werkruimte Invista	--	--
kritische werkruimte Huntsman	--	--
kritische werkruimte Climax	--	--
kantoor CRO Ports	0,80	0,80
kantoor Broekman (pandid 4)**	1,05	1,05
kantoor Broekman (pandid 7)**	0,92	0,92
kantoor Huntsman (pandid 8)**	1,00	1,00
kantoor Huntsman (pandid 9)**	0,91	0,91
kantoor Huntsman (pandid 10)**	1,01	1,01
kantoor KWS infra rozenburg	0,49	0,49
kantoor CdMR	0,67	0,67
kantoor Huntsman(pandid 17)**	0,79	0,79
kritische werkruimte Lucite International Holland BV	0,55	0,55
268 woningen Rozenburg	0,40-0,55	0,40-0,55

* nulmeting zie bijlage 5

** zie Bijlage 2 en Bijlage 3

De trillingssterkte in de huidige- en referentiesituatie zijn gelijk.

4 EFFECTBESCHRIJVING EN -BEOORDELING

4.1 Effecten van het project

In dit hoofdstuk worden de effecten van het project Theemswegtracé voor het effect trillingen in de projectsituatie weergegeven. Het onderzoek richt zich op het aantal objecten dat in de gebruiksfase hinder kan ondervinden als gevolg van het project Theemswegtracé. Het effect van het project Theemswegtracé is gebaseerd op een empirisch model. De parameters van de werkwijze zijn in paragraaf 2.3 toegelicht.

4.1.1 Hinder effecten variant oostelijke passage in de gebruiksfase

In Bijlage 8 zijn de maaiveldcontouren van de projectsituatie Theemswegtracé variant oostelijke passage weergegeven. De maaiveldcontouren geven de verwachte maximale trillingssterkte $V_{\max}$ in de bodem weer. In deze contouren is zichtbaar dat de trogliggerconstructie en de prefabbetonnenliggers in combinatie met pijlerbalk en de stalenboogbrug met beton/staaldek een relatief trillingsarme constructie is ten opzichte van de gewapende grond constructie. In Tabel 4.1 zijn de verwachtingen in de kantoren en kritische werkruimtes voor de projectsituatie en de referentiesituatie van het Theemswegtracé variant oostelijke passage weergegeven.

Tabel 4.1 Resultaten Theemswegtracé variant oostelijke passage

Object	Afstand tot tracé* [m]	Referentiesituatie 2030 $V_{\max}$	Projectsituatie 2030 $V_{\max}$
kantoor Stork	35,3	0,22	0,64
kantoor Egin	14,3	0,59	0,63
kantoor Brandweer	51,9	0,22	0,13
kantoor Arbo	52,9	0,22	0,40
kantoor Lyondell	14,8	--	0,82
kantoor Huntsman (pandid 11718)**	65,6	--	0,27
kantoor Huntsman (Invista pandid 12130)**	62,2	--	0,28
kantoor Climax	29,8	--	0,21
kantoor Steinweg	40,9	--	0,46
kantoor Almatiss	21,6	--	0,66
kantoor Reym (pandid 20963)**	35,7	--	0,50
kantoor Alconet (pandid 10691)**	53,9	--	0,64
kantoor Bontrans	51,4	--	0,75
kantoor Bertschi	51,7	--	1,07
kantoor Chem	34,2	--	0,51
kantoor Vopak	70,5	--	0,28
kantoor Havenpolitie	76,9	--	0,53
kritische werkruimte Huntsman	175,9	--	0,16
kritische werkruimte Invista	125,0	--	0,21
kritische werkruimte Climax	29,3	--	0,21
kantoor CRO Ports	97,2	0,80	--
kantoor Broekman (pandid 4)**	63,8	1,05	--
kantoor Broekman (pandid 7)**	78,8	0,92	--
kantoor Huntsman (pandid 8)**	68,8	1,00	--
kantoor Huntsman (pandid 9)**	79,9	0,91	--
kantoor Huntsman (pandid 10)**	68,0	1,01	--
kantoor KWS infra rozenburg	182,3	0,49	--
kantoor CdMR	123,4	0,67	--
kantoor Huntsman(pandid 17)**	98,6	0,79	--
kritische werkruimte Lucite International Holland BV	161,5	0,55	--
268 woningen Rozenburg	158-225	0,40-0,55	--

* afstand tot hart dichtstbijzijnde pijler

** zie Bijlage 2 en Bijlage 3

Om de mate van overschrijding in een context te plaatsen wordt de verwachting van de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ vergeleken met een hinderclassificatie. In tabel 4.2 is de hinder classificatie voor weg- en railverkeer conform Bijlage 5 van de 'Meet- en beoordelingsrichtlijn voor trillingen'. Deel B: Hinder voor personen in gebouwen weergegeven. Voor objecten met hinder classificatie ernstige hinder geldt dat deze mate van hinder niet toelaatbaar is (knelpunt). Dit wordt in de Bts door artikel 9 lid 2 bepaald, het treffen van maatregelen kan niet achterwege blijven indien de $V_{\max}$ hoger is dan 3,2.

Tabel 4.2 Hinderclassificatie weg- en railverkeer

Grenzen betreffende hinderklasse $V_{\max}$	Hinder classificatie
<0,1	Geen hinder
0,1-0,2	Weinig hinder
0,2-0,8	Matige hinder
0,8-3,2	Hinder
>3,2	Ernstige hinder

In Tabel 4.3 is op basis van deze hinder classificatie de hinder voor de objecten weergegeven. De mate van hinder varieert in de objecten van "weinig hinder" tot "hinder", dit geldt voor zowel de referentiesituatie als de projectsituatie.

Het is voor de hinder classificatie goed om in ogenschouw te nemen dat de prognose op een bovengrensbeschouwing met voor een aantal objecten worst case aannames is gebaseerd. Met name de opslingerfactor van vloeren is vanwege het ontbreken van gegevens van de vloeren voor een aantal objecten op een aanname gebaseerd. In werkelijkheid kan de opslingerfactor van gebouwen lager blijken waardoor trillingssterkte $V_{\max}$ en daardoor de hinder classificatie mogelijk lager blijkt.

Tabel 4.3 Hinderclassificatie objecten $V_{\max}$ variant oostelijke passage

Object	$V_{\max}$ referentie situatie	Hinder classificatie referentie situatie	$V_{\max}$ projectsituatie	Hinder classificatie projectsituatie	Grenzen betreffende classificatie [$V_{\max}$]	Aantal werkplekken in object
kantoor Egin	0,59	matige hinder	0,63	matige hinder	0,2-0,8	30
kantoor Brandweer	0,22	matige hinder	0,13	weinig hinder	0,1-0,2	23*
kantoor Stork	0,22	matige hinder	0,64	matige hinder	0,2-0,8	52*
kantoor Arbo	0,22	matige hinder	0,40	matige hinder	0,2-0,8	89*
kantoor Lyondell	--	geen hinder	0,82	hinder	0,8-3,2	80
kantoor Huntsman (pandid 11718)**	--	geen hinder	0,27	matige hinder	0,2-0,8	50
kantoor Huntsman (Invista pandid 12130)**	--	geen hinder	0,28	matige hinder	0,2-0,8	30
kantoor Climax	--	geen hinder	0,21	matige hinder	0,2-0,8	35
kantoor Steinweg	--	geen hinder	0,46	matige hinder	0,2-0,8	84*
kantoor Almatris	--	geen hinder	0,66	matige hinder	0,2-0,8	60*
kantoor Reym (pandid 20963)**	--	geen hinder	0,50	matige hinder	0,2-0,8	63*
kantoor Alconet (pandid 10691)**	--	geen hinder	0,64	matige hinder	0,2-0,8	19*

Object	V _{max} referentie situatie	Hinder classificatie referentie situatie	V _{max} projectsituatie	Hinder classificatie projectsituatie	Grenzen betreffende classificatie [V _{max}]	Aantal werkplekken in object
kantoor Bontrans	--	geen hinder	0,75	matige hinder	0,2-0,8	8*
kantoor Chem	--	geen hinder	0,51	matige hinder	0,2-0,8	12
kantoor Bertschi	--	geen hinder	1,07	hinder	0,8-3,2	24*
kantoor Vopak	--	geen hinder	0,28	matige hinder	0,2-0,8	1
kantoor Havenpolitie	--	geen hinder	0,53	matige hinder	0,2-0,8	63*
kritische werkruimte Huntsman	--	geen hinder	0,16	weinig hinder	0,1-0,2	5
kritische werkruimte Invista	--	geen hinder	0,21	matige hinder	0,2-0,8	4
kritische werkruimte Climax	--	geen hinder	0,21	matige hinder	0,2-0,8	4
kantoor CRO Ports	0,80	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	4
kantoor Broekman (pandid 4)**	1,05	hinder	--	geen hinder	<0,1	39*
kantoor Broekman (pandid 7)**	0,92	hinder	--	geen hinder	<0,1	74*
kantoor Huntsman (pandid 8)**	1,00	hinder	--	geen hinder	<0,1	7*
kantoor Huntsman (pandid 9)**	0,91	hinder	--	geen hinder	<0,1	24*
kantoor Huntsman (pandid 10)**	1,01	hinder	--	geen hinder	<0,1	17*
kantoor KWS infra rozenburg	0,49	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	13*
kantoor CdMR	0,67	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	61*
kantoor Huntsman(pandid 17)**	0,79	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	104*
kritische werkruimte Lucite International Holland BV	0,55	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	2
268 woningen Rozenburg	0,40-0,55	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	--

* aantal werkplekken schatting gebaseerd op 23 m2 per werkplek

** zie Bijlage 2 en Bijlage 3

In tabel 4.4 zijn de aantallen objecten in hinderklassen weergegeven voor de projectsituatie en voor de referentiesituatie. Hieruit blijkt dat er ten gevolge van het project Theemswegtracé in de variant oostelijke passage het aantal kantoren en kritische werkruimten met hinder in het studiegebied voor trillingen toeneemt van 15 naar 20. Tevens blijkt dat er ten gevolge van het project Theemswegtracé in de variant oostelijke passage het aantal woningen met hinder in het studiegebied voor trillingen afneemt van 268 naar 0. Er zijn ten gevolge van het project Theemswegtracé in de variant oostelijke passage geen objecten die in de hinderklasse ernstige hinder vallen.

Tabel 4.4 Hinderclassificatie variant oostelijke passage

Hinderclassificatie	Grenzen betreffende classificatie [V _{max}]	Aantal kantoren en kritische werkruimten in hinder classificatie referentiesituatie	Aantal woningen in hinder classificatie referentie situatie	Aantal kantoren en kritische werkruimten in hinder classificatie projectsituatie	Aantal woningen in hinder classificatie projectsituatie
Geen hinder	<0,1	16	0	11	268
Weinig hinder	0,1-0,2	0	0	2	0
Matige hinder	0,2-0,8	10	268	16	0
Hinder	0,8-3,2	5	0	2	0
Ernstige hinder	>3,2	0	0	0	0

4.1.2 Hinder effecten variant westelijke passage in de gebruiksfase

In Bijlage 10 zijn de maaiveldcontouren van de projectsituatie Theemswegtracé variant westelijke passage weergegeven. De maaiveldcontouren geven de verwachte maximale trillingssterkte $V_{\max}$ in de bodem weer. In deze contouren is zichtbaar dat de prefabbetonnenliggers in combinatie met pijlerbalk een relatief trillingsarme constructie is ten opzichte van de gewapende grond constructie.

In Tabel 4.5 zijn de verwachtingen in de kantoren en kritische werkruimtes voor de projectsituatie en de huidige situatie van het Theemswegtracé variant westelijke passage weergegeven.

Tabel 4.5 Resultaten Theemswegtracé variant westelijke passage

Object	Afstand tot tracé* [m]	Referentiesituatie 2030 $V_{\max}$	Projectsituatie 2030 $V_{\max}$
kantoor Stork	35,3	0,22	0,64
kantoor Egin	14,3	0,59	0,63
kantoor Brandweer	51,9	0,22	0,13
kantoor Arbo	52,9	0,22	0,40
kantoor Lyondell	14,8	--	0,82
kantoor Huntsman (pandid 11718)**	65,6	--	0,27
kantoor Huntsman (Invista pandid 12130)**	62,2	--	0,28
kantoor Climax	29,8	--	0,21
kantoor Steinweg	40,9	--	0,46
kantoor Almatiss	21,6	--	0,66
kantoor Reym (pandid 20963)**	35,7	--	0,50
kantoor Alconet (pandid 10691)**	53,9	--	0,64
kantoor Bontrans	51,4	--	0,75
kantoor Bertschi	51,7	--	1,07
kantoor Chem	9,5	--	1,02
kantoor Vopak	42,5	--	0,38
kantoor Havenpolitie	76,9	--	0,56
kritische werkruimte Huntsman	175,9	--	0,16
kritische werkruimte Invista	125,0	--	0,21
kritische werkruimte Climax	29,3	--	0,21
kantoor CRO Ports	97,2	0,80	--
kantoor Broekman (pandid 4)**	63,8	1,05	--
kantoor Broekman (pandid 7)**	78,8	0,92	--
kantoor Huntsman (pandid 8)**	68,8	1,00	--
kantoor Huntsman (pandid 9)**	79,9	0,91	--
kantoor Huntsman (pandid 10)**	68,0	1,01	--
kantoor KWS infra rozenburg	182,3	0,49	--
kantoor CdMR	123,4	0,67	--
kantoor Huntsman(pandid 17)**	98,6	0,79	--
kritische werkruimte Lucite International Holland BV	161,5	0,55	--
268 woningen Rozenburg	158-225	0,40-0,55	--

* afstand tot hart dichtstbijzijnde pijler

** zie Bijlage 2 en Bijlage 3

Om de trillingssterkte in een context te plaatsen wordt de verwachting van de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ vergeleken met een hinderclassificatie. In tabel 4.2 is de hinder classificatie voor weg- en railverkeer conform Bijlage 5 van de 'Meet- en beoordelingsrichtlijn voor trillingen'. Deel B: Hinder voor personen in gebouwen weergegeven. In Tabel 4.6 is op basis van deze hinder classificatie de mate van hinder voor de objecten weergegeven. De mate van hinder varieert in deze objecten van "*weinig hinder*" tot "*hinder*", dit geldt voor zowel de referentiesituatie als de projectsituatie.

Het is voor de hinder classificatie goed om in ogenschouw te nemen dat de prognose op een bovengrensbeschouwing met voor een aantal objecten worst case aannames is gebaseerd. Met name de opslingerfactor van vloeren is vanwege het ontbreken van gegevens van de vloeren voor een aantal objecten op een aanname gebaseerd. In werkelijkheid kan de opslingerfactor van gebouwen lager blijken waardoor trillingssterkte $V_{\max}$ en daardoor de hinder classificatie mogelijk lager blijkt.

Tabel 4.6 Hinderclassificatie objecten Vmax variant westelijke passage

Object	V _{max} referentie situatie	Hinder classificatie referentie situatie	V _{max} projectsituatie	Hinder classificatie projectsituatie	Grenzen betreffende classificatie [V _{max}]	Aantal werkplekken in object
kantoor Eqin	0,59	matige hinder	0,63	matige hinder	0,2-0,8	30
kantoor Brandweer	0,22	matige hinder	0,13	weinig hinder	0,1-0,2	23*
kantoor Stork	0,22	matige hinder	0,64	matige hinder	0,2-0,8	52*
kantoor Arbo	0,22	matige hinder	0,40	matige hinder	0,2-0,8	89*
kantoor Lyondell	--	geen hinder	0,82	hinder	0,8-3,2	80
kantoor Huntsman (pandid 11718)**	--	geen hinder	0,27	matige hinder	0,2-0,8	50
kantoor Huntsman (Invista pandid 12130)**	--	geen hinder	0,28	matige hinder	0,2-0,8	30
kantoor Climax	--	geen hinder	0,21	matige hinder	0,2-0,8	35
kantoor Steinweg	--	geen hinder	0,46	matige hinder	0,2-0,8	84*
kantoor Almatiss	--	geen hinder	0,66	matige hinder	0,2-0,8	60*
kantoor Reym (pandid 20963)**	--	geen hinder	0,5	matige hinder	0,2-0,8	63*
kantoor Alconet (pandid 10691)**	--	geen hinder	0,64	matige hinder	0,2-0,8	19*
kantoor Bontrans	--	geen hinder	0,75	matige hinder	0,2-0,8	8*
kantoor Chem	--	geen hinder	1,02	hinder	0,8-3,2	12
kantoor Bertschi	--	geen hinder	1,07	hinder	0,8-3,2	24*
kantoor Vopak	--	geen hinder	0,38	matige hinder	0,2-0,8	1
kantoor Havenpolitie	--	geen hinder	0,53	matige hinder	0,2-0,8	63*
kritische werkruimte Huntsman	--	geen hinder	0,16	weinig hinder	0,1-0,2	5
kritische werkruimte Invista	--	geen hinder	0,21	matige hinder	0,2-0,8	4
kritische werkruimte Climax	--	geen hinder	0,21	matige hinder	0,2-0,8	4
kantoor CRO Ports	0,80	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	4*
kantoor Broekman (pandid 4)**	1,05	hinder	--	geen hinder	<0,1	39*
kantoor Broekman (pandid 7)**	0,92	hinder	--	geen hinder	<0,1	74*
kantoor Huntsman (pandid 8)**	1,00	hinder	--	geen hinder	<0,1	7*
kantoor Huntsman (pandid 9)**	0,91	hinder	--	geen hinder	<0,1	24*
kantoor Huntsman (pandid 10)**	1,01	hinder	--	geen hinder	<0,1	17*
kantoor KWS infra rozenburg	0,49	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	13*
kantoor CdMR	0,67	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	61*
kantoor Huntsman(pandid 17)**	0,79	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	104*
kritische werkruimte Lucite International Holland BV	0,55	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	2
268 woningen Rozenburg	0,40-0,55	matige hinder	--	geen hinder	<0,1	--

* aantal werkplekken schatting gebaseerd op 23 m2 per werkplek

** voor object is een waarde gehanteerd gelijk aan de meting voor de cluster

In tabel 4.7 zijn de aantallen objecten in hinderklassen weergegeven voor de projectsituatie en voor de referentiesituatie. Hieruit blijkt dat er ten gevolge van het project Theemswegtracé in de variant westelijke passage het aantal kantoren en kritische werkruimten met hinder in het studiegebied voor trillingen toeneemt van 15 naar 20. Tevens blijkt dat er ten gevolge van het project Theemswegtracé in de variant westelijke passage het aantal woningen met hinder in het studiegebied voor trillingen afneemt van 268 naar 0. Er zijn ten gevolge van het project Theemswegtracé in de variant westelijke passage geen objecten die in de hinderklasse ernstige hinder vallen.

Tabel 4.7 Hinderclassificatie variant westelijke passage

Hinderclassificatie	Grenzen betreffende classificatie [V_{max}]	Aantal kantoren en kritische werkruimten in hinder classificatie referentie situatie	Aantal woningen in hinder classificatie referentie situatie	Aantal kantoren en kritische werkruimten in hinder classificatie projectsituatie	Aantal woningen in hinder classificatie projectsituatie
Geen hinder	<0,1	16	0	11	268
Weinig hinder	0,1-0,2	0	0	2	0
Matige hinder	0,2-0,8	10	268	15	0
Hinder	0,8-3,2	5	0	3	0
Ernstige hinder	>3,2	0	0	0	0

4.1.3 Beschouwing trillingen t.g.v. wegverkeer en stamlijn

De afstanden van de rijbanen van de Theemsweg tot de kantoren en de afstanden van enkele delen van de stamlijnen tot de kantoren veranderen in de projectsituatie ten opzichte van de afstanden in de huidige situatie.

De relatieve afstandsverandering ten opzichte van de huidige situatie voor de rijbanen van de Theemsweg tot de kantoren bedraagt enkele meters. De afstand ten opzichte van de objecten aan de noordzijde neemt hierdoor af met enkele meters. De afstand ten opzichte van de objecten aan de zuidzijde neemt hierdoor toe met enkele meters.

De stamlijn wordt als volgt aangepast:

1. Het westelijke gedeelte.
Het bestaande "derde spoor" richting Huntsman wordt vernieuwd en aan de oostzijde aangesloten op het bestaande opstel-omloop spoor.
2. Het oostelijke gedeelte.
Er wordt een nieuw spoor noordelijk van het bestaande spoor gerealiseerd.

De rijsnelheid van treinen over de stamlijnen is stapvoets, daarom is de trillingssterkte ten gevolge van de stamlijn (zoals vastgesteld op basis van de metingen) minder relevant. De relatieve afstandsverandering bedraagt voor het oostelijk deel van de stamlijn tot de kantoren enkele meters. De afstand ten opzichte van de objecten aan de noordzijde neemt hierdoor af met enkele meters. De afstand ten opzichte van de objecten aan de zuidzijde neemt hierdoor toe met enkele meters.

Op basis van de bovenstaande gegevens is de verwachting dat de wijzigingen van de afstanden van wegverkeer en stamlijn tot de kantoren niet relevant zijn voor het aspect trillingen ten opzichte van de toekomstige trillingssterkte ten gevolge van de Havenspoorlijn over het Theemswegtracé.

4.1.4 Schade effecten van het project in de gebruiksfase

In Tabel 4.8 zijn de verwachtingen van de trillingssterkte V_{top} trillingsgevoelige apparatuur voor de projectsituatie van het Theemswegtracé voor de varianten weergegeven. We gaan uit van de aanname dat er in de huidige situatie in objecten langs het huidige tracé geen sprake is van een verhoogde kans op schade aan trillingsgevoelige apparatuur, omdat er geen gegevens of meldingen op dit punt bekend zijn. De trillingssterkte V_{top} is de grootste momentane waarde van een meting.

Tabel 4.8 Resultaten trillingsgevoelige apparatuur Theemswegtracé

Object	Pand id*	Referentie situatie V_{top}	Afstand tot Theemsweg tracé* [m]	Plan situatie V_{top}	toetswaarde
Oostelijke passage					
controlroom Lyondell	11124	---	111,6	0,52	2,1
metering Lyondell	105712	---	61,6	0,48	2,1
25 kV station Stedin (terrein Lyondell)	105713	---	14,8	1,46	2,2
ruimte met regelkasten met harde schijven Vopak	11424	---	42,5	0,71	2,1
ruimte met PLC kasten Vopak	21675	---	16,1	1,43	2,1
koelunit Huntsman	26619	---	104,1	0,16	1,0
serverruimte Climax	12419	---	166,6	0,34	2,1
Objecten langs huidig tracé	--	--	--	--	--
Westelijke passage					
controlroom Lyondell	11124	---	111,6	0,52	2,1
metering Lyondell	105712	---	61,6	0,48	2,1
25 kV station Stedin (terrein Lyondell)	105713	---	14,8	1,46	2,2
ruimte met regelkasten met harde schijven Vopak	11424	---	42,5	0,71	2,1
ruimte met PLC kasten Vopak	21675	---	16,1	1,92	2,1
koelunit Huntsman	26619	---	104,1	0,16	1,0
serverruimte Climax	12419	---	166,6	0,34	2,1
Objecten langs huidige tracé	--	--	--	--	--

* zie Bijlage 2 en Bijlage 3

** objecten liggen buiten het studiegebied van het huidige tracé

Op basis van de in Tabel 4.8 gepresenteerde verwachtingen voor de trillingssterkte V_{top} trillingsgevoelige apparatuur is er in de beide varianten geen sprake van een toename van objecten met een verhoogde kans op schade voor trillingsgevoelige apparatuur.

Er zijn voor beide varianten een vijftal raakvlakken voor het aspect trillingen met de leidingen in de omgeving van het Theemswegtracé.

Raakvlak 1 kruisende leidingen leidingstroken

Voor de posities van de pijlers van het kunstwerk Theemswegtracé en de kruisende leidingen is het uitgangspunt geweest hier geen rekening mee te houden. Daarom is er in de baseline tekeningen sprake van een aantal raakvlakken tussen kruisende leidingen en de pijlers van het kunstwerk Theemswegtracé. Voor de aanpassingen wordt er een engineering doelstelling gehanteerd van minimaal 1,0 m afstand tussen leiding en fundatie van de pijler. Op 1 m afstand van de poer van een pijler (5 m afstand tot hart pijler) bedraagt op basis van de formule van Barkan de trillingsterkte V_{top} naar verwachting maximaal 0,9 mm/s. Voor de leidingen in de leidingstrook en op de bedrijventerreinen wordt op basis van SBR A richtlijn een rekenwaarde van de grenswaarde van 33,3 [mm/s] gehanteerd. Hiermee wordt in raakvlak 1 zeer ruim (met een factor 37) aan de grenswaarden en de beoordelingssystematiek uit de SBR A richtlijn voldaan. Hiermee wordt de engineering doelstelling voor raakvlak 1 als veilig aangemerkt in de zin dat er geen sprake is van een verhoogde kans op schade.

Raakvlak 2 pijlers in de leidingstroken

In de bovenaanzichten zijn er steunpunten in de leidingstrook geprojecteerd, de poeren worden met de bovenkant gelijk gehouden met de onderkant van de leidingstrook. Deze situatie wordt met de leidingstrook beheerder besproken en het werkplan omtrent deze werkzaamheden wordt aan de

leidingeigenaren voorgelegd. Er wordt in het verticale vlak een afstand tussen de poer en de leiding van minimaal 0,1 m gehanteerd. Aangenomen wordt dat de afstand tussen leiding en poer bepalend is. Hierbij wordt geconstateerd dat de beschikbare gegevens en de formule van Barkan geen basis biedt voor een beschouwingen in deze specifieke situatie. In Bijlage 1 zijn metingen op zeer korte afstand van de fundering van de referentieconstructie weergegeven. In de bodem op 10 cm afstand van de poer bedraagt de trillingssnelheid maximaal V_{top} 1,24 mm/s. Voor de leidingen in de leidingstrook en op de bedrijventerreinen wordt op basis van SBR A richtlijn een rekenwaarde van de grenswaarde van 33,3 [mm/s] gehanteerd. Hiermee wordt in raakvlak 2 zeer ruim (met een factor 26) aan de grenswaarden en de beoordelingssystematiek uit de SBR A richtlijn voldaan. Hiermee wordt raakvlak 2 als veilig aangemerkt in de zin dat er geen sprake is van een verhoogde kans op schade.

Raakvlak 3 leidingen onder de gewapende grondconstructie

De gewapende grondconstructie is over een leidingstrook geprojecteerd. Het voornemen is de leidingstrook te verleggen en om het steunpunt heen te leiden.

Raakvlak 4 leidingen bedrijfsterrein Vopak

Variant oostelijke passage

De afstand van de erfgrens van Vopak tot het hart van de dichtstbijzijnde pijler bedraagt 5,9 m. Op 5,9 m afstand tot hart pijler bedraagt op basis van de formule van Barkan de trillingsterkte V_{top} naar verwachting maximaal 0,8 mm/s. Voor de leidingen van Vopak wordt op basis van SBR A richtlijn een rekenwaarde van de grenswaarde van 33,3 [mm/s] gehanteerd. Hiermee wordt in raakvlak 4 zeer ruim (met een factor 41) aan de grenswaarden en de beoordelingssystematiek uit de SBR A richtlijn voldaan. Hiermee wordt raakvlak 4 als veilig aangemerkt in de zin dat er geen sprake is van een verhoogde kans op schade.

Variant westelijke passage

De afstand van de erfgrens van Vopak tot het hart van de dichtstbijzijnde pijler (pijler in het water) tot de kade bedraagt 4 m. Op 4 m afstand tot hart pijler bedraagt op basis van de formule van Barkan de trillingsterkte V_{top} naar verwachting maximaal 1 mm/s. Met het water in de overdrachtsweg wordt als worst case benadering geen rekening gehouden. Voor de leidingen van Vopak wordt op basis van SBR A richtlijn een rekenwaarde van de grenswaarde van 33,3 [mm/s] gehanteerd. Hiermee wordt in raakvlak 4 zeer ruim (met een factor 33) aan de grenswaarden en de beoordelingssystematiek uit de SBR A richtlijn voldaan. Hiermee wordt raakvlak 4 als veilig aangemerkt in de zin dat er geen sprake is van een verhoogde kans op schade.

Raakvlak 5 leidingen bedrijfsterrein Lyondell

De afstand van de erfgrens van Lyondell tot het hart van de dichtstbijzijnde pijler bedraagt 14,4 m. Op 14,4 m afstand tot hart pijler bedraagt op basis van de formule van Barkan de trillingsterkte V_{top} naar verwachting maximaal 0,5 mm/s. Voor de leidingen van Lyondell wordt op basis van SBR A richtlijn een rekenwaarde van de grenswaarde van 33,3 [mm/s] gehanteerd. Hiermee wordt in raakvlak 5 zeer ruim (met een factor 66) aan de grenswaarden en de beoordelingssystematiek uit de SBR A richtlijn voldaan. Hiermee wordt raakvlak 5 als veilig aangemerkt in de zin dat er geen sprake is van een verhoogde kans op schade.

Samenvattend wordt geconcludeerd dat de trillingen voor alle trillingsgevoelige apparatuur en de raakvlakken met leidingen als veilig aangemerkt worden in de zin dat er geen sprake is van een verhoogde kans op schade. Dit geldt in gelijke mate voor beide uitvoeringsvarianten.

4.2 Waardering effecten

In dit projectMER worden de effecten van het Theemswegtracé beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie voor het aspect trillingen is de autonome groeisituatie. Om een goede onderlinge vergelijking tussen de varianten mogelijk te maken heeft de referentiesituatie altijd een neutrale score (0).

In het projectMER zijn de effecten door middel van een onderbouwde kwantificering en/of kwalitatieve beschrijving in kaart gebracht en vervolgens beoordeeld op een kwalitatieve schaal. Er wordt een vertaling gemaakt van kwantitatieve resultaten naar een kwalitatieve schaal. De kwalitatieve methode vergelijkt de variant met de referentiesituatie. Deze beoordeling vindt plaats op een zevendelige schaal (+ +, +, 0/+, 0, 0/-, -, - -) en de referentiesituatie is hierbij neutraal (= 0). Hierbij wordt de hinderklasse ernstige hinder met een trillingssterkte groter dan 3,2 [–] als een knelpunt gehanteerd omdat in dat geval maatregelen niet achterwege kunnen blijven. Deze score is in tabel 4.9 uitgewerkt.

Tabel 4.9 Beoordeling effecten

Waardering	Omschrijving	Kwantificering*
++	zeer groot positief effect	afname gehinderde objecten met oplossing van een knelpunt tot gevolg
+	groot positief effect	afname gehinderde objecten zonder oplossing van een knelpunt tot gevolg
0/+	gering positief effect	gering afname gehinderde objecten
0	neutraal effect	neutraal effect geen effect
0/-	gering negatief effect	gering toename gehinderde objecten
-	groot negatief effect	toename gehinderde objecten zonder knelpunt tot gevolg
--	zeer groot negatief effect	toename gehinderde objecten met knelpunt tot gevolg

toelichting *:

- Een knelpunt houdt in de overschrijding van een wettelijke norm.

- Een gering negatief effect kan optreden bij zowel een beperkt effect op een situatie met een hoge waarde, als wel bij een groot effect op een situatie met weinig waarde. De waardering wordt beoordeeld op basis van 'expert judgement'.

4.3 Effectbeoordeling

4.3.1 Effect trillinghinder in gebruiksfase

Beschouwing maximale trillingssterkte ten opzichte van de referentiesituatie

Ten gevolge van het project Theemswegtracé neemt de kans op trillinghinder voor kantoren toe ten opzichte van de referentiesituatie omdat het aantal kantoren en kritische werkruimtes dat aan trillingen wordt blootgesteld toeneemt. Ten gevolge van het project Theemswegtracé neemt de kans op trillinghinder voor woningen af ten opzichte van de referentiesituatie omdat het aantal woningen dat aan trillingen wordt blootgesteld afneemt tot nul. Er is geen sprake van een knelpunt.

Dit geldt voor zowel de variant oostelijke passage als de variant westelijk passage. Het relatieve verschil tussen de varianten zit in het westelijke deel ter hoogte van de Neckarweg en wordt bepaald door het verschil in afstand van kantoren tot het tracé.

Hiermee scoren beide uitvoeringsvarianten van het Theemswegtracé negatief (-) voor kantoren en kritische werkruimtes en positief voor woningen (+) ten opzichte van de referentiesituatie op dit aspect zonder knelpunt tot gevolg. Het verschil tussen beide uitvoeringsvarianten is beperkt en niet significant.

4.3.2 Effect schade ten gevolge van trillingen in gebruiksfase

Op basis van de verwachtingen voor de trillingssterkte V_{top} trillingsgevoelige apparatuur is er voor beide uitvoeringsvarianten geen toename van objecten met een verhoogde kans op schade voor trillingsgevoelige apparatuur. Hiermee scoort het Theemswegtracé neutraal op dit aspect.

4.4 Samenvatting effectbeoordeling

In Tabel 4.10 en Tabel 4.11 zijn de effecten voor de beide uitvoeringsvarianten samengevat weergegeven.

Tabel 4.10 Beoordeling effecten Theemswegtracé variant oostelijke passage

Beoordelingsaspect	Criterium	Referentie-situatie	Theemswegtracé variant oostelijke passage
<i>Hinder ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé in kantoren en kritische werkruimtes</i>	Trillinghinder in gebruiksfase aantal objecten in studiegebied	Autonome groeisituatie	0/-
<i>Hinder ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé in woningen</i>	Trillinghinder in gebruiksfase aantal objecten in studiegebied	Autonome groeisituatie	+
<i>Schade ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé aan apparatuur, bedrijfsprocessen en leidingen</i>	<i>Kans op schade ten gevolge van trillingen in gebruiksfase</i>	Autonome groeisituatie	0

Tabel 4.11 Beoordeling effecten Theemswegtracé variant westelijke passage

Beoordelingsaspect	Criterium	Referentie-situatie	Theemswegtracé variant westelijke passage
<i>Hinder ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé in woningen, kantoren en kritische werkruimtes</i>	Trillinghinder in gebruiksfase aantal objecten in studiegebied	Autonome groeisituatie	0/-
<i>Hinder ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé in, woningen</i>	Trillinghinder in gebruiksfase aantal objecten in studiegebied	Autonome groeisituatie	+
<i>Schade ten gevolge van trillingen in de gebruiksfase van het Theemswegtracé aan apparatuur, bedrijfsprocessen en leidingen</i>	<i>Kans op schade ten gevolge van trillingen in gebruiksfase</i>	Autonome groeisituatie	0

5 LEEMTEN IN KENNIS

De in dit projectMER gebruikte gegevens zijn gebaseerd op de tijdens het proces van schrijven beschikbare informatie (bevriesmoment: 9 juni 2015). Op een aantal punten zijn nog leemten in kennis. Er bestaat geen wettelijke of algemeen geaccepteerde rekenmethode voor het aspect trillingen. De prognose is gebaseerd op een bovengrensbeschouwing van een empirische aanpak met worst case aannames. De rekenkundige uitkomsten zijn een indicatie voor de toekomstige trillingsniveaus. Een exacte rekensystematiek is niet voorhanden.

6 LITERATUURLIJST

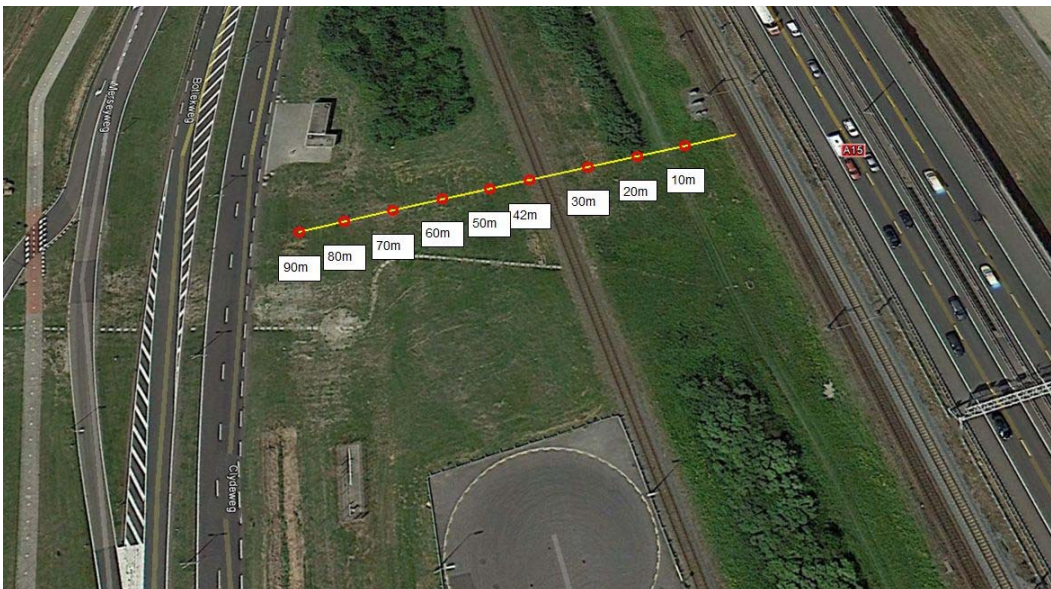
- [1] Vibration of soils and foundations Richart, Hall en Woods Prentice Hall 1970
- [2] Gedrag van constructies en funderingen dr. Ir. P.H. Waarts Trillinghinder en contactgeluid
Stichting Postacademisch Onderwijs november 2001

Bijlage 1 Metingen referentieobjecten

Er zijn trillingsmetingen uitgevoerd naast het havenspoor tracé op een locatie waar het spoor in een betonnen trogconstructie op palen ligt. Naast een kolom van de betonnen trogconstructie is een meetraai aangebracht waarbij om de 10 meter op het maaiveld een trillingmeetpunt is aangebracht. Het laatste meetpunt (mp6) heeft een tussenruimte van 20 m ten opzichte van mp5 in verband met het asfalt van de Blindeweg. Ter hoogte van mp2 is een relevante basalt split in het maaiveld aanwezig in verband met een niet verharde onderhoudsweg.



Figuur 1.1 meetraai referentieobject trog op pijlers



Figuur 1.2 meetraai referentieobject aarden baan

Het doel van de metingen is het vastleggen van trillingen in de bodem ten gevolge van passages van goederentreinen over het havenspoortracé ter hoogte van de Blindeweg te Rotterdam. De meetresultaten worden gepresenteerd in de grootte V_{top} conform de SBR richtlijn trillingen deel A

“Schade aan gebouwen” en in de grootheid $V_{\text{eff,max}}$ conform de SBR richtlijn trillingen deel B “Hinder voor personen in gebouwen”.

Op donderdag 2 juli 2015 zijn metingen aan de trog op pijlers uitgevoerd. Op vrijdag 9 oktober 2015 zijn metingen aan de aarden baan uitgevoerd. Tijdens alle trillingsmetingen zijn de trillingniveaus in de meetapparatuur opgeslagen.



Figuur 1.2 Weergave passages goederentrein op 2 juli

In tabel 1.1 en tabel 1.2 zijn alle passages weergegeven. In figuur 1.2 is een aantal foto's van de passages weergegeven. Met een radarpistool is de rijsnelheid gemeten. Aangezien vanuit de meetpositie het schotveld van het radarpistool en de rijlijn van de trein een hoek van circa 10 tot 25 graden met elkaar maken is de gepresenteerde snelheid een benadering van de werkelijke momentane rijsnelheid.

Tabel 1.1 Passages referentieobject trog op pijlers

Nummer passage	tijd	Snelheid [km/u]	Rijrichting van-naar	Gewicht*	Lengte*	Omschrijving*
1	9:07	55	oost-west	506	181	1 loc + 11 tankwagens
2	9:18	71	west-oost	1120	538	1 loc + 20 containers
3	9:23	79	oost-west	1294	496	1 loc + 23 containers
4	9:30	72	oost-west	992	461	1 locs + 34 ertswagens
5	9:57	71	oost-west	1579	676	1 loc + 25 containers
6	11:17	72	west-oost	1209	566	1 loc + 22 containers
7	12:00	62	west-oost	476	235	1 loc + 16 tankwagens
8	12:10	71	west-oost	1365	655	1 loc + 30 containers
9	12:12	61	oost-west	1208	662	1 loc + 28 containers
10	12:29	62	oost-west	1527	606	2 locs + 38 ertswagens
11	12:36	69	west-oost	86	9	1 loc
12	13:01	61	west-oost	3600	583	1 locs + 39 ertswagens
13	13:07	67	west-oost	5298	605	2 locs + 37 ertswagens
14	13:28	73	oost-west	1245	594	2 locs + 43 ertswagens
15	13:31	67	west-oost	203	95	1 loc + 5 tankwagens
16	14:07	64	oost-west	339	172	1 loc + 10 tankwagens
17	14:14	68	oost-west	--	--	1 loc**
18	14:15	67	west-oost	--	--	1 loc + 48 containers**
19	14:50	67	west-oost	--	--	1 loc + 3 wagens**
20	15:02	66	west-oost	--	--	1 loc + 21 tankwagens**

* opgave Hbr

** visuele waarneming

Tabel 1.2 Passages referentieobject aarden baan

Nummer passage	tijd	Snelheid [km/u]	Rijrichting van-naar	Gewicht*	Lengte*	Omschrijving*
1	10:55	62	zuid-noord	2102	664	1 loc + 25 containerwagens
2	11:06	50	zuid-noord	1219	596	1 loc + 17 containerwagens
3	11:21	80	noord-zuid	--	--	1 loc**
4	11:28	70	noord-zuid	--	--	1 loc + 38 ertswagens**
5	11:48	70	noord-zuid	5351	605	1 loc + 37 ertswagens
6	11:54	70	noord-zuid	--	--	1 loc**
7	12:05	70	noord-zuid	3654	584	1 loc + 39 containerwagens
8	12:59	70>60	zuid-noord	--	--	1 loc + 48 containerwagens**
9	13:21	70>60	zuid-noord	1418	585	1 locs + 38 ertswagens
10	13:41	70>60	zuid-noord	855	561	1 loc + 21 containerwagens
11	13:48	76	noord-zuid	994	500	1 loc + 38 containerwagens
12	13:53	77	noord-zuid	87	13	1 loc
13	13:56	81	zuid-noord	--	--	1 loc**
14	14:04	74	noord-zuid	879	346	1 loc + 19 containerwagens
15	14:12	78	noord-zuid	--	--	1 loc + 43 containerwagens**
16	14:31	40	zuid-noord	1390	663	1 loc + 28 wagens
17	14:38	72	noord-zuid	4753	545	2 locs + 34 ertswagens
18	14:52	66	noord-zuid	--	--	1 loc + 44 containerwagens**

* opgave Hbr

** visuele waarneming

Trog op pijlers

De meetwaarden zijn onderstaand in tabel 1.3 t/m 1.5 numeriek gepresenteerd. De maatgevende trillingsrichting is verticaal. De hoogste verticale trillingssnelheid in mm/s op 10 m afstand bedroeg $V_{\text{top}} = 0,60 \text{ mm/s}$ en $V_{\text{eff,max}} = 0,31 \text{ [--]}$. De hoogste meetwaarde is door een passage van een ertstrein bepaald. De maatgevende frequentie ligt overwegend tussen 1 en 20 Hz. Van een FFT analyse met een lijnbreedte van 1 Hz van de passage met de hoogste meetwaarde zijn de

maatgevende frequenties 1 en 6 Hz. In totaal zijn 5 passages van ertstreinen gemeten. Twee passages van west naar oost en drie passages van oost naar west. De meetwaarden op 10 m afstand variëren van $V_{\text{eff,max}}$ 0,11 tot 0,31 [--]. Naast de ertstreinen geven ook de treinen met containers en tankwagens relevante waarden tot $V_{\text{eff,max}} = 0,22$ [--].

Tabel 1.3 Meetwaarden $V_{\text{eff,max}}$ referentieobject trog op pijlers

		$V_{\text{eff,max}}$	
meetpunt	afstand tot hart pijler [m]	hoogste waarde	hoogste waarden
		Z [--]	Y [--]
1	10	0,31	0,07
2	20	0,22	0,07
3	30	0,19	0,11
4	40	0,18	0,11
5	50	0,14	0,15
6	70	0,18	0,19

Tabel 1.4 Meetwaarden $V_{\text{per,meet}}$ referentieobject trog op pijlers

		$V_{\text{per,meet}}$	
meetpunt	afstand tot hart pijler [m]	20 passages	20 passages
		Z [--]	Y [--]
1	10	0,16	0,04
2	20	0,11	0,03
3	30	0,10	0,04
4	40	0,08	0,06
5	50	0,07	0,09
6	70	0,05	0,05

Tabel 1.5 Meetwaarden V_{top} referentieobject trog op pijlers

		V_{top}	
meetpunt	afstand tot hart pijler [m]	hoogste waarde	hoogste waarden
		Z [mm/s]	Y [mm/s]
1	10	0,60	0,26
2	20	0,41	0,18
3	30	0,37	0,18
4	40	0,35	0,26
5	50	0,20	0,22
6	70	0,26	0,27

Aarden baan

De meetwaarden zijn onderstaand in tabel 1.6 t/m 1.8 numeriek gepresenteerd. De maatgevende trillingsrichting is verticaal. Meetpunt mp1 ligt op 10 m afstand rand dichtstbijzijnde spoor en op 12,75 m afstand van het midden van de twee sporen. De hoogste verticale trillingssnelheid in mp1 op 10 m afstand rand dichtstbijzijnde spoor bedroeg $V_{top} = 1,48$ mm/s en $V_{eff,max} = 0,86$ [--]. De hoogste meetwaarde is door een passage van een ertstrein bepaald. De maatgevende frequentie ligt overwegend tussen 1 en 20 Hz. In totaal zijn 4 passages van ertstreinen gemeten. Drie passages van noord naar zuid en een passages van zuid naar noord. De meetwaardes op 10 m afstand variëren van $V_{eff,max}$ 0,22 tot 0,86 [--]. Naast de ertstreinen geven ook de treinen met containers en tankwagens relevante waardes tot $V_{eff,max} = 0,59$ [--]. Vanaf 40 m afstand zijn de meetwaarden door passages van zwaar vrachtverkeer over de Clydeweg beïnvloed. De meetwaardes vanaf 70 m afstand zijn vanwege verstoring niet gepresenteerd.

Tabel 1.6 Meetwaarden $V_{eff,max}$ referentieobject aarden baan

meetpunt	afstand tot hart aarden baan [m]	$V_{eff,max}$	
		hoogste waarde	hoogste waarden
		Z [--]	Y [--]
1	12,75	0,86	0,79
2	22,75	0,70	0,35
3	32,75	0,43	0,32
4	42,75	0,49	0,15
5	52,75	0,41	0,31
6	62,75	0,45	0,32

Tabel 1.7 Meetwaarden $V_{per,meet}$ referentieobject aarden baan

meetpunt	afstand tot hart pijler [m]	$V_{per,meet}$	
		20 passages	20 passages
		Z [--]	Y [--]
1	12,75	0,41	0,32
2	22,75	0,25	0,13
3	32,75	0,20	0,15
4	42,75	0,20	0,09
5	52,75	0,19	0,15
6	62,75	0,19	0,17

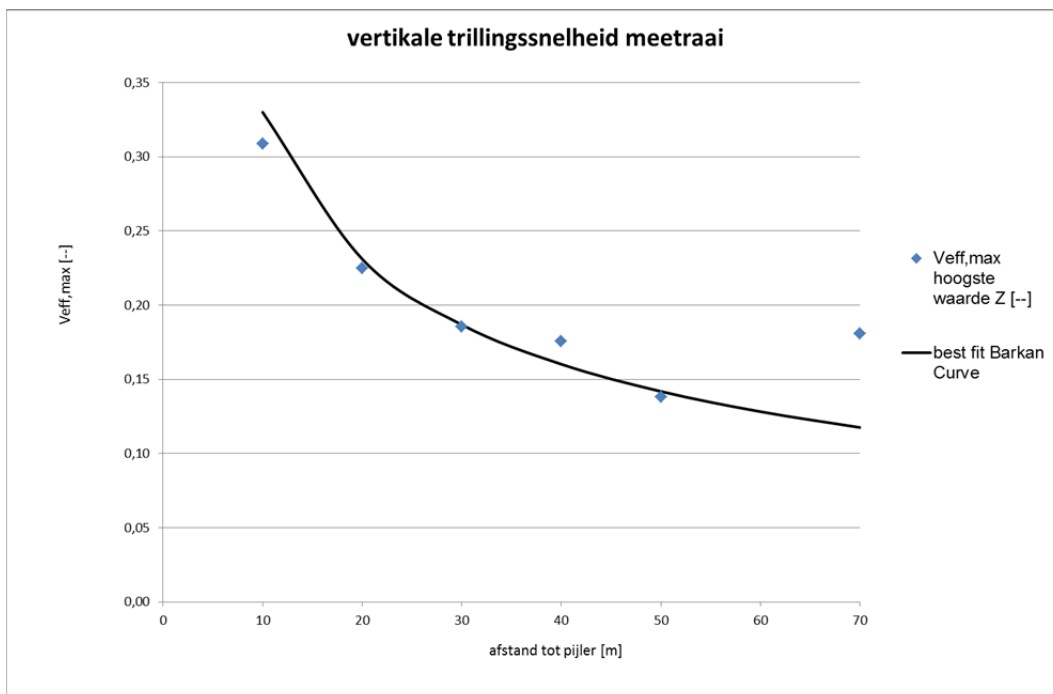
Tabel 1.8 Meetwaarden V_{top} referentieobject aarden baan

meetpunt	afstand tot hart pijler [m]	V_{top}	
		hoogste waarde	hoogste waarden
		Z [mm/s]	Y [mm/s]
1	12,75	1,48	1,36
2	22,75	1,21	0,60
3	32,75	0,77	0,55
4	42,75	0,90	0,27
5	52,75	0,75	0,58
6	62,75	0,84	0,55

Voor het aspect hinder worden de meetwaarden gepresenteerd in de grootheid $V_{\text{eff,max}}$. Voor het aspect schade worden de meetwaarden gepresenteerd in de grootheid V_{top} . In de Figuren 1.3 t/m 1.8 is voor de grootheid $V_{\text{eff,max}}$ de passage met de hoogste meetwaarde en het gemiddelde meetwaarde van alle passages weergegeven. Voor de grootheid V_{top} is de passage met de hoogste meetwaarde weergegeven.

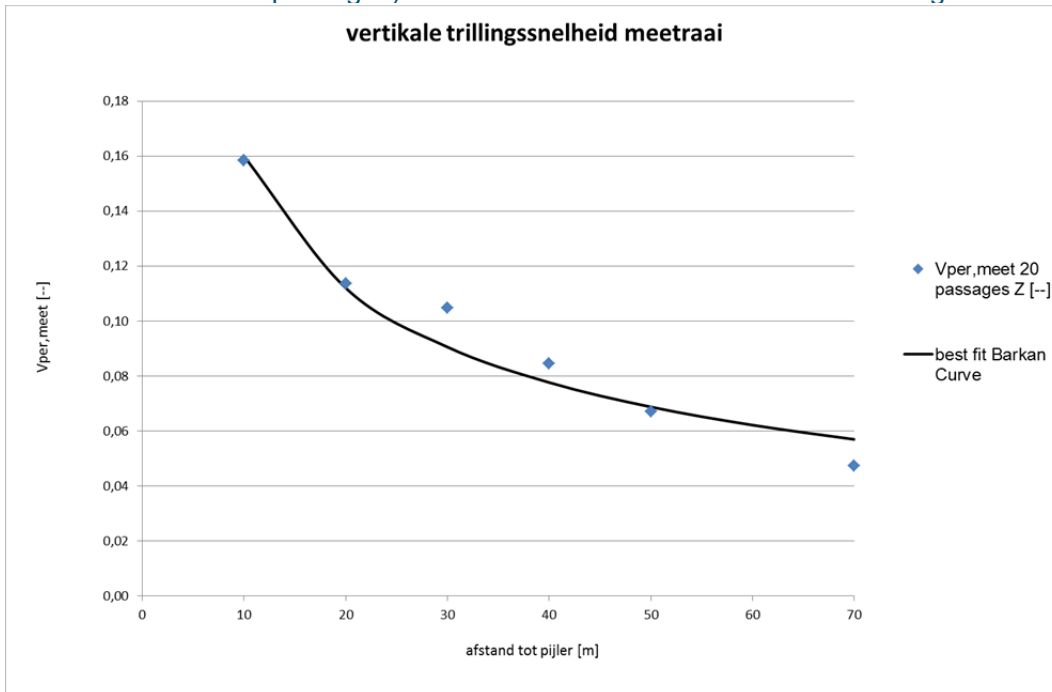
In grafiek 1.3 t/m 1.8 zijn naast de meetwaarden lijnen van de best fit Barkanparameters weergegeven, deze best fit Barkanparameters worden op pagina 14 onder de grafieken toegelicht.

In figuur 1.3 is het verloop van de verticale trillingssnelheden $V_{\text{eff,max}}$ (passage met hoogste meetwaarde) in het maaiveld als functie van de afstand grafisch weergegeven.



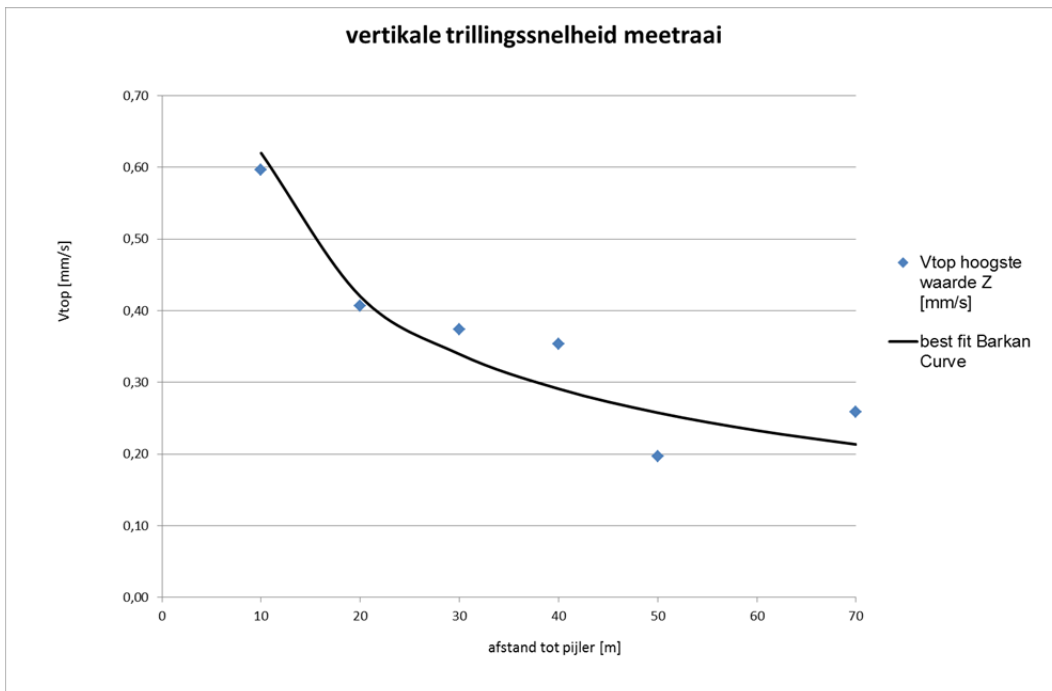
Figuur 1.3 Grafische weergave verticale trillingssnelheden $V_{\text{eff,max}}$ (passage met hoogste waarde) referentieobject trog op pijlers

In figuur 1.4 is het verloop van de verticale trillingsnelheden $V_{\text{per,meet}}$ (kwadratisch gemiddelde meetwaarde van alle passages) in het maaiveld als functie van de afstand grafisch weergegeven.



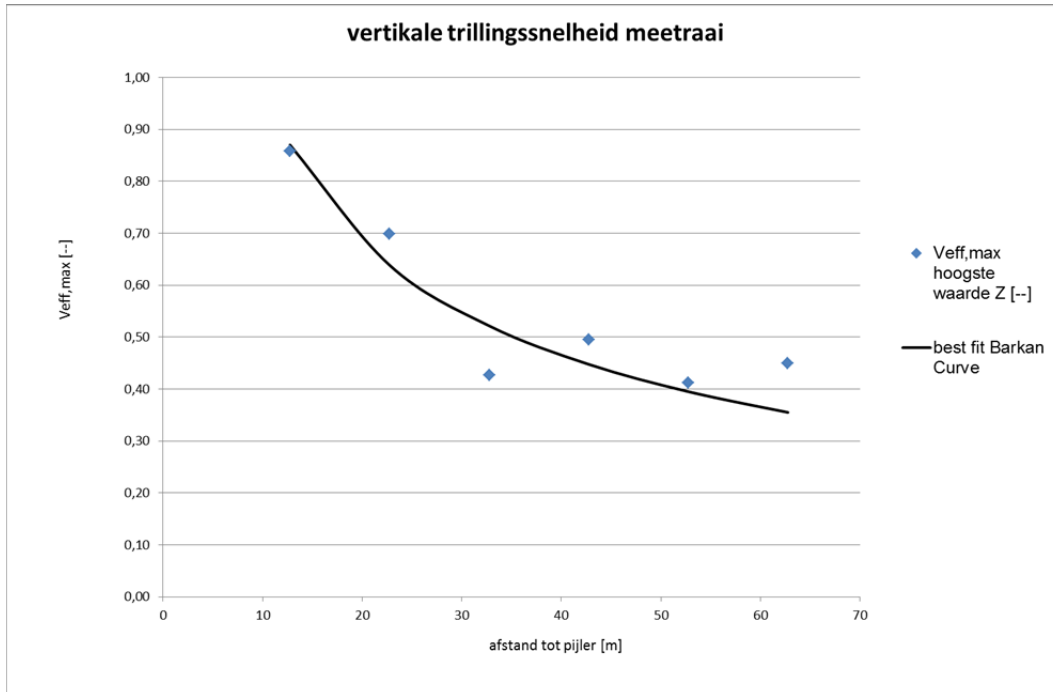
Figuur 1.4 Grafische weergave gemiddelde verticale trillingsnelheden $V_{\text{per,meet}}$ referentieobject trog op pijlers

In figuur 1.5 is het verloop van de verticale trillingsnelheden V_{top} (passage met hoogste meetwaarde) in het maaiveld als functie van de afstand grafisch weergegeven.



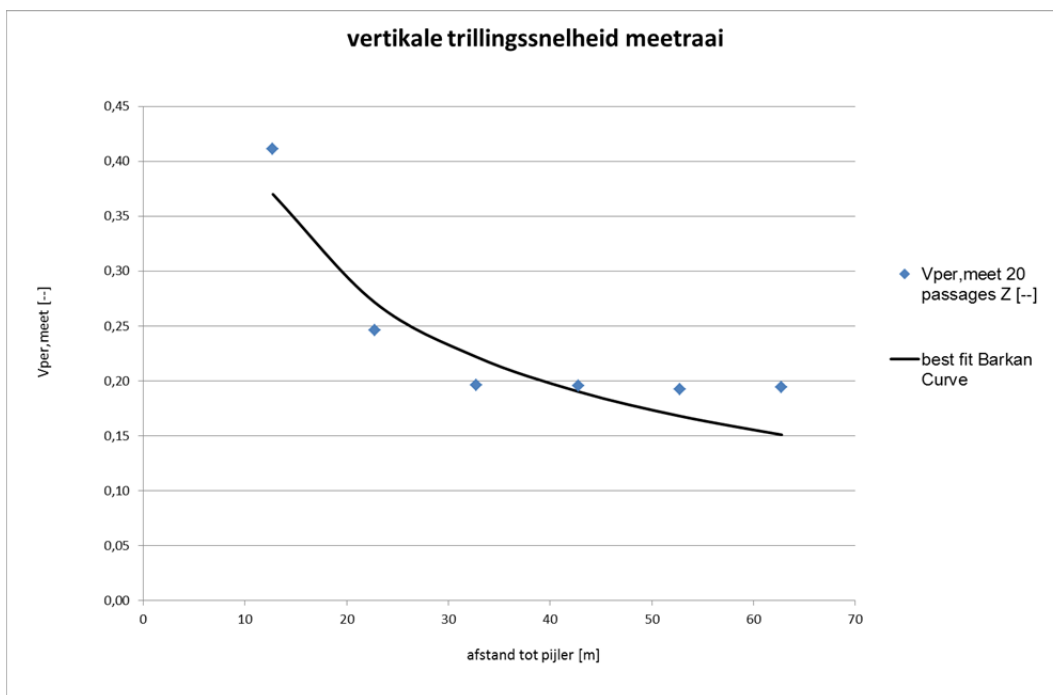
Figuur 1.5 Grafische weergave verticale trillingsnelheden V_{top} referentieobject trog op pijlers

In figuur 1.6 is het verloop van de verticale trillingsnelheden $V_{\text{eff,max}}$ (passage met hoogste meetwaarde) in het maaiveld als functie van de afstand grafisch weergegeven.



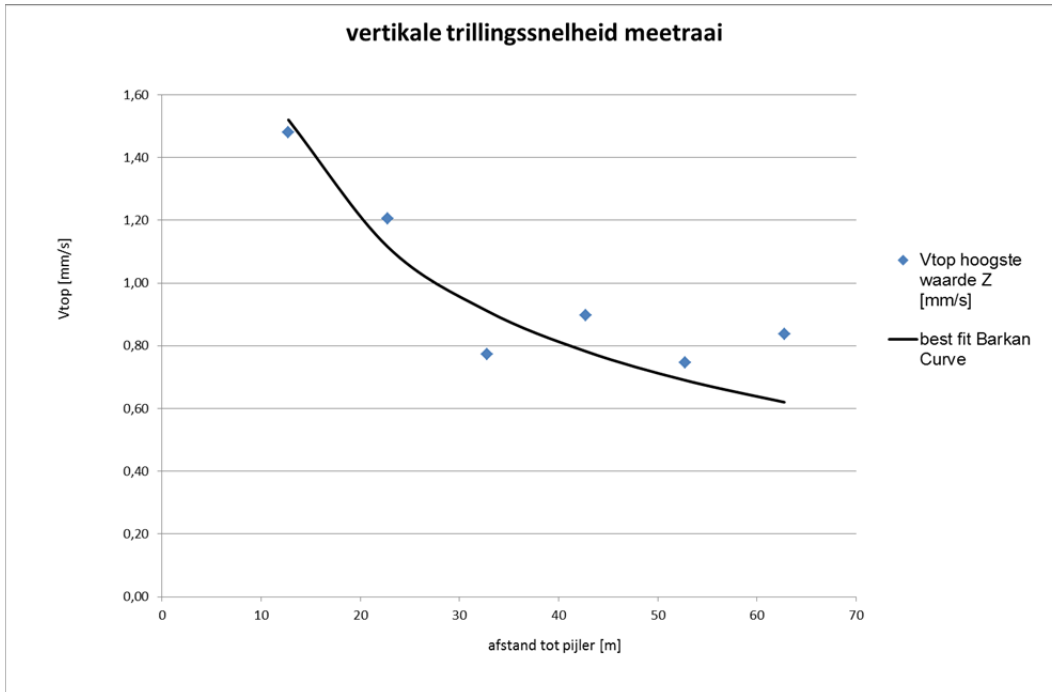
Figuur 1.6 Grafische weergave verticale trillingssnelheden $V_{\text{eff,max}}$ referentieobject aarden baan

In figuur 1.7 is het verloop van de verticale trillingsnelheden $V_{\text{per,meet}}$ (gemiddelde meetwaarde van alle passages) in het maaiveld als functie van de afstand grafisch weergegeven.



Figuur 1.7 Grafische weergave verticale trillingssnelheden $V_{\text{per,meet}}$ referentieobject aarden baan

In figuur 1.8 is het verloop van de verticale trillingsnelheden V_{top} (passage met hoogste meetwaarde) in het maaiveld als functie van de afstand grafisch weergegeven.



Figuur 1.8 Grafische weergave verticale trillingssnelheden V_{top} referentieobject aarden baan

De meetwaardes zijn in de grafieken met punten weergegeven. De relatie tussen afstand en trillingsniveau in de bodem is gegeven op basis van de meetdata met de empirische formule van Barkan [1] voor trillingen in het verre veld van een homogene isotrope halfruimte bepaald.

Prognose model trillingen

Berekening trillingssterkte

Voor de prognose van trillingen door de bodem wordt gebruikgemaakt van de formule van Barkan.

$$V_{eff,max,R} = V_{eff,max,R_0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

$V_{eff,max,R}$	trillingssterkte op een afstand R van het hart van de pijler;
V_{eff,max,R_0}	trillingssterkte op een referentieafstand R_0 van het hart van de pijler;
R	afstand tot hart van de pijler van het tracé;
R_0	referentieafstand tussen meetpunt en de bron 10 m;
α	materiaaldemping in de bodem (1/m);
n	n = 0.5 voor R-golven.

De geometrische demping is afhankelijk van het type golf en de richting vanuit de bron waarin de trillingsuitbreiding plaatsvindt. Voor de R (Rayleigh)-golven of oppervlaktegolven (n = 0.5) is de geometrische demping kleiner dan voor de P-(pressure) golven of compressiegolven en de S-(shear) golven of schuifgolven. Dit geeft voor de Rayleigh-golven op grotere afstand van de bron ten opzichte van de P- en S-golf de grootste energie (>67%).

Omdat de sondering van de Theemsweg boven het zandpakket de meeste gelijkenis vertoont met de sondering van meetlocatie Clydeweg/Botlekweg is ervoor gekozen de materiaal demping α 0,002 aan te nemen op basis van meetwaardes op locatie Clydeweg/Botlekweg.

Onderstaand zijn in tabel 1.9. de best fit Barkanparameters op basis van de meetwaarden numeriek weergegeven welke de basis voor de prognoseberekningen vormen. Best fit houdt in dat de som van de verschillen tussen meetwaarde en de lijn van de Barkan curve het kleinst is. Bij de vaststelling van de Barkan parameters voor de hoogste meetwaarde van $V_{eff,max}$ zijn bij referentieobject aarden baan de meetwaardes op 70 m afstand en bij referentieobject aarden baan de meetwaardes vanaf 52,75 m afstand in verband met verstoring niet meegewogen. Het gemiddelde van de meetwaarde $V_{per,meet}$ vormt de basis voor de berekening van V_{per} .

Tabel 1.9 Barkanparameters voor trillingsprognose

		$V_{\text{eff,max}}(r_0)$ [–]	r_0 [m]	N	α [–]
Trog op pijlers	Hoogste meetwaarde passage goederentreinen	0,33	10	0,5	0,002
		$V_{\text{per,meet}}(r_0)$ [–]	r_0 [m]	N	α [–]
	gemiddelde meetwaarde passage goederentreinen	0,16	10	0,5	0,002
		$V_{\text{top}}(r_0)$ [–]	r_0 [m]	N	A [–]
	Hoogste meetwaarde passage goederentreinen	0,62	10	0,5	0,002
		$V_{\text{eff,max}}(r_0)$ [–]	r_0 [m]	N	α [–]
Aarden baan	Hoogste meetwaarde passage goederentreinen	0,87	12,75	0,5	0,002
		$V_{\text{per,meet}}(r_0)$ [–]	r_0 [m]	N	α [–]
	gemiddelde meetwaarde passage goederentreinen	0,37	12,75	0,5	0,002
		$V_{\text{top}}(r_0)$ [–]	r_0 [m]	N	A [–]
	Hoogste meetwaarde passage goederentreinen	1,52	12,75	0,5	0,002

Voor de berekening van de trillingsniveaus op basis van de in tabel 1.9 weergegeven parameters is de afstand tussen hart pijler en de dichtstbijzijnde gevel van een object gebruikt. Voor de berekening van het trillingsniveau op basis van de referentieconstructie aarden baan is de afstand tussen hart tracé en de dichtstbijzijnde gevel van een object gebruikt. De eventueel optredende sommatie tussen verschillende pijlers zit al in de empirische best fit barkan curve verwerkt. Aangenomen is dat de overdrachtverhouding van maaiveld naar fundering kantoor 1 [–] bedraagt. Bij de bepaling van de trillingsniveaus in objecten is in de overgang tussen gewapende grondconstructie en trog op pijlers de hoogste van beide als maatgevend genomen. De V_{max} is de hoogst voorkomende $V_{\text{eff,max}}$ in een periode. Voor de berekening van de trillingsniveaus in objecten nabij het huidige tracé is gebruik gemaakt van de referentieconstructie aarden baan.

Opslingering vloeren

De bodemtrillingen bereiken de fundering van gebouwen langs het spoor. Via de funderingen worden ook de vloeren in zo'n gebouw in trilling gebracht. Bij voldoende energie zijn die trillingen voelbaar voor mensen die in het gebouw (op de vloer) verblijven. De trillingen in de hoofddraagconstructie worden in de vloervelden versterkt. Dit wordt uitgedrukt in een opslingerfactor [--]. Op basis van publicatie [2] bedraagt de opslingerfactor in verticale richting voor een vloerveld met overspanning L.

$$Hvf = 0,4 + \sqrt{\frac{f_e}{76\zeta}}$$

waarin voor massief beton:

$$f_e = 130 / L$$

waarin voor broodjesvloer van beton:

$$f_e = 300 / L^2$$

Dempingsmaat $\zeta=0,047$ [--] voor een breedplaat betonvloer. Dempingsmaat $\zeta=0,049$ [--] voor een broodjesvloer van beton.

De bovenstaande formules gelden voor stationaire trillingen. Gezien de duur van een enkele passage van een goederentrein zijn de trillingen in de vloeren als stationair te beschouwen. De opslingering van vloeren is op beschikbare tekeningen en informatie gebaseerd. Indien geen informatie beschikbaar is, is als worst case een opslingerfactor van 3 [--] gehanteerd. Bij de berekening voor de objecten kantoor Egin en Brandweer is gebruik gemaakt van de gemeten gehele overdracht van spoor naar vloerveld en de verhouding tussen signaal maaiveld en signaal vloerveld.

Bij gebouwen met een bouwlaag wordt een worst case benadering gevolgd door een opslingerfactor van 3 [--] te hanteren. Het betreft allemaal gebouwen met een hoofddraagconstructie op palen. In de loop der jaren kan ruimte tussen vloer en onderliggend zandbed ontstaan. Dat houdt in dat ook op beganegrond in principe een vloerveld met een vrije overspanning kan ontstaan en dus ook opslingering kan optreden. Als dit verschijnsel niet is ontstaan dan is de werkelijke opslingerfactor 1 [--].

Berekening gemiddelde trillingssterkte V_{per}

De V_{per} is de gemiddelde trillingssterkte die de treinen gezamenlijk veroorzaken. De V_{per} is dus afhankelijk van de intensiteit van het aantal passerende treinen. Hoe meer treinen er passeren, des te hoger de V_{per} zal zijn. Voor dit project is op basis van worst case een V_{per} berekend om te toetsen aan de normen Hieronder wordt de berekening V_{per} toegelicht:

Eerst is de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van de maxima over de meetperiode berekend:

$$V_{per,meet} = \sqrt{I \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_{eff,max,30,i}^2}$$

waarin:

$V_{per,meet}$ = de kwadratisch gemiddelde waarde van de maxima over de meetperiode;

n = aantal gehele tijdsintervallen van 30 seconden binnen de duur van een meting;

$V_{eff,max,30,i}$ = de grootste waarde van $v_{eff}(t)$ in een tijdsinterval van 30 seconden, dimensieloos;

i = de variabele welke het interval van 30 seconden aangeeft waarin $v_{eff,max,30,i}$ is gemeten.

Vervolgens wordt de effectieve waarde over de beoordelingsperiode berekend. Hierbij wordt de verhouding tussen de bedrijfsduur van de trillingsbron en de duur van de beoordelingsperiode in de berekening betrokken:

$$V_{per} = V_{per,meet} \cdot \sqrt{\frac{T_b}{T_0}}$$

waarin:

V_{per} = de effectieve waarde van de maxima $V_{eff,max,30,i}$ bepaald per beoordelingsperiode over N aaneensluitende tijdsintervallen van 30 seconden, dimensieloos;

T_b = de totale tijdsduur van de trilling in desbetreffende beoordelingsperiode, in seconden;

T_0 = duur van de beoordelingsperiode, in seconden (dag: 43.200 seconden).

Voor de berekening van de gemiddelde trillingssterkte V_{per} is de gemiddelde meetwaarde $V_{per,meet}$ gehanteerd. Dit houdt in dat de berekening van V_{per} gebaseerd is op de mix van samenstelling van treinen zoals deze zich tijdens de metingen aan de referentieobjecten voordeed (zie tabel 2.2 en 2.3). Deze mix wordt beschouwd als representatief voor de gebruiksfase van het Theemswegtracé.

Voor de berekening zijn de in Tabel 2.1.10 gepresenteerde intensiteiten en gemiddelde treinlengtes gehanteerd.

Tabel 1.10 prognose intensiteiten aantal treinen en treinlengtes

Trillingen Realisatie 2013 Calandbrug		Treinen en losse locs per etmaal (som beide richtingen)			
Materieeltype	Traject	Dag	Avond	Nacht	Gem. lengte (m)
Losse loc	Erp - Bot vv	11,2	3,9	6,6	20
Goederentrein	Erp - Bot vv	32,9	10,4	14,9	527
Trillingen Prognoses HV2030oud Projectalternatief Calandbrug		Treinen en losse locs per etmaal (som beide richtingen)			
Materieeltype	Traject	Dag	Avond	Nacht	Gem. lengte (m)
Losse loc	Erp - Bot vv	11,2	3,9	6,6	20
Goederentrein	Erp - Bot vv	104,6	38,0	47,5	593

Er is uitgegaan van een snelheid van 80 km/u. De passagetijd van een loc en goederentrein bedraagt hiermee respectievelijk 0,9 seconde en 23,7 seconde.

De gemiddelde trillingssterkte V_{per} is een kwadratisch gemiddelde van alle periodes van 30 seconde dat de waarde van $V_{\text{eff,max}}$ groter is dan 0,1 [-]. Een passage van een trein kan derhalve twee periodes van 30 seconde de waarde van $V_{\text{eff,max}}$ bepalen. Er wordt bij de berekening van V_{per} verondersteld dat elke goederentrein twee perioden van 30 seconde de waarde van $V_{\text{eff,max}}$ bepaalt en dat een passage van een loc één periode van 30 seconde de waarde van $V_{\text{eff,max}}$ bepaalt.

De berekening van V_{per} is in enige mate een overschatting omdat deze veronderstelt dat elke goederentrein twee perioden van 30 seconde de waarde van $V_{\text{eff,max}}$ bepaalt. In werkelijkheid kan het voorkomen dat een passage van een goederentrein slechts één periode de waarde van $V_{\text{eff,max}}$ bepaalt.

Meting referentieobject trog op pijlers voor leidingen

Aan het referentieobject trog op pijlers zijn op 26-11-2015 aanvullend metingen verricht in verband met het raakvlak tussen leidingen en tracé. Doel van de metingen is aanvullend gegevens verzamelen om de belasting van leidingen in de directe nabijheid van de referentieconstructie inzichtelijk te maken.

Op de kolom en poer van de kolom van de betonnen trogconstructie is een meetpunt aangebracht. Tevens is op 10 cm boven de poer een meetpunt in de bodem aangebracht. Onderstaand zijn enkele foto's weergegeven.



Figuur 1.9: situatie Blindeweg te Rotterdam met locatie kolom 18 rode cirkel



Figuur 1.10: meetlocatie gezien van af Blindeweg



Figuur 1.11 en 1.12: meetpunten kolom 18 en meetrichting groen

De meetwaarden zijn onderstaand in tabel 1.11 numeriek gepresenteerd. De maatgevende trillingsrichting is verticaal. De hoogste verticale trillingssnelheid in het meetpunt op de poer bedroeg $V_{top} = 2,80$ mm/s. De hoogste verticale trillingssnelheid in het meetpunt op de kolom bedroeg $V_{top} = 1,24$ mm/s. De hoogste verticale trillingssnelheid in het meetpunt in de bodem bedroeg $V_{top} = 1,24$ mm/s. De hoogste meetwaarde is door een passage van een ertstrein bepaald. De maatgevende frequentie ligt overwegend tussen 1 en 20 Hz.

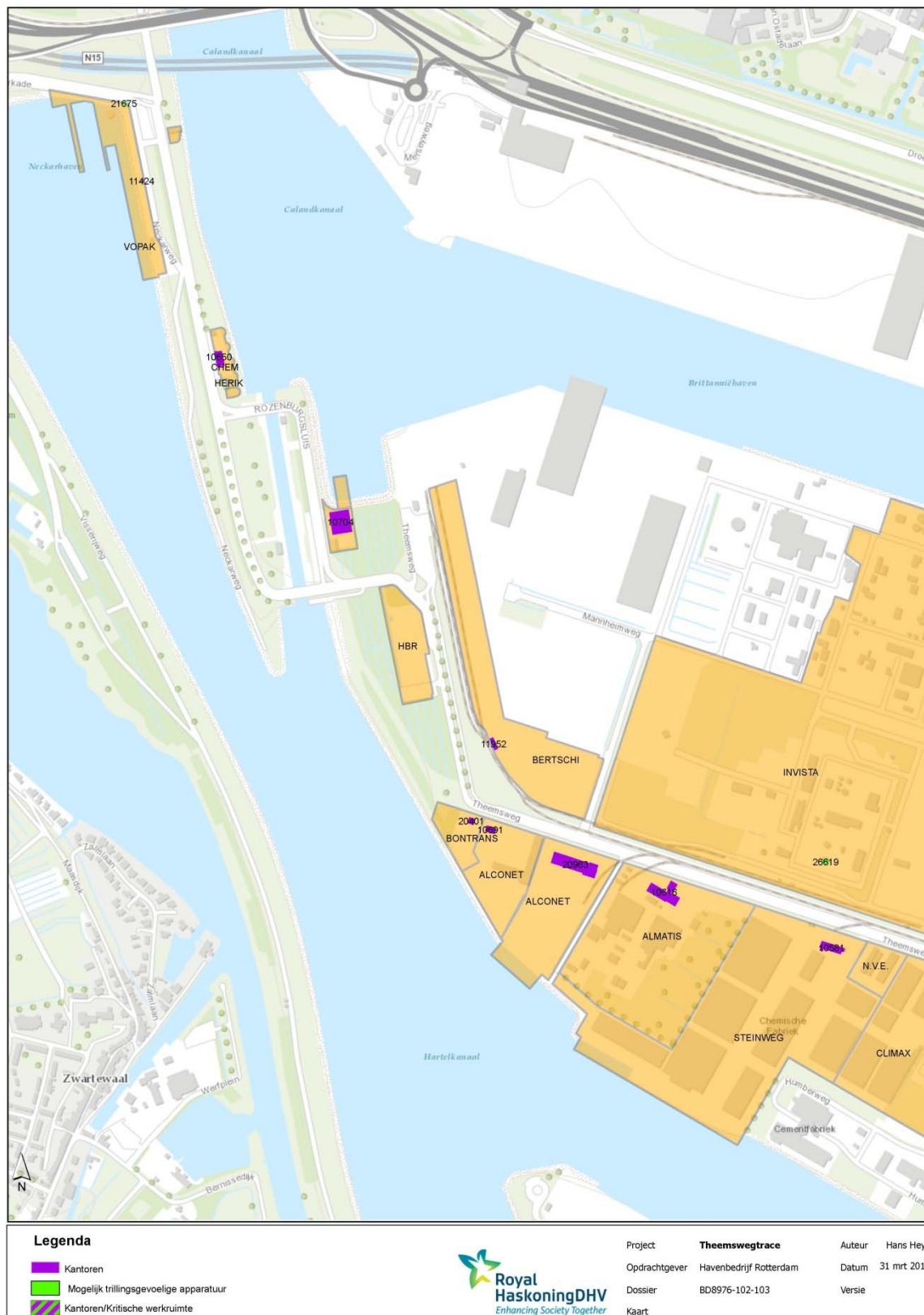
Tabel 1.11 Passages referentieobject trog op pijler

Nummer passage	tijd	Snelheid [km/u]	Rijrichting van-naar	V_{top} [mm/s] meetpunt Vib25 kolom	V_{top} [mm/s] meetpunt Vib27 Poer	V_{top} [mm/s] meetpunt Vib26 10 cm boven poer	Omschrijving*
1	9:40	56	oost-west	0,72	1,66	0,34	1 loc + 38 ertswagens
2	9:44	63	west-oost	0,52	0,79	0,35	1 loc + 40 containers
3	10:09	55	west-oost	0,19	0,28	0,11	1 loc
4	10:26	74	west-oost	0,68	1,53	0,62	1 loc + 44 containers
5	10:38	66	west-oost	0,65	1,60	0,63	2 loc + 36 ertswagens
6	11:01	61	oost-west	0,33	1,42	0,25	1 loc + 38 containers
7	11:20	71	west-oost	1,05	1,70	1,15	2 locs + 39 ertswagens
8	11:26	66	oost-west	0,29	0,40	1,05	1 loc
9	11:27	64	west-oost	1,24	1,81	1,24	1 loc + 27 ketelwagens
10	11:51	60	west-oost	1,18	2,57	1,09	1 loc + 38 ertswagens
11	12:15	63	oost-west	0,43	1,25	0,33	2 locs + 38 ertswagens
12	12:22	58	oost-west	0,69	0,94	0,66	1 loc + 36 containers
13	12:44	73	oost-west	0,35	0,48	0,08	1 loc
14	12:52	64	west-oost	0,94	2,70	0,48	2 locs + 43 ertswagens
15	13:03	80	oost-west	0,57	0,72	0,37	2 locs
16	13:15	76	west-oost	0,08	0,42	0,21	1 loc
17	13:27	59	oost-west	1,24	1,59	1,20	1 loc + 28 containers
18	13:27	64	west-oost	1,24	1,59	1,20	1 loc + 21 Ketel + 6 huifwagens
19	14:14	69	west-oost	0,37	0,49	0,32	1 loc
20	14:36	66	oost-west	0,58	1,35	0,39	1 loc + 13 Ketelwagens
21	14:43	74	oost-west	0,61	1,04	0,48	2 loc + 44 ertswagens
22	14:48	73	west-oost	0,99	2,80	0,93	2 loc + 44 ertswagens

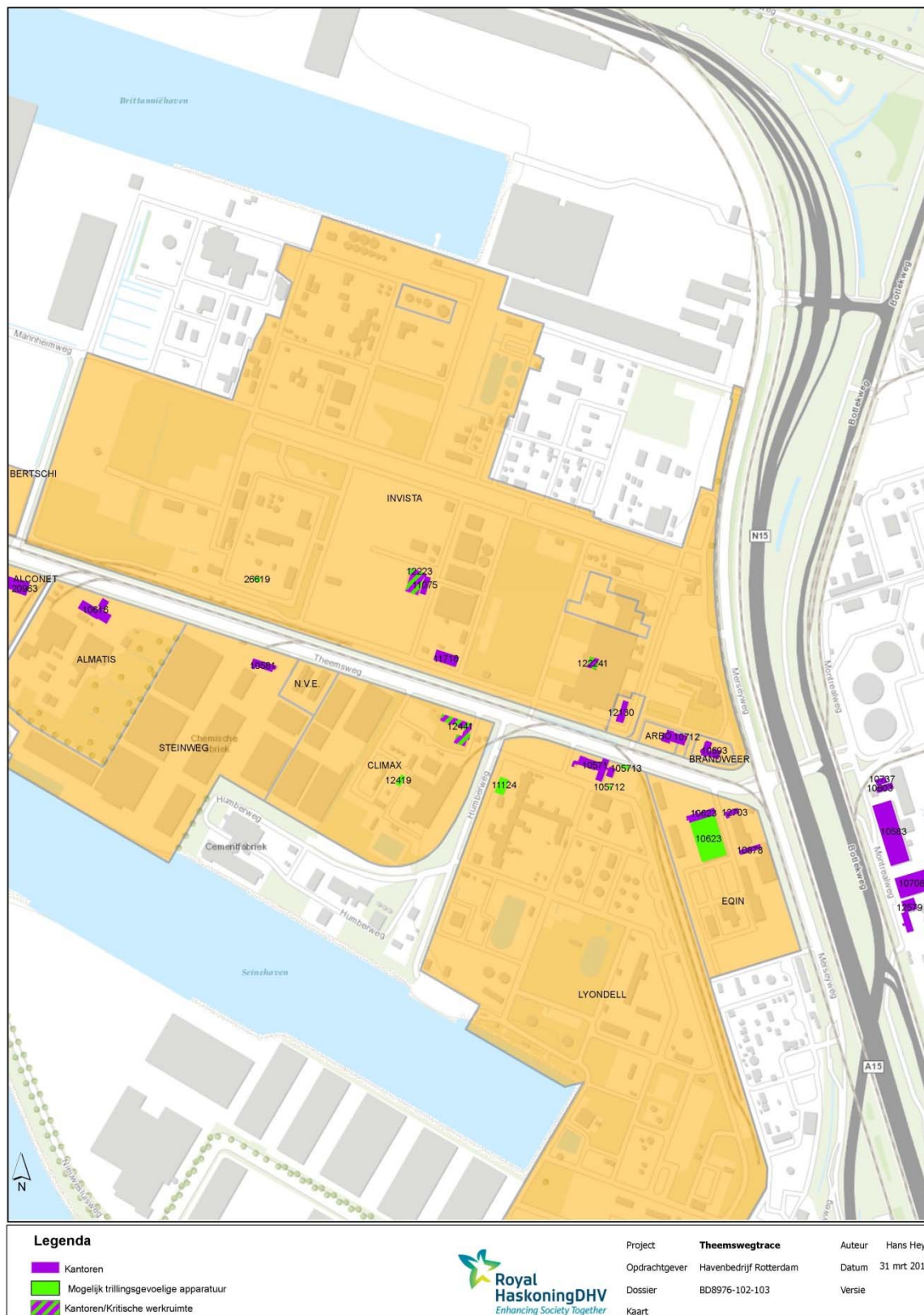
* visuele waarneming

Bijlage 2 Kaart kantoren en trillingsgevoelige apparatuur Theemswegtracé

Kantoren, mogelijk trillingsgevoelige apparatuur en kritische werkruimte TWT



Kantoren, mogelijk trillingsgevoelige apparatuur en kritische werkruimte TWT



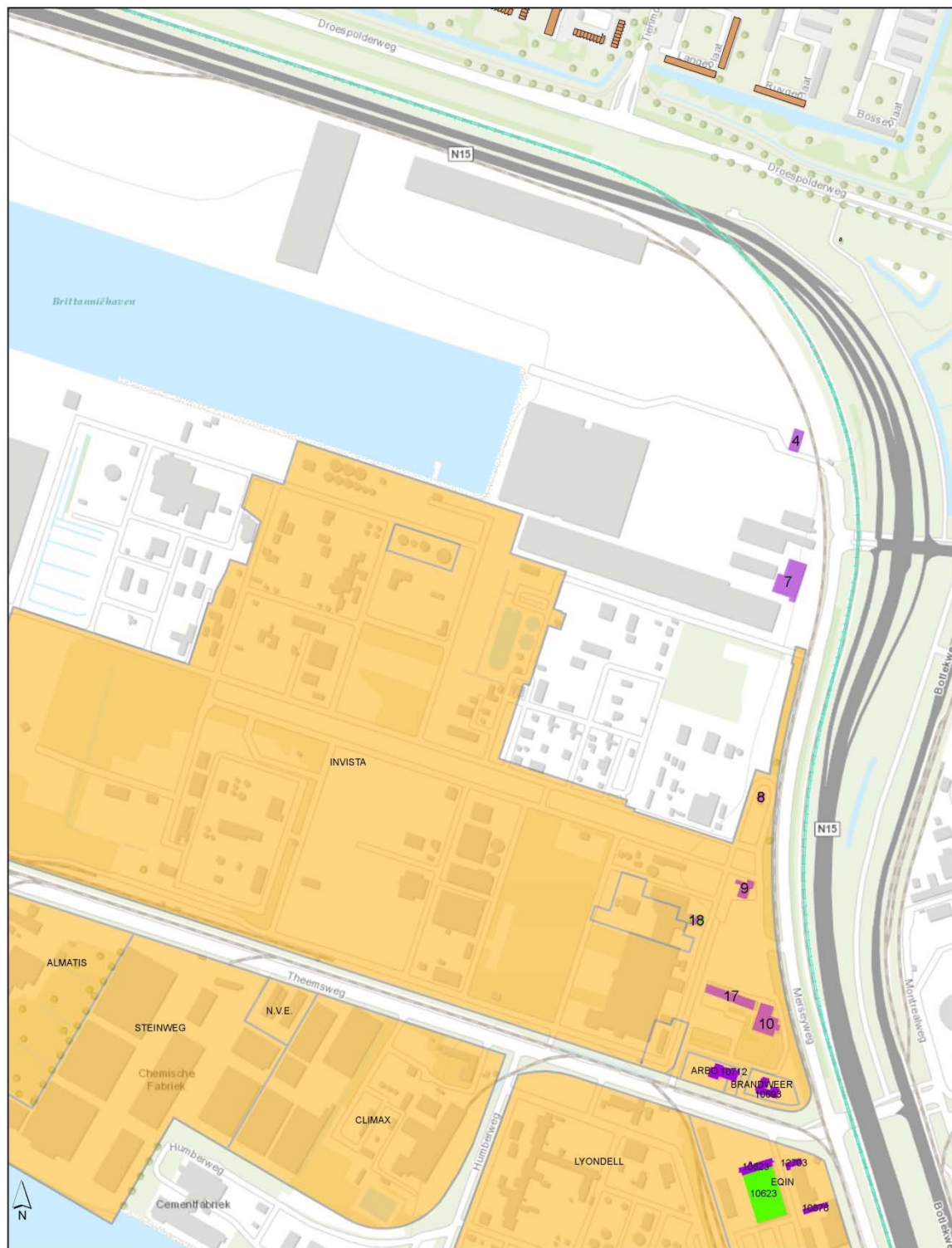
Woningen, kantoren en kritische werkruimte huidig trace



Legenda

-  Kantoren
-  Kantoren/Kritische werkruimte
-  Woningen Rozenburg

Woningen, kantoren en kritische werkruimte huidig trace



Legenda

- Woningen Rozenburg
- Kantoren
- Kantoren/Kritische werkruimte

Bijlage 3 Inventarisatie bedrijven Theemswegtracé

Lyondell

Bij het bedrijf Lyondell zijn direct achter het kantoor meteringstations aanwezig. In deze meteringstations zijn flowcomputers aanwezig. In de meetstraten zijn flowmeters aanwezig. Lyondell geeft desgevraagd aan dat deze meteringstations mogelijk trillingsgevoelig zijn.

In Tabel 3.1 is een overzicht van de flowmeters bij Lyondell gegeven.

Tabel 3.1 overzicht van de flowmeters bij Lyondell

Product	3 ^e partij	Tagnummer	Fabricaat	Meetprincipe	Type
PO	Huntsman	FT053	Emerson	Coriolis	CMF200
Propyleen (2x)	Shell	C3M04FT01/02	Emerson	Coriolis	CMF200
GTBA	TTR	FT280	Emerson	Coriolis	CMF300
Propyleen (2x)	DOW	FT226/M320	Endress Hauser	Coriolis	Promass 83F
Butaan	Koch	FT208	Emerson	Coriolis	CMF200

Op basis van deze gegevens van Lyondell zijn de trillingsspecificaties van de betreffende flowmeters geïnventariseerd.

Flowmeter Endress Hauser Promass 83F

Vibration resistance Acceleration up to 1 g, 10 to 150 Hz, following IEC 68-2-6

Toelaatbaar 1g versnelling dit komt overeen met:

- 10 Hz 156 mm/s
- 30 Hz 52 mm/s

Flowmeter Emerson CMF200 en CMF300

Meets IEC 68.2.6, endurance sweep, 5 to 2000 Hz, 50 sweep cycles at 1.0 g.

Toelaatbaar 1g versnelling dit komt overeen met:

- 5 Hz 312 mm/s
- 30 Hz 52 mm/s

Dit houdt in dat alle flowmeters van Lyondell tegen relatief hoge trillingsniveaus bestand zijn en relatief trillingsongevoelig zijn.

Op het terrein van Lyondell is naast de metering houses met flowcomputers een controlroom aanwezig. In deze omgeving zijn computers met harde schijven aanwezig. Daarom wordt in eerste aanleg gebruik gemaakt van de best practices opgave in Appendix D van standard ASHRAE TC 9.9. Dit is als een algemene trillingsspecificatie voor datacentres en serverruimtes te beschouwen. In de volgende figuur is deze algemene trillingsspecificatie weergegeven.

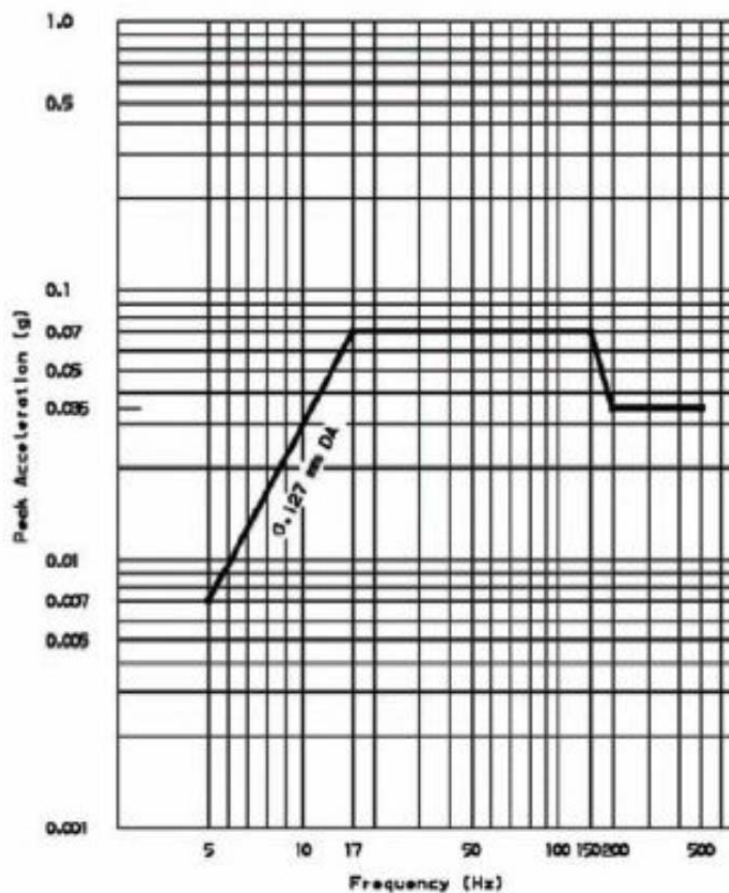


Figure D.2 Typical operational vibration encountered in a data center. Reproduced with permission from IBM (1990).

De opgave van de toelaatbare versnelling is frequentieafhankelijk. De toelaatbare versnelling kan door integratie worden vertaald naar een trillingssnelheid. De toelaatbare trillingssnelheid bedraagt in het voor spoor relevante frequentiegebied 1-30 Hz ten minste 2,1 mm/s. In de verschillende frequenties bedraagt de toelaatbare trillingssnelheid 2,1 mm/s (5Hz), 6,4 mm/s (17 Hz), 5,5 en 3,6 mm/s (30 Hz). Daarnaast is uit achtergrondmetingen in datacentres en serverruimtes bekend dat als empirische grenswaarde 1-2 mm/s veilig gehanteerd kan worden zonder dat er enige vorm van storingen danwel schade aan apparatuur optreedt.

Op het terrein van Lyondell is een 25 kV station aanwezig. Dit 25 kV station wordt door Stedin beheerd. In Bijlage 2 is het 25 kV station met pandid. 105713 weergegeven. Het 25 kV station van Stedin op het terrein van Lyondell bevat geen transformatoren, er is alleen analoge schakel apparatuur aanwezig. In het station is geen digitale apparatuur zoals computers aanwezig. In deze schakel apparatuur is alleen analoge schakeltechniek met relais aanwezig. De relais zijn volgens Stedin trillingsgevoelig in de zin dat circuits vanaf een zeker trillingsniveau onbedoeld geschakeld kunnen worden. Een relais bestaat uit een elektromagneet, de spoel met hierin een (U-vormige) kern, het anker, een plaatje "weekijzer" dat aangetrokken wordt door de elektromagneet met hieraan bevestigd één of meerdere contacten, één of meerdere vaste contacten en een

veermechanisme. Dit principe van trillingsgevoeligheid wordt onderschreven en bepaald door de kracht die door het veermechanisme wordt opgewekt. De relais in het 25 kV station van Lyondell bevatten enigszins gedateerde relais. Het is een Sekundäre Maximalstrom-Relais relais type S van het Zwitserse bedrijf Brown, Boveri & Cie Baden de rechtsopvolger van dit bedrijf is ABB. Stedin kan geen trillingsspecificatie leveren. Navraag bij ABB nu in 2015 leert dat er geen trillingsspecificatie hiervan kan worden geleverd. Voor de trillingsgevoeligheid van relais is in 1988 een norm opgesteld onder de naam IEC 60255-21-1:1988 en;fr deze norm is nog steeds actueel anno 2015 onder de naam NEN 10255-21-1. Veel relais worden anno 2015 geleverd met trillingsspecificaties verwijzend naar de NEN 10255-21-1. RHDHV beschikt over de norm voor trillingsgevoeligheid van relais de NEN 10255-21-1.

In overleg met Stedin classificeren we (RHDHV en Stedin) op basis van de omschrijving het relais als een type 1 relais volgens de NEN 10255-21-1. De omschrijving van deze klasse luidt: *“Measuring relays and protection equipment for normal use in powerplants, substations and industrialplants and for normal transportation conditions”*

De huidige moderne relais worden geleverd met trillingsspecificaties conform de NEN 10255-21-1. Hierbij geeft Stedin aan dat de oudere relais minder trillingsgevoelig worden geacht dan de huidige generatie moderne compacte relais omdat ze fysiek groter zijn gebouwd. Hiermee wordt een worst case benadering gevolgd. Hiervan uitgaande zijn voor 10-150 Hz een versnelling niet hoger dan 0,5 g en een verplaatsing niet hoger dan 0,035 mm conform de NEN 10255-21-1 te hanteren. In tabel 3.2 is de vertaling van versnelling en verplaatsing in trillingssnelheid in hwtet voor Theemswegtracé relevante frequentiebereik weergegeven.

Tabel 3.2 overzicht toelaatbare trillingen 25 kV station

grootheid	Frequentie	maatgevend frequentie	versnelling	Trillingssnelheid (10 Hz)	Verplaatsing
eenheid	[Hz]	f [Hz]	g	mm/s	mm
grenswaarde	10-150Hz	10	0,5	78,1	
grenswaarde	10-150Hz	10		2,2	0,035

De maatgevende toelaatbare trillingssnelheid voor het Theemswegtracé bedraagt voor het object 25 kV station hiermee 2,2 mm/s.

In zijn algemeenheid geldt voor schakelstations van bedrijven met relais dat als de afstand tot het Theemswegtracé groter is dan 10 m voldaan wordt aan trillingsspecificaties conform de NEN 10255-21-1.

Vopak

Op het terrein van Vopak zijn bij elke aanlegsteiger flowmeters aanwezig. De flowmeters zijn type Promas 84F DN250. Dit zijn flowmeters gebaseerd op het zogenaamde Coriolis effect. De leverancier van de flowmeters heeft aangegeven dat deze niet trillingsgevoelig zijn. De toelaatbare trilling bedraagt 1 g in versnelling van 10-250 Hz conform IEC 68-2-6. Dit houdt in dat de flowmeters maximaal aan 156 mm/s (10 Hz) en 10 mm/s (150 Hz) blootgesteld mogen worden.

In het kantoor/bedieningsgebouw zijn op begane grond PMSX besturingssystemen aanwezig. Dit zijn regelkasten met harde schijven. Daarom wordt in eerste aanleg gebruik gemaakt van de best

practices opgave in Appendix D van standard ASHRAE TC 9.9. De toelaatbare trillingssnelheid bedraagt in het voor spoor relevante frequentiegebied 1-30 Hz ten minste 2,1 mm/s.

Op het terrein van Vopak is een kortdurende achtergrondmeting verricht bij de PLC regelkasten in gebouw OS-06-1. Deze metingen zijn verricht op een dag dat er een schip moet werd gelost aan een steiger, de leiding vanuit de steiger loopt direct naast gebouw OS-06-1.

De maximale trillingssterkte V_{top} in de vloer van gebouw OS-06-1 bedraagt:

- tot 0,26 mm/s ten gevolge van passages van vrachtwagens over Neckarweg en Neckarkade
- < 0,1 mm/s ten gevolge van lossen schip
- tot 0,5 mm/s ten gevolge van lopen in gebouw OS-06-1
- tot 0,4 mm/s ten gevolge van het dicht maken van de deur van gebouw OS-06-1
- < 0,1 mm/s ten gevolge van een trein over de Callandbrug

In gebouw OS-06-1 van Vopak zijn PLC regelkasten aanwezig. Gebouw OS-06-1 is als object 21675 in Bijlage 2 en Bijlage 3 weergegeven. Vopak geeft aan dat deze mogelijk trillingsgevoelig zijn. Een programmable logic controller (PLC, programmeerbare logische eenheid) is een elektronisch apparaat met een microprocessor die op basis van de informatie op zijn diverse ingangen, zijn uitgangen aanstuurt. Van oorsprong bevatte een PLC geen volledige microprocessor, maar in de jaren 90 is het verschil tussen een computer en een PLC vervaagd. Navraag door Vopak bij de leverancier heeft niet geleid tot relevante trillingsspecificaties. Daarom wordt veiligheidshalve voor gebouw OS-06-1 van Vopak een normstelling voor computerapparatuur met harde schijven gehanteerd. Er wordt gebruik gemaakt van de best practices opgave in Appendix D van standard ASHRAE TC 9.9. De toelaatbare trillingssnelheid bedraagt in het voor spoor relevante frequentiegebied 1-30 Hz ten minste 2,1 mm/s.

Invista/Huntsman

Op het terrein van Invista/Huntsman zijn twee chemische laboratoria aanwezig. Een productielaboratorium in gebouw 12224 en een R&D laboratorium in gebouw 11075/12223. Deze laboratoria worden in eerste aanleg als kritische werkruimte conform de Bts beschouwd. De locatie van deze laboratoria is in Bijlage 2 weergegeven.

Op het terrein van Huntsman is een York koelunit aanwezig. Huntsman geeft aan dat deze unit als hij stilstaat mogelijk trillingsgevoelig is. Als de glijlageroppervlaktes van de York koelunit tegen elkaar komen bestaat de mogelijkheid dat de glijlageroppervlaktes beschadigen. Als de unit in bedrijf is wordt deze niet trillingsgevoelig geacht.

Deze unit draait in principe 24/7. Soms staat deze unit voor onderhoud stil. Als deze unit stil staat ligt de as in een beschermende oliefilm. Het bedrijf geeft zelf aan dat deze installatie niet aan trillingen hoger dan 1 mm/s mag worden blootgesteld tijdens stilstand. De trillingsspecificatie is niet gebaseerd op leveranciersgegevens. Het blijkt niet mogelijk om een relevante trillingsspecificatie te achterhalen. De unit staat op circa 100 m afstand van het tracé. In eerste aanleg wordt aan de door Huntsman opgegeven en opgestelde empirische grenswaarde getoetst.

Stork/Equin

In een deel van object 10623 (zie Bijlage 2) is een werkplaats aanwezig. De omgeving kan als werktuigbouwkundige werkplaats worden aangemerkt met relevante trillingen ten gevolge van diverse werkzaamheden in deze werkplaats. In de werktuigbouwkundige werkplaats zijn geen relevante trillingsgevoelige machines aangetroffen.

In object 19 (zie Bijlage 2) is een werkplaats aanwezig. De omgeving kan als werktuigbouwkundige werkplaats worden aangemerkt met relevante trillingen ten gevolge van diverse werkzaamheden in deze werkplaats. In de werktuigbouwkundige werkplaats zijn geen relevante trillingsgevoelige machines aangetroffen.

Op een deel van de vloer in loods (object 10623 in Bijlage 2) worden in de nabije toekomst een drietal mogelijk trillingsgevoelige machines geplaatst. Het gaat hier om een balanceerbank, een lepmachine en een draaibank. De omgeving is als werktuigbouwkundige werkplaats aangemerkt met relevante trillingen ten gevolge van diverse werkzaamheden in deze werkplaats. De trillingen in de werkplaatsvloer ten gevolge van diverse werkzaamheden bedragen maximaal 0,3 mm/s.

De balanceerbank is hydraulisch geveerd. Dit houdt in dat de machine over een actieve trillingsisolatie beschikt om hem niet gevoelig voor trillingen in een productieomgeving te maken. Dit houdt in dat deze machine als niet trillingsgevoelig voor passages van treinen wordt aangemerkt. De lepmachine is een polijstmachine die oppervlaktes met een nauwkeurigheid van circa 0,01 mm afwerkt. De machine is verend opgesteld en is hiermee passief geïsoleerd van zijn omgeving.

De draaibank wordt star opgesteld op de vloer. De draaibank zal zelf vanwege de vrije krachten in de opstelpunten relevante trillingen naar de omgeving geven. De draaibank wordt als niet trillingsgevoelig aangemerkt aangezien het frame van de draaibank zeer stijf is.

Op de vloer van het kantoor (object 10878) zijn metingen uitgevoerd. Het is een object met een zeer lichte vloerconstructie. De trillingen in de vloer ten gevolge van lopen van medewerkers over de vloer bedragen maximaal 4,4 mm/s. De trillingen in de vloer ten gevolge van een passage van een trein over de Havenspoorlijn bedragen maximaal 0,5 mm/s en zijn ten opzichte van de looptrillingen te verwaarlozen. De meting betreft een indicatieve nulmeting; het is geen meting conform de Bts.

Climax

Op het terrein van Climax is een chemisch laboratorium en een serverruimte aanwezig. Dit laboratorium wordt in eerste aanleg als kritische werkruimte conform de Bts beschouwd. De locatie van dit laboratorium is in Bijlage 2 weergegeven.

Inventarisatie leidingen en procesinstallaties

De relevante invloedssfeer voor het aspect trillingen bedraagt voor leidingen slechts enkele meters. Naast de leidingstroken in de openbare ruimte zijn de leidingen op de bedrijfsterreinen relevant. Voor de leidingen op bedrijfsterreinen is een studiegebied van 10 m gehanteerd. Op het terrein van Vopak en Lyondell zijn relevante leidingen aanwezig op zeer korte afstand van het tracé.

In Bijlage 4 is de lay-out van Vopak en Lyondell weergegeven. Voor het terrein van Lyondell betreft het een metingstation aan de zijde van de Theemsweg. Over het terrein van Vopak lopen over vrijwel het gehele terrein leidingen. Derhalve wordt als worst case benadering voor de afstandbepaling de terreingrens van het Vopak terrein gehanteerd. Onderstaand zijn in figuur 2.2 enkele foto's van de situatie met betrekking tot de leidingen bij Vopak weergegeven.



Figuur 6.2 Weergave situatie leidingen bij Vopak

Van de overige bedrijven is de afstand van leidingen tot het tracé groter dan 10 m en derhalve niet relevant.

Het bedrijf Chem heeft aangegeven dat de warmtepomp met leidingen van Chem trillinggevoelig wordt geacht. Ervan uitgaande dat de leidingen van de infiltratie- en onttrekkingsbron binnen de erfgrans van Chem ligt de leiding van de warmtepomp buiten de invloedssfeer voor leidingen in de zin van de SBR A richtlijn (<10 m).

In de SBR A richtlijn zijn in de Bijlagen grenswaarden voor schade aan leidingen opgenomen. Onderstaand zijn in tabel 3.3 deze karakteristieke grenswaarden V_{kar} afhankelijk van het type leiding weergegeven.

Tabel 3.3 grenswaarden voor leidingen V_{kar}

type buisleiding	V_{kar} (mm/s)
staal (gelast)	100
beton, gewapend beton, voorgespannen beton, staal	80
metselwerk, kunststof	50

Veiligheidshalve wordt de laagste karakteristieke grenswaarden V_{kar} voor metselwerk en kunststof leidingen gehanteerd.

De rekenwaarde van de grenswaarde voor pijpleidingen wordt bepaald volgens:

$$V_r = V_{kar} / \gamma_t$$

Hierbij is:

V_r rekenwaarde van de grenswaarde

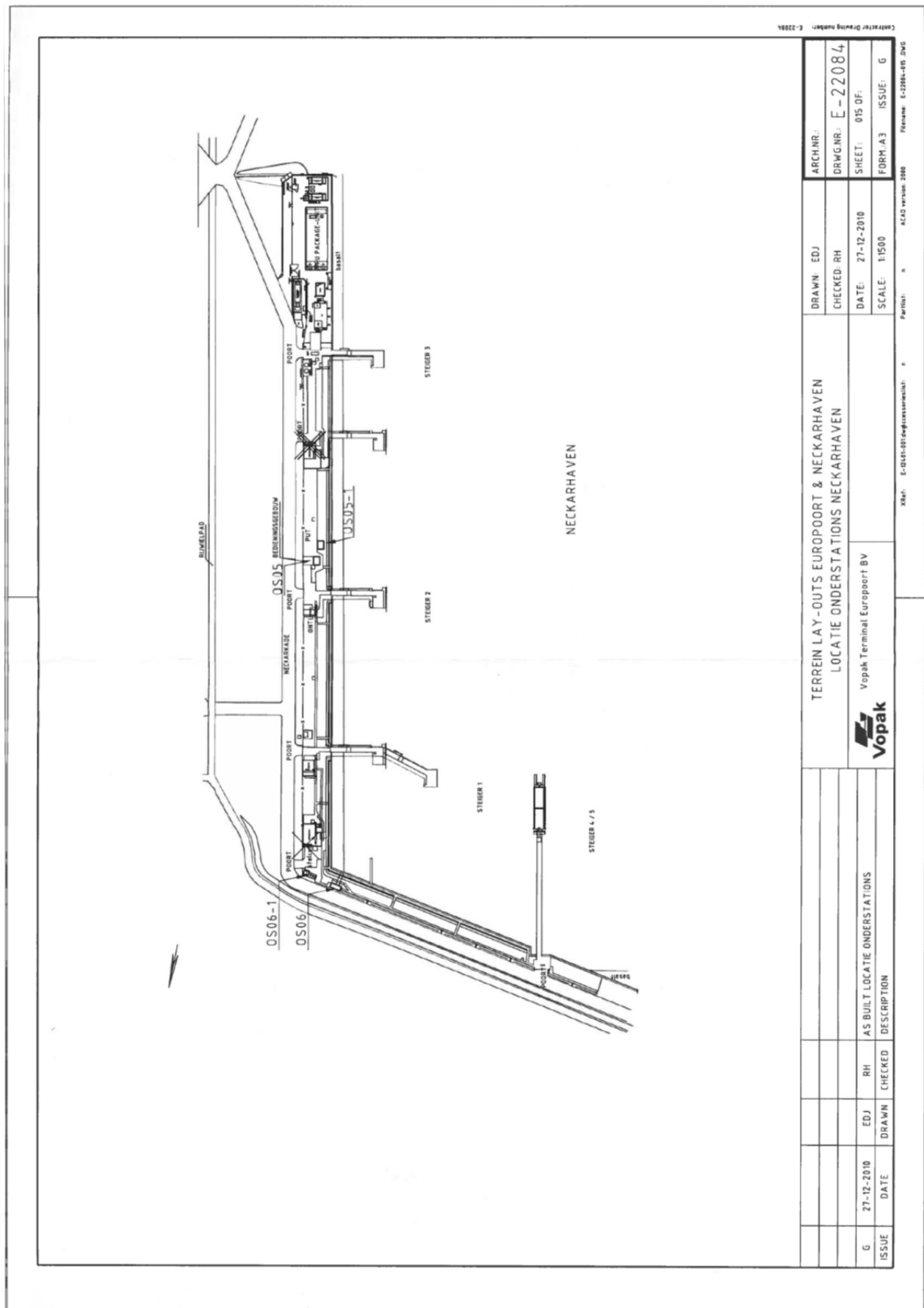
V_{kar} karakteristieke waarde van de grenswaarde

γ_t de partiële veiligheidsfactor die het type trilling in rekening brengt

De veiligheidscoëfficiënt γ_t bedraagt 1,5 [--] voor rail en wegverkeer. Voor de leidingen in de leidingstrook en op de bedrijventerreinen wordt op basis van SBR A richtlijn hiermee veiligheidshalve een rekenwaarde van de grenswaarde van 33,3 [mm/s] gehanteerd.

In tabel 3.4 een overzicht van de beschikbare en opgevraagde informatie van het Theemswegtracé en het huidige tracé weergegeven. Tevens is in tabel 3.4 de afstand van de objecten tot het hart van de dichtstbijzijnde pijler en hart gewapende grondconstructies weergegeven.

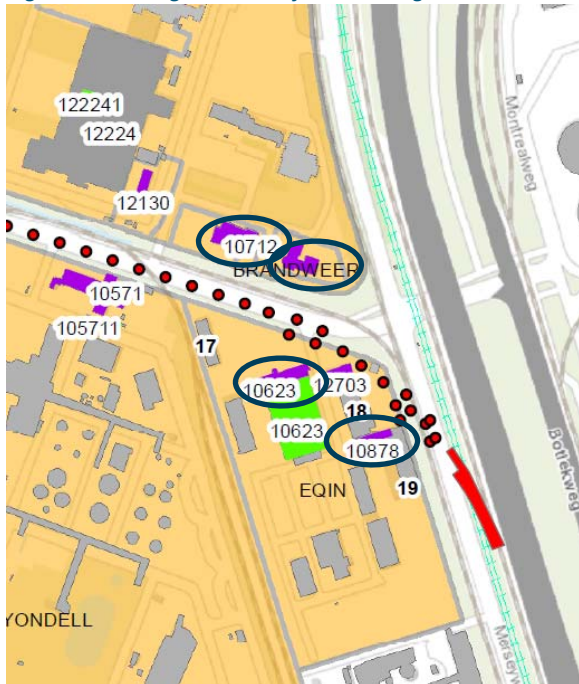
Bijlage 4 Weergave lay-out Vopak en Lyondell



Bijlage 5 Nulmetingen huidige situatie

We beschouwen trillingen als gevolg van railverkeer ten gevolge van de Havenspoorlijn. Omdat de rijsnelheid van treinen over de stamlijnen stapvoets is, is de trillingssterkte ten gevolge van de stamlijn minder relevant. Voor vier objecten langs het tracé zijn nulmetingen verricht.

Figuur 5.1: weergave vier objecten huidige situatie conform Bts

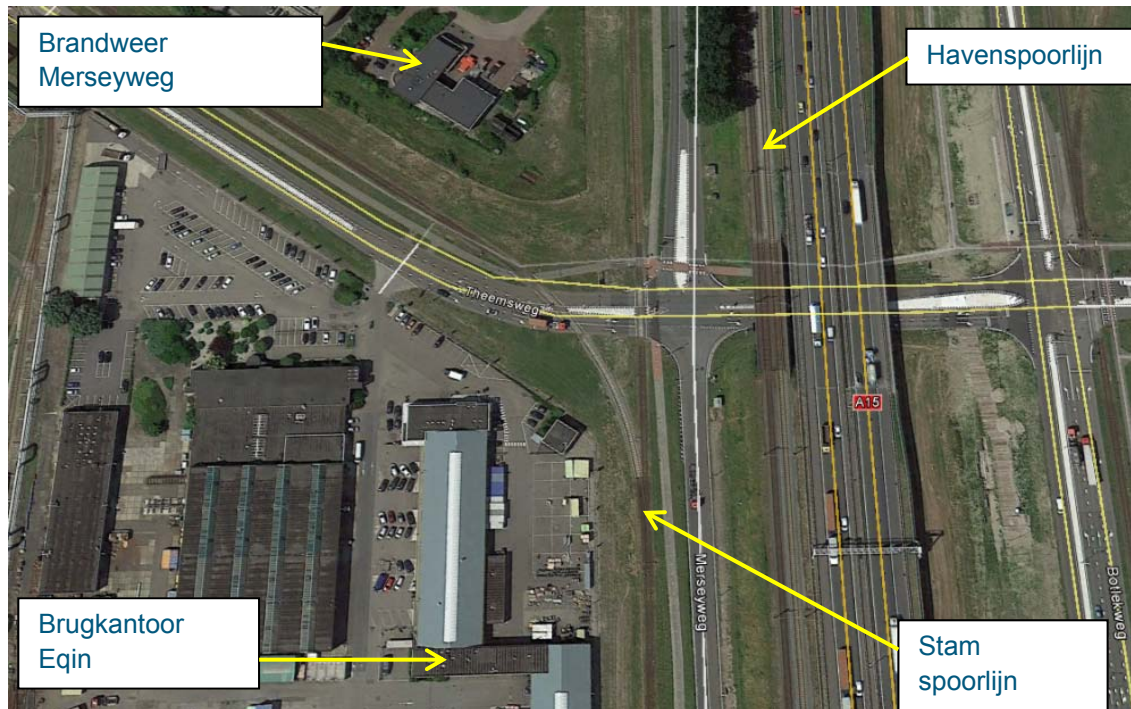


De nulmetingen worden uitgevoerd om de referentiesituatie voor het projectMER te bepalen. Er is voor de afweging in de projectMERfase een nulmeting verricht (conform Bts) voor deze kantoren. Nulmeting conform Bts houdt in dit verband in een nulmeting aan uitsluitend passages treinen conform memo opgesteld door Level Acoustics met kenmerk LA.131001a.M04, d.d. 26 februari 2014.

De objecten brandweer, kantoor Stork en kantoor Arbo worden vergelijkbaar geacht wat betreft overdracht via fundatie, hoofddraagconstructie naar vloervelden. Het object kantoor Eqin wordt bijzonder geacht wat betreft overdracht via fundatie, hoofddraagconstructie naar zeer lichte vloervelden. In het object kantoor Eqin zijn nulmetingen conform de Bts uitgevoerd. Er wordt voor de groep De objecten brandweer, kantoor Stork en kantoor Arbo een cluster benadering gevolgd. In het eerstelijnsobject brandweer van deze cluster wordt een nulmeting verricht.

Situatie

De trilling metingen zijn verricht in het brugkantoor van de firma Eqin aan de Theemsweg 2 en op de 1^e verdieping van de kazerne van de gezamenlijke brandweer aan de Merseyweg 14 beide te Rotterdam. In figuur 5.2 is een overzicht van de situatie weergegeven.

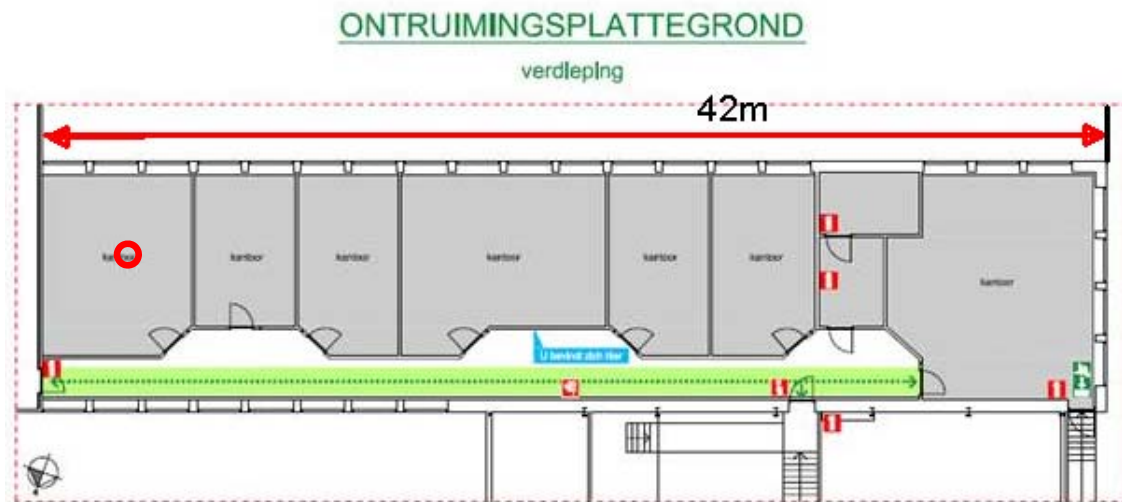


Figuur 5.2: overzicht situatie

Langs de Theemsweg en de Merseyweg loopt ook een zogenaamde stam spoorlijn. Over dit spoor rijden goederentreinen naar bedrijven in het industriegebied. Deze treinen zijn in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Bouwkundige situatie brugkantoor Eqin

Van het brugkantoor Eqin zijn geen bouwkundige gegevens bekend. Er is alleen een ontruimingsplattegrond beschikbaar. Tijdens uitvoeren van de trilling metingen zijn ter plaatse enkele gegevens genoteerd in overleg met een medewerker van Eqin. Het brugkantoor is waarschijnlijk opgebouwd als een lichte stalen constructie met panelen als wanden. De vloeren zijn waarschijnlijk uitgevoerd als lichte elementen in de staalconstructie. In figuur 5.3 is de ontruimingsplattegrond met maten weergegeven. In figuur 5.4 de buiten/onderzijde van het brugkantoor met ondersteuning weergegeven.



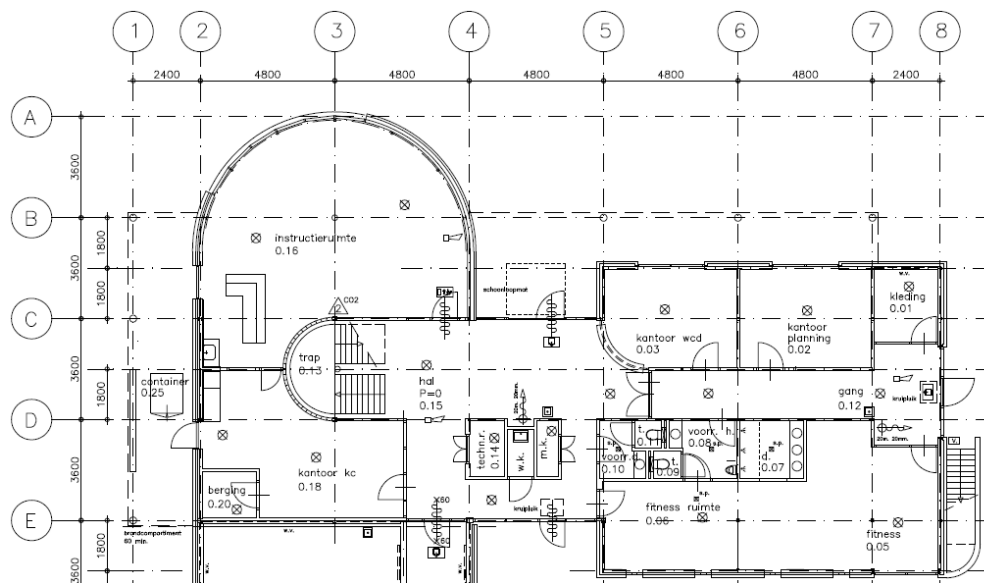
Figuur 5.3: brugkantoor Egin met trillingmeetpunt vloer (rood)



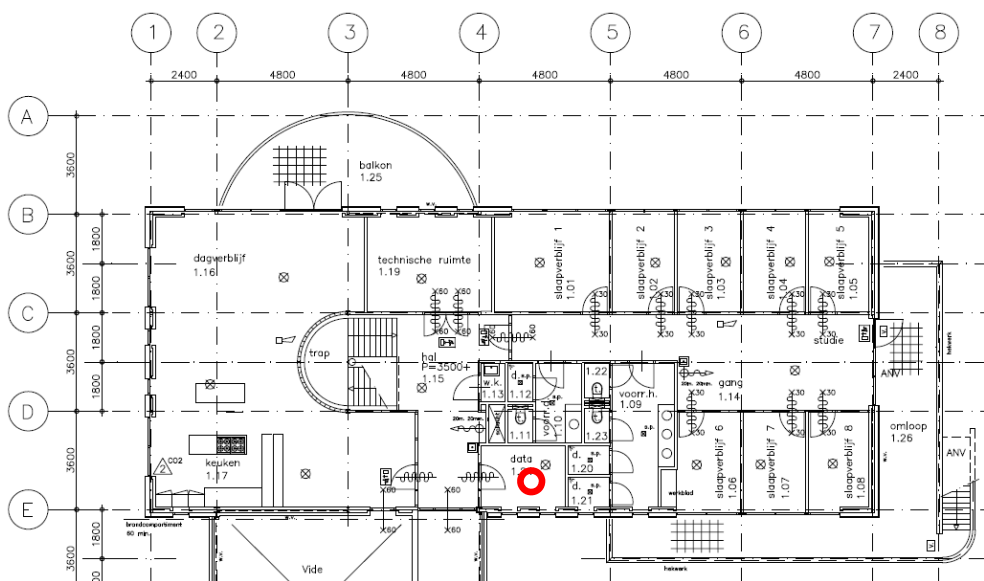
Figuur 5.4: onderzijde brugkantoor Egin; stalen kolommen rond 200mm

Bouwkundige situatie kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg

Van de kazerne gezamenlijke brandweer aan de Merseyweg is een bouwtekening met plattegronden beschikbaar gesteld door een woordvoerder van de gezamenlijke brandweer. De tekening heeft kenmerk ordernr.IOB 70841 blad no.D01 d.d. 19-09-2007 van IOB ingenieursbureau te Hellevoetsluis. Van de opbouw van de vloeren van de kazerne zijn geen bouwkundige gegevens bekend. De bouwtekening is weergegeven in figuren 5.5 en 5.6.



Figuur 5.5: plattegrond kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg; begane grond



Figuur 5.6: plattegrond kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg; 1^e verd. mp vloer rood

Eisen en uitgangspunten

In het kader van schade en hinder door trillingen zijn op dit moment nog geen wettelijke normen voorhanden met betrekking tot trillingen. Er zijn echter wel richtlijnen opgesteld door de Stichting Bouw Research (SBR). Uit vaste jurisprudentie ten aanzien van het systeem van vergunningverlening Wet milieubeheer is af te leiden dat deze richtlijn beschouwd kan worden als de meest recente algemeen aanvaarde milieutechnische inzichten op het gebied van trillingen voor mensen. Voor de uit te voeren trillingmetingen binnen dit project is er voor gekozen de meet-beoordelingsmethodiek uit SBR richtlijnen trillingen deel B "Hinder voor personen in gebouwen; Meet- en beoordelingsrichtlijn" te volgen aangevuld met de herziene Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts).

In april 2012 is de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts) in werking getreden. Doel van de Bts is een wettelijke bescherming van de burger tegen trillingen door treinen. De Bts is daar een eerste aanzet

toe. Vóór de totstandkoming van de Bts werd bij Tracéwetprojecten de SBR richtlijn trillingen deel B gehanteerd, maar deze richtlijn is niet specifiek geschreven voor het gebruik bij spoorplannen. Op 26 maart 2014 is in de Staatscourant (Nr. 8251) het 'Besluit van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, van 24 maart 2014 nummer IenM/BSK-2014/63235, tot wijziging van de Beleidsregel trillinghinder spoor' gepubliceerd. Dit betreft een herziening van de destijds geldende Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts). Aanvullend aan deze herziene Bts is een memo opgesteld door Level Acoustics met kenmerk LA.131001a.M04, d.d. 26 februari 2014 (vanaf hier: memo Bts). Deze memo gaat in op de uitvoering en uitwerking van trilling metingen en is een aanvulling op Bts.

Een van de belangrijkste aanvullingen van de memo LA.131001a.M04, d.d. 26 februari 2014 is het bepalen van de zogenoemde reproduceerbaarheid van de meting. Er moet gestreefd worden naar een reproduceerbaarheidsfactor van de meting van 10%. Met andere woorden: wanneer de meting na een bepaalde tijd wederom wordt uitgevoerd liggen de resultaten van de beide metingen niet meer dan 10% uit elkaar. Dit is nodig om met voldoende betrouwbaarheid de grenswaarden te toetsen. Met deze reproduceerbaarheid kan bij vervolgmetingen met voldoende zekerheid worden vastgesteld of er sprake is van een toename van de trilling sterkte van meer dan een factor 1,3 (zoals in de Bts is opgenomen als zijnde een grens waarbinnen geen maatregelen overwogen hoeven worden). Indien niet aan de reproduceerbaarheid wordt voldaan zal de meetduur verlengd moeten worden om zo een betere reproduceerbaarheid te verkrijgen of moet de hogere onzekerheid verdisconteerd worden in de uitkomst van de metingen.

Meetapparatuur

De metingen zijn uitgevoerd met gebruikmaking van de volgende apparatuur:

<i>Apparaat:</i>	<i>Merk:</i>	<i>Type:</i>
Data logger	Profound	Vibra+ sbr
3 kanaals opnamer (X, Y en Z richting)	Profound	geofoon

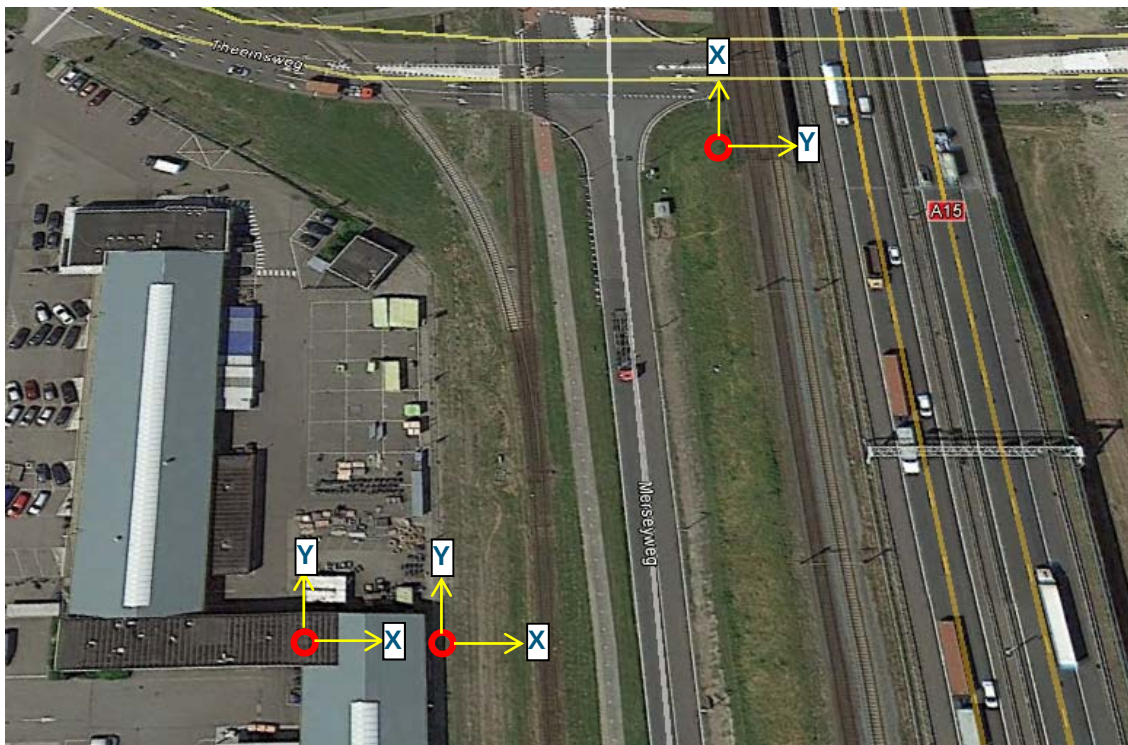
Metingen

Dit onderzoek is uitgevoerd conform Beleidsregel trillinghinder spoor 2014 (Bts). Van dinsdag 22 september tot en met woensdag 14 oktober 2015 zijn onbemande trilling metingen verricht op 5 locaties:

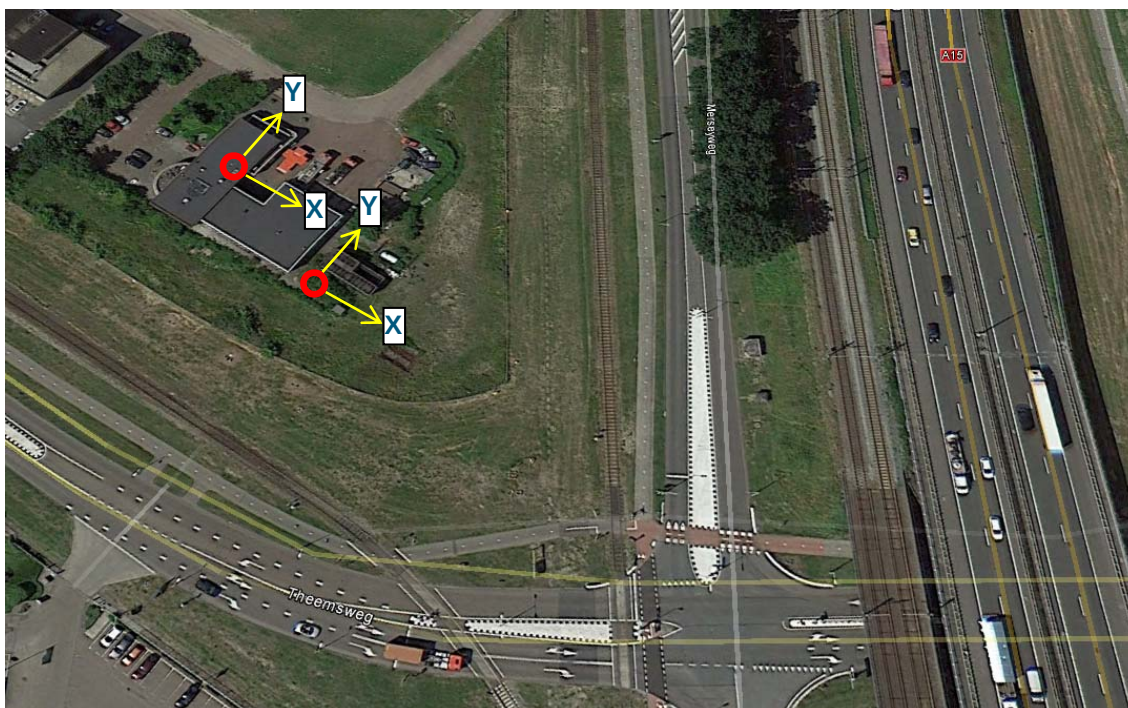
Op de vloer van het meest nabij het havenspoor gelegen kantoorvertrek in het brugkantoor van Eqin;
Op het maaiveld naast de loods welke aan het brugkantoor van Eqin vastzit;
Op de verdiepingsvloer van de kazerne gezamenlijke brandweer locatie Merseyweg naast slaapvertrek;
Op het maaiveld naast de kazerne van de gezamenlijke brandweer locatie Merseyweg;
In het talud van de Havenspoorlijn naast het viaduct over de Theemsweg.

Voor het op de vloer plaatsen van de trilling meetpunten is een hulpconstructie gebruikt zoals omschreven in Bijlage 4 van SBR richtlijn trillingen deel B; Hinder voor personen in gebouwen; meet- en beoordelingsrichtlijn. Tijdens alle trilling metingen zijn de trillingsniveaus in de meetapparatuur opgeslagen. De trillingen ten gevolge van railverkeer worden gekwalificeerd als herhaald kortdurende trillingen. Het betreft een bestaande situatie en de gebouwfunctie is kantoor.

Kortste afstand van brugkantoor Eqin tot midden Havenspoorlijn is ongeveer 75 meter. Kortste afstand van kazerne van de gezamenlijke brandweer Merseyweg tot midden Havenspoorlijn is ongeveer 95 meter. In figuur 5.7 en 5.8 worden de meetposities weergegeven.



Figuur 5.7: overzicht meetpunten trillingen brugkantoor Egin en Talud



Figuur 5.8: overzicht meetpunten trillingen gezamenlijke brandweer Merseyweg

De vijf trilling meetsets zijn per week uitgelezen. De datum en tijd van alle meetsets is steeds onderling gesynchroniseerd tijdens uitlezen. De maximale onderlinge afwijking per week bedroeg 9 seconden. Met het meetpunt in het talud naast de Havenspoorlijn zijn alle passages van goederen treinen met datum en tijd vastgelegd. De tijdstippen zijn overgenomen naar de meetdata van de

meetpunten op de vloeren en maaiveld. Alle overige meetdata die niet aan treinpassages is toe te wijzen is verder buiten beschouwing gelaten.

Voor het meetpunt op de vloer in het brugkantoor van Egin geldt dat door veel heen en weer lopen door medewerkers op werkdagen tussen 07 en 18 uur veel storing optreedt in de meetresultaten. Er is dan ook voor gekozen om alleen de meetdata op werkdagen tussen 19 en 06 uur te gebruiken voor de bepaling van $v_{\max}$ en v_{per} wanneer er geen medewerkers in het brugkantoor aanwezig zijn inclusief de zaterdagen en zondagen.

Aan het kantoorpand van Egin is een video registratiesysteem opgesteld op de 1^e verdieping van het pand van Egin. Dit systeem heeft continu beelden van de Havenspoorlijn opgenomen tijdens de trilling metingen.

Tijdens de onbemande trilling metingen is op zaterdag 3 oktober en zondag 4 oktober het spoor inclusief dwarsliggers vervangen van een deel van de stam spoorlijn langs de Theemsweg ter hoogte van de kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg. Hierbij is gebruik gemaakt van zwaar materieel.

Meetresultaten

De snelheidsniveaus van de trillingen zijn voor X en Y in de horizontale richting gemeten en voor Z in de verticale richting. Uit de metingen kunnen de volgende gegevens worden afgeleid:

- De maximaal optredende effectieve snelheidsniveaus ($v_{\max}$);
- De gemiddelde waarden van de effectieve snelheidsniveaus (v_{per}), indien $v_{\max}$ groter is dan 0,1.

In memo Bts wordt gesteld dat de toetsingswaarde niet per dagdeel wordt vastgesteld, en wel om de volgende redenen. Ten eerste is het zo dat treinen zeer zelden kunnen worden vastgepind op een dagdeel: een maatgevende, sterke trillingen veroorzakende trein die tijdens de meting overdag passeert kan een dag, een maand of een jaar later 's nachts (of, voor reizigerstreinen: in de randen van de nacht) passeren. Ten tweede is voor een aparte toetsingswaarde in de nacht een zeer langdurige meting nodig, gesteld een gewenste reproduceerbaarheid van 10%.

Voor deze situatie wordt de maximale trilling sterkte $v_{\max;\text{BTS}}$ bepaald samen met de gewogen trilling sterkte v_{per} voor de beoordeling periode nacht. In figuren 6.8 en 6.9 zijn de meetresultaten van de trilling metingen grafisch weergegeven. Van de meetwaarden zijn de videoregistraties bekeken om na te gaan of er daadwerkelijk een goederentrein is gepasseerd. Wanneer dit niet het geval is wordt de meetwaarde verwijderd uit de dataset als zijnde een storing.

$v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per}

Voor de vloer van de 1^e verdieping van de kazerne gezamenlijke brandweer geldt dat de gemeten trillingen ten gevolge van passages van goederentreinen in horizontale richting (evenwijdig aan het vloervlak - Y) dominant zijn. De dominante frequentie voor dit meetpunt bedraagt 5 Hz.

Voor de vloer van het brugkantoor van Egin geldt dat de gemeten trillingen ten gevolge van passages van goederentreinen in verticale richting (loodrecht op het vloervlak - Z) dominant zijn. De dominante frequentie voor dit meetpunt bedraagt 6 Hz.

Door middel van berekeningen conform Bts zijn de $v_{\max;\text{BTS}}$ bepaald voor vloervelden van het brugkantoor Egin en van kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg en in tabel 5.1 en 5.2 weergegeven.

Tabel 5.1: berekening $V_{max,BTS}$ en R

brugkantoor Eqin					
Veff,max [mm/s]		vloer X			
Meetdagen	21				
#top50%	156	#top25%	78	#top12,5%	39
M	1,536	μ	-1,31811	M	-1,134
Σ	0,277	σ	0,224593	Σ	0,167
B	2,088	β	1,792856	B	1,455
Vmax,BTS	0,383	Vmax,BTS	0,400339	Vmax,BTS	0,410
iteratieslag nodig		iteratieslag nodig		klaar	
R	7,2%	R	7,4%	R	6,7%
Veff,max [mm/s]		vloer Y			
Meetdagen	21				
#top50%	100	#top25%	50	#top12,5%	25
M	1,610	M	-1,407	μ	-1,270
Σ	0,245	Σ	0,171	σ	0,120
B	1,903	B	1,582	β	1,205
Vmax,BTS	0,318	Vmax,BTS	0,321	Vmax,BTS	0,324
iteratieslag nodig		iteratieslag nodig		klaar	
R	7,4%	R	6,4%	R	5,3%
Veff,max [mm/s]		vloer Z			
Meetdagen	21				
#top50%	428	#top25%	214		
M	1,378	μ	-1,146		
Σ	0,308	σ	0,276		
B	2,467	β	2,212		
Vmax,BTS	0,539	Vmax,BTS	0,586		
iteratieslag nodig		klaar			
R	5,6%	R	6,5%		

Tabel 5.2: berekening $V_{max,BTS}$ en R

kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg					
Veff,max [mm/s]		vloer X			
Meetdagen	21				
#top50%	93	#top25%	47	#top12,5%	23
M	1,928	μ	-1,814	μ	-1,705
Σ	0,150	σ	0,128	σ	0,094
B	1,871	β	1,551	β	1,154
Vmax,BTS	0,193	Vmax,BTS	0,199	Vmax,BTS	0,202
iteratieslag nodig		iteratieslag nodig		klaar	
R	4,7%	R	4,9%	R	4,2%
Veff,max [mm/s]		vloer Y			
Meetdagen	21				
#top50%	94	#top25%	47		
M	1,917	μ	-1,782		
Σ	0,179	σ	0,158		
B	1,876	β	1,551		
Vmax,BTS	0,205	Vmax,BTS	0,215		
iteratieslag nodig		klaar			
R	5,5%	R	6,0%		
Veff,max [mm/s]		vloer Z			
Meetdagen	21				
#top50%	54				
M	2,029				
Σ	0,150				
B	1,620				
Vmax,BTS	0,168				
Klaar					
R	5,5%				

Tabel 5.3: Berekening V_{per} per dag brugkantoor Eqin

periode #	treinen N	datum	periode d/a/n	X V_{per}	Y V_{per}	Z V_{per}
1	14	22-09	avond	0,013	0,005	0,029
2	35	22-09	nacht	0,009	0,006	0,029
3	24	23-09	avond	0,017	0,010	0,044
4	22	23-09	nacht	0,020	0,013	0,031
5	15	24-09	avond	0,020	0,013	0,034
6	37	24-09	nacht	0,012	0,008	0,033
7	22	25-09	avond	0,023	0,015	0,052
8	24	26-09	nacht	0,018	0,012	0,034
9	50	26-09	dag	0,019	0,013	0,045
10	8	26-09	avond	0,028	0,015	0,029
11	39	27-09	dag	0,012	0,008	0,031
12	14	27-09	avond	0,025	0,015	0,035
13	16	27-09	nacht	0,011	0,007	0,024
14	18	28-09	avond	0,012	0,007	0,040
15	33	28-09	nacht	0,014	0,007	0,032
16	19	29-09	avond	0,018	0,010	0,034
17	26	29-09	nacht	0,015	0,007	0,030
18	26	30-09	avond	0,013	0,015	0,038
19	29	01-10	nacht	0,014	0,017	0,040
20	20	01-10	avond	0,020	0,021	0,041
21	38	01-10	nacht	0,018	0,022	0,041
22	13	02-10	avond	0,015	0,015	0,032
23	25	03-10	nacht	0,000	0,000	0,000
24	34	03-10	dag	0,015	0,012	0,019
25	10	03-10	avond	0,000	0,000	0,000
26	29	04-10	dag	0,000	0,000	0,000
27	17	04-10	avond	0,016	0,011	0,024
28	21	04-10	nacht	0,000	0,000	0,000
29	19	05-10	avond	0,011	0,009	0,022
30	22	05-10	nacht	0,019	0,014	0,023
31	15	06-10	avond	0,024	0,017	0,040
32	25	06-10	nacht	0,018	0,015	0,034
33	19	07-10	avond	0,016	0,013	0,040
34	30	07-10	nacht	0,012	0,009	0,033
35	16	08-10	avond	0,005	0,000	0,031
36	36	08-10	nacht	0,022	0,019	0,048
37	21	09-10	avond	0,027	0,021	0,047
38	22	09-10	nacht	0,020	0,013	0,033
39	53	10-10	dag	0,018	0,013	0,043
40	12	10-10	avond	0,019	0,018	0,038
41	32	11-10	dag	0,021	0,015	0,037
42	11	11-10	avond	0,014	0,013	0,036
43	12	11-10	nacht	0,020	0,015	0,031
44	25	12-10	avond	0,026	0,019	0,048
45	24	12-10	nacht	0,019	0,015	0,035
47	4	13-10	nacht	0,000	0,000	0,011
48	22	13-10	avond	0,030	0,019	0,051
max				0,028	0,022	0,052

Tabel 5.4: Berekening V_{per} per dag kazerne gezamenlijke brandweer

periode	treinen		periode	X	Y	Z
#	N	datum	d/a/n	V_{per}	V_{per}	V_{per}
1	14	22-09	avond	0,000	0,005	0,000
2	35	22-09	nacht	0,004	0,006	0,004
3	24	23-09	avond	0,013	0,010	0,008
4	22	23-09	nacht	0,009	0,009	0,003
5	15	24-09	avond	0,015	0,013	0,011
6	61	24-09	nacht	0,010	0,009	0,006
7	50	26-09	dag	0,013	0,011	0,009
8	8	26-09	avond	0,010	0,009	0,009
9	39	27-09	dag	0,005	0,006	0,005
10	14	27-09	avond	0,006	0,007	0,000
11	16	27-09	nacht	0,007	0,008	0,006
12	18	28-09	avond	0,007	0,012	0,008
13	33	28-09	nacht	0,008	0,010	0,006
14	19	29-09	avond	0,010	0,010	0,007
15	26	29-09	nacht	0,008	0,008	0,006
16	26	30-09	avond	0,011	0,012	0,007
17	29	01-10	nacht	0,009	0,011	0,006
18	20	01-10	avond	0,015	0,015	0,011
19	38	01-10	nacht	0,012	0,010	0,010
20	13	02-10	avond	0,012	0,013	0,005
21	25	03-10	nacht	0,008	0,008	0,005
22	34	03-10	dag	0,011	0,010	0,006
23	10	03-10	avond	0,007	0,008	0,005
24	29	04-10	dag	0,007	0,010	0,006
25	17	04-10	avond	0,010	0,013	0,008
26	21	04-10	nacht	0,003	0,009	0,003
27	19	05-10	avond	0,008	0,009	0,007
28	22	05-10	nacht	0,006	0,006	0,000
29	15	06-10	avond	0,014	0,012	0,010
30	25	06-10	nacht	0,011	0,012	0,007
31	19	07-10	avond	0,010	0,008	0,005
32	30	07-10	nacht	0,007	0,006	0,004
33	16	08-10	avond	0,000	0,000	0,000
34	36	08-10	nacht	0,008	0,010	0,008
35	21	09-10	avond	0,010	0,009	0,005
36	22	09-10	nacht	0,008	0,008	0,005
37	53	10-10	dag	0,011	0,010	0,008
38	12	10-10	avond	0,005	0,005	0,000
39	32	11-10	dag	0,009	0,009	0,006
40	11	11-10	avond	0,012	0,011	0,010
41	12	11-10	nacht	0,009	0,012	0,007
42	25	12-10	avond	0,009	0,008	0,010
43	24	12-10	nacht	0,010	0,009	0,007
44	20	13-10	avond	0,011	0,010	0,000
45	26	13-10	nacht	0,013	0,013	0,009
max				0,015	0,015	0,011

In tabel 5.5, 5.7 en 5.9 worden de $v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per} volgens Bts voor brugkantoor Egin gepresenteerd. In tabel 5.6, 5.8 en 5.10 worden de $v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per} volgens Bts voor kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg gepresenteerd.

Tabel 5.5: $v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per} 2015 in nachtperiode brugkantoor Egin

	V _{max;BTS}			V _{per}	dag/avond/nacht		
	X	Y	Z		A1	A2	A3
Brugkantoor Egin 1 ^e verdieping	0,41	0,32	0,59	0,05	0,3	1,2	0,15
	R [%]			R [%]			
	6,7%	5,3%	6,5%		<10%	<10%	<10%

Tabel 5.6: $v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per} 2015 in nachtperiode kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg

	Vmax:BTS			Vper	dag/avond/nacht		
	X	Y	Z		A1	A2	A3
	R [%]				R [%]		
Kazerne gezamenlijke brandweer 1 ^e verdieping	0,20	0,22	0,17	0,02	0,3	1,2	0,15
	4,2%	6,0%	5,5%		<10%	<10%	<10%

De berekeningen voor de gemiddelde trillingssterkte V_{per} is bepaald op basis van het aantal treinen tijdens de metingen (2015). De meting heeft in 2015 plaatsgevonden de referentie huidige situatie voor het Theemswegtracé is echter 2013 en de autonome situatie is 2030. Daarom dient er een correctie voor het verschil in de intensiteiten te worden uitgevoerd. De berekende waarde van V_{per} uit de meting dient daarom nog te worden gecorrigeerd voor wijzigingen in treinintensiteit. Een verhoging van de treinintensiteit leidt tot een hogere waarde van de gemiddelde trillingssterkte V_{per} . De waarde van V_{per} kan worden berekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$V_{\text{per}} = V_{\text{per,meting}} \times \sqrt{\frac{n}{n_{\text{meting}}}}$$

Hierbij is n de treinintensiteit in treinen. $V_{\text{per,meting}}$ is de gemiddelde trillingssterkte zoals deze volgt uit de meting, deze waarde is nog niet gecorrigeerd voor wijzigingen in aantal treinen. De V_{per} is gecorrigeerd op basis van de intensiteiten zoals gepresenteerd in tabel 2.3 in paragraaf 2.3.1.

Tabel 5.7: $v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per} 2013 in nachtperiode brugkantoor Egin

Tabel 3.7: $v_{\max}$, v_{BTS} en v_{per} 2020 in Namdeb-gebied. Bruggen: Egin							
	$v_{\max}$, v_{BTS}			v_{per}	dag/avond/nacht		
	X	Y	Z		A1	A2	A3
	R [%]				R [%]		
Brugkantoor Egin 1 ^e verdieping	0,41	0,32	0,59	0,05	0,3	1,2	0,15
	6.7%	5.3%	6.5%		<10%	<10%	<10%

Tabel 5.8: $v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per} 2013 in nachtperiode kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg

	V _{max:BTS}			V _{per}	dag/avond/nacht		
	X	Y	Z		A1	A2	A3
	R [%]						
Kazerne gezamenlijke brandweer 1 ^e verdieping	0,20	0,22	0,17	0,02	0,3	1,2	0,15
	4.2%	6.0%	5.5%		<10%	<10%	<10%

Tabel 5.9: $v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per} autonome situatie 2030 in nachtperiode brugkantoor Egin

Tabel B.5: $v_{\max;\text{BTS}}$ en v_{per} per autonome situatie 2050 in nachperiode Brugkantoor Egin							
	$v_{\max;\text{BTS}}$			v_{per}	dag/avond/nacht		
	X	Y	Z		A1	A2	A3
	R [%]				R [%]		
Brugkantoor Egin 1 ^e verdieping	0,41	0,32	0,59	0,07	0,3	1,2	0,15
	6.7%	5.3%	6.5%		<10%	<10%	<10%

Tabel 5.10: $v_{\max;BTS}$ en v_{per} autonome situatie 2030 in nachtperiode kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg

	$v_{\max;BTS}$			v_{per}	dag/avond/nacht		
	X	Y	Z		A1	A2	A3
Kazerne gezamenlijke brandweer 1 ^e verdieping	0,20	0,22	0,17	0,03	0,3	1,2	0,15
	R [%]				R [%]		
	4,2%	6,0%	5,5%		<10%	<10%	<10%

Opslingerfactor vloervelden gebouwen

Het verschil tussen het signaal in het vloerveld en het signaal in het maaiveld geeft een indicatie voor de opslingerfactoren van de vloervelden. De opslingerfactor van vloervelden is in zijn algemeenheid frequentieafhankelijk, in de nabijheid van de eigenfrequenties van vloervelden kunnen grote opslingerfactoren tot circa 3 [--] optreden. Hierbij wordt aangetekend dat er geen exacte bepaling van de overdrachtsfunctie als functie van de frequentie heeft plaats gevonden. Voor bepaling van de overdracht van het meetpunt in het maaiveld naar het meetpunt op de vloer is een $v_{\max;BTS}$ voor het meetpunt maaiveld bepaald op dezelfde wijze als bij meetpunt vloer. Hierna zijn deze waarden gedeeld om een indicatie van de opslingerfactor te krijgen. Deze indicatie van de opslingerfactor geldt voor het specifieke spectrum van de betreffende passage die de hoogste $v_{\max;BTS}$ bepaald.

In tabel 5.11 is de overdracht factor weergegeven voor brugkantoor Eqin en voor de kazerne gezamenlijke brandweer Merseyweg.

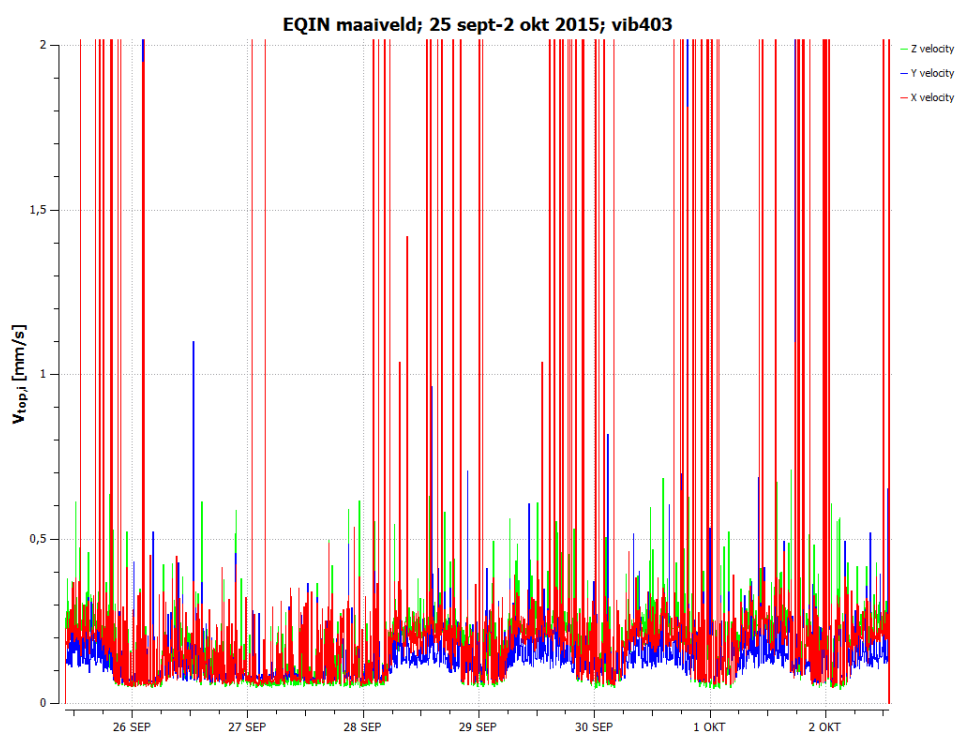
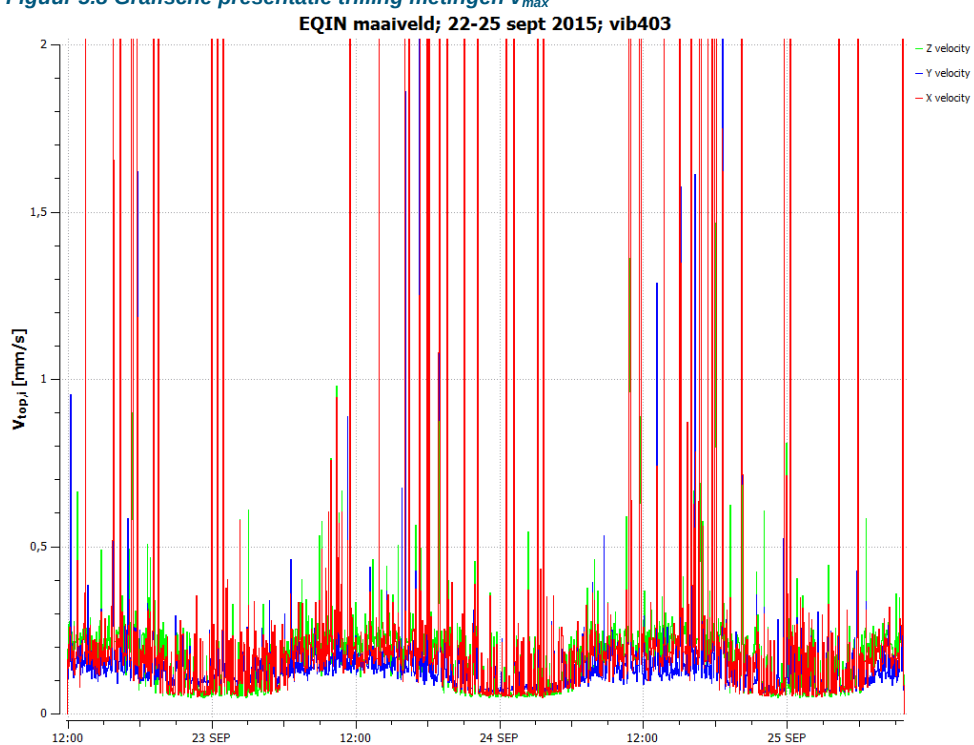
Tabel 5.11: indicatie overdracht factor bepaald uit $v_{\max;BTS}$

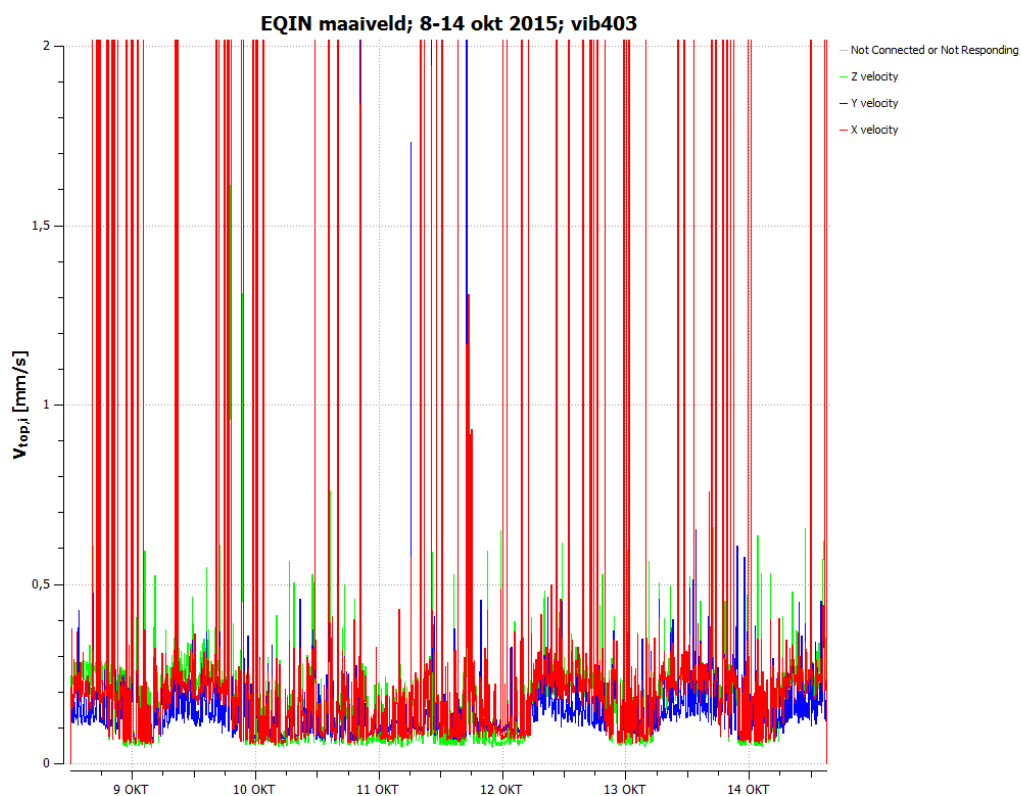
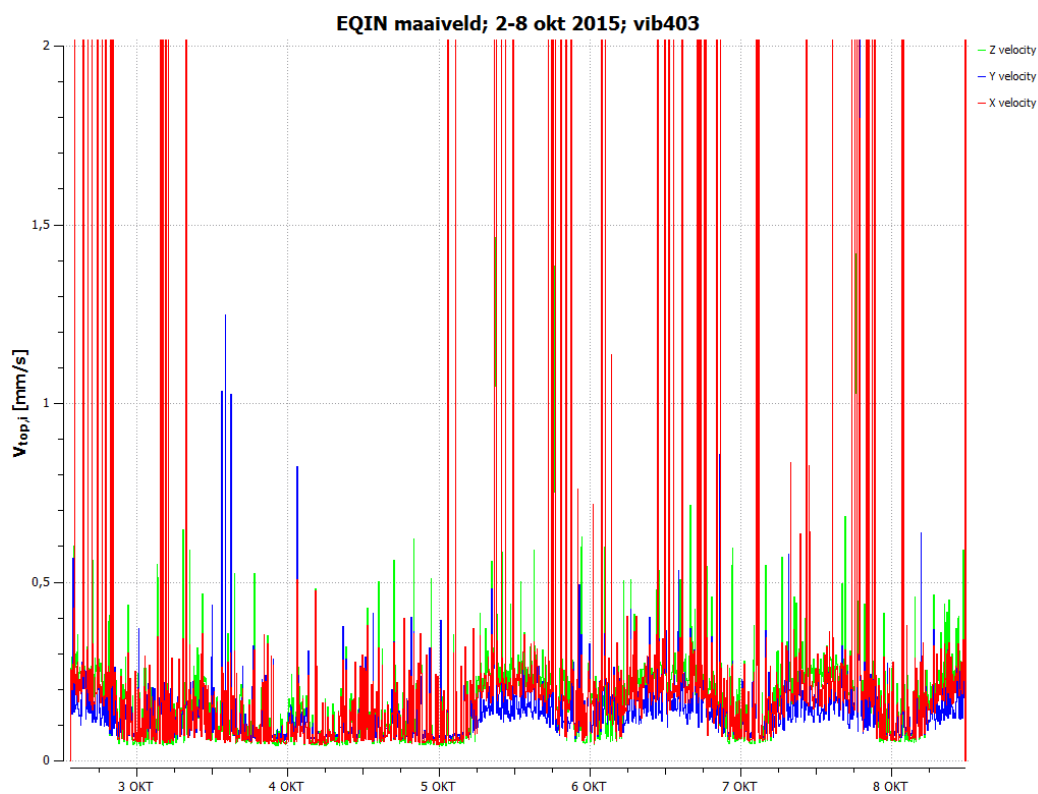
	$v_{\max;BTS}$	
	Eqin	Brandweer
Maaiveld	0,409	0,392
Vloer	0,586	0,168
Factor	1,43	0,43

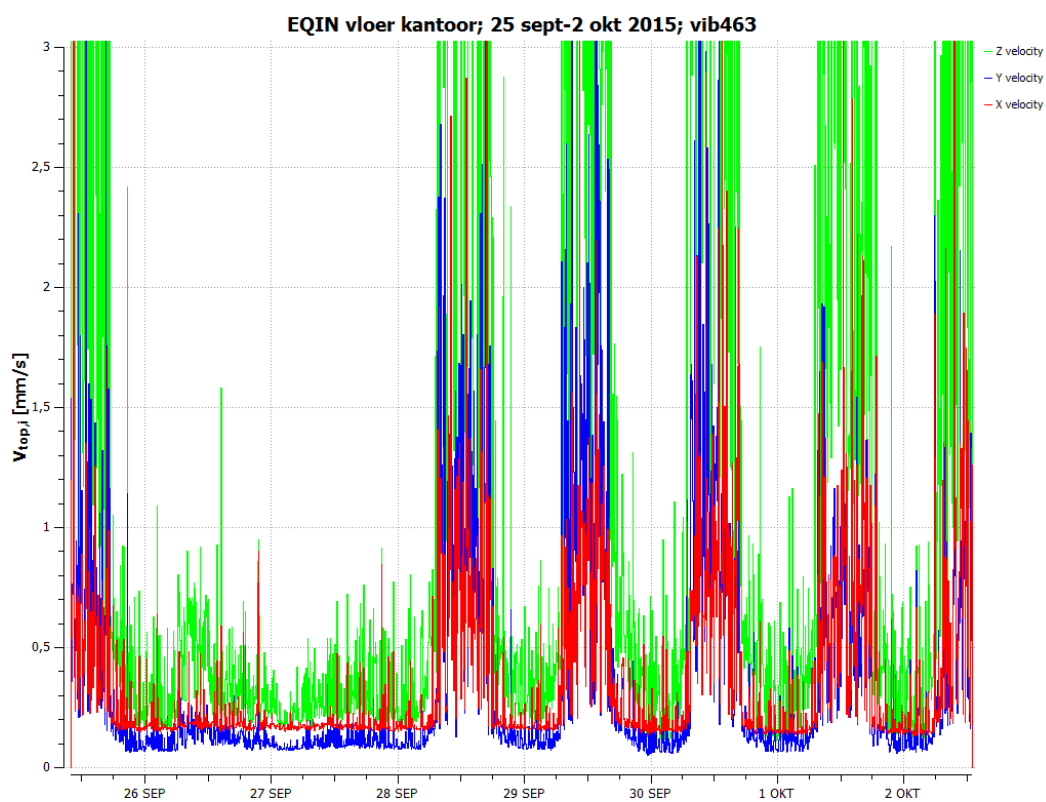
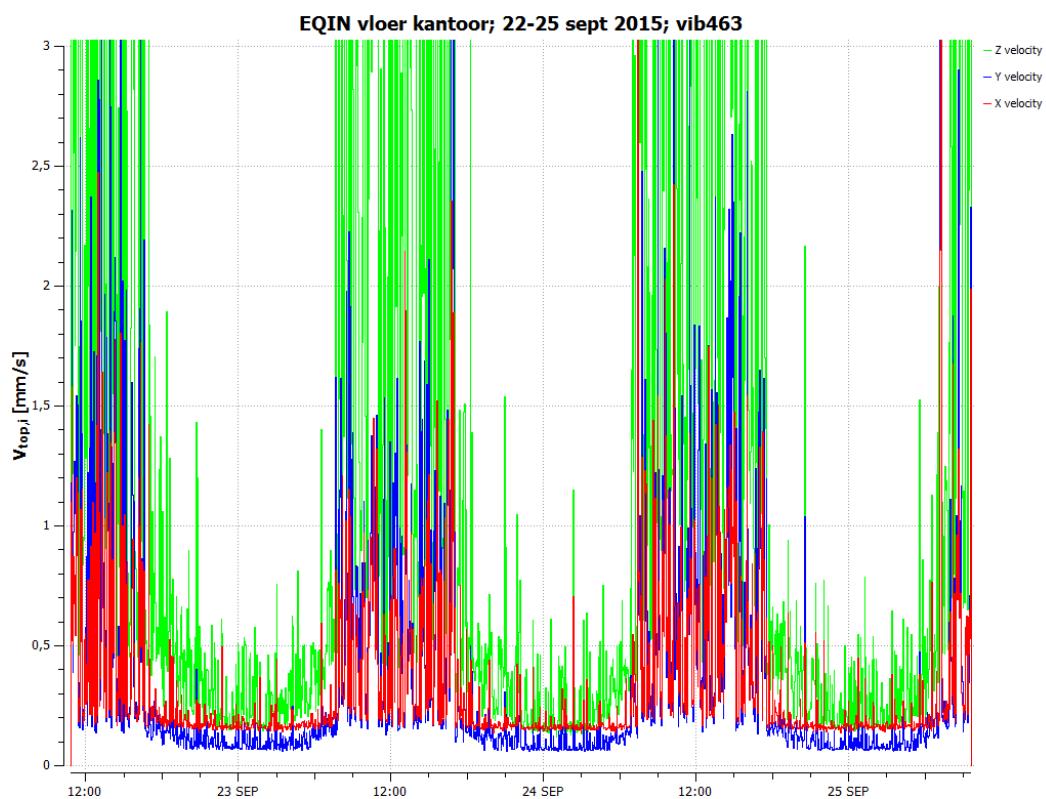
Veiligheidshalve wordt in de berekeningen op basis van de metingen een opslingerfactor van 2 [--] voor het kantoor Eqin en 1 [--] voor de Brandweer gehanteerd.

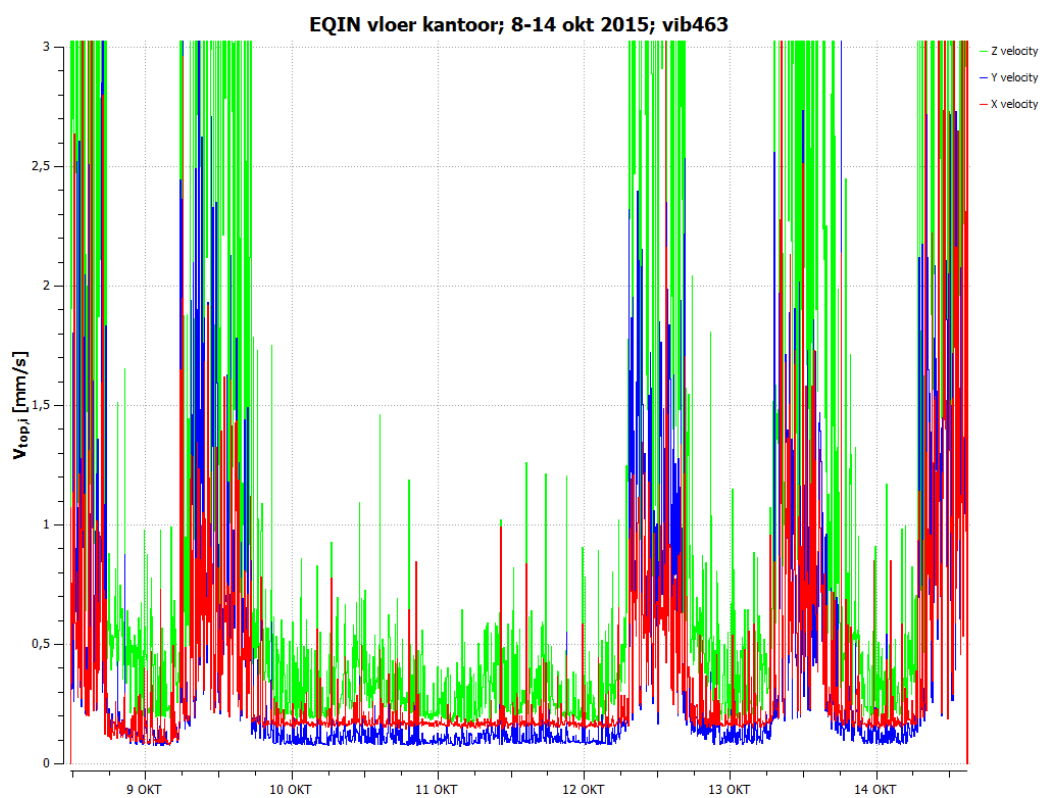
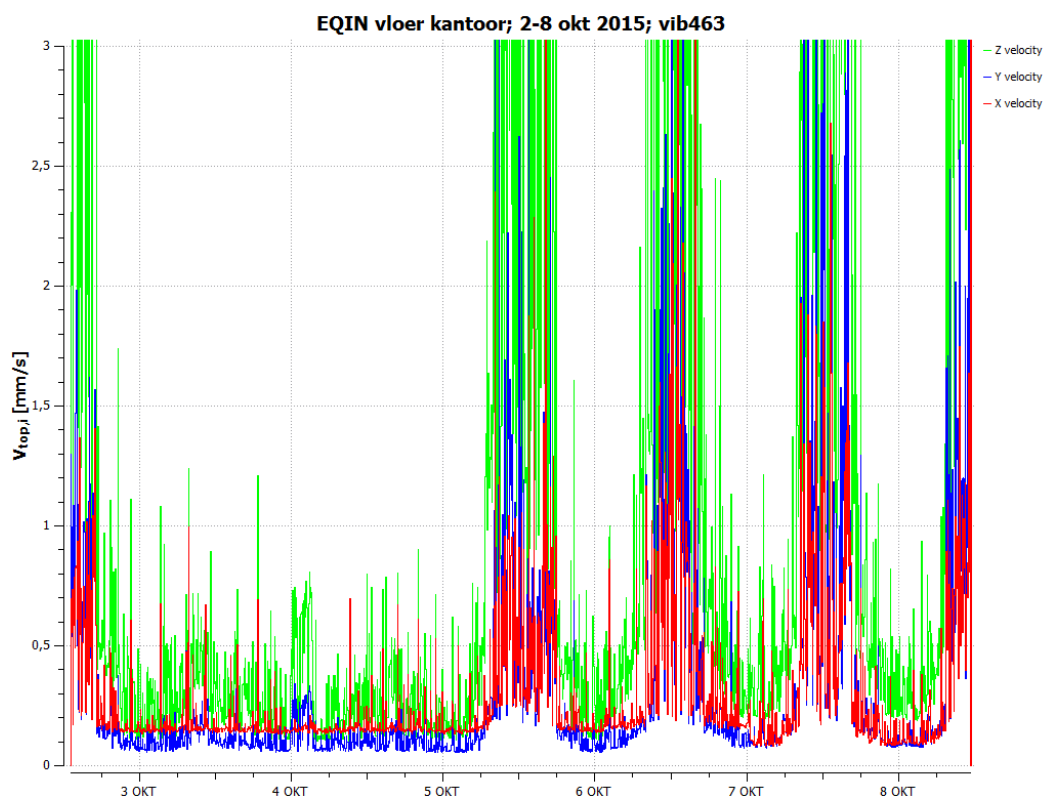
Uit de meetresultaten van onbemande trilling metingen volgens Bts van dinsdag 22 september tot en met woensdag 14 oktober 2015 zijn voor de meetpunten op de vloeren van brugkantoor Eqin en de verdiepingvloer van de kazerne van de gezamenlijke brandweer Merseyweg de $v_{\max;BTS}$ en v_{per} bepaald.

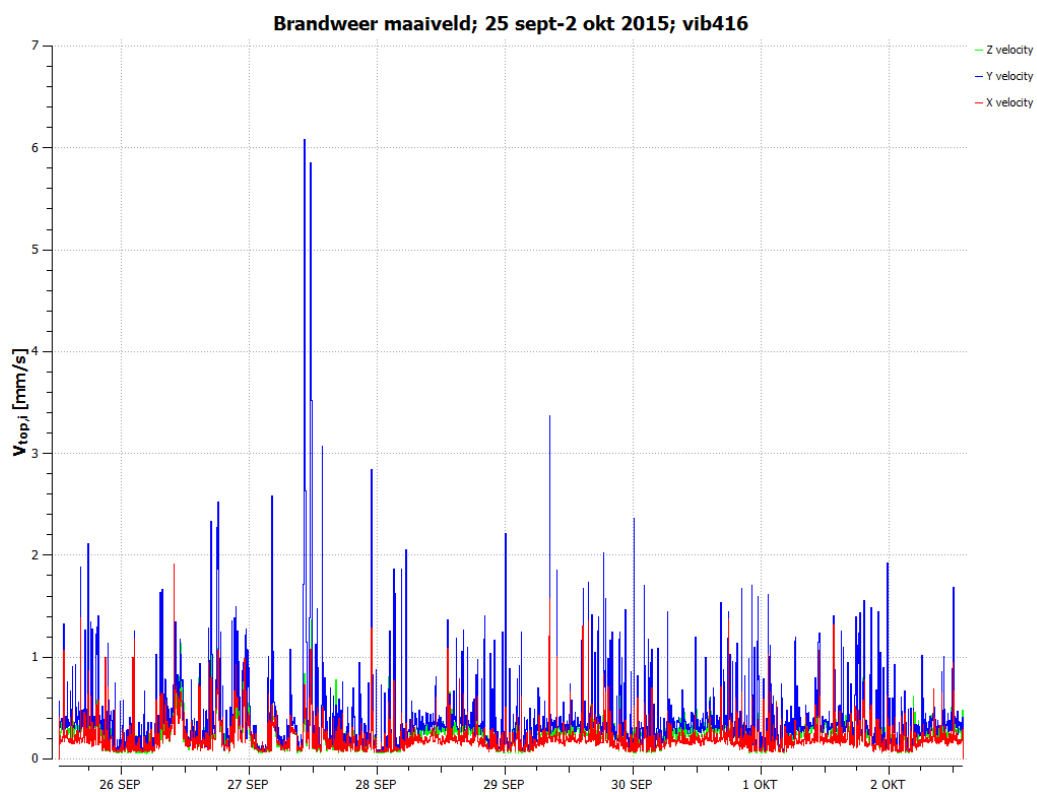
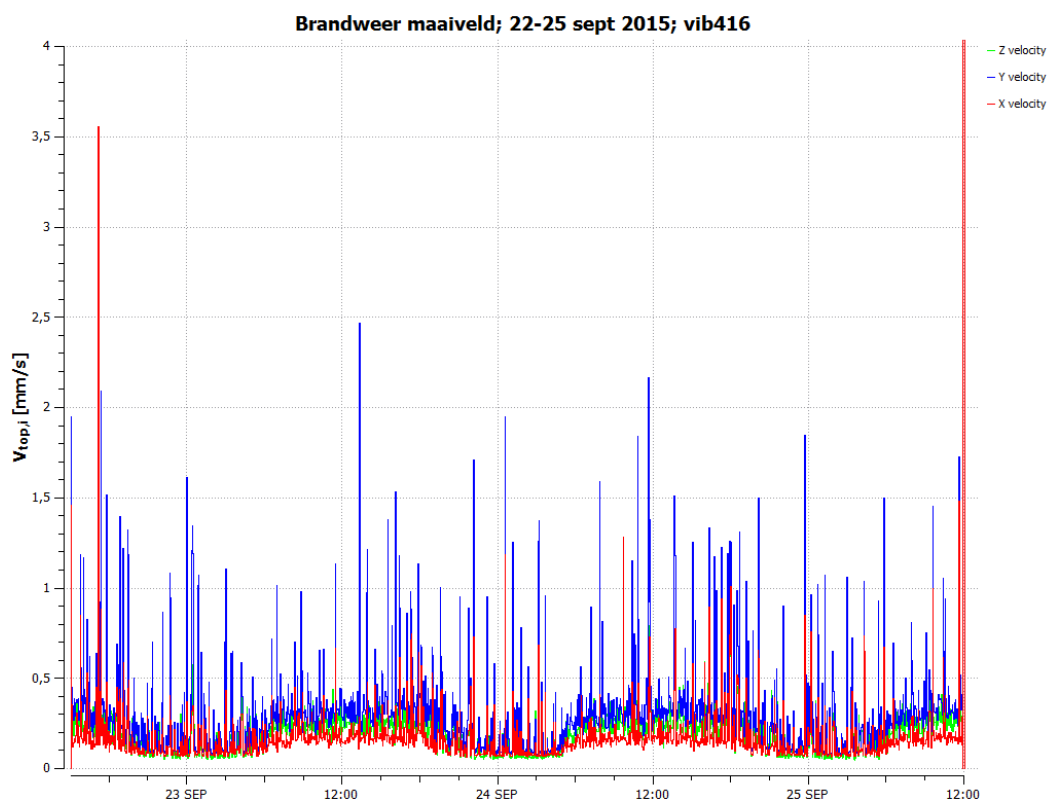
Figuur 5.8 Grafische presentatie trilling metingen v_{max}

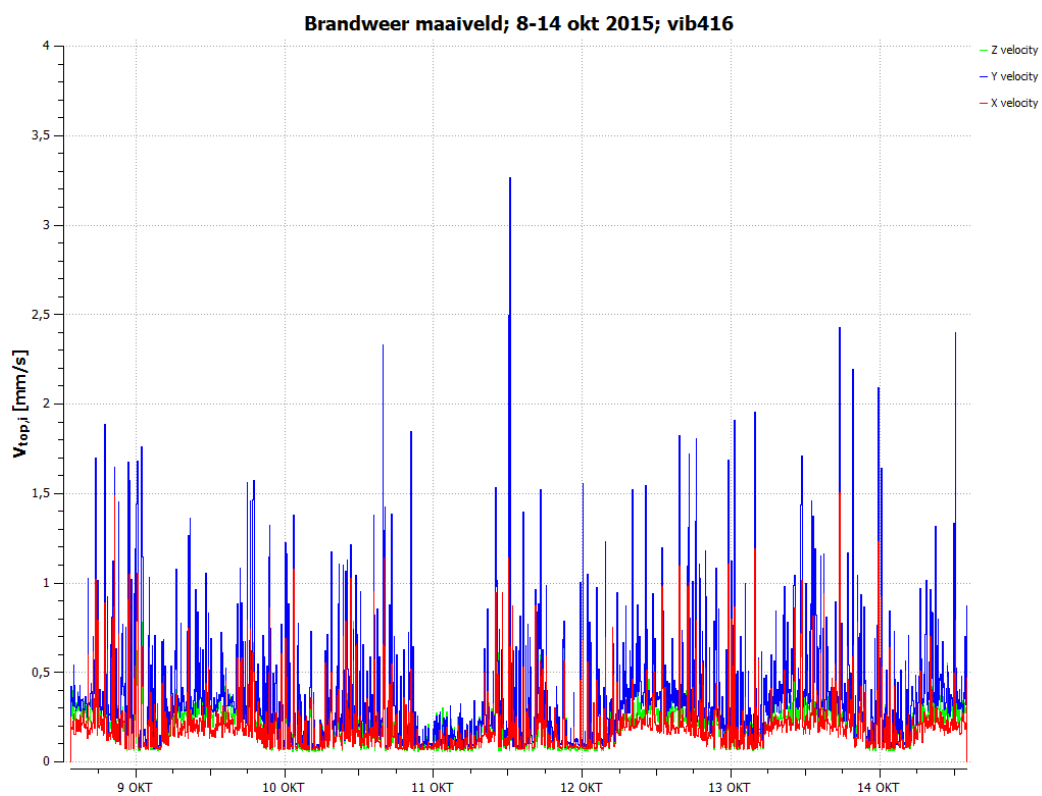
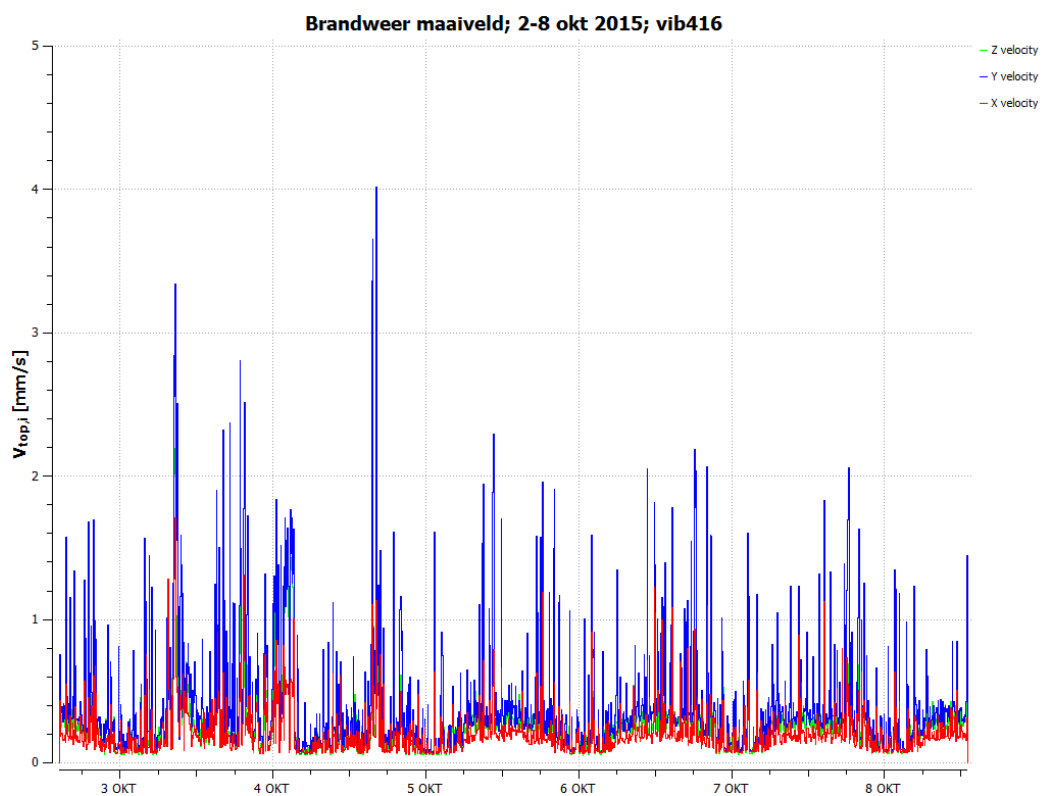


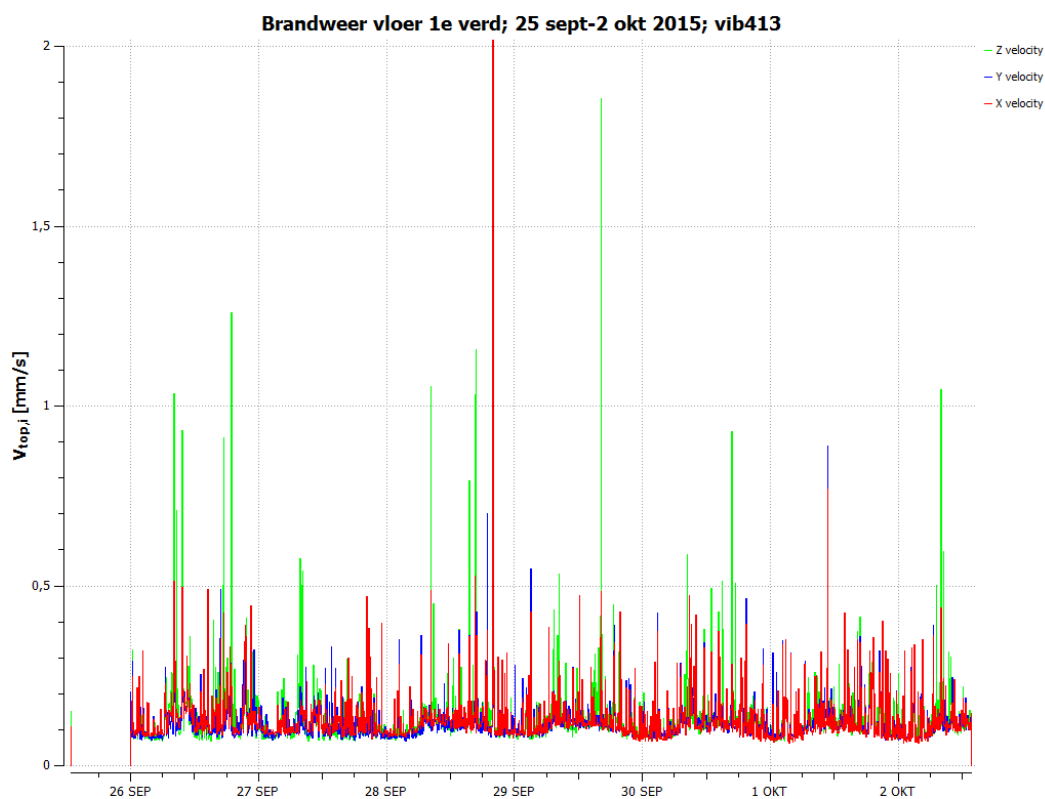
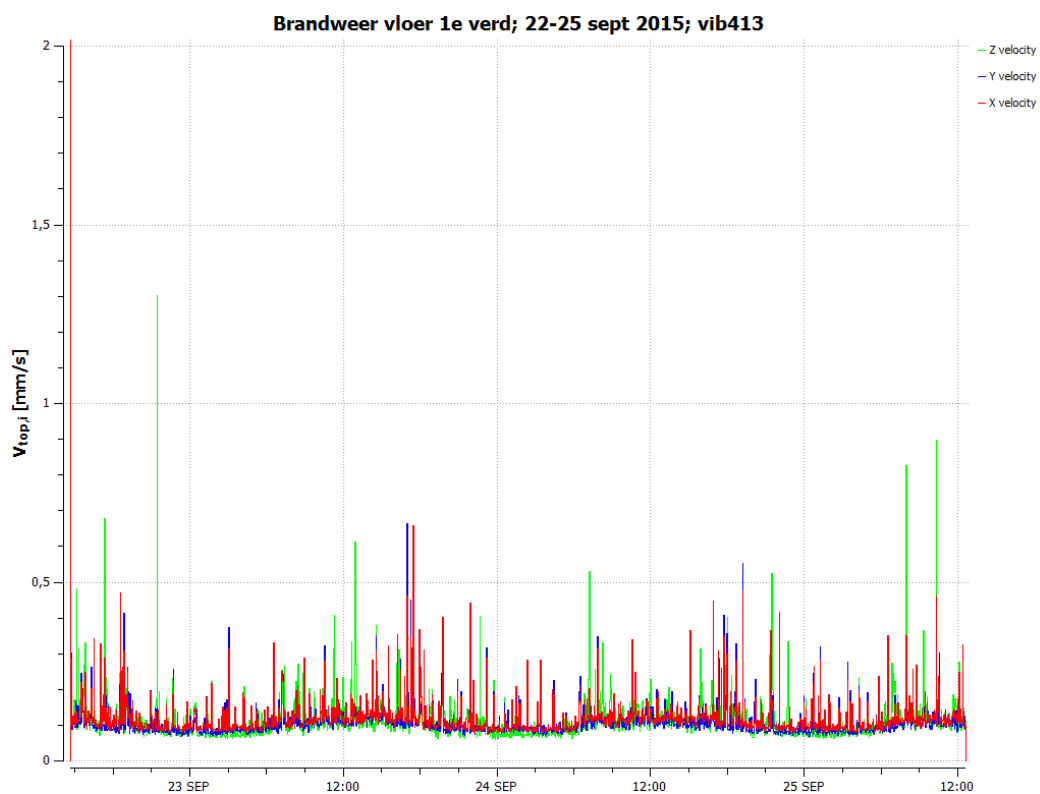


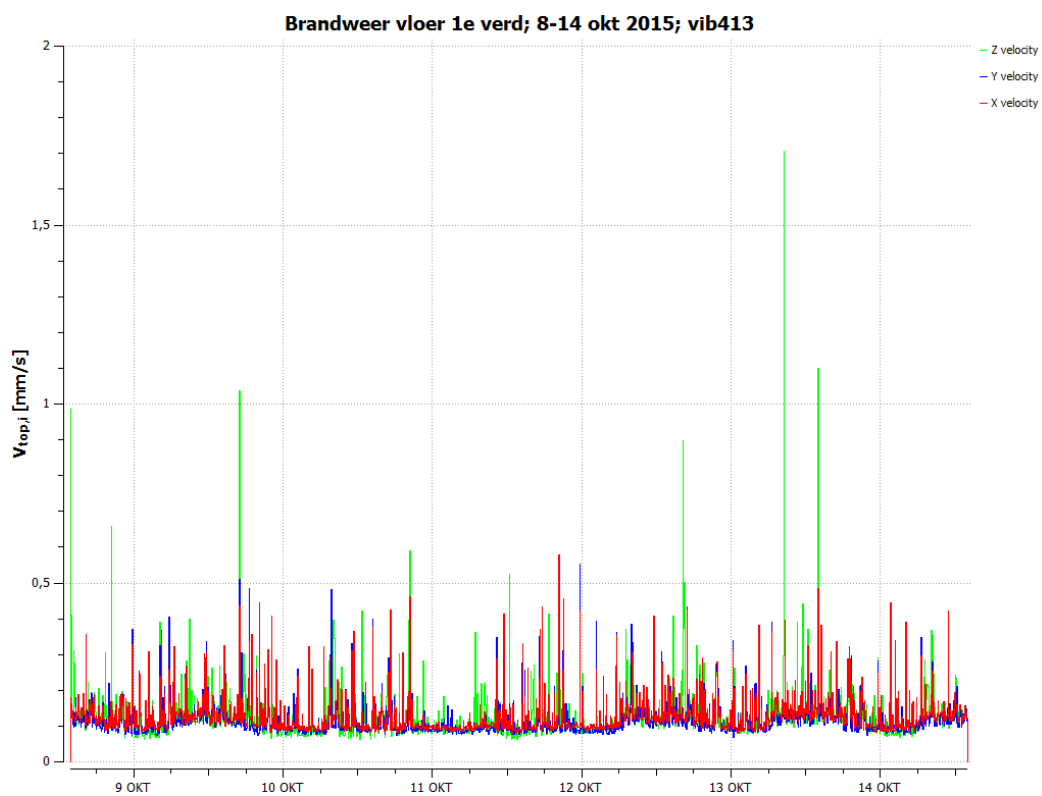
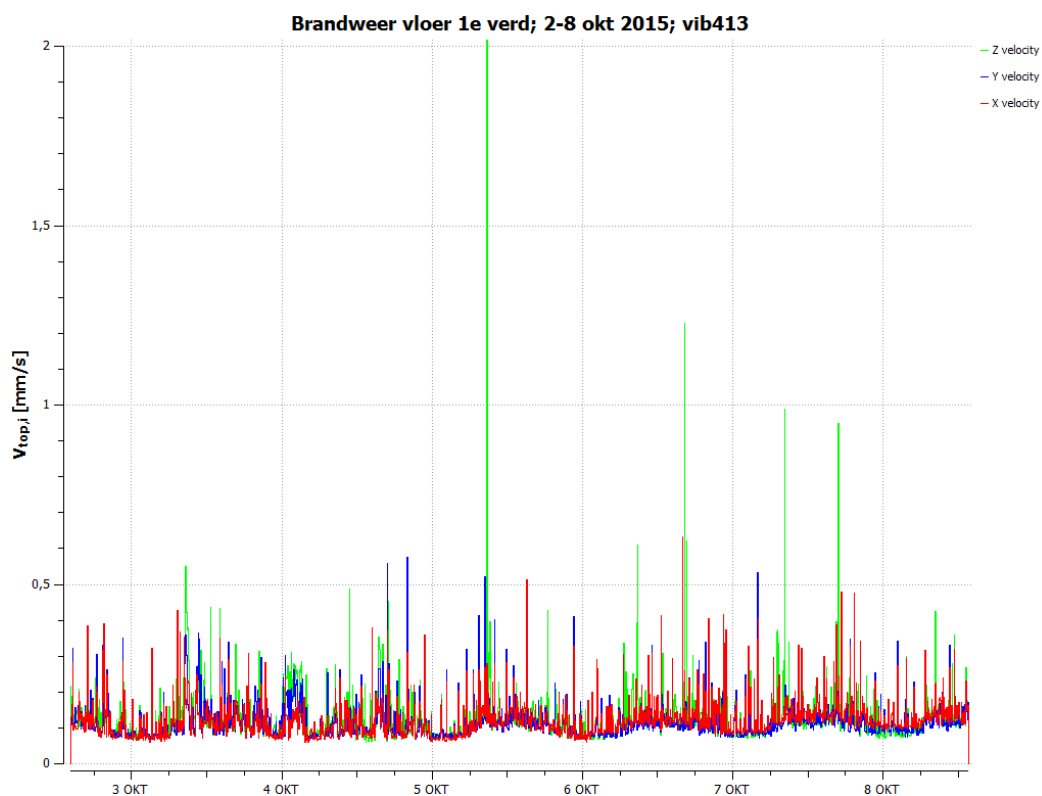


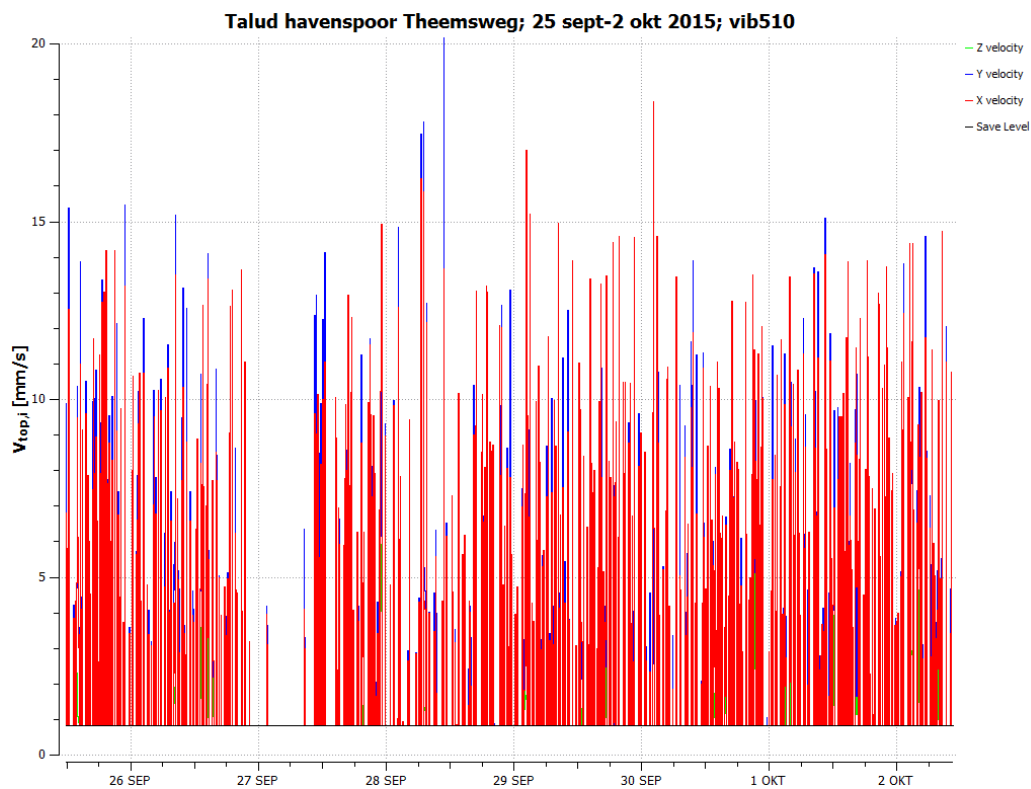
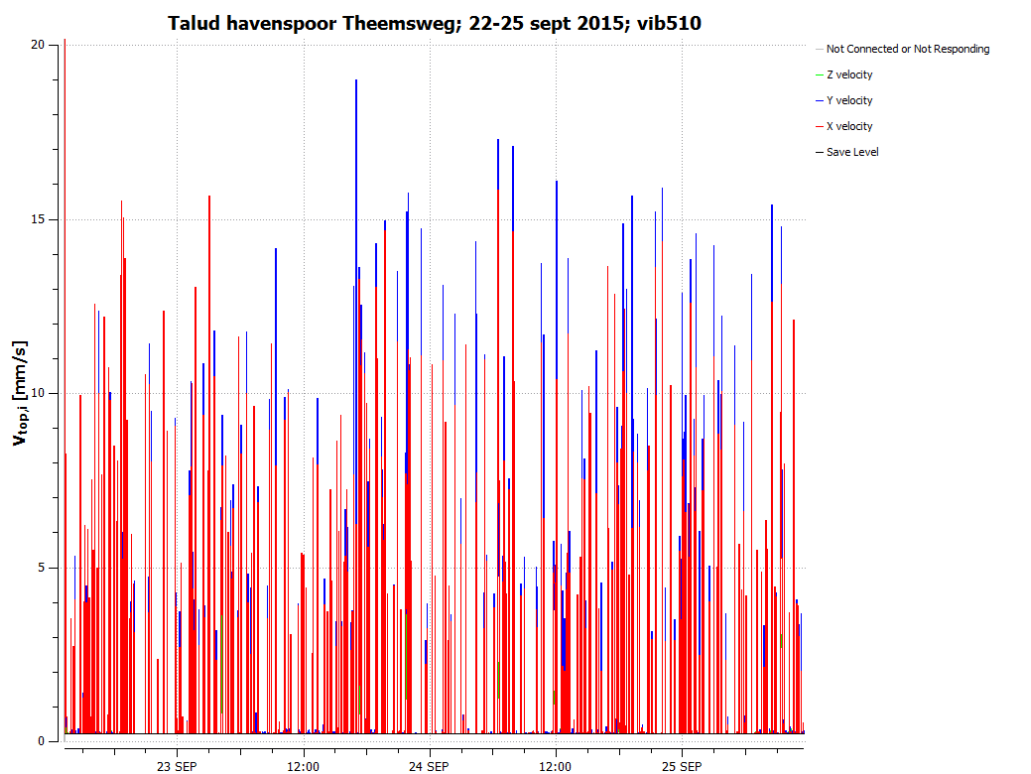


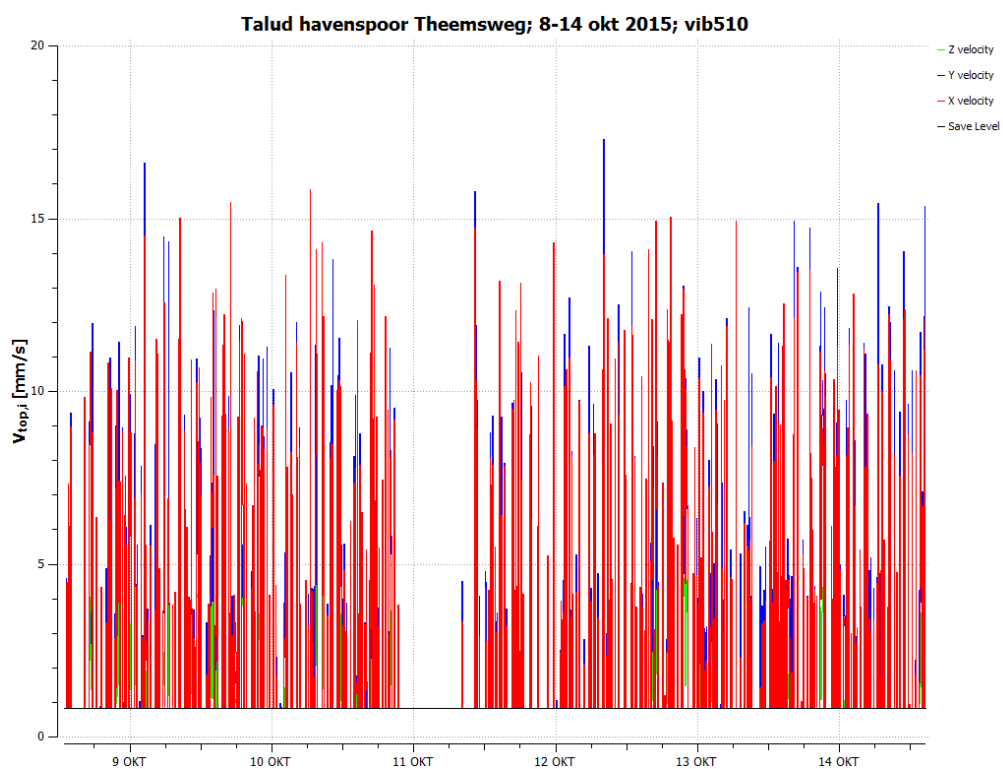
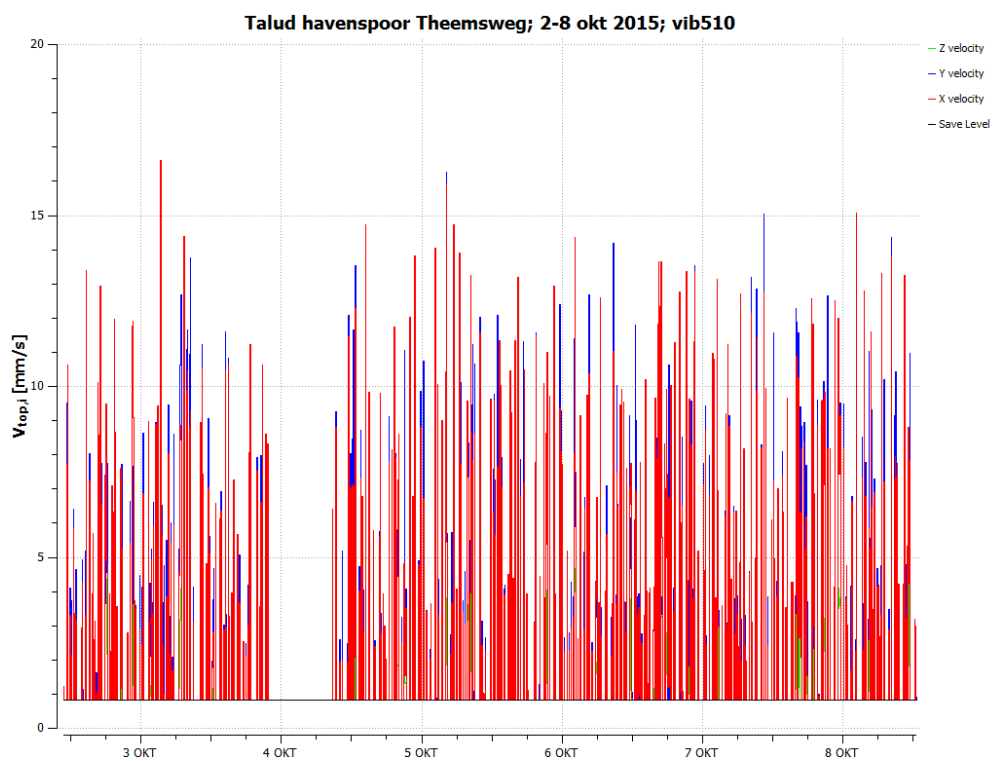




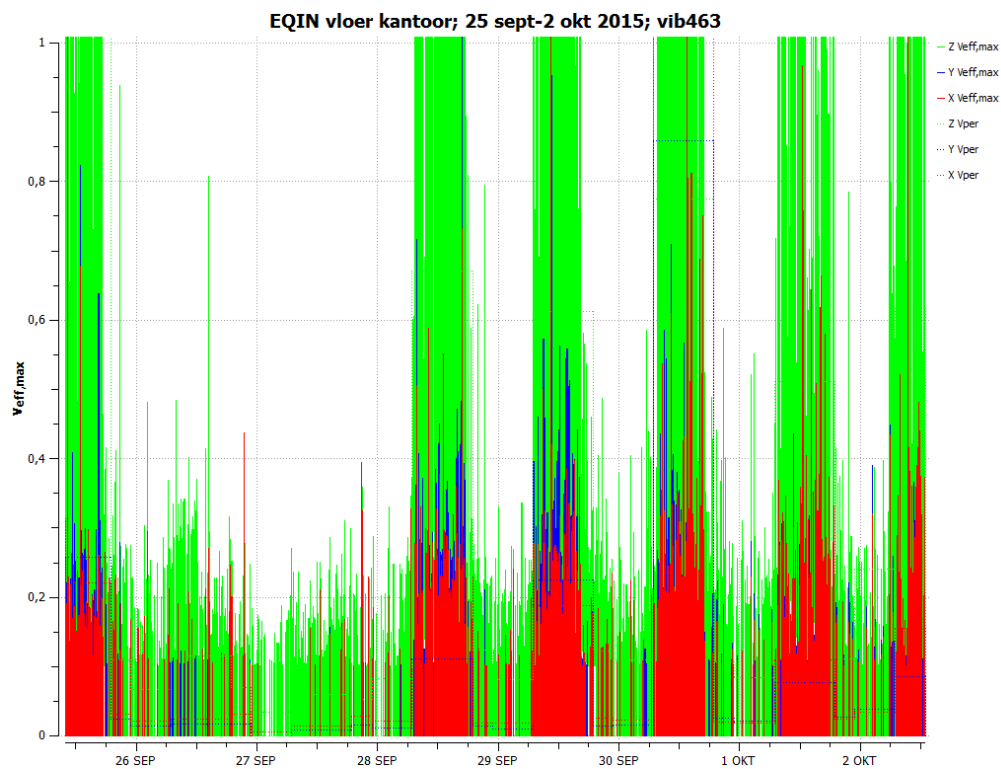
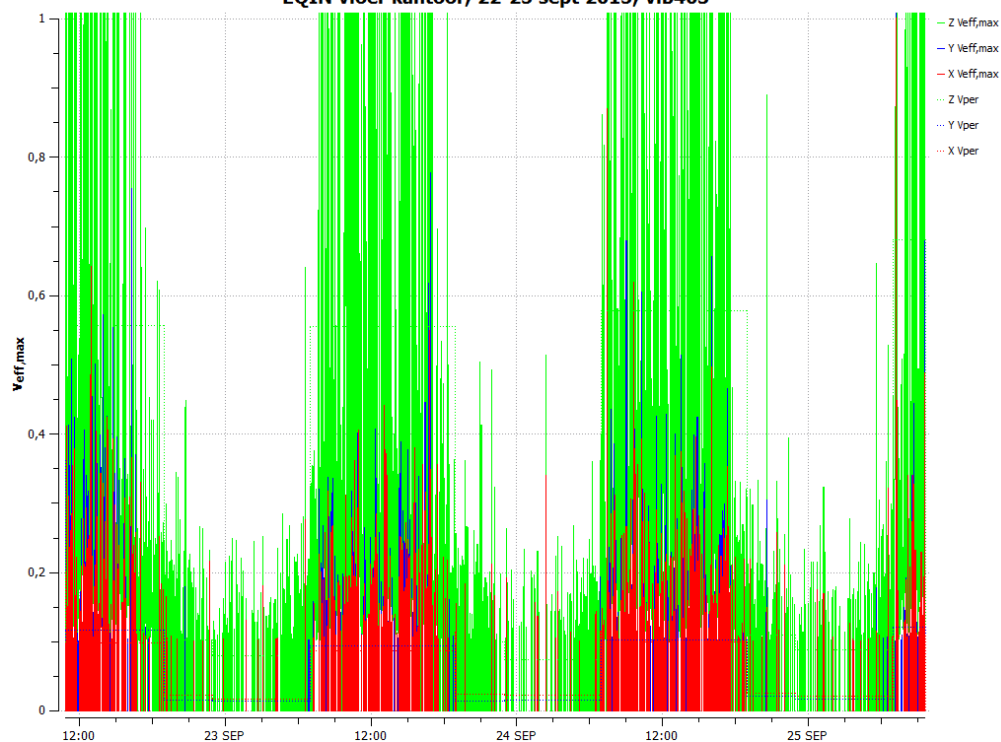


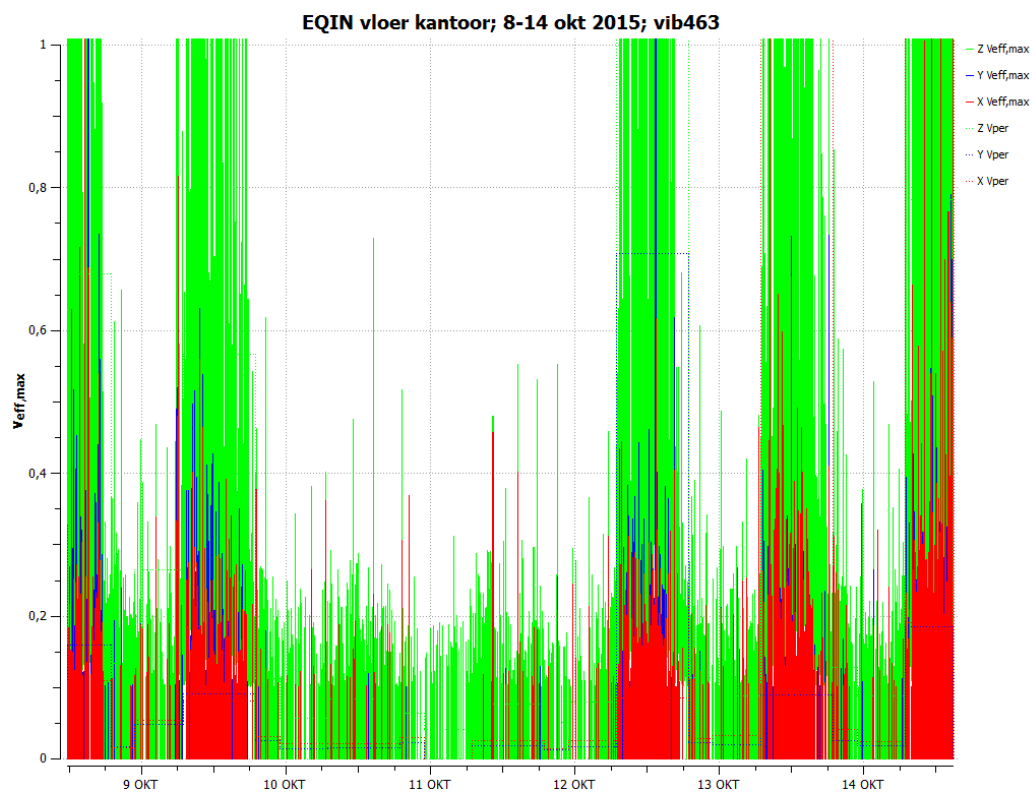
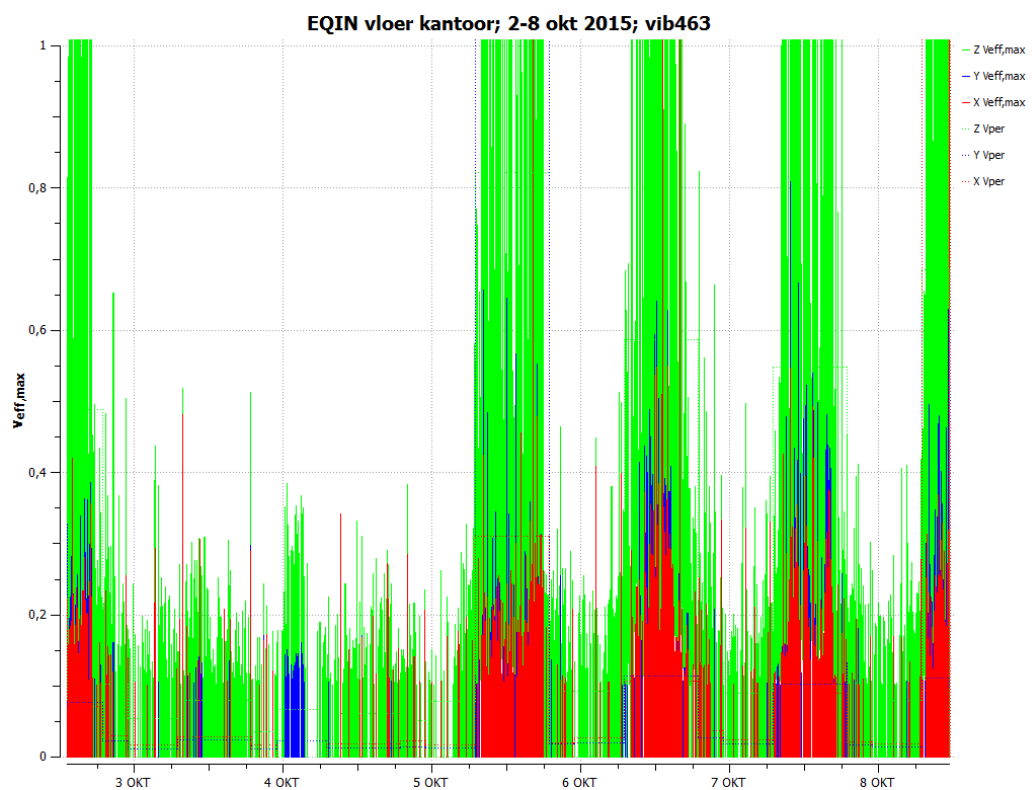


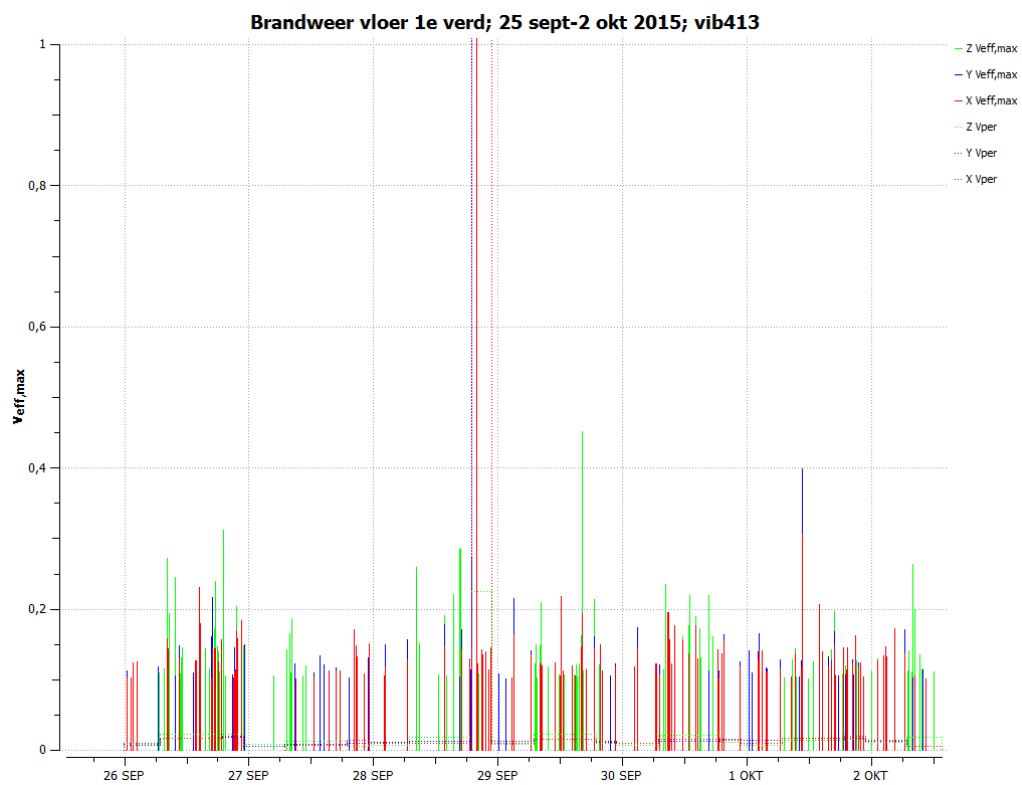
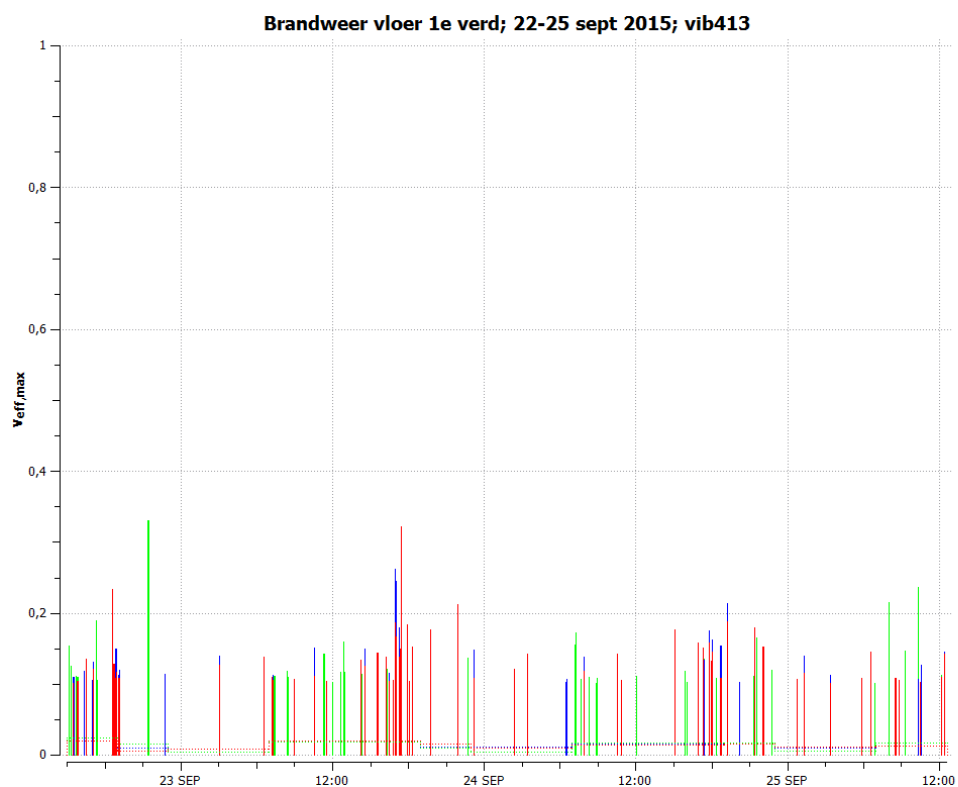


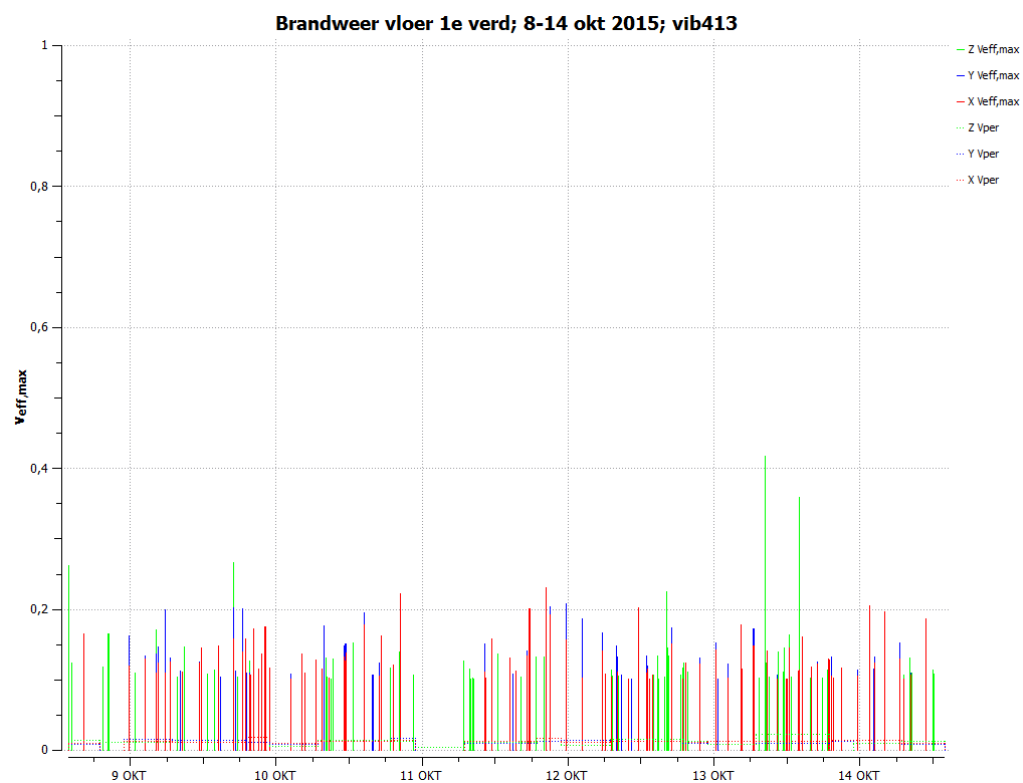
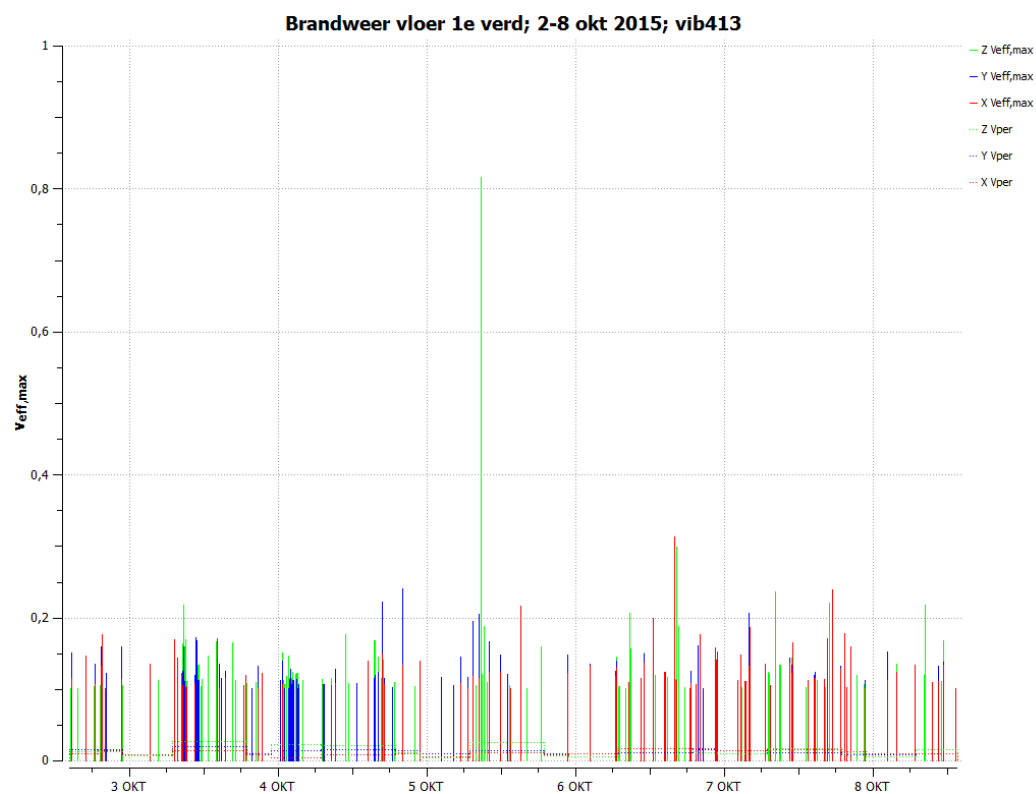


Figuur 5.9: Grafische presentatie trilling metingen $V_{eff,max}$ en V_{per}
EQIN vloer kantoor; 22-25 sept 2015; vib463



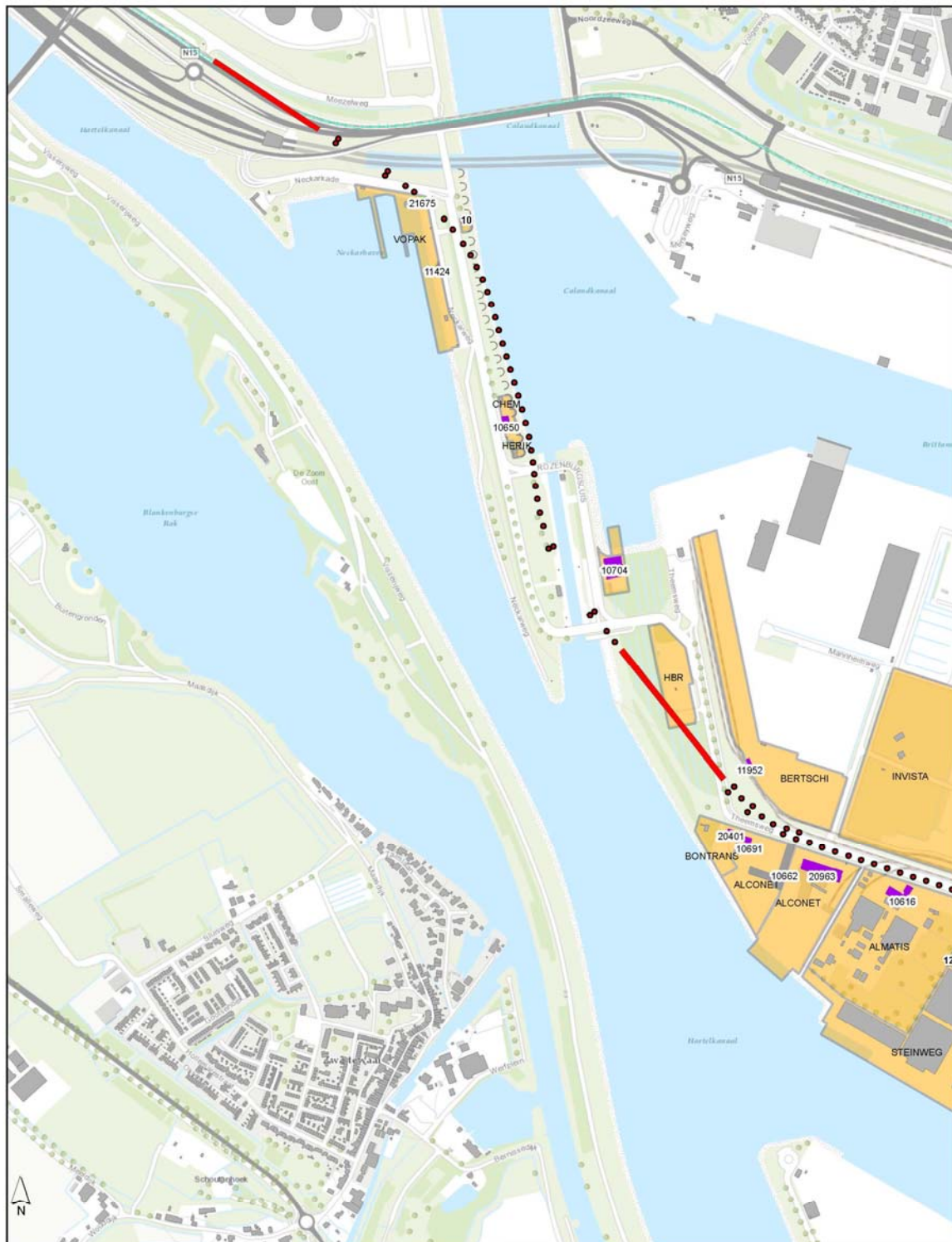






Bijlage 6 Pijlers Theemswegtracé variant oostelijke passage

Pijlers en aarden baan TWT variant oostelijke passage

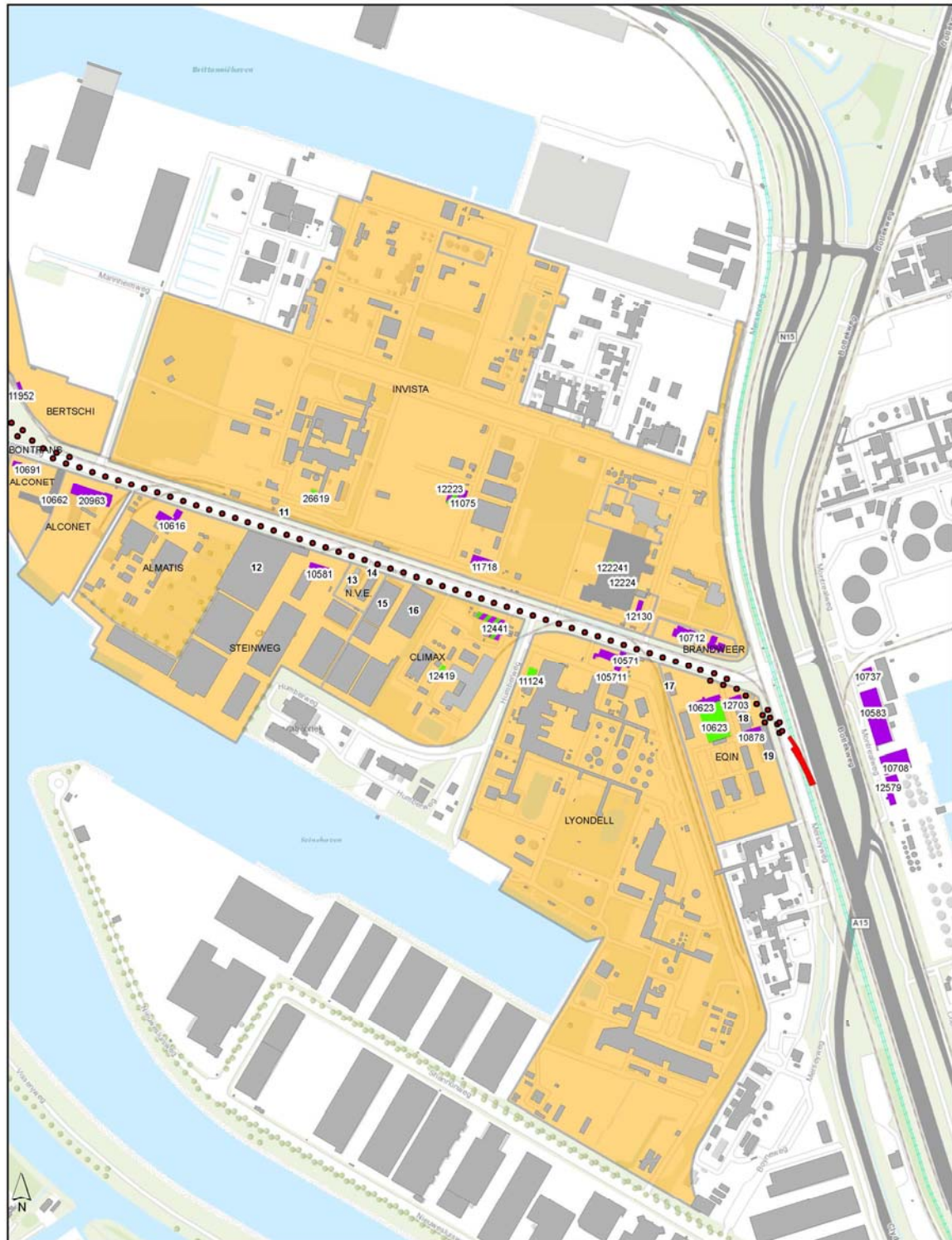


Legenda

-  Kantoren
-  Mogelijk trillingsgevoelige apparatuur
-  Kantoren / Kritische werkruimte

-  T-SO-CL-T-002-v0: aarden baan
-  T-SO-CL-T-002-v0: pijlers

Pijlers en aarden baan TWT variant oostelijke passage



Legenda

-  Kantoren
-  Mogelijk trillingsgevoelige apparatuur
-  Kantoren / Kritische werkruimte

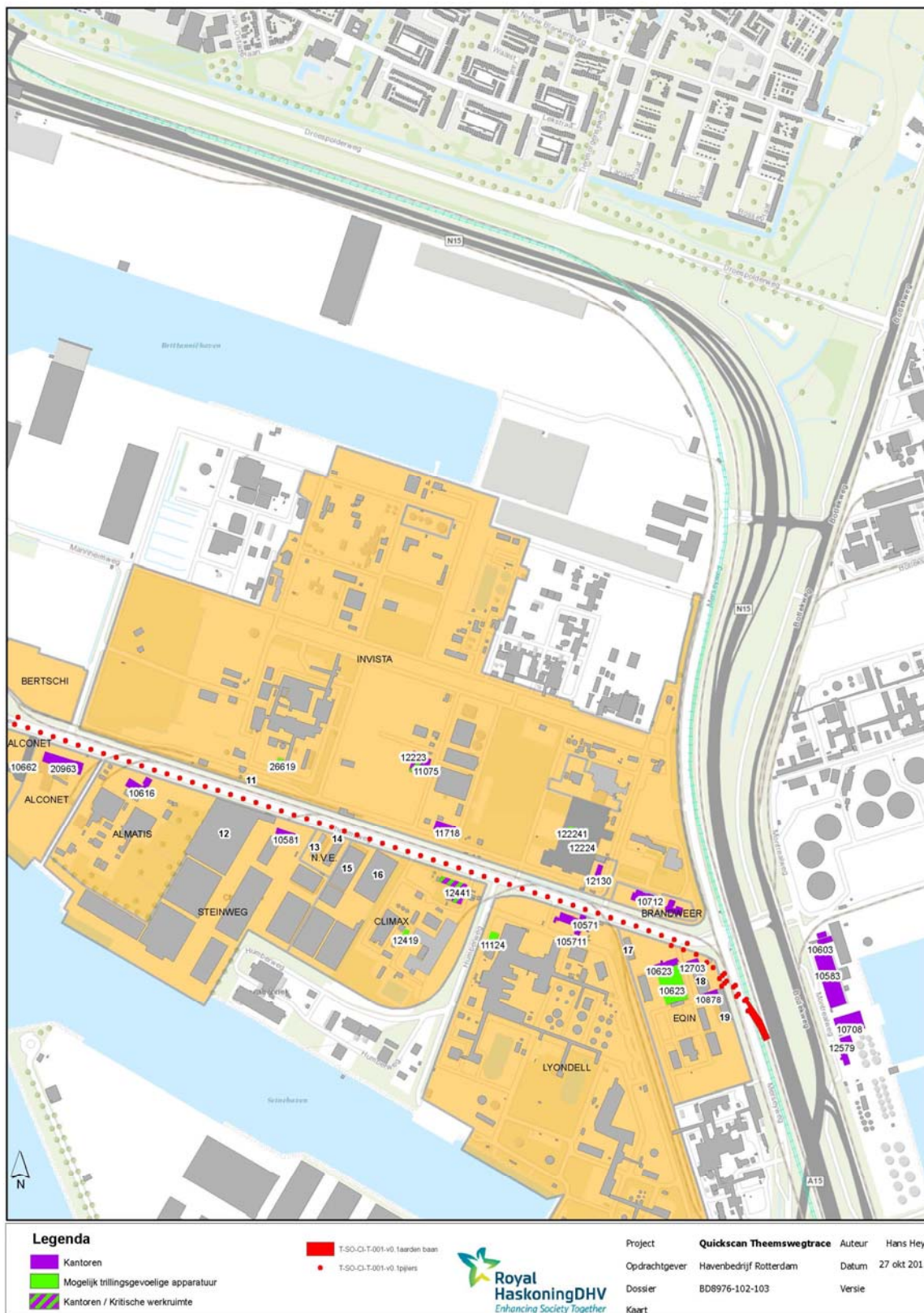
-  T-SO-CL-T-002-v0: Aarden baan
-  T-SO-CL-T-002-v0: Pijlers

Bijlage 7 Pijlers Theemswegtracé variant westelijke passage

Pijlers en aarden baan TWT variant westelijke passage



Pijlers en aarden baan TWT variant westelijke passage

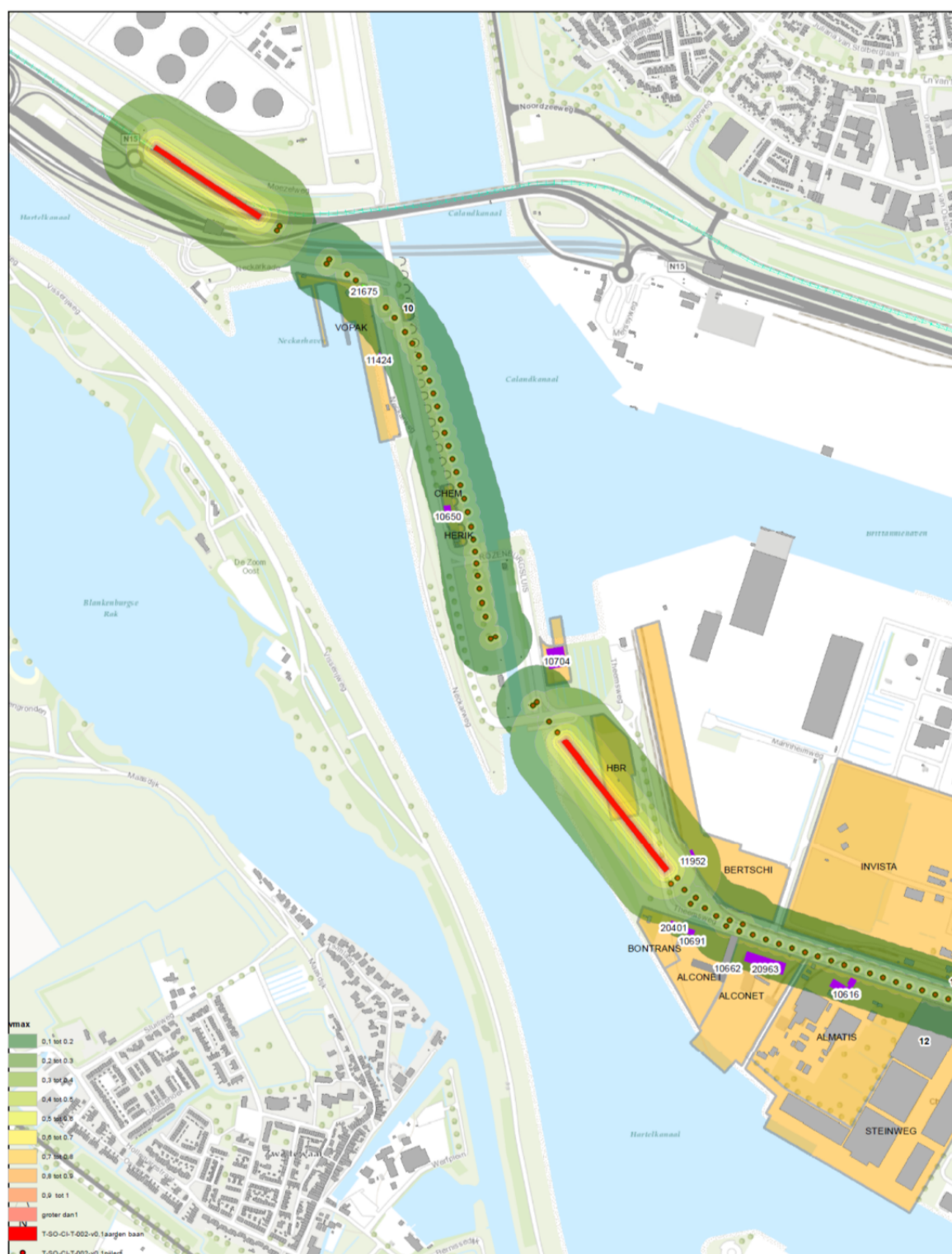


Bijlage 8 Maaiveldcontouren $V_{\max}$ Theemswegtracé variant oostelijke passage

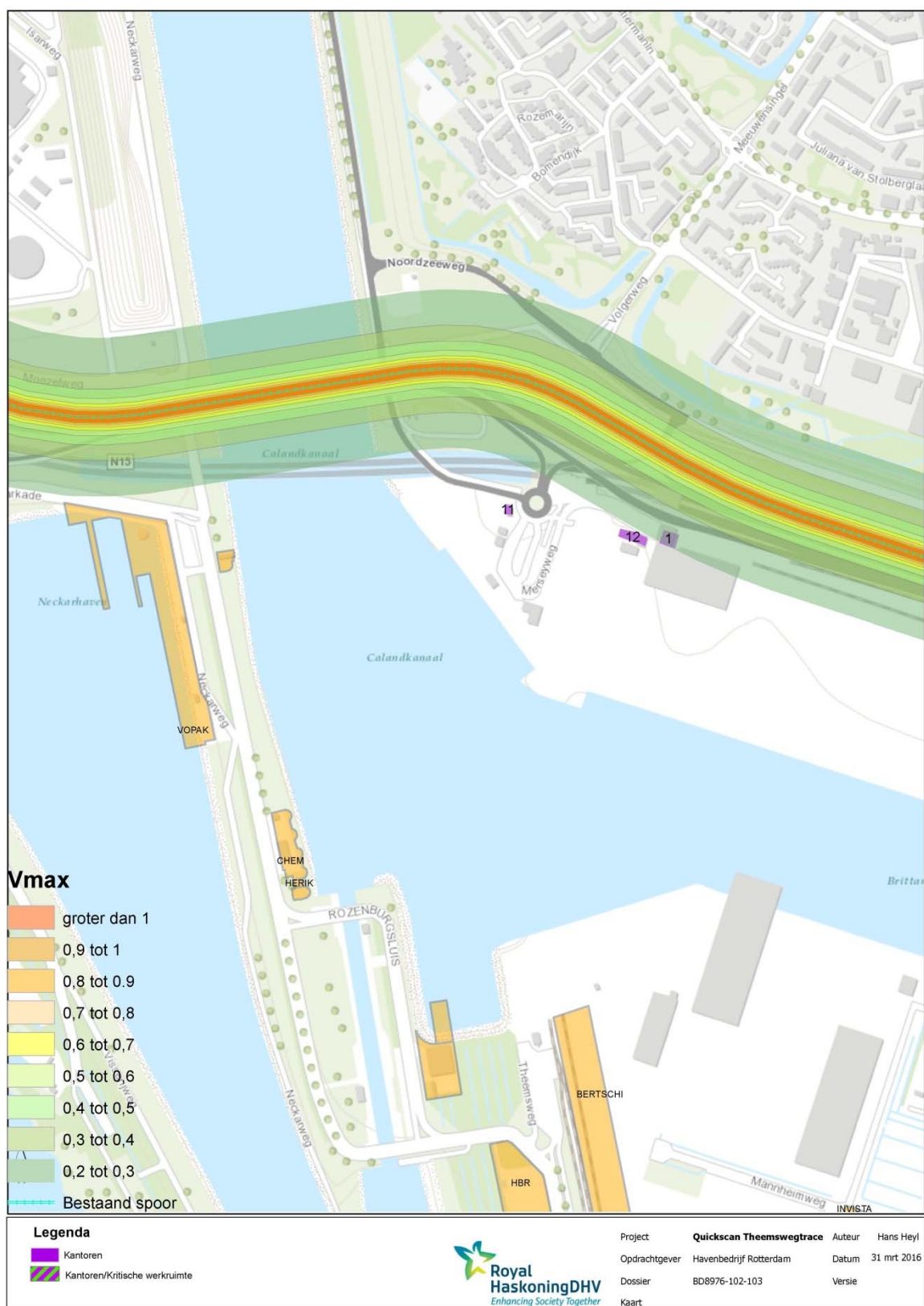
Vmax Pijlers en aarden baan TWT variant oostelijke passage



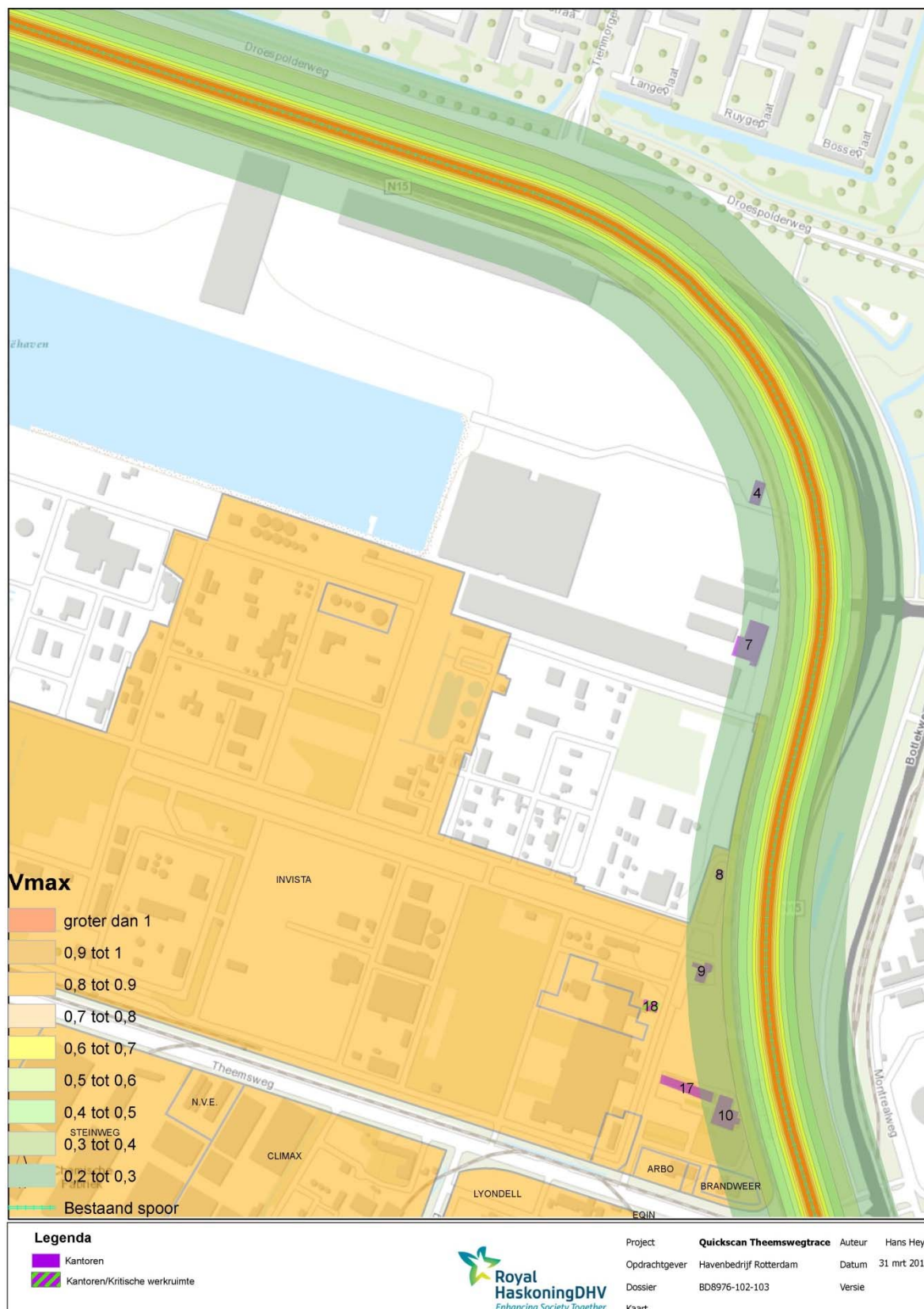
Vmax Pijlers en aarden baan TWT variant oostelijke passage



Vmax huidig trace



Vmax huidig trace

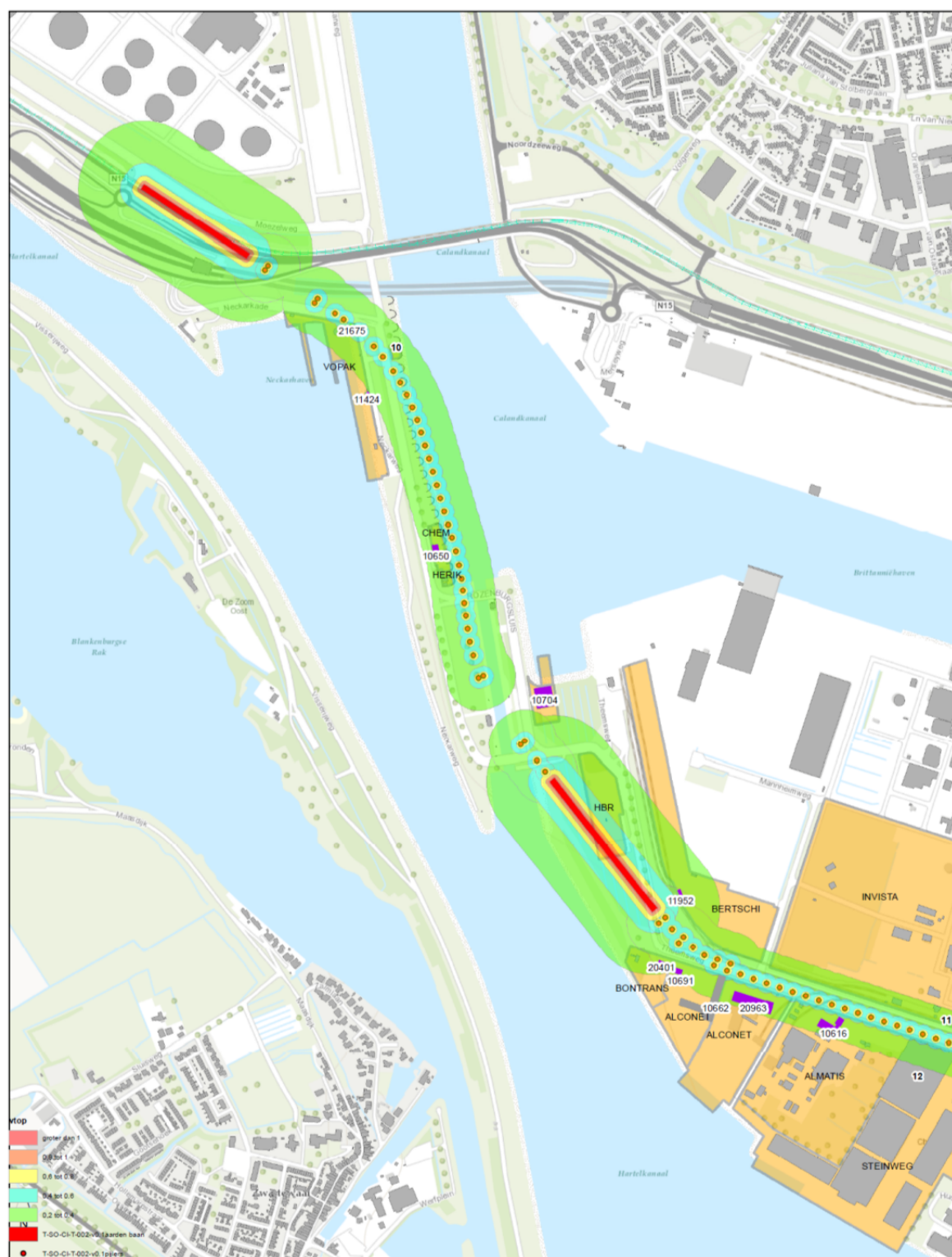


Bijlage 9 Maaiveldcontouren Vtop Theemswegtracé variant oostelijke passage

Vtop Pijlers en aarden baan TWT variant oostelijke passage

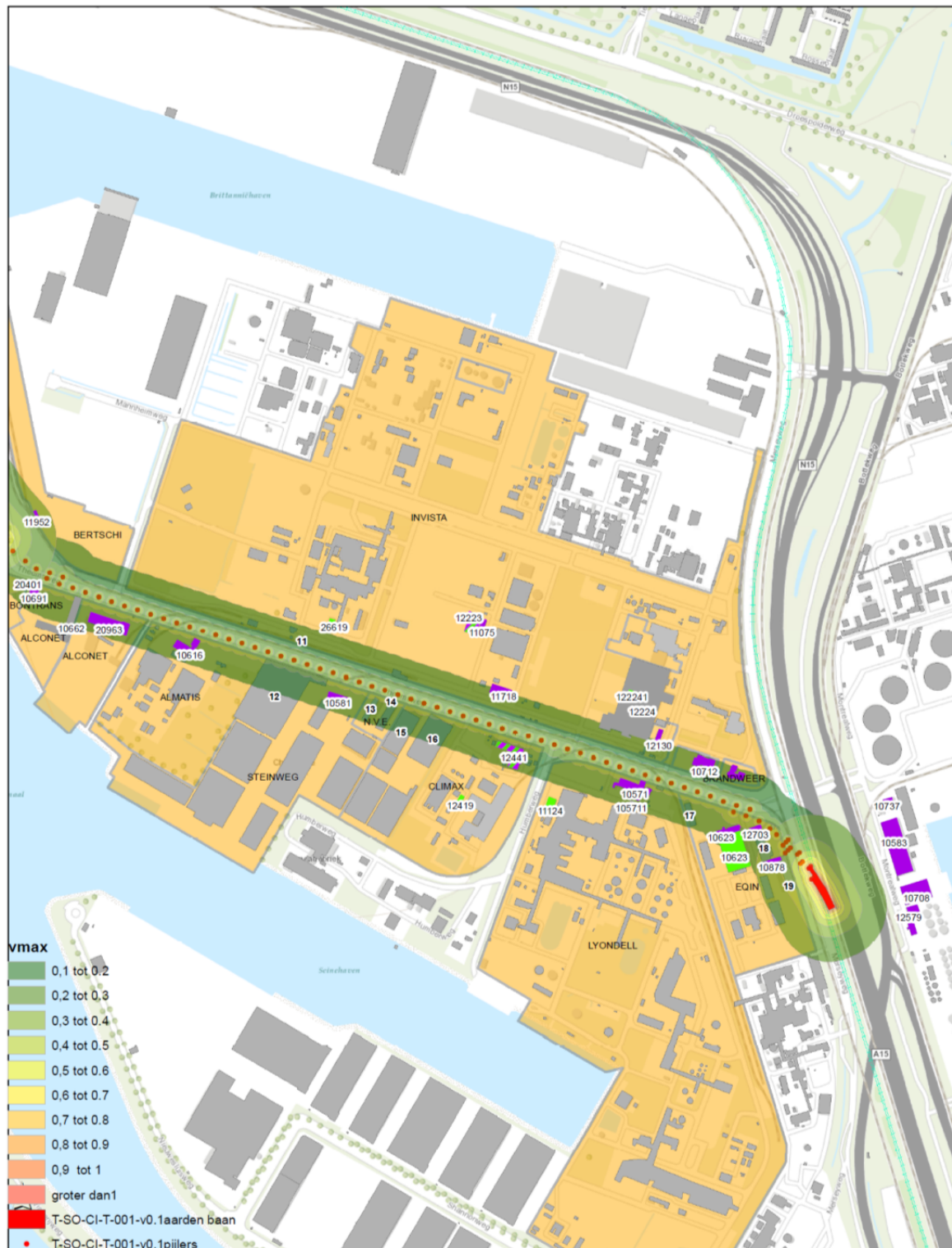


Vtop Pijlers en aarden baan TWT variant oostelijke passage

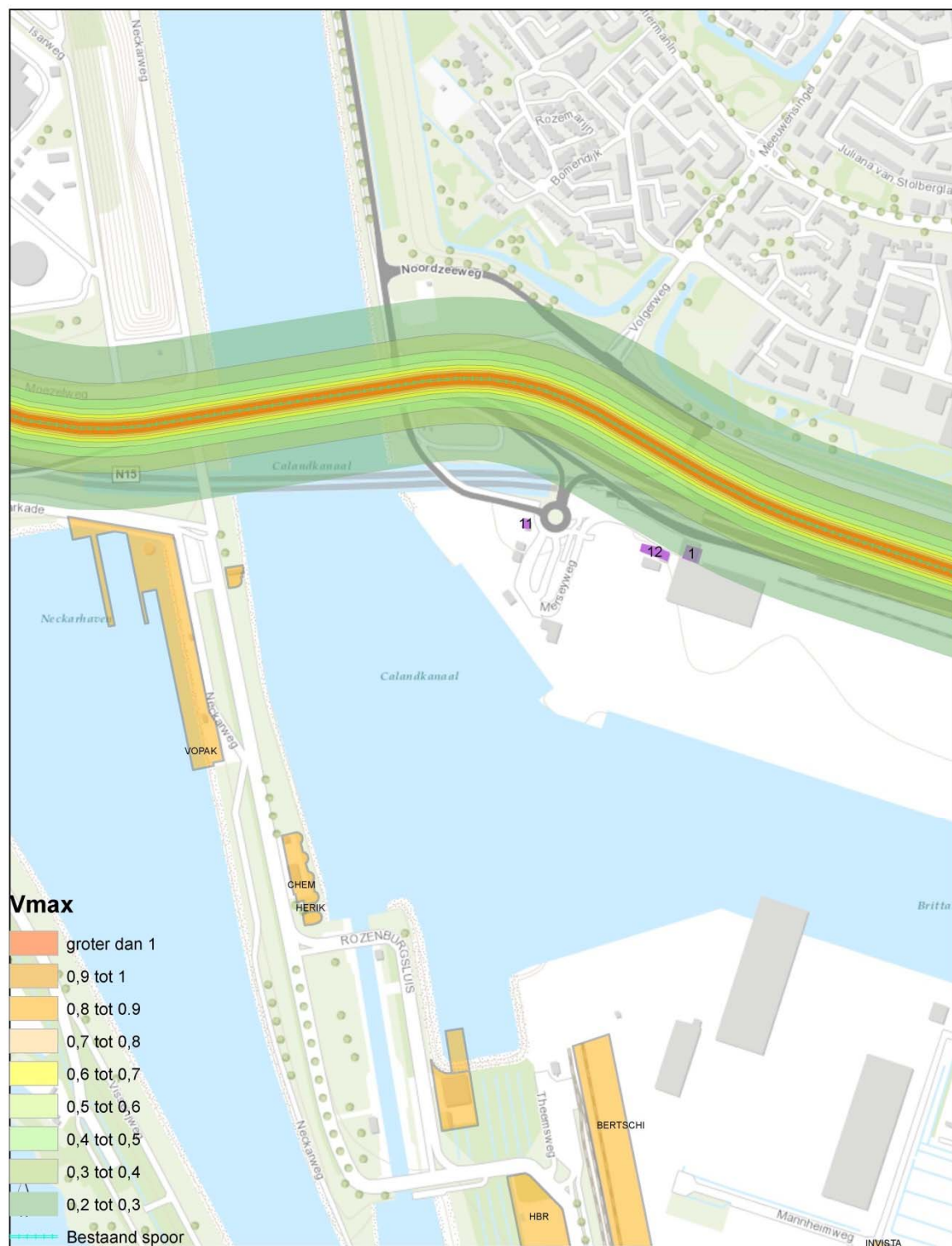


Bijlage 10 Maaiveldcontouren $V_{\max}$ Theemswegtracé variant westelijke passage

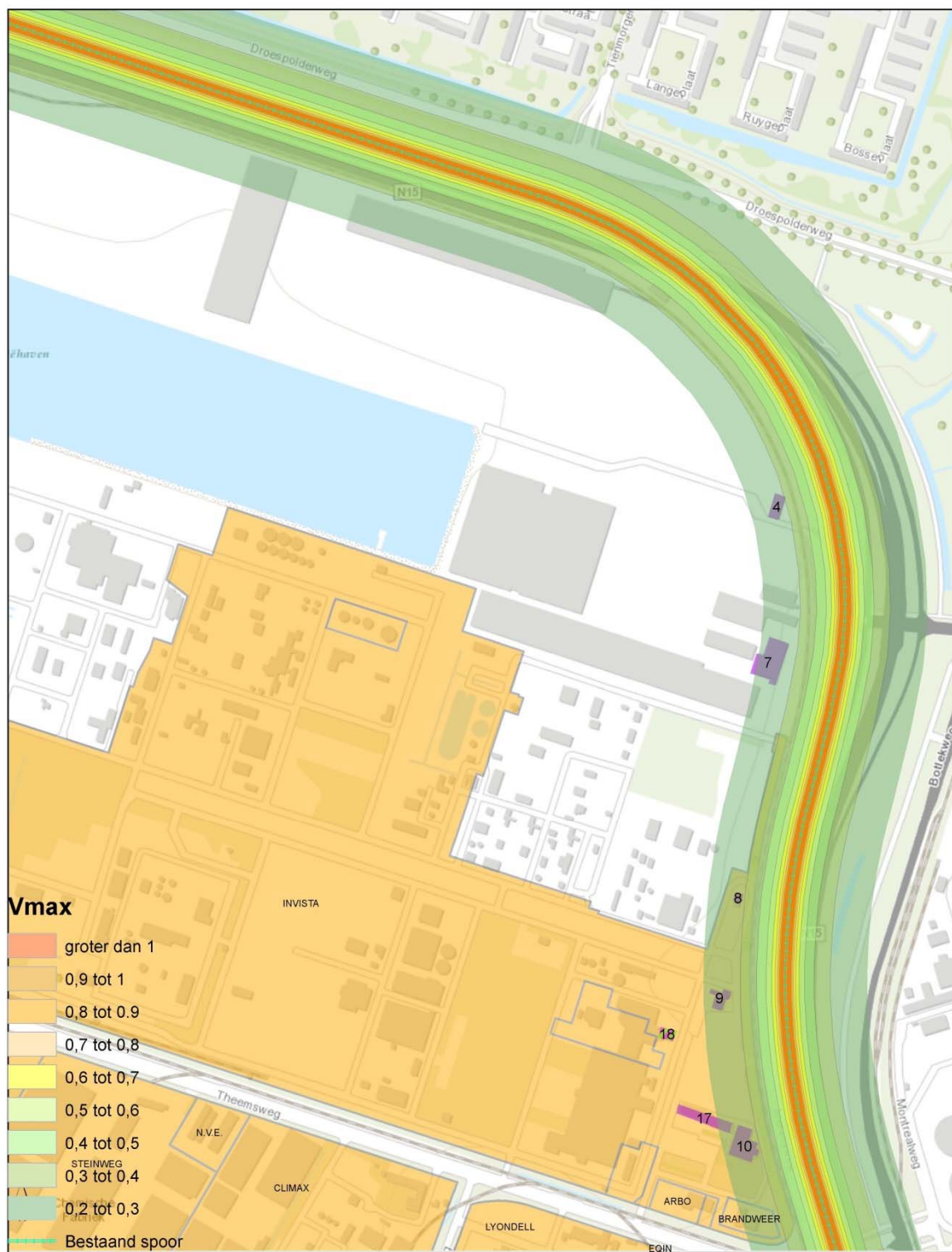
Vmax Pijlers en aarden baan TWT variant westelijke passage



Vmax huidig trace



Vmax huidig trace



Bijlage 11 Maaiveldcontouren Vtop Theemswegtracé variant westelijke passage

Vtop Pijlers en aarden baan TWT variant westelijke passage

