

D79-PBO-KA-1300873

27 september 2013- Versie 0.4

Samenvatting

De gelijkvloerse kruising in Harderwijk van het spoor en de Stationslaan wordt de komende jaren aangepast. De gemeente Harderwijk is voornemens een onderdoorgang Westeinde te maken ter vervanging van de overweg Stationslaan. Daarnaast onderzoekt ProRail de mogelijkheden voor een derde spoor aan de zuidzijde van de huidige sporen, binnen de gemeente Harderwijk. De gemeente Harderwijk wenst de onderdoorgang toekomstvast te maken en daarmee ruimte te reserveren voor het mogelijke derde spoor. Het derde spoor zal ook invloed hebben op de trillings situatie in de aangrenzende woningen. In dit rapport wordt de trillingssituatie na realisatie van het derde spoor bepaald.

In het kader van dit onderzoek zijn metingen uitgevoerd in vier woningen in de nabijheid van station Harderwijk (Baanweg, noordzijde, en Churchillaan, zuidzijde) vastgesteld. Met behulp van bodeminformatie zijn prognoses gemaakt voor de situatie na realisatie van het derde spoor in Harderwijk.

Uit de metingen blijkt dat er op alle locaties al overschrijdingen van de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn zijn in de huidige situatie. Voor de woningen aan de zuidzijde van het emplacement (Churchillaan) neemt de trillingssterkte toe door de realisatie van het derde spoor, omdat dit spoor dichterbij deze woningen komt te liggen. Aan de noordzijde van het emplacement (Baanweg) blijven de maximaal gemeten trillingssterktes vrijwel gelijk, omdat deze worden veroorzaakt door het meest dichtbijgelegen spoor, waaraan geen veranderingen plaatsvinden.

In dit onderzoek zijn de metingen ook beoordeeld op de BTS, deze richtlijn kijkt vooral naar een toename in trillingshinder. Voor de woningen aan de Baanweg neemt de trillingssterkte af doordat een deel van de treinen verder weg komt te rijden, voor de woningen aan de Churchillaan neemt de trillingssterkte voelbaar toe doordat een deel van de treinen dichterbij komt te rijden. Aan de zuidzijde van het emplacement zullen dan ook overschrijdingen van de BTS optreden.

Begrippenlijst

BTS	Beleidsregel Trillinghinder Spoor, beoordelingsrichtlijn van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu ten aanzien van trillinghinder t.b.v. de vaststelling van tracébesluiten voor de aanleg, wijziging of opnieuw in gebruik nemen van een landelijke spoorweg, d.d. 10 april 2012, Staatscourant. 2012, nr. 7532
SBR-richtlijn	Door de Stichting BouwResearch opgestelde richtlijn om trillingen te beoordelen. De richtlijn bestaat uit 3 delen: <ul style="list-style-type: none">• Deel A: schade aan gebouwen;• Deel B: hinder voor personen in gebouwen;• Deel C: verstoring van apparatuur.
Referentiesituatie	Huidige situatie. In dit onderzoek wordt als jaartal 2013 gehanteerd
Plansituatie	Situatie die ontstaat na realisatie van het derde spoor

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Begrippenlijst	2
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond van dit rapport	5
1.2 Doel van het onderzoek	5
1.3 Algemeen onderzoekskader	5
1.4 Opzet van het onderzoek	5
1.5 Toegepaste kaders en uitgangspunten	5
1.6 Leeswijzer	5
2 Situatiebeschrijving	6
2.1 Inleiding	6
2.2 Onderzoeksgebied	6
2.3 Referentiesituatie	7
2.4 Plansituatie	7
3 Opzet trillingsonderzoek	8
3.1 Stap 1: Metingen	8
3.2 Stap 2: Berekening voor plansituatie	8
3.3 Stap 3: Beoordeling op SBR B-richtlijn	8
4 Beoordelingskader trillingsonderzoek	9
4.1 Algemeen	9
4.2 SBR richtlijn deel B	9
4.2.1. <i>Streefwaarden</i>	9
4.2.2. <i>Beoordeling trillingssituatie</i>	10
4.3 BTS (Beleidsregel Trillingshinder Spoor)	11
4.3.1. <i>Streefwaarden</i>	12
4.3.2. <i>Beoordeling trillingssituatie</i>	12
4.4 Beoordeling in huidige onderzoek	13
5 Metingen en meetresultaten	14
5.1 Overzicht meetlocaties	14
5.2 Baanweg 2	15
5.3 Baanweg 16	17
5.4 Churchillaan 65	19
5.5 Churchillaan 75	21
6 Resultaten prognose	23
6.1 Baanweg 2	23
6.2 Baanweg 16	25
6.3 Churchillaan 65	27
6.4 Churchillaan 75	29
7 Conclusies en aanbevelingen	31

Bijlage I Gegevens trillingsmetingen

Bijlage II Prognosemodel

Bijlage III Resultaten

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van dit rapport

De gelijkvloerse kruising in Harderwijk van het spoor en de Stationslaan wordt de komende jaren aangepast. De gemeente Harderwijk is voornemens een onderdoorgang Westeinde te maken te vervanging van de overweg Stationslaan - Oranjelaan. Daarnaast onderzoekt ProRail de mogelijkheden voor een derde spoor aan de zuidzijde van de huidige sporen, binnen de gemeente Harderwijk. De gemeente Harderwijk wenst de onderdoorgang toekomstvast te maken en daarmee ruimte te reserveren voor het mogelijke derde spoor. Het derde spoor zal ook invloed hebben op de trillingssituatie in de aangrenzende woningen. In dit rapport wordt de trillingssituatie na realisatie van het derde spoor bepaald.

1.2 Doel van het onderzoek

Dit onderzoek heeft een tweeledig doel:

1. Vaststellen van de huidige trillingssituatie;
2. Invloed van het derde spoor op de trillingssituatie bepalen.

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het gebied waar de sterkste invloed te verwachten is, de Baanweg en Churchillaan, respectievelijk ten noorden en ten zuiden van het spoor.

1.3 Algemeen onderzoekskader

Het onderzoeksgebied is beperkt tot het gebied waar wijzigingen in de trillingssituatie ten gevolge van de realisatie van het derde spoor zijn te verwachten. Deze wijzigingen treden met name op in het gebied rond de Baanweg en Churchillaan, beide gelegen parallel aan het spoor in Harderwijk.

1.4 Opzet van het onderzoek

Ten behoeve van het trillingsonderzoek worden de volgende twee stappen doorlopen:

1. Uitvoeren van metingen in gebouwen;
2. Het maken van een prognose van de trillingssituatie op de verschillende meetlocaties aan de hand van een trillingsmodel.

De stappen worden nader toegelicht in hoofdstuk 3.

1.5 Toegepaste kaders en uitgangspunten

De SBR richtlijn, deel B, vormt het afwegingskader voor de beoordeling van trillingshinder in het plangebied. Daarnaast zal worden aangegeven wat een eventuele beoordeling op de Beleidsregel Trillingshinder Spoor (BTS) voor effect heeft op de conclusies van het onderzoek.

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een beschrijving van de huidige en toekomstige situatie opgenomen, hoofdstuk 3 beschrijft de gevolgde onderzoeksmethodiek en hoofdstuk 4 het beoordelingskader. De resultaten van het onderzoek en de prognoses zijn opgenomen in hoofdstuk 5 respectievelijk hoofdstuk 6.

2 Situatiebeschrijving

2.1 Inleiding

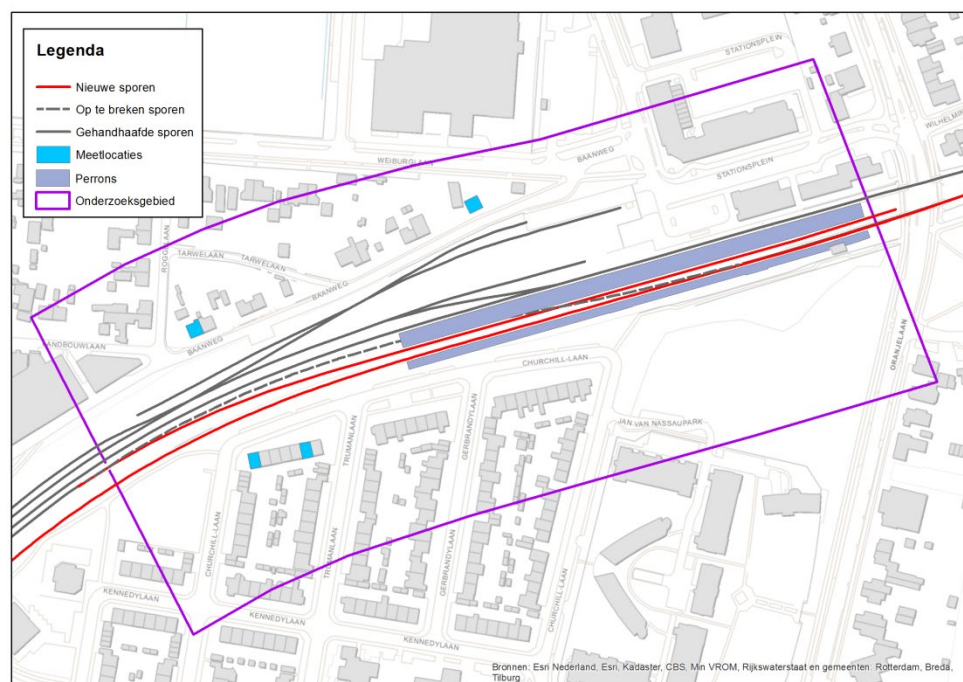
Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende beschouwde situaties. In het trillingsonderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen twee verschillende situaties:

- De nul- of referentiesituatie, conform de sporenlay-out en het spoorgebruik in 2013. Deze situatie wordt gebruikt om de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn vast te stellen;
- De eind- of plansituatie in, na mogelijke realisatie van het derde spoor.

In dit hoofdstuk worden de verschillende situaties en uitgangspunten nader toegelicht.

2.2 Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied omvat het gehele gebied waar de trillingssituatie wijzigt ten gevolge van de realisatie van het derde spoor. Een overzichtskaart met daarop de huidige en toekomstige sporenlay-out is weergegeven in Figuur 2-1. Het onderzoeksgebied is ingekaderd middels paarse lijnen.



Figuur 2-1 *Onderzoeksgebied trillingsonderzoek*

De meetlocaties voor dit onderzoek zijn geselecteerd op basis van de ligging ten opzichte van het spoor in de referentie- en plansituatie. De gekozen meetlocatie zijn Baanweg 2 en 16 (aan de noordzijde van het spoor) en Churchillaan 65 en 75 (aan de zuidzijde van het spoor).

2.3 Referentiesituatie

Deze paragraaf bevat een beschrijving van de referentiesituatie in het onderzoeksgebied. De referentiesituatie is in 2013.

De Baanweg ligt ten noorden van het spoor op ongeveer 32m afstand van het noordelijkste spoor. Het betreft een kleinere weg voor bestemmingsverkeer en voor kleinere industrie.

De Churchillaan ligt aan de zuidzijde van het spoor, op 23m van het dichtbij gelegen spoor. Deze weg voert door de woonwijk en wordt door autoverkeer gebruikt voor bestemmingsverkeer. Door fietsers en wandelaars wordt de Churchillaan gebruikt als route om het station te bereiken.

Als uitgangspunt voor de referentiesituatie zijn de sporenlay-out, het sporgebruik, de treinintensiteiten, rijksnelheden en treintypes van 2013 gehanteerd. De metingen zijn ook uitgevoerd in 2013.

2.4 Plansituatie

Deze paragraaf bevat een beschrijving van de plansituatie. In deze situatie wordt een derde spoor gerealiseerd ten behoeve van het realiseren van het project *Vier sprinters Harderwijk - Utrecht Centraal*. Ten behoeve van dit project wordt een keerspoor aangelegd. Aan de zuidzijde van het emplacement wordt een extra doorgaand spoor aangelegd, evenals een extra perron, zie Figuur 2-1.

Voor de berekeningen van de trillings situatie in de plansituatie zijn de documenten in Tabel 2-1 gebruikt.

De uitgangspunten voor de berekening van de toekomstige trillingssterkte, na realisatie van het derde spoor, zijn weergegeven in .

Tabel 2-1 *Uitgangspunten voor trillingsberekeningen*

Aspect	Omschrijving
Sporenlay-out	Conform tekeningen 4 sprinters Harderwijk – Utrecht CS, C30-JVE-AU-1200239 tot C30-JVE-AU-1200241, Movares Nederland B.V., 20 december 2012
Rijsnelheid treinen	Ongewijzigd
Treinintensiteit	Wijzigt t.g.v. de aanleg van het derde spoor, zie Tabel 2-2.

Voor dit project verandert alleen de treinintensiteit van de sprinters, zie Tabel 2-2.

Tabel 2-2 *Treinintensiteiten in aantal treinen per uur per richting*

Trein	Referentiesituatie (2013)			Plansituatie		
	dag	avond	nacht	dag	avond	nacht
Sprinter Amersfoort-Zwolle v.v.	2.00	2.00	0.50	2.00	2.00	0.50
Sprinter Amersfoort-Harderwijk v.v.	-.--	-.--	-.--	2.00	2.00	-.--
Intercity Amersfoort-Zwolle v.v.	2.00	2.00	0.38	2.00	2.00	0.38
Goederen Amersfoort-Zwolle v.v.	0.21	0.35	0.39	0.21	0.35	0.39

3 Opzet trillingsonderzoek

Zoals eerder vermeld worden ten behoeve van het trillingsonderzoek verschillende stappen doorlopen. De eerder genoemde stappen worden in dit hoofdstuk nader toegelicht.

3.1 Stap 1: Metingen

Binnen dit onderzoek zijn metingen in gebouwen uitgevoerd. Deze metingen zijn uitgevoerd op een aantal locaties om de trillingssterkte in de huidige situatie (2013) vast te stellen. Op basis van de metingen worden ook de streefwaarden voor de plansituatie bepaald.

Bij één van de woningen aan de Churchilllaan wordt een trillingsmeting van een week uitgevoerd, bij de andere woningen duren de metingen één dag (24 uur). Een week is weliswaar vereist volgens de regelgeving, maar vanwege de gelijkheid in bronsignaal kunnen de dominante effecten (goederentreinen) uit de weekmeting vertaald worden naar de effecten voor metingen van één dag. Bij de weekmeting wordt een camera, die naar buiten is gericht, gekoppeld aan de meetcomputer. Op deze manier wordt bepaald wanneer en welke treinen gepasseerd zijn.

Het trillingseffect van het derde spoor wordt bepaald door aanvullende metingen buiten uit te voeren. Hiervoor wordt eerst de afstand van het geprojecteerde derde spoor tot de woning bepaald: de minimale spoor-woningafstand. Vervolgens worden er trillingsmetingen uitgevoerd op die minimale spoor-woningafstand, maar gemeten vanaf het huidige dichtstbijzijnde spoor. Bij de metingen worden de bodemeigenschappen (zoals de uitdemping van de bodem) bepaald, door meerdere sensoren te plaatsen en de uitdemping van het trillingssignaal van de treinen te bepalen.

3.2 Stap 2: Berekening voor plansituatie

Met behulp van de metingen in de gebouwen en de bodemeigenschappen wordt een prognose gemaakt voor de plansituatie met de gewijzigde sporenlay-out en spoorgebruik. De trillingen in de woningen als gevolg van het derde spoor berekenen wij op basis van de metingen uit stap 1 (huidige situatie) en stap 2 (trillingsoverdrachten). Bij de meting uit stap 2 wordt de bronlocatie (het huidige spoor) aangenomen als zijnde het toekomstige derde spoor.

3.3 Stap 3: Beoordeling

Voor elk gebouw wordt de plansituatie beoordeeld op de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn. Daarnaast wordt aangegeven wat de trillingssterkte is bij beoordeling op de BTS.

4 Beoordelingskader trillingsonderzoek

4.1 Algemeen

Treinverkeer kan aanleiding geven tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen leiden tot schade of hinder. De Duitse DIN 4150-2 (1999) norm beschrijft criteria voor het meten en beoordelen van trillingen. De Nederlandse SBR richtlijn (2002) is hierop gebaseerd.

De SBR richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen en bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan gebouwen;
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: verstoring van apparatuur.

In dit onderzoek wordt alleen getoetst op deel B, hinder aan personen in gebouwen. Gevoelige apparatuur is niet aanwezig in de onderzochte bebouwing (deel C), en toetsing op schade wordt alleen uitgevoerd indien de resultaten uit dit onderzoek daar aanleiding toe geven.

4.2 SBR richtlijn deel B

De SBR B-richtlijn wordt gebruikt om de streefwaarden ten aanzien van hinder te bepalen. Bij deze richtlijn zijn verschillende streefwaarden gedefinieerd. De betekenis van de verschillende streefwaarden is weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Streefwaarden in SBR B-richtlijn

Streefwaarde	Betekenis
A1	Streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}
A2	Hoogste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}
A3	Streefwaarde voor de trillingsintensiteit V_{per}

De te beoordelen grootheden zijn de trillingssterkte V_{max} , en de trillingsintensiteit V_{per} :

- Conform de richtlijn wordt de effectieve trillingssnelheid bepaald als voortschrijdend gemiddelde per 30 seconden, zie voor de exacte bepaling par. 9.2 en 9.3 van de SBR B-richtlijn. Vervolgens wordt per 30 seconden de maximale waarde van dit voortschrijdend gemiddelde genomen. Op basis van de vijftien hoogst gemeten waarden wordt een statistische berekening uitgevoerd met als resultaat de trillingssterkte V_{max} . Deze V_{max} wordt gebruikt om te toetsen aan de streefwaarde;
- De V_{per} geeft een indicatie van de trillingsintensiteit. Deze waarde wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0,1 valt. Trillingssterktes onder de 0,1 zijn nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van V_{per} . Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingssnelheden boven de 0,1 uitkomen. Zie voor de exacte bepaling par. 9.8 van de SBR B-richtlijn.

4.2.1. Streefwaarden

De streefwaarden in de SBR B-richtlijn hangen af van drie criteria:

1. Situatie (nieuwe of bestaande situatie). De richtlijnen voor nieuwe situaties zijn strenger dan voor bestaande situaties. Gezien het huidige treinverkeer geldt valt het onderzoeksgebied onder bestaande situaties.

2. Periode van de dag (dag en avond (7.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur)). Hierbij geldt dat de streefwaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht lager zijn dan die gedurende de dag en avond;
3. Gebouwfunctie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen gebouwen met een kritische werkruimte (gevoelige apparatuur e.d.), gezondheidszorg en wonen en tenslotte voor kantoren en gebouwen ten behoeve van bijeenkomsten. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes.

Bij dit project gaat het om een gewijzigde situatie, omdat er in de huidige situatie al sprake is van trillingen ten gevolge van treinverkeer. Voor gewijzigde situaties staan de waarden van A1, A2 en A3 in Tabel 4-2.

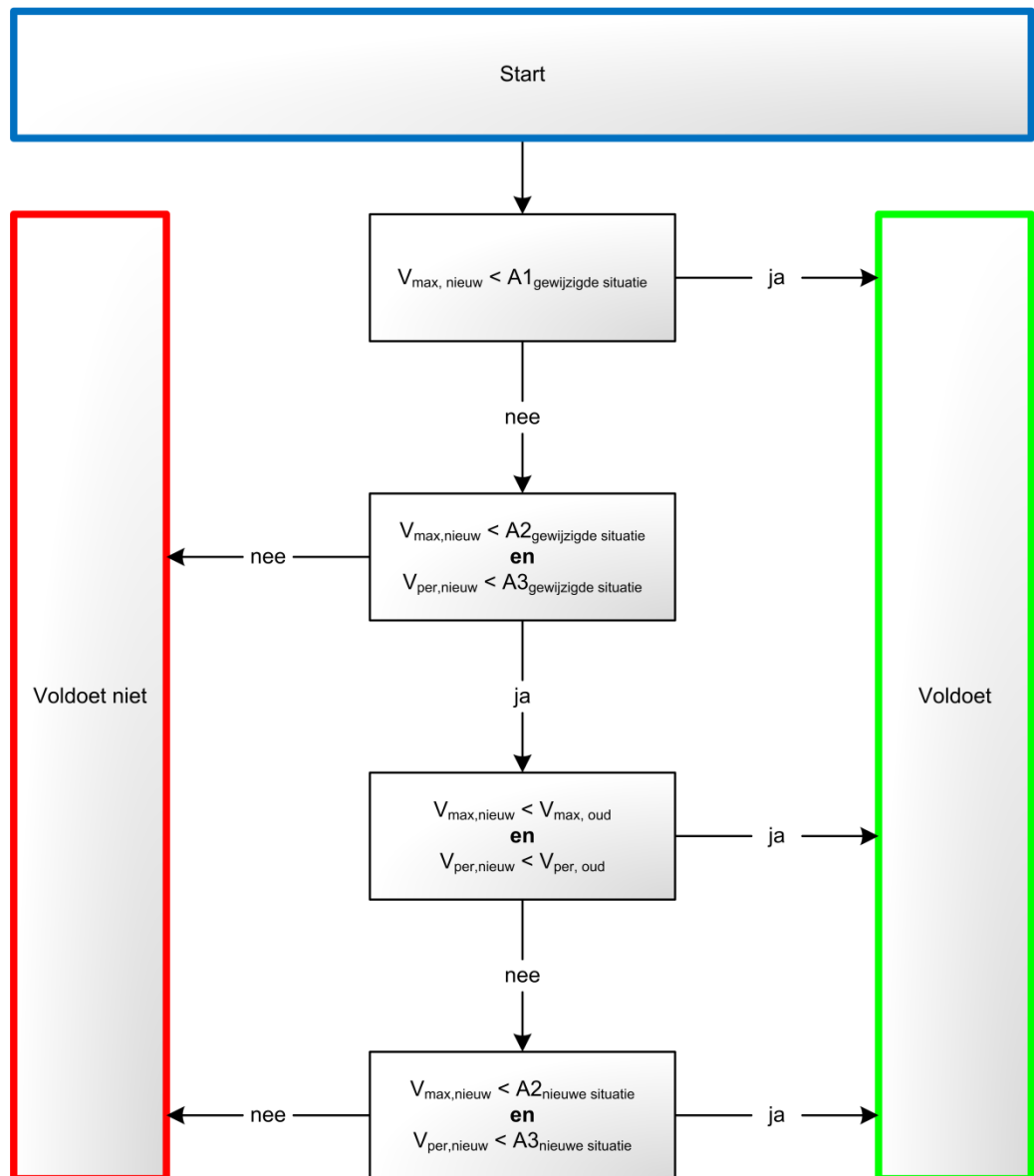
Tabel 4-2 Streefwaarden gewijzigde situatie in SBR B-richtlijn

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Gezondheidszorg	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Kantoor	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische werkruimte	0.1	0.1	---	0.1	0.1	---

4.2.2. Beoordeling trillingssituatie

Om te beoordelen of een gewijzigde situatie voldoet aan de SBR B-richtlijn moet het schema in Figuur 4-1 worden doorlopen. Wanneer de gemeten trillingssterkte lager uitvalt dan A1, voldoet de locatie. Wanneer dit niet het geval is, kan via een tweede mogelijkheid de locatie alsnog voldoen. De gemeten V_{max} moet dan lager zijn dan A2 en mag niet toenemen ten opzichte van de referentiesituatie maar hoeft niet lager te zijn dan de A2-waarde voor nieuwe situaties. Bovendien moet tegelijk de gemeten V_{per} lager zijn dan de A3 en ook deze waarde mag niet toenemen ten opzichte van de referentiesituatie, maar hoeft niet lager te zijn dan de A3-waarde voor nieuwe situaties.

Omdat er doorgaans geen verschillen zijn in de trillingssterktes van treinen in de dag- en in de nachtperiode (hetzelfde type treinen), worden de streefwaarden voor de nacht doorgaans gehanteerd bij het toetsen op de SBR B-richtlijn. Ook in dit onderzoek zijn de (strengere) waarden voor de nacht gehanteerd om de gehele meetperiode te toetsen.



Figuur 4-1 Stroomschema interpretatie streefwaarden A1, A2 en A3 voor gewijzigde situaties (SBR B-richtlijn)

4.3 BTS (Beleidsregel Trillingshinder Spoor)

Tot op heden zijn er nog geen richtlijnen voor trillingshinder vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. Vooruitlopend op toekomstige wetgeving heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu een *Beleidsregel Trillingshinder Spoor* (BTS) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is. De BTS is in principe alleen geldig voor de vaststelling van tracébesluiten van een landelijke spoorweg.

In de BTS wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwe en bestaande situaties, waarbij de grenswaarden voor nieuwe situaties strenger zijn dan voor bestaande situaties. Dit project valt onder bestaande (gewijzigde) situaties. BTS artikel 1 spreekt van een ‘bestaande situatie als een referentiesituatie waarin reeds sprake is van trillingen als gevolg van railverkeer’.

De BTS maakt daarnaast onderscheid tussen de dag- en avondperiode en de nachtperiode. Hierbij geldt dat de grenswaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht lager zijn dan die gedurende de dag en avond.

Om de trillingssterkte in een gebouw te bepalen dient de effectieve trillingsnelheid v_{eff} gemeten te worden in een gebouw. Deze effectieve trillingsnelheid wordt bepaald als voortschrijdend gemiddelde per 30 seconden. Vervolgens wordt per 30 seconden de maximale waarde van dit voortschrijdend gemiddelde genomen.

Uit de dataset worden resultaten verwijderd die samenhangen met een passage waarvan uit een analyse blijkt dat de omstandigheden (snelheid, voertuigtype, spoorgebruik) op het betreffende baanvak twaalf keer per jaar of minder optreden. – Uit de dan verkregen dataset worden voor de dag/avond- en de nachtperiode afzonderlijk de twee procent meetwaarden verwijderd die de hoogste effectieve waarde opleveren (hiermee wordt beoogd de ‘uitschieters’ uit de dataset te verwijderen). Van alle overblijvende treinpassages wordt de maximaal optredende trillingssterkte bepaald, dit is de V_{max} die gebruikt wordt voor toetsing. De bepalingmethode voor de V_{max} verschilt met de methode omschreven in de SBR B-richtlijn en geeft in het algemeen 20-30% lagere waarden.

V_{per} geeft een indicatie van de trillingsintensiteit. Deze waarde wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0,1 valt. Trillingsnelheden onder de 0,1 zijn nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van de V_{per} . Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingsnelheden boven de 0,1 uitkomen. Zie voor de exacte bepaling de SBR B-richtlijn.

4.3.1. Streefwaarden

De grenswaarden in de BTS verschillen over de dag en avond (7.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur) en zijn verschillend per gebouwfunctie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen gebouwen met een kritische werkruimte (gevoelige apparatuur e.d.), gezondheidszorg en wonen en kantoren en gebouwen ten behoeve van bijeenkomsten. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes, zie Tabel 4-3 voor de normstelling voor bestaande situaties.

De BTS kent drie grenswaarden: A1, de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} , A2, de grenswaarde voor de trillingssterkte V_{max} en A3, de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} .

Tabel 4-3 Streef- en grenswaarden gewijzigde situatie in de BTS

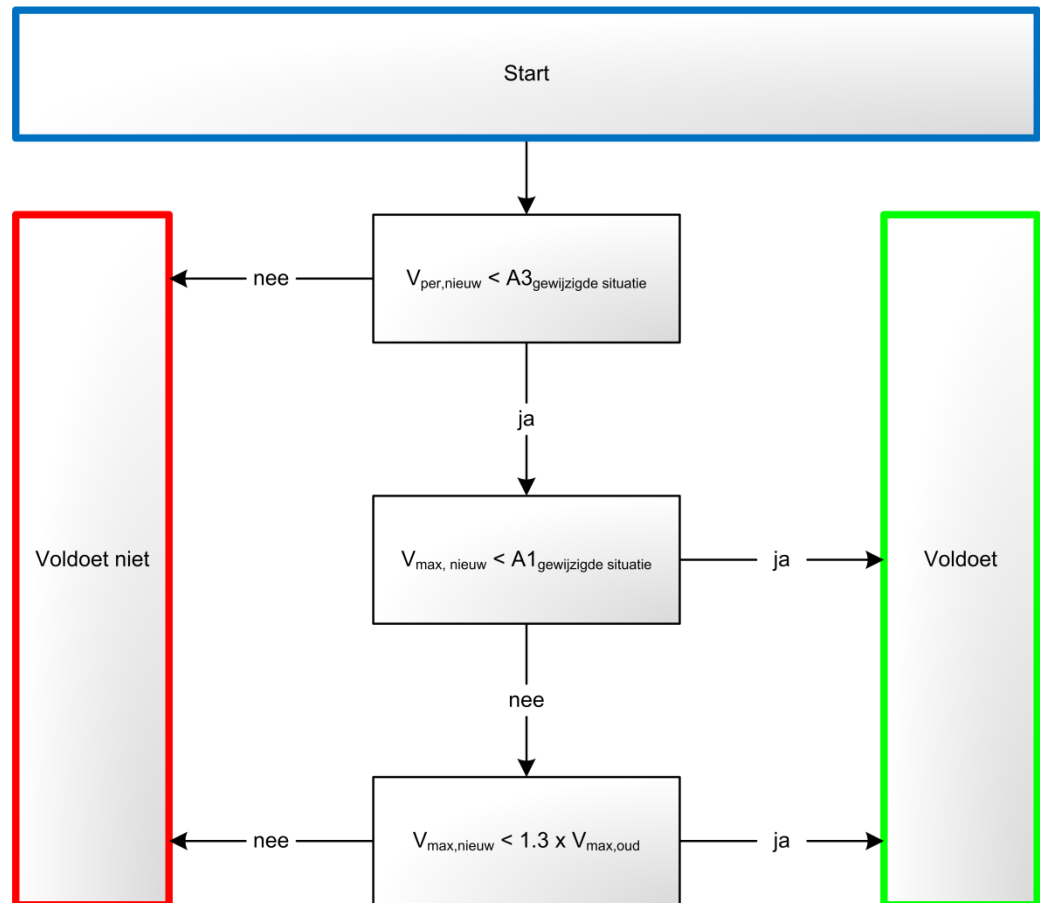
Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Gezondheidszorg en wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Onderwijs, kantoor en bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische ruimte	0.1	0.1	---	0.1	0.1	---

4.3.2. Beoordeling trillingssituatie

Voor het beoordelen of een bepaalde locatie voldoet aan de BTS voor bestaande situaties moet het schema in Figuur 4-2 worden doorlopen.

Maatregelen ter voorkoming of beperking van de trillingshinder met betrekking tot de waarde van V_{max} kunnen achterwege blijven indien wordt voldaan aan één van de twee volgende condities:

1. De waarde van V_{max} in de plansituatie is lager dan A1 en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3;
2. De toename in trillingssterkte in de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie is 30 procent of minder en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3.



Figuur 4-2 Stroomschema interpretatie A1 en A3 voor gewijzigde situaties (BTS)

4.4 Beoordeling in huidige onderzoek

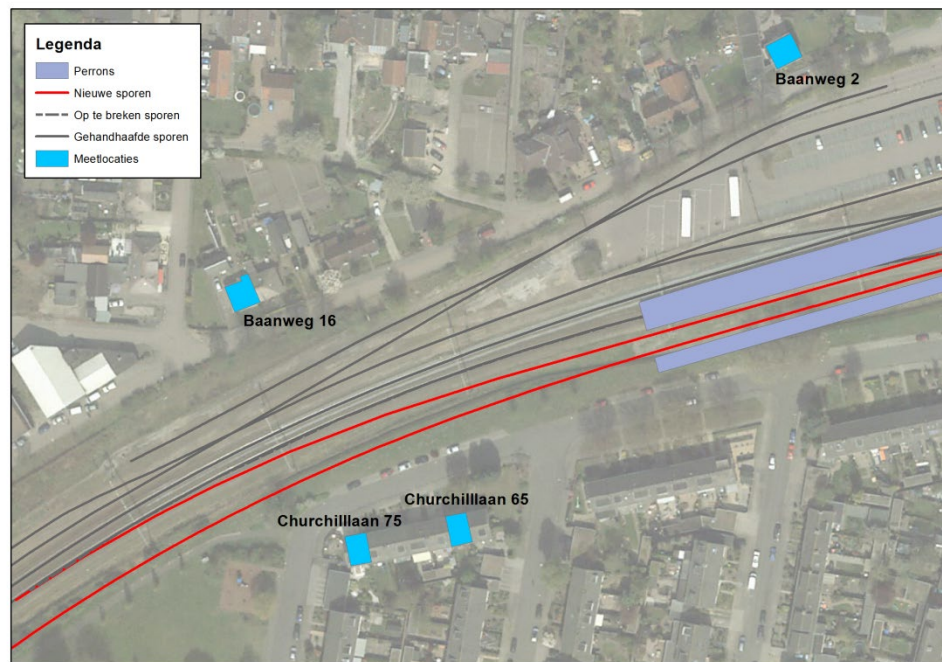
In het voorliggend trillingsonderzoek is de SBR B-richtlijn het beoordelingskader. Daarnaast wordt ook op de BTS beoordeeld.

5 Metingen en meetresultaten

In de eerste stap van het trillingsonderzoek zijn verschillende metingen verricht. In dit hoofdstuk worden de metingen en resultaten nader toegelicht.

5.1 Overzicht meetlocaties

Er zijn metingen verricht in vier woningen in het plangebied, zie ook Figuur 5-1.



Figuur 5-1 *Overzicht meetlocaties*

Binnen dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van metingen op de volgende locaties:

1. Baanweg 2, aan de noordzijde van het spoor;
2. Baanweg 16, eveneens aan de noordzijde van het spoor;
3. Churchillaan 65, aan de zuidzijde van het spoor. In deze woning is een meting gedurende een week uitgevoerd;
4. Churchillaan 75, eveneens aan de zuidzijde van het spoor.

Deze metingen worden in de volgende subparagrafen kort toegelicht, overige meetgegevens zijn te vinden in Bijlage I.

5.2 Baanweg 2

Baanweg 2 is een vrijstaande woning aan de noordzijde van het emplacement. Een foto van de gevel is weergegeven in Figuur 5-2. Deze woning ligt 55 meter van het dichtstbijzijnde doorgaande spoor, tussen dit doorgaande spoor en de woning liggen enkele rangeersporen en de Baanweg, een doorgaande weg waar ook vrachtverkeer op rijdt. In het meest dichtbijgelegen doorgaande spoor ligt ter hoogte van deze woning een wissel, deze puntbron zorgt voor meer trillingen dan doorgaand spoor.

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de SBR B-richtlijn. Er zijn twee meetpunten geplaatst, zie ook Figuur 5-3 en Bijlage I:

1. Een driedimensionale trillingssensor (1-1) in het midden van het vloerveld van een kamer aan de spoorzijde van de woning, op de eerste verdieping;
2. Een driedimensionale trillingssensor (2-1) op een stijf punt in een kamer aan de achterzijde van de woning, op de eerste verdieping.

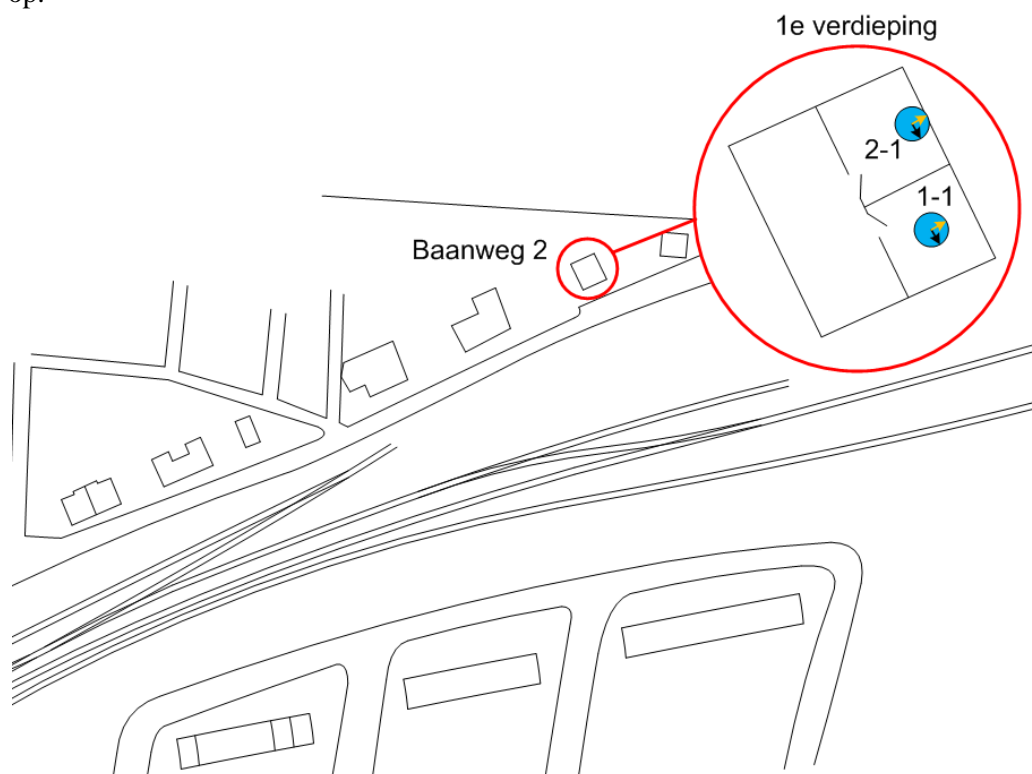
Er is gebruik gemaakt van een meetcomputer met 6 aangesloten meetkanalen. De meting heeft onbemand plaatsgevonden. De treinen zijn met behulp van webcams van de locatie Churchillaan 65, de trillingssignalen en gegevens over de passagetijden gedetecteerd.



Figuur 5-2 Voorgevel Baanweg 2, Harderwijk

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in Tabel 5-1. Hierbij is ook het statistisch maximum, bepaald volgens de SBR B-richtlijn (par. 9.6), aangegeven. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal. Ook de trillingsintensiteit is weergegeven. De streefwaarde is de maximaal toegestane waarde van V_{per} resp. V_{max} in de plansituatie. Ook bij de metingen zijn er al overschrijdingen van de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn, deze overschrijdingen zijn rood gemarkeerd.

Uit de meetresultaten valt op dat vooral sensor 1-1, die geplaatst is op een houten vloer, hoge trillingssterktes geeft in verticale richting. Vergeleken met het stijve punt op dezelfde verdieping (sensor 2-1) treedt een versterking van meer dan een factor 3 op.



Figuur 5-3 Opstelling sensoren Baanweg 2

Tabel 5-1 Meetresultaten Baanweg 2

	1-1			2-1		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>Vper, dag</i>	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.01
<i>Vper, avond</i>	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.00
<i>Vper, nacht</i>	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01
<i>Vmax, gemeten</i>	0.41	0.30	0.69	0.38	0.24	0.18
<i>Vmax, SBR B</i>	0.40	0.31	0.70	0.35	0.23	0.17
<i>Vmax, dag en avond, BTS</i>	0.27	0.21	0.47	0.27	0.18	0.14
<i>Vmax, nacht, BTS</i>	0.26	0.25	0.65	0.29	0.20	0.15
Streefwaarde <i>Vper</i>, SBR B	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Streefwaarde <i>Vmax</i>, SBR B	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Streefwaarde <i>Vper</i>, BTS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Streefwaarde <i>Vmax</i>, dag en avond, BTS	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Streefwaarde <i>Vmax</i>, nacht, BTS	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

5.3 Baanweg 16

Baanweg 16 is een twee-onder-een-kap woning aan de noordzijde van het emplacement. Een foto van de gevel is weergegeven in Figuur 5-2. Deze woning ligt 38 meter van het dichtstbijzijnde doorgaande spoor, tussen dit doorgaande spoor en de woning liggen enkele rangeersporen en de Baanweg, een doorgaande weg waar ook vrachtverkeer op rijdt.

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de SBR B-richtlijn. Er zijn twee meetpunten geplaatst, zie ook Figuur 5-3 en Bijlage I:

1. Een driedimensionale trillingssensor (10) in het midden van het vloerveld van een kamer aan de spoorzijde van de woning, op de eerste verdieping;
2. Een driedimensionale trillingssensor (12) op een stijf punt in een andere kamer aan de spoorzijde van de woning, op de eerste verdieping.

Er is gebruik gemaakt van een meetcomputer met 6 aangesloten meetkanalen. De meting heeft onbemand plaatsgevonden. De treinen zijn met behulp van webcambeelden van de locatie Churchillaan 65, de trillingssignalen en gegevens over de passagetijden gedetecteerd.



Figuur 5-4 Voorgevel Baanweg 16, Harderwijk

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in Tabel 5-1. Hierbij is ook het statistisch maximum, bepaald volgens de SBR B-richtlijn (par. 9.6), aangegeven. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal. Ook de trillingsintensiteit is weergegeven. De streefwaarde is de maximaal toegestane waarde van V_{per} resp. V_{max} in de plansituatie. Ook bij de metingen zijn er al overschrijdingen van de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn, deze overschrijdingen zijn rood gemarkeerd.

Uit de meetresultaten valt op dat vooral sensor 10, die geplaatst is in het midden van het vloerveld op een houten vloer, hoge trillingssterktes geeft in verticale richting. Vergeleken met het stijve punt op dezelfde verdieping (sensor 12) treedt een versterking van meer dan een factor 3 op.



Figuur 5-5 Opstelling sensoren Baanweg 16

Tabel 5-2 Meetresultaten Baanweg 16

	10			12		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>V_{per}, dag</i>	0.06	0.03	0.09	0.03	0.03	0.03
<i>V_{per}, avond</i>	0.06	0.02	0.09	0.03	0.03	0.03
<i>V_{per}, nacht</i>	0.04	0.02	0.05	0.01	0.02	0.02
<i>V_{max}, gemeten</i>	0.55	0.62	1.12	0.37	0.57	0.34
<i>V_{max}, SBR B</i>	0.55	0.62	1.14	0.31	0.88	0.34
<i>V_{max}, dag en avond, BTS</i>	0.52	0.24	0.97	0.23	0.24	0.27
<i>V_{max}, nacht, BTS</i>	0.52	0.30	0.96	0.22	0.30	0.29
<i>Streefwaarde V_{per}, SBR B</i>	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
<i>Streefwaarde V_{max}, SBR B</i>	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<i>Streefwaarde V_{per}, BTS</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<i>Streefwaarde V_{max}, dag en avond, BTS</i>	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
<i>Streefwaarde V_{max}, nacht, BTS</i>	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24

5.4 Churchillaan 65

Churchillaan 65 is een woning aan de noordzijde van het emplacement. Een foto van de gevel is weergegeven in Figuur 5-2. Deze woning ligt 40 meter van het dichtstbijzijnde spoor, tussen dit spoor en de woning ligt de Churchillaan, een weg die hoofdzakelijk door bestemmingsverkeer, fietsers en voetgangers wordt gebruikt.

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de SBR B-richtlijn. Er zijn vier meetpunten geplaatst, zie ook Figuur 5-3 en Bijlage I:

1. Een driedimensionale trillingssensor (9) in de tuin. Deze sensor heeft gedurende een dag gemeten;
2. Een driedimensionale trillingssensor (10) in de tuin, bij de drempel van de woning. Deze sensor heeft gedurende een dag gemeten;
3. Een driedimensionale trillingssensor (7) in het midden van het vloerveld van een kamer aan de spoorzijde van de woning, op de eerste verdieping. Deze sensor heeft gedurende een week gemeten;
4. Een driedimensionale trillingssensor (8) op een stijf punt in een kamer aan de achterzijde van de woning, op de eerste verdieping. Deze sensor heeft gedurende een week gemeten.

De sensoren 9 en 10 zijn gebruikt om de bodemeigenschappen te bepalen. Deze sensoren zijn niet gebruikt in de beoordeling van de trillingssterktes.

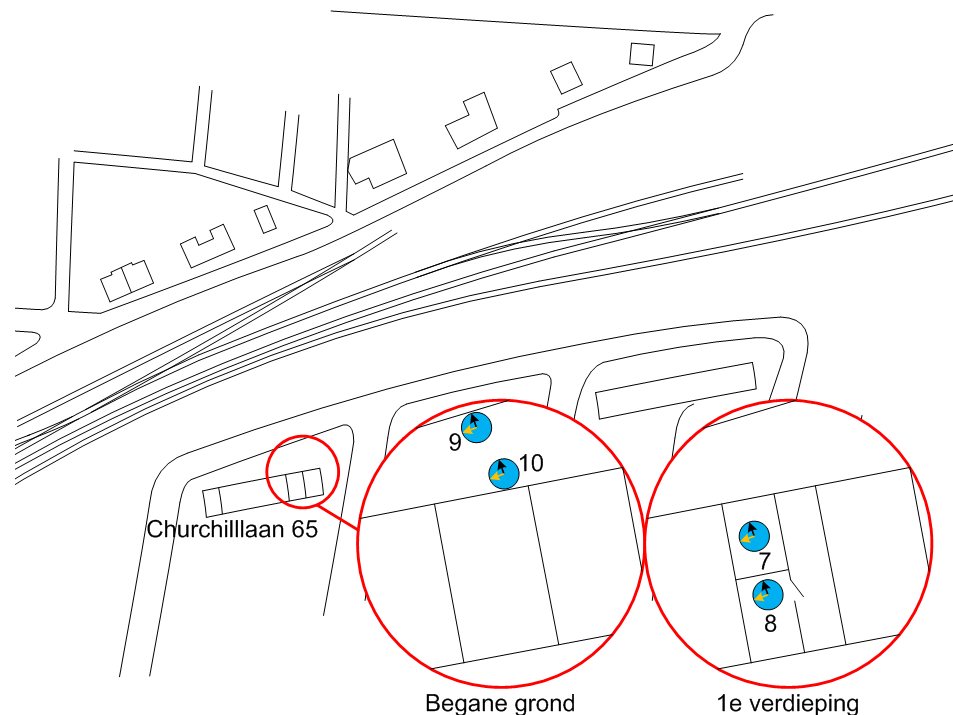
Er is gebruik gemaakt van een meetcomputer met 12 aangesloten meetkanalen en een webcam om de treinen te registreren. De meting heeft onbemand plaatsgevonden. De treinen zijn met behulp van de webcam, de trillingssignalen en gegevens over de passagetijden gedetecteerd.



Figuur 5-6 Voorgevel Churchillaan 65, Harderwijk

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in Tabel 5-1. Hierbij is ook het statistisch maximum, bepaald volgens de SBR B-richtlijn (par. 9.6), aangegeven. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal. Ook de trillingsintensiteit is weergegeven. De streefwaarde is de maximaal toegestane waarde van V_{per} resp. V_{max} in de plansituatie. Ook bij de metingen zijn er al overschrijdingen van de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn, deze overschrijdingen zijn rood gemarkeerd.

Vergeleken met de huizen aan de Baanweg zijn de trillingssterktes in verticale richting lager, hoewel de woningen dichterbij het spoor liggen.



Figuur 5-7 Opstelling sensoren Churchillilaan 65

Tabel 5-3 Meetresultaten Churchillilaan 65

	7			8		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>V_{per}, dag</i>	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02
<i>V_{per}, avond</i>	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<i>V_{per}, nacht</i>	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
<i>V_{max}, gemeten</i>	0.26	0.39	0.47	0.26	0.35	0.48
<i>V_{max}, SBR B</i>	0.26	0.37	0.47	0.26	0.32	0.49
<i>V_{max}, dag en avond, BTS</i>	0.17	0.21	0.24	0.18	0.15	0.22
<i>V_{max}, nacht, BTS</i>	0.20	0.26	0.26	0.21	0.20	0.21
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, SBR B	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, SBR B	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, BTS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, dag en avond, BTS	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, nacht, BTS	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34

5.5 Churchillaan 75

Churchillaan 75 is een hoekwoning aan de zuidzijde van het emplacement. Een foto van de gevel is weergegeven in Figuur 5-2. Deze woning ligt 32 meter van het dichtstbijzijnde spoor, tussen dit spoor en de woning ligt de Churchillaan, een weg die hoofdzakelijk door bestemmingsverkeer, fietsers en voetgangers wordt gebruikt.

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de SBR B-richtlijn. Er zijn twee meetpunten geplaatst, zie ook Figuur 5-3 en Bijlage I:

1. Een driedimensionale trillingssensor (8) in het midden van het vloerveld van een kamer aan de achterzijde van de woning, op de eerste verdieping;
2. Een driedimensionale trillingssensor (9) op een stijf punt in een kamer aan de achterzijde van de woning, op de eerste verdieping.

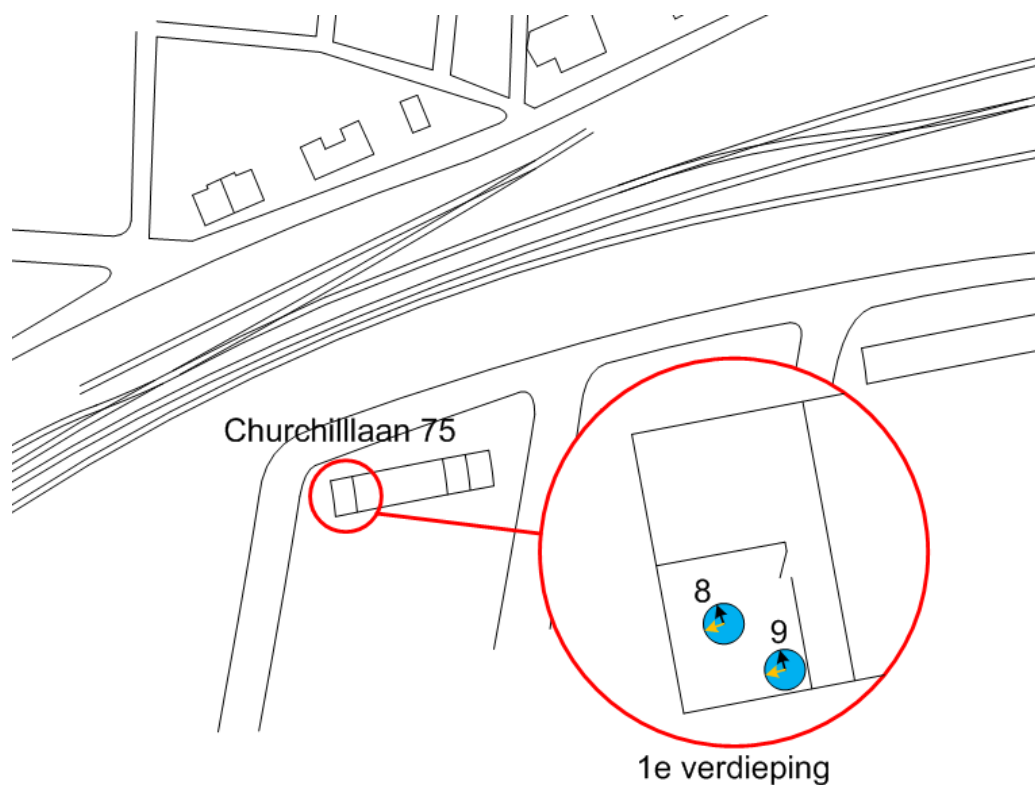
Er is gebruik gemaakt van een meetcomputer met 6 aangesloten meetkanalen. De meting heeft onbemand plaatsgevonden. De treinen zijn met behulp van webcambeelden van de locatie Churchillaan 65, de trillingssignalen en gegevens over de passagetijden gedetecteerd.



Figuur 5-8 Voorgevel Churchillaan 75, Harderwijk

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in Tabel 5-1. Hierbij is ook het statistisch maximum, bepaald volgens de SBR B-richtlijn (par. 9.6), aangegeven. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal. Ook de trillingsintensiteit is weergegeven. De streefwaarde is de maximaal toegestane waarde van V_{per} resp. V_{max} in de plansituatie. Ook bij de metingen overschrijdt de statistisch bepaalde maximale trillingssterkte conform de SBR B-richtlijn (V_{max} , SBR B) de streefwaarden, maar de maximaal gemeten trein voldoet wel (V_{max} , gemeten). Door de grote spreiding in de meetwaarden neemt de waarde van het statistisch bepaalde maximum toe.

De overschrijdingen van de SBR B-richtlijn zijn rood gemarkeerd. De trillingssterktes die worden gemeten in deze woning zijn vergelijkbaar met die van Churchilllaan 65, beide woningen bevinden zich in hetzelfde blok eengezinswoningen en hebben een gelijke bouw.



Figuur 5-9 Opstelling sensoren Churchilllaan 75

Tabel 5-4 Meetresultaten Churchilllaan 75

	8			9		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>Vper, dag</i>	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
<i>Vper, avond</i>	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<i>Vper, nacht</i>	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
<i>Vmax, gemeten</i>	0.29	0.23	0.38	0.20	0.25	0.36
<i>Vmax, SBR B</i>	0.30	0.21	0.47	0.20	0.23	0.45
<i>Vmax, dag en avond, BTS</i>	0.27	0.15	0.29	0.15	0.17	0.26
<i>Vmax, nacht, BTS</i>	0.24	0.17	0.23	0.13	0.20	0.22
Streefwaarde <i>Vper, SBR B</i>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Streefwaarde <i>Vmax, SBR B</i>	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Streefwaarde <i>Vper, BTS</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Streefwaarde <i>Vmax, dag en avond, BTS</i>	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Streefwaarde <i>Vmax, nacht, BTS</i>	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31

6 Resultaten prognose

Aan de hand van de wijzigingen rond in het onderzoeksgebied (zie hoofdstuk 2) en de meetresultaten (zie hoofdstuk 4) is een prognose gemaakt van de trillings situatie in de plansituatie. Deze prognose wordt in dit hoofdstuk nader toegelicht. De prognose is gemaakt met behulp van een prognosemodel, zie Bijlage II.

6.1 Baanweg 2

Bij Baanweg 2 komt het verst weggelegen doorgaande spoor verder weg te liggen, en neemt het aantal sprinters toe. Als gevolg van deze veranderingen wijzigt de trillingssterkte en trillingsintensiteit. De nieuwe waarden per sensor zijn weergegeven in Tabel 6-1. Overschrijdingen zijn rood gemarkeerd.

Tabel 6-1 Trillingssituatie in plansituatie, Baanweg 2

	1-1			2-1		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>V_{per}, dag</i>	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.01
<i>V_{per}, avond</i>	0.02	0.02	0.04	0.02	0.01	0.00
<i>V_{per}, nacht</i>	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01
<i>V_{max}, gemeten</i>	0.41	0.30	0.69	0.38	0.24	0.18
<i>V_{max}, stat, SBR B</i>	0.39	0.30	0.72	0.34	0.22	0.17
<i>V_{max}, dag en avond, BTS</i>	0.17	0.17	0.29	0.22	0.16	0.11
<i>V_{max}, nacht, BTS</i>	0.26	0.24	0.65	0.26	0.19	0.14
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, SBR B	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, SBR B	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, BTS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, dag en avond, BTS	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, nacht, BTS	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

Er zijn overschrijdingen van de SBR B-richtlijn op deze locatie. Ook in de referentiesituatie zijn er al overschrijdingen van de SBR B-richtlijn.

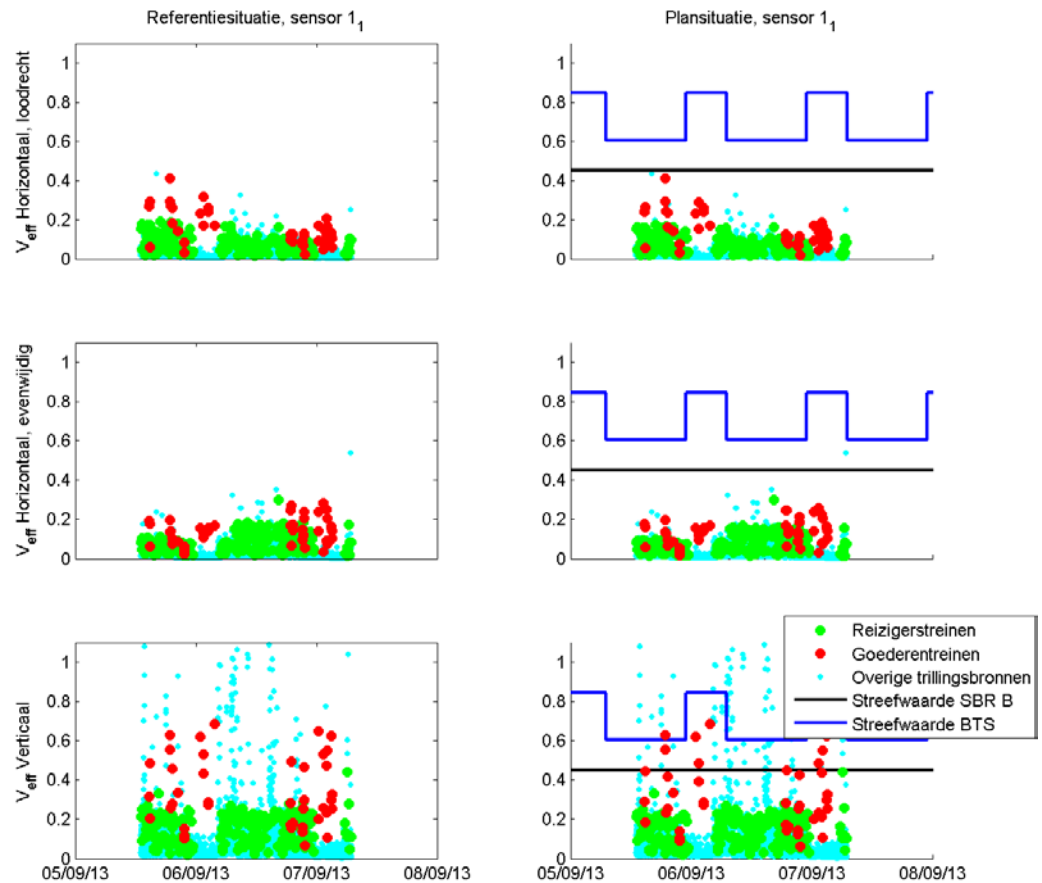
Voor de maximale sensor en richting zijn de waarden van V_{max} en V_{per} weergegeven in Tabel 6-2 in de referentie- en plansituatie. De streefwaarden zijn gebaseerd op de referentiesituatie.

Tabel 6-2 Beoordeling trillingssituatie Baanweg 2

		Streefwaarde	Referentiesituatie	Plansituatie	Toename
BTS	<i>V_{max}, dag en avond</i>	0.60	0.47	0.29	-38%
	<i>V_{max}, nacht</i>	0.85	0.65	0.65	0%
	<i>V_{per}</i>	0.1	0.04	0.04	
SBR B	<i>V_{max}</i>	0.4	0.70	0.72	
	<i>V_{per}</i>	0.05	0.04	0.04	

Overdag laat de BTS een afname zien in de waarde van V_{max} , omdat een deel van de treinen verder weg gaat rijden. De trillingssterkte conform de SBR B-richtlijn blijft ongeveer gelijk, omdat voor deze grootte de maximaal optredende trillingssterkte bepalend is. Deze maximaal optredende trillingssterkte wordt bij deze woning veroorzaakt door het meest dichtbijgelegen spoor. Aan dit spoor vinden geen veranderingen plaats.

De trillingssterktes per treinpassage voor de referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Figuur 6-1 voor de sensor met de hoogste trillingssterkte in de plansituatie. Voor de overige sensoren zijn deze figuren opgenomen in Bijlage III.



Figuur 6-1 *Treinpassages in referentie- en plansituatie voor sensor met hoogste trillingssterkte in plansituatie*

Bij Baanweg 16 komt eveneens het verst weggelegen doorgaande spoor verder weg te liggen, en neemt het aantal sprinters toe. Als gevolg van deze veranderingen wijzigt de trillingssterkte en trillingsintensiteit. De nieuwe waarden per sensor zijn weergegeven in Tabel 6-3. Overschrijdingen zijn rood gemarkeerd.

Tabel 6-3 Trillings situatie in plansituatie, Baanweg 16

	10			12		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>V_{per}, dag</i>	0.06	0.03	0.10	0.03	0.03	0.03
<i>V_{per}, avond</i>	0.06	0.02	0.09	0.03	0.03	0.03
<i>V_{per}, nacht</i>	0.03	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01
<i>V_{max}, gemeten</i>	0.52	0.53	1.12	0.37	0.49	0.34
<i>V_{max}, stat, SBR B</i>	0.52	1.06	1.01	0.32	0.66	0.33
<i>V_{max}, dag en avond, BTS</i>	0.45	0.21	0.75	0.19	0.21	0.24
<i>V_{max}, nacht, BTS</i>	0.50	0.30	0.82	0.19	0.30	0.25
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, SBR B	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, SBR B	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, BTS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, dag en avond, BTS	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, nacht, BTS	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24

Er zijn overschrijdingen van de SBR B-richtlijn op deze locatie. Ook in de referentiesituatie zijn er al overschrijdingen van de SBR B-richtlijn.

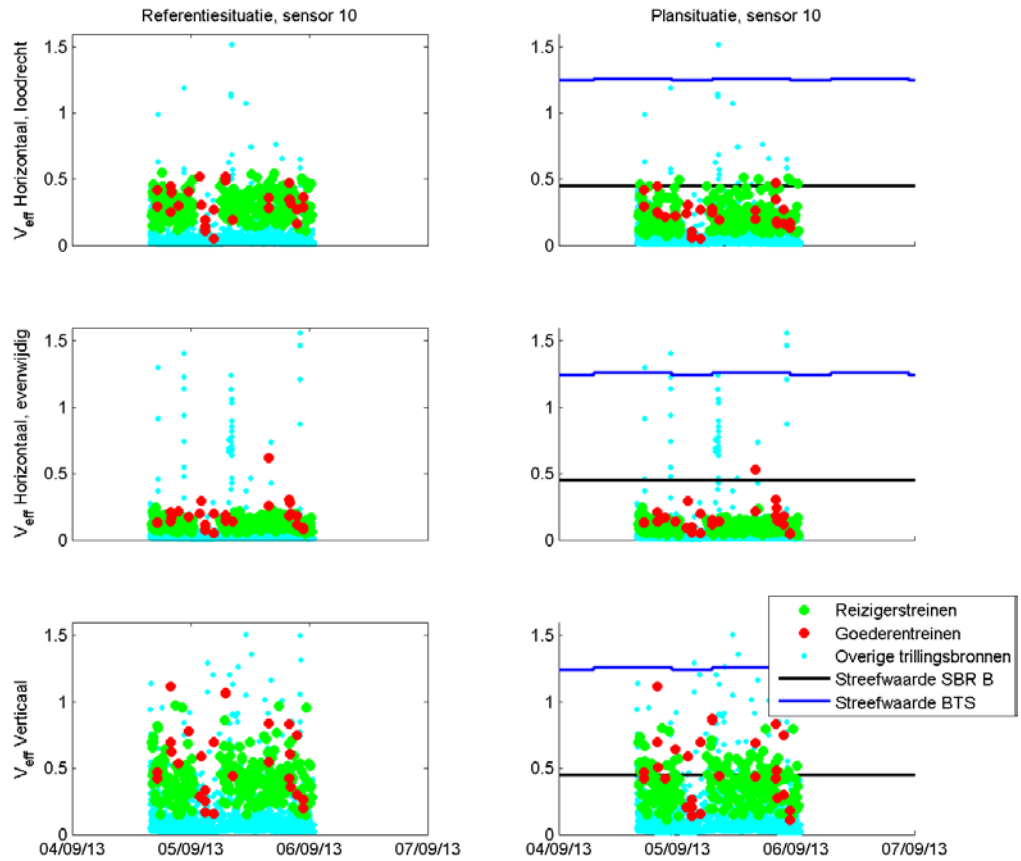
Voor de maximale sensor en richting zijn de waarden van V_{max} en V_{per} weergegeven in Tabel 6-4 in de referentie- en plansituatie.

Tabel 6-4 Beoordeling trillings situatie Baanweg 16

		Streefwaarde	Referentiesituatie	Plansituatie	Toename
BTS	<i>V_{max}, dag en avond</i>	1.26	0.97	0.75	-23%
	<i>V_{max}, nacht</i>	1.24	0.96	0.82	-15%
	<i>V_{per}</i>	0.1	0.09	0.10	
SBR B	<i>V_{max}</i>	0.4	1.14	1.01	
	<i>V_{per}</i>	0.09	0.09	0.10	

Overdag laat de BTS een afname zien in de waarde van V_{max} , omdat een deel van de treinen verder weg gaat rijden. De maximaal gemeten trillingssterkte blijft gelijk, omdat voor deze grootte de maximaal optredende trillingssterkte bepalend is. Deze maximaal optredende trillingssterkte wordt bij deze woning veroorzaakt door een goederentrein op het meest dichtbijgelegen spoor. Aan dit spoor vinden geen veranderingen plaats.

De trillingssterktes per treinpassage voor de referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Figuur 6-2 voor de sensor met de hoogste trillingssterkte in de plansituatie. Voor de overige sensoren zijn deze figuren opgenomen in Bijlage III.



Figuur 6-2 *Treinpassages in referentie- en plansituatie voor sensor met hoogste trillingssterke in plansituatie*

Bij Churchillaan 65 komt het meest dichtbijgelegen spoor zo'n 12.5 meter dichterbij te liggen, en neemt het aantal sprinters toe. Als gevolg van deze veranderingen wijzigt de trillingssterkte en trillingsintensiteit. De nieuwe waarden per sensor zijn weergegeven in Tabel 6-5. Overschrijdingen zijn rood gemarkeerd.

Tabel 6-5 Trillings situatie in plansituatie, Churchillaan 65

	7			8		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>V_{per}, dag</i>	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03
<i>V_{per}, avond</i>	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.04
<i>V_{per}, nacht</i>	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
<i>V_{max}, gemeten</i>	0.32	0.49	0.50	0.52	0.45	0.53
<i>V_{max}, SBR B</i>	0.32	0.46	0.51	0.50	0.40	0.54
<i>V_{max}, dag en avond, BTS</i>	0.17	0.22	0.28	0.19	0.16	0.27
<i>V_{max}, nacht, BTS</i>	0.22	0.26	0.32	0.24	0.23	0.36
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, SBR B	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, SBR B	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, BTS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, dag en avond, BTS	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, nacht, BTS	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34

Er zijn overschrijdingen van zowel de SBR B-richtlijn als van de BTS op deze locatie. Ook in de referentiesituatie zijn er al overschrijdingen van de SBR B-richtlijn.

Voor de maximale sensor en richting zijn de waarden van V_{max} en V_{per} weergegeven in Tabel 6-6 voor de referentie- en plansituatie.

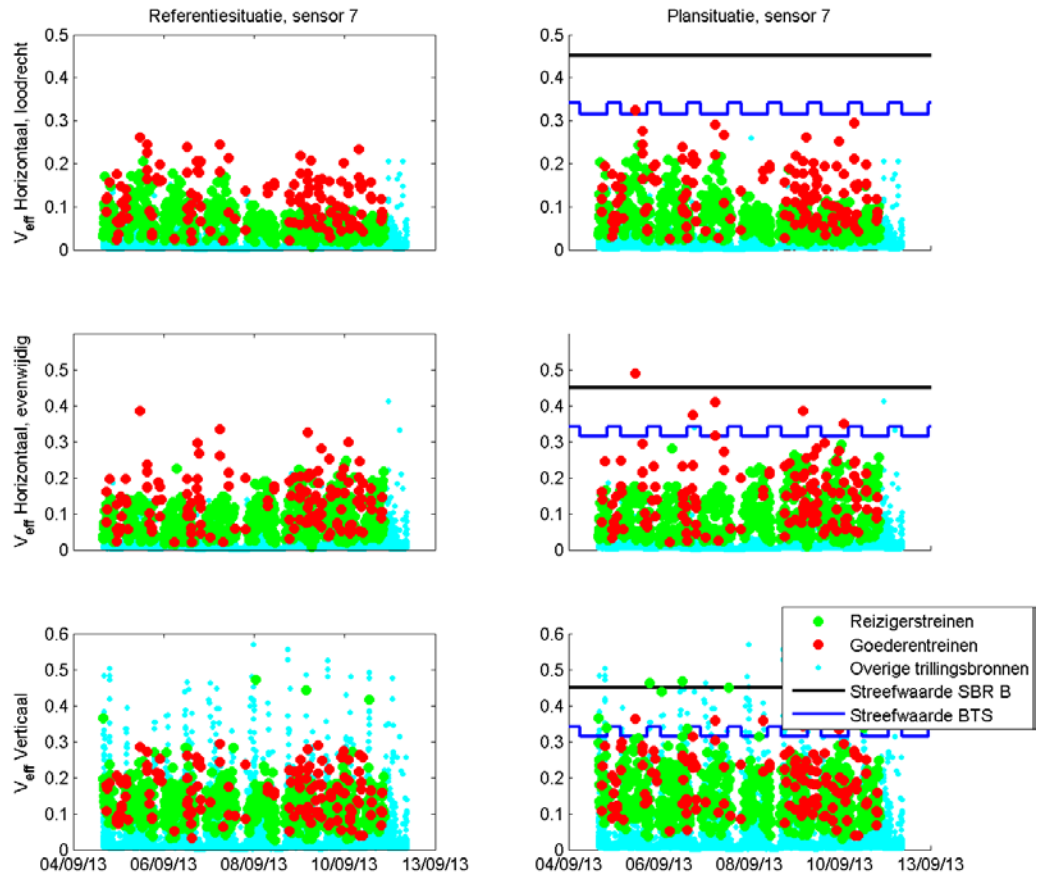
Tabel 6-6 Beoordeling trillings situatie Churchillaan 65

		Streefwaarde	Referentiesituatie	Plansituatie	Toename
BTS	<i>V_{max}, dag en avond</i>	0.32	0.24	0.28	+17%
	<i>V_{max}, nacht</i>	0.34	0.26	0.36	+38%
	<i>V_{per}</i>	0.1	0.03	0.04	
SBR B	<i>V_{max}</i>	0.4	0.49	0.54	
	<i>V_{per}</i>	0.05	0.03	0.04	

De trillingssterktes nemen toe op deze locatie door het dichterbij komen van het doorgaande spoor. De sprinters op het keerspoor zullen slechts lage trillingssterktes hebben, omdat deze langzaam rijden voordat ze stoppen bij het station.

De trillingssterktes per treinpassage voor de referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Figuur 6-3 voor de sensor met de hoogste trillingssterkte in de plansituatie. Voor de overige sensoren zijn deze figuren opgenomen in Bijlage III.

Uit de resultaten van deze weekmeting blijkt dat de metingen van een dag al voldoende betrouwbare informatie geven over de maximaal optredende trillingssterkte in deze woningen. Er is niet veel variatie van de maximaal optredende trillingssterkte gedurende de week op de kanalen met de maximale trillingssterkte (verticaal).



Figuur 6-3 Treinpassages in referentie- en plansituatie voor sensor met hoogste trillingssterke in plansituatie

Bij Churchillaan 75 komt eveneens het meest dichtbijgelegen spoor zo'n 12.5 meter dichterbij te liggen, en neemt het aantal sprinters toe. Als gevolg van deze veranderingen wijzigt de trillingssterkte en trillingsintensiteit. De nieuwe waarden per sensor zijn weergegeven in Tabel 6-7. Overschrijdingen zijn rood gemarkeerd.

Tabel 6-7 Trillings situatie in plansituatie, Churchillaan 75

	8			9		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>V_{per}, dag</i>	0.04	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03
<i>V_{per}, avond</i>	0.05	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
<i>V_{per}, nacht</i>	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>V_{max}, gemeten</i>	0.40	0.29	0.48	0.26	0.31	0.46
<i>V_{max}, SBR B</i>	0.40	0.26	0.59	0.26	0.29	0.57
<i>V_{max}, dag en avond, BTS</i>	0.36	0.19	0.23	0.20	0.22	0.22
<i>V_{max}, nacht, BTS</i>	0.33	0.23	0.28	0.20	0.26	0.27
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, SBR B	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, SBR B	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Streefwaarde <i>V_{per}</i>, BTS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, dag en avond, BTS	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Streefwaarde <i>V_{max}</i>, nacht, BTS	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31

Er zijn overschrijdingen van zowel de SBR B-richtlijn als van de BTS op deze locatie. Ook in de referentiesituatie zijn er al overschrijdingen van de SBR B-richtlijn.

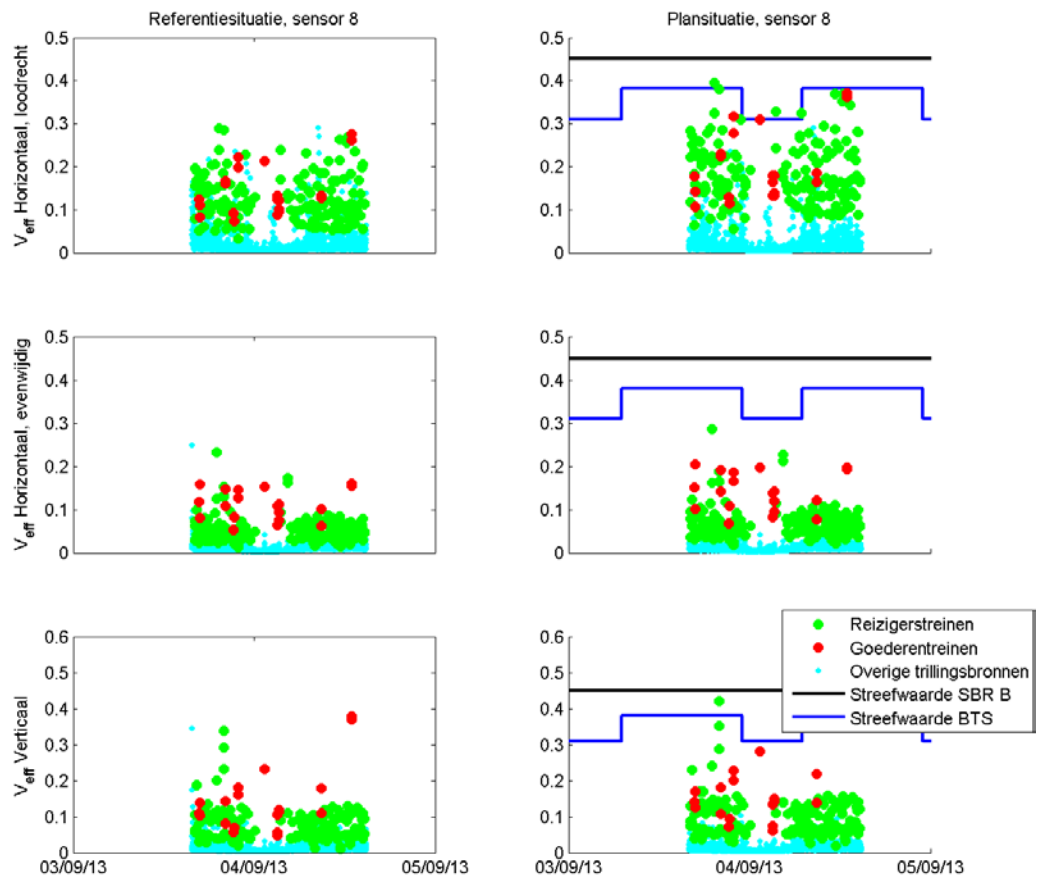
Voor de maximale sensor en richting zijn de waarden van V_{max} en V_{per} weergegeven in Tabel 6-8 in de referentie- en plansituatie.

Tabel 6-8 Beoordeling trillings situatie Churchillaan 75

		Streefwaarde	Referentiesituatie	Plansituatie	Toename
BTS	<i>V_{max}, dag en avond</i>	0.38	0.29	0.36	+24%
	<i>V_{max}, nacht</i>	0.31	0.24	0.33	+38%
	<i>V_{per}</i>	0.1	0.03	0.05	
SBR B	<i>V_{max}</i>	0.4	0.47	0.59	
	<i>V_{per}</i>	0.05	0.03	0.05	

De trillingssterktes nemen toe op deze locatie door het dichterbij komen van het doorgaande spoor. De sprinters op het keerspoor zullen slechts lage trillingssterktes hebben, omdat deze langzaam rijden voordat ze stoppen bij het station.

De trillingssterktes per treinpassage voor de referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Figuur 6-4 voor de sensor met de hoogste trillingssterkte in de plansituatie. Voor de overige sensoren zijn deze figuren opgenomen in Bijlage III.



Figuur 6-4 Treinpassages in referentie- en plansituatie voor sensor met hoogste trillingssterke in plansituatie

6.5 Conclusies

Bij alle meetlocaties zijn in de huidige situatie (referentiesituatie) al overschrijdingen van de SBR B-richtlijn. Aan de zuidzijde van het emplacement neemt de trillingssterkte toe doordat de treinen dichterbij komen te rijden. Bij beoordeling op de BTS zijn er alleen overschrijdingen in de woningen aan de zuidzijde van het emplacement, omdat de BTS alleen naar een toename in trillingshinder kijkt. Aan de noordzijde van het emplacement neemt de trillingshinder af doordat een deel van de treinen verder weg komt te rijden.

7 Conclusies en aanbevelingen

In dit trillingsonderzoek zijn middels metingen de trillingssituaties in woningen in de nabijheid van station Harderwijk (Baanweg, noordzijde, en Churchillaan, zuidzijde) vastgesteld. Vervolgens is door middel van prognoses de invloed van de realisatie van een derde spoor bij het station vastgesteld. Door dit derde spoor komt een deel van de treinen dichterbij de woningen aan de zuidzijde van het emplacement te rijden.

Uit de metingen blijkt dat er op alle locaties al overschrijdingen van de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn zijn in de huidige situatie. Voor de woningen aan de zuidzijde van het emplacement (Churchillaan) neemt de trillingssterkte toe door de realisatie van het derde spoor, omdat dit spoor dichterbij deze woningen komt te liggen. Aan de noordzijde van het emplacement (Baanweg) blijven de maximaal gemeten trillingssterktes vrijwel gelijk, omdat deze worden veroorzaakt door het meest dichtbijgelegen spoor, waaraan geen veranderingen plaatsvinden.

In dit onderzoek zijn de metingen ook beoordeeld op de BTS, deze richtlijn kijkt vooral naar een toename in trillingshinder. Voor de woningen aan de Baanweg neemt de trillingssterkte af doordat een deel van de treinen verder weg komt te rijden, voor de woningen aan de Churchillaan neemt de trillingssterkte voelbaar toe doordat een deel van de treinen dichterbij komt te rijden. Aan de zuidzijde van het emplacement zullen dan ook overschrijdingen van de BTS optreden.

Colofon

Opdrachtgever Gemeente Harderwijk

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Infrastructuur: Waterbouw en Geotechniek

Daalseplein 100
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030-265 5322

Ondertekenaar ir. P.M. Boon
Adviseur

Projectnummer RA000945

Opgesteld door Boon, PM

© 2013, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage I Gegevens trillingsmetingen

Conform de eisen in de SBR B-richtlijn, hoofdstuk 11, bevat deze bijlage de gegevens van de metingen.

Baanweg 2, Harderwijk

1	Uitvoerende organisatie	<i>Movares Nederland B.V. Daalseplein 101 3511 SX Utrecht</i>
	Verantwoordelijke persoon	<i>Ir. P.M. Boon e-mail: pieter.boon@movares.nl tel.: 06-10039454</i>
2	Meting uitgevoerd door	<i>Dr. M. van Riel</i>
3	Tijdsperiode meting	<i>05-09-2013 14:00 tot 07-09-2013 08:00</i>
4	Type trillingsbron	<i>Treinen en (vracht)auto's</i>
5	Gebouwomschrijving	<i>Drielaags, vrijstaand gebouw, opgebouwd uit metselwerk</i>
6	Locatie metingen	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 5</i>
7	Geotechnische gegevens	<i>Niet gebruikt in dit onderzoek</i>
8	Meetposities	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 5</i>
9	Gebruikte meetopnemers	<i>Twee 3D-geofoons</i>
	Gebruikte registratieapparatuur	<i>Webcam gekoppeld aan meetcomputer bij Churchilllaan 65</i>
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	<i>Dewe-101 meetcomputer met 6 aangesloten kanalen</i>
10	Overzicht meetwaarden	<i>Zie figuren in hoofdstuk 5 en Bijlage III</i>
11	Motivatie classificatie gebouw	<i>Zie foto in hoofdstuk 5</i>
12	Overige relevante omstandigheden	<i>Zie hoofdstuk 2 en 5</i>

Baanweg 16, Harderwijk

1	Uitvoerende organisatie	<i>Movares Nederland B.V. Daalseplein 101 3511 SX Utrecht</i>
	Verantwoordelijke persoon	<i>Ir. P.M. Boon e-mail: pieter.boon@movares.nl tel.: 06-10039454</i>
2	Meting uitgevoerd door	<i>Dr. M. van Riel</i>
3	Tijdsperiode meting	<i>04-09-2013 15:45 tot 06-09-2013 01:00</i>
4	Type trillingsbron	<i>Treinen en (vracht)auto's</i>
5	Gebouwomschrijving	<i>Tweelaagse twee-onder-een-kap woning, opgebouwd uit metselwerk</i>
6	Locatie metingen	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 5</i>
7	Geotechnische gegevens	<i>Niet gebruikt in dit onderzoek</i>
8	Meetposities	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 5</i>
9	Gebruikte meetopnemers	<i>Twee 3D-geofoons</i>
	Gebruikte registratieapparatuur	<i>Webcam gekoppeld aan meetcomputer bij Churchilllaan 65</i>
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	<i>Dewe-101 meetcomputer met 6 aangesloten kanalen</i>
10	Overzicht meetwaarden	<i>Zie figuren in hoofdstuk 5 en Bijlage III</i>
11	Motivatie classificatie gebouw	<i>Zie foto in hoofdstuk 5</i>
12	Overige relevante omstandigheden	<i>Zie hoofdstuk 2 en 5</i>

Churchillaan 65, Harderwijk

1	Uitvoerende organisatie	<i>Movares Nederland B.V. Daalseplein 101 3511 SX Utrecht</i>
	Verantwoordelijke persoon	<i>Ir. P.M. Boon e-mail: pieter.boon@movares.nl tel.: 06-10039454</i>
2	Meting uitgevoerd door	<i>Dr. M. van Riel</i>
3	Tijdperiode meting	<i>04-09-2013 18:00 tot 13-09-2013 08:00</i>
4	Type trillingsbron	<i>Treinen</i>
5	Gebouwomschrijving	<i>Drielaagse eengezinswoning, opgebouwd uit metselwerk</i>
6	Locatie metingen	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 5</i>
7	Geotechnische gegevens	<i>Niet gebruikt in dit onderzoek</i>
8	Meetposities	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 5</i>
9	Gebruikte meetopnemers	<i>Vier 3D-gefoons , waarvan twee in de woning</i>
	Gebruikte registratieapparatuur	<i>Webcam gekoppeld aan meetcomputer</i>
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	<i>Dewe-1201 meetcomputer met 12 aangesloten kanalen</i>
10	Overzicht meetwaarden	<i>Zie figuren in hoofdstuk 5 en Bijlage III</i>
11	Motivatie classificatie gebouw	<i>Zie foto in hoofdstuk 5</i>
12	Overige relevante omstandigheden	<i>Zie hoofdstuk 2 en 5</i>

Churchillaan 75, Harderwijk

1	Uitvoerende organisatie	<i>Movares Nederland B.V. Daalseplein 101 3511 SX Utrecht</i>
	Verantwoordelijke persoon	<i>Ir. P.M. Boon e-mail: pieter.boon@movares.nl tel.: 06-10039454</i>
2	Meting uitgevoerd door	<i>Dr. M. van Riel</i>
3	Tijdperiode meting	<i>03-09-2013 16:45 tot 04-09-2013 15:45</i>
4	Type trillingsbron	<i>Treinen</i>
5	Gebouwomschrijving	<i>Drielaagse hoekwoning, opgebouwd uit metselwerk</i>
6	Locatie metingen	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 5</i>
7	Geotechnische gegevens	<i>Niet gebruikt in dit onderzoek</i>
8	Meetposities	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 5</i>
9	Gebruikte meetopnemers	<i>Twee 3D-gefoons</i>
	Gebruikte registratieapparatuur	<i>Webcam gekoppeld aan meetcomputer bij Churchillaan 65</i>
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	<i>Dewe-101 meetcomputer met 6 aangesloten kanalen</i>
10	Overzicht meetwaarden	<i>Zie figuren in hoofdstuk 5 en Bijlage III</i>
11	Motivatie classificatie gebouw	<i>Zie foto in hoofdstuk 5</i>
12	Overige relevante omstandigheden	<i>Zie hoofdstuk 2 en 5</i>

Bijlage II Prognosemodel

In deze bijlage wordt het trillingsmodel, waarbij vanuit de situatie van de metingen de referentiesituatie en de plansituatie is berekend, weergegeven. Ook de voor dit onderzoek bepaalde toeslagfactoren worden weergegeven.

Prognosemodel

De trillingssterkte op een bepaalde positie in de ruimte wordt bepaald door een groot aantal factoren. In grote lijnen kan een trilling worden omschreven door:

$$v(r) = F_{bron}(m_{as}, c_k, V_{trein}, c_r, z) \cdot H_{situatie} \cdot H_{geometrie} \cdot H(r) \cdot H_{bf} \cdot H_{fw} \cdot H_{wv}$$

Hierin is v de trillingssnelheid in m/s en r de afstand. Wanneer alle fysische aspecten aan de rechterzijde van de vergelijking bekend zijn, kan in principe dus de trillingssnelheid op een bepaalde positie worden bepaald. Deze trillingssnelheid is frequentie-afhankelijk en wordt gerepresenteerd middels een tertsbandspectrum. De grootheden aan de rechterzijde zijn:

- F_{bron} is een bodemonafhankelijke equivalente treinbelasting, deze is afhankelijk van de rijnsnelheid V_{trein} , de afvering c_k , de aslast m_{as} , de wielrondheid c_r en de spoorligging of zetting z ;
- $H_{situatie}$ is een correctiefactor voor de bovenbouwsituatie (wissel, duiker, etc.);
- $H_{geometrie}$ is een correctiefactor voor de opbouw van de onderbouw;
- $H(r)$ is de verzwakking voor de bodem voor $r > r_{referentie}$. Gewoonlijk wordt hiervoor de Barkan-vergelijking gehanteerd. Deze Barkan-vergelijking luidt, in frequentie-afhankelijke vorm:

$$V(r, f) = V(r_0, f) \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^{n(r, f)} \cdot e^{-\alpha(f)(r-r_0)}$$

Hierin is r_0 een referentieafstand waarop het referentietrillingsniveau $v(r_0)$ wordt vastgesteld. α is de dempingsconstante van de bodem (1/m), deze verschilt per grondsoort. n is een coëfficiënt die de geometrische uitbreiding weergeeft. α en n zijn frequentie-afhankelijk, n is daarnaast ook afstandsafhankelijk. In het gehanteerde model wordt de afstandsafhankelijkheid genegeerd, omdat de afstandsveranderingen doorgaans beperkt zijn;

- H_{bf} is de overdrachtsfactor van de bodem naar de fundering;
- H_{fw} is de overdrachtsfactor van de fundering naar de wand;
- H_{wv} is de overdrachtsfactor van de wand naar de vloer.

De factoren H_{fw} en H_{wv} worden over het algemeen samengenomen voor de bepaling van trillingshinder, zodat er geen onderscheid tussen wand en vloer bepaald hoeft te worden.

De bepaling van de diverse factoren vindt in dit onderzoek plaats via tertsbandspectra. Uit diverse onderzoeken blijkt dat het tertsbandspectrum van een treinpassage slechts verandert met de afstand tot de bron, de treinsnelheid, de aslast en de wielrondheid. De overdracht (als tertsbandspectrum) tussen maaiveld en fundering en tussen fundering

en midden vloerveld is voor elke trein identiek. Elke factor wordt daarom als tertsbandspectrum bepaald.

In het onderzoeksgebied veranderen een aantal van de grootheden in de trillingsvergelijking. Binnen het huidige project wijzigt alleen de afstand tot het spoor, dus de parameter $H(r)$ uit het model. wijzigen de volgende parameters:

1. Er wordt een nieuw spoor gerealiseerd, waarop een deel van de treinen komt te rijden, zodat de afstand tussen de bebouwing en het spoor wijzigt. Hierdoor wijzigt $H(r)$.
2. Treinintensiteit wijzigt.

De invloed van deze wijzigingen is nader onderzocht. De parameters in het gebruikte model worden in de volgende paragrafen nader toegelicht. De betrouwbaarheid van het model en de gevolgen daarvan op de toetsing wordt nader toegelicht in de laatste paragraaf van deze bijlage.

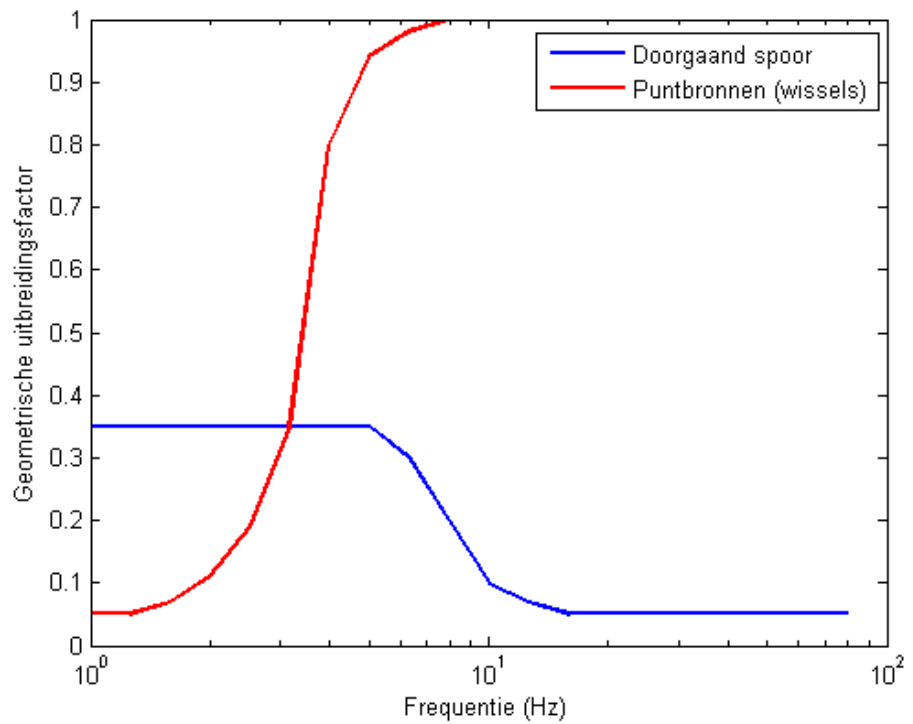
Een aantal factoren, zoals aslast, afvering, wielonrondheid en overdracht in de woning tussen fundering en vloerniveau wijzigen niet in dit project. De invloed hiervan is dan ook niet onderzocht.

Invloed spoorafstand

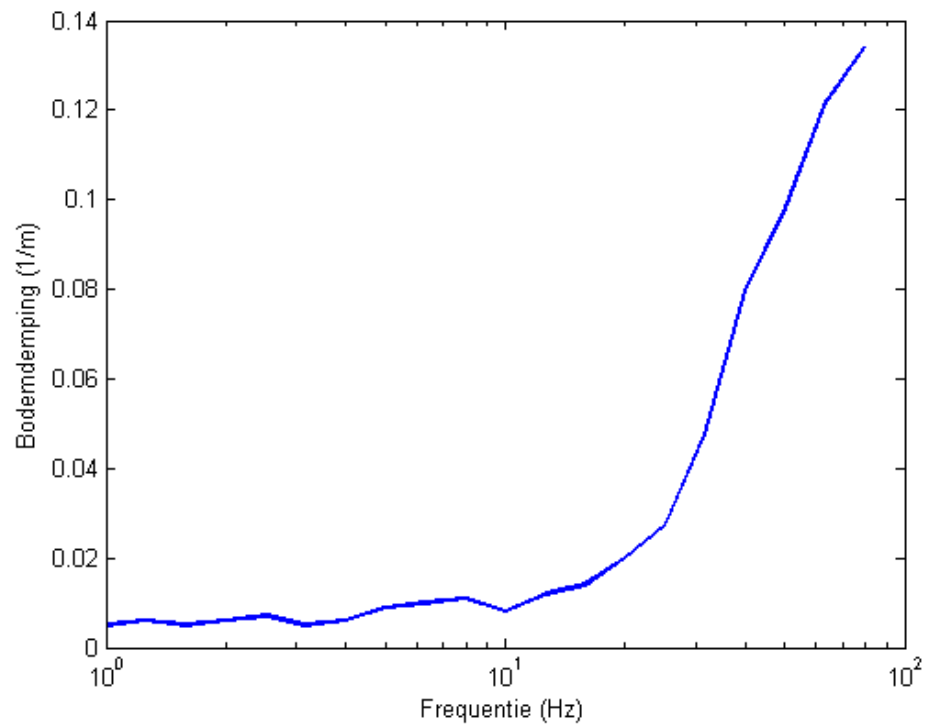
De overdracht van trillingen door de bodem kan worden beschreven met behulp van de Barkan-vergelijking. De parameter n voor doorgaand spoor is bepaald uit metingen op maaiveldniveau. De gehanteerde curve voor de parameter n is onafhankelijk van de locatie, zie Figuur II-1.

Naast de gewijzigde spoorafstand door andere spoorligging verandert voor een deel van de treinen de spoorafstand aanzienlijk doordat deze treinen in de toekomst op andere sporen gaan rijden. Bij het maken van de prognose voor de plansituatie wordt hierbij gebruik gemaakt van de sporenlay-out uit de in de uitgangspunten genoemde tekeningen.

De dempingsfactor voor de bodem α in de Barkan-vergelijking is weergegeven in Figuur II-2. Deze factor is gebaseerd op valproeven op een zandbodemp die vergelijkbaar is met de bodem in Harderwijk.



Figuur II-1 Geometrische uitbreidingsfactor voor doorgaand spoor en wissels



Figuur II-2 Dempingsfactor α

Invloed treinintensiteit

Door de wijzigingen in treinintensiteit wijzigt het tijdsgemiddelde van de trillingen, de trillingsintensiteit V_{per} . Voor de bepaling van de trillingsintensiteit V_{per} is de treinintensiteit eveneens van belang. De nieuwe waarde van V_{per} kan worden berekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$V_{per,situatie} = V_{per,meting} \cdot \sqrt{\frac{n_{situatie}}{n_{meting}}}$$

Hierbij is n de treinintensiteit in treinen per periode (dag, avond, nacht).

Bepaling gewijzigde trillingssterkte

Met behulp van de hiervoor bepaalde toeslagfactoren kan met behulp van de eerder gegeven vergelijking de trillingssterkte per trein worden bepaald. Het signaal van de trillingsbron kan als volgt worden bepaald vanuit een meting:

$$v_{situatie} = v_{meting} \cdot H(r)$$

Hierin is $v_{situatie}$ de trillingssnelheid in een gewijzigde situatie als functie van de frequentie en r de afstand. Wanneer alle toeslagfactoren aan de rechterzijde van de vergelijking bekend zijn, kan deze gewijzigde trillingssnelheid worden bepaald met behulp van de gemeten trillingssnelheid v_{meting} .

De overige grootheden aan de rechterzijde zijn als volgt gedefinieerd als verhouding tussen de gewijzigde en gemeten situatie:

- v_{meting} is de gemeten trillingssterkte;
- H is een toeslagfactor voor de verzwakking door de bodem. Deze factor is gedefinieerd middels de Barkan-vergelijking.

Het correctiesignaal als tertsbandspectrum wordt vervolgens vermenigvuldigd met het smalbandige spectrum van elke treinpassage. Door dit gecorrigeerde smalbandige spectrum terug te rekenen naar een trillingssignaal als functie van de tijd, kan de trillingssterkte in de gewijzigde situatie conform de SBR B-richtlijn worden bepaald.

Betrouwbaarheid van het model

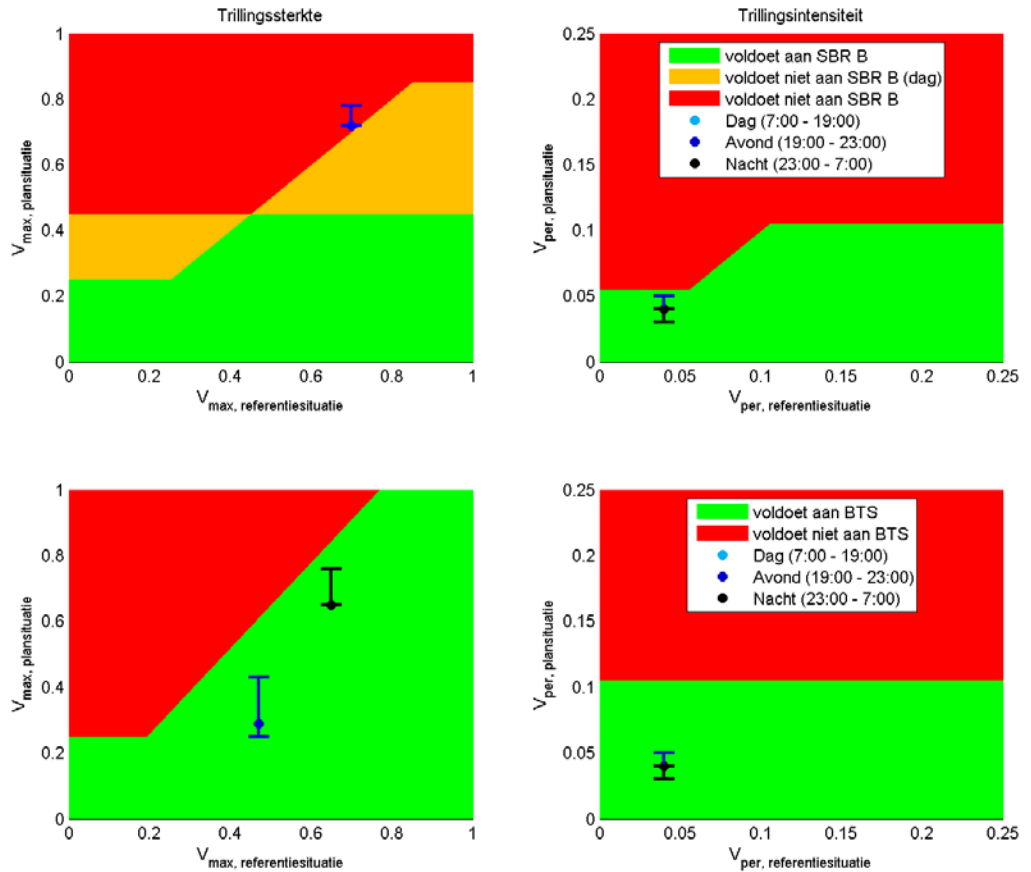
Omdat de manier van berekenen via het tertsbandspectrum alleen een amplitude- en geen fasecorrectie kent, zal er een verschil zijn tussen de uitkomst van de berekening en de werkelijke waarde van V_{max} in de plansituatie. Uit uitgebreide analyses blijkt dat er een variatie is van maximaal +/- 10 procent in V_{max} .

Daarnaast wordt in dit model gerekend met gemiddelde toeslagfactoren. Door afwijkende treineigenschappen kan bijvoorbeeld de relatie tussen treinsnelheid en trillingssterkte, of de invloed van een wissel, bij de ene trein anders uitvallen dan bij de andere trein. Ook hierdoor ontstaat een spreiding in de resultaten. Er van uitgaande dat de metingen een betrouwbare uitkomst geven, kan dus worden gesteld dat er voor elke locatie een kans is dat de locatie wel of niet voldoet.

Baanweg 2

De grenzen van V_{max} en V_{per} voor Baanweg 2 zijn weergegeven in Figuur II-3. Ongeacht de gehanteerde berekeningsparameters voldoet de trillingssterkte na realisatie van het derde spoor niet aan de SBR B-richtlijn.

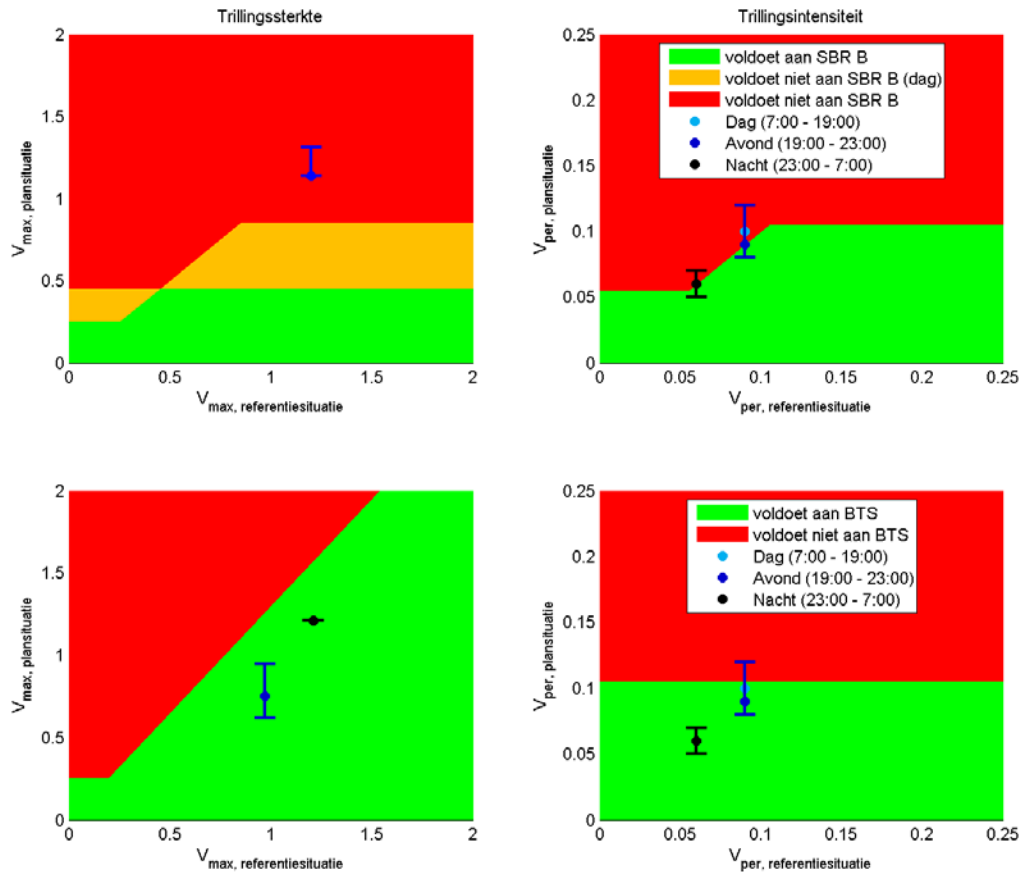
Er is geen kans op overschrijden van de streefwaarden uit de BTS.



Figuur II-3 Kans op overschrijden voor Baanweg 2 van de trillingssterkte (links) en de trillingsintensiteit (rechts). Boven conform de SBR B-richtlijn, onder conform de BTS

Baanweg 16

De grenzen van V_{max} en V_{per} voor Baanweg 16 zijn weergegeven in Figuur II-4. Ongeacht de gehanteerde berekeningsparameters voldoet de trillingssterkte na realisatie van het derde spoor niet aan de SBR B-richtlijn, daarnaast is er een kans op overschrijden van de streefwaarden van de trillingsintensiteit. Er is geen kans op overschrijden van de streefwaarden uit de BTS ten aanzien van de trillingssterkte, overdag en 's avonds is er wel een kans op overschrijden van de streefwaarden van de trillingsintensiteit.

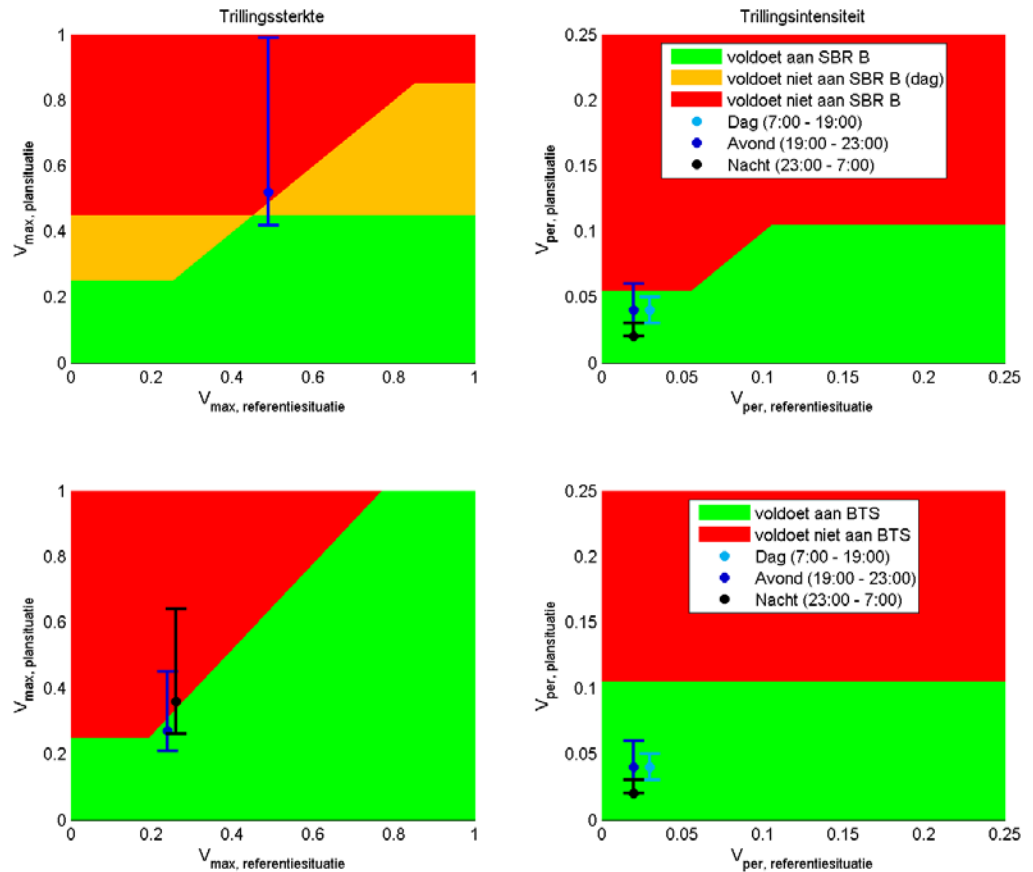


Figuur II-4 Kans op overschrijden voor Baanweg 16 van de trillingssterkte (links) en de trillingsintensiteit (rechts). Boven conform de SBR B-richtlijn, onder conform de BTS

Churchillaan 65

De grenzen van V_{max} en V_{per} voor Churchillaan 65 zijn weergegeven in Figuur II-5. Er is een grote kans dat de trillingssterkte in deze woning na realisatie van het derde spoor niet voldoet aan de SBR B-richtlijn, daarnaast is er een kleine kans op overschrijden van de trillingsintensiteit in de avond.

Ten aanzien van de BTS is er een vrij grote kans op overschrijden van de streefwaarde van de trillingssterkte.

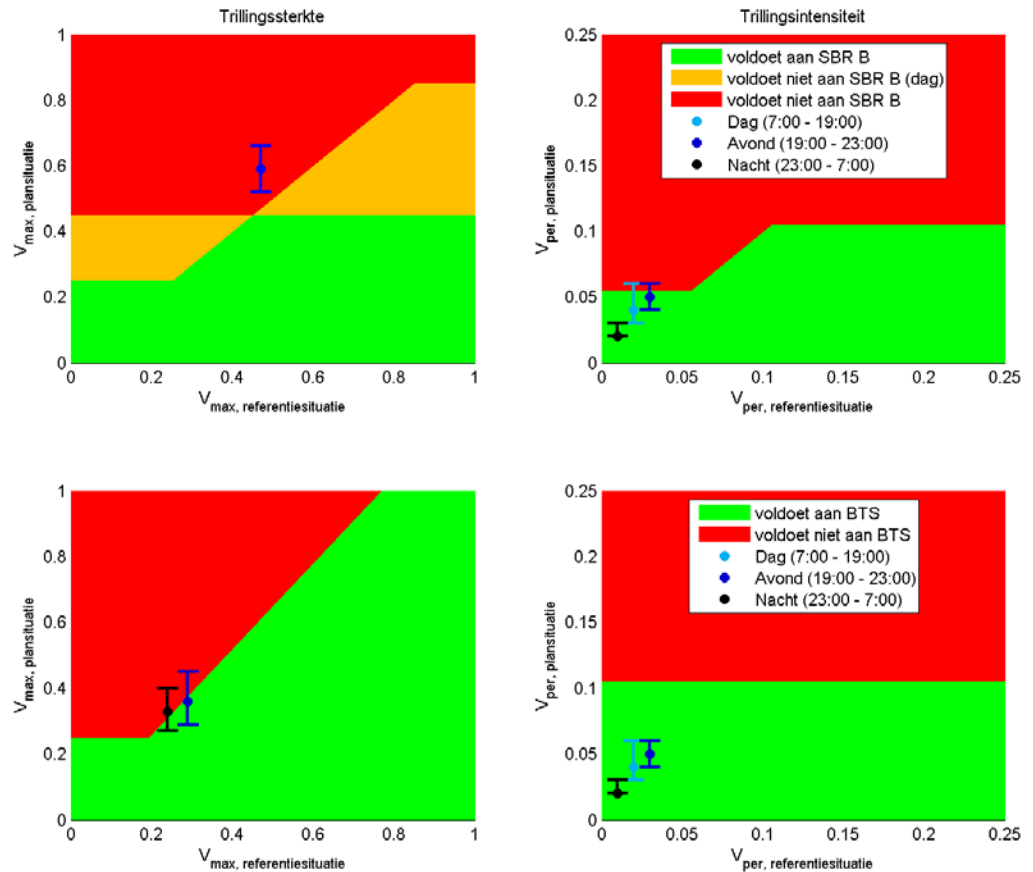


Figuur II-5 Kans op overschrijden voor Churchillaan 65 van de trillingssterkte (links) en de trillingsintensiteit (rechts). Boven conform de SBR B-richtlijn, onder conform de BTS

Churchillaan 75

De grenzen van V_{max} en V_{per} voor Churchillaan 75 zijn weergegeven in Figuur II-6. Ongeacht de gehanteerde berekeningsparameters voldoet de trillingssterkte na realisatie van het derde spoor niet aan de SBR B-richtlijn, er is daarnaast een kleine kans op overschrijden van de streefwaarden van de trillingsintensiteit in de dag en avond.

Ten aanzien van de BTS is er een vrij grote kans op overschrijden van de streefwaarde van de trillingssterkte.

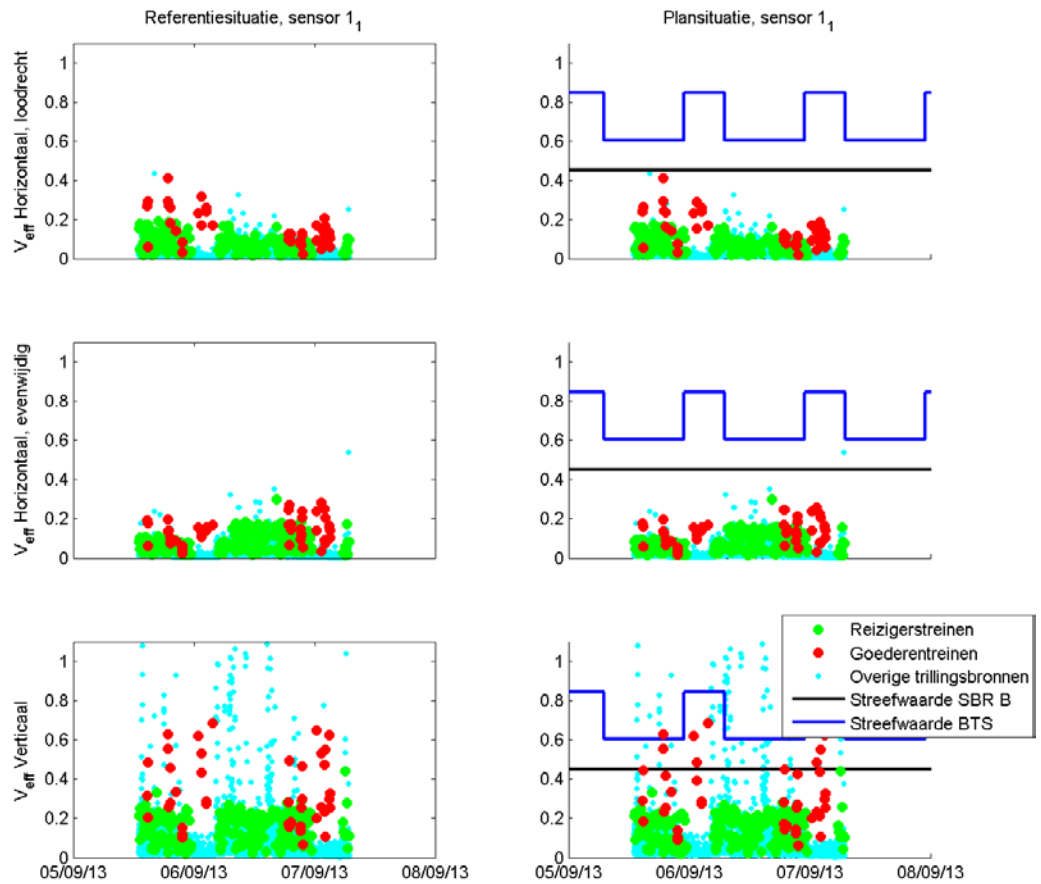


Figuur II-6 Kans op overschrijden voor Churchillaan 75 van de trillingssterkte (links) en de trillingsintensiteit (rechts). Boven conform de SBR B-richtlijn, onder conform de BTS

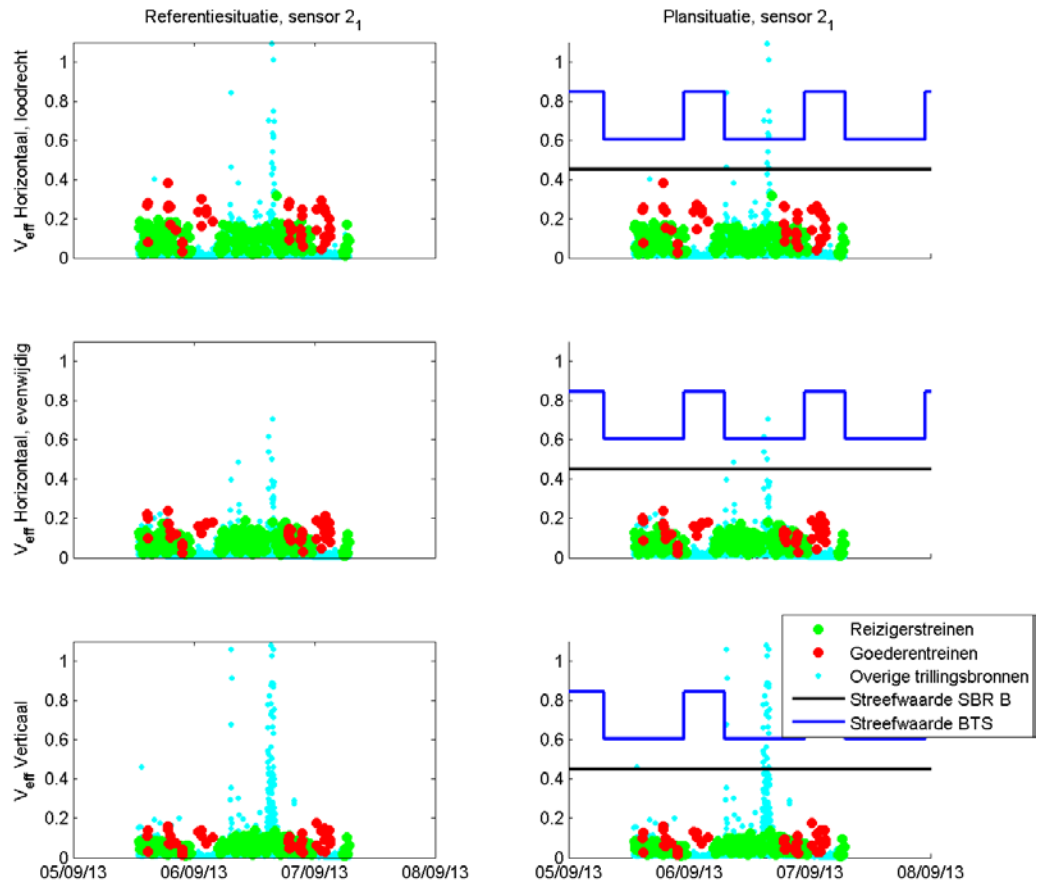
Bijlage III Resultaten

Deze bijlage bevat de resultaten van de metingen (de referentiesituatie) en de prognose voor de plansituatie voor alle sensoren.

Baanweg 2

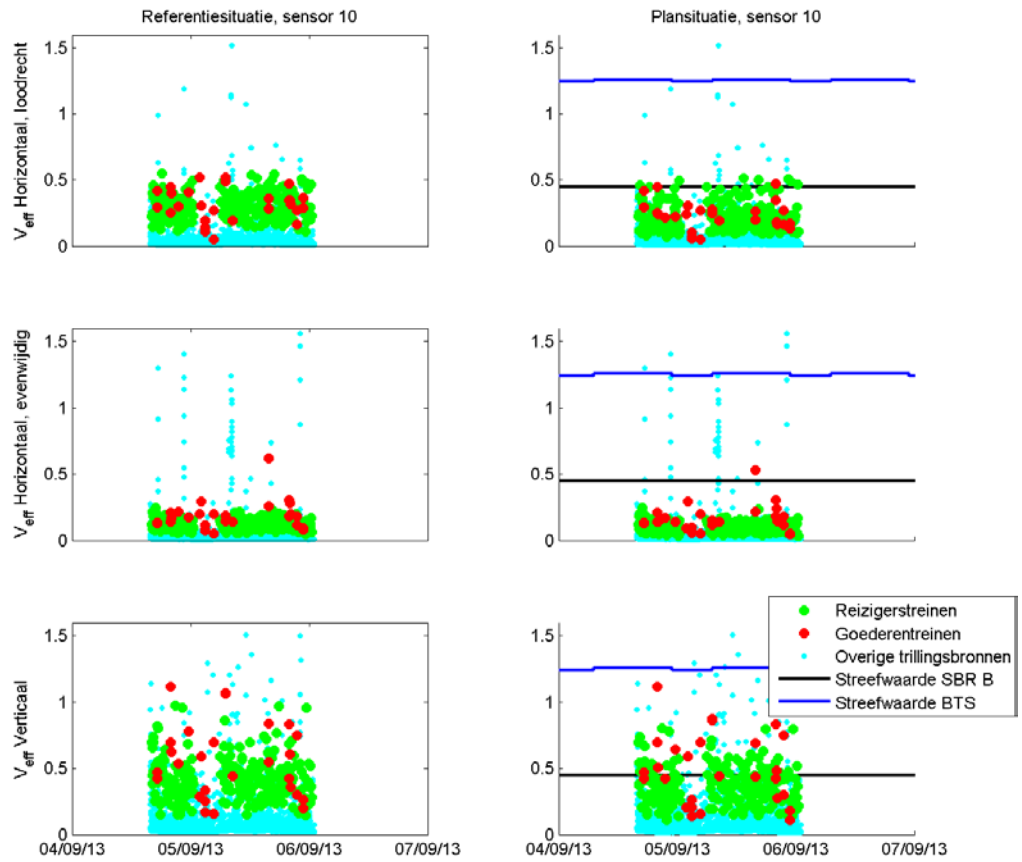


Figuur III-1 Resultaten sensor 1-1

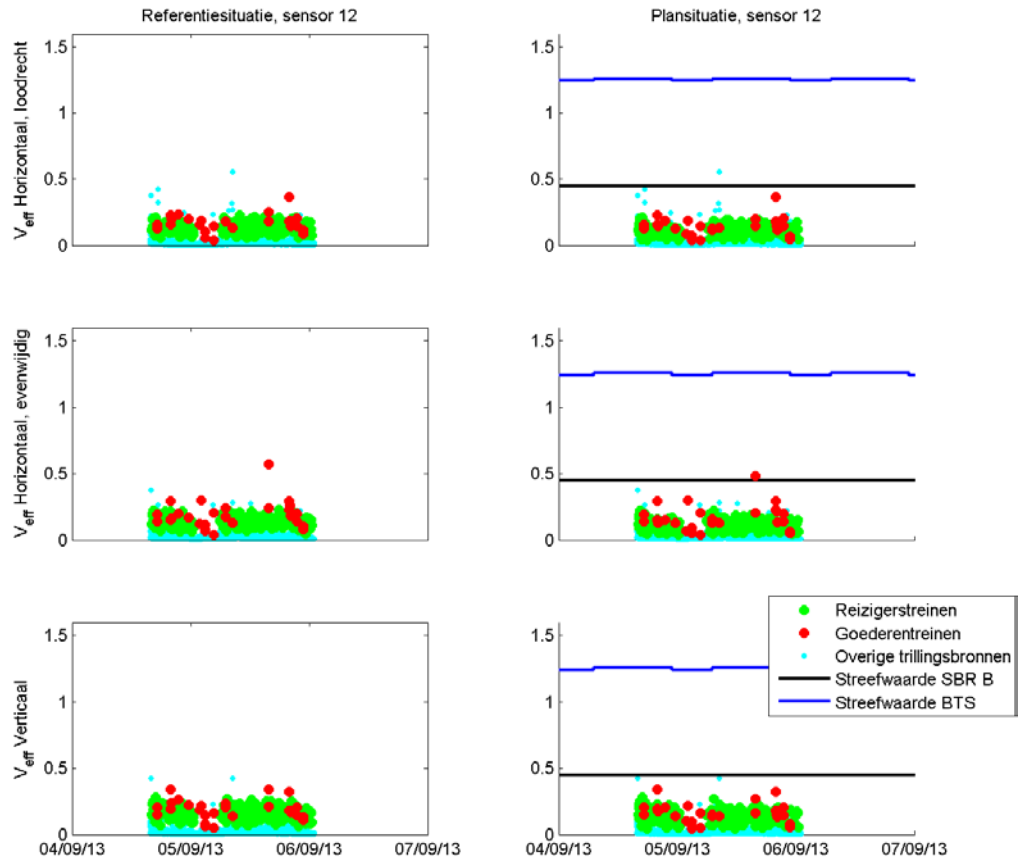


Figuur III-2 Resultaten sensor 2-1

Baanweg 16

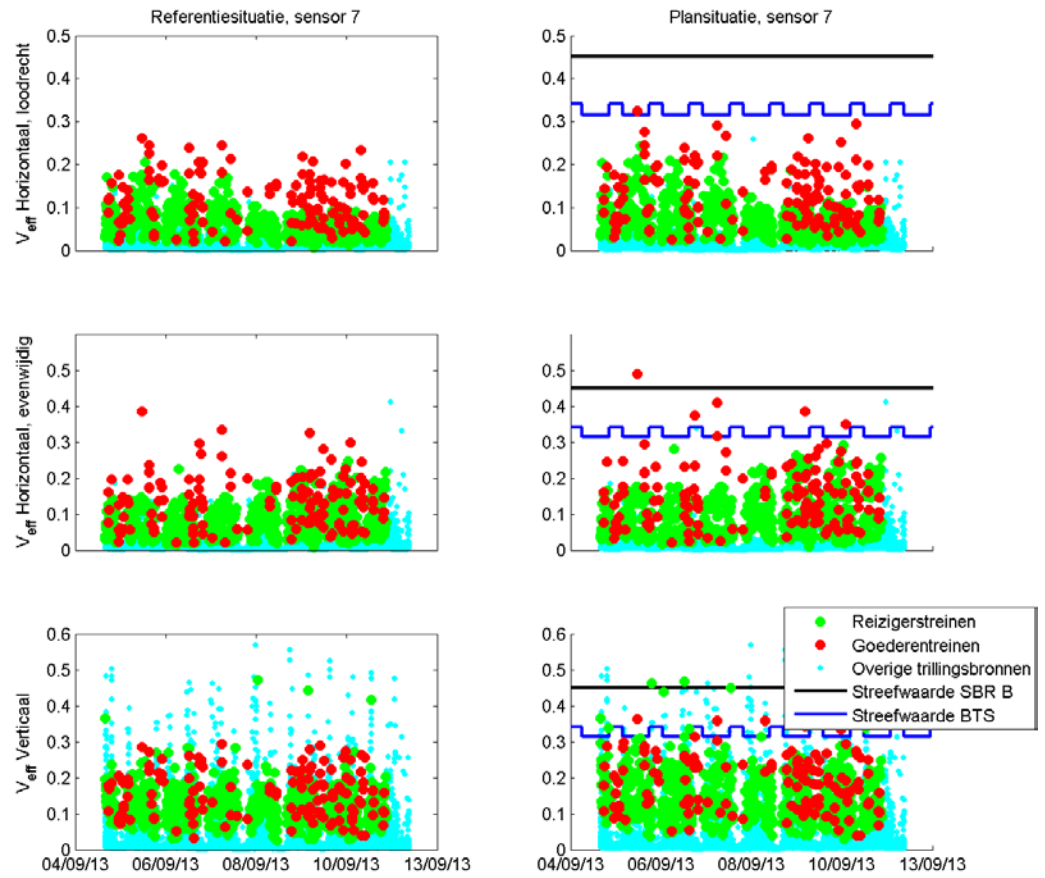


Figuur III-3 Resultaten sensor 10

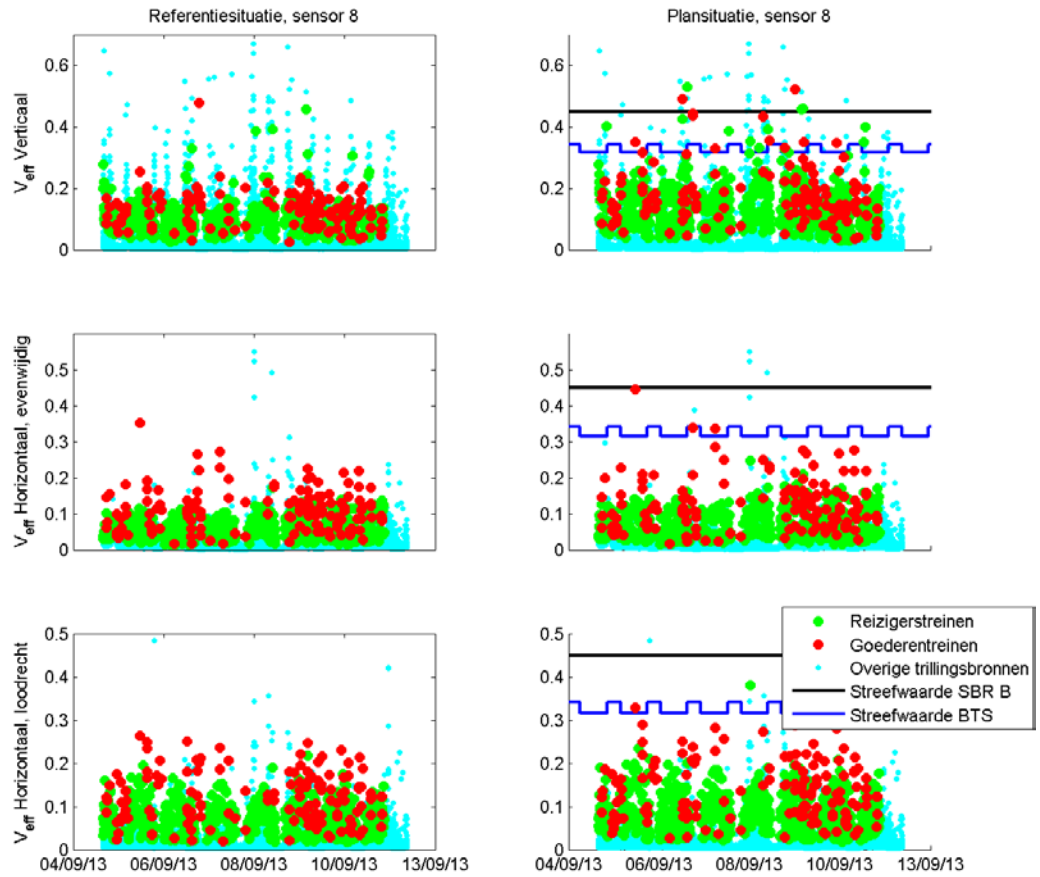


Figuur III-4 Resultaten sensor 12

Churchillaan 65

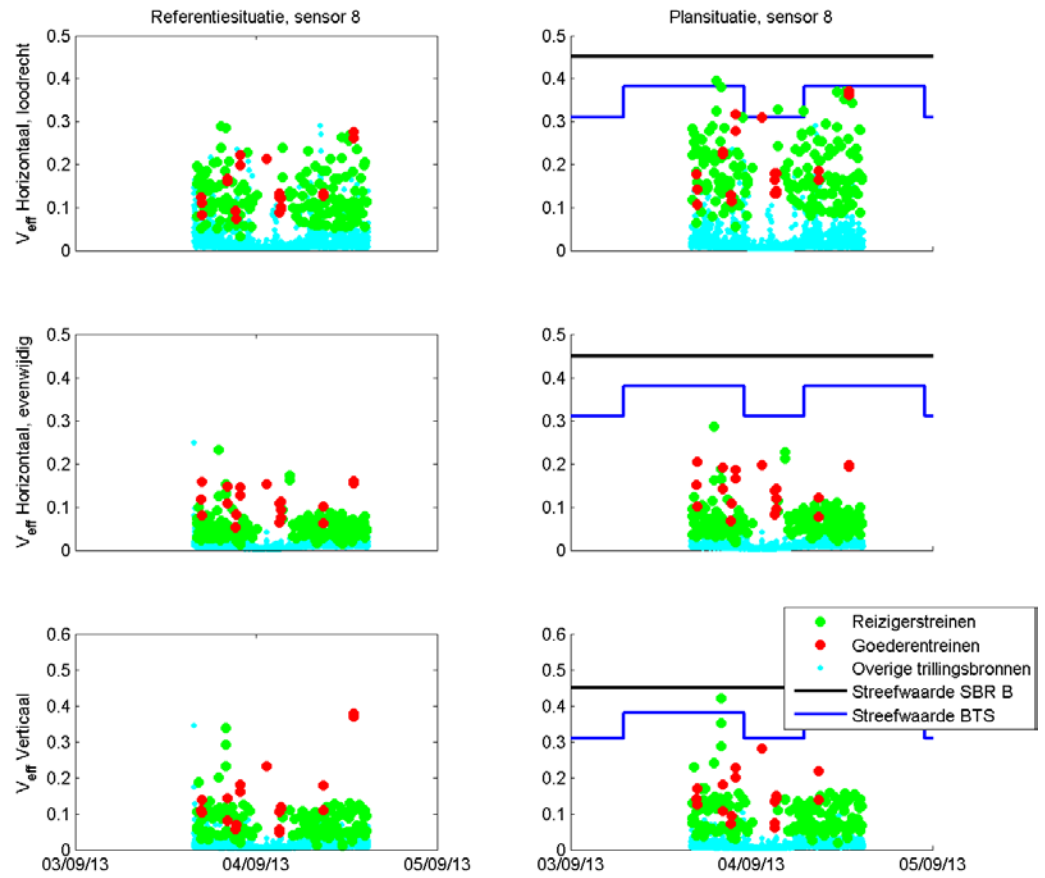


Figuur III-5 Resultaten sensor 7

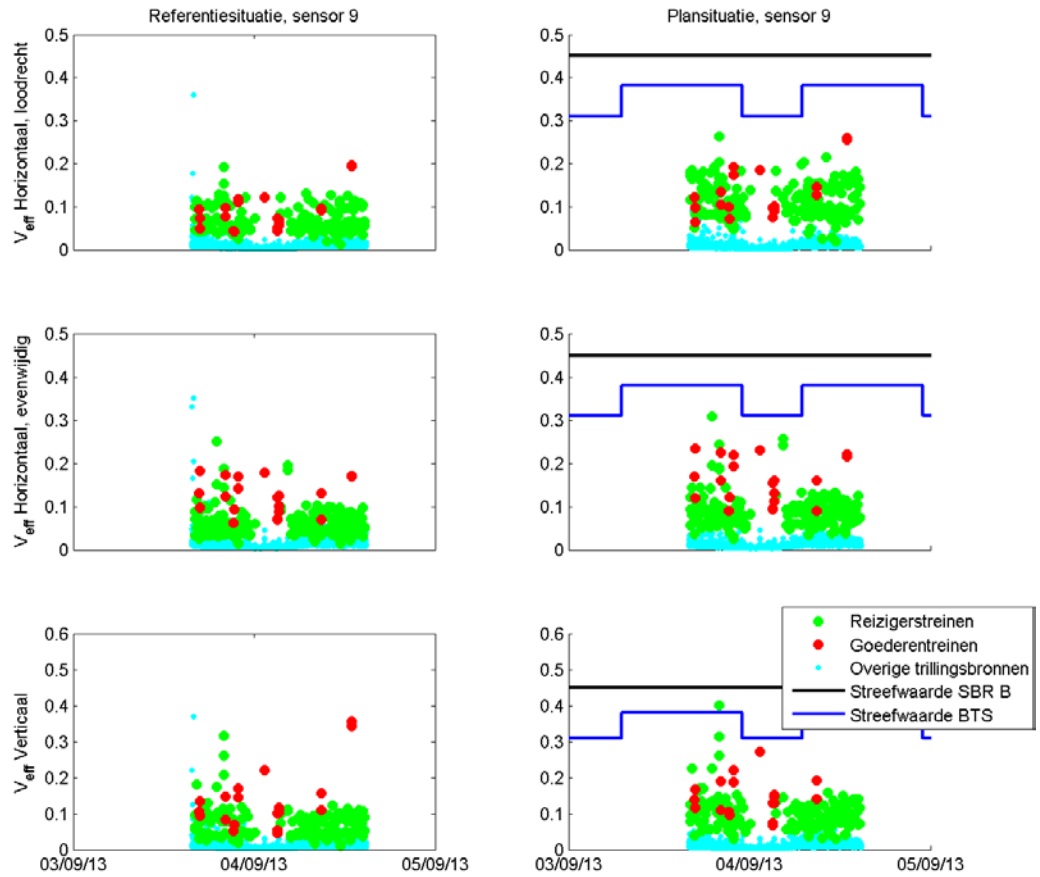


Figuur III-6 Resultaten sensor 8

Churchillaan 75



Figuur III-7 Resultaten sensor 8



Figuur III-8 Resultaten sensor 9