

OND-ET-CON-TR-RAP-200

5 december 2014 - Versie 2.0

Autorisatieblad

MER Doorstroomstation Utrecht (DSSU)

Effectbeschrijving trillingshinder

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	ir. P.M. Boon		
Controle door	dr. ir. H.G. Stuit		
Vrijgave door	Iersel, HPJM van		

Samenvatting

Doelstelling

Ten behoeve van het project *Doorstroomstation Utrecht (DSSU)* wijzigt ProRail de sporen in de regio Utrecht. In het kader van dit project worden nieuwe sporen en wissels aangelegd, wijzigt de snelheid van een aantal treinen en wijzigt het spoorgebruik. Deze maatregelen hebben invloed op de trillingssterkte ten gevolge van passerende treinen in de gebouwen in de nabijheid van het spoor.

Het voorliggende rapport beoordeeld de trillingshindereffecten ten gevolge van het project.

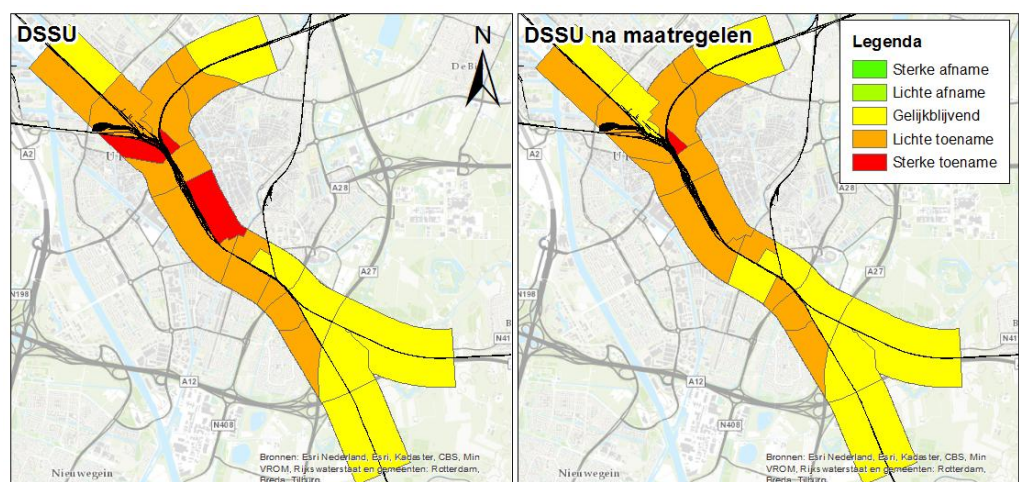
Werkwijze

Het voorliggende MER beschrijft het effect van het project *DSSU* ten opzichte van de referentiesituatie. Deze trillingshindereffecten zijn in kaart gebracht met behulp van een modelberekening. Hiervoor is het aantal gehinderde personen per subgebied in kaart gebracht in de huidige-, referentie- en plansituatie. Het effect van het project is bepaald door het aantal gehinderde personen in de referentie- en plansituatie met elkaar te vergelijken.

Conclusie

Uit het onderzoek blijkt dat effecten van DSSU met name optreden rond station Utrecht Centraal, omdat de toename van de snelheid van de treinen daar het grootst is, zie Figuur 1. Bij een aantal subgebieden wordt de snelheidstoename gecompenseerd door het verwijderen van een groot aantal wissels.

Door het nemen van trillingsmaatregelen nemen de negatieve effecten af voor die onderzoeksgebieden waarvoor op basis van dit onderzoek een kosteneffectieve maatregel mogelijk is. Na het nemen van maatregelen wordt alleen in subgebied Spijkerstraat nog een sterke toename in aantal gehinderde personen verwacht. Dit komt doordat het subgebied Spijkerstraat, anders dan alle andere subgebieden, zich alleen in een smalle zone langs het spoor bevindt. Hierdoor ervaren relatief veel bewoners (hoog percentage van het totaal) in het gebied hinder ten gevolge van de trillingen van het treinverkeer. De score voor het subgebied Spijkerstraat geeft daarmee een vertekend beeld ten opzichte van de andere subgebieden.



Figuur 1 Resultaten trillingsonderzoek

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding en doel	3
1.2 Leeswijzer	3
2 Situatiebeschrijving	4
2.1 Huidige situatie	4
2.1.1. <i>Spoorgebruik</i>	4
2.1.2. <i>Rijsnelheden</i>	4
2.1.3. <i>Intensiteiten</i>	5
2.2 Referentiesituatie	5
2.2.1. <i>Spoorgebruik</i>	6
2.2.2. <i>Taludwijzigingen</i>	6
2.2.3. <i>Rijsnelheden</i>	6
2.2.4. <i>Intensiteiten</i>	6
2.2.5. <i>Cumulatieve effecten</i>	6
2.3 Plansituatie	9
2.3.1. <i>Spoorgebruik</i>	9
2.3.2. <i>Rijsnelheden</i>	10
2.3.3. <i>Intensiteiten</i>	11
3 Werkwijze en beoordelingsmethodiek	13
3.1 Werkwijze	13
3.2 Beoordelingsmethode	13
4 Resultaten	15
5 Conclusies	18
Colofon	19

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Ten behoeve van het project *Doorstroomstation Utrecht (DSSU)* wijzigt ProRail de sporen in de regio Utrecht. In het kader van dit project worden nieuwe sporen en wissels aangelegd, wijzigt de snelheid van een aantal treinen en wijzigt het spoorgebruik. Deze maatregelen hebben invloed op de trillingssterkte ten gevolge van passerende treinen in de gebouwen in de nabijheid van het spoor. Ten behoeve van de m.e.r. wordt daarom het effect van het project *DSSU* ten opzichte van de huidige en referentiesituatie in kaart gebracht met behulp van een modelberekening. Hiervoor wordt het aantal gehinderde personen per subgebied¹ in kaart gebracht in de huidige-, referentie- en plansituatie.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een beschrijving opgenomen van de diverse beschouwde situaties. Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van de werkwijze en beoordelingsmethodiek, en hoofdstuk 4 de resultaten van het onderzoek ten behoeve van de m.e.r.

¹ Zie voor de indeling in subgebieden: Boon, ir. P.M., *Doorstroomstation Utrecht (DSSU), Trillingsonderzoek*, Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400095

2 Situatiebeschrijving

In het onderzoek ten behoeve van de MER wordt onderscheid gemaakt tussen vier situaties:

1. De huidige situatie, conform spoorligging en spoorgebruik van 2007;
2. De referentie- of autonome groeisituatie. Hierbij worden alle autonome ontwikkelingen in het projectgebied meegenomen. Voorbeelden hiervan zijn de realisatie van de *Uithoflijn* en *Sporen in Utrecht*;
3. De plansituatie. In deze situatie is het project *DSSU* gerealiseerd;
4. De plansituatie na het nemen van maatregelen. Op locaties waar overschrijdingen van het beoordelingskader (de BTS) worden verwacht, wordt aangenomen dat mitigerende maatregelen worden gerealiseerd (op basis van een richtbedrag van € 47.000 per woning).

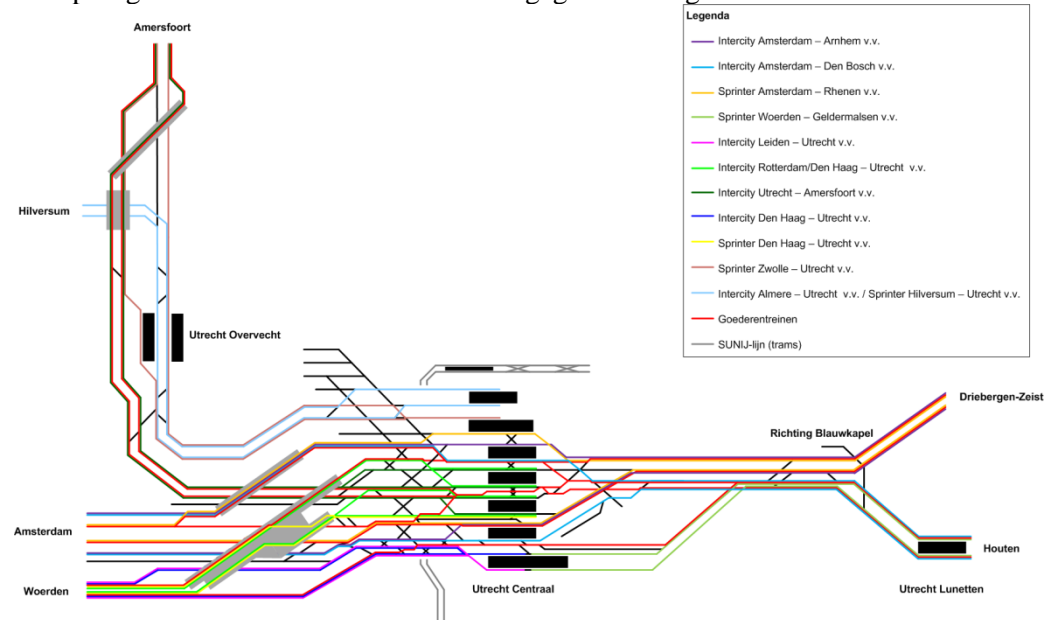
Deze paragraaf bevat een beschrijving van de huidige, referentie- en plansituatie. De plansituatie met maatregelen komt overeen met de plansituatie zonder maatregelen, met dat verschil dat er mitigerende maatregelen worden gerealiseerd op enkele locaties.

2.1 Huidige situatie

Als huidige situatie wordt de spoorligging van 2007, vóór aanvang van de werkzaamheden ten behoeve van *Sporen in Utrecht*, gedefinieerd. De beoordeling van trillingshinder vindt plaats ten opzichte van deze situatie. Alle overige gegevens, zoals spoorgebruik en treinintensiteiten, worden ook genomen uit 2007.

2.1.1. Spoorgebruik

Het spoorgebruik in de deze situatie is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Lijnvoeringsschema in huidige situatie

2.1.2. Rijsnelheden

De snelheden van de treinen komen overeen met de maximaal haalbare snelheden per treintype en per richting. Deze maximale snelheden zijn bepaald aan de hand van de seinplaatsing en de aanzet- en remcurves van de diverse treintypes. De in dit onderzoek gehanteerde maximale snelheden van reizigers- en goederentreinen zijn globaal weergegeven in Figuur 7.

2.1.3. Intensiteiten

De treinaantallen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 3.

2.2 Referentiesituatie

De referentiesituatie is de autonome groeisituatie, en komt overeen met de situatie in het planjaar waarbij het project niet wordt gerealiseerd. De plansituatie, na realisatie van het project, wordt met de referentiesituatie vergeleken om het zuivere projecteffect vast te stellen. Op het moment van schrijven, in 2014, vinden aan de zuidzijde van station Utrecht Centraal werkzaamheden plaats in het kader van het project *Sporen in Utrecht*. Deze werkzaamheden zijn voor het planjaar gerealiseerd, en behoren daarom tot de referentiesituatie.

Voor de beschrijving van de autonome groeisituatie is gebruik gemaakt van de in Tabel 1 weergegeven documenten. Aan de noordzijde van station Utrecht Centraal valt de referentiesituatie samen met de huidige situatie, aan de zuidzijde van station Utrecht Centraal valt de referentiesituatie samen met de situatie zoals beschreven in het TB *Sporen in Utrecht, deeltracé Utrecht Centraal – Houten*. In het trillingsonderzoek voor de referentiesituatie zijn het definitieve ontwerp van de parkeergarage bij de halte Vaartsche Rijn en de aanpassingen aan de Kruisvaart meegenomen in de berekening van de trillingssterkte van de treinen.

Tabel 1 Gebruikte documenten voor referentiesituatie

- [1] Tekeningen VleuGel/RSS, Movares, GP121410A28BNS-260001-0102 21, 7 juni 2007 (toegevoegd aan het tracébesluit)
- [2] Tekeningen keerwand Kruisvaart, Strukton Infratechnieken, TUO-GEO-2100-C tot TUO-GEO-2500-B en TUO-ALG-1000-B, 27 mei 2011
- [3] Tekeningen parkeergarage Halte Vaartsche Rijn, Strukton Infratechnieken, TUO-HVR-0001-C tot TUO-HVR-0104-A, 29 juli 2011
- [4] Tekeningen HOV-baan, Strukton Infratechnieken, TDO-HOV-0101-A tot TDO-HOV-0202-A, 26 oktober 2010
- [5] Dwarsprofielen definitief ontwerp SIU, Movares, 6 oktober 2009
- [6] Dwarsprofielen Kruisvaart, Movares, 29 april 2009
- [7] Diverse bestemmingsplannen van nieuwbouwlocaties in een zone van 500 meter rond het spoor²

Ten opzichte van de huidige situatie zijn in de referentiesituatie de volgende zaken gewijzigd:

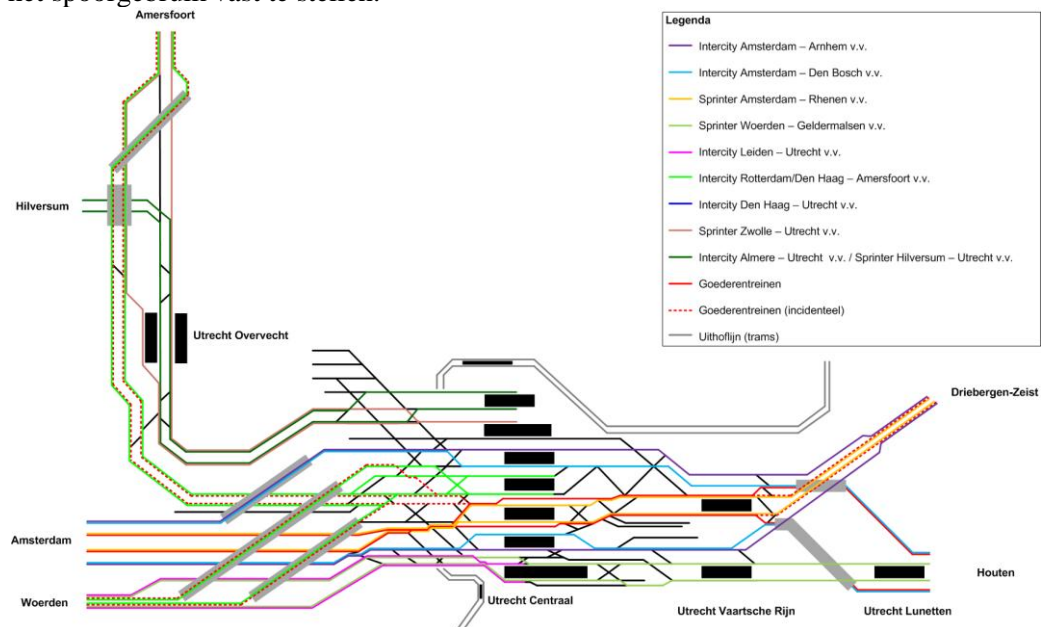
1. Sporenlay-out en spoorgebruik wordt gewijzigd (zie tekeningen in TB *Sporen in Utrecht*);
2. De geometrie van de spoordijk wordt gewijzigd. Op de locatie Engelsmanplaat is een keerwand (ondergrondse, trillingsreducerende constructie) gerealiseerd om de trillingssterkte in de woningen langs het spoor te reduceren. Deze keerwand is gerealiseerd omdat de spoorvloot werd gedempt, waardoor de trillingssterkte zou toenemen;
3. Treinsnelheid wijzigt aan de zuidzijde van het station door een wijziging in seinplaatsing en spoorgebruik;
4. Treinintensiteit gaat omhoog;
5. *Uithoflijn* is aangelegd en in werking.

Een nadere toelichting op deze wijzigingen is in de volgende subparagrafen opgenomen.

² Van diverse nieuwbouwplannen zijn de exacte constructiegegevens niet beschikbaar. In dat geval is gerekend met worst-case constructiegegevens (maximale bouwhoogte, maximale vloeroverspanningen).

2.2.1. Spoorgebruik

Het spoorgebruik in deze situatie is weergegeven in Figuur 2. In deze situatie vindt alleen nog incidenteel goederenverkeer plaats op de corridors Amsterdam-Arnhem, Rotterdam-Arnhem en Amersfoort-Houten. De lijnvoeringsschema's zijn gebruikt om het spoorgebruik vast te stellen.



Figuur 2 Lijnvoeringsschema in referentiesituatie

2.2.2. Taludwijzigingen

Door de uitbreiding van het aantal sporen, de realisatie van de Uithoflijn en de bouw van de parkeergarage bij de halte Vaartsche Rijn wijzigt op een aantal locaties de vorm van het talud. Deze wijziging in taludvorm heeft invloed op de trillingssterkte in de woningen op die locaties. Bij de locatie Engelsmanplaat is daarnaast een ondergrondse, trillingsreducerende constructie gerealiseerd in het kader van het project *Sporen in Utrecht*. Andere wijzigingen in taludgeometrie worden bepaald vanuit de dwarsdoorsnedes en het actuele bestand met hoogtekaarten van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN, versie 2).

2.2.3. Rijsnelheden

Ook voor de referentiesituatie zijn de snelheden van de treinen bepaald aan de hand van de seinplaatsing en de aanzet- en remcurves van de diverse treintypes. De in dit onderzoek gehanteerde maximale snelheden van reizigers- en goederentreinen zijn globaal weergegeven in Figuur 7.

2.2.4. Intensiteiten

De treinaantallen zijn gebaseerd op de PHS prognoses en weergegeven in Tabel 3.

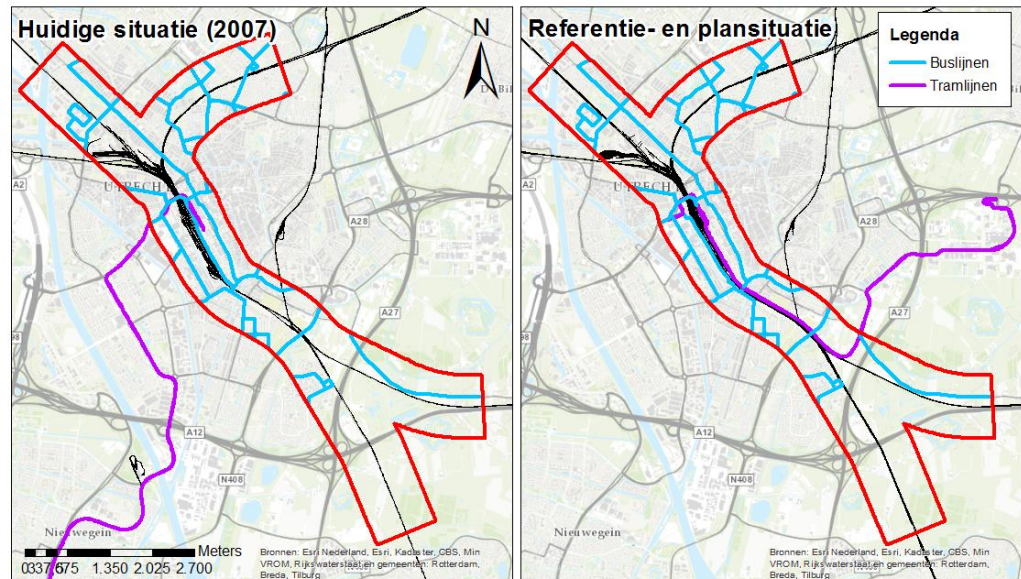
2.2.5. Cumulatieve effecten

De cumulatie van de trillingen van treinverkeer met andere trillingsbronnen kan leiden tot hogere trillingen dan wanneer de verschillende trillingsbronnen afzonderlijk worden bekeken. In het onderzoeksgebied kan cumulatie optreden met zwaar wegverkeer, zoals bussen en vrachtverkeer, en met trams. In de praktijk treedt cumulatie op wanneer aan onderstaande twee condities wordt voldaan:

1. Beide trillingsbronnen hebben vergelijkbare trillingssterktes. Dit betekent doorgaans dat de afstand tot beide trillingsbronnen vergelijkbaar moet zijn. In de praktijk worden alleen die trillingsbronnen beschouwd die parallel aan het spoor lopen;

2. Beide trillingsbronnen treden gelijktijdig op. In de praktijk betekent dit dat op het moment van een treinpassage ook een ander voertuig langskomt wat vergelijkbare trillingen veroorzaakt. Dit zal alleen optreden bij drukke vervoerslijnen, zoals bus- en tramlijnen en intensief door vrachtverkeer gebruikte wegen.

In het onderzoeksgebied zijn alleen wegen, busbanen en een tramlijn die parallel aan het spoor liggen geanalyseerd op type voertuigen en aantal voertuigen per uur. Alle wegen die parallel aan het spoor liggen worden niet intensief gebruikt door vrachtverkeer, zodat alleen de busbanen en tramlijnen in beschouwing worden genomen, zie Figuur 3. In het kader van de gebiedsontwikkeling van het stationsgebied van Utrecht vinden ook wijzigingen plaats aan bus- en tramlijnen. Zo wordt de busbaan over de Adema van Scheltemabaan buiten gebruik genomen en vervangen door de busbaan Kruisvaartkwartier, en wordt de bestaande tramlijn Nieuwegein – Utrecht doorgetrokken naar De Uithof, de zogenaamde Uithoflijn. De bus- en tramlijnen in het onderzoeksgebied in de huidige situatie en de referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Figuur 3.

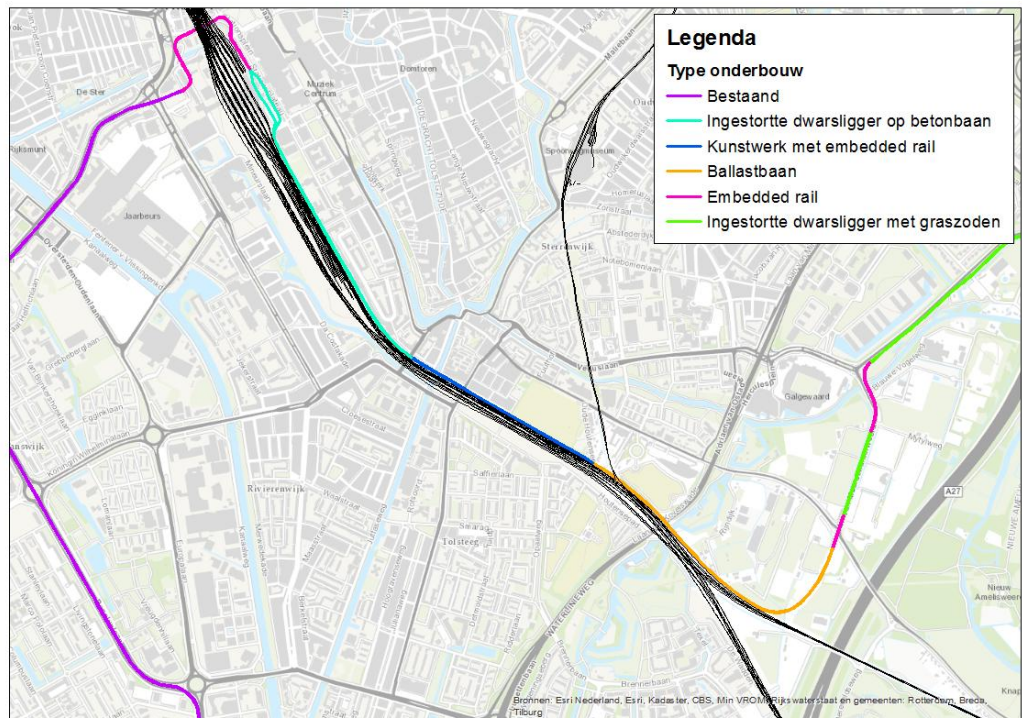


Figuur 3 Bus- en tramlijnen in het onderzoeksgebied

De invloed van de busbaan Kruisvaartkwartier is in opdracht van de Gemeente Utrecht onderzocht in een trillingsonderzoek³. Uit dit trillingsonderzoek blijkt dat door de constructie van de nieuwe busbaan de cumulatieve effecten van de bussen en treinen verwaarloosbaar zijn, omdat de bussen aanzienlijk lagere trillingssterktes hebben dan de treinen. Deze busbaan is daarom buiten beschouwing gelaten in de verdere uitwerking van dit trillingsonderzoek.

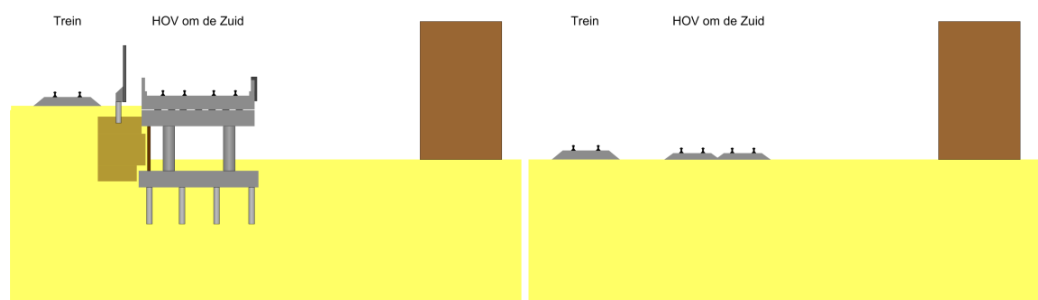
De Uithoflijn loopt in het huidige onderzoeksgebied parallel aan het spoor en ligt aan de oostzijde van het spoortracé, zie ook Figuur 4. Voor de locaties waar de Uithoflijn op maaiveld ligt, zie Figuur 4, heeft de infrastructuur (aardebaan of betonbaan) van de Uithoflijn geen invloed op de trillingssterkte van de treinen.

³ W. Gardien en W.N. Oskam, *Busbaan langs de Kruisvaart, Trillingsonderzoek*, Movares Nederland B.V., Utrecht, 1 augustus 2012, MNO-WG-12L81160013, versie 2.0



Figuur 4 Type onderbouw Uithoflijn

Tussen de Bleekstraat en de Laan van Soestbergen ligt de Uithoflijn op een viaduct op poeren, parallel aan de Vaartsestraat en Pelikaanstraat. De poeren rusten op een ondiepe fundering vlak onder maaiveld, deze fundering bevindt zich op palen, zie Figuur 5. Gezien het hoge spoortalud, de ondiepe fundering en de palen daaronder, zal de invloed van de infrastructuur van de Uithoflijn op de trillingssterkte van treinen verwaarloosbaar zijn. De ondiepe fundering schermt de trillingen niet of nauwelijks af. De palen hebben geen invloed op de trillingssterkte van de treinen. De infrastructuur van de Uithoflijn heeft geen negatief (versterkend) effect op de trillingssterkte ten gevolge van het treinverkeer.



Figuur 5 Karakteristieke doorsnede Uithoflijn op kunstwerk (Vaartsestraat, Pelikaanstraat, links) en op maaiveld (Nicolaas Beetsstraat, Oude Houtensepad, Rijnwijk, rechts)

Op basis van bovenstaande overwegingen is het ontwerp van de Uithoflijn niet meegenomen in de uitgevoerde berekeningen. Als er enig effect is van de infrastructuur van de Uithoflijn op de trillingssterkte van de treinen, dan zal dit effect positief zijn (lagere trillingen). De aanpassingen die aan het spoortalud worden

gemaakt om de Uithoflijn te kunnen realiseren (zoals damwanden en geogrids) zijn wel meegenomen in de berekeningen, omdat deze wijzigingen invloed hebben op de trillingssterkte van treinen. Ook de exploitatie van de Uithoflijn (het rijden van de trams) is meegenomen in de berekeningen voor de referentie- en plansituatie.

2.3 Plansituatie

De belangrijkste wijzigingen in de plansituatie, na realisatie van het project, zijn veranderingen in spoorgebruik, treinsnelheid en het verwijderen van een groot aantal wissels in de onmiddellijke nabijheid van station Utrecht Centraal. In het trillingsonderzoek is gebruik gemaakt van de in Tabel 2 weergegeven documenten.

Tabel 2 Gebruikte documenten voor plansituatie (additioneel t.o.v. referentiesituatie)

- [1] Tekeningen Definitief Ontwerp DSSU, Movares, DO-ET-BS-00-ST-17 tot en met DO-ET-BS-00-ST-27, DO-ET-BS-00-ST-55 en DO-ET-BS-00-ST-75, 12 februari 2014
- [2] Dwarsprofielen definitief ontwerp DSSU, Movares, 6 oktober 2009

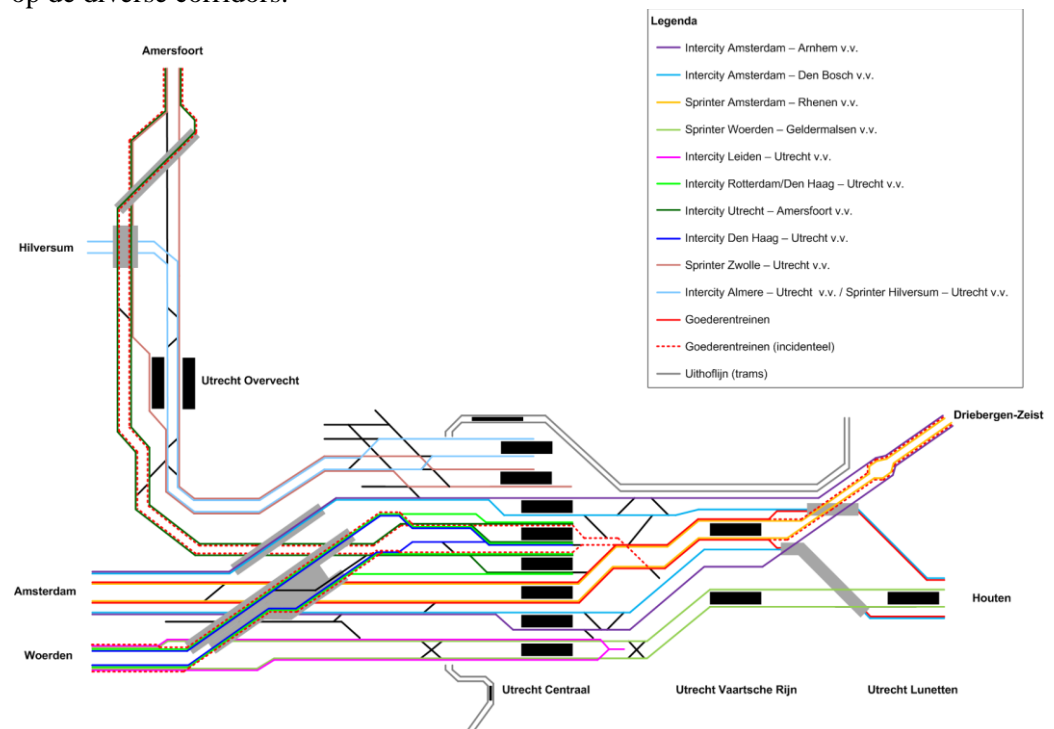
Ten opzichte van de referentiesituatie wijzigen de volgende aspecten:

1. Sporenlay-out wordt aangepast, met name tussen station Vaartsche Rijn en het emplacement ten noorden van Utrecht Centraal. Tussen Utrecht Centraal en Utrecht Vaartsche Rijn wordt een extra spoor gerealiseerd. Verder wordt, vooral rond station Utrecht Centraal, een groot aantal wissels verwijderd;
2. Treinsnelheid wordt voor een aantal baanvakken verhoogd;
3. Treinintensiteit wijzigt.

In de volgende paragrafen is een toelichting op al deze wijzigingen opgenomen.

2.3.1. Spoorgebruik

Het spoorgebruik in de plansituatie is weergegeven in Figuur 6. De belangrijkste wijziging ten opzichte van de referentiesituatie is de ontvlechting van het treinverkeer op de diverse corridors.

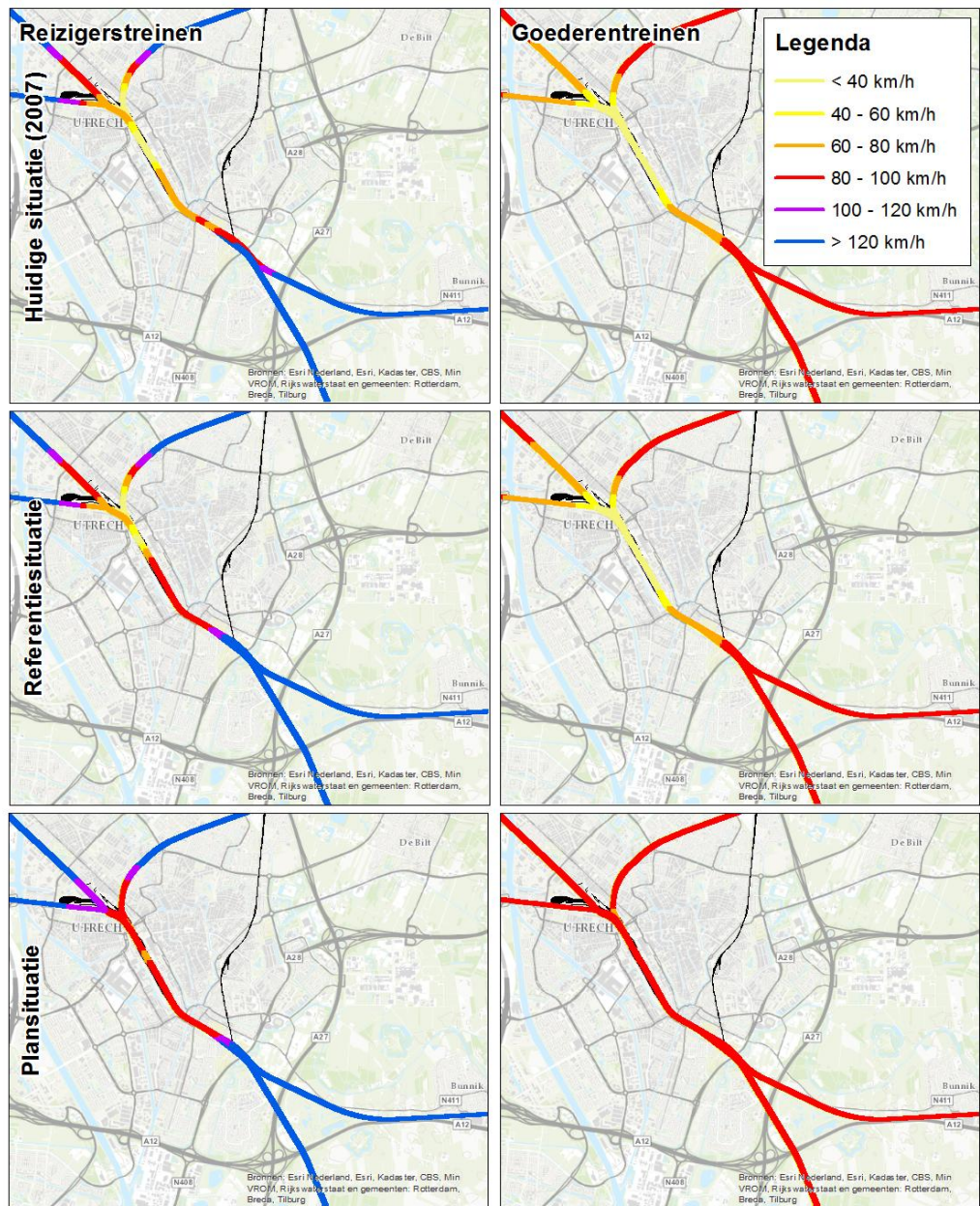


Figuur 6 Lijnvoeringsschema in plansituatie

2.3.2. Rijsnelheden

De maximale snelheid van goederen- en reizigerstreinen in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 7. In deze figuur vallen de volgende effecten op:

- In de referentiesituatie wijzigt de treinsnelheid van goederentreinen nauwelijks. Reizigerstreinen vanuit het zuiden remmen door de realisatie van het project *Sporen in Utrecht* pas vlak voor het binnenkomen van het station. Hierdoor verbeteren de opvolgtijden tussen opeenvolgende treinen. De grootste wijzigingen voor reizigerstreinen vinden plaats aan de zuidzijde van het station;
- In de plansituatie remmen reizigerstreinen ook vanuit het noorden pas vlak voor het binnenkomen van het station. Hierdoor verbeteren de opvolgtijden tussen opeenvolgende treinen sterk. Dit wordt onder meer mogelijk gemaakt door het verwijderen van een groot aantal wissels. De grootste wijzigingen voor reizigerstreinen vinden dan ook plaats in de onmiddellijke nabijheid van het station. De grootste wijzigingen in snelheid ondervinden de goederentreinen. Deze rijden met hogere snelheid door Utrecht Centraal. De goederentreinen vanuit de richtingen Rotterdam en Amsterdam behoeven niet meer af te remmen voor station Utrecht Centraal, treinen vanuit het zuiden en vanuit Amersfoort moeten nog wel afremmen, maar kunnen ook met een hogere snelheid door Utrecht Centraal passeren. Vooral de hogere snelheid van de goederentreinen leidt tot aanzienlijk kortere opvolgtijden van de treinen, en daarmee tot een betere doorstroming van het treinverkeer rond Utrecht Centraal.



Figuur 7 Maximale snelheden voor reizigers- (links) en goederentreinen (rechts) in de huidige- (boven), referentie- (midden) en plansituatie (onder)

2.3.3. Intensiteiten

De treinintensiteiten in de huidige-, referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Tabel 3. In deze tabel staat 2007 voor de huidige situatie, *Ref* voor referentiesituatie en *Plan* voor plansituatie. De treinaantallen zijn gemiddeld over het jaar, en gebaseerd op de PHS prognoses.

Tabel 3 Treinaantallen per uur per richting

Treintype en verbinding	Dag (7:00 – 19:00)			Avond (19:00 – 23:00)			Nacht (23:00 – 7:00)		
	2007	Ref	Plan	2007	Ref	Plan	2007	Ref	Plan
Intercity Amsterdam-Arnhem	4.00	4.00	6.00	3.50	4.00	6.00	1.00	1.29	1.93
Intercity Arnhem-Amsterdam	4.00	4.00	6.00	3.50	4.00	6.00	1.00	1.29	1.93
Intercity Amsterdam-Eindhoven	4.00	6.00	6.00	2.75	6.00	6.00	0.50	1.93	1.93
Intercity Eindhoven-Amsterdam	4.00	6.00	6.00	2.75	6.00	6.00	0.50	1.93	1.93
Sprinter Breukelen-Veenendaal Centrum	4.00	4.00	6.00	2.50	4.00	6.00	1.00	1.29	1.93
Sprinter Veenendaal Centrum-Breukelen	4.00	4.00	6.00	2.50	4.00	6.00	1.00	1.29	1.93
Sprinter Woerden-Geldermalsen	4.00	6.00	6.00	2.50	6.00	6.00	1.38	1.93	1.93
Sprinter Geldermalsen-Woerden	4.00	6.00	6.00	2.50	6.00	6.00	1.38	1.93	1.93
Intercity Leiden-Utrecht	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.75	0.64	0.64
Intercity Utrecht -Leiden	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.75	0.64	0.64
Intercity Rotterdam- Utrecht	4.00	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	0.75	1.29	1.29
Intercity Utrecht -Rotterdam	4.00	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	0.75	1.29	1.29
Intercity Utrecht -Amersfoort	4.33	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	1.00	1.29	1.29
Intercity Amersfoort- Utrecht	4.33	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	1.00	1.29	1.29
Intercity Den Haag- Utrecht	4.00	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	0.75	1.29	1.29
Intercity Utrecht -Den Haag	4.00	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	0.75	1.29	1.29
Sprinter Den Haag- Utrecht	2.00	--	--	2.00	--	--	0.75	--	--
Sprinter Utrecht -Den Haag	2.00	--	--	2.00	--	--	0.75	--	--
Sprinter Amersfoort- Utrecht	2.00	2.00	4.00	2.00	2.00	4.00	0.50	0.64	1.29
Sprinter Utrecht -Amersfoort	2.00	2.00	4.00	2.00	2.00	4.00	0.50	0.64	1.29
Intercity Hilversum - Utrecht	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	0.50	0.64	0.64
Intercity Utrecht - Hilversum	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	0.50	0.64	0.64
Sprinter Hilversum - Utrecht	2.00	2.00	4.00	2.00	2.00	4.00	0.88	0.64	1.29
Sprinter Utrecht -Hilversum	2.00	2.00	4.00	2.00	2.00	4.00	0.88	0.64	1.29
Goederen Amersfoort- Utrecht	0.11	0.07	0.07	0.29	0.08	0.08	0.12	0.05	0.05
Goederen Utrecht -Amersfoort	0.11	0.07	0.07	0.29	0.08	0.08	0.12	0.05	0.05
Goederen Rotterdam- Utrecht	0.44	0.07	0.07	0.48	0.08	0.08	0.35	0.05	0.05
Goederen Utrecht -Rotterdam	0.44	0.07	0.07	0.48	0.08	0.08	0.35	0.05	0.05
Goederen Amsterdam- Utrecht	1.02	0.70	0.70	1.06	0.76	0.76	0.56	0.48	0.48
Goederen Utrecht -Amsterdam	1.02	0.70	0.70	1.06	0.76	0.76	0.56	0.48	0.48
Goederen Utrecht -Eindhoven	0.89	0.84	0.84	1.08	0.91	0.91	0.61	0.57	0.57
Goederen Eindhoven- Utrecht	0.89	0.84	0.84	1.08	0.91	0.91	0.61	0.57	0.57
Goederen Utrecht -Arnhem	0.68	0.07	0.07	0.75	0.08	0.08	0.42	0.05	0.05
Goederen Arnhem- Utrecht	0.68	0.07	0.07	0.75	0.08	0.08	0.42	0.05	0.05
ICE Amsterdam-Arnhem	0.50	1.00	1.00	0.25	1.00	1.00	0.00	0.32	0.32
ICE Arnhem-Amsterdam	0.42	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.00	0.32	0.32

3 Werkwijze en beoordelingsmethodiek

3.1 Werkwijze

Met behulp van een nauwkeurige berekening in *VibraDyna*⁴ is de trillingssituatie in de huidige, referentie- en plansituatie per woning berekend in een zone van 500 meter rondom het spoor. Door de trillingssituatie per woning te vergelijken tussen de referentie- en plansituatie kan het zuivere projecteffect worden vastgesteld. Hiervoor wordt per gebouw de trillingssterkte vastgesteld voor de verschillende onderzochte situaties. Aan de hand van deze trillingssterkte wordt per gebouw een kans op hinder toegekend. Door deze kans te vermenigvuldigen met het aantal bewoners, en vervolgens te sommeren per subgebied, kan een totaal aantal gehinderde personen in een bepaald subgebied worden bepaald.

Door de verschillende situaties te vergelijken, kan per subgebied een effectscore worden toegekend. Om de mate van hinder in kaart te brengen, wordt voor de vier onderzochte situaties per subgebied het aantal gehinderde personen in kaart gebracht, gebaseerd op een gemiddelde woningbezetting van 2.6 personen per adres. Om het zuivere projecteffect te bepalen wordt de plansituatie met en zonder maatregelen vergeleken met de referentiesituatie. Op deze manier wordt inzichtelijk gemaakt waar effecten ten gevolge van het project worden verwacht.

Ter vergelijking wordt ook de huidige situatie in beeld gebracht, om een beeld te scheppen van de huidige mate van hinder.

3.2 Beoordelingsmethode

Tot op heden zijn er geen richtlijnen vastgelegd om de effecten van trillingshinder objectief en systematisch in beeld te brengen ten behoeve van de beoordeling in een m.e.r.-procedure. Wel zijn er richtlijnen om trillingshinder te beoordelen ten behoeve van ruimtelijke besluiten, zoals tracébesluiten en bestemmingsplanprocedures. Voor spoorse tracébesluiten wordt doorgaans gebruik gemaakt van de *Beleidsregel Trillinghinder Spoor* (verder: BTS). In het verleden werd ook wel gebruik gemaakt van de SBR richtlijn, deel B, om de hinder voor omwonenden te beoordelen. Omdat beide richtlijnen geen directe aanwijzingen geven om de milieueffecten van trillingshinder te beschrijven, zijn deze niet direct bruikbaar voor de toepassing in een m.e.r.-procedure.

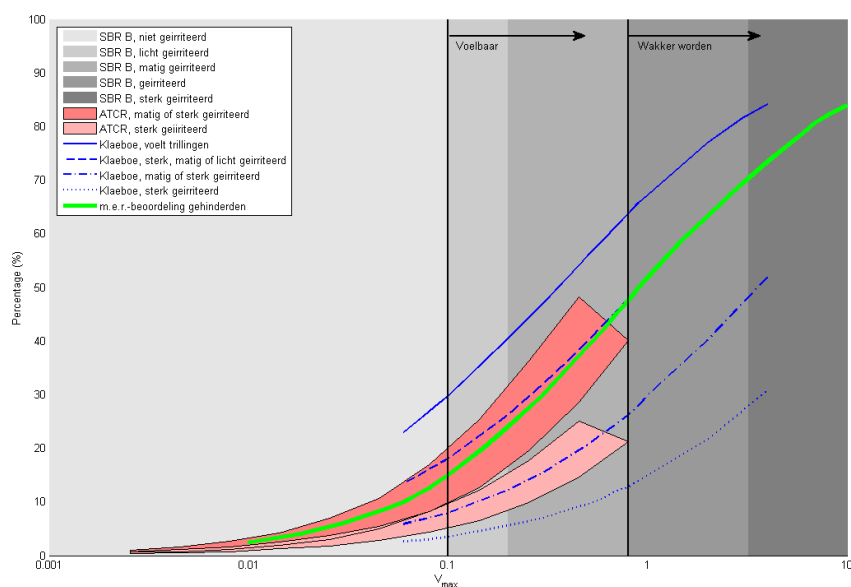
Belangrijk voor een juiste beoordeling van de effecten van trillingshinder is dat de methode aansluit bij de eisen uit de m.e.r.-wetgeving, aansluit bij de hinderbeleving van omwonenden en voldoende onderscheidend vermogen heeft, zodat het mogelijk is om een juiste variantenkeuze te maken indien van toepassing bij bepaalde projecten.

Internationaal is een groot aantal onderzoeken uitgevoerd waarin de relatie tussen trillingssterkte en hinderbeleving is vastgesteld door middel van enquêtes en wetenschappelijk onderzoek, zie Tabel 4. Met behulp van deze onderzoeken is door Movares een curve samengesteld die aangeeft bij welke trillingssterkte hoeveel procent van de omwonenden hinder ervaart, zie Figuur 8. Er wordt geen uitspraak gedaan over de mate van hinder (lichte hinder, matige of ernstige hinder), maar alleen over het percentage personen dat hinder ervaart, gegeven de trillingssterkte in die woning.

⁴ Zie voor een beschrijving van dit model Bijlage I van Boon, ir. P.M., *Doorstroomstation Utrecht (DSSU), Trillingsonderzoek*, Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400095

Tabel 4 Internationale onderzoeken naar hinderbeleving

- [1] Asmussen, Bernd e.a., *Review of existing standards, regulations and guidelines, as well as laboratory and field studies concerning human exposure to vibration*, RIVAS Deliverable D1.4, 12 januari 2011
- [2] Woodcock, James e.a., *Human response to vibration from passenger and freight railway traffic in residential environments*, ICSV19, Vilnius, Lithuania, 8-12 juli 2012
- [3] Klaeboe, R. e.a., *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part II: exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models*, Applied Acoustics, 64, 89-109, 2003
- [4] Klaeboe, R. e.a., *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part III: towards a common methodology for socio-vibrational surveys*, Applied Acoustics, 64, 111-120, 2003
- [5] Steinhäuser, P. e.a., *Erschütterungsbeurteilung nach ONORM S 9012 im Vergleich zur internationalen Normung, Lärmbekämpfung*, Bd. 5 Nr. 5, 206-212, 2010
- [6] Zapfe, J.A. e.a., *Groundborn Noise and Vibration in Buildings Caused by Rail Transit, Final report for Transit Cooperative Research Program (TCRP)*, D-12, 2009
- [7] SBR B-richtlijn, *Hinder voor personen in gebouwen, meet- en beoordelingsrichtlijnen*, augustus 2002



Figuur 8 Kans op hinder als functie van de trillingssterkte V_{max} (groene curve)

4 Resultaten

Met behulp van het rekenmodel *VibraDyna* is per subgebied het aantal gehinderde personen bepaald voor de vier verschillende situaties. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 5.

Tabel 5 Aantal gehinderde personen per subgebied

Subgebied	Aantal gehinderde personen per subgebied			
	Huidige situatie	Referentiesituatie	DSSU	DSSU maatregelen
Cremerstraat	612	583	759	708
Westplein	291	302	373	373
Raadwijk / Hendrik Tollensstraat	476	512	639	639
Tolsteegplantsoen	465	490	558	498
Oude Houtensepad zuid	346	289	321	321
Engelsmanplaat	245	249	282	282
Nieuwe Houtenseweg noord / De Wadden	294	322	362	362
Oud Wulfseweg	4	5	5	5
Nieuwe Houtenseweg zuid / Mereveldseweg	16	16	16	16
Houtensepad	2	2	2	2
Rijndijk	2	2	2	2
Marsdijk	35	35	36	36
Koningsweg	8	8	8	8
Oude Houtensepad noord	118	177	178	178
Pelikaanstraat	531	570	604	604
Vaartsestraat	234	234	265	265
Nicolaas Beetsstraat	860	840	1063	919
Daalseplein	112	82	91	91
Spijkerstraat	165	149	211	211
Pijlsweerd	315	315	390	390
Vecht zuidzijde	63	63	69	69
Tuindorp	926	926	968	968
Taag- en Rubicondreef	372	372	376	376
Vecht noordzijde	129	129	146	146
Ondiep	482	482	598	598
2e Daalsebuurt	738	738	845	753
Julianapark en Elinkwijk	682	682	701	701
Vlampijstraat	93	93	101	101
Cartesiusweg	31	31	35	35

Om de effecten van het project in beeld te brengen, dient de toename in het aantal gehinderde personen ten gevolge van het project in kaart te worden gebracht. Hiervoor wordt het aantal gehinderde personen na realisatie van DSSU vergeleken met de referentiesituatie.

De resultaten zijn geclassificeerd weergegeven in Tabel 6, de classificatie is onder de tabel weergegeven. Per subgebied is ook aangegeven of er een kosteneffectieve maatregel mogelijk is. De keuze voor het al dan niet overwegen van maatregelen is gebaseerd op overschrijdingen van de BTS. Zo kan het voorkomen dat in bepaalde subgebieden het aantal gehinderde personen sterk toeneemt, maar er desondanks

geen maatregelen worden getroffen omdat in geen enkele woning de trillingssterkte met meer dan 30 procent toeneemt, of omdat er geen kosteneffectieve maatregelen realiseerbaar zijn.

Een nadere toelichting op de resultaten is onder de tabel opgenomen.

Tabel 6 Projecteffecten van DSSU met en zonder mitigerende maatregelen

Subgebied	Maatregelen	Toename aantal gehinderden	
		DSSU	DSSU na maatregelen
Cremerstraat	✓	--	-
Westplein		-	-
Raadwijk / Hendrik Tollensstraat		-	-
Tolsteegplantsoen	✓	-	0
Oude Houtensepad zuid		-	-
Engelsmanplaat		-	-
Nieuwe Houtenseweg noord / De Wadden		-	-
Oud Wulfseweg		0	0
Nieuwe Houtenseweg zuid / Mereveldseweg		0	0
Houtensepad		0	0
Rijndijk		0	0
Marsdijk		0	0
Koningsweg		0	0
Oude Houtensepad noord		0	0
Pelikaanstraat		-	-
Vaartsestraat		-	-
Nicolaas Beetsstraat	✓	--	-
Daalseplein		-	-
Spijkerstraat		--	--
Pijlsweerd		-	-
Vecht zuidzijde		-	-
Tuindorp		0	0
Taag- en Rubicondreef		0	0
Vecht noordzijde		-	-
Ondiep		-	-
2e Daalsebuurt	✓	-	0
Julianapark en Elinkwijk		0	0
Vlampijpstraat		-	-
Cartesiusweg		-	-

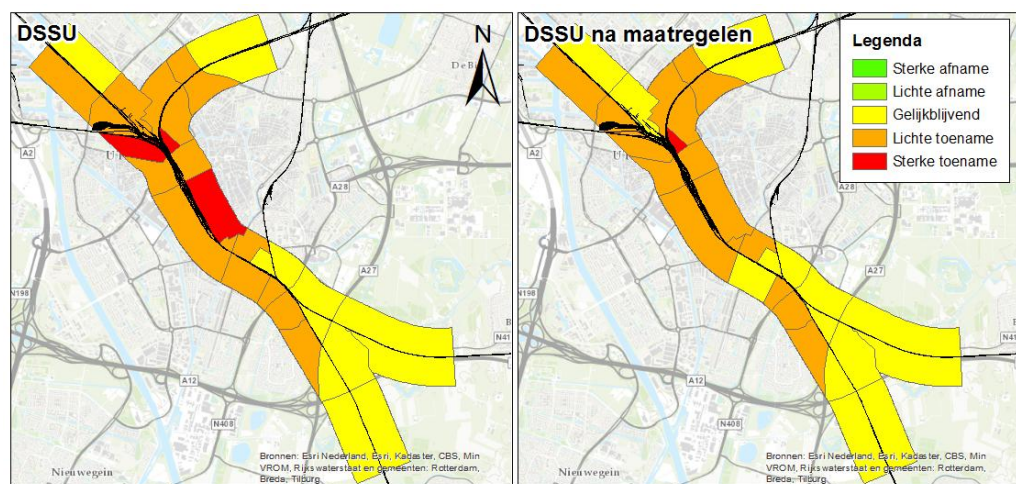
Kleur	Omschrijving
++	Sterke afname in aantal gehinderde personen (meer dan 25 procent afname)
+	Lichte afname in aantal gehinderde personen (5 tot 25 procent afname)
0	Gelijkblijvend aantal gehinderde personen (5 procent afname tot 5 procent toename)
-	Lichte toename in aantal gehinderde personen (5 tot 25 procent toename)
--	Sterke toename in aantal gehinderde personen (meer dan 25 procent toename)

De projecteffecten met en zonder maatregelen uit Tabel 6 zijn grafisch weergegeven in Figuur 9. Het project DSSU voorziet in een snelheidsverhoging voor de goederentreinen, deze snelheidsverhoging is het grootst in de nabijheid van station Utrecht Centraal. Aan de noordzijde van het station gaan ook de reizigerstreinen harder rijden ten opzichte van de autonome groeisituatie. Op de emplacementen ten

noorden en ten zuiden van station Utrecht Centraal wordt daarnaast een groot aantal wissels verwijderd. Dit leidt tot de volgende effecten:

- Door de grote snelheidstoename van (een deel van) de goederentreinen wordt er een sterke toename in aantal gehinderde personen verwacht in de subgebieden dichtbij het station (Cremerstraat, Spijkerstraat, Nicolaas Beetsstraat), behalve in de subgebieden rond het emplacement van Utrecht Centraal waar veel wissels worden verwijderd (Westplein, Daalseplein) of de taludgeometrie sterk wijzigt (Raadwijk/Hendrik Tollensstraat). In deze drie subgebieden wordt de snelheidstoename van de goederentreinen deels gecompenseerd door het verwijderen van een groot aantal wissels of het aanpassen van de taludgeometrie;
- Door de beperkte toename in rijsnelheid van (een deel van) de goederentreinen en de reizigerstreinen neemt het aantal gehinderde personen in de verder van het station weggelegen subgebieden beperkt toe.

In een aantal subgebieden worden mitigerende maatregelen getroffen. Het betreft de subgebieden Cremerstraat, Tolsteegplantsoen, Nicolaas Beetsstraat en 2^e Daalsebuurt. Door het nemen van maatregelen neemt in al deze gebieden het aantal gehinderde personen af. Na het nemen van maatregelen wordt alleen in subgebied Spijkerstraat nog een sterke toename in aantal gehinderde personen verwacht. Dit komt doordat het subgebied Spijkerstraat, anders dan alle andere subgebieden, zich alleen in een smalle zone langs het spoor bevindt. Hierdoor ervaren relatief veel bewoners (hoog percentage van het totaal) in het gebied hinder ten gevolge van de trillingen van het treinverkeer. De score voor het subgebied Spijkerstraat geeft daarmee een vertekend beeld ten opzichte van de andere subgebieden.



Figuur 9 Effecten van DSSU ten opzichte van de referentiesituatie

5 Conclusies

Effecten van DSSU treden met name op rond station Utrecht Centraal, omdat de toename van de snelheid van de treinen daar het grootst is. Bij een aantal subgebieden wordt de snelheidstoename gecompenseerd door het verwijderen van een groot aantal wissels.

Door het nemen van trillingsmaatregelen nemen de negatieve effecten af voor de onderzoeksgebieden waarvoor op basis van dit onderzoek een kosteneffectieve maatregel mogelijk is. Na het nemen van maatregelen wordt alleen in subgebied Spijkerstraat nog een sterke toename in aantal gehinderde personen verwacht. Dit komt doordat het subgebied Spijkerstraat, anders dan alle andere subgebieden, zich alleen in een smalle zone langs het spoor bevindt. Hierdoor ervaren relatief veel bewoners (hoog percentage van het totaal) in het gebied hinder ten gevolge van de trillingen van het treinverkeer. De score voor het subgebied Spijkerstraat geeft daarmee een vertekend beeld ten opzichte van de andere subgebieden.

Colofon

Opdrachtgever ProRail B.V.

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 RL121372

Opgesteld door ir. P.M. Boon

© 2014, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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.