

MEMO

Onderwerp:
TVM - Aanvulling MER en toetsingsadvies Cie
m.e.r.

Arnhem,
13 januari 2014

Projectnummer:
B02046.000016.0100

Van:
drs K.M. van der Wel

Afdeling:
ARCADIS NL BV Beaulieustraat

Aan:
De gemeente Maastricht

Op woensdag 9 oktober 2013 heeft een gesprek voor het project Tramverbinding Vlaanderen-Maastricht (verder TVM) plaatsgevonden met de Commissie voor de milieueffectrapportage (verder de Commissie). Op 24 oktober 2013 heeft de Commissie een voorlopig toetsingsadvies over het milieueffectrapport (verder MER) op haar website gepubliceerd. De Commissie is van oordeel dat niet alle essentiële informatie in het MER aanwezig is om het milieubelang voldoende te kunnen laten meewegen in de besluitvorming. De tekortkomingen hebben betrekking op:

- de onderbouwing van nut en noodzaak;
- de beschrijving van de effecten van trillingen;
- de beschrijving van de effecten van geluid

Naar aanleiding van het voorlopig toetsingsadvies van en het gesprek met de Commissie heeft de gemeente Maastricht een aanvulling op het MER opgesteld. In deze aanvulling worden de bovengenoemde tekortkomingen ingevuld. Op basis van deze aanvulling heeft de Commissie het definitieve toetsingsadvies opgesteld (d.d. 8 januari 2014). In onderstaande paragrafen is per tekortkoming het advies van de Commissie (zowel voorlopig als definitief toetsingsadvies) weergegeven. Vervolgens is aangegeven hoe deze adviezen in behandeling zijn genomen.

Nut en noodzaak

De Commissie adviseert in een aanvulling op het MER, vanuit zowel Maastrichts perspectief als vanuit het perspectief van de Euregio / Vlaanderen (Spartacusplan), de keuze voor en nut en noodzaak van de TVM nader te onderbouwen. Presenteer als onderlegger voor de onderbouwing op overzichtelijke wijze de gevolgen van het al dan niet realiseren van de TVM in zowel Nederland als België. Doe dit voor het referentiejaar 2020 met een doorkijk naar 2030. Gebruik, naast het inzicht in de vervoersstromen zo veel mogelijk toetsbare criteria voor het bepalen van de bijdrage van de TVM aan het versterken van de ruimtelijk-economische kwaliteit van de grensregio en de grensoverschrijdende samenwerking.

Naar aanleiding van bovenstaand advies van de Commissie heeft Ecorys, in opdracht van de gemeente Maastricht, een analyse uitgevoerd naar de Nut en noodzaak van de tramverbinding. Deze rapportage (d.d. 2 december 2013) is als aanvulling op het MER aan de Commissie geleverd. In haar definitieve toetsingsadvies is de Commissie van mening dat de aanvulling op het MER geen nadere informatie bevat ter onderbouwing van de keuze voor de TVM. Daarmee vindt de Commissie de nut en noodzaak nog steeds onvoldoende onderbouwd. Hierover heeft tussen de gemeente en de Commissie op 7 januari 2014 een overleg (eindgesprek) plaatsgevonden. De gemeente heeft echter besloten geen verdere aanvullingen te doen. In de definitieve versie van de Ecorys rapportage (versie dd. 24 december 2013) zijn, waar mogelijk, verschillende bemerkingen en suggesties van de Commissie verwerkt.

Bemerking/suggestie cieMER	Aanvullende tekst/voetnoot
Ruimtelijk/economische effecten zijn puntschattingen die schijnnaauwkeurigheid suggereren.	De geschatte effecten zijn gebaseerd op modelleringen. Het moet opgemerkt worden dat het gebruik van modellen altijd een mate van onzekerheid met zich mee brengt (voetnoot 33).
Geen onderscheid wordt gemaakt tussen generatieve effecten en distributieve effecten	Het gaat dus vooral om het aantal extra bereikbare banen/ werknemers t.o.v. de referentiesituatie. Dit is berekend aan de hand van de bevolkingsdichtheid en geldt dus voor alle herkomst en bestemmingen mits zij een reistijdwinst hebben bij komst van de TVM. Dit geldt ook voor de effecten op werkgelegenheid en toeristische bestedingen (voetnoot 34).
In hoeverre aanvullend beleid kan zorgdragen voor verhogen aandeel OV wordt onvoldoende onderbouwd.	Op pagina 22 is een extra regel opgenomen: "De berekeningen houden geen rekening met dit aanvullend beleid en kunnen als onderschatting worden gezien. Het is niet bekend wat de omvang van dit effect van aanvullend beleid kan zijn". Om hier een inschatting van te maken moet eerst worden bepaald wat het aanvullend beleid is. Dat zou door Maastricht gedaan moeten worden. Vervolgens vergt dit, of een globale inschatting, of een nieuwe modelberekening, volgens GC.
De vertaling van de toename van het aantal 30 lokale en regionale verplaatsingen als gevolg van de TVM, zoals gepresenteerd in het MER, naar het aantal extra verblijfs- en dagtoeristen (en daarmee op de extra toeristisch-recreatieve bestedingen) is niet navolgbaar.	Door de aanleg van TVM komt er een extra groep potentiële verblijfsbezoekers van recreatieve voorzieningen in de regio Maastricht bij. Dit zijn mensen die op een afstand minder dan een half uur reizen van de recreatieve voorzieningen komen te liggen (voornamelijk in België). Op dit moment gaat het om ongeveer 5% van het totaal aantal verblijfsbezoekers dat binnen de straal van 30 minuten woont (ruim 40.000 mensen) - per minuut komt dit neer op een bezoekerspotentieel

	van 1.350. De reistijdwinst bedraagt in totaal ruim 800 minuten - het potentieel is dus ruim 1 miljoen bezoekers. Aangenomen wordt dat ongeveer 1% extra gaat reizen naar Maastricht vanwege de verkorte reistijd wat neer komt op zo'n 11.000 extra verblijfsbezoekers. Voor wat betreft het dagtoerisme woont zo'n 6 procent op een afstand minder dan een half uur reizen van de stad, ruim 167.000 mensen. Het bezoekerspotentieel per minuut is ruim 5.500, waarbij ook aangenomen wordt dat ongeveer 1% extra gaat reizen naar Maastricht vanwege de verkorte reistijd. De reistijdwinst bedraagt in totaal ruim 800 minuten. Dit komt voor het dagtoerisme neer op zo'n 50.000 extra bezoekers. Deze aantallen hebben de potentie om bijna €1,7 miljoen aan extra recreatieve bestedingen te genereren.
De berekening van de toename van de gemiddelde WOZ-waarde in Maastricht als gevolg van een betere bereikbaarheid van potentiële werknemers is niet navolgbaar.	Uit de studie Stad en Land uitgevoerd door het CPB, blijkt dat de grondprijs met € 0,18 stijgt per 1.000 banen. De grondprijs maakt ongeveer 30 procent uit van de WOZ-waarde. De gemiddelde WOZ-waarde voor woningen in de regio Maastricht is op dit moment circa € 197.000, en het aantal woningen in regio Maastricht is ruim 57.000. Het aantal extra bereikbare banen zoals uitgerekend in de voorgaande paragraaf vormt het uitgangspunt van de berekening van de effecten op de vastgoedwaarde, waarbij geldt dat voor elke 1.000 banen in de regio de WOZ-waarde met € 0,18 stijgt (voetnoot 42).
Geen aandacht is besteed aan de gevolgen voor de effectbepalingen van de verwachte (sterke) krimp van de (potentiële beroeps-) bevolking in de regio vanaf nu tot aan 2040.	Het verkeersmodel is gebaseerd op het NRM en op de vastgestelde ruimtelijke ontwikkelingen in de stad. Verder is hierbij uitgangspunt dat de bevolking in Maastricht stabiliseert op het huidige niveau (circa 121.500 inwoners) en het aantal arbeidsplaatsen nog licht toeneemt tot circa 75.000. De stedelijke programmering is dermate robuust, dat daarmee een situatie wordt geprognoseerd van circa 2030. Wij beschikken (nog) niet over betrouwbare modellen om de situatie in 2040 of 2050 te kunnen prognosticeren. De prognoses voor 2030 achten wij gelet op het voorgaande realistisch (voetnoot 10).

Verder is verondersteld dat de gepresenteerde effecten niet 5 alleen gelden voor 2020 maar, gezien de verwachte socio-economische ontwikkelingen, ook voor 2030. De aanvulling bevat geen nadere onderbouwing van deze veronderstelling.	Het verkeersmodel is gebaseerd op het NRM en op de vastgestelde ruimtelijke ontwikkelingen in de stad. Verder is hierbij uitgangspunt dat de bevolking in Maastricht stabiliseert op het huidige niveau (circa 121.500 inwoners) en het aantal arbeidsplaatsen nog licht toeneemt tot circa 75.000. De stedelijke programmering is dermate robuust, dat daarmee een situatie wordt geprognosticeerd van circa 2030. Wij beschikken (nog) niet over betrouwbare modellen om de situatie in 2040 of 2050 te kunnen prognosticeren. De prognoses voor 2030 achten wij gelet op het voorgaande realistisch (voetnoot 10).
--	--

De rapportage is opgenomen in bijlage 1 van deze memo.

Trillingen

De Commissie adviseert in een aanvulling op het MER de trillingsterkten kwantitatief te bepalen. Geef aan in welke mate de richtwaarden worden overschreden en in welke mate met mitigerende maatregelen de hinder teruggebracht c.q. uitgesloten kan worden.

Als aanvulling op het MER is aanvullend (kwantitatief) trillingenonderzoek uitgevoerd met als doel het in beeld brengen van de trillingen veroorzaakt in de gebruiksfase door de tram op de lijn Maastricht –Vlaanderen (Hasselt), deze te toetsen aan de SBR-richtlijn Trillingen Deel B Hinder voor personen in gebouwen en het formuleren van mogelijke mitigerende maatregelen. Deze rapportage ‘Tram Vlaanderen-Maastricht prognose Trillingen, ARCADIS, 26 november 2013’ is aanvullend door de Commissie getoetst.

De Commissie onderschrijft de in het rapport geformuleerde conclusies, maar had nog wel een vraag over de effectiviteit van de floating slab constructie als mitigerende maatregel in relatie tot de nachtperiode en of er nog andere mitigerende maatregelen mogelijk zijn om te kunnen voldoen aan de streefwaarde in de nachtperiode. Op basis van deze vragen is het trillingsrapport aangevuld. De definitieve versie van het rapport is als bijlage 2 bij deze memo gevoegd (‘Tram Vlaanderen-Maastricht prognose Trillingen, ARCADIS, 9 januari 2014. Kenmerk 077493795:0.1 – Definitief).

Zowel aan de tram als aan het spoor kunnen maatregelen worden getroffen. Hierbij kan aan de volgende maatregelen worden gedacht:

- Aanpassen spoorconstructie naar bijvoorbeeld ‘Floating-slab’ constructie.
- Verlagen rijsnelheid tram naar 20 km/uur of 30 km/uur.

De bovengenoemde maatregelen zijn alle goed toepasbaar en daarmee een mogelijke oplossing voor de trillingshinder. Met (een combinatie van) de bovengenoemde oplossingen kan de trillingsintensiteit voldoende worden verlaagd om aan de SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen te voldoen.

Aangenomen wordt dat het verlagen van de rijsnelheid van de tram gedurende de dag en avonden geen optie vormt aangezien dit de reistijd van de reizigers zal verlengen. Het toepassen van een Floating slabconstructie kan de trillingsintensiteit verlagen met 50% of meer (WPN, Onderzoek

trillingsbeperkende maatregelen Regio Tram Groningen, 4121054.R01, 7 mei 2012 en Movares, MER 1e fase Goederenroute Oost-Nederland, RL197035, 28 oktober 2013). Een dergelijke verlaging van de trillingsintensiteit is voldoende om de geprognosticeerde trillingshinder te verhelpen.

In de regels van het onderhavige bestemmingsplan is een regeling opgenomen die erop toeziet dat ter hoogte van de genoemde panden/adressen afdoende maatregelen moeten worden getroffen waardoor geen onaanvaardbare trillingen voorkomen (trillinghinder). Dit dient via een opleveringsrapportage te worden aangetoond.

Geluid

De Commissie adviseert in een aanvulling op het MER de bandbreedte aan mogelijke geluidniveaus bij woningen door booggeluid aan te geven en te beoordelen. Geef aan in welke mate de effecten van booggeluid gemitigeerd kunnen worden.

In bijlage 3 bij deze memo is, als aanvulling op het MER, een memo ('Geluidseffecten Booggeluid, ARCADIS, 21 november 2013') opgenomen waarin de bandbreedte wordt beschreven aan mogelijke geluidsniveaus door booggeluid. Ook gaat deze memo in op mogelijke mitigerende maatregelen. In haar toetsingsadvies heeft de Commissie aangegeven zich te kunnen vinden in de conclusies in de aanvulling.

In het toetsingsadvies van de Commissie is aanvullend opgemerkt dat in het akoestisch onderzoek geen rekening is gehouden met toepassing van een floating slabconstructie als maatregel tegen trillingshinder. Een dergelijke constructie zal resulteren in een extra toename van de geluidemissie van 2 tot 3 dB(A). Op basis van deze opmerking is aanvullend onderzocht of bij een toeslag van 3 dB op het (binnenstedelijke) tramlawaai zich langs het tramtracé een reconstructiesituatie Wgh voordoet. En zo ja, of geluidseffecten weggenomen kunnen worden door bv het ter plaatse toepassen van geluidsarm asfalt. De resultaten en conclusies van deze analyse zijn opgenomen in bijlage 4 van deze memo ('Resultaten aanvullend onderzoek 'floating slab constructie trambaan', ARCADIS, 10 januari 2014).

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat er – afhankelijk van waar de “floating slab” constructie wordt toegepast – er knelpunten kunnen optreden. Door het toepassen van geluidsarm asfalt (wat met name geluid reducerend werkt voor het wegverkeer en een effect van circa 3 à 4 dB kan hebben ter plaatse) is het mogelijk de toename weg te nemen.

Het is in de stedelijke situatie vanuit stedenbouwkundig oogpunt niet wenselijk schermen of andere overdrachtbeperkende maatregelen te plaatsen. Daarnaast zullen lage schermen – vanwege de relatief hoge beoordelingsposities en de korte afstand tussen bron en ontvanger – akoestisch niet doelmatig zijn en zullen hoge schermen financieel niet doelmatig (en niet wenselijk) zijn. De voorkeur gaat dan ook uit naar bronmaatregelen.

Op het moment dat de locaties bekend zijn waar een “floating slab” wordt toegepast, kan een aanvulling gemaakt worden op het akoestisch onderzoek. Indien dan de “floating slab” constructie wordt toegepast op plaatsen waardoor er geen reconstructie optreedt, zullen er enkel iets hogere geluidsbelastingen in de rapportages verschijnen en blijven de conclusies verder hetzelfde. Indien er een “floating slab” constructie wordt toegepast op plaatsen waardoor er wel een reconstructie optreedt, dient de rapportage nader in te gaan op maatregelen. Deze maatregelen zullen dan de

toename moeten wegnemen. Zoals aangegeven kan dit doorgaans dan met een geluidsarm asfalt voor het wegverkeer, waardoor er per saldo (wegverkeer inclusief tram) de geluidstoename wordt weggewonnen.

In de regels is een voorwaardelijke verplichting opgenomen ten aanzien van het aspect geluid. Ten aanzien van geluid wordt aangegeven dat ten minste moet worden voldaan aan de uitgangspunten die blijken hoofdstuk 3 en bijlage 2 van het Akoestisch onderzoek Tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM) (toegevoegd als Bijlage 4 behorende bij de Toelichting van dit bestemmingsplan) ten grondslag hebben gelegen aan het akoestisch onderzoek. Dit zal ook in de aanbestedingsstukken richting de uitvoering worden meegenomen. Dit dient vervolgens t.z.t. via een opleveringsrapportage door de aannemer te worden aangetoond.

Bijlage 1

Tram Vlaanderen-Maastricht (TVM)

Analyse van nut en noodzaak

Opdrachtgever: Gemeente Maastricht

Rotterdam, 24 december 2013



Tram Vlaanderen-Maastricht

Analyse van nut en noodzaak

Opdrachtgever: Gemeente Maastricht

Eline Devillers
Joey van Elswijk
Koen Vervoort
Jessica Dirks

Rotterdam

Over Ecorys

Met ons werk willen we een zinvolle bijdrage leveren aan maatschappelijke thema's. Wij bieden wereldwijd onderzoek, advies en projectmanagement en zijn gespecialiseerd in economische, maatschappelijke en ruimtelijke ontwikkeling. We richten ons met name op complexe markt-, beleids- en managementvraagstukken en bieden opdrachtgevers in de publieke, private en not-for-profitsectoren een uniek perspectief en hoogwaardige oplossingen. We zijn trots op onze 80-jarige bedrijfsgeschiedenis. Onze belangrijkste werkgebieden zijn: economie en concurrentiekracht; regio's, steden en vastgoed; energie en water; transport en mobiliteit; sociaal beleid, bestuur, onderwijs, en gezondheidszorg. Wij hechten grote waarde aan onze onafhankelijkheid, integriteit en samenwerkingspartners. Ecorys-medewerkers zijn betrokken experts met ruime ervaring in de academische wereld en adviespraktijk, die hun kennis en best practices binnen het bedrijf en met internationale samenwerkingspartners delen.

Ecorys Nederland voert een actief MVO-beleid en heeft een ISO14001-certificaat, de internationale standaard voor milieumanagementsystemen. Onze doelen op het gebied van duurzame bedrijfsvoering zijn vertaald in ons bedrijfsbeleid en in praktische maatregelen gericht op mensen, milieu en opbrengst. Zo gebruiken we 100% groene stroom, kopen we onze CO₂-uitstoot af, stimuleren we het ov-gebruik onder onze medewerkers, en printen we onze documenten op FSC- of PEFC-gecertificeerd papier. Door deze acties is onze CO₂-voetafdruk sinds 2007 met ca. 80% afgenomen.

ECORYS Nederland BV
Watermanweg 44
3067 GG Rotterdam

Postbus 4175
3006 AD Rotterdam
Nederland

T 010 453 88 00
F 010 453 07 68
E netherlands@ecorys.com
K.v.K. nr. 24316726

W www.ecorys.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding analyse nut en noodzaak	5
1.2	Leeswijzer	6
2	Probleemanalyse ('noodzaak' van ingrijpen)	7
2.1	Naar een probleemanalyse voor de TVM	7
2.2	Nadere verkenning van probleemanalyse	8
2.2.1	Aanzienlijke vervoersspanning	8
2.2.2	Autobereikbaarheid van Maastricht is niet optimaal	10
2.2.3	Ontbrekende directe, euregionale railverbinding	10
2.2.4	Ontbrekend aantrekkelijk OV-alternatief	11
2.3	Oordeel over noodzaak 2020	14
3	Toets op doelbereik ('het nut' van de TVM)	15
3.1	Analyse van nut door een toets op doelbereik	15
3.2	Doel 1: Grensoverschrijdende bereikbaarheid	15
3.3	Doel 2: Vervolmaken euregionale verbindingen	18
3.4	Doel 3: Aantrekkelijk alternatief voor auto en bus	20
3.5	Doel 4: Impuls voor ruimtelijk economische ontwikkelingen	22
3.6	Oordeel over nut TVM	29
4	Conclusie	31

1 Inleiding

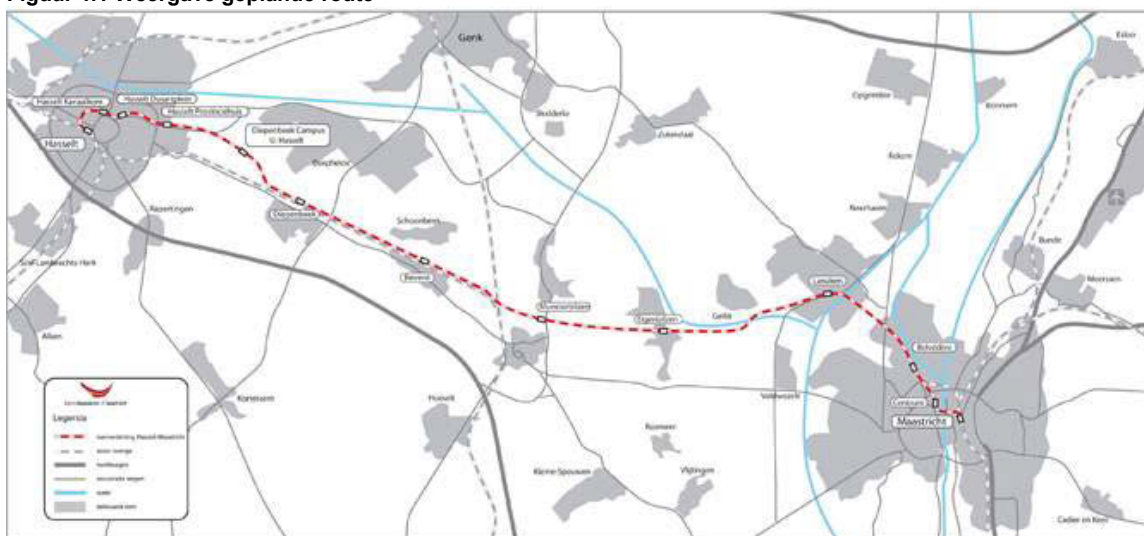
1.1 Aanleiding analyse nut en noodzaak

Het project

De tramlijn Vlaanderen-Maastricht (TVM) is onderdeel van het Spartacusplan; een plan van het Belgische De Lijn om het openbaar vervoer in Belgisch Limburg te verbeteren. Het plan voorziet in de aanleg van nieuwe tram- en snelbuslijnen. Tussen de centrale stations van Hasselt en Maastricht wordt een elektrische tramverbinding aangelegd over een lengte van ongeveer 35 kilometer. De tramverbinding brengt reizigers bijna twee keer zo snel van Maastricht naar Hasselt in vergelijking met de huidige busverbinding (de reistijd neemt af van 71 minuten naar 39 minuten). In Lanaken zal sprake zijn van een regionaal aansluitpunt tussen sneltram en bussen. Met bussen is vanaf daar de gehele zuidoosthoek van de provincie bereikbaar.

Het Nederlandse gedeelte ligt volledig op het grondgebied van de gemeente Maastricht. Binnen Maastricht wordt een nieuw tracé gerealiseerd vanaf centraal station via het centrum naar de huidige rand van de bebouwing. Dit beslaat ongeveer 5 kilometer spoor en drie haltes: Belvédère, Centrum en Centraal Station. Het Nederlandse deel is onderdeel van het Actieprogramma Regionaal Openbaar Vervoer (AROV). De gezamenlijke overheden hebben een taakstellend budget voor het project afgesproken van 63 miljoen Euro (prijsspeil 2009) voor realisatie van de tramlijn en voor de inrichting van het stationsgebied in Maastricht.

Figuur 1.1 Weergave geplande route



Bron: www.tramvlaanderenmaastricht.nl

De milieueffectrapportage

In 2013 is een milieueffectrapportage (m.e.r.) opgesteld, gekoppeld aan het op te stellen bestemmingsplan, voor het Nederlandse deel van de tramverbinding. De m.e.r. is getoetst door de Commissie voor de milieueffectrapportage. Haar voorlopig toetsingsadvies is op 24 oktober 2013 verschenen. Daarin geeft zij aan dat de Commissie van oordeel is dat nog niet alle essentiële informatie in het m.e.r. aanwezig is om het milieubelang voldoende te kunnen laten meewegen in de besluitvorming.

De tekortkomingen hebben betrekking op:

- de onderbouwing van nut en noodzaak;
- de beschrijving van de effecten van trillingen;
- de beschrijving van de effecten van geluid.

De onderbouwing van het nut en de noodzaak

Wat betreft de onderbouwing van nut en noodzaak geeft de Commissie aan dat zij adviseert om zowel vanuit Maastrichts perspectief als vanuit het perspectief van de Euregio / Vlaanderen (Spartacusplan), de keuze voor en nut en noodzaak van de TVM nader te onderbouwen. Als onderlegger voor de onderbouwing wordt gevraagd om op overzichtelijke wijze de gevolgen van het al dan niet realiseren van de TVM in zowel Nederland als België weer te geven voor het referentiejaar 2020 met een doorkijk naar 2030. Tenslotte adviseert zij om naast het inzicht in de vervoersstromen, zo veel mogelijk toetsbare criteria te benoemen voor het bepalen van de bijdrage van de TVM aan het versterken van de ruimtelijk-economische kwaliteit van de grensregio en de grensoverschrijdende samenwerking.

Gemeente Maastricht heeft aan Ecorys gevraagd een analyse van nut en noodzaak van het project uit te voeren, zo veel mogelijk op basis van bestaand materiaal. Er zijn enkele nieuwe analyses uitgevoerd op de al bestaande gegevens uit de vervoerwaarde-studie van Goudappel Coffeng.¹ In deze notitie geven we invulling aan de vraag van de Gemeente Maastricht door in te gaan op:

1. De noodzaak van een tramlijn in de vorm van een probleemanalyse
2. De bijdrage van de tramlijn aan de beleidsdoelstellingen (het nut).

1.2 Leeswijzer

De toetsing van de *noodzaak voor de TVM* is onderwerp van hoofdstuk 2, geanalyseerd door middel van een probleemanalyse. In hoofdstuk 3 zal de toetsing van *het nut van de TVM* volgen. Het rapport wordt afgesloten met een opsomming van de belangrijkste conclusies in hoofdstuk 4.

¹ Goudappel Coffeng (2012) Probleemanalyse en Vervoerwaarde TVM

2 Probleemanalyse ('noodzaak' van ingrijpen)

Dit hoofdstuk gaat dieper in op de probleemanalyse ('de noodzaak') voor de TVM. Aan de hand van de beschikbare stukken wordt in paragraaf 2.1 deze probleemanalyse op hoofdlijnen geformuleerd. In paragraaf 2.2 worden de hoofdelementen van de probleemanalyse nader verkend. Op basis hiervan worden in paragraaf 2.3 conclusies getrokken over de noodzaak van de TVM.

2.1 Naar een probleemanalyse voor de TVM

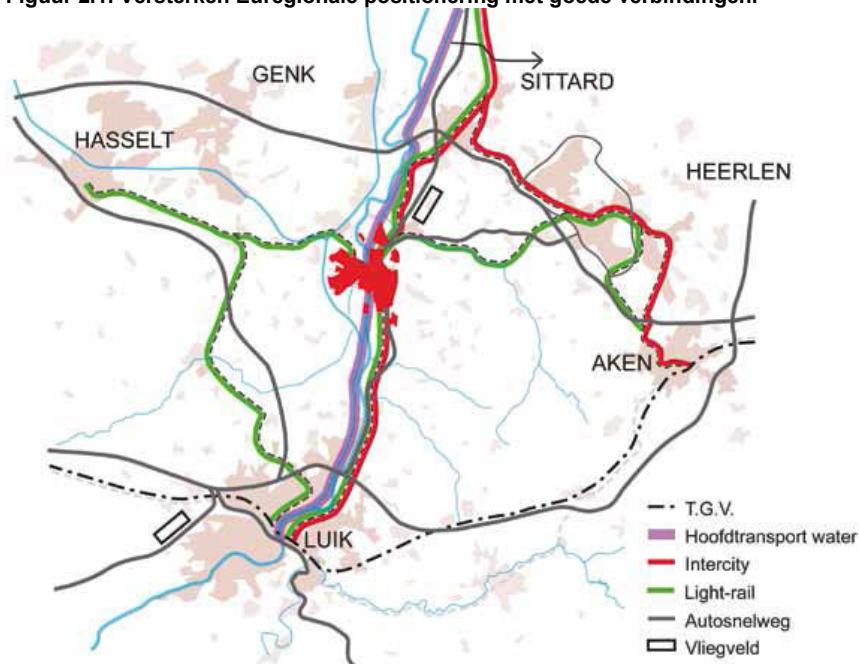
TVM niet als oplossing voor probleem, maar als aanjager voor kansen

In de beschikbare documenten lijkt de 'noodzaak' van de TVM primair te zijn ingegeven vanuit ambities om het openbaar vervoer te verbeteren en de kansen en voordelen die biedt, en niet zozeer als de oplossing voor een verkeersprobleem. Hierin is de TVM niet uniek. Voor meerdere (grensoverschrijdende) OV-projecten geldt dat er geen sprake is van een acuut verkeersprobleem, maar dat problemen op de langere termijn worden voorzien dan wel dat (ook) kansen worden signaleerd om de ruimtelijk-economische kwaliteit van een gebied te versterken.

Internationale samenwerking binnen Euregio nodig

Ook bij de TVM wordt de nadruk gelegd op de kansen om de ruimtelijk economische kwaliteit binnen Maastricht te verbeteren en de economische samenwerking in de Euregio Maas-Rijn (EMR) te stimuleren. De regio's in EMR kennen een sterk perifere ligging aan de grenzen van de landen waarvan ze deel uitmaken. Dit betekent dat ze voor hun toekomstige economische groei deels afhankelijk zijn van een internationale gerichtheid. Wil de EMR een aantrekkelijke locatie in de internationale concurrentieslag tussen de regio's blijven, dan zal zij zich tot een Europese metropoolregio moeten ontwikkelen. Hiervoor is het noodzakelijk dat de regio's in de EMR (sneller) naar elkaar toegroeien op economisch, cultureel en sociaal gebied.

Figuur 2.1. Versterken Euregionale positionering met goede verbindingen.



Bron: Gemeente Maastricht (2012) Structuurvisie 2030

De EMR heeft met haar 100.000 studenten, vijf universiteiten en talrijke hogescholen, onderzoekscentra en internationale bedrijven een aanzienlijke economische 'massa'. De optelsom maakt de regio echter nog niet tot een centrum van kennis en innovatie. De afzonderlijke gemeenten zijn nog hoofdzakelijk gericht op het eigen achterland. Van een daadwerkelijk grensoverschrijdende arbeidsmarkt, onderwijsstelsel en sociaaleconomische infrastructuur is nog weinig sprake. Dit blijkt onder meer uit de geringe grensoverschrijdende pendel naar Duitsland en België, resp. 1,7% en 0,5% van de beroepsbevolking van Maastricht.²

Voor internationale samenwerking zijn goede verbindingen nodig

Eén van de knelpunten voor de Euregionale samenwerking vormen de gebrekkige verbindingen, en in het bijzonder die tussen Maastricht en Hasselt. Forenzen, studenten en bezoekers uit Vlaanderen staan dagelijks in de file om de stad Maastricht te bereiken. Inzet is om de komende jaren de grensoverschrijdende weg- en spoorverbindingen op orde te krijgen en op een aantal (met name economische en culturele) dossiers tot nauwere samenwerking te komen. Aanknopingspunten vanuit Limburg zijn de Limburgse topsectoren met de Chemelot- campus, de Health-campus en Greenport Venlo.³

Tussen Hasselt/Genk en Maastricht ontbreekt op dit moment een treinverbinding. Wel wordt een busverbinding aangeboden, maar deze vormt geen serieus alternatief voor de auto vanwege de lange reistijd. Bezien vanuit de huidige infrastructuur is EMR meer een doorgangsgebied tussen agglomeraties, dan dat het zelf een agglomeratie vormt met een sterke onderlinge verwevenheid. Uitgaande van de ambities van een internationaal concurrerende economie en een internationale gemeenschap zijn goede verbindingen (per openbaar vervoer) over de landsgrenzen heen, noodzakelijk.⁴

Kortom, als belangrijkste aanleiding voor overheidsingrijpen komt naar voren dat de grensoverschrijdende - en noodzakelijk geachte – economische samenhang binnen EMR onvoldoende wordt gefaciliteerd door de huidige verbindingen, zowel over de weg als per openbaar vervoer.

2.2 Nadere verkenning van probleemanalyse

Het bovengenoemde kernprobleem wordt in deze paragraaf nader onderzocht aan de hand van de onderliggende deelproblemen. In deze paragraaf worden de volgende onderliggende deelproblemen verder toegelicht:

- 1) Er is sprake van een aanzienlijke vervoersspanning op de corridor Hasselt-Maastricht;
- 2) Tegelijkertijd is de autobereikbaarheid niet optimaal;
- 3) Er ontbreekt momenteel een directe hoogwaardige railverbinding;
- 4) Het OV-alternatief is niet concurrerend ten opzichte van de auto.

2.2.1 Aanzienlijke vervoersspanning

Tussen Belgisch Limburg en Maastricht en specifiek op de corridor Hasselt-Maastricht is sprake van een aanzienlijke vervoersspanning. De reizigers op deze corridor zijn onder te verdelen in forenzen, winkelend en recreatief publiek en studenten.

² Nyfer (2011) Maastricht op de kaart, kennis-economie en agglomeratievorming rond Maastricht

³ Provincie Limburg (2012) Limburg-experimenteerregio voor grensoverschrijdende samenwerking, Eindrapportage

⁴ Nyfer (2011) Maastricht op de kaart, kennis-economie en agglomeratievorming rond Maastricht

Studenten: wederzijdse pendel

Er zijn steeds meer studenten die in België wonen en aan de universiteit van Maastricht studeren. In totaal gaat het in 2013 om ongeveer 1.000 studenten⁵. Bijna de helft van deze studenten woont in Belgische Limburg en zou in de toekomst gebruik kunnen maken van de TVM. Andersom neemt ook het aantal Nederlandse studenten aan de universiteit en hogeschool van Hasselt toe. In 2012 verdubbelde het aantal studenten in Hasselt dat afkomstig is uit Nederland tot enkele honderden.⁶ Nederlandse numerus fixus opleidingen, het lagere collegegeld en de langstudeer-boetes in Nederland maakt België steeds populairder.

Forenzen: positief pendelsaldo

Maastricht & Mergelland had in het jaar 2010 een positief pendelsaldo van circa 2.570 arbeidsplaatsen, bestaande uit een inkomend pendelsaldo van 29.180 en een uitgaand pendelsaldo van 26.620 arbeidsplaatsen. Er komen dus meer werknemers van buiten Maastricht in de stad werken, dan dat inwoners van Maastricht buiten de stad werken. Dit positief pendelsaldo komt door het positieve pendelsaldo met België en de Limburgse regio's. Met de overige Nederlandse provincies heeft Maastricht juist een negatief pendelsaldo.⁷

Winkelend publiek en evenementen

Maastricht heeft een grote aantrekkingskracht op bezoekers met een winkelmotief uit de wijde omgeving. Het zijn niet alleen bezoekers uit Nederland die graag winkelen, maar ook bezoekers uit Duitsland en België. De Maastrichtse economie profiteert sterk van de bestedingen die de buitenlandse bezoekers in de (binnen)stad doen. Onderzoek heeft aangetoond dat van de personen - wonend in Limburg en direct aangrenzende regio's- die ook buiten hun eigen regio winkelt, 36% wel eens in Maastricht komt. De bestedingen door de Belgische bezoekers worden geschat op € 140 miljoen per jaar, op een totaal van €335 miljoen per jaar.⁸ Een goede bereikbaarheid vanuit België is daarmee essentieel voor de Maastrichtse Economie.

Doorkijk naar 2030

Er zal ook in 2030 sprake zijn van een aanzienlijke vervoerspanning tussen Maastricht en Belgisch Limburg. Uit de verkeersanalyses van Goudappel Coffeng op basis van het Gemeentelijk model van Maastricht blijkt dat er in 2020 dagelijks bijna 20.000 grensoverschrijdende verplaatsingen zullen zijn tussen Maastricht en de regio Belgisch Limburg in 2020.⁹ Gelet op de socio-economische voorspellingen veronderstelt het model een gelijk aantal verplaatsingen voor 2030.¹⁰

Van deze grensoverschrijdende verplaatsingen tussen Maastricht en de regio Belgisch Limburg vindt circa 43% plaats binnen de 'tram-corridor' Hasselt-Diepenbeek-Bilzen-Lanaken-Maastricht.¹¹ Daarbij geldt dat meer dan de helft van de verplaatsingen door forenzen gemaakt wordt, winkelend publiek circa 8% van de verplaatsingen vult en de studenten betreffen slechts een zeer beperkt aandeel hebben.¹²

⁵ Gebaseerd op cijfers van de Universiteit Maastricht, Studenten Service Centrum

⁶ (<http://www.transfermagazine.nl/nieuws/onderwijs/steeds-meer-nederlandse-studenten-naar-vlaanderen>)

⁷ Etil-VRL-CBS (2010) Limburgse pendel 2010

⁸ BRO (2009) Grenzeloos winkelen

⁹ Bron: Goudappel Coffeng (2012) Modelberekeningen vervoerwaarde TVM

¹⁰ Het verkeersmodel is gebaseerd op het NRM en op de vastgestelde ruimtelijke ontwikkelingen in de stad. Verder is hierbij uitgangspunt dat de bevolking in Maastricht stabiliseert op het huidige niveau (circa 121.500 inwoners) en het aantal arbeidsplaatsen nog licht toeneemt tot circa 75.000. De stedelijke programmering is dermate robuust, dat daarmee een situatie wordt geprognosticeerd van circa 2030. Wij beschikken (nog) niet over betrouwbare modellen om de situatie in 2040 of 2050 te kunnen prognosticeren. De prognoses voor 2030 achten wij gelet op het voorgaande realistisch.

¹¹ Bron: Goudappel Coffeng (2012) Modelberekeningen vervoerwaarde TVM

¹² Bron: Goudappel Coffeng (2012) Modelberekeningen vervoerwaarde TVM

2.2.2 Autobereikbaarheid van Maastricht is niet optimaal

Wat betreft de autobereikbaarheid van Maastricht is de huidige situatie niet optimaal. Dit leidt tot congestie en andere afgeleide problemen in de stad en omstreken.

Congestieproblemen

Maastricht kampt met problemen in de bereikbaarheid. De A2 loopt dwars door de stad, wat tijdens spitsuren vaak tot congestie leidt op de omliggende toegangswegen. Daarnaast vormt de Maas, een natuurlijke barrière tussen woonwijken, historisch centrum en bedrijventerreinen. Hierdoor zijn meerdere locaties vrijwel alleen bereikbaar via de Noorderbrug en de Kennedybrug. Een kwantitatief voorbeeld van congestie in Maastricht zijn het aantal voertuigverliesuren geprojecteerd in 2020; die zou rond de 26.000 uur liggen voor Maastricht als geheel, in zowel ochtend als avondspits. Daarbij komen 15% van de 'Maas-passerende voertuigen' uit België.¹³

Er wordt inmiddels aan verschillende oplossingen gewerkt voor deze bereikbaarheidsproblemen. Zo wordt gebouwd aan de ondertunneling van de A2 om de congestie op de noord-zuid as te verminderen. In het Ruimtelijk Mobiliteitsprogramma Maastricht Noord wordt een nieuwe westelijke aanlanding voor de Noorderbrug gerealiseerd. Deze wijziging in de weginfrastructuur zorgt voor een verbetering van doorstroming op de oost-westverbinding, die onder andere relevant is voor automobilisten vanuit Hasselt en Genk in België. Zij rijden Maastricht binnen via de Via Regia of Lanaken (Brusselseweg of Bosscherweg).

Behalve congestieproblemen ook afgeleide problemen

Het autoverkeer van bezoekers leidt niet alleen tot bereikbaarheidsproblemen. Ook kunnen problemen ontstaan met de luchtkwaliteit of geluidsnormeringen. Bovendien is er veel zoekverkeer naar parkeerplaatsen in de binnenstad. Op topdagen (koopzondagen en specifieke feestdagen) loopt de parkeerdruk op tot boven de 100%, wat betekent dat in de binnenstad alle parkeerplaatsen bezet zijn en er daarnaast nog een groot aantal auto's op zoek is naar een parkeerplaats. Verder is er overlast in de woonwijken net buiten het centrum doordat bezoekers hun auto daar parkeren¹⁴.

Wat betreft luchtkwaliteit voldoet Maastricht aan de gestelde normen voor PM₁₀ en naar verwachting in 2015 ook aan de NO₂ normen. Alleen voor enkele locaties langs de A2 zal de kwaliteit in 2015 niet volgens norm zijn. De geplande A2-tunnel zal dit oplossen.¹⁵

2.2.3 Ontbrekende directe, euregionale railverbinding

In het Euregionaal vervoersnetwerk ontbreekt een directe railverbinding tussen Maastricht en Hasselt. Het ontbreken van deze schakel tussen twee belangrijke economische centra in de Maas-Rijn euregio laat mogelijke positieve netwerkeffecten onbenut.

Railverbindingen Maastricht

Maastricht heeft drie treinstations; Maastricht, Maastricht Randwijck en het recent ontwikkelde Maastricht-Noord (realisatie november 2013). Het centraal station van Maastricht is het belangrijkste knooppunt in het OV. Veel van de buslijnen halteren bij het station. Reizigers hebben de mogelijkheid om per trein door te reizen in noordelijke richting met directe Intercity's naar de Randstad. Daarnaast is het mogelijk om sneltreinen of stoptreinen naar het Limburgse heuvelland (bestemming Heerlen) te nemen. Bovendien is er een internationale verbinding met Luik en Aken (via Heerlen).

¹³ Goudappel Coffeng (2009) MKBA Maaskruisend Verkeer

¹⁴ Bron: Goudappel Coffeng (2012) Probleemanalyse en Vervoerwaarde TVM

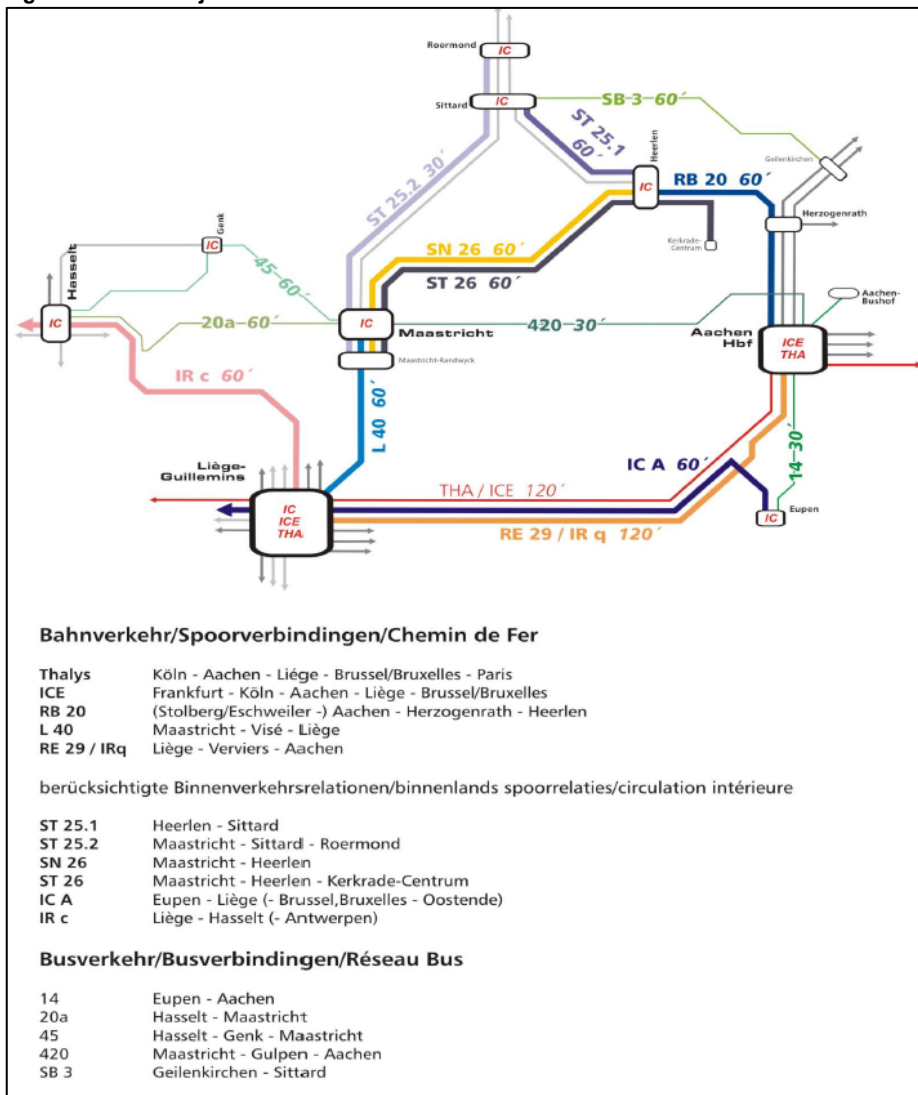
¹⁵ Gemeente Maastricht (2012) Voortgangsnotitie luchtkwaliteit

Een directe railverbinding naar Hasselt ontbreekt echter. Hasselt is weliswaar via Luik per trein bereikbaar, maar dit vergt een reistijd van 117 minuten. Van een concurrerende euregionale railverbinding is geen sprake. Hiermee is ook een goede aansluiting op de treinverbindingen naar Sittard en Roermond in het geding.

Verbindingen Maas-Rijn euregio

Binnen het openbaar vervoer netwerk in de EMR zijn er treinverbindingen tussen voornamelijk de steden Maastricht, Luik, Aken en Hasselt. Busdiensten completeren het geheel zoals aangegeven in de figuur hieronder.

Figuur 2.2. Maas-Rijn OV netwerk



Bron: Goudappel Coffeng (2005) Openbaar Vervoer Verkeersprognose voor de Euregio Maas-Rijn

De ontbrekende railverbinding tussen Hasselt en Maastricht, als ook een ontbrekende verbinding tussen Maastricht en Aken zorgen binnen de Euregio voor een diffuus netwerk voor voornamelijk de vervoersrelaties vanaf Hasselt en Aken. Het ontbreken van de schakel Hasselt-Maastricht heeft dus niet alleen zijn doorwerking op die as, maar ook in de gehele Euregio en connecties daarbuiten.

2.2.4 Ontbrekend aantrekkelijk OV-alternatief

Gegeven de eerder beschreven verkeersdruk tussen Belgisch Limburg en Maastricht en de problemen op de weg is een goed OV-alternatief belangrijk. Echter, de huidige OV-alternatieven

zijn op reistijd niet concurrerend in vergelijking met de auto, mede door het ontbreken van een railverbinding. Dit maakt het lastig keuzereizigers voor het OV aan te trekken.

Lange OV-reistijd

Het feit dat er geen directe railverbinding tussen Maastricht en Hasselt bestaat, vertaalt zich in een lange reistijd per openbaar vervoer. Op dit moment is de OV-verbinding per bus naar Hasselt niet optimaal. De bus kent een lange onaantrekkelijke reistijd van 71 minuten. Daarnaast zijn ook de lijnvoering en vertrektijden niet uniform en hierdoor voor incidentele gebruikers niet helder. Dit komt doordat het in de praktijk om drie verschillende buslijnen gaat.

In de onderstaande tabel is de reistijd tussen Hasselt en Maastricht afgezet tegen de reistijd tussen Maastricht en andere steden in de omgeving. Uit de tabel blijkt dat de reistijd met het openbaar vervoer naar Hasselt veel hoger is dan de reistijd naar andere steden op vergelijkbare afstand. Ook is te zien dat de reistijd met het openbaar vervoer naar Hasselt niet concurreert met de auto.

Tabel 2.1. Huidige Euregionale OV-verbindingen Maastricht

Verbinding	Reistijd auto ¹⁶	Reistijd OV	VF-factor	Frequentie	OV-type
Maastricht – Hasselt	33	117 min	3,5	1 x per uur	Stoptrein via Liège
*	33	71 min	2,2	1 x per uur	Bus
Maastricht – Sittard	25	15 / 20 min	0,6	4 x per uur	Intercity en stoptrein
Maastricht – Heerlen	20	22 / 29 min	1,1	4 x per uur	Sneltrein en stoptrein
Maastricht – Aachen hbf	31	59 min (1 overstap)	1,9	1 x per uur	Stoptrein
Maastricht – Liège- Guillemins	26	34 min	1,3	1 x per uur	Stoptrein

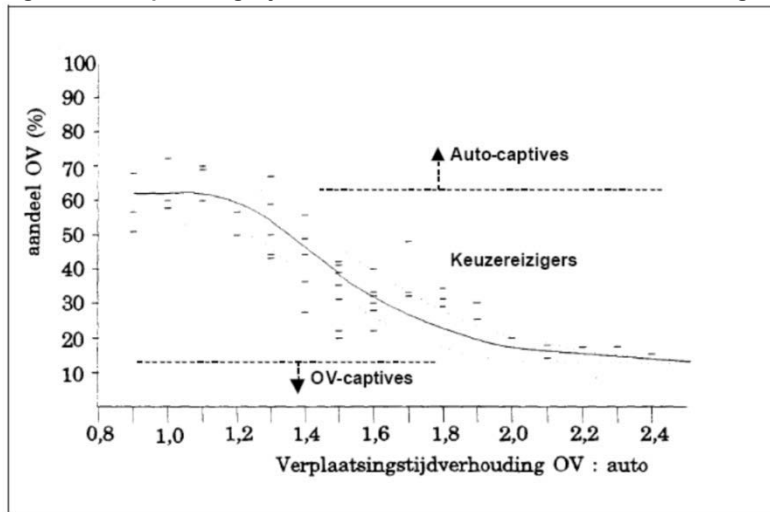
Bron: www.ns.nl en routenet,

De verplaatsingstijdfactor (VF-factor) is de reistijd van het openbaar vervoer ten opzichte van de auto. Voor de relatie Maastricht – Hasselt is dit 3,5 voor de trein en 2,2 voor de bus. In de literatuur wordt voor een regionale OV-verbinding over deze afstand als streefwaarde veelal 1,4 aangehouden.¹⁷ Onderstaand figuur laat de relatie zien tussen deze factor, het aandeel OV en de te bereiken reizigers.

¹⁶ Congestievrije reistijd, VF-factoren zijn dus een bovengrens en kunnen in werkelijkheid lager uitvallen.

¹⁷ Bovy, P.H.L. en Goeverden, C.D. van (Delft, 1994)– De rol van kwaliteit in het personenvervoersysteem gemeten aan de verplaatsingstijdfactor

Figuur 2.3. Verplaatsingstijdfactor, aandeel OV en de aan te trekken reizigers



Bron: Bovy, P.H.L. en Goeverden, C.D. van (Delft, 1994) De rol van kwaliteit in het personenvervoersysteem gemeten aan de verplaatsingstijdfactor

Uitgaande van bovenstaand figuur voorspelt de huidige verplaatsingstijdfactor dat er slechts een laag aandeel OV zal bestaan op de relatie Maastricht-Hasselt. Daarnaast is de verwachting dat vrijwel alleen OV-captives gebruik maken van de bus. De empirie achter bovenstaand figuur leert dat het lastig zal zijn om, uitgaande van de huidige reistijden, keuzereizigers te bedienen.

OV heeft gering aandeel in modal split

Door Goudappel Coffeng is in het verkeersmodel berekend wat het aandeel van het OV is in het referentiejaar 2020. Hierbij is uitgegaan van de meest recente inzichten op het gebied van demografische en ruimtelijke ontwikkelingen. Zo is de ontwikkeling van Belvédère beperkt en ook de bevolkingsgroei minder. Verder is uitgegaan van het huidige openbaar vervoer (netwerk en dienstregeling), met omlegging van de OV-as. Voor het busnet betekent dit dat de bussen niet meer via de Markt rijden, maar in beide richtingen via de Maasboulevard. Voor de overige modelinstellingen is het jaar 2020 gekozen. Verondersteld mag worden dat de modelresultaten ook voor de doorkijk naar 2030 gelden, gezien de veronderstelde socio-economische ontwikkelingen.

Op de gehele vervoersas Hasselt-Maastricht is in termen van verplaatsingen in beide richtingen¹⁸ een modal-split bepaald in het verkeersmodel (Goudappel Coffeng) van 94,1% auto en 5,9% OV. Dit lage percentage OV is niet verrassend gezien de lange OV-reistijd. Omdat de afstand geen typische fietsafstand is, is deze modaliteit niet meegenomen in de analyse.

Huidige gebruikers van de bus zijn hoofdzakelijk captives

Volgens de Belgische exploitant De Lijn¹⁹ “zitten op de buslijnen tussen Maastricht en Belgisch Limburg heel wat dagelijkse reizigers: pendelaars, scholieren en studenten en dit in beide richtingen. Maar de buslijnen worden ook frequent gebruikt door dagjesmensen die gaan shoppen, die musea, tentoonstellingen en andere evenementen bezoeken. En dan zijn er nog de vele toeristen die op daguitstap gaan in de Euregio Maas-Rijn.”

Gezien de lange OV-reistijd mag er verwacht worden dat er dus voornamelijk captives in de buslijn zitten tussen Hasselt en Maastricht. De reistijd is naar alle waarschijnlijkheid te lang om keuzereizigers aan te trekken.

¹⁸ Op alle verkeersrelaties die op de corridor Maastricht-Hasselt en tussenliggende kernen bestaan.

¹⁹ Bron: De Lijn, Marketing & Communicatie afdeling

2.3 Oordeel over noodzaak 2020

Bovenstaande gegevens laten zien dat de huidige OV verbinding tussen Maastricht en Hasselt onvoldoende kwaliteit biedt om de ruimtelijk economische samenhang in de EMR en in het bijzonder tussen de steden Hasselt en Maastricht te bevorderen. Ook biedt de OV verbinding onvoldoende kwaliteit om bij te dragen aan de bereikbaarheidsproblemen op de weg, terwijl de vervoerspanning toeneemt (inpendel woon-werk neemt toe, uitwisseling tussen België en Nederland neemt toe). Geconcludeerd wordt daarom dat de (groeierende) vervoersbehoefte niet optimaal wordt gefaciliteerd. Omdat de verplaatsingstijdfactor op de relatie Maastricht-Hasselt ronduit slecht genoemd kan worden, wordt de oplossing gezocht in een substantiële verbetering van het OV-aanbod.

3 Toets op doelbereik ('het nut' van de TVM)

3.1 Analyse van nut door een toets op doelbereik

In dit hoofdstuk gaan we nader in op het nut van de TVM aan de hand van een toets op het doelbereik. Vanuit de probleemanalyse in het voorgaande hoofdstuk en de doelstellingen zoals geformuleerd in het MER-rapport komen we tot de volgende set van doelstellingen voor de TVM:

1. **Grensoverschrijdende bereikbaarheid:** De TVM dient bij te dragen aan de ontsluiting van arbeids-, onderwijs-, cultuur- en recreatieve voorzieningen in de grensregio en daarmee mede faciliterend te zijn in toenemende grensoverschrijdende samenwerking in de Euregio
2. **Vervolmaken euregionale railverbindingen:** De TVM dient invulling te geven aan de ontbrekende railverbinding tussen Hasselt en Maastricht en als zodanig bij te dragen aan het realiseren van een verbindend euregionaal openbaar vervoernetwerk.
3. **Aantrekkelijk alternatief voor auto en bus:** De TVM dient een serieus en aantrekkelijk alternatief te bieden voor keuzereizigers en te leiden tot een hoger aandeel OV in de modal split.
4. **Impuls voor ruimtelijk economische ontwikkelingen:** De TVM dient de ruimtelijk economische kwaliteit van de Provincies Belgisch en Nederlands Limburg en de door de THM bediende steden als vestigingsplaats voor bewoners en bedrijven te versterken

In het vervolg wordt op deze doelen getoetst. Hiertoe zijn de doelstellingen door Ecorys geoperationaliseerd in een aantal meetbare en concrete subdoelstellingen / criteria. Om tijdig invulling te kunnen geven aan bovenstaande doelstellingen, is daarnaast het streven geformuleerd om *medio 2017 te starten met exploitatie van de TVM*. Dit is echter geen doel maar een wens en daarom geen onderdeel van nut en noodzaak.

3.2 Doel 1: Grensoverschrijdende bereikbaarheid

Wat is het doel?

Om tot een verbetering in de grensoverschrijdende samenwerking binnen de Euregio Maas-Rijn te komen, dienen de arbeids-, onderwijs-, cultuur- en recreatieve voorzieningen in de grensregio voldoende ontsloten te zijn. Zeker met de verwachte bevolgingskrimp in Limburg²⁰ kan het voorzieningsniveau alleen op peil gehouden worden door voldoende bereikbaarheid van voorzieningen in de regio te garanderen. Vanuit Maastrichts' perspectief dient de TVM bij te dragen aan de ontsluiting van voorzieningen van Hasselt, Maastricht en tussen beide steden en daarmee mede faciliterend te zijn in toenemende grensoverschrijdende samenwerking.

Om te toetsen of de TVM aan bovenstaande doelstelling voldoet, wordt de TVM beoordeeld aan de hand van de volgende vragen:

- Verbetert de TVM de ontsluiting van voorzieningen in de grensregio?
- Draagt de TVM bij aan grensoverschrijdende samenwerking?

²⁰ 2% krimp in 2025 t.o.v 2010 en 6% in 2050 t.o.v 2010. Bron: CBS (2011)

Criterium 1.1: Verbeterde ontsluiting voorzieningen in grensregio

De TVM zal tussen Hasselt en Maastricht diverse haltes aandoen. Met deze haltes wordt een aantal publiekstrekkende voorzieningen ontsloten. In de onderstaande tabel worden de haltes aangegeven met de voorzieningen binnen ongeveer 500meter van de haltes in Maastricht en Hasselt. Op het tussenliggende gebied doet de tram de woonkernen aan van Diepenbeek, Beverst, Munsterbilzen en Eigenbilzen.

Tabel 3.1. Recreatief, onderwijs en arbeid-gerelateerde voorzieningen in omgeving van TVM haltes

Kern	Haltes	Nabije Voorzieningen		
		<i>Reismogelijkheden</i>	<i>Recreatief</i>	<i>Onderwijs / Arbeid</i>
Hasselt	Hasselt Station	Treinverbinding naar Leuven, Antwerpen, Brussel etc. Busstation Hasselt	Modemuseum Hasselt, Binnenstad Hasselt	Diverse kantoren
	Kanaalkom		Bovenregionaal winkelcentrum Hasselt	
	Kolonel Dusartplein	Overstap op diverse buslijnen	Diverse musea en publiekstrekkers Begijnhof, Nationaal Jenevermuseum, Het Stadsmus	Onderwijscluster Hasselt Hogeschool Hasselt met ongeveer 7.000 studenten
	Provinciehuis		Japanse Tuin, Plopsa Indoor, Ethias Arena (Grenslantheallen), Kinopolis	Bedrijven terrein Hasselt-Hercken
	Campus Universiteit Hasselt	In toekomst overstap snel tram naar Genk		Universiteit Hasselt (3.390 studenten en ca. 1000 personeel), Onderzoekscentrum
Lanaken		P+R Lanaken (150 parkeerplaatsen). Overstap op diverse buslijnen onder meer naar Maasmechelen en Maaseik	Kajak Maasland Handboogschieten	Europark Lanaken (bedrijventerrein)
Maastricht	Belvédère		Frontenpark, Theater, Bioscoop en poppodium, Horeca/Bassin	Eiffel gebouw, Timmerfabriek, voormalige Nutsbedrijven (in ontwikkeling). Bedrijventerrein Bosscherveld
	Maastricht Centrum (Maasboulevard)	Overstap op diverse buslijnen richt Maastricht West	Binnenstad Maastricht met diverse publiekstrekker als Markt, Stadhuis, Vrijthof, Sint Servaasbrug, Natuur Historisch Museum Maastricht, Sint Jan kerk.	Stadskantoor. Lopend of via OV-as bereikbaar: Conservatorium, Toneelacademie Academie voor Bouwkunst, Diverse faculteiten Universiteit Maastricht (bijna 16.000 studenten waarvan 47% uit het buitenland)
	Maastricht Station	Treinverbinding naar Sittard/Eindhoven, Heerlen, Luik, etc. Busstation Maastricht	Pathé bioscoop, Centre Ceramique, Bonnefanten Museum,	Diverse kantoren via OV-as bereikbaar: Kantoreengebied Randwijk Maastricht Health Campus met medische faculteiten Universiteit Maastricht en aZM

Bron: Toerisme Vlaanderen 2013, Aanbod Toeristische attracties Vlaams Gewest, www.spartacuslimburg.be

Zoals de tabel aangeeft, volgen de vier haltes in Hasselt de route langs de meest populaire bezoekersbestemmingen, als ook langs de twee belangrijkste onderwijsclusters van Hasselt. Binnen Maastricht wordt de nieuw te ontwikkelen locatie Belvédère ontsloten, het centrum, de universiteit en het ziekenhuis. Vanuit Belgisch Limburg neemt de bereikbaarheid van het centrum van Maastricht toe en - met eventueel voor en natransport - ook de bereikbaarheid van Randwijck met voorzieningen als de UM (medische faculteit), het Academisch Ziekenhuis Maastricht, de Health Campus en kantorengedebied Randwijck. Op termijn (in een tweede fase) is het de bedoeling om Randwijck rechtstreeks aan te sluiten op de tramverbinding uit/naar Hasselt.

Criterium 1.2: Bijdrage aan grensoverschrijdende samenwerking

In Limburg zijn meerdere samenwerkingsverbanden actief die ernaar streven de grensoverschrijdende samenwerking te verbeteren. De TVM kan een meerwaarde zijn voor deze samenwerkingsverbanden. Het is denkbaar dat de TVM de samenwerking stimuleert op het gebied van onderwijsaanbod en zorgaanbod.

Het is evident dat grensoverschrijdende samenwerking is gebaat bij grensoverschrijdende multimodale bereikbaarheid. In die zin kan de inzet van de TVM bijdragen aan een verbeterde samenwerking, zeker als studenten een belangrijke doelgroep van de samenwerking zijn. Het grensoverschrijdende initiatief van de Universiteiten Maastricht en Hasselt; Transnationale Universiteit Maastricht (tUL) krijgt dankzij de TVM een directe OV ontsluiting van beide universiteiten. Binnen de tUL worden gezamenlijke bachelor-en masteropleidingen aangeboden. Naast de tUL is ook de Open Universiteit actief in zowel België als Nederland, met onder andere studiecentra in Hasselt, Heerlen en Leuven.

Case: Gronau-Enschede

Een goed voorbeeld van een OV-verbinding die de grensoverschrijdende samenwerking sterk heeft bevorderd, is de in 2001 gereactiveerde spoorlijn Gronau-Enschede. Vanuit Gronau rijden de **treinen** door naar **Münster** en Dortmund. Vervoerder ZVM (Zweckverband für den Schienenverkehr im Münsterland) heeft recent becijferd dat ze de afgelopen jaren een groei hadden van 130% tot meer dan 2.000 reizigers per dag. Ook hier speelt de uitwisseling van studenten een grote rol. Euregio Gronau geeft aan dat er veel Duitse studenten die in Enschede studeren dagelijks heen en weer gaan. Het aantal studenten, dat over de grens woont, neemt al een aantal jaar licht toe, zowel bij de Technische Universiteit Twente als aan de hogeschool Saxion in Enschede. In totaal gaat het om ongeveer 2400 studenten met een Duitse nationaliteit. In het weekend wordt de verbinding gebruikt door Duitse consumenten die winkelen in Enschede. Andersom wippen ook Nederlanders graag even de grens over.

De vervoersverbinding was één van de allereerste Euregio-projecten in het grensgebied. Inmiddels is het aantal thema's vele malen groter en kent de Euregio vijf werkvelden (Euregio 2020, onze strategie voor morgen, 2012): 1) sociaal-culturele integratie, 2) sociaal-economische ontwikkeling, 3) burgeradvies, 4) intergemeentelijke samenwerking en 5) belangenvertegenwoordiging

Totaaloordeel doel 1

De tram ontsluit een groot aantal bestemmingslocaties in zowel Maastricht, Hasselt als tussenliggende kernen. Het voorbeeld van de grensoverschrijdende railverbinding tussen Enschede en Gronau laat zien dat een dergelijke verbinding een belangrijke aanjager kan zijn voor grensoverschrijdende samenwerking. Er is voldoende aanwijzing dat de TVM de grensoverschrijdende bereikbaarheid van de regio's Belgisch en Nederlands Limburg positief beïnvloed.

3.3 Doel 2: Vervolmaken euregionale verbindingen

Wat is het doel?

Zoals aangegeven in de probleemanalyse ontbreekt er op dit moment een directe Euregionale verbinding tussen Maastricht en Hasselt. Hierdoor wordt het potentieel van het gehele Euregionale vervoersnetwerk niet volledig benut. De TVM dient invulling te geven aan de ontbrekende railverbinding tussen Hasselt en Maastricht en als zodanig bij te dragen aan het realiseren van een verbindend euregionaal openbaar vervoernetwerk.

De doelstelling heeft twee elementen:

- Geeft de tram invulling aan de ontbrekende railverbinding tussen Hasselt en Maastricht?
- In hoeverre verbetert de kwaliteit van het euregionale netwerk i.c. de reistijden?

Criterium 2.1: Ontbrekende en essentiële railverbinding wordt gerealiseerd

De provincie Limburg stelt dat zij bij het ontwikkelen van het OV-aanbod expliciet aandacht wil besteden aan (bestaande en nieuwe) lands- en provinciegrensoverschrijdende verbindingen. Zij streeft op termijn naar realisatie van Intercity-verbindingen Eindhoven – Venlo – Düsseldorf en Eindhoven – Sittard – Heerlen – Aken, evenals naar een IC-verbinding via Maastricht naar Luik. Deze intercity verbindingen kunnen binnen het Hoofdrailnet worden opgenomen (Nota van Uitgangspunten OV Limburg, 2013). Daarnaast streeft de provincie naar enkele nieuwe grensoverschrijdende verbindingen binnen eigen beheer; Maastricht - Heerlen - Aken, Maastricht - Luik, Weert - Hamont en de tram Vlaanderen - Maastricht (TVM).

Met de realisatie van TVM wordt een ontbrekende railverbinding toegevoegd aan het euregionaal openbaar vervoernetwerk. Dit levert regio Maastricht de volgende voordelen op:

- 1) Een rechtstreekse railverbinding vanuit Maastricht met alle kernen in de Euregio²¹.
- 2) Inwoners van Parkstad Limburg kunnen met één overstap Hasselt bereiken.
- 3) In Hasselt kan overgestapt worden op twee andere tramlijnen van het Spartacusnet, waarmee veel bestemming in Belgisch – Limburg met één overstap bereikt worden.
- 4) Dit geldt ook vice versa: vanuit veel plekken in Belgisch Limburg kan met één overstap veel plekken in Zuid-Limburg bereikt worden.

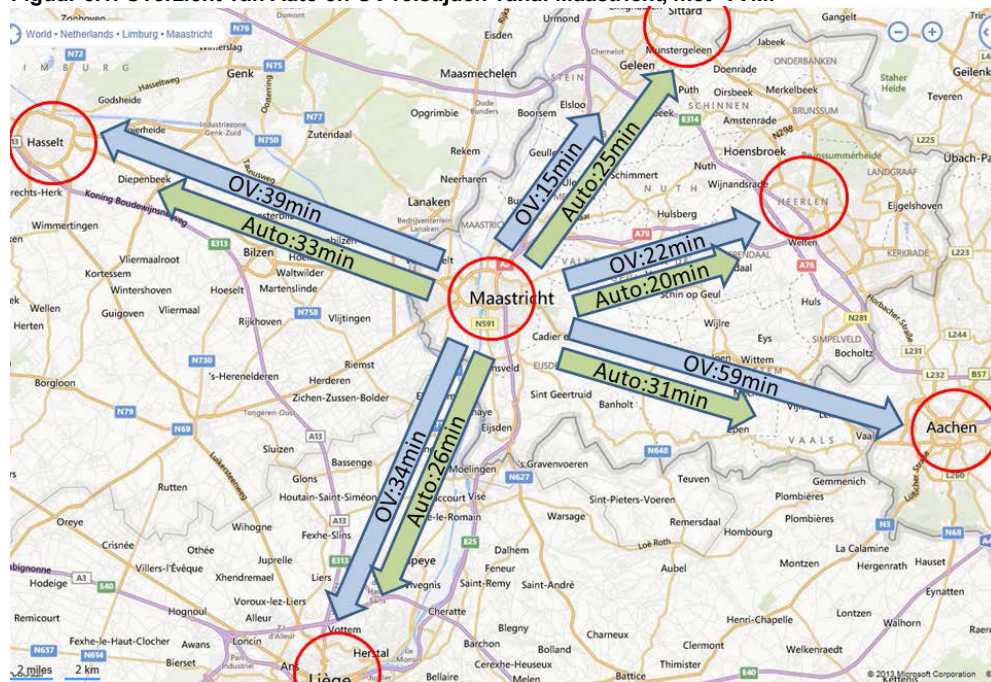
De tramverbinding is opgenomen in de Structuurvisie 2030 van gemeente Maastricht en de Railagenda Limburg en binnenkort ook het Provinciaal Omgevingsplan Limburg van Provincie Limburg. Daarnaast wordt het nut van hoogwaardige spoorvoorzieningen op grensoverschrijdende verbindingen onderstreept door de relevante regio's, steden en overheden van België, Nederland en Duitsland in de intentieverklaring voor Euregionaal verkeer.²²

Zoals onderstaand figuur laat zien ontstaat er door realisatie van de TVM voor alle Euregionale relaties vanaf Maastricht een aantrekkelijk OV-alternatief ten opzichte van de auto. Alleen Maastricht-Aken blijft (vooralsnog) achter in termen van reistijd.

²¹ Te weten: Sittard-Geleen, Heerlen (Parkstad), Aken (mogelijk in de toekomst), Luik en Hasselt

²² Samen werken aan openbaar vervoer, gezamenlijke intentieverklaring EMR.

Figuur 3.1. Overzicht van Auto en OV reistijden vanaf Maastricht, met TVM.



Bron: Google Maps, bewerkt door Ecorys

Criterium 2.2: Kwaliteitsslag euregionale netwerk (reistijd)

Naast het realiseren van de ontbrekende railverbinding in het geheel van het Euregionale railnetwerk, zorgt de tramverbinding ook voor een kwalitatief beter OV-reisproduct tussen Maastricht en Hasselt. De kwaliteit van een spoorproduct kunnen we aan de hand van de klantwensenpiramide voor spoorvervoer op meerdere aspecten indelen²³. Allereerst zorgen veiligheid, betrouwbaarheid, snelheid en gemak voor de noodzakelijke gebruikswaarde van het reisproduct, deze behoren in principe altijd aanwezig te zijn. Daarna komen de extra klantwensen in beeld betreffende comfort en beleving.

Reistijd

In de onderstaande tabellen wordt de vergelijking gemaakt tussen de reistijd met de huidige spoorverbindingen (bus) en de situatie waarin de TVM rijdt.

Tabel 3.2. Vergelijking op snelheid, huidige situatie en situatie met TVM

Van/naar	Hasselt	Luik	Brussel	Antwerpen
Afstand	30km	35km	125km	111km
Maastricht (huidig)	117 (70)min	34min	100min via Luik	144min via Luik en Brussel
Maastricht (TVM)	39min	34min	100min via Luik, 122 min via Hasselt	142 min, via Hasselt

NB. Op de relatie Maastricht-Hasselt rijdt een stoptrein (117 minuten) en een bus (70 minuten)

De huidige reistijd vanuit Maastricht naar Hasselt per spoor (en bus) blijft sterk achter bij de reistijd naar andere buitenlandse steden per spoor, zeker indien rekening gehouden wordt met de afstand. Indien de TVM wordt aangelegd, verbetert de reistijd per OV aanzienlijk, ook is Antwerpen iets sneller te bereiken via Hasselt. De reistijd per tram is vergelijkbaar met de reistijd van de stoptrein naar Luik, op ongeveer dezelfde afstand.

²³ Bron: Mark van Hagen, Brigitte Matheussen (NS) (2011) Door de ogen van de klant

Frequentie en betrouwbaarheid

Naast snelheid zijn de frequentie en betrouwbaarheid van de verbinding belangrijke kwaliteitsaspecten. In de onderstaande tabel wordt de frequentie op de bovenstaande verbindingen gegeven.

Tabel 3.3. Vergelijking op frequentie, huidige situatie en situatie met TVM

Van/naar	Hasselt	Luik	Brussel	Antwerpen
Afstand	30km	35km	125km	111km
Maastricht (huidig)	1 x per uur stoptrein 1 x per uur bus	1x per uur	1x per uur, via Luik	1x per uur, via Luik en Brussels
Maastricht (TVM)	2 x per uur	1 x per uur	1x per uur, via Luik 2x per uur via Hasselt	1x per uur via Luik 1x per uur via Hasselt

De TVM verhoogt de frequentie van de OV-verbinding naar Hasselt tot 2x per uur. Ook hebben reizigers meer opties om onder andere richting Brussel en Antwerpen te reizen, via zowel Luik als Hasselt. Met deze extra keuzemogelijkheden verhoogt de TVM het gemak voor de reiziger.

De tram rijdt grotendeels op eigen vrijliggend spoor. Het is dan ook aan te nemen dat de betrouwbaarheid van de tram beter is dan die van de huidige busverbinding. Waar gemiddeld Maastrichtse streekbussen 2 minuten vertraagd zijn met een variantie van 1,6 minuten, kan verondersteld worden dat de tram nagenoeg altijd op tijd zal rijden. De verbetering in betrouwbaarheid zorgt voor een jaarlijks betrouwbaarheidseffect in 2020 voor Nederlandse reizigers van €0,18 miljoen per jaar.²⁴

Comfort en beleving

In termen van comfort en beleving is er vaak gesteld dat de tram een zogenaamde 'trambonus' heeft ten opzichte van de bus. Onderzoek²⁵ wijst uit dat er sprake is van deze voorkeurspreferentie voor de tram is, mits er in de stad bekendheid met een tram is. De sfeer in het voertuig, de verschillende voertuigeigenschappen²⁶ en het verschil in weergave van de reistijd informatie maakt de tram aantrekkelijker dan een bus. Het is (nog) onduidelijk in hoeverre de tram dezelfde mate van comfort levert als de trein (in de ogen van de klant). Echter, verwacht mag worden dat een light-rail tram qua comfort dicht bij die van een trein komt.

Totaaloordeel doel 2

De TVM vult de ontbrekende grensoverschrijdende railverbinding in tussen Hasselt en Maastricht binnen het euronale vervoersnetwerk. Daarnaast biedt de TVM een kwalitatief hoogwaardig reisalternatief. De TVM komt qua reistijd overeen met een stoptreinverbinding en verkort de OV-reistijd aanzienlijk. Ook biedt de TVM een betere frequentie en kan worden aangenomen dat de TVM qua betrouwbaarheid, comfort en beleving ook een verbetering is ten opzichte van de bestaande busverbinding.

3.4 Doel 3: Aantrekkelijk alternatief voor auto en bus

Wat is het doel?

Er ontbreekt momenteel een aantrekkelijk OV-alternatief voor keuzereizigers. De TVM dient een serieus en aantrekkelijk alternatief te bieden en te leiden tot een hoger aandeel OV in de modal-

²⁴ Ecorys (2012) MKBA Tramlijn Vlaanderen-Maastricht, kosten en baten voor Nederland

²⁵ Tim Bunschoten et al. 2012 Tram of Bus; Bestaat de trambonus? Bijdrage aan Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, November 2012

²⁶ Makkelijk instappen, grote kans op zitplek, goede zitting in het voertuig.

split. Om dit te bewerkstelligen is het nodig dat de verhouding tussen de reistijd per auto en de reistijd per openbaar vervoer verbetert.

Dit doel is geoperationaliseerd in:

- Is de tram een te overwegen alternatief voor keuzereizigers?
- Leidt de tram tot een hoger aandeel van OV in de modal-split?

Criterium 3.1: OV- reistijd kan beter concurreren met de autoreis tijd (VF-waarde)?

We weten vanuit de analyse van de kwaliteit van het reisproduct in doel 2 dat de OV-reistijd tussen Hasselt en Maastricht zal verbeteren. De tramverbinding betekent ten opzichte van de bus een verbetering qua reistijd tussen Hasselt en Maastricht, van 71 minuten naar circa 40 minuten. Echter, om in te kunnen schatten in welke mate deze reistijd ook een aantrekkelijk alternatief is voor voornamelijk keuzereizigers bekijken we de VF-factor.

In de onderstaande tabel zijn de VF-waarden gegeven voor de relaties naar Hasselt. Niet alleen de verplaatsingstijdfactor op de relatie Maastricht-Hasselt verbetert aanzienlijk, maar ook op een aantal andere relaties. Tegelijkertijd nemen de reismogelijkheden richting Brussel en Antwerpen toe.

Tabel 3.4. VF-factoren op internationale relaties, snelste route zonder TVM

Van/Naar	Hasselt (zonder TVM)	Hasselt (met TVM)
Sittard	2.0	1.5
Roermond	1.8	1.4
Heerlen	2.2	1.5
Maastricht	2.2	1.2

Bron: Routenet, NS en NMBS

De VF-waarde van de huidige OV-verbinding tussen Maastricht en Hasselt bedraagt 2,2. In hoofdstuk 2 hebben we al gezien dat dit te hoog is om een alternatief te zijn voor de keuzereizigers. Op de andere relaties in de bovenstaande tabel is de VF-waarde aanzienlijk beter. Om daadwerkelijk te kunnen spreken van een alternatief voor keuzereizigers dient de VF-waarde circa 1,5 te zijn. Dit is voor alle relaties in de bovenstaande tabel het geval.

Criterium 3.2: Hoger aandeel van openbaar vervoer in de modal split

Verwacht mag worden dat de verbetering van de VF-waarde zal bijdragen aan de toename van het aandeel OV in de modal split. Naast een meer concurrerende reistijd spelen echter ook zaken als comfort, frequentie en een herkenbaar OV-product een rol. Zoals besproken in paragraaf 3.3 biedt de tram als geheel een aantrekkelijk vervoersalternatief.

Op basis van de vervoerwaarde gegevens kunnen de volgende conclusies getrokken worden over de verandering in modal split als gevolg van de TVM. Op de gehele corridor Hasselt-Maastricht (in beide richtingen) is in termen van verplaatsingen een modal split bepaald in het verkeersmodel (Goudappel Coffeng) van 94,1% auto en 5,9% OV in 2020. Met de komst van de TVM zal op de gehele corridor Hasselt-Maastricht de modal split voor OV toenemen naar 6,4%. Dit gaat ten kosten van het gebruik van de auto (93,6%).

Totaaloordeel doel 3

De reistijdverhouding tussen de auto en het OV (VF-waarde) verbetert aanzienlijk. De VF-waarde met TVM laat zien dat de tram in staat is om ook voor keuzereizigers een aantrekkelijk alternatief te bieden voor de auto. Niet alleen op de relatie Hasselt-Maastricht, maar ook op andere relaties tussen Belgisch en Nederlands Limburg. Als gevolg van deze verbetering, neemt het aandeel van

het OV in de modal split toe van 6.3% naar 6.5%²⁷ voor Maastricht als geheel. Het aandeel van OV in de modal split op de corridor Hasselt-Maastricht neemt ook toe, nl van 5,9% naar 6,4%.

Let wel, de hier beraamde effecten op de modal split houden geen rekening met actief stimuleringsbeleid gericht op het OV. Zo is de P+R nabij halte Lanaken onderdeel van het project en zal goed zijn voor 150 parkeerplaatsen. De tram sluit aan bij de wens van de gemeente Maastricht om een meer autoluwe binnenstad te creëren. Ook bedrijven krijgen meer mogelijkheden om het OV-gebruik van hun werknemers te bevorderen, zie www.maastrichtbereikbaar.nl. De berekeningen houden geen rekening met dit aanvullend beleid en kunnen als onderschatting worden gezien. Het is niet bekend wat de omvang van dit effect van aanvullend beleid kan zijn.²⁸

3.5 Doel 4: Impuls voor ruimtelijk economische ontwikkelingen

Wat is het doel?

De TVM dient de ruimtelijk economische kwaliteit te versterken van Belgisch en Nederlands Limburg en de door de TVM bediende steden als vestigingsplaats voor bewoners en bedrijven te versterken.

De doelstelling heeft diverse elementen:

- Wat is de 'structureerende werking' van de traminfrastructuur?
- Leidt de tramverbinding tot nieuwe gebiedsontwikkelingen en / of versterkt deze bestaande ontwikkelingen?
- Wat is de betekenis van de nieuwe infrastructuur op het vestigingsklimaat?
- Wat is de bijdrage van de nieuwe infrastructuur aan het functioneren van de regionale economie (arbeidsmarkt, toeristische bestedingen en vastgoed/woonmarkt)?

Criterium 4.1: Structureerende werking

Uit diverse internationale voorbeelden zoals Frankrijk, Duitsland maar ook Spanje, Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Portugal blijkt dat een tramverbinding een positief effect heeft op ruimtelijk economische kwaliteit van een regio²⁹. Er is een duidelijk (wederzijds) verband tussen ruimtelijke ontwikkelingen en het vervoersysteem. In de wetenschappelijke literatuur spreekt men ook wel over Land Use Transport Interaction (LUTI).

De ruimtelijke structureerende werking van infrastructuur is groter in geval van railinfrastructuur dan in geval van buslijnen, mede vanwege het robuuste karakter ervan. Indien een (light) rail lijn goed ligt, ontstaat er rond de haltes 'vanzelf' (door marktkrachten) verstedelijking. Hoewel dat niet altijd opgaat, speelt die invloed vaak wel. Uit onderzoek van Cervero onder 12 steden en regio's komt naar voren dat in succesvolle steden en regio's het ruimtelijk beleid was gericht op proactief afstemmen van verstedelijkingsplannen op het (openbaar) vervoersysteem³⁰.

²⁷ Goudappel Coffeng (2012) Probleemanalyse en Vervoerwaarde TVM

²⁸ Om hier een inschatting van te maken moet eerst worden bepaald wat het aanvullend beleid is. Dat zou door Maastricht gedaan moeten worden. Vervolgens vergt dit, of een globale inschatting, of een nieuwe modelberekening, volgens GC.

²⁹ Zie voor concrete voorbeelden: OV Magazine 2, 4 april 2013, 'Het geheim van Portland', OV Magazine 2, 4 april 2013, Artikel 'Franse tram máákt ruimte', OV-Magazine 6, 22 november 2012, 'Lyon West, metamorfose van een regionaal spoornet'

³⁰ <http://www.verkeerskunde.nl/internetartikelen/internetartikelen/14-factoren-voor-succesvol-openbaarvervoerbeleid.33970>.lynkx Cervero, R. (1998). The transit metropolis. A global inquiry. Washington, D.C. / Covelo, California: Island

Criterion 4.2: Impuls aan gebiedsontwikkelingen (Belvédère)

Een tramlijn kan daarmee functioneren als katalysator van ruimtelijke / stedelijke ontwikkelingen. De belangrijkste gebiedsontwikkeling die in Maastricht voorzien is, is de ontwikkeling van stadsdeel Belvédère. Gebiedsontwikkeling Belvédère bestaat uit de ontwikkeling van de omgeving Bassin (cultuur cluster, stedelijk wonen) en daarnaast de deelgebieden Bosscherveld (grootschalige detailhandel) en het Frontenpark (recreatie en parkgebied). De komst van de tram (inclusief tramhalte) geeft een positieve impuls aan de ontwikkeling van het gebied. Daarnaast krijgt door de aanleg van de tram het straatbeeld van de Boschstraat, Bassin en Maasboulevard een impuls.

Criterion 4.3: Versterking vestigingsklimaat

De Economische visie “Made in Maastricht” (2012) geeft aan hoe de stad vanuit een eigen visie en verantwoordelijkheid met partners werkt aan een economisch vitale en toekomstbestendige stad. De huidige bedrijven en instellingen vormen een stevig fundament in de economische structuur. Die structuur wil de stad optimaal faciliteren en ondersteunen. De focus ligt daarbij op de volgende prioriteiten:

- Maastricht als universiteitsstad en internationale kennisstad. Voor Maastricht als stad betekent dit het optimaal faciliteren van de Maastricht Health Campus in Randwyck. Gemikt wordt op een groei van 40 nieuwe bedrijven, een groei van de werkgelegenheid met 1.100 banen (directe werkgelegenheid) en een groei van het aantal (wetenschappelijke) congressen. Belangrijk is ook het mogelijk maken van de groei van de Universiteit Maastricht naar 25.000 studenten.
- Maastricht ziet de creatieve industrie als een topsector die zich nog beter kan ontplooiën en daarom een economische sector is met veel perspectief. Gestreefd wordt naar een groei met 1500 banen in 2020. Gerichte ondernemersondersteuning en diverse faciliteiten voor starters maken een culturele carrière in meerdere opzichten mogelijk. Belvédère kan hiervoor een uitstekend klimaat bieden.

Voor de prioriteiten geldt dat het uitgangspunt is dat Maastricht een internationale rol in de (Eu)regio en Brainportregio heeft, die gefaciliteerd wordt door goede verbindingen nationaal, binnen de Euregio en binnen het Europese OV, evenals goede verbindingen met (de) internationale luchthavens in de nabijheid. De TVM draagt daarom naar verwachting bij aan het versterken van het vestigingsklimaat.

Onderzoek wijst uit dat de waarde van vastgoed bovengemiddeld stijgt als het vastgoed gelegen is aan openbaar vervoersknooppunten.³¹ Daarnaast is bewezen dat op bepaalde NS-stationslocaties 15% en 17% van de hoogte van de kantoorhuren kan worden ‘toegeschreven’ aan de bereikbaarheid van het gebied.³²

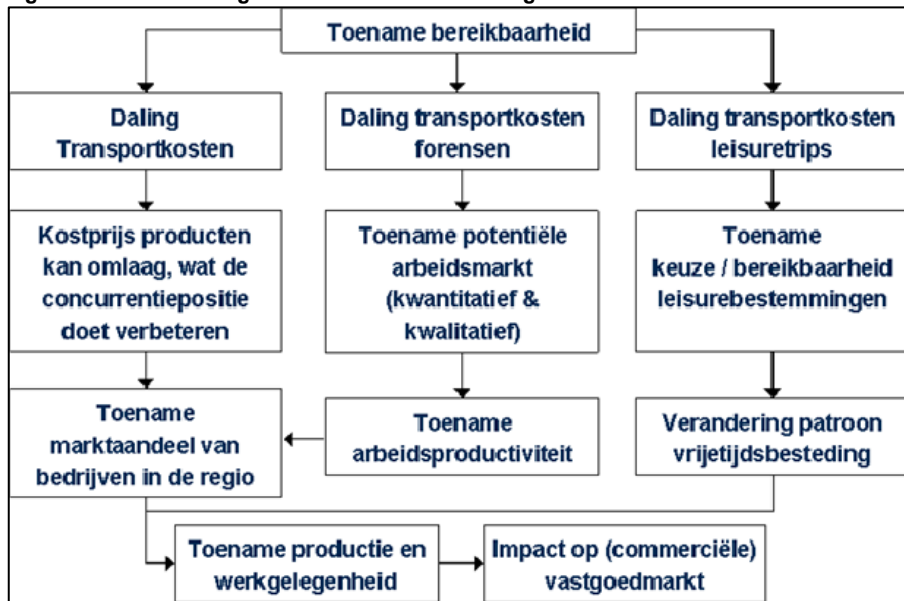
Criterion 4.4: Stimulans voor regionale economie?

Gebruikers van de tram profiteren van een betere bereikbaarheid. In de onderstaande figuur is de doorwerking van een betere bereikbaarheid op drie type verplaatsingen gegeven, zakelijk/goederen, forensen en recreanten. In het geval van de TVM is vooral een effect te verwachten op de forensen en recreatieve gebruikers. Het lijkt op voorhand niet aannemelijk dat er sprake is van een significante daling van de transportkosten van bedrijven.

³¹ Van der Staak en Geuting (2012). OV /RO integratie is mensenwerk

³² Van der Krabben, E. & Martens, K. (2009). Besluitvorming over ruimtelijke investering: een conceptueel model voor een optimale afstemming tussen infrastructuur en gebiedsontwikkeling. Tijdschrift Vervoerswetenschap. 45e jaargang, maart 2009. P. 13-24.

Figuur 3.2. Doorwerking bereikbaarheidsverbeteringen in de economie



Bron: Zie onder meer: F.R. Bruinsma & P. Rietveld (1992), De structurerende werking van infrastructuur – Een state of the art review, RPB (2005) en verschillende onderzoeken eind jaren '90 in het kader van Onderzoeksprogramma Economische Effecten van Infrastructuur in opdracht van de Ministeries van Verkeer en Waterstaat, en Economische Zaken.

Hieronder gaan we in op verschillende effecten die in de bovenstaande tabel genoemd staan, te weten de effecten op de werkgelegenheid, toeristische bestedingen en de vastgoedmarkt.³³

Beter functioneren arbeidsmarkt

Al decennia lang zijn mensen bereid om min of meer dezelfde tijd te besteden aan reizen per dag (Wet van Behoud van Reistijd en VERplaatsing: BREVER). Voor woon-werkverplaatsingen geldt een maximum van circa 45 minuten enkele reis. Door de realisatie van de TVM neemt het aantal banen dat mensen kunnen bereiken binnen 45 minuten per OV in de Euregio fors toe. Sterker nog, de steden Hasselt en Maastricht komen binnen elkaars invloed gebied te liggen. Dit zorgt ervoor dat er een betere match kan ontstaan op de arbeidsmarkt.

Het aantal extra bereikbare werknemers te bereiken in België en Nederland vanuit Maastrichts perspectief door komst van de TVM is weergegeven in volgende tabel.³⁴

Tabel 3.5. Extra potentiële werknemers in perspectief (2020, situatie met TVM versus zonder TVM)

Bereikbare werknemers	Aantal
Bereikbare werknemers Maastricht	84.685
Extra bereikbare werknemers met TVM < 45 minuten	15.570
In perspectief:	
<i>Beroepsbevolking (20 - 65 jaar)</i>	<i>185.460</i>
<i>Maastricht</i>	<i>84.685</i>
<i>Lanaken</i>	<i>17.285</i>
<i>Bilzen</i>	<i>21.100</i>
<i>Hasselt</i>	<i>49.920</i>
<i>Hasselt Diepenbeek</i>	<i>12.465</i>

Bron: Ecorys, gebaseerd op reistijdwinsten tussen België-Maastricht en Nederland –Maastricht, CBS en BEstat

³³ De geschatte effecten zijn gebaseerd op modelleringen. Het moet opgemerkt worden dat het gebruik van modellen altijd een mate van onzekerheid met zich mee brengt.

³⁴ Het gaat dus vooral om het aantal extra bereikbare banen/ werknemers t.o.v. de referentiesituatie. Dit is berekend aan de hand van de bevolkingsdichtheid en geldt dus voor alle herkomst en bestemmingen mits zij een reistijdwinst hebben bij komst van de TVM. Dit geldt ook voor de effecten op werkgelegenheid en toeristische bestedingen.

Door de reistijdverkorting als gevolg van de TVM zijn er voor Maastricht ongeveer 15.000 extra werknemers te bereiken in België en Nederland. Dit zegt echter niets over de daadwerkelijke invulling van banen. Kijkend naar werkgelegenheid in Maastricht en rekening houdend met eerdere studies en kengetallen³⁵, kan een schatting gemaakt worden van de creatie van extra banen in Maastricht, gecreëerd door reistijdwinsten vanuit België en Nederland naar Maastricht. Dit is in perspectief weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3.6. Extra werkgelegenheid in Maastricht (2020, situatie met TVM versus zonder TVM)

Werkgelegenheid	Aantal
Arbeidsvolume Maastricht	53.790
Extra werkgelegenheid Maastricht met TVM	15
In perspectief; werkgelegenheid Nederland alle economische sectoren:	
<i>Banen</i>	7.926.000
<i>Arbeidsvolume</i>	5.926.000
<i>Verhouding arbeidsvolume/banen</i>	75%

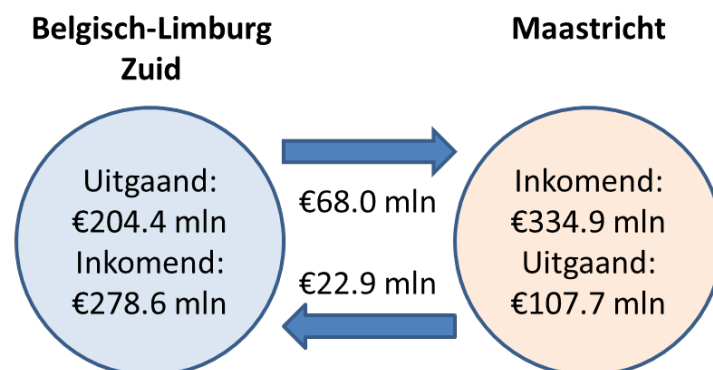
Bron: Ecorys, gebaseerd op kengetallen NWO, CBS

Het aantal extra banen die gecreëerd wordt, is verwaarloosbaar (circa 15 extra banen). Er is sprake van een licht positief effect op de werkgelegenheid in Maastricht, mede door een betere match tussen vraag en aanbod van werknemers.

Toeristisch-recreatieve bestedingen nemen toe

Er is een aanzienlijke intensiteit in winkeluitgaven tussen de regio's Belgisch Limburg Zuid en Maastricht. Deze relatie wordt geïllustreerd in onderstaand figuur.

Figuur 3.3. Niet-dagelijkse bestedingen in winkelgebieden buiten de regio, (BL-Zuid en Maastricht, 2009)



Bron: Ecorys, gebaseerd op BRO (2009) Grenzeloos winkelen 2009

In de figuur is te zien dat van de ruim € 334.9 miljoen dat jaarlijks door mensen uit de regio in Maastricht wordt uitgegeven, 20% afkomstig is uit de regio Belgisch-Limburg Zuid. Van alle niet-dagelijkse bestedingen vanuit deze regio is dit 33%. Geen enkele andere regio³⁶ kan op meer bestedingen vanuit Belgisch-Limburg Zuid rekenen dan Maastricht. De andere kant op komt 8% van alle inkomende bestedingen in Belgisch Limburg Zuid uit de regio Maastricht. Dit is 21% van alle uitgaande bestedingen uit deze regio.

³⁵ Er is uitgegaan van een creatie van 20 extra banen per 100.000 uur reistijdwinst per jaar. Bron: Ecorys (2012) REES en MKBA Ontwikkelas Weert-Roermond, studie N280-West

³⁶ O.a. Aken, Luik, Eindhoven, Venlo, Heerlen, Roermond en Kleve zijn meegenomen in de analyse.

Uit bezoekersonderzoek van de Gemeente Maastricht³⁷ blijkt dat 10% van de bezoekers van het jaarlijks terugkerend winter-thema 'Magisch Maastricht' uit België komt. In het onderzoek is gekeken naar de negatieve aspecten van een bezoek aan Maastricht. Hierbij werden genoemd de slechte bereikbaarheid, weinig parkeermogelijkheden en te dure parkeerplaatsen. De tramlijn biedt voor deze genoemde problemen een uitkomst voor de bezoekers van Maastricht.

Tegelijkertijd neemt het draagvlak voor een aantal voorzieningen toe door de komst van de tram, immers er komen meer potentiële bezoekers binnen het invloed gebied van de voorziening te liggen. Het extra bezoekerspotentieel uit België en Nederland voor Maastricht is weergegeven in volgende tabel.

Tabel 3.7. Extra bezoekerspotentieel in perspectief (2020, situatie met TVM versus zonder TVM)

Type Toerisme	Aantallen	Uitgaven
Verblijfstoerisme		
Totaal aantal nachten en uitgaven bezoekers (2012) - verblijfstoerisme	809.900 ³⁸	€ 50.051.820 ³⁹
Extra potentiële nachten en uitgaven bezoekers - verblijfstoerisme	11.690	€ 722.415
Dagtoerisme		
Totaal aantal toeristen en uitgaven (2012) - dagtoerisme	2.829.965 ⁴⁰	€ 53.769.316 ⁴¹
Extra potentiële bezoekers en uitgaven - dagtoerisme	51.361	€ 975.867

Bron: Ecorys

Door de aanleg van TVM komt er een extra groep *potentiele* verblijfsbezoekers van recreatieve voorzieningen in de regio Maastricht bij. Dit zijn mensen die op een afstand minder dan een half uur reizen van de recreatieve voorzieningen komen te liggen (voornamelijk in België). Op dit moment gaat het om ongeveer 5% van het totaal aantal verblijfsbezoekers dat binnen de straal van 30 minuten woont (ruim 40.000 mensen) - per minuut komt dit neer op een bezoekerspotentieel van 1.350. De reistijdwinst bedraagt in totaal ruim 800 minuten - het potentieel is dus ruim 1 miljoen bezoekers. Aangenomen wordt dat ongeveer 1% extra gaat reizen naar Maastricht vanwege de verkorte reistijd wat neer komt op zo'n 11.000 extra verblijfsbezoekers.

Voor wat betreft het dagtoerisme woont zo'n 6 procent op een afstand minder dan een half uur reizen van de stad, ruim 167.000 mensen. Het bezoekerspotentieel per minuut is ruim 5.500, waarbij ook aangenomen wordt dat ongeveer 1% extra gaat reizen naar Maastricht vanwege de verkorte reistijd. De reistijdwinst bedraagt in totaal ruim 800 minuten. Dit komt voor het dagtoerisme neer op zo'n 50.000 extra bezoekers.

Deze aantallen hebben de potentie om bijna €1,7 miljoen aan extra recreatieve bestedingen te genereren.

3. Gunstig effect op vastgoed- en woningprijzen.

De tram draagt bij aan een prettig leef- en verblijfsklimaat in de binnenstad. Dit komt niet alleen door de afname van het autogebruik in de stad, maar ook doordat een deel van de investeringen in het project voorzien is om de straten waar de tram doorheen gaat van gevel-tot-gevel in te richten en om het stationsplein van Maastricht opnieuw in te richten. De effecten van de vernieuwde inrichting

³⁷ Gemeente Maastricht - Onderzoek & Statistiek (2012), Bezoekersonderzoek Magisch Maastricht 2012

³⁸ Gebaseerd op ZKA Consultants en planners (2013) Hoe ziet de toerist Maastricht?

³⁹ Gebaseerd op gemiddelde bestedingen zoals uit VVV Maastricht (2012) Marketingplan 2012

⁴⁰ Gebaseerd op VVV Maastricht (2012) Marketingplan 2012

⁴¹ Gebaseerd op gemiddelde bestedingen zoals uit ZKA Consultants en planners (2013)

van de straten en het stationsplein zijn lastig te becijferen. Hieronder zijn alleen de effecten van de verbeterde bereikbaarheid opgenomen.

Tabel 3.8. Extra woningwaarde in perspectief (2020, situatie met TVM versus zonder TVM)

Extra Woningwaarde	€
Huidige gemiddelde WOZ waarde woningen Maastricht	€ 197,000
Gemiddelde stijging WOZ waarde per woning door komst TVM	€ 350

Bron: Ecorys, op basis van CPB Studie Stad en Land⁴²

De gemiddelde stijging van woningen in Maastricht door komst van de tram wordt geschat op € 350 per woning. Dit is de extra waardestijging door betere bereikbaarheid van potentiële werknemers.

4. Stedelijke leefbaarheid

Op basis van de gemaakte effecten-analyse van de m.e.r. is het buiten stedelijk tracé van de tramlijn veelal neutraal beoordeeld. Dit heeft vooral van doen met het feit dat dit tracé op een bestaande goederenspoor wordt gerealiseerd. Hierdoor zijn er geen nieuwe effecten op het ruimtelijk beslag. De tram op het binnenstedelijk tracé heeft wat betreft verkeersveiligheid, geluidsbelasting en beïnvloeding op het landschap een licht negatief effect. Echter, doordat er met een elektrische tram wordt gereden zijn er geen negatieve effecten op luchtkwaliteit en zorgt de tram voor minimale extra trillingen op zowel het binnenstedelijk als buiten stedelijk tracé in Maastricht.

De beoordeling op externe effecten in de MKBA houdt ook rekening met de verschuiving van voertuigkilometers van auto en bus naar tram. Hierdoor is er een licht positief effect op veiligheid en emissies waar te nemen, als ook positieve effecten op de parkeerdruk. Extra geluidseffecten zijn nihil, op sommige locaties is sprake van booggeluid. Geconcludeerd mag worden dat de tram een neutrale tot geringe verbetering is voor de stedelijke leefbaarheid van Maastricht.

Totaaloordeel doel 4

De ruimtelijke structurerende werking van infrastructuur is groter in geval van railinfrastructuur dan in geval van buslijnen, mede vanwege het robuuste karakter ervan. De komst van de tram (inclusief tramhalte) beïnvloedt het vestigingsklimaat in positieve zin en zet in het bijzonder het gebied Belvédère op de kaart.

De tram draagt daarnaast bij aan de economische ontwikkeling van de regio, zij het in bescheiden omvang. De tram zorgt ervoor dat er meer potentiële werknemers bereikt kunnen worden door Maastrichtse bedrijven. Dit kan leiden tot circa 15 extra arbeidsplaatsen. Door de betere multimodale bereikbaarheid wordt Maastricht interessanter voor recreatieve verplaatsingen. Verwacht wordt dat er 11.000 extra potentiële bezoekersnachten en 50.000 extra potentiële dag bezoekers zijn. Gezamenlijk hebben deze bezoekers de potentie om €1,7 miljoen aan extra recreatieve bestedingen te genereren. Tenslotte draagt de tram bij de prijzen van vastgoed. Dit komt enerzijds door de betere bereikbaarheid en anderzijds door een aantrekkelijker inrichting van een aantal straten en stationsplein. Alleen de effecten van een verbeterde bereikbaarheid zijn berekend. Deze leiden tot een gemiddelde waardestijging van €350 per woning.

⁴² Uit de studie *Stad en Land* uitgevoerd door het CPB, blijkt dat de grondprijs met € 0,18 stijgt per 1.000 banen. De grondprijs maakt ongeveer 30 procent uit van de WOZ-waarde. De gemiddelde WOZ-waarde voor woningen in de regio Maastricht is op dit moment circa € 197.000, en het aantal woningen in regio Maastricht is ruim 57.000. Het aantal extra bereikbare banen zoals uitgerekend in de voorgaande paragraaf vormt het uitgangspunt van de berekening van de effecten op de vastgoedwaarde, waarbij geldt dat voor elke 1.000 banen in de regio de WOZ-waarde met € 0,18 stijgt.

3.6 Oordeel over nut TVM

In de bovenstaande paragrafen zijn we ingegaan op de verschillende beleidsdoelen die nagestreefd worden met de realisatie van de TVM. Om een oordeel te kunnen vellen, zijn de beleidsdoelen geconcretiseerd in een aantal subdoelen/criteria. In deze paragraaf vatten we de uitkomsten hiervan samen.

Bijdrage door TVM		
Doel 1: Grensoverschrijdende bereikbaarheid		
Ontsluiting voorzieningen in grensregio		Positief
Bijdrage aan grensoverschrijdende samenwerking		Faciliterend
Doel 2: Vervolmaken euregionale verbindingen		
Ontbrekende railverbinding Hasselt-Maastricht		Positief
Verbeterde kwaliteit euregionale reistijden		Positief
Doel 3: Aantrekkelijk alternatief voor auto en bus		
OV alternatief voor keuze reizigers		Positief
OV aandeel in modal split		Positief
Doel 4: Impuls voor ruimtelijke ontwikkelingen		
Structurerende werking infrastructuur		Faciliterend
Impuls voor gebiedsontwikkelingen		Faciliterend
Versterking vestigingsklimaat		Faciliterend
Betekenis voor regionale economie		Positief
Functioneren arbeidsmarkt		Gematigd positief
Toeristische bestedingen		Positief
Vastgoed- en woningprijzen		Positief
Leefbaarheid		Neutraal

Hoewel een substantiële verbetering van het OV ook door de inzet van een snelbus/HOV kan worden geleverd, is de keuze voor een tramverbinding gemaakt. Deze keuze ligt voor de hand vanwege een aantal redenen. De tramverbinding is een essentiële voorwaarde voor het implementeren van het Spartacusplan. Voor de Vlaamse overheid is de tram van strategisch belang omwille van de verdere ontwikkeling van de transnationale Universiteit Limburg in Diepenbeek en Maastricht en de toeristische en economische aantrekkingskracht tussen Hasselt en Maastricht. De Vlaamse overheid heeft daarom de keuze voor de tram gemaakt. De Vlaamse vervoermaatschappij De Lijn draagt de volledige exploitatiekosten en -risico's van deze lijn, inclusief die op het Nederlandse deel.

Op basis van de toets op doelbereik mag geconcludeerd worden dat de TVM positief invulling zal geven aan de vooraf gestelde doelen. Het nut van de TVM vertaalt zich in een toenemende grensoverschrijdende bereikbaarheid, het vervolmaken van de euregionale verbindingen, het bieden van een snel en aantrekkelijk reisalternatief en een redelijk positief effect op gebiedsontwikkelingen en de regionale economie.

4 Conclusie

In dit hoofdstuk worden kort de belangrijkste conclusies gepresenteerd van dit rapport.

Verbetering van het OV-aanbod op de corridor Maastricht-Hasselt wordt noodzakelijk geacht om de ruimtelijk economische samenhang in de EMR te bevorderen

De huidige OV verbinding tussen Maastricht en Hasselt biedt onvoldoende kwaliteit om de noodzakelijk geachte ruimtelijk economische samenhang in de EMR - en in het bijzonder tussen de steden Hasselt en Maastricht - te garanderen en op de langere termijn te bevorderen. De (groeierende) vervoersbehoefte wordt niet optimaal gefaciliteerd, waardoor bereikbaarheidsproblemen over de weg toenemen. Omdat de verplaatsingstijdfactor op de relatie Maastricht-Hasselt ronduit slecht genoemd kan worden, vormt het huidige OV-aanbod geen serieus alternatief voor de auto. Een substantiële verbetering van het OV-aanbod op deze relatie wordt daarom noodzakelijk geacht om het grensoverschrijdende verkeer te faciliteren.

De TVM biedt een oplossing voor de noodzakelijke verbetering van het OV-aanbod op de corridor Maastricht-Hasselt en de EMR

Om een substantiële verbetering van het OV te realiseren is de keuze voor een tramverbinding gemaakt. Dit levert de volgende kwaliteitsslag op voor het OV in EMR:

- Inzet van een hoogwaardige OV-voorziening, het tramproduct wordt meer gewaardeerd dan het busproduct door de reiziger, zo blijkt uit onderzoek.
- De reistijd voor het OV tussen Maastricht en Hasselt wordt door de tram verkort van 71 minuten naar 39 minuten;
- Ook enkele andere relaties van het euregionale netwerk bieden als gevolg hiervan een kortere reistijd.

Een en ander leidt tot de volgende positieve gevolgen voor de vervoersafwikkeling in Maastricht en EMR. Voor 2020 wordt geraamd dat:

- Het aandeel van het OV in de modal split neemt toe van 6,3% naar 6,5%⁴³ voor Maastricht als geheel;
- Het aandeel van OV in de modal split op de corridor Hasselt-Maastricht neemt ook toe, van 5,9% tot 6,4%. Het betreft hier zowel nieuwe reizigers als keuzereizigers waarmee ook een bijdrage wordt geleverd aan het verbeteren van de autobereikbaarheid.

Vermoedelijk is hierbij sprake van een onderschatting van de werkelijke effecten, omdat geen rekening is gehouden met een actief stimuleringsbeleid gericht op het OV, wat nadrukkelijk wel beoogd wordt door de gemeente Maastricht.

De TVM draagt bij aan de versterking van de ruimtelijk-economische kwaliteit van de grensregio

Voor Maastricht staat het realiseren van een economisch vitale en toekomstbestendige stad hoog op de kaart. Het vervullen van een internationale rol in de (Eu)regio en Brainportregio wordt essentieel geacht om dit waar te maken. Hier wordt dan ook hard aan gewerkt in samenwerking met de partners. Goede verbindingen nationaal, binnen de Euregio en binnen het Europese OV spelen hierbij een belangrijk faciliterende rol.

⁴³ Goudappel Coffeng (2012) Probleemanalyse en Vervoerwaarde TVM

Dit rapport heeft aangetoond dat de TVM zal bijdragen aan een aantal wezenlijke kenmerken van ruimtelijke-economische kwaliteit die de Maastricht zal helpen bij het realiseren van haar ambities voor de toekomst:

- Met de komst van de tram verbetert de ontsluiting van arbeids-, onderwijs-, cultuur- en recreatieve voorzieningen aanzienlijk, zowel in Maastricht als Hasselt;
- Door de verbeterde bereikbaarheid worden een aantal extra banen gegenereerd, neemt het aantal bezoekers toe (incl. bezoekersbestedingen) en stijgt de gemiddelde WOZ-waarde van woningen in Maastricht.
- Ook draagt de tram bij aan een prettig leef- en verblijfsklimaat in de binnenstad. Dit komt niet alleen door de afname van het autogebruik in de stad, maar ook doordat een deel van de investeringen in het project voorzien is om de straten waar de tram doorheen gaat van gevel-tot-gevel in te richten en om het stationsplein van Maastricht opnieuw in te richten.

Tot slot moet ook de structurerende werking van een robuuste (light) rail lijn niet worden uitgevlakt. Uit de literatuur is een aantal voorbeelden, waarbij rond strategisch geplaatste haltes 'vanzelf' (door marktkrachten) verstedelijking is opgetreden.



Postbus 4175
3006 AD Rotterdam
Nederland

Watermanweg 44
3067 GG Rotterdam
Nederland

T 010 453 88 00
F 010 453 07 68
E netherlands@ecorys.com

W www.ecorys.nl

Sound analysis, inspiring ideas

Bijlage 2

**TRAM VLAANDEREN MAASTRICHT
PROGNOSE TRILLINGEN**

GEMEENTE MAASTRICHT

9 januari 2014
077493795:0.1 - Definitief
B02046.000016.0100



Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Algemeen	3
1.2	Doel van dit rapport	4
1.3	Scope van het project	4
2	Beoordelingskader	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Aanpak hinderbeoordeling volgens SBR	5
2.3	Aanpak hinderbeoordeling Maastricht	7
3	Aanpak trillingsprognose	8
3.1	Opzet trillingsprognose	8
3.2	Uitgangspunten	8
4	Trillingsmetingen	12
4.1	Algemeen	12
4.2	Veldonderzoek	12
4.3	Meetresultaten	16
4.4	Toets huidige situatie	19
4.5	Uit de metingen getrokken conclusies	20
5	Uitgangspunten prognose	22
5.1	Inleiding	22
5.2	Bronsterkte	22
5.3	Demping van de trillingen	26
5.4	Overdracht trilling van grond naar vloeren	26
6	Toets trillingsintensiteit	27
6.1	SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen	27
6.2	Toets prognose aan sbr-richtlijn Trillingen deel B	27
6.3	Trillingsdempende Maatregelen	30
7	Conclusie	32
Bijlage 1	SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen	34
Bijlage 2	Theorie trillingen	37
Bijlage 3	Meetresultaten	40
Bijlage 3.1	Spoor (Limmelderweg)	40
Bijlage 3.2	Sint Maartenslaan 5	42
Bijlage 3.3	Van Hasseltkade 10	44
Bijlage 3.4	Maasboulevard	46

Bijlage 4	Trillingspredictie.....	48
Bijlage 4.1	Spoor (Limmelderweg).....	48
Bijlage 4.2	Wegverkeer.....	48
Bijlage 4.3	Vloerbebouwing.....	49
Bijlage 5	Referentiedocumenten	50
Colofon.....		51

1 Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Om de bereikbaarheid tussen Belgisch en Nederlands Limburg (in het bijzonder Maastricht) te verbeteren heeft de Belgische vervoerder De Lijn in mei 2004 een tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht voorgesteld. Dit als onderdeel van haar Spartacusplan om het Openbaar Vervoer (hierna te noemen OV) in Belgisch Limburg een kwaliteitsimpuls te geven en een volwaardig alternatief te bieden voor de auto. Belgische en Nederlandse overheden en vervoermaatschappij De Lijn werken sindsdien gezamenlijk aan het tot stand brengen van een tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht. De provincie Limburg werkt met de gemeente Maastricht binnen de Projectorganisatie TVM aan de uitwerking en invulling van het Nederlandse deel van het Vlaamse Spartacusplan; de Tram Vlaanderen-Maastricht (TVM). TVM valt uiteen in een buitenstedelijk tracé en een binnenstedelijk tracé. Op 31 mei 2011 heeft de gemeente Maastricht een definitieve keuze gemaakt voor het binnenstedelijk tracé (Boschstraat - Bassin - Maasboulevard - Wilhelminabrug naar station Maastricht) en inmiddels is in 2012 een planstudie uitgevoerd naar de haalbaarheid van het project. Parallel hieraan is tevens een haalbaarheidsstudie naar het buitenstedelijk tracé uitgevoerd. Op basis van deze haalbaarheidsstudies heeft de gemeenteraad van Maastricht op 18 december 2012 het besluit genomen om de volgende fase richting realisatie van de tramlijn te starten.

Het doel is om vóór 2018 een tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht te realiseren om een stevige impuls te geven aan de bereikbaarheid van de aan deze tramverbinding gelegen stedelijke gebieden en hierdoor bij te dragen aan de versterking van het maatschappelijk en economisch functioneren van deze stedelijke gebieden.

Om de aanleg van de tramverbinding vanaf de Nederlands-Belgische grens ter plaatse van Lanaken via de binnenstad van Maastricht naar station Maastricht mogelijk te maken is het noodzakelijk om de tramlijn planologisch-juridisch te verankeren in een bestemmingsplan. Om het milieu volwaardig mee te kunnen nemen bij de besluitvorming over projecten die gevolgen kunnen hebben voor de (leef)omgeving wordt tegelijkertijd een m.e.r.-procedure doorlopen.

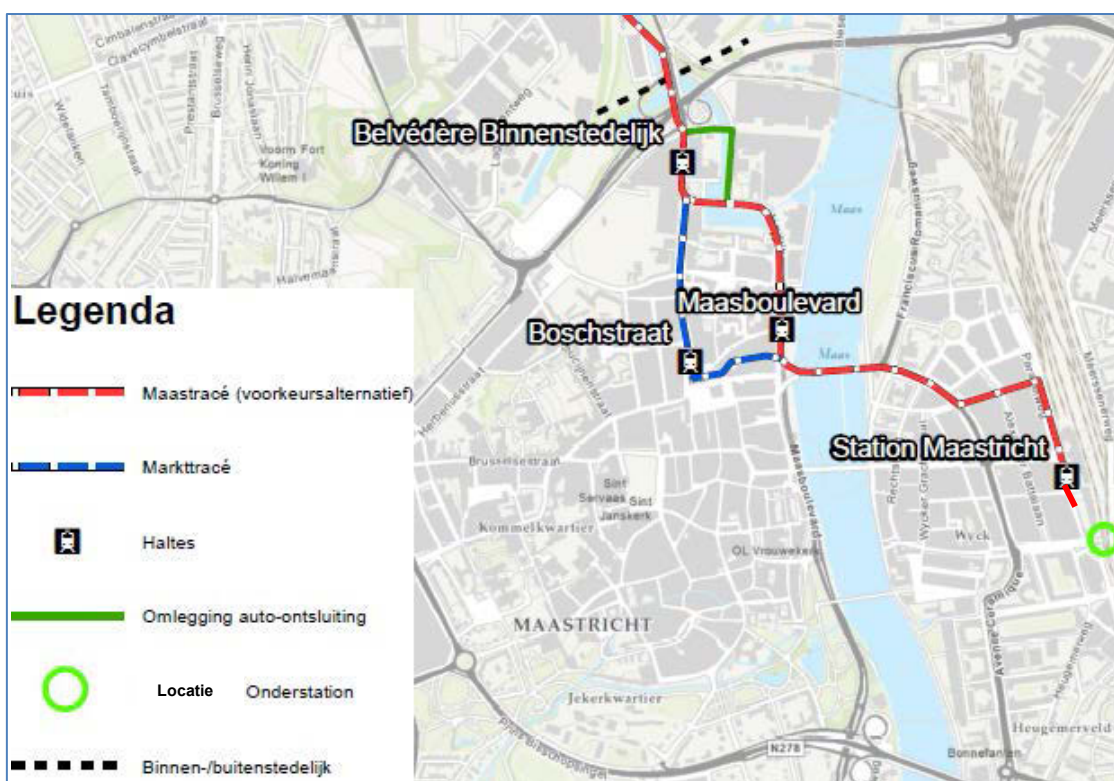
Het bestemmingsplan beoogt het vastleggen van de circa vijf kilometer geëlektrificeerde tramverbinding op Nederlands grondgebied met drie haltes; ter hoogte van Belvédère, de Van Hasseltkade en het Centraal Station van Maastricht. Buitenstedelijk wordt gebruik gemaakt van het bestaande goederenspoor. Binnenstedelijk wordt een nieuwe railverbinding aangelegd.

1.2 DOEL VAN DIT RAPPORT

Het voorliggende Trillingenonderzoek is uitgevoerd voor het opstellen van een m.e.r. en een bestemmingsplan, met als doel het in beeld brengen van de trillingen veroorzaakt in de gebruiksfase door de tram op de lijn Maastricht –Vlaanderen (Hasselt) en deze te toetsen aan de SBR-richtlijn Trillingen Deel B Hinder voor personen in gebouwen.

1.3 SCOPE VAN HET PROJECT

Het projectgebied is gelegen tussen het NS-station Maastricht en de kruising van de Bosscherweg met het goederenspoor aan de Noordzijde van Maastricht. In figuur 1 is de voorkeursvariant over de Maasboulevard in rood aangegeven en de variant over de Boschstraat en de Markt in blauw.



Figuur 1, Varianten Binnenstedelijke deel tramlijn Maastricht-Vlaanderen.

1.4 LEESWIJZER

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 een samenvatting gegeven van het gebruikte beoordelingskader, de SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen. In hoofdstuk 3 is de aanpak van de trillingsprognose weergegeven samen met de gehanteerde uitgangspunten. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 ingegaan op de uitgevoerde trillingsmetingen. In hoofdstuk 5 wordt de trillingsprognose toegelicht. De toetsing van de trillingen in de huidige en toekomstige situatie zullen worden getoetst in hoofdstuk 6. Tot slot volgen in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.

2

Beoordelingskader

2.1 INLEIDING

Voor de beoordeling van trillingen is momenteel geen wettelijk kader beschikbaar. Overeenkomstig de gangbare praktijk wordt voor dit project gebruik gemaakt van de SBR richtlijnen trillingen (SBR, 2003)

De volgende richtlijnen zijn van toepassing:

- In de SBR-richtlijn deel A, Schade aan gebouwen, worden criteria/grenswaarden van maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om schade aan gebouwen te voorkomen.
- SBR-richtlijn deel B, Hinder voor personen, definieert grenswaarden voor trillingen voor hinder voor personen.
- In SBR-richtlijn deel C, Storing aan apparatuur, worden grenswaarden voor maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om storingen aan apparatuur te voorkomen.

De hinderbeleving, waarvoor in deel B van de richtlijn een beoordelingskader is opgenomen, wordt hier als uitgangspunt voor het toetsingskader gehanteerd.

Schade aan bebouwing, onderwerp in deel A van de richtlijn, komt aan de orde bij hogere trillingsniveaus dan hinder en is daardoor niet maatgevend.

Richtlijn C heeft betrekking op zeer specifieke trillingsgevoelige objecten. Omdat er bij het doorlopen van het tracé op Google Maps geen bedrijven zijn opgevallen waarvan verwacht wordt dat zij zeer specifieke trillingsgevoelige apparatuur hebben staan, wordt deel C verder niet in de beoordeling betrokken.

2.2 AANPAK HINDERBEOORDELING VOLGENS SBR

In SBR-richtlijn deel B, hinder voor personen, worden trillingen door spoorverkeer beoordeeld als een herhaald voorkomende trilling gedurende lange tijd.

Voor de aan te houden streefwaarden wordt onderscheid gemaakt in de functie van het gebouw en eventueel in de functie van de ruimte in dat gebouw:

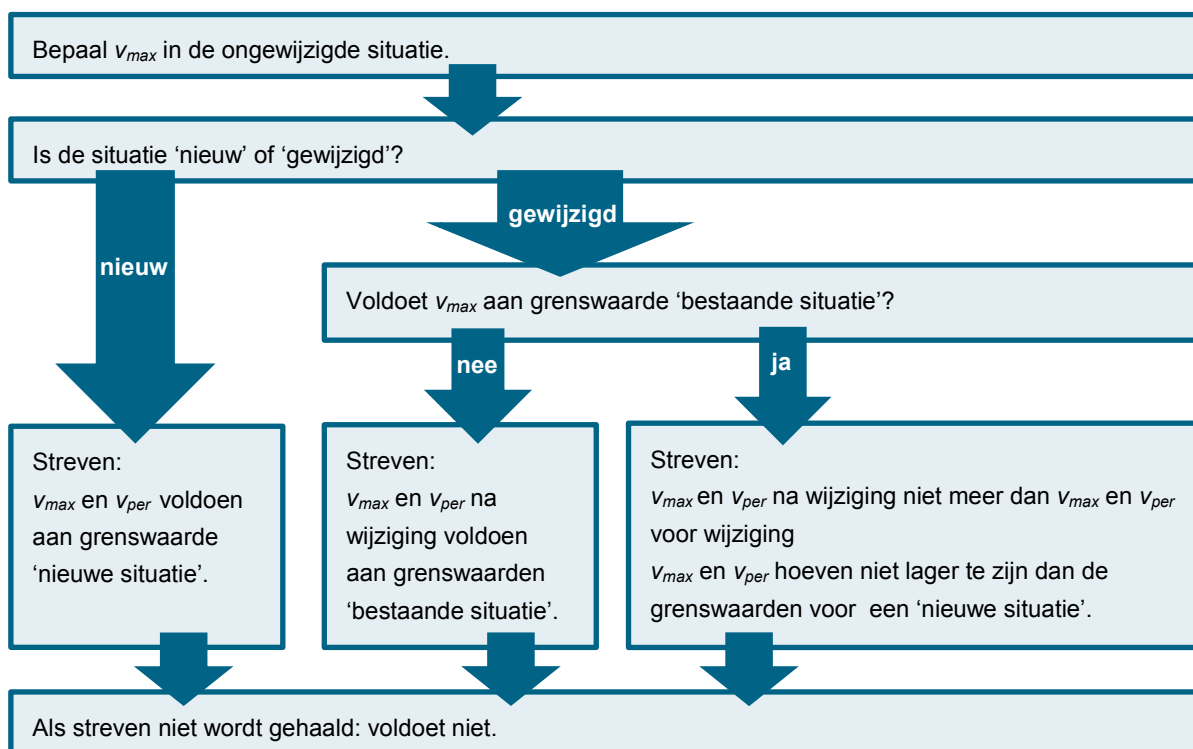
- Gezondheidszorg.
- Wonen.
- Kantoor en onderwijs.
- Bijeenkomstgebouwen (bioscopen, aula's, schouwburgen, kerken).
- Kritische werkruimten (bepaalde ruimten in laboratoria, operatiekamers, studiezalen).

De richtlijn maakt onderscheid tussen de beoordeling van een bestaande, nieuwe, en gewijzigde situatie. De aanpassingen die aan de bestaande wegen gaan plaatsvinden (aanleg tramlijn) worden beschouwd als een nieuwe situatie.

Beoordeling vindt plaats aan de hand van de maximale trillingssterkte ($v_{eff,max}$) en de effectieve waarde van de maxima per beoordelingsperiode (v_{per}). In de v_{per} wordt zowel de gemiddelde effectieve waarde van de (gemeten) trillingen meegenomen als de gesommeerde duur van de trillingen in de beoordelingsperiode.

De SBR-richtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen) geeft drie verschillende grenswaarden A_1 , A_2 en A_3 ter toetsing van de $v_{eff,max}$ en de v_{per} (dimensieloze snelheden) op. Deze streefwaarden zijn erop gericht hinder door trillingen te voorkomen (nieuwe situatie) of zoveel mogelijk te beperken (gewijzigde situatie). Voor een toelichting op de grenswaarden wordt verwezen naar bijlage 1.

Het volgende stroomschema (zie figuur 2) geeft een overzicht van de beoordelingsprocedure van de trillingssterkte op basis van streefwaarden voor de gewijzigde en een nieuwe situatie.



Figuur 2, Schematisatie beoordeling trillingen gewijzigde situatie SBR-richtlijn Trillingen deel B.

De streefwaarden voor de bestaande situatie zijn weergegeven in tabel 1.

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
Onderwijs en kantoor	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15
Bijeenkomst	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15
Kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Tabel 1, Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen voor bestaande situatie (SBR-richtlijn Trillingen deel B).

Ter vergelijking zijn in tabel 2 de streefwaarden voor een nieuwe situatie opgenomen.

Gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
Bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
Kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Tabel 2, Streefwaarden voor continue trillingen voor nieuwe (of bestaande) situaties, (SBR-richtlijn Trillingen deel B).

Voor de functies wonen en gezondheidszorg, is de nacht situatie veel al maatgevend. De nacht situatie verschilt met de dag en avond in de waarde voor A2. In de nacht dient de piekwaarde van de trillingsintensiteit de helft te zijn van de piekwaarde gedurende de dag en de avond.

2.3 AANPAK HINDERBEOORDELING MAASTRICHT

De voorgenen aanpassingen betreffen een aanpassing van de huidige situatie. Echter in de huidige situatie is wel een weg maar geen tram aanwezig. Om deze reden is er voor gekozen uit te gaan van een 'nieuwe situatie', zoals omschreven in de SBR.

De toetsing wordt overeenkomstig figuur 2 als volgt uitgevoerd:

- Er wordt een toetsing uitgevoerd van de bestaande situatie aan de streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen voor bestaande situaties (zie tabel 1).
- Voor de nieuwe situatie wordt vervolgens getoetst of de trillingsintensiteit niet de grenswaarden, zoals deze zijn genoemd in Tabel 2, overschrijden.
- Bij een overschrijding van de grenswaarden uit tabel 2 zal een trillingsreducerende maatregel worden voorgesteld waarmee de grenswaarden wel gehaald kunnen worden.

Omdat het merendeel van de bebouwing de functie wonen heeft en hiervoor de strengere eisen gelden is de toetsing in eerste instantie voor deze functie uitgevoerd. Er zijn geen kritische werkruimten langs het tracé geconstateerd, een toetsing hiervoor mag dus achterwege gelaten worden.

Ten behoeve van de beoordeling van de trillingen zal hiermee voor de toekomstige situatie een "geen hinder"-grens worden bepaald, die de afstand aangeeft waarop geen hinder wordt verwacht voor de functie 'wonen en gezondheidszorg' (hierna te noemen 'wonen'). Voor bebouwing binnen deze afstand is de gebouwfunctie nader onderzocht en is in geval van een andere functie (kantoor, bedrijf) vervolgens het optredende trillingsniveau getoetst aan de streefwaarden die behoren bij de gebouwfunctie.

3

Aanpak trillingsprognose

3.1 OPZET TRILLINGSPROGNOSE

In de MER Maastricht Vlaanderen dient kwantitatief inzichtelijk te worden gemaakt of er hinder in de panden rond de toekomstige trambaan verwacht kan worden. Voor het prognosticeren van trillingen zijn geen algemene modellen beschikbaar die zondermeer een betrouwbare uitkomst leveren. Alle bestaande modellen dienen op metingen in het veld te worden gefit om een zo betrouwbaar mogelijk model te kunnen opstellen. In Maastricht was geen bruikbaar onderzoek bekend voor het opstellen van een trillingsprognose ten behoeve van de toekomstige tram. Ten behoeve van de voorliggende prognose is een drietal metingen uitgevoerd met de volgende doelen:

1. Een inschatting kunnen maken van de bronwaarde van de trilling (trillingen op 5 m uit het spoor).
2. Dempende werking van de grond op de trillingen inventariseren.
3. Inventarisatie van de dempende/opslingerende werking van de trilling binnen gebouwen.
4. Trillingen in de huidige situatie beoordelen (twee locaties, langs het tramtracé).

Voor het vaststellen van de bronsterkte (element 1) is gebruik gemaakt van literatuurgegevens, aangevuld met een trillingsmeting langs het spoor. De overdracht via de ondergrond (element 2) is op basis van trillingsmetingen langs de weg en het spoor bepaald. Voor de overdracht van trillingen in belendingen (element 3) zijn de metingen aan twee representatieve panden gebruikt, zie hoofdstuk 4. Op basis van deze drie elementen is een analytisch model opgesteld. Met behulp van dit model is de afname van de trillingsintensiteit ten opzichte van de afstand geprognoseerd.

Voor de predictie van de trillingsniveaus in de plansituatie wordt gebruik gemaakt van een eenvoudig analytisch predictiemodel, waarbij op basis van een gegeven bronsterkte (element 1), de vastgestelde ruimtelijke demping (element 2) en de overdracht van de ondergrond naar en in de belending (element 3) een prognose van de trillingssterkte in de belendingen wordt opgesteld.

Voor elk van de te onderscheiden deeltrajecten is met behulp van het beoordelingskader (SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen, zie hoofdstuk 2) een afstand bepaald waar geen trillingshinder meer verwacht wordt (element 4). Deze afstanden zijn langs het spoortracé gelegd en bepaald is waar mogelijk trillingshinder kan gaan optreden in de toekomstige situatie.

3.2 UITGANGSPUNTEN

De trillingen worden door de tram afgegeven aan de ondergrond en zullen door de ondergrond de bebouwing en de vloeren in de bebouwing bereiken. Hierin zijn de volgende lokale factoren bij het opstellen van een trillingsprognose beschouwd:

- Grondopbouw.

- Bebouwing (type en funderingswijze).
- Dienstregeling.
- Type tram.
- Sporen lay-out.

Onderstaand worden de bovengenoemde uitgangspunten nader toegelicht.

Grondopbouw

Het DINO-loket van TNO (www.dinoloket.nl) is geraadpleegd om inzicht te verkrijgen in de opbouw van de ondergrond langs het tramtracé. Bij dit loket zijn verschillende sonderingen en handboringen beschikbaar. Voor het centrum van Maastricht is de volgende grondopbouw maatgevend, zie tabel 3.

Op basis van de archiefgegevens is de variatie in de bodemopbouw beperkt, zodat de maatgevende grondopbouw representatief is voor het gehele tracé.

Bovenkant laag [m NAP]	
+43 tot +47 (maaiveld)	Toplaag, Zand en of leem, soms grind- of klei-insluitingen
+43	Leem
+44	Grind
+36	Mergel, (zacht kalksteen)
+28	Verkende diepte

Tabel 3, Schematisatie van de grondopbouw (centrum Maastricht).

Door metingen uit te voeren op locatie kan de dempende werking van de grond het best worden benaderd. In hoofdstuk 3 worden de uitgevoerde metingen nader toegelicht.

Bebouwing

Het centrum van Maastricht bestaat veelal uit bebouwing van minimaal 40 jaar oud (ingeschat op basis van Google Maps).

Aan de hand van de ouderdom van de bebouwing en de grondopbouw wordt ingeschat dat de bebouwing de volgende kenmerken heeft:

- Fundering op staal.
- Houten vloeren.
- Metselwerk.
- Beschermd stadsgezicht en mogelijk monumentale panden.

Naast de bebouwing van 40 jaar en ouder is er een aantal panden in het centrum van Maastricht dat jonger is. Deze bebouwing verschilt van de oudere bebouwing. Aan deze bebouwing kunnen op basis van de uiterlijke kenmerken (Google Maps) de volgende kenmerken worden ingeschat:

- Fundering op staal maar mogelijk ook op palen.
- Betonnen vloeren.
- Betonbouw.

Naast de kenmerken van de bebouwing is voor het bepalen van trillingshinder ook van belang de bestemming van de bebouwing te kennen. Op basis van Google Maps is ingeschat dat de bebouwing veelal een woonfunctie heeft (hieronder vallen ook gezondheidszorg of hotels). Voor de bestemming wonen gelden de strengste richtlijnen met betrekking tot trillingshinder.

Dienstregeling tram

Voor de toetsing van de trillingen is het van belang te weten hoe vaak er in een periode een tram passeert. Overeenkomstig de rapportage Akoestisch onderzoek tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM) (ARCADIS 4 november 2013) zijn de volgende aantallen trams (vier bakken per tram) per periode aangehouden:

- Dag (7.00 uur tot 19.00 uur) gemiddeld 2 trams per uur, per richting.
- Avond (19.00 uur tot 23.00 uur) gemiddeld 1,25 trams per uur, per richting.
- Nacht (23.00 uur tot 7.00 uur) gemiddeld 1,125 trams per uur, per richting.

Naast het aantal trams dat per periode passeert is ook de snelheid van de trams van invloed op de trillingsintensiteit. Er wordt op verschillende trajecten met een verschillende snelheid gereden.

Onderstaand is een samenvatting van de bepaalde rijksnelheden van de trams per locatie weergegeven.

▪ Bosschstraat	30 km/uur
▪ Maasboulevard	40 km/uur
▪ Markt/Gubbelstraat	20 km/uur
▪ Wilhelminabrug/WilhelminaSingel/Sint Maartenslaan	30 km/uur
▪ Parallelweg / Spoorweglaan	20 km/uur

Type tram

Het materieel voor de tram is nog niet bekend. Wel is er een principe keuze gemaakt voor een Regio Citadis-achtige tram. Dit is vergelijkbaar met een Lightrail voertuig.

Sporenlay-out

De goederenspoorlijn bestaat uit een enkel spoor. Na het uittakken van de tram van het goederenspoor verdubbelt het tramspoor, zodat iedere rijrichting een afzonderlijk spoor heeft. De sporenlay-out is van invloed op de trillingen. Wissels en spoorvoegen hebben een nadelig effect op de trillingsintensiteit. De trilling veroorzaakt bij het doorrijden van een wissel is op basis van ervaringen met andere rail-infra projecten 1,5 maal groter dan het rijden van een tram op een vrije baan.

4

Trillingsmetingen

4.1 ALGEMEEN

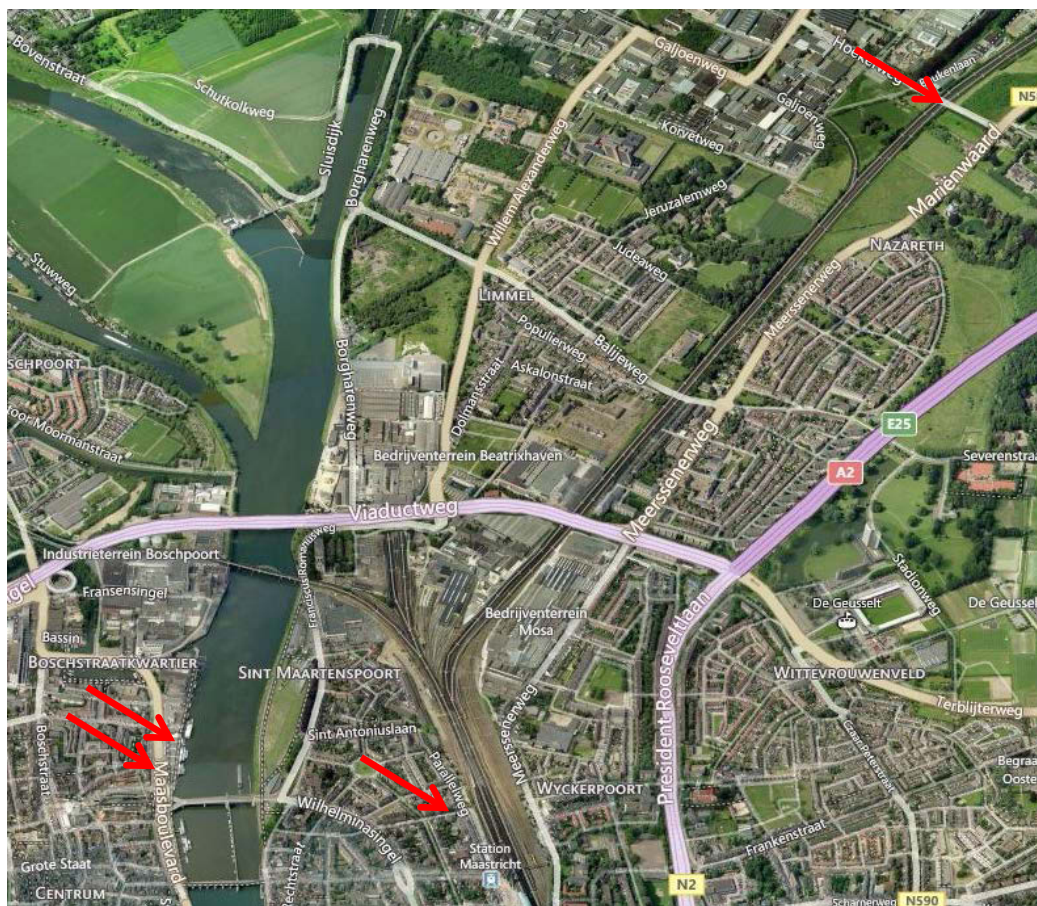
Voor het modeleren van trillingen in de grond is geen model beschikbaar. Projectsamenstelt een model te worden ontwikkeld dat door het te fitten op meetresultaten een betrouwbaar resultaat levert. Hierdoor is het noodzakelijk om metingen op locatie uit te voeren op basis waarvan de dempende werking van de grond kan worden bepaald en de bronwaarde (trillingsintensiteit op 5 m uit de trillingsbron) en de overdracht naar de bebouwing geverifieerd kunnen worden. Onderstaand worden de trillingsmetingen nader toegelicht.

4.2 VELDONDERZOEK

Ten behoeve van het verkrijgen van voldoende informatie van de trillingen veroorzaakt door een tram en de dempende werking van de grond zijn op vier locaties trillingsmetingen uitgevoerd:

- Limmelderweg (24 oktober 2013, meting aan trillingen spoor).
- Maasboulevard (28 oktober 2013 schuin tegenover van Hasseltkade 10).
- Van Hasseltkade 10 (30 oktober 2013).
- Sint Maartenslaan 5 oneven (30 oktober 2013).

Een overzicht van de meetlocaties is weergegeven in figuur 3. In bijlage 3 zijn foto's van de meetlocaties weergegeven.



Figuur 3, Overzicht meetlocaties.

De locatie Limmelderweg is niet langs het tracé van één van beide varianten gelegen. Deze locatie is daarentegen langs het spoor gekozen om zo een inschatting te kunnen maken van de bronwaarde van een lightrail voertuig, zoals de GTW (Veolia Heuveland). Een dergelijk lightrail voertuig lijkt sterk op een tram en is daarmee het meest maatgevend voor een tram op een ondergrond zoals deze in Maastricht en omgeving wordt aangetroffen.

De metingen aan de bebouwing aan de Van Hasselkade 10 en de Sint Maartenslaan 5 is geselecteerd aan de hand van de volgende criteria:

- Leeftijdbebouwing.
- Ligging ten opzichte van de toekomstige tramsporen.
- Functie van de panden.
- Ligging aan het voorkeurstacé.

Aangezien de bebouwing aan de Sint Maartenslaan en de van Hasselkade dicht langs de weg zijn gelegen was hier niet de mogelijkheid om een meetraai op te stellen en de dempende werking van de grond te bepalen. Daarom is langs de Maasboulevard een aanvullende meting uitgevoerd.

Bij de metingen zijn de trillingsniveaus gemeten die bij de huidige wegconfiguratie en op het huidige spoor optreden. De trillingsmetingen in het veld en de primaire dataverwerking van deze onderzoeksgegevens zijn uitgevoerd door DPA Cauberg-Huygen. De meetresultaten zijn vastgelegd in bijlage 3.

Om de trillingen die de treinen in de grond veroorzaken te kunnen meten, is gebruik gemaakt van snelheidsopnemers. De snelheidsopnemers worden afgesteld op een vaste sample-periode van een aantal seconden. Per periode wordt steeds de hoogst gemeten waarde van de trillingssnelheid opgeslagen. Per passerend voertuig is tijdens de metingen steeds de tijd en het type voertuig genoteerd.

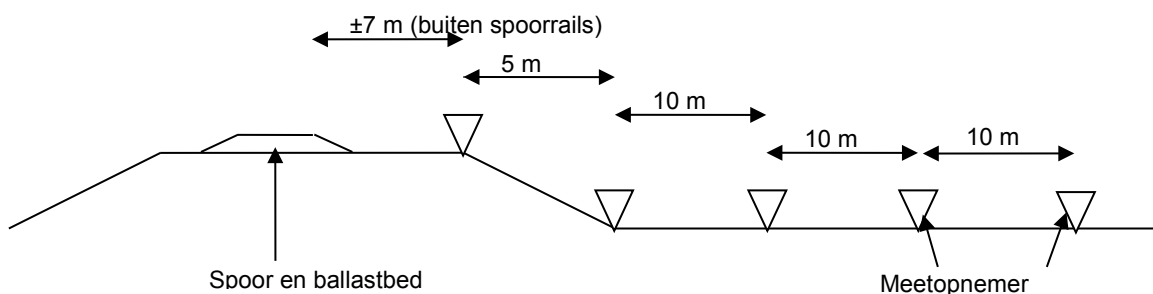
Opstelling Limmelderweg

De opstelling aan de Limmelderweg bestond uit een meetraai van vijf meetopnemers. De raai stond haaks op het spoor en langs een gedeelte van de spoorbaan. Deze is vrij van kunstwerken en wissels. De eerste meetopnemer werd op ongeveer 7 m van het spoor geplaatst, zie figuren 2 en 3.

De tweede meetopnemer is op een afstand van circa 12 m van het spoor neergezet, de derde op circa 22 m, de vierde op ongeveer 32 m en de vijfde op 42 m, zie figuur 2 en 3. Op deze manier worden de trillingen veroorzaakt door de trein op verschillende afstanden van het spoor gemeten.



Figuur 4, Meetopstelling Limmelderweg (meting trillingen spoor).



Figuur 5, Schematisatie meetopstelling Limmelderweg.

Hoe verder het meetsysteem zich van het spoor bevindt des te lager zal de gemeten trillingsintensiteit zijn. Op deze manier kan uit de meetresultaten de demping van de trillingssnelheid worden bepaald samen met de bronwaarde van de trilling op 5 m uit het spoor.

De trillingsmetingen aan de Limmelderweg zijn enkel op het maaiveld uitgevoerd. Er zijn geen metingen aan de bebouwing uitgevoerd.

De duur van de meting (exclusief opbouwen en testen van de meetopstelling) betreft zes uur.

Maasboulevard

De metingen aan de Maasboulevard zijn op vergelijkbare wijze uitgevoerd als de meting aan de Limmelderweg, met als verschil dat hier uitsluitend autoverkeer op een wegverharding (asfalt) als trillingsbron voorhanden was.

Duur van de meting (exclusief opbouwen en testen van de meetopstelling) betreft drie uur.

Van Hasseltkade 10 en Sint Maartenslaan 5

Om naast een beeld van de dempende werking van de grond op de trillingsoverdracht ook een beeld te verkrijgen in hoeverre trillingen in de bebouwing een dempend effect of een opslingerend effect kennen is op twee locaties langs het voorkeustracé in de bebouwing gemeten. Op deze locaties is steeds op de straat tussen de gevel en de weg een trillingsopnemer op maaiveld geplaatst en zijn er twee opnemers in de bebouwing geplaatst. De eerste meter dicht op de fundering om na te gaan welk dempend effect de overgang van de grond naar de fundering heeft op de trilling. Een tweede meter is midden op de vloer van de tweede of derde verdieping geplaatst om hier het effect van de overgang van de trilling uit de constructie op de vloer te bepalen.



Figuur 6, Meetopstelling binnen, Links aan de Sint Maartenslaan (tweede verdieping), rechts Van Hasseltkade (derde verdieping).

Tijdens een eerste verkenning op 28 oktober aan de Sint Maartenslaan bleek dat de trillingen die afgegeven werden door de bussen een te lage intensiteit hadden om binnen in het pand te kunnen meten. Daarom is besloten tijdens de meting op 30 oktober 2013 een 42 tons vrachtwagen (leeg 15 ton, lading 27 ton) in te zetten om meer trillingen te veroorzaken die wel meetbaar zijn. De vrachtauto heeft gedurende de meting 37 passages gemaakt in twee uur tijd, waardoor een voldoende grote set aan meetdata is verkregen.

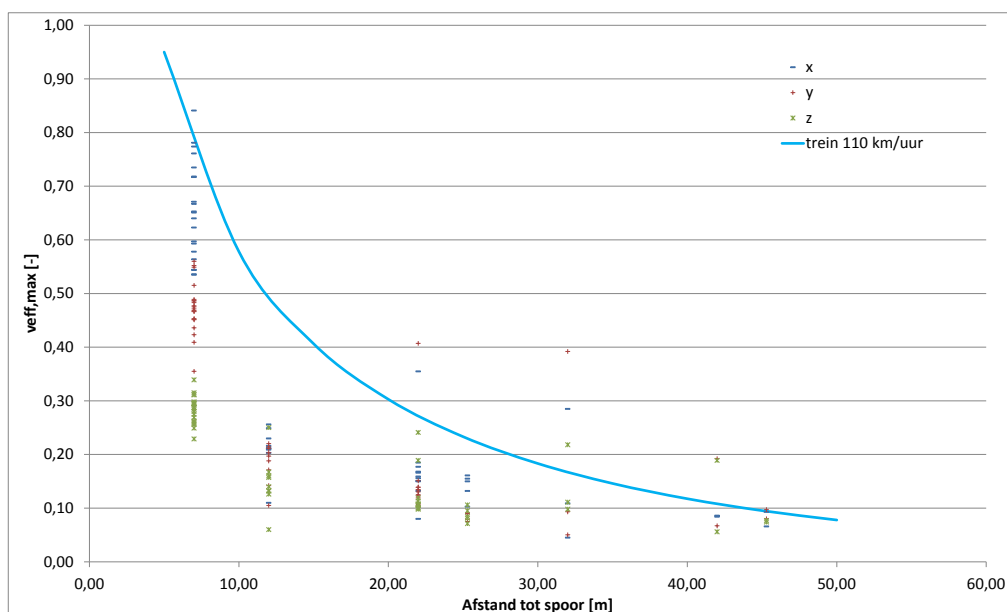
De duur van de metingen betrof (exclusief opbouwen en testen van de meetopstelling) voor de Van Hasseltkade en de Sint Maartenslaan beide twee uur.

4.3 MEETRESULTATEN

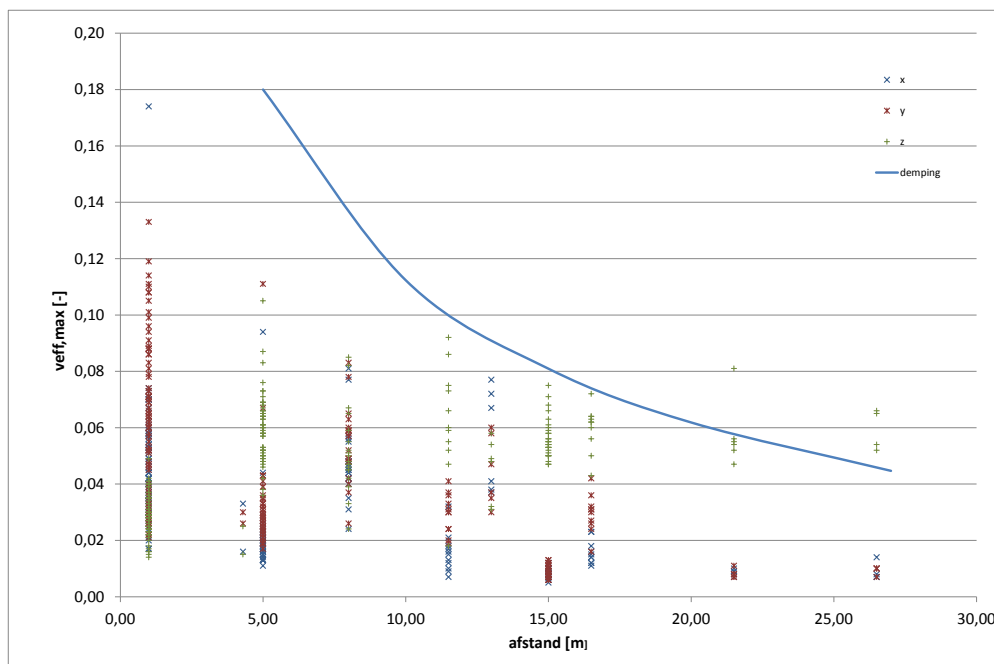
De meetresultaten zijn in drie onderdelen uitgewerkt, namelijk als volgt:

- Resultaten meting langs het bestaande spoor (meting Limmelderweg).
- Resultaten maaiveld meting langs de weg (Maasboulevard, Van Hasseltkade en Sint Maartenslaan).
- Resultaten van metingen in de panden (Van Hasseltkade en Sint Maartenslaan).

Hierdoor is na afloop van de meting de piekwaarde van de trilling in de verkregen data terug te vinden. Op deze wijze is voor alle meetopnemers de data uitgewerkt tot een trillingsintensiteit $v_{\text{eff,max}}$. De meetdata is weergegeven in de figuren 7, 8 en 10.

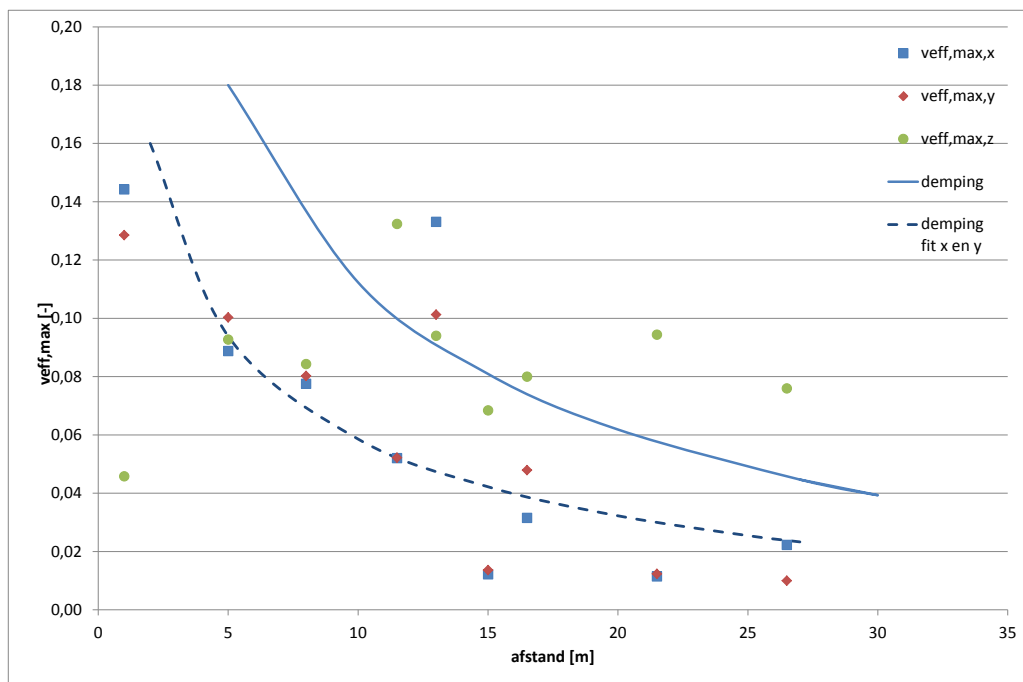


Figuur 7, Uitgewerkte meetresultaten GTW van Veolia, trillingsmetingen langs spoor (Limmelderweg).



Figuur 8, Uitgewerkte meetresultaten maaiveldmetingen Maasboulevard, Van Hasseltkade en Sint Maartenslaan.

In de grafieken van de figuren 7 en 8 is de lijn van 95%-waarden van de trillingsintensiteit weergegeven (op basis van vergelijking 2 uit paragraaf 5.4). De 95%-waarde is bepaald voor de GTW-voertuigen van Veolia. Op basis van deze meting is een dempingsconstante van de grond bepaald van $\alpha = 0,03$. Vervolgens is getoetst of deze dempingsconstante ook in de meetwaarden van de locaties in de stad zijn terug te vinden. In eerste instantie lijkt de dempingsconstante hier (figuur 8) minder goed te passen. Wanneer er nader wordt ingezoomd op de 95%-waarden van de meetdata blijkt dat de dempingsfactor goed overeenkomt met de x- en de y-waarde van de trillingsintensiteit, zie figuur 9. In de z-waarde van de trillingen is meer ruis aanwezig dan in de metingen uitgevoerd in de stad. Hiervoor is wel de dempingswaarde van $\alpha = 0,03$ aangehouden, maar met een hoge bronwaarde op 5 m afstand.

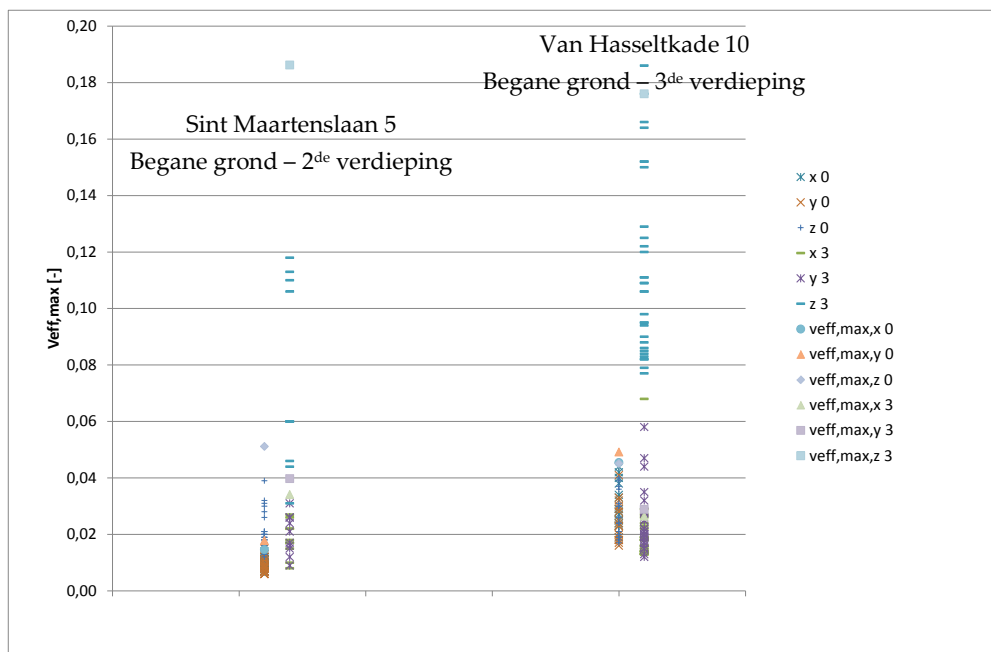


Figuur 9, 95%-waarden van de x-, y- en z-richting van de trillingsintensiteit.

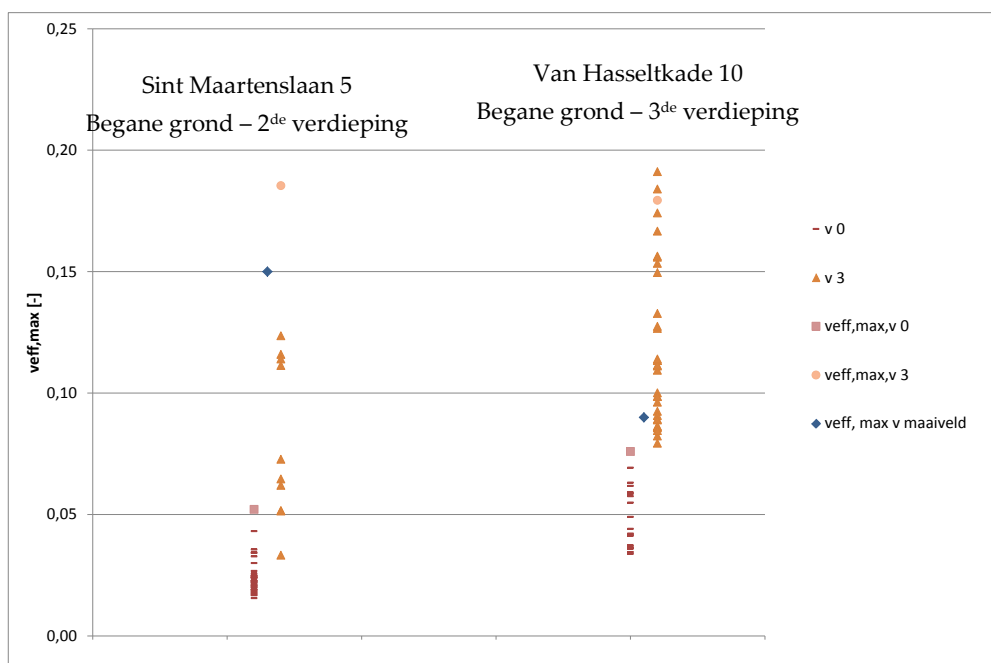
In figuur 10 zijn de trillingsmetingen die in de bebouwing zijn gemaakt gepresenteerd. Uit deze metingen blijkt een opslingerend effect van de vloeren op de tweede en derde verdieping. De meetwaarden van de begane grond (aangegeven met index 0) zijn beduidend lager dan de meetwaarden gemeten op de tweede en derde verdieping (index 3).

Om de opslingerende werking van de vloeren te bepalen is de vectoriele grootte van de trilling bepaald, voor de trillingen op de vloeren. Tevens is de vectoriele trillingsintensiteit op maaiveld dicht bij de bebouwing bepaald. De tussenliggende factor geeft de opslingering van de vloeren. De volgende factoren zijn bepaald voor de opslingerende werking van de vloeren:

- Van Hasseltkade opslingering met factor 2.
- Sint Maartenslaan opslingering met factor 1,3.



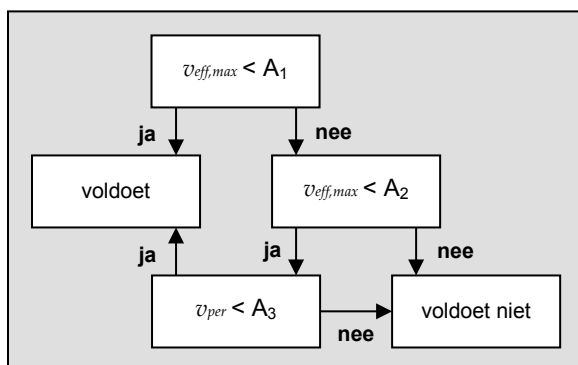
Figuur 10, Trillingsintensiteit op de Van Hasseltkade 10 en Sint Maartenslaan 5.



Figuur 11, Vectoriele trillingsintensiteit op de vloer van de bebouwing.

4.4 TOETS HUIDIGE SITUATIE

De toetsing van een gebouw op trillingshinder vindt plaats aan de hand van tabel 3 uit SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen. In onderstaande tabel 4 zijn de toetsingswaarde weergegeven. Toetsing vindt plaats volgens de volgende stappen, zie figuur 12.



Figuur 12, Stroomschema toetsing trillingsintensiteit, conform SBR-richtlijn Trillingen deel B.

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
Onderwijs en kantoor	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15
Bijeenkomst	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15
Kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Tabel 4, Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen voor bestaande situatie (SBR-richtlijn Trillingen deel B).

Als eerste wordt in tabel 5 de waarde van $v_{eff,max}$ getoetst aan de A1 waarde, zie tabel 5. De trillingsintensiteit is kleiner dan de streefwaarde van A1 dus in de bestaande situatie is geen trillingshinder te verwachten.

Locatie	$v_{eff,max}$ [-]	A1	Toets $v_{eff,max} < A1$
Van Hasseltkade 10	0,19	0,2	voldoet
Sint Maartenslaan 5	0,18	0,2	voldoet

Tabel 5, Toetsing trillingsintensiteit Van Hasseltkade 10 en Sint Maartenslaan 5.

Bij de toetsing wordt opgemerkt dat er in tegenstelling tot de SBR-richtlijn trillingen deel B Hinder voor personen niet gedurende een hele dag is gemeten. Gedurende een periode van twee uur is gedurende de dag gemeten. Uit de lijst van gepasseerde voertuigen (opgesteld door de veldmedewerker) blijkt dat er gedurende de meetperiode voldoende zwaar verkeer (bussen en vrachtwagens) is gepasseerd om een reële inschatting van de $v_{eff,max}$ te maken.

4.5 UIT DE METINGEN GETROKKEN CONCLUSIES

Op basis van de uitgewerkte metingen zijn de volgende conclusies getrokken:

- De metingen op de Limmelderweg geven een representatief beeld ten opzicht van de meetwaarden verzameld bij de metingen langs het voorkeursstracé. De damping van de trillingen is vergelijkbaar van grootte. Opgemerkt wordt dat de trillingen in de stadse omgeving meer ruis vertoonden dan die langs het spoor. Verder zijn verschillen gevonden in de trillingsintensiteit. De treinen gemeten op het spoor hebben een hogere snelheid dan het huidige verkeer en veroorzaken daardoor een trilling met een hogere trillingsintensiteit dan het verkeer.

- In twee woningen zijn metingen uitgevoerd op de vloeren van de begane grond en de tweede en derde verdieping. Opvallend is dat de vloeren op de begane grond ten opzichte van de meting op maaiveld enige demping laten zien. Op de tweede of derde verdieping daarentegen wordt een opslingering van een factor 1,3 aan de Sint Maartenslaan tot 2 aan de Van Hasselkade bepaald, een forse opslingering ten opzichte van de meting op maaiveld. Dit houdt in dat de trillingen binnen op de tweede of derde verdieping eerder voelbaar worden dan buiten op maaiveld.
- Voor de huidige situatie wordt op basis van de metingen beoordeeld dat er geen sprake is van trillingsniveaus die hinderlijk zijn in de bebouwing van de Van Hasselkade 10 en de Sint Maartenslaan 5.

5

Uitgangspunten prognose

5.1 INLEIDING

In voorliggend hoofdstuk worden de uitgangspunten onderliggend aan de trillingsprognose benoemd en toegelicht. Deze uitgangspunten vormen de basis van het model dat is gebruikt voor de predictie van de trillingen die in de toekomstige situatie door de tram worden veroorzaakt.

Het betreffende volgende uitgangspunten:

- Op basis van een literatuurstudie en metingen langs het bestaande spoor (treinen) is de bronsterkte van de trams vastgesteld.
- Het beschrijven van de verspreiding van de trillingen in de ondergrond
- Het bepalen van een overdrachtsfactor tussen de trillingen in de grond en de trillingen die worden gemeten op de vloer in de bebouwing.

In hoofdstuk 6 worden met behulp van het prognose model de afstanden bepaald waarbuiten geen trillingshinder te verwachten is, op basis van de toetsingsmethode van de SBR-richtlijn trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen.

5.2 BRONSTERKTE

De bronwaarde van de trillingen in de grond wordt op een afstand van 5 m uit de bron bepaald. In het voorliggende geval zal de bronwaarde van de trilling op 5 m uit de tramsporen bepaald worden. Om de bronwaarde voor de toekomstige tram in Maastricht te bepalen zijn de volgende onderzoeken gedaan:

- Literatuurstudie.
- Trillingsmetingen.

Onderstaand zullen de beide onderzoeken nader worden toegelicht.

Literatuuronderzoek

Ten behoeve van het literatuuronderzoek zijn de volgende rapporten geanalyseerd:

- WNP raadgevende ingenieurs, Onderzoek trillingbeperkende maatregelen Regio Tram Groningen, Rapport 4121054.R01, 7 mei 2012.
- J.E. Coulter Associates Limited, Noise and Vibration impact assessment region of Waterloo Rapid Transit System, January 9 2012 (Ontario Canada).
- ARCADIS, RGLO MIT 4 BSL 3 WP 7.11 Trillingen, L3.7.11.1 Rapport Trillingen, 141222/EA7/1V6/260.061/nve, Versie 1.0, 2 oktober 2007.

- dGmR, Rapport V.2009.1067.02.R001, RijnGouweLijn-Oost, Trillingsonderzoek 2009, definitief, 15 januari 2010.
- Peutz, Nieuwbouw TNW TU Delft / Tramlijn 1, Managementsamenvatting trillingen door trambaan, Rapportnummer SG 921-9-RA-001 d.d. 14 juni 2013

De bovengenoemde literatuur betreft verschillende meet- en berekeningsrapporten van trillingsonderzoeken voor trillingen veroorzaakt door trams en of lightrailvoertuigen. De onderzoeken verschillen van elkaar qua:

- Grondopbouw.
- Spoortypen (met of zonder ballast).
- Type voertuig.
- Uitwerking van de meting of prognose.

In tabel 6 is een samenvatting gemaakt van de verzamelde bronwaarden die als volgt zijn omgerekend naar een treinsnelheid van 40 km/uur:

$$v_{tram,x \text{ km/uur}} = v_{tram,40 \text{ km/uur}} \sqrt{\frac{x}{40}}$$

Vergelijking 1, Omrekening trillingsintensiteit afhankelijk van de snelheid van de tram.

Waarin:

v_{tram} : trillingssnelheid [mm/s]

x : snelheid tram [km/uur]

Type spoor	grondopbouw	$v_{max, tram}$ [-] op 5 m uit spoor	Opmerkingen
Spoor in ballast	Veen/klei lagen	3,48	Lightrail met 'vierkante' wielen.
		0,71 – 1,81	Lightrail.
	Zand en klei	0,40 mm/s - 0,80 mm/s	Rms.
		0,39 mm/s	Op staal gefundeerde woning.
Spoor in beton (ballastloos)	Veen/klei lagen	0,24	Vrije baan.
	Veen/klei lagen	0,34	Wissel.
	Klei op zand	0,12 mm/s – 0,63 mm/s	Afhankelijk van werking eventuele maatregelen (dempend of opslingerend effect).
	Klei/veen lagen	0,2 mm/s	Tram nabij halte (rms), geschatte snelheid 10 km/uur

Tabel 6, Trillingsintensiteit tram gemeten op 5 m uit het spoor (op basis van literatuur onderzoek).

Metingen

Langs het spoor in Maastricht zijn trillingsmetingen uitgevoerd om een inschatting te kunnen maken van de demping van de trillingen in de grond. Voor een nadere toelichting op de metingen wordt verwezen naar hoofdstuk 3. De metingen kunnen worden gebruikt om een inschatting van de bronwaarden van de tram te maken.

De treinen als trillingsbron kennen een aantal grote verschillen met een tram:

- Treinen hebben een hogere snelheid (91 km/uur tot 129 km/uur versus 20 km/uur tot 40 km/uur).

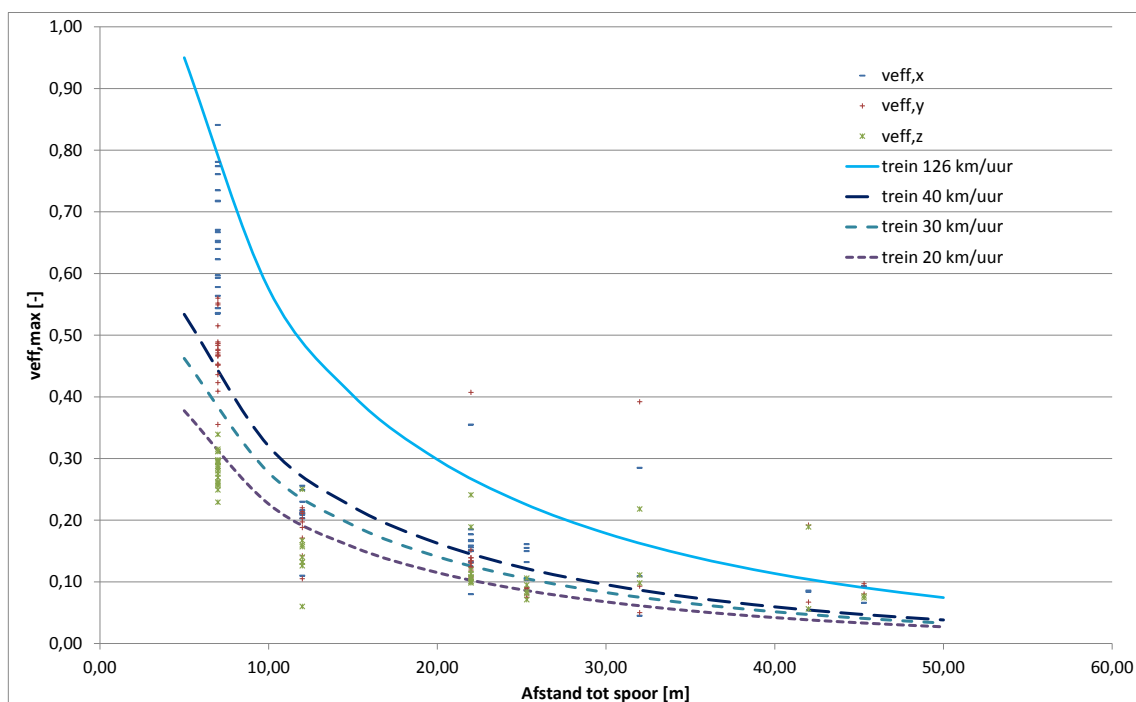
- Treinen rijden op een spoor in ballast en trams op een spoor in beton (een spoor in beton heeft een gunstig effect op de trillingen).

Op basis van de metingen is een $v_{eff,max}$ op 5 m uit het spoor bepaald van 0,95 voor de treinen van Veolia (GTW). Deze treinen hadden gemiddeld genomen een snelheid van 110 km/uur (laagste snelheid 91 km/uur, hoogste snelheid 129 km/uur). Uitgaande van de 95% waarde gelijk de trillingsintensiteit, is een rijsnelheid van de treinen aangehouden van 126 km/uur.

Bij een lagere snelheid kan verwacht worden dat een lagere trillingsintensiteit zal optreden. Met behulp van vergelijking 1 is de trillingsintensiteit $v_{eff,max}$ bij een rijsnelheid van 20 km/uur, 30 km/uur en 40 km/uur. In tabel 7 en in figuur 13 zijn de resultaten hiervan weergegeven. Tevens zijn de meetresultaten (in x-, y- en z-richting) van de Veolia trein weergegeven in figuur 13.

Rijsnelheid [km/uur]	$v_{eff,max}$ [-]
20	0,38
30	0,46
40	0,53

Tabel 7, Omrekening bronwaarde trillingsintensiteit naar lagere rijsnelheid tram.



Figuur 13, Trillingsintensiteit gemeten trillingen GTW en (treinen Veolia).

Bronwaarde Maastricht

De werkelijke bronwaarde van de toekomstige tram is van meerdere factoren afhankelijk. Zo zijn onder meer de volgende factoren van invloed:

- Snelheid van het voertuig.
- Gewicht van het voertuig.
- Spoorconstructie.

Onderstaand worden de bovengenoemde effecten nader toegelicht.

Snelheid van het voertuig

Wanneer een tram (of trein) met een hogere snelheid rijdt zal er meer trillingsenergie aan de omgeving worden afgegeven dan als een tram met een lagere snelheid rijdt. Meer energie wil zeggen dat de intensiteit van de trillingen sterker wordt. Op basis van de metingen is voor een GTW trein, die gemiddeld genomen met een snelheid van 110 km/uur de meetlocatie is gepasseerd, onderzocht wat de trillingsintensiteit is op 5 m afstand van het spoor. Deze trillingsintensiteit $v_{eff,max}$ betreft 0,95.

Bij een lagere snelheid mag verwacht worden dat een lagere trillingsintensiteit zal optreden. Met behulp van vergelijking 1 is de trillingsintensiteit $v_{eff,max}$ bij een rijsnelheid van 40 km/uur ingeschat op 0,53.

Gewicht voertuig

Het gewicht per as van een voertuig is van invloed op de intensiteit van de trillingen die een voertuig veroorzaakt. Hoe zwaarder het gewicht op een as, des te groter de intensiteit van de trillingen wordt. De metingen die nu zijn uitgevoerd zijn aan een lichte trein, namelijk een GTW uitgevoerd. De toekomstige tram zal logischerwijs een vergelijkbaar of lager gewicht per as hebben dan de GTW.

Spoorconstructie

Op basis van de bovengenoemde onderzoeken is een inschatting gemaakt van de trillingsintensiteit van de toekomstige tram. Uitgaande dat een ballastloze constructie de trillingen beter dempt dan een spoor in ballast (mits er voor een doelmatige afivering van het systeem wordt gekozen), wordt voor een ballastloze constructie een factor 1,5 lagere bronwaarde van de trillingsintensiteit op 5 m aangehouden, voor sporen op een zandige of klei/zandige ondergrond afgeleid uit de gegevens in de literatuur.

De bronwaarde $v_{eff,max,5m}$ van de trillingen in Maastricht wordt, de bovenstaande factoren in ogenschouw nemende, aangehouden zoals is weergegeven in tabel 8. Deze waarden liggen aan de bovenzijde van het spectrum van de bronsterkte dat vanuit de literatuurstudie is bepaald.

Rijsnelheid [km/uur]	$v_{eff,max,5m}$ [-]
20	0,24
30	0,30
40	0,35

Tabel 8, Omrekening bronwaarde trillingsintensiteit naar lagere rijsnelheid tram.

Overig

Naast de bovengenoemde factoren zijn er nog meer factoren die een rol kunnen spelen op de intensiteit van de trillingen. Zo zijn daar bijvoorbeeld de afstand tussen de wielen en de lengte van de tram. Aangezien er nog geen definitieve keuze is gemaakt voor een tramtype zijn deze factoren buiten beschouwing gelaten. Verwacht wordt dat deze factoren maar beperkt van invloed zijn, doordat trams veelal aan een gelijke randvoorwaarden dienen te voldoen.

5.3 DEMPING VAN DE TRILLINGEN

Voor de prognose van de trillingen wordt een analytisch model gebruikt. Dit model is gebaseerd op twee principes, namelijk:

- Uitdamping door verspreiding van de trilling in drie richtingen.
- Uitdamping door materiaal demping.

In de gebruikte vergelijking van de Barkan-curve is dit als volgt genoteerd, zie vergelijking 2.

$$v(x) = v_0 \sqrt{\frac{x_0}{x}} e^{-\alpha(x-x_0)}$$

Vergelijking 2, Barkan-curve.

Waarin:

- $v(x)$ Trillingssnelheid op afstand x van de bron [mm/s].
- v_0 Bronsterkte van de trillingsintensiteit op een referentie-afstand x_0 van de bron [mm/s].
- x_0 Referentie-afstand tot de bron [m].
- x Afstand tot de bron [m].
- α Karakteristieke dempingsconstante ten gevolge van materiaaldemping [m^{-1}].

Uit de meetdata van het treinverkeer is voor de GTW (treinen van Veolia Heuvelland) een dempingsfactor van $\alpha = 0,03$ bepaald, zie ook curve in figuur 7. Vervolgens is de dempingsfactor getoetst op de metingen van het wegverkeer, zie figuur 8 en 9. Op basis van deze gegevens is geconcludeerd dat een dempingswaarde van $\alpha = 0,03$ toegepast kan worden voor de trillingen van de tram in het binnenstedelijk gebied van Maastricht.

5.4 OVERDRACHT TRILLING VAN GROND NAAR VLOEREN

Wanneer vloeren in trilling worden gebracht is het mogelijk dat de trilling een opslingering veroorzaakt. Dit betekent dat de trilling in plaats van verder uit te dempen beter voelbaar wordt. Uit de meetdata blijkt, dat er een opslingerende werking van de trilling in de panden is variërend tussen een factor 0 voor de begane grond tot een factor 2 voor de tweede en derde verdieping.

Hiervoor is een splitsing gemaakt in gebouwen met een relatief jonge leeftijd (jonger dan 40 jaar) en gebouwen met een relatief oude leeftijd, namelijk ouder dan 40 jaar. De gebouwen met een jonge leeftijd zullen van betonnen vloeren zijn voorzien, waardoor van een opslingeringsfactor van 1 is aangehouden voor de overdracht van de trillingen via de fundering naar de vloeren.

Op twee locaties is aan de bebouwing met een leeftijd hoger dan 40 jaar gemeten, namelijk aan de Van Hasseltkade en aan de Sint Maartenslaan (zie voor een toelichting hoofdstuk 4). Het pand aan de Sint Maartenslaan, is representatief voor de oudere bebouwing in de omgeving hiervan. Hierbij is aangenomen dat de oudere (> 40 jaar) panden aan de oostzijde van de Maas (Paralelweg, Spoorweglaan, Sint Maartenslaan en Wilhelminasingel) in een vergelijkbare periode zijn gebouwd en veel al middels een gelijk soortige bouwwijze. Voor al deze panden wordt een opslingeringsfactor van 1,3 aangehouden gelijk de meting aan de Sint Maartenslaan.

Voor het gedeelte aan de west zijde van de Maas is de meting aan de Van Hasseltkade als representatief aangehouden. Dit aangezien deze het meest representatief zal zijn voor de panden aan de Van Hasseltkade en in de binnenstad. Voor deze panden is een opslingeringsfactor van 2 aangehouden

6

Toets trillingsintensiteit

6.1 SBR-RICHTLIJN TRILLINGEN DEEL B HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN

Voor de toetsing van de geprognosticeerde trillingsintensiteiten wordt de SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen gehanteerd. Meer hierover wordt in hoofdstuk 2 toegelicht. Voor een meer uitgebreide toelichting wordt verwezen naar bijlage 1.

6.2 TOETS PROGNOSE AAN SBR-RICHTLIJN TRILLINGEN DEEL B

Voor de toetsing van de trillingen zijn de $v_{eff,max}$ (maximale effectieve waarde van de momentane trillingsintensiteit) en de v_{per} (kwadratisch gemiddelde van de effectieve waarde van de maxima) van belang. De maximale waarde van de $v_{eff,max}$ en de v_{per} zijn bekend, dit is namelijk de A2- en de A3-waarde uit SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen.

Voor de toetsing van de geprognosticeerde trillingen die de toekomstige tram zal gaan veroorzaken, is gebruik gemaakt van de toetsingscriteria voor een nieuwe situatie. Voor de bebouwing met een bestemming wonen of gezondheidszorg wordt verschil gemaakt tussen de nacht situatie en de dag en avond situatie. Aangezien gedurende de nacht de zelfde trams zullen gaan rijden als overdag is de nachtsituatie, waarin de piekwaarden lager moeten zijn maatgevend. Hiervoor zijn de volgende grenswaarden van toepassing:

- A1 = 0,1
- A2 = 0,2
- A3 = 0,05

Voor kantoorpanden, bedrijfspanden en bijeenkomstruimten zijn de volgende grenswaarden van toepassing voor zowel de dag, de avond als de nacht situatie van toepassing:

- A1 = 0,15
- A2 = 0,6
- A3 = 0,07

In onderstaande tabel 9 is de afstand berekend waarbuiten wordt voldaan aan de grenswaarde uit de SBR-richtlijn trillingen. In de tabel is de rijsnelheid gegeven in de eerste kolom. In de tweede, de derde en de vierde kolom is de afstand (gemeten vanuit de tramsporen) weergegeven tot waar trillingshinder wordt verwacht. Hierbij is de afstand afhankelijk van de leeftijd van de bebouwing en de locatie.

Rijsnelheid [km/uur]	Afstand [m] Jonge bouw	Afstand [m] Oude bouw oostzijde Maas	Afstand [m] Oude bouw westzijde Maas
20	5	7	11
30	7	9	14
40	8	11	16

Tabel 9, Berekening grens trillingshinder nachtsituatie

Wanneer de hindergrensafstanden worden vertaald naar het tracé waar de tram gaat rijden kan per deellocatie de hindergrens worden gedefinieerd. Dit is voor de nachtsituatie voor de bestemmingen wonen en gezondheidszorg uitgewerkt in tabel 10, omdat dit de meest maatgevende situatie betreft.

Locatie	Rijsnelheid tram	Afstand hindergrens jonge bouw [m]	Afstand hindergrens oude bouw [m]
Boschstraat	30 km/uur	7	14
Maasboulevard	40 km/uur	8	16
Markt / Gubbelstraat	20 km/uur	5	11
Wilhelminabrug / -singel / St Maartenslaan	30 km/uur	7	9
Paralelweg / Spoorweglaan	20 km/uur	5	7

Tabel 10, afstand grens trillingshinder, nachtsituatie

Op verschillende locaties wordt bebouwing aangetroffen binnen de bovengenoemde hinder grens. Deze bebouwing ligt dus op een kortere afstand dan de berekende hindergrens. In deze bebouwing is een risico op trillingshinder in de toekomstige situatie.

Op deze risicolocaties is een nadere beschouwing uitgevoerd naar de leeftijd van de bebouwing en de bestemming van de bebouwing. Op basis van deze gegevens is nogmaals aan de SBR-richtlijn Hinder voor personen in gebouwen getoetst en blijkt dat voor een gedeelte van de panden geen hinder verwacht wordt. Een samenvatting van deze beschouwing is weergegeven in tabel 11.

locatie	Type bouw	Bestemming	Rijsnelheid [km/uur]	Afstand hindergrens	Afstand tram - bebouwing	Toets hinder
Sint Maartenslaan 1 t/m 29, 2 t/m 18	> 40 jaar	wonen	30	9 m	7 m	hinder
Sint Maartenslaan 26 t/m 30	> 40 jaar	bedrijven	30	< 5 m	11 m	geen hinder
Wilhelminasingel 41	> 40 jaar	wonen	30	9 m	8 m	hinder
Wilhelminasingel Maasresidentie	< 40 jaar	wonen	30	7 m	7 m	geen hinder
Van Hasseltkade 21 t/m 23	> 40 jaar	wonen	40	16	15	hinder
Van Hasseltkade 20	< 40 jaar	bedrijven	40	6 m	13	geen hinder
Van Hasseltkade 3 t/m 19	> 40 jaar	wonen	40	16 m	11 m – 15 m	hinder
Sint Teunisstraat 2 t/m 10	< 40 jaar	wonen	40	8 m	15	geen hinder
Maasboulevard 1, 5	< 40 jaar	bedrijven	40	< 5 m	5 m	geen hinder
Maasmolendijk 24	> 40 jaar	wonen	40	16 m	5 m	hinder
Maasmolendijk	> 40 jaar	bedrijven	40	7 m	10 m	geen hinder
Gubbelstraat	< 40 jaar	wonen	20	5 m	3 m	hinder
Gubbelstraat	> 40 jaar	wonen	20	11 m	3 m	hinder
Bedrijfspanen	> 40 jaar	bedrijven	30	5 m	5 m	geen hinder
Boschstraat	< 40 jaar	bedrijven	30	< 5 m	5 m	geen hinder

Tabel 11, Locaties waar hinder mogelijk is op basis van de trillingsprognose.

Om op de locaties met de geprognosticeerde trillingshinder meer inzicht te geven in de trillingsintensiteit $v_{eff,max}$ en v_{per} (kwadratisch gemiddelde over de tijd) en de benodigde verlaging van de trillingsintensiteit om wel aan de SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen te voldoen, zie tabel 12.

locatie	Type bouw	Bestemming	Rijsnelheid [km/uur]	$v_{eff,max}$	v_{per}	Benodigde verlaging $v_{eff,max}$
Sint Maartenslaan 1 t/m 29, 2 t/m 18	> 40 jaar	wonen	30	0,29	0,01	30%
Wilhelminasingel 41	> 40 jaar	wonen	30	0,27	0,01	20%
Van Hasseltkade 21 t/m 23	> 40 jaar	wonen	40	0,27	0,01	20%
Van Hasseltkade 3 t/m 19	> 40 jaar	wonen	40	0,36	0,01	45%
Maasmolendijk 24	> 40 jaar	wonen	40	0,68	0,02	70%
Gubbelstraat	< 40 jaar	wonen	20	0,30	0,01	30%
Gubbelstraat	> 40 jaar	wonen	20	0,60	0,02	65%

Tabel 12, Locaties waar hinder mogelijk is op basis van de trillingsintensiteit $v_{eff,max}$

Ten behoeve van de panden waar een overschrijding van de hindergrens is geprognosticeerd, dient in de toekomstige situatie een trillingsdempende maatregel te worden toegepast. Een toelichting op de trillingsdempende maatregelen is in paragraaf 6.3 opgenomen.

6.3 TRILLINGSDEMPENDE MAATREGELEN

Wanneer trillingen hinder veroorzaken kunnen er maatregelen worden getroffen de trillingen te dempen tot een niveau dat deze niet meer worden waargenomen. Het dempen van de trillingen kan op drie plaatsen in het systeem:

- Ter plaatse van de bron.
- In het gebied tussen de sporen en de bebouwing.
- Aan de bebouwing.

Onderstaand wordt een korte toelichting gegeven op de trillingsdempende maatregelen.

Maatregelen aan de bron

In het voorliggende geval betreft de bron de tram op het spoor. Zowel aan de tram als aan het spoor kunnen maatregelen worden getroffen. Hierbij kan aan de volgende maatregelen worden gedacht:

- Aanpassen spoorconstructie naar bijvoorbeeld 'Floating-slab' constructie.
- Tramtype (lichtere aslast, andere as configuratie).
- Verlagen rijnsnelheid tram naar 20 km/uur of 30 km/uur.

De bovengenoemde maatregelen zijn alle goed toepasbaar en daarmee een mogelijke oplossing voor de trillingshinder. Met (een combinatie van) de bovengenoemde oplossingen kan de trillingsintensiteit voldoende worden verlaagd om wel aan de SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen te voldoen.

Maatregelen tussen bron en gebouw

Wanneer trillingen aan de bron niet voldoende kunnen worden gedempt kan ook worden gezocht naar een trillingsdempende oplossing tussen de bron en het gebouw in. De volgende maatregelen zijn hiervoor in omloop:

- Trillingsdempend scherm.
- Sloot.

Door de stadse omgeving is er langs de sporen van de tram maar weinig ruimte beschikbaar voor maatregelen als een sloot of een scherm. Hierdoor is het niet logisch om voor een dergelijke oplossing te kiezen.

Maatregelen aan gebouw

Aan een pand kunnen trillingsdempende maatregelen worden getroffen. De volgende mogelijkheden kunnen hiervoor een oplossing vormen:

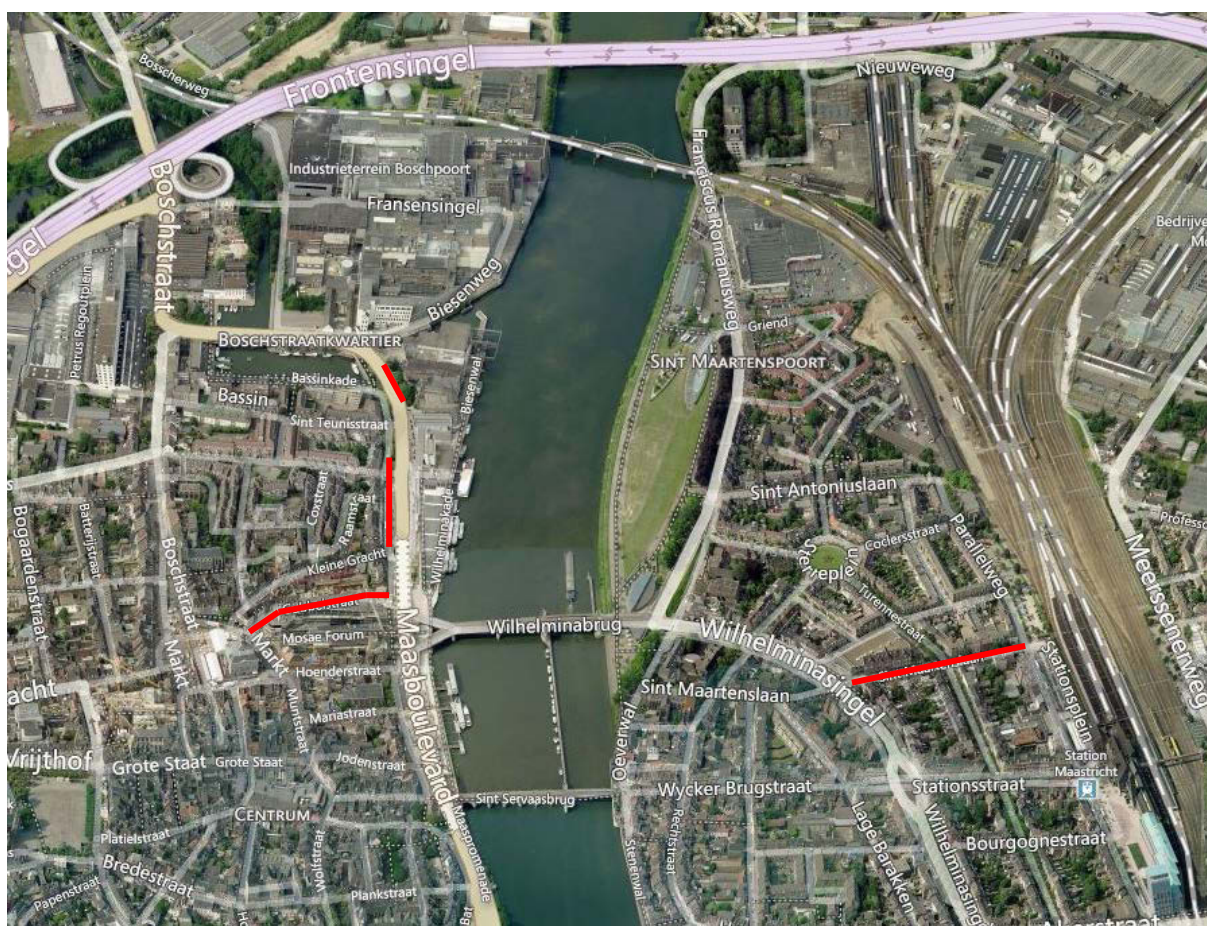
- Verstijven van vloeren (met name houten vloeren).
- Trillingsdempende constructie aanbrengen tussen vloer en fundering.

Het aanbrengen van een trillingsdempende constructie in de bebouwing is bij bestaande bebouwing een dure en lastige maatregel. Daarnaast brengt realisatie van een dergelijke constructie overlast voor de bewoners of gebruikers met zich mee. De bovengenoemde maatregelen worden dan ook niet als mogelijke oplossing gezien.

Geconcludeerd wordt dat met name trillingsbeperkende maatregelen aan de bron goed toepasbaar zijn in het binnenstedelijk gebied van Maastricht. Aangenomen wordt dat het verlagen van de rijsnelheid van de tram gedurende de dag en avonduren geen optie vormt aangezien dit de reistijd van de reizigers zal verlengen. Ook het beperken van het gewicht van de tram is een optie, maar of hierdoor een voldoende verlaging van de trillingsintensiteit kan worden behaald is onzeker.

Het toepassen van een Floating slabconstructie kan de trillingsintensiteit verlagen met 50% of meer (WPN, Onderzoek trillingsbeperkende maatregelen Regio Tram Groningen, 4121054.R01, 7 mei 2012 en Movares, MER 1^e fase Goederenroute Oost-Nederland, RL197035, 28 oktober 2013). Een dergelijke verlaging van de trillingsintensiteit is voldoende om de geprognosticeerde trillingshinder te verhelpen. In figuur 14 is aangegeven waar floating slabconstructies toegepast dienen te worden.

In de ontwerpfase dient deze constructie nader te worden uitgewerkt.



Figuur 14, Locaties waar Floating slabconstructie toegepast dient te worden.

7

Conclusie

Het voorliggende rapport geeft inzicht in de omgevingshinder ten gevolge van verkeerstrillingen langs het toekomstige tracé van de Tram Vlaanderen Maastricht.

Op basis van de uitgevoerde metingen wordt geconstateerd dat in de huidige situatie geen sprake is van trillingshinder. In de toekomstige situatie is enkel sprake van trillingshinder in de situatie dat de tram relatief dicht op de bebouwing komt te rijden. Bepalend is hierbij de nachtsituatie (tussen 23.00 uur en 7.00 uur), omdat hierin een lagere piekwaarde is toegestaan dan gedurende de dag en avond. De dagsituatie is hiermee niet maatgevend.

In tabel 13 is een samenvatting van de afstanden waarop hinder verwacht kan worden weergegeven. Buiten deze afstand wordt geen hinder door de tram verwacht.

Locatie	Rijsnelheid tram	Afstand hindergrens jonge bouw [m]	Afstand hindergrens oude bouw [m]
Boschstraat	30 km/uur	7	14
Maasboulevard	40 km/uur	8	16
Markt/Gubbelstraat	20 km/uur	5	11
Wilhelminabrug /-singel / St Maartenslaan	30 km/uur	7	9
Paralelweg / Spoorweglaan	20 km/uur	5	7

Tabel 13, Afstand grens trillingshinder, nacht, bestemming wonen en gezondheidszorg.

Op basis van de bovenstaande gegevens wordt hinder door de toekomstige tram verwacht aan de panden, zoals vermeld in tabel 14. Tevens is in de tabel een maatregel voorgesteld die oplossing kan bieden de hinder te voorkomen.

Variant	locatie	Type bouw	Bestemming	Afstand hindergrens	Maatregel
Beide	Sint Maartenslaan 1 t/m 29, 2 t/m 18	Ouder 40 jaar	woonpanden	9 m	Floating slab
Beide	Wilhelminasingel 41	Ouder 40 jaar	Woonpand	9 m	Floating slab
Maasboulevard	Van Hasseltkade 21 t/m 23	Ouder 40 jaar	Woonpanden	16 m	Verlagen rijsnelheid nachten 30 km/uur
Maasboulevard	Van Hasseltkade 3 t/m 19	Ouder 40 jaar	woonpand	16 m	Floating slab
Maasboulevard	Maasmolendijk 24	Jonger 40 jaar	woonpanden	16 m	Floating slab
Markt	Gubbelstraat	Ouder 40 jaar	woonpanden	11 m	Floating slab
Markt	Gubbelstraat	jonger 40 jaar	woonpanden	5 m	Floating slab

Tabel 14, Locaties waar hinder mogelijk is op basis van de trillingsprognose (nacht situatie).

In hoeverre er daadwerkelijk trillingshinder wordt ervaren is afhankelijk van de demping of opslinging van de fundering en de vloeren van de bebouwing. In de berekeningen is op basis van metingen in representatieve panden een conservatieve aanname gedaan. Zekerheid omtrent daadwerkelijke kans op trillingshinder vereist een vergelijkbare trillingsmeting aan de betreffende bebouwing.

Door maatregelen aan de tram of de sporen te treffen is het mogelijk de brontrillingen zodanig te dempen dat op alle locaties geen trillingshinder in de bebouwing langs het tramtracé zal optreden. Hierbij wordt gedacht aan de toepassing van een Floating slabconstructie (WPN, Onderzoek trillingsbeperkende maatregelen Regio Tram Groningen, 4121054.R01, 7 mei 2012 en Movares, MER 1^e fase Goederenroute Oost-Nederland, RL197035, 28 oktober 2013). In de ontwerpfase dient deze constructie nader te worden uitgewerkt.

Bijlage 1

SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen

Richtlijn Trillingen

Voor de beoordeling van trillingen wordt gebruik gemaakt van SBR-richtlijn deel A, B en C:

1. In de SBR-richtlijn deel A, schade aan gebouwen, worden criteria/grenswaarden van maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om schade aan gebouwen te voorkomen.
2. SBR-richtlijn deel B, hinder voor personen, definieert grenswaarden voor trillingen voor hinder voor personen.
3. SBR-richtlijn deel C, storing aan apparatuur, worden grenswaarden voor maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om storingen aan apparatuur te voorkomen.

SBR-Richtlijn Trillingen deel A (schade aan gebouwen)

In de SBR-richtlijn deel A, schade aan gebouwen, worden afhankelijk van het type gebouw, de bouwkundige staat, het type trillingsbron en het type trillingsmeting grenswaarden voor trillingsniveaus genoemd, om schade aan de bebouwing ten gevolge van trillingen te voorkomen.

Gezien de mogelijke trillingsniveaus ten gevolge van de verkeerstrillingen door spoorverkeer en de geconstateerde afstanden, wordt schade, aan in goede staat verkerende gebouwen of onderdelen van gebouwen, niet verwacht.

Daarom wordt in het kader van dit rapport alleen ingegaan op gebouwen die onder categorie 3 vallen volgens de SBR deel A. Dit zijn in slechte staat verkerende gebouwen(onderdelen) uit metselwerk of monumentale gebouwen.

Voor de beoordeling van de trillingen in gebouwen (een monumentaal of een in slechte staat verkerend gebouw) wordt van de volgende toelaatbare trillingsniveaus (rekenwaarde) uitgegaan:

$v_{max, deel A} = 1,5 \text{ à } 1,8 \text{ mm/s}$. Bij de genoemde grenswaarden is rekening gehouden met:

- Een partiële factor voor een indicatieve meting, die in het geval van een predictie gehanteerd kan worden.
- Een partiële factor voor herhaald kortdurende trillingen.
- De dominante frequentie van de trillingen in de grond tussen 10 Hz tot 36 Hz.

SBR-richtlijn Trillingen deel B (hinder voor personen in gebouwen)

De SBR-richtlijn deel B geeft streefwaarden voor trillingshinder voor personen in gebouwen. Deze streefwaarden kunnen in drie categorieën worden opgesplitst, namelijk:

Categorie	
Wonen	Woonhuizen, gezondheidszorg-gebouwen.
Werken	Kantoor-, onderwijs- en bijeenkomstgebouwen.
Kritische werkruimte	Bepaalde ruimten in laboratoria, operatiekamers, studiezalen.

De SBR-richtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen) geeft drie verschillende streefwaarden A_1 , A_2 en A_3 voor trillingen per categorie op.

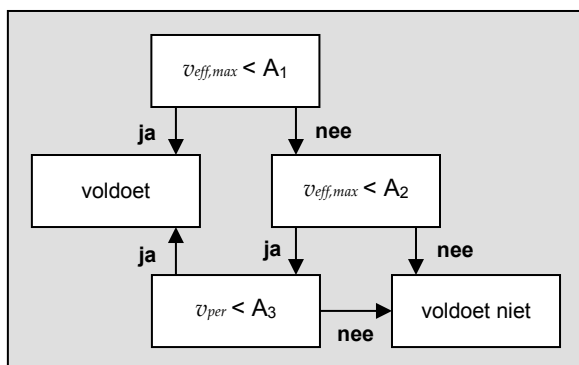
Tijdens gebruik moet worden voldaan aan streefwaarde A_1 of een combinatie van A_2 en A_3 , waarbij A_1 de onderste streefwaarde, A_2 de bovenste streefwaarde en A_3 de gemiddelde streefwaarde over een bepaalde periode is.

Het volgende stroomschema (zie figuur 15) geeft een overzicht van de beoordelingsprocedure van de trillingssterkte op basis van streefwaarden.

A_1 en A_2 wordt op basis van trillingssterkte $v_{eff,max}$ beoordeeld en A_3 op basis van v_{per} .

Hierbij is $v_{eff,max}$ de 95%-overschrijdingskans van de trillingssterkte in de beoordelingsperiode.

De v_{per} is de gemiddelde trillingssterkte over de beoordelingsperiode en als zodanig een functie van de effectieve waarde van de trilling, de tijdsduur dat een trillingsbron in bedrijf is en de totale tijdsduur van de beoordelingsperiode.



In de twee navolgende weergegeven tabellen staan de te hanteren streefwaarden in verband met herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, zoals railverkeer, voor een aanpassing van een bestaande situatie (tabel 15) en de aanleg van een nieuwe (tabel 14) situatie voor de gebouwfuncties wonen/gezondheidszorg en onderwijs/kantoor, weergegeven.

Er wordt bij de streefwaarden onderscheid gemaakt tussen de dag-/avondperiode (7.00 tot 23.00 uur) en de nachtperiode (23.00 tot 7.00 uur). De streefwaarden in een nieuwe situatie zijn twee keer zo streng als in een bestaande situatie.

Gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07

Tabel 15, Grens- en streefwaarden voor een nieuwe situatie.

Gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
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
onderwijs en kantoor	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15

Tabel 16, Grens- en streefwaarden voor een bestaande situatie.

Indien niet aan de streefwaarden wordt voldaan, wordt aan de methode uit de bijlage 5 van de SBR getoetst. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat mensen die nu een huis langs het spoor of de weg hebben niet meer hinder mogen ondervinden in de toekomstige situatie dan in de huidige situatie, een 'stand still'-principe.

De SBR-richtlijn deel B biedt hiervoor een hinderkwalificatie aan in bijlage 5 van deze richtlijn.

Het 'stand still'-principe werkt als volgt. De trillingen die hinder veroorzaken voor personen in de gebouwen langs het spoor zijn ingedeeld in vijf categorieën. Wanneer deze gebouwen, zowel in de oude als in de toekomstige situatie in de gelijke categorie blijven, is er geen sprake van (extra) hinder voor personen. Wanneer de trillingen voor de personen in de gebouwen in de nieuwe situatie, in een andere categorie vallen dan in de oude, is er wel sprake van trillingshinder.

In onderstaande tabel zijn de categorieën van de hinderkwalificatie weergegeven.

$v_{eff,max}$	Hinderkwalificatie
< 0,1	Geen hinder
0,1 – 0,2	Weinig hinder
0,2 – 0,8	Matige hinder
0,8 – 3,2	Hinder
> 3,2	Ernstige hinder

De bovengrenswaarde voor de kwalificatie "geen hinder" komt overeen met de streefwaarde A₁ voor wonen en gezondheidszorg voor een nieuwe situatie, terwijl de bovengrens van de kwalificatie "weinig hinder" overeenkomt met de streefwaarde A₁ voor wonen en gezondheidszorg voor bestaande situaties. Voor de gebouwfunctie "onderwijs en kantoor" liggen de grenswaarden 50% hoger dan voor de gebouwfuncties "wonen" en "gezondheidszorg".

Dit betekent dat voor deze gebouwfuncties de grenswaarde bij toepassing van het "stand still"-principe voor de categorieën "geen hinder" en "weinig hinder" 1,5 keer de in tabel 3.3 vermelde waarde bedragen.

SBR-richtlijn Trillingen deel C (storing aan apparatuur)

Nabij de spoorlijn staan naast woonhuizen op specifieke locaties ook bedrijfspanden.

Daarmee is de kans aanwezig dat er trillingsgevoelige apparatuur in de omgeving van de spoorbaan aanwezig is.

Daarom dienen de trillingen eveneens op basis van SBR-richtlijn deel C, storing aan apparatuur te worden beoordeeld. Opgemerkt wordt dat in het kader van dit rapport ervan wordt uitgegaan dat dit in wezen computersystemen zijn.

Specifieke trillingsgevoelige apparatuur kan bestaan uit: optische instrumenten, microscopen, et cetera.

Richtlijn deel C wijkt qua karakter af van de twee andere richtlijnen. Dit omdat voor storingen aan apparatuur geen echte "harde" grenswaarden in de richtlijn deel C gedefinieerd zijn.

In het kader van dit rapport worden computersystemen in kantoorgebouwen nader beoordeeld. Daarmee is van de volgende grenswaarden uitgegaan die op de SBR-richtlijn is gebaseerd: $v_{max, \text{deel C}} = 0,2 \text{ mm/s}$.

Bijlage 2 Theorie trillingen

Beschrijving trillingsmechanisme

Zwaar verkeer, heiwerkzaamheden, machines, et cetera zijn trillingsbronnen die trillingen veroorzaken. Wanneer deze trillingen in de ondergrond worden geïntroduceerd gaan de trillingen zich in de vorm van spanningsgolven voortplanten. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in verschillende typen golven:

- Compressiegolven (P-golven), in de richting als de voortplantingsrichting van de drukgolven (overwegend horizontaal).
- Schuifgolven (S-golven), die zich in alle richtingen voortplanten haaks op de voortplantingsrichting.
- Rayleighgolven (R-golven), die zich primair over het maaiveld voortplanten.

Daar waar de golven het maaiveld, een laagovergang of een bouwwerk bereiken, vindt reflectie en omzetting van de trillingsgolven plaats, zodat een interferentiepatroon van bodembewegingen ontstaat. Gezien de complexiteit van dit interferentiepatroon kan de bodembeweging slechts in benaderende zin beschreven worden.

Er zijn verschillende factoren die van invloed zijn op de intensiteit van een trilling in de grond. Voor de intensiteit van door treinverkeer opgewekte trillingen in woningen zijn de volgende factoren van belang:

- Eigenschappen van de onderscheiden grondlagen.
- Snelheid en gewicht van de passerende treinen.
- Kwaliteit van de treinwielen (in verband met vlakke wielen).
- Kwaliteit van de spoorligging; dat wil zeggen een spoor dat volkomen recht ligt in zowel verticale als horizontale richting wekt minder trillingen op dan een spoor dat niet volledig recht ligt.
- Wijze van funderen van de woningen.
- Afmetingen, aantal verdiepingen en constructiewijze van de woningen.

Trillingen in de omgeving

Voor de predictie van de trillingsintensiteit in de woningen en kantoren langs de spoorbaan wordt gebruik gemaakt van de rekenmethoden uit de SBR-richtlijnen Trillingen, de CUR-publicatie 166 'Damwandconstructies' en op basis van opgedane ervaringen bij vergelijkbare projecten.

De compressie- (P) en de schuifgolven (S) verspreiden zich bolvormig vanuit de bron (de trein), terwijl de Raleigh-golven (R) zich cirkelvormig over het maaiveld voortplanten. Als gevolg van de ruimtelijke spreiding is sprake van een geometrische verzwakking van de trillingsamplitude, ook wel geometrische demping genoemd.

Daarnaast is nog sprake van een demping als gevolg van energieverliezen in het bodemmateriaal, ook materiaaldemping genoemd. De geometrische en de materiaaldemping van een trilling kan, ten aanzien van de (maatgevende) oppervlaktegolven (R) op een afstand x van de bron, bepaald worden met de volgende vergelijking van Barkan:

$$v(x) = v_0 \sqrt{\frac{x_0}{x}} e^{-\alpha(x-x_0)}$$

Vergelijking 3, Barkan curve.

Waarin:

- $v(x)$ Trillingssnelheid op afstand x van de bron [mm/s].
- v_0 Bronsterkte van de trillingsintensiteit op een referentie-afstand x_0 van de bron [mm/s].
- x_0 Referentie-afstand tot de bron [m].
- x Afstand tot de bron [m].
- α Karakteristieke dempingsconstante ten gevolge van materiaaldemping [m^{-1}].

Berekening referentiewaarden SBR-richtlijn B

De effectieve waarde van de trillingen in een beschouwde meetperiode $v_{eff,max}$ kan volgens CUR 166 worden benaderd met:

$$v_{eff,max} = 0,42v_{max}$$

Vergelijking 4, Benadering effectieve waarde trillingsintensiteit.

De trillingssterkte over de beoordelingsperiode v_{per} kan worden berekend volgens:

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

Vergelijking 5, Effectieve waarde van de trillingsintensiteit over de beoordelingsperiode.

Waarin:

- v_{per} Berekening van de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van de maxima over de meetperiode.
- T_b Aantal treinpassages maal een duur van 30 s.
- T_0 De duur van de beoordelingsperiode.

Trillingen in de gebouwen

Golven in de bodem worden overgedragen op gebouwen die op of in deze bodem zijn gefundeerd. Door deze trillingsgolven krijgen gebouwen een bepaalde verplaatsing opgelegd. Het verplaatsingspatroon in de bodem is in de tijd wisselend, de golven planten zich voort en stoten daarbij een gebouw met een bepaalde frequentie aan. De mate waarin een bouwwerk de opgelegde verplaatsing volgt, hangt af van de stijfheid van het gebouw en de afmetingen van het gebouw ten opzichte van de golflengte van de trilling.

Grote en stijve gebouwen volgen deze verplaatsing maar in zeer beperkte mate.

Daarentegen volgen kleine gebouwen of gebouwen die een beperkte samenhang vertonen, de opgelegde verplaatsing grotendeels, waarbij er in deze gebouwen naast een opgelegde verplaatsing ook vervormingen voordoen.

Doordat de golven in de bodem gebouwen met een bepaalde frequentie aanstoten is het mogelijk dat gebouwen of bepaalde onderdelen van gebouwen in hun eigen frequentie worden aangestoten, wat kan leiden tot een sterk vergrote respons (resonantie).

De mate van de vergrote respons hangt af van de demping en de frequentie.

Lage gebouwen zijn over het algemeen vrij sterk gedempt, wat resulteert in een beperkte opslingering.

Onderdelen van gebouwen zijn vaak minder sterk gedempt. De demping wordt veroorzaakt door materiaaldemping en geometrische demping. In het laatste geval stroomt de trillingsenergie via opleggingen of gedeeltelijke inklemmingen weg naar andere gebouwdelen. Daarnaast hangt de demping van gebouwonderdelen sterk af van de aanwezige inventaris.

In CUR-publicatie 166 'Damwandconstructies' wordt een methode gegeven voor de predictie van trillingen in gebouwen en onderdelen van gebouwen. In deze methode wordt een aantal reductiefactoren geïntroduceerd om demping van verschillende onderdelen te modelleren.

Ten eerste wordt de demping als gevolg van de overdracht van bodem naar fundatie bepaald welke afhankelijk is van:

- Type fundering (fundering op palen of op staal).
- Stijfheid en afmetingen van het gebouw, zowel verticaal als horizontaal.

Vervolgens wordt de demping, als gevolg van overdracht naar een onderdeel van het gebouw, bepaald, welke afhankelijk is van toegepast materiaal in de onderdelen.

De rekenmethode voor de bepaling van de trillingen in gebouwen, zoals gepresenteerd in CUR 166, wordt in deze rapportage gebruikt om een predictie te geven van de trillingen in de woningen en kantoren.

Deze prognoseberekening bestaat op basis van de bovengenoemde aspecten uit een zogenoemde overdrachtsberekening. Deze berekening is opgebouwd uit een serie schakelingen van overdrachtsverhoudingen in de grond (demping), grond-fundering, fundering-gebouw en gebouw-gebouwonderdelen. Vereenvoudigd kan deze functie als volgt worden weergegeven:

$$v_{prognose} = v_{op\ 5\ m} H_{demping\ bodem} H_{overdracht\ bodem\ gebouw}$$

Vergelijking 6, Prognose trillingsintensiteit.

Waarin:

$v_{op\ 5\ m}$	Initiële bronbelasting (trillingsintensiteit) in de grond op 5 m afstand vanuit de trillingsbron gemeten.
$H_{demping\ bodem}$	Demping in de grond.
$H_{overdracht\ bodem-gebouw}$	Overdrachtsfactoren bodem-gebouw (onderdelen) bestaande uit een aantal deelfactoren.

Voor een meer uitgebreide toelichting van de gevolgde methodiek wordt verwezen naar CUR 166.

Wanneer een trillingenonderzoek alleen op maaiveld plaatsvindt is er geen overdrachtsfactor te bepalen voor de overgang van een trilling uit de bodem naar een gebouw. Hierdoor is het nodig een aanname te doen voor de overdrachtscoëfficiënt voor de trilling als deze van de grond overgaat naar het gebouw. Uit de CUR 166 is af te leiden dat er twee factoren een rol spelen, namelijk de trillingsoverdracht van de bodem naar gebouwen. Een conservatieve aanname voor deze factor is een waarde van 0,7.

Naast de overdracht van de bodem naar de fundatie wordt de trilling vervolgens van de fundatie overgedragen naar andere onderdelen van een gebouw. Hiervoor kan op basis van de CUR 166 een waarde worden aangenomen van een factor 1,4.

In totaal zullen deze overdrachtscoëfficiënten samen een factor vormen van $0,7 \cdot 1,4 = 1,0$.

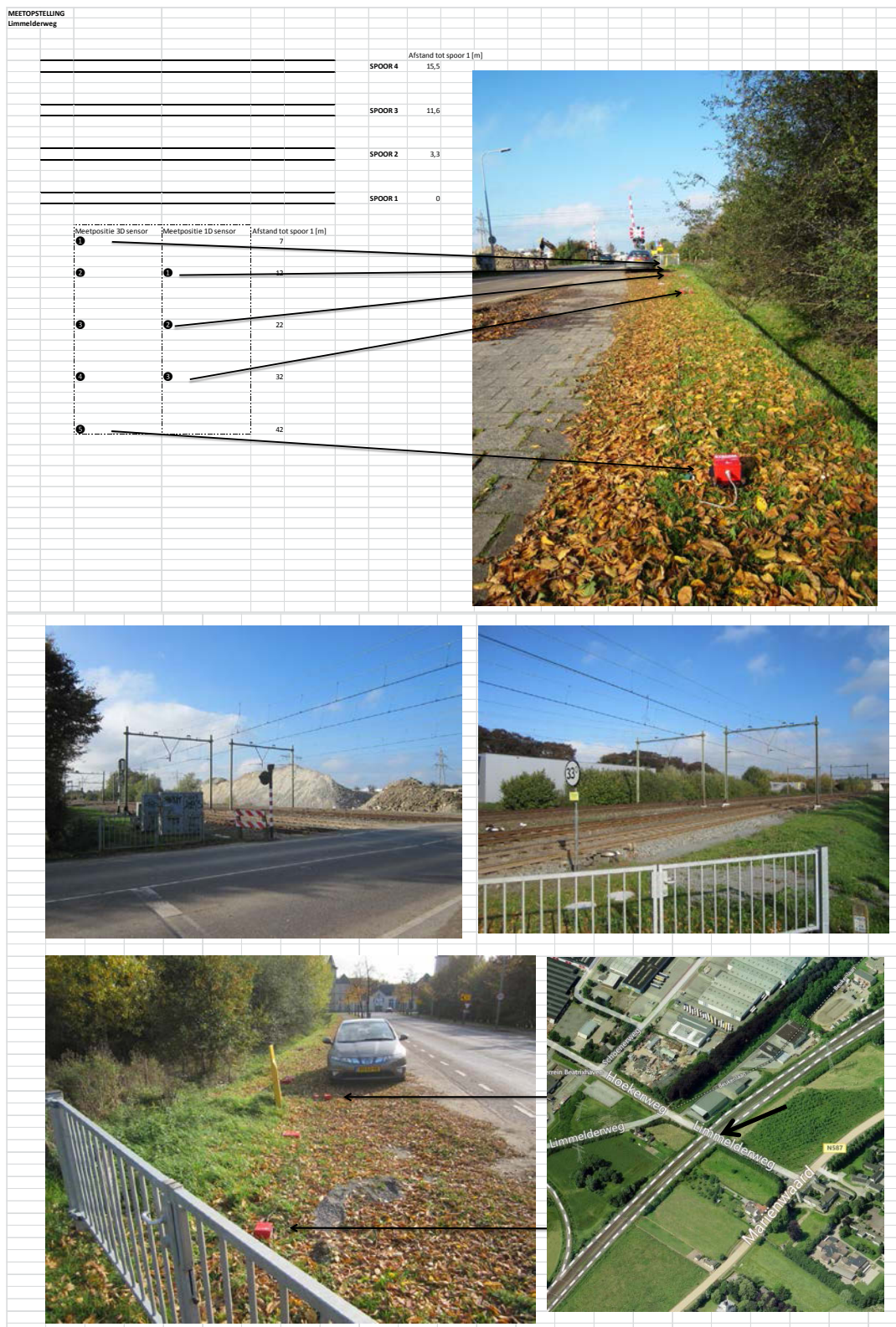
Omdat dit een relatief ongunstige aanname is, is in de trillingenpredictie uitgegaan van de factor 1,0.

Bijlage 3

Meetresultaten

Bijlage 3.1

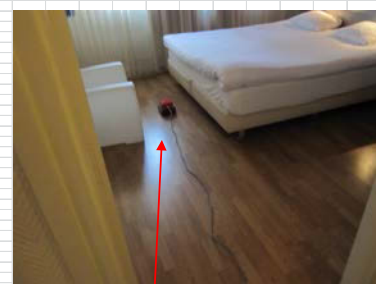
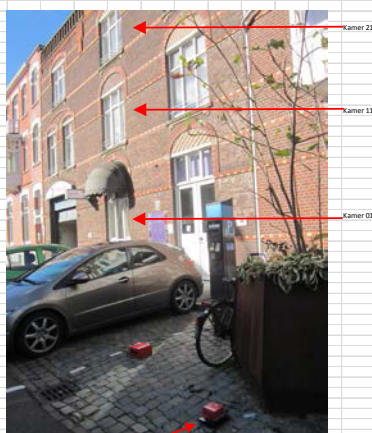
Spoor (Limmelderweg)



[illegible]

Bijlage 3.2

Sint Maartenslaan 5



24-10-2023

Afstand tussen 2 stroomportalen

18

Treinen

Tijdstip

Gedeeltes / personen

Type trein

Spoor

Richting

Sec. 68

snelheid train (km/h)

Opmmerking

MT10

Aftand tot spoor 1

Trillingsschrikking

X

Y

Z

MT12

Aftand tot spoor 1

Trillingsschrikking

X

Y

Z

2120

Aftand tot spoor 1

Trillingsschrikking

X

Y

Z

2121

Aftand tot spoor 1

Trillingsschrikking

X

Y

Z

2122

Aftand tot spoor 1

Trillingsschrikking

X

Y

Z

2123

Aftand tot spoor 1

Trillingsschrikking

X

Y

Z

10:34

Personeel

Veilig

1

Noord

2,3

106

0,761

0,468

0,815

0,212

0,197

0,134

0,195

0,089

0,094

10:36

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,7

95

10:38

Personeel

Intercity

3

Noord

2

122

0,489

0,309

0,262

0,211

0,214

0,14

0,144

0,116

0,106

10:42

Personeel

Veilig

1

Noord

2

122

0,718

0,515

0,811

0,245

0,177

0,125

0,159

10:45

Personeel

Intercity

3

Noord

2,8

81

0,144

0,116

0,106

10:45

Personeel

Veilig

2

Zuid

2

122

0,499

0,321

0,198

0,245

0,209

0,246

0,107

0,079

0,104

10:51

Personeel

Stopgereg

4

Zuid

2

122

0,288

0,214

0,159

0,218

0,173

0,128

0,218

0,173

0,128

10:58

Personeel

Intercity

3

Noord

2,1

117

0,567

0,354

0,105

0,245

0,209

0,256

0,208

0,171

0,154

0,173

0,136

0,105

11:01

Personeel

Intercity

4

Zuid

2

122

0,841

0,452

0,312

0,156

0,113

0,108

11:06

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,2

111

11:07

Personeel

Stopgereg

3

Noord

1,9

129

0,846

0,482

0,261

0,307

0,31

0,298

0,286

0,219

0,235

11:12

Personeel

Veilig

1

Noord

2,2

111

0,781

0,549

0,339

0,159

0,134

0,119

11:15

Personeel

Veilig

2

Zuid

2

122

0,152

0,075

0,075

11:18

Personeel

Sprinter

4

Zuid

2,1

117

0,27

0,2

0,262

0,246

0,225

0,256

0,181

0,187

0,144

0,147

0,209

0,11

11:28

Personeel

Intercity

3

Noord

2

122

0,164

0,133

0,148

11:32

Personeel

Veilig

1

Noord

2,1

117

0,671

0,453

0,284

0,203

0,142

0,126

0,211

0,199

0,141

0,192

0,127

0,107

0,127

0,128

0,08

11:33

Personeel

Intercity

4

Zuid

2,1

117

0,264

0,231

0,199

0,141

0,192

0,127

0,107

0,127

0,128

0,08

11:36

Personeel

Veilig

2

Zuid

2

122

0,161

0,091

0,099

11:39

Personeel

Sprinter

3

Noord

2

122

0,193

0,144

0,246

0,196

0,2

0,154

0,133

0,101

0,182

0,08

11:44

Personeel

Veilig

1

Noord

110

vrachtwagen in zicht (begeleid o.b.v.g. snelheid)

0,774

0,467

0,28

0,256

0,203

0,112

0,168

0,107

0,1

11:45

Personeel

Veilig

2

Zuid

110

vrachtwagen in zicht (begeleid o.b.v.g. snelheid)

11:48

Personeel

Stopgereg

4

Zuid

2

122

0,566

0,324

0,214

0,307

0,22

0,198

0,164

0,173

0,138

0,132

0,224

0,11

11:58

Personeel

Intercity

3

Noord

2,4

102

0,171

0,146

0,157

12:02

Personeel

Veilig

1

Noord

2

122

0,717

0,487

0,294

0,246

0,184

0,168

0,246

0,179

0,146

0,152

0,136

0,097

0,128

0,172

0,08

12:05

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,2

111

0,94

0,421

0,218

0,216

0,211

0,157

0,166

0,134

0,111

12:12

Personeel

Veilig

1

Noord

2

122

0,64

0,56

0,296

0,216

0,211

0,157

0,166

0,134

0,111

12:13

Personeel

Stopgereg

3

Noord

1,9

129

0,794

0,421

0,218

0,216

0,211

0,157

0,246

0,225

0,256

0,181

0,187

0,144

0,147

0,209

0,11

12:16

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,1

117

0,152

0,075

0,075

12:19

Personeel

Sprinter

4

Zuid

2,4

102

0,171

0,145

0,208

0,136

0,112

0,111

0,081

0,135

0,10

12:28

Personeel

Intercity

3

Noord

2,1

117

0,518

0,286

0,152

0,228

0,2

0,189

0,179

0,151

0,154

0,197

0,121

0,102

0,088

0,144

0,07

12:31

Personeel

Intercity

4

Zuid

2,2

111

0,235

0,173

0,116

0,229

0,203

0,151

0,244

0,133

0,095

0,169

0,137

0,08

12:32

Personeel

Veilig

1

Noord

2

122

0,156

0,107

0,107

12:36

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,2

111

0,191

0,108

0,211

0,141

0,134

0,145

0,11

0,191

0,12

12:38

Personeel

Sprinter

3

Noord

2

122

0,578

0,486

0,298

0,15

0,123

0,098

12:42

Personeel

Veilig

1

Noord

2,2

111

0,584

0,31

0,176

0,287

0,248

0,214

0,294

0,189

0,203

0,153

0,172

0,135

0,123

0,212

0,10

12:45

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,4

102

0,494

0,298

0,157

0,228

0,212

0,193

0,16

0,18

0,13

0,123

0,127

0,086

0,128

0,122

0,08

12:58

Personeel

Intercity

3

Noord

2,1

117

vrachtwagen in zicht (begeleid o.b.v.g. snelheid)

0,494

0,298

0,157

0,228

0,212

0,193

0,21

0,28

0,158

0,172

0,144

0,112

0,099

0,089

0,141

0,07

13:04

Personeel

Veilig

1

Noord

2,3

105

0,593

0,475

0,294

0,218

0,159

0,129

0,151

0,129

0,106

13:04

Gedeeltes

Vrach

2

Zuid

2,2

111

vrachtwagen in zicht - maar schakling 2 sec

0,218

0,131

0,146

0,214

0,125

0,095

13:06

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,4

102

0,276

0,221

0,246

0,171

0,188

0,175

0,114

0,145

0,14

13:08

Personeel

Intercity

3

Noord

1,9

129

0,917

0,494

0,295

0,384

0,319

0,332

0,218

0,221

0,246

0,171

0,188

0,175

0,114

0,145

0,14

13:13

Personeel

Veilig

1

Noord

2,4

102

0,667

0,471

0,283

0,19

0,156

0,184

0,155

0,086

0,103

0,078

0,09

0,08

13:15

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,4

102

0,244

0,185

0,256

0,13

0,156

0,184

0,155

0,086

0,103

0,078

0,09

0,08

13:16

Personeel

Sprinter

4

Zuid

2,1

117

0,238

0,216

0,223

0,161

0,17

0,117

0,184

0,084

0,08

13:16

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,4

102

0,19

0,156

0,184

0,155

0,086

0,103

0,078

0,09

0,08

13:18

Personeel

Intercity

3

Noord

2,4

102

0,623

0,409

0,208

0,11

0,175

0,22

0,08

0,151

0,241

13:18

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,6

94

0,246

0,206

0,231

0,139

0,159

0,136

0,137

0,153

0,092

0,118

0,094

0,07

0,094

0,09

13:18

Personeel

Sprinter

3

Noord

1,9

129

vrachtwagen in zicht (begeleid o.b.v.g. snelheid)

0,704

0,453

0,269

0,237

0,232

0,255

0,201

0,249

0,261

0,197

0,203

0,155

0,137

0,1

0,31

0,3

13:45

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,3

106

0,155

0,09

0,088

13:49

Personeel

Stopgereg

4

Zuid

2,1

117

0,523

0,299

0,197

0,285

0,205

0,231

0,246

0,178

0,207

0,15

0,162

0,133

0,086

0,097

0,077

13:55

Personeel

Intercity

3

Noord

2,4

102

0,139

0,159

0,136

0,137

0,153

0,092

0,118

0,094

0,07

0,094

0,09

13:59

Personeel

Intercity

3

Noord

2,9

84

0,603

0,466

0,288

0,209

0,22

0,314

0,208

0,149

0,179

0,127

0,09

0,102

0,07

0,094

0,09

14:02

Personeel

Veilig

1

Noord

2,3

111

0,253

0,229

0,224

0,167

0,178

0,172

0,112

0,161

0,14

14:08

Personeel

Stopgereg

3

Noord

2

122

0,749

0,426

0,241

0,372

0,316

0,357

0,251

0,229

0,224

0,167

0,178

0,172

0,112

0,161

0,14

14:11

Personeel

Veilig

1

Noord

2

122

0,735

0,489

0,295

0,249

0,150

0,165

0,253

0,207

0,188

0,202

0,172

0,112

0,161

0,14

14:15

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,4

102

0,139

0,159

0,136

0,137

0,153

0,092

0,118

0,094

0,07

0,094

0,09

14:18

Personeel

Intercity

3

Noord

2,9

84

0,253

0,229

0,224

0,167

0,178

0,172

0,112

0,161

0,14

14:22

Personeel

Veilig

1

Noord

2,3

111

0,603

0,466

0,288

0,209

0,22

0,314

0,208

0,149

0,179

0,127

0,09

0,102

0,07

0,094

0,09

14:27

Personeel

Veilig

2

Zuid

2,5

98

0,182

0,167

0,219

0,181

0,178

0,209

0,139

0,134

0,145

0,094

0,15

0,12

14:28

Personeel

Sprinter

4

Zuid

2,3

106

0,308

0,2

0,128

0,246

0,206

0,231

0,182

0,177

0,181

0,178

0,209

0,139

0,134

0,145

0,094

0,15

0,12

14:32

Personeel

Intercity

3

Noord

2,6

94

0,564

0,436

0,256

0,246

0,206

0,231

0,182

0,177

0,181

0,178

0,209

0,139

0,134

0,145

0,094

0,15

0,12

14:36

Personeel

Veilig

2

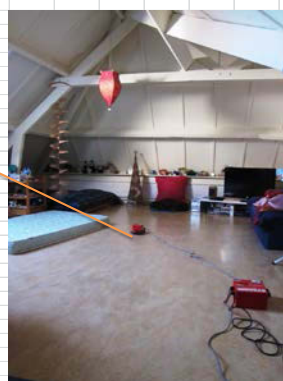
Zuid

2,5

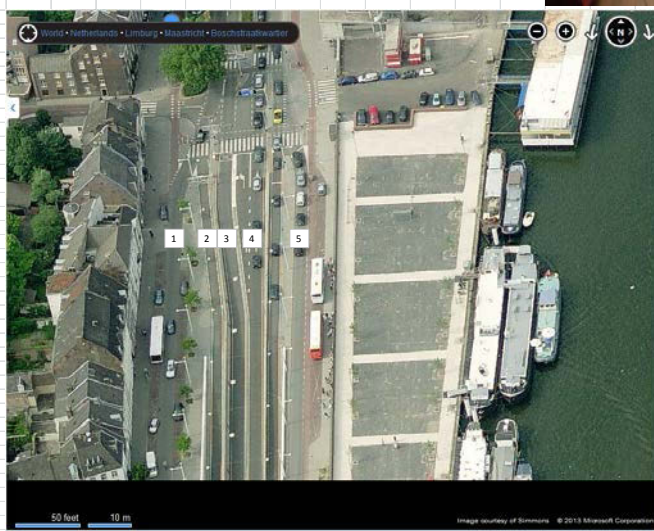
98

<

Bijlage 3.3 Van Hasseltkade 10



Positie wegen/rijlijnen



blik naar noorden

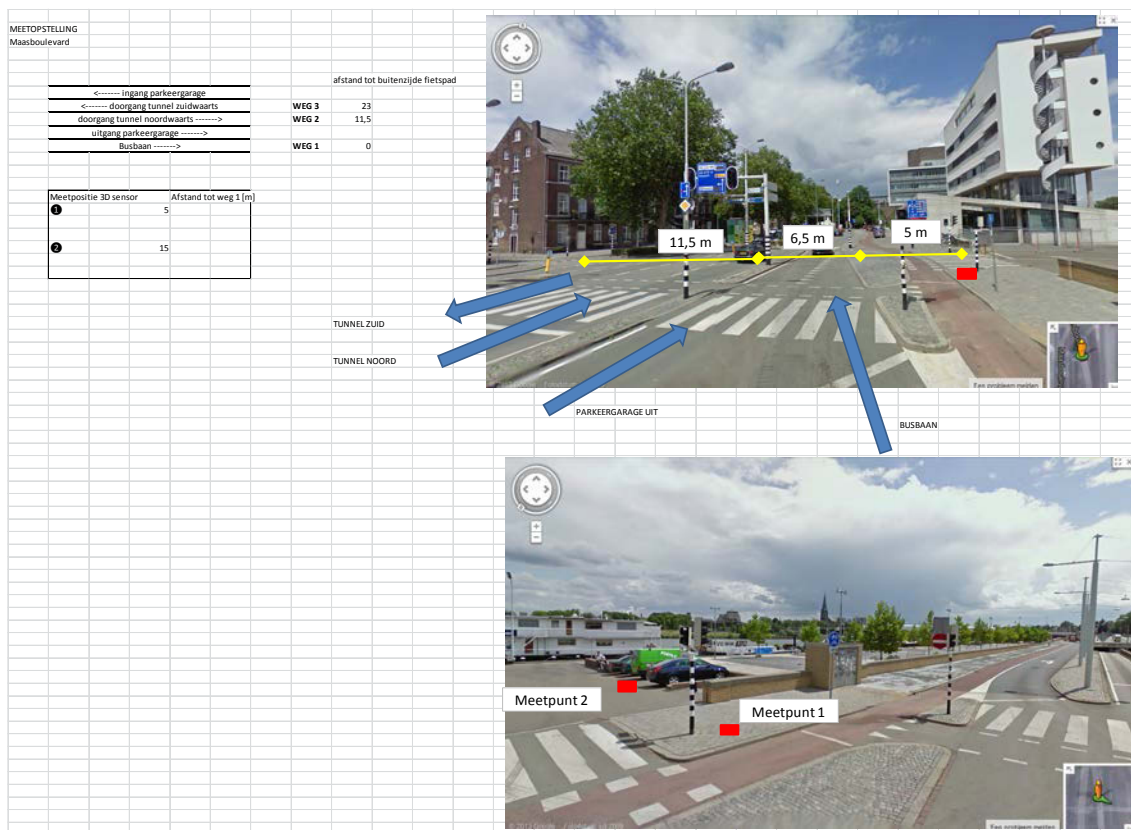


blik naar zuiden

Van Hasseltkade 10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											</
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Bijlage 3.4

Maasboulevard



Maasboulevard (maaszijde)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

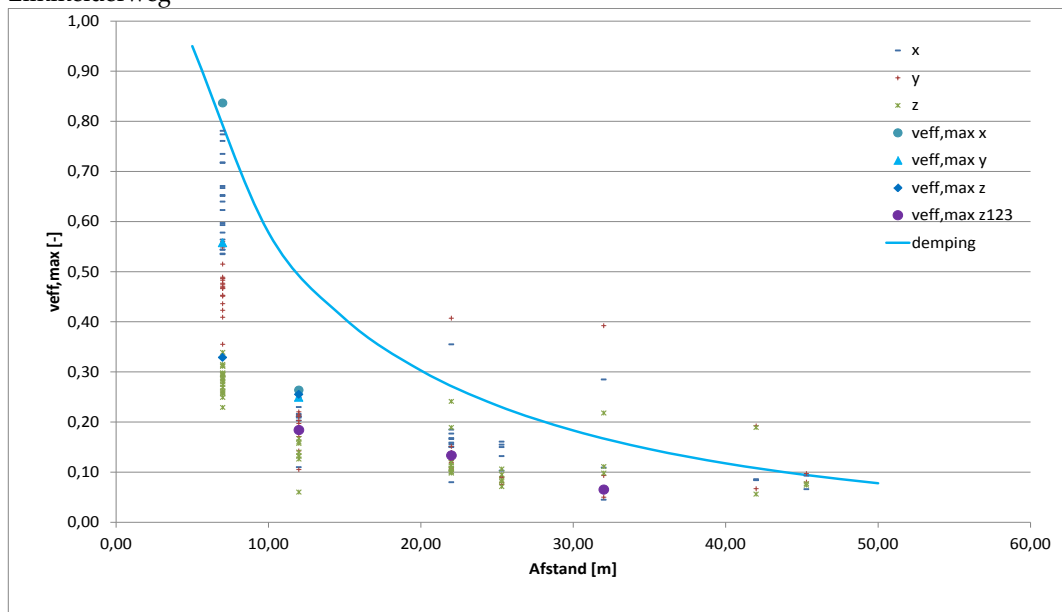
Bijlage 4

Trillingspredictie

Bijlage 4.1

Spoor (Limmelderweg)

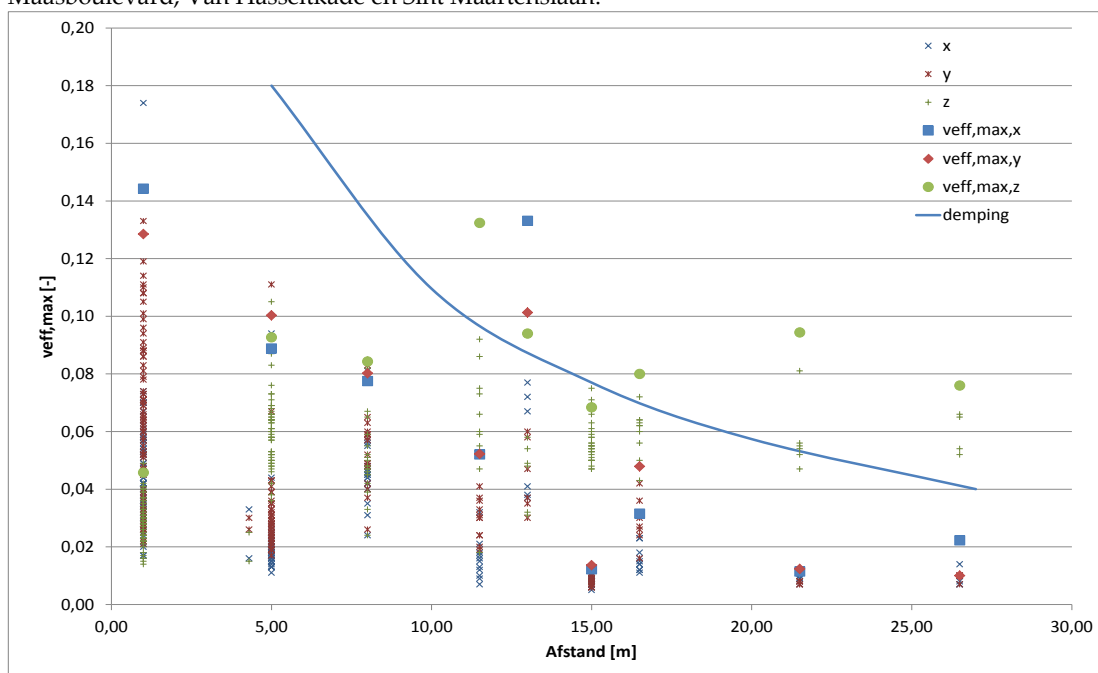
Limmelderweg



Bijlage 4.2

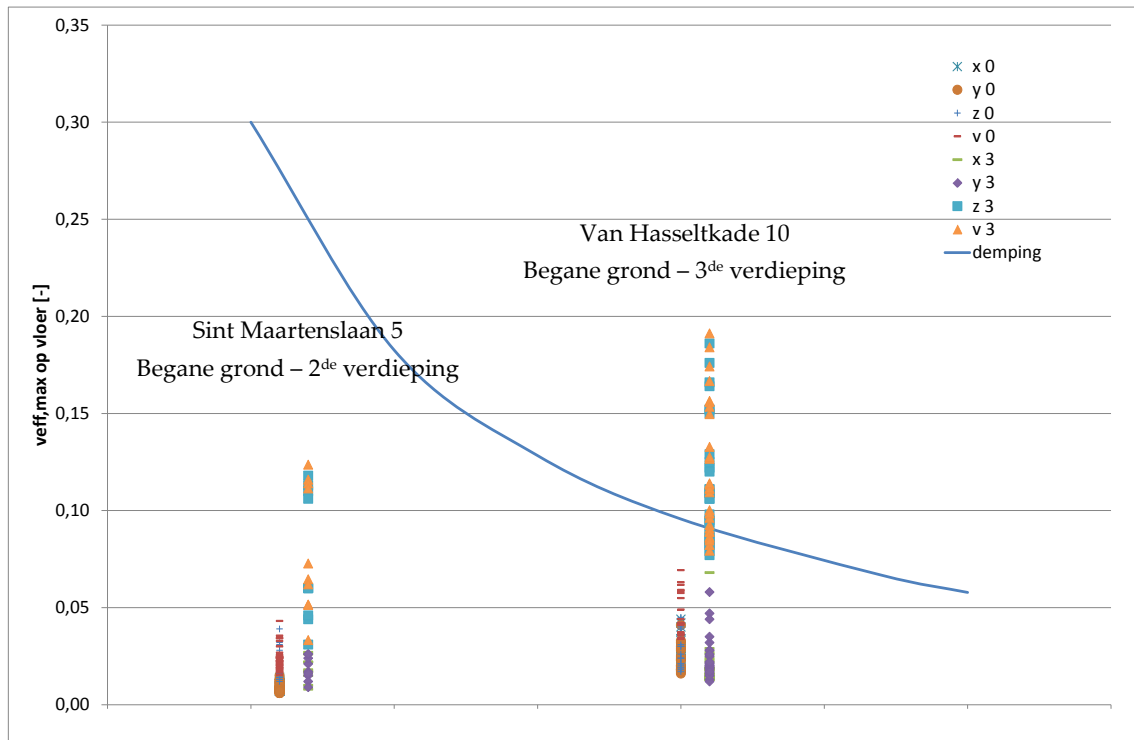
Wegverkeer

Maasboulevard, Van Hasseltkade en Sint Maartenslaan.



Bijlage 4.3 Vloerbebouwing

Van Hasseltkade 10 en Sint Maartenslaan 5



Bijlage 5 Referentiedocumenten

De volgende documenten zijn als referentiedocument gehanteerd, zie tabel 16.

Titel	datum	organisatie	
Overzichten treien meetlocatie spoor.xlsx	31-10-2013	DPA Cauberg Huygen	[1]
Overzicht Maasboulevard 28-10-2013.xlsx	1-11-2013		
Overzicht Sint Maartenslaan 30-10-2013.xlsx	1-11-2013		
Overzicht Van Hasseltkade 30-10-2013.xlsx	1-11-2013		
SBR meet- en beoordelingsrichtlijn, deel A: schade aan gebouwen	Oktober 2003	Stichting Bouwresearch	[2]
SBR meet- en beoordelingsrichtlijn, deel B: hinder voor personen in gebouwen	Oktober 2003	Stichting Bouwresearch	[3]
SBR meet- en beoordelingsrichtlijn, deel C: storing aan apparatuur	Oktober 2003	Stichting Bouwresearch	[4]
Onderzoek trillingbeperkende maatregelen Regio Tram Groningen, Rapport 4121054.R01	7 mei 2012	WNP raadgevende ingenieurs	[5]
Noise and Vibration impact assessment region of Waterloo Rapid Transit System	January 9 2012	J.E. Coulter Associates Limited	[6]
RGLO MIT 4 BSL 3 WP 7.11 Trillingen, L3.7.11.1 Rapport Trillingen, 141222/EA7/1V6/260.061/nve	2 oktober 2007	ARCADIS	[7]
Rapport V.2009.1067.02.R001, RijnGouweLijn-Oost, Trillingsonderzoek 2009	15 januari 2010	dGmR	[9]
Tekeningen Bestemmingsplan Tramlijn Maastricht-Vlaanderen ontwerp: NL.IMRO.0935.BPTVM2013-ow01-01 NL.IMRO.0935.BPTVM2013-ow01-02 NL.IMRO.0935.BPTVM2013-ow01-03 NL.IMRO.0935.BPTVM2013-ow01-04	13-06-2013	Gemeente Maastricht	[10]
Akoestisch onderzoek Tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM)	4-11-2013	ARCADIS	[11]

Tabel 17, Referentiedocumenten.

Colofon

TRAM VLAANDEREN MAASTRICHT PROGNOSE TRILLINGEN

OPDRACHTGEVER:

Gemeente Maastricht

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

ir. A.V. van Uiter

GECONTROLEERD DOOR:

ir. C.P. Schouten

VRIJGEGEVEN DOOR:

ing. S.K.P. Kemps

9 januari 2014

077493795:0.1

ARCADIS NEDERLAND BV
Piet Mondriaanlaan 26
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Tel 033 4771 000
Fax 033 4772 000
www.arcadis.nl
Handelsregister 09036504

Bijlage 3

MEMO

Onderwerp:
Aanvulling MER TVM: Geluidseffecten Booggeluid

Arnhem,
21 november 2013

Van:
H.W.M. Leushuis

DIVISIE MILIEU & RUIMTE

Afdeling:
Divisie M&R Arnhem

Aan:
Commissie voor de milieueffectrapportage

Inleiding

Als voorbereiding op de besluitvorming over het bestemmingsplan is een Milieueffectrapport (MER) opgesteld. De Commissie voor de milieueffectrapportage is van oordeel dat nog niet alle essentiële informatie in het MER aanwezig is om het milieubelang voldoende te kunnen laten meewegen in de besluitvorming. De tekortkomingen hebben voor het aspect geluid betrekking op de effecten die optreden als gevolg van het mogelijke booggeluid van de trams. De Commissie voor de milieueffectrapportage adviseert in een aanvulling op het MER de bandbreedte aan mogelijke geluidsniveaus bij woningen door booggeluid aan te geven en te beoordelen. Daarnaast wordt geadviseerd aan te geven in welke mate de effecten van booggeluid gemitigeerd kunnen worden. In dit memo wordt nader ingegaan op de mogelijk te verwachten effecten van booggeluid.

Booggeluid

Indien booggeluid ontstaat, wordt dit vaak (maar niet uitsluitend) veroorzaakt door spoor- en trammaterieel met een starre as, waarbij het wiel op de buitenste spoorstaaf (buitenbeen) een grotere afstand moet overbruggen dan het wiel op de binnenste spoorstaaf (binnenbeen). Doordat het wiel op de buitenste spoorstaaf feitelijk een grotere afstand moet overbruggen, maar door de starre as niet sneller kan draaien, schuift het buitenste wiel schoksgewijs over het spoor ("stick-slip" beweging). De stick-slip beweging veroorzaakt hoge trillingsniveaus in spoorstaaf en geluid, waardoor het hoog frequente gepiep/geknars ontstaat. Dit geluid wordt in de volksmond "booggeluid" genoemd.

Of en in welke mate booggeluid op kan treden bij een passage van een tram, is op voorhand niet te voorspellen. In Nederland zijn geen betrouwbare (reken)modellen voorhanden die het ontstaan van booggeluid kunnen voorspellen of die kunnen berekenen welke niveaus er op treden. Doorgaans kan op basis van ervaringen elders in Nederland wel worden aangegeven dat met name bij krappe bochten de meeste kans aanwezig is op (het ontstaan van) booggeluid. Als vuistregel kan voor trammaterieel aangehouden worden dat bij bochten met een kleinere boogstraal dan 100 meter er een kans aanwezig is dat er booggeluid ontstaat. Ook bij wissels (bij berijden afslaan van de wissel) is de kans op

het ontstaan van booggeluid aanwezig. Deze vuistregel wil dus niet zeggen dat bij ruimere bochten geen booggeluid kan optreden, maar dat de kans op het ontstaan van booggeluid er klein is.

In de berekening voor het tramlawaai (maar ook voor railverkeerlawaai) wordt geen rekening gehouden met booggeluid. Volgens het in Nederland geldende “Reken- en meetvoorschrift Geluid 2012” is dit ook niet verplicht.

Methodiek

Binnen het project TVM is gebruik gemaakt van een rapport van AEA Technology Rail betreffende de booggeluidemissie van soortgelijk Citadis materieel voor het TramPlusproject in IJsselmonde. (projectnummer 4400003, september 2004). De metingen aan het booggeluid zijn uitgevoerd op 25 mei 2004 aan destijds nieuwe Citadis trams. De metingen zijn uitgevoerd onder representatieve omstandigheden (normale dienstregeling). Het destijds gemeten gemiddelde geluidsniveau bij een passage van een tram waarbij booggeluid ontstond, bedroeg 96 dB(A) op de meetpositie, aan binnenzijde van de bocht op 7,5 m vanaf het spoor. Aan de buitenzijde van de bocht is een gemiddeld geluidsniveau gemeten dat circa 10 dB lager ligt, namelijk 86 dB(A). Tussen de trams onderling (allen Citadis, zelfde type) was ook nog een variatie van 10 dB aanwezig. In het akoestisch rapport is tevens aangegeven dat tijdens het ontstaan van booggeluid de hoogste niveaus werden geregistreerd tussen de 1kHz en 3kHz.

Op basis van bovenstaande gegevens is het passageniveau teruggerekend naar een bronvermogen (lijnbron met om de 5 meter een puntbron), waarbij het bronvermogen zorgt voor een invallend geluidsniveau op 7,5 m vanaf hart trambaan van 96 dB(A). Voor de berekeningen is uitgegaan van een bronhoogte van 0,2 m. Het bronvermogen wordt hierbij volledig bepaald door bijdragen in de 1, 2 en 4 kHz octaafband. Verwacht wordt dat bij booggeluid de bijdrage van de overige octaafbanden te verwaarlozen is.

Keuze van de locaties

Binnen het binnenstedelijke traject is op een drietal locaties wissels voorzien. De kans is aanwezig dat hier, indien het afslaande been van de wissel bereden wordt door de tram, booggeluid kan ontstaan. Met behulp van de ontwerpen van de trambaan is bepaald welke bochten een kleinere boogstraal hebben dan 100 m. Voor deze bochten is de kans aanwezig dat er booggeluid ontstaat.

Met behulp van deze criteria zijn voor het Maasboulevardtracé (voorkeurstracé en Sappi, ligging trambaan verschilt hierin niet) en Markttracé de volgende locaties bepaald waar mogelijk booggeluid kan optreden:

- Wissel kruising Boschstraat-Fransensingel;
- Bocht Boschstraat-Maasboulevard (alleen voorkeurstracé en Sappi);
- Bocht Maasboulevard t.h.v. Biesenweg (alleen voorkeurstracé en Sappi);
- Bocht Maasboulevard-Wilhelminabrug (alleen voorkeurstracé en Sappi);
- Markt t.h.v. de bocht op de Markt (alleen Markttracé)
- Bocht Wilhelminasingel-Sint Maartenslaan;
- Bocht Sint Maartenslaan-Parallelweg/Stationsplein;
- Wissel Parallelweg/Stationsplein t.h.v. woning Parallelweg 55 (overloopwissel voor calamiteiten. Alleen incidenteel gebruik);
- Wissel Parallelweg/Stationsplein t.h.v. woning Spoorweglaan 11;

De resultaten voor de maatgevende woningen zijn weergegeven in de volgende paragraaf.

Resultaten

Uit de berekeningsresultaten volgt dat – indien er booggeluid optreedt – op basis van de aangehouden uitgangspunten geluidniveaus vanwege booggeluid bij woningen kunnen optreden van tussen de 75 en 97 dB(A). Het gaat hierbij om (bij benadering) de niveaus die vanwege booggeluid te verwachten zijn. De resultaten zijn per locatie waar mogelijk booggeluid op zou kunnen treden weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 1: Locaties en inschatting geluidsniveau booggeluid

Oorzaak mogelijk booggeluid	Oorzaak van mogelijk booggeluid	Ligging woning (t.o.v. binnen- of buiten been)	Maatgevende woning	Invallend geluidsniveau [in dB(A)]*
Kruising Boschstraat-Fransensingel	wissel gevolgd door bochten	Binnen	Nieuwbouw locatie Sphinx	81-87
		Buiten	Boschstraat 1	
Bocht Boschstraat-Maasboulevard	(krappe) bocht	Binnen	Geen woningen aanwezig	--
		Buiten	Maasboulevard 2b t/m 2f	80
Bocht Maasboulevard t.h.v. Biesenweg	(krappe) bocht	Binnen	Bassin 184	83
		Buiten	Maasmolendijk 26	78
Bocht Maasboulevard-Wilhelminabrug	(krappe) bocht	Binnen	Geen woningen aanwezig	--
		Buiten	Mosae Forum 133	75
Markt t.h.v. de bocht op de Markt	(krappe) bocht	Binnen	Markt 31	87
		Buiten	Markt 22	83
Bocht Wilhelminasingel-Sint Maartenslaan	(krappe) bocht	Binnen	Sint Maartenslaan 26	90
		Buiten	Wilhelminasingel 43	80
Bocht Sint Maartenslaan-Parallelweg/Stationsplein	(krappe) bocht	Binnen	Parallelweg 44	97
		Buiten	Geen woningen aanwezig	--
Parallelweg/Stationsplein t.h.v. Parallelweg 55	wissel	Binnen	Parallelweg 55	78-88**
		Buiten (zijde spoor)	Geen woningen aanwezig	--
Parallelweg/Stationsplein t.h.v. Spoorweglaan 11	wissel	Binnen	Spoorweglaan 11	79-89
		Buiten (zijde spoor)	Geen woningen aanwezig	--

* Er is gerekend met een bronvermogen dat gebaseerd is op de geluidafstraling van booggeluid aan de maatgevende binnenbeen. Volgens de meetresultaten treden aan deze zijde (binnenbeen) doorgaans circa 10 dB hogere passageniveaus vanwege booggeluid op dan aan de buitenzijde (buitenbeen).

** Overloopwissel voor calamiteiten, wissel wordt zeer incidenteel gebruikt

Op basis van de aangegeven uitgangspunten kan worden aangehouden dat als er booggeluid bij een passage optreedt, piekniveaus (L_{max}) veroorzaakt kunnen worden die aanmerkelijk hoger zijn dan (cumulatieve) geluidsbelastingen vanwege het weg- en tramlawaai. Bij het optreden van booggeluid kunnen er - afhankelijk van de locatie - verhogingen optreden die circa 15-30 dB hoger zijn dan de gemiddelde cumulatieve geluidsbelastingen. Indien er bij bochten of wissels booggeluid ontstaat, treden de grootste verschillen op voor geluidgevoelige bestemmingen dicht op de trambaan in de binnenbocht (binnenste been). Geluidspieken van booggeluid zijn qua geluidemissie circa 5 dB hoger dan pieken die kunnen ontstaan bij een passage van een vrachtwagen, echter wordt het hoogfrequente- en impulsachtige (vanwege de hoge stijgsnelheid) karakter van booggeluid door mensen als zeer

hinderlijk ervaren. Daarnaast kunnen geluidspieken die bij booggeluid ontstaan, leiden tot schrikreacties voor personen (in de woningen, maar ook verkeersdeelnemer/voetgangers) en slaapverstoring bij omwonenden.

Het voorkomen van booggeluid is dus een belangrijk middel voor hinderreductie en mogelijke slaapverstoring. Het optreden van booggeluid kan op voorhand niet worden uitgesloten. Wel kunnen er maatregelen worden getroffen waarmee het niveau van booggeluid kan worden verlaagd of het aantal keren dat booggeluid optreedt zoveel mogelijk wordt beperkt. In de volgende paragraaf zijn maatregelen weergegeven die mogelijk kunnen worden getroffen voor het booggeluid.

Maatregelen booggeluid

Zoals eerder aangegeven is het van te voren moeilijk in te schatten of en in welke mate (duur en niveau) er booggeluid optreedt en welke maatregelen het meest effectief zijn. Het voorkomen en oplossen van het piepen in bogen dient per situatie apart beoordeeld te worden. Mogelijke maatregelen in de desbetreffende situatie zijn met name afhankelijk van de feitelijke constructie van het spoor en het type materieel dat wordt ingezet. Binnen één project kunnen dan ook meerdere methoden worden ingezet om booggeluid te voorkomen. In onderstaande paragrafen zijn mogelijke maatregelen tegen het (ontstaan van) booggeluid weergegeven.

FRICTIEVERBETERAAR

Een frictieverbeteraar wordt gebruikt om het “stick-slip” effect te verminderen. Op die wijze kan booggeluid worden gereduceerd. Ervaringen in het Meerjarenprogramma Booggeluid hebben uitgewezen dat bij de toepassing van een frictieverbeteraar, steeds een flenssmeermiddel dient te worden ingezet. De frictieverbeteraar kan worden aangebracht met een installatie op een of meerdere tramstellen. Het materiaal kan dan worden aangebracht op het loopvlak van de wielen. Ook is het mogelijk het materiaal aan te brengen op de rail (loopvlak), met behulp van een aparte smeewagen. De installatie, die de smering in de radius van de rail verzorgt, werkt betrouwbaar en is ook gedurende een vorstperiode inzetbaar. De geluidreducties van frictieverbeteraar en flenssmering lopen uiteen. In het algemeen kunnen reducties op het booggeluid van maximaal 10 tot 15 dB(A) worden bereikt. Of deze reducties ook voor dit project gehaald kunnen worden is echter op dit moment niet bekend.

Alle door de vervoerder (“De Lijn”) in te zetten tramvoertuigen op de tramverbinding Hasselt – Maastricht worden voorzien van een installatie voor wielflenssmering. Verder bevat het materieelbestek van “De Lijn” de volgende bepaling:

“De Opdrachtnemer (van het trammaterieel, red.) zal de nodige maatregelen treffen tijdens de ontwerpfase, de productiefase en desgevallend na de indienststelling om het ontstaan van geluid bij het rijden in bogen te verhinderen.”

SPOORSTAAFCONDITIONERINGSSYSTEMEN

SpoorStaafConditioneringssystemen (SSCS) doseren met grote nauwkeurigheid een frictiemiddel op de spoorstaaf. Hiermee wordt het hinderlijke schuren van wielen op spoorstaven sterk gereduceerd. Het resultaat is een geluidsreductie van 10 tot 20 dB(A). In het kader van de bouw van de tramverbinding TVM kunnen in de infrastructuur voorzieningen worden gerealiseerd (mantelbuizen,

uitsparingen ten behoeve van SSCS etc.) die hetzij direct hetzij op een later tijdstip inbouw van een SSCS mogelijk maken.

Watersmering

In Rotterdam (RET) is op een aantal locaties gewerkt met een watersmering. Hierbij wordt de groef van de spoorstaaf gevuld met water. Geluidsmetingen hebben uitgewezen dat deze methode leidt tot een sterke geluidsreductie van maximaal 21 dB(A). Nadeel van deze methode zijn de kwetsbare afstelling van het systeem (vooral bij hellingen) en de schadegevoeligheid. Daarnaast is toepassing bij vorst niet mogelijk. Verwacht wordt dat deze maatregel vanwege de vele hoogteverschillen in de stad niet toepasbaar zal zijn voor Maastricht. Deze maatregel zal vanwege het beperkt toepassingsbereik niet toegepast gaan worden.

Optimalisatie van spoorgeometrie

Optimalisatie van spoorgeometrie heeft als doel de locatie van het contactpunt op het wiel dusdanig te beïnvloeden dat er geen booggeluid optreedt. Dit kan door de aanwezige speling tussen wiel en spoorstaaf zo klein mogelijk te houden. De spoorgeometrie zal bij aanleg van als bij onderhoud aan het tramspoor speciale aandacht genieten.

Maatregelen en eisen aan tramvoertuigen (wieldempers)

Het te bestellen materieel is nieuw en dus “state of the art” en voorzien van de laatste nieuwe ontwikkelingen. Het materieelbestek van “De Lijn” bevat daarnaast een aantal technische eisen over de maximale geluidsemissie die het voertuig mag afgeven (in stilstand (modus verwarming, modus koeling), bij optrekken tot 40 km/u, rijdend bij resp. 50km/u, 80 km/u en 100km/u). De geluidsemissie-eisen zijn hierbij gebaseerd op de (Europese) technische specificaties voor “rollend materieel” (TSI Noise – C(2005)5666 – 2006/66/EG). Controlemetingen worden bij oplevering van de voertuigen uitgevoerd volgens ISO 3095 op 7,5 m van het voertuig.

Gedempte wielen en gedempte spoorstaven stralen minder trillingen af. Om de afstraling van de wielen tegen te gaan, is het toepassen van wieldempers een goede structurele oplossing. Er bestaat echter geen standaard voor de uitvoering van de wieldempers. De optimale uitvoering voor een bepaald type tram moet door uitgebreide proeven in de praktijk worden bepaald. Het treffen van deze maatregelen is op voorhand dan ook nog niet aan de orde.

Bestrijding knerpen

Het knerpen in bogen is te bestrijden door of de zijkant van de spoorstaaf of de flens van het tramwiel te smeren. Beide methoden worden door de RET toegepast, spoorstaven in bogen worden gesmeerd met een smeewagen, daarnaast is de Citadis uitgerust met flenssmering.

Conclusie

Of en in welke mate booggeluid op kan treden bij een passage van een tram, is op voorhand niet te voorspellen. Er zijn geen betrouwbare (reken)modellen voorhanden die het ontstaan van booggeluid kunnen voorspellen of die kunnen berekenen welke niveaus er op treden. Er zijn in totaal negen relevante locaties gekozen waar mogelijk booggeluid zou kunnen ontstaan door aanwezigheid van wissels of de aanwezigheid van een relatief krappe bocht. Voor deze locatie zijn berekeningen

uitgevoerd. De akoestische gegevens (de booggeluidemissie) zijn hierbij gehanteerd van geluidsmetingen aan soortgelijk Citadis materieel voor het TramPlusproject in IJsselmonde.

Zoals aangegeven in de memo is het op voorhand moeilijk aan te geven, waar en in welke mate (niveaus) er booggeluid kan ontstaan. In deze memo is hiervoor een (indicatieve) werkwijze gehanteerd waarbij een indicatie wordt gegeven van de mogelijk te verwachten piekniveaus bij de dichtstbij gelegen woningen.

Uit de berekeningsresultaten volgt dat – indien er booggeluid optreedt – op basis van de aangehouden uitgangspunten geluidniveaus vanwege booggeluid bij woningen kunnen optreden van tussen de 75 en 97 dB(A). Het gaat hierbij om (bij benadering) de niveaus die vanwege booggeluid mogelijk te verwachten zijn.

Binnen het project TVM zal getracht worden om het ontstaan van booggeluid zoveel als mogelijk te voorkomen, eventueel door het treffen van maatregelen. De vervoerder (“De Lijn”) heeft als eis opgenomen dat de in te zetten tramvoertuigen op de tramverbinding Hasselt – Maastricht worden voorzien van een installatie voor wielflenssmering. Met deze maatregel zal in ieder geval het aantal keren dat booggeluid ontstaat worden verminderd en zal er – in de gevallen dat er booggeluid optreedt – een aanzienlijke reductie van 10 à 15 dB worden verkregen op het booggeluid. Met deze maatregel nemen de piekniveaus en het aantal keren dat deze pieken optreden af, waardoor er minder hinder en slaapverstoring vanwege booggeluid optreedt langs het tramtracé.

Indien na realisatie van de tramlijn mocht blijken dat er andere maatregelen ter voorkoming/vermindering van booggeluid doelmatig zijn, kan naderhand (dus na aanleg van de tramlijn) worden afgewogen of aanvullende maatregelen toegepast gaan worden.

Indien de te verwachten effecten van 10 à 15 dB worden gecombineerd met de eerder aangegeven geluidniveaus van die vanwege booggeluid bij woningen kunnen optreden, nemen de piekniveaus af tot circa 65 en 85 dB(A). Deze niveaus verhouden zich tot niveaus die bij een passage van auto's op een verkeersweg (65 dB(A) tot een passage van een hinderlijke zware vrachtwagen (85 dB(A)). Vanwege het hoogfrequente karakter in combinatie met het impulsachtige karakter zal de optredende niveaus die ontstaan vanwege booggeluid mogelijk door mensen als zeer hinderlijk worden ervaren.

Bijlage 4

MEMO

Onderwerp:
Resultaten aanvullend geluidonderzoek "Floating
Slab" constructie Trambaan

Arnhem,
10 januari 2014

Projectnummer:
B02046.000017.0200

DIVISIE MILIEU & RUIMTE

Van:
Erik Leushuis

Opgesteld door:
Erik Leushuis

Afdeling:
Divisie Water & Milieu

Ons kenmerk:
077495179:0.1

Aan:
Gemeente Maastricht

Kopieën aan:

Inleiding

In het kader van het bestemmingsplan "Tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM)" is een akoestisch rapport opgesteld (4 november 2013, kenmerk 077146317:C - Definitief) waarin de akoestische gevolgen van de nieuw te realiseren tramverbinding zijn beschreven. Naast het geluidsonderzoek is er (naderhand) ook een trillingsonderzoek uitgevoerd (9 januari 2014, Kenmerk 077493795:0.1 – Definitief). In het trillingsrapport is aangegeven dat er maatregelen nodig zijn om de trillingshinder voor personen in gebouwen te beperken. In het rapport is aangegeven dat in het binnenstedelijk gebied van Maastricht trillingsbeperkende maatregelen aan de bron goed toepasbaar zijn. Geadviseerd wordt het toepassen van een zogenaamde "Floating slab" constructie op verschillende locaties langs het tramtracé, die de trillingsintensiteit voldoende kan verlagen zodat er geen (of minder) trillingshinder wordt ondervonden. In het trillingsrapport wordt verwezen naar een onderzoek voor trillingsbeperkende maatregelen voor de Regio Tram Groningen (4121054.R01, 7 mei 2012 en Movares, MER 1e fase Goederenroute Oost-Nederland, RL197035, 28 oktober 2013).

Voor de Regiotram Groningen is ook onderzoek naar de effecten van geluid- en trillingen uitgevoerd. Binnen dit Groningse project wordt ook op de delen van het tramtracé – ter voorkoming van trillingshinder – de trambaan op een "floating slab" constructie aangelegd. In het onderzoek wordt door adviesbureau Dgmr aangegeven dat de geluidsuitstraling vanwege de "floating slab" constructie ter plaatse toeneemt met 2 dB bij een snelheid van circa 15 km/uur en met 3 dB bij hogere snelheden (tot 70 km/uur). Bij de geluidadviseur (Dgmr) is in het kader van dit onderzoek navraag gedaan naar de manier waarop de veronderstelde toeslagen zijn bepaald (hoe is er gemeten, welke "floating slab" constructie, welk materieel, welke omstandigheden etc.). De adviseur heeft aangegeven dat de toeslag voor "floating slab" is gebaseerd op meetexpertise binnen diverse andere projecten, zonder hiervoor concrete gegevens te kunnen overleggen.

Voor de volledigheid wordt nog wel gemeld dat de toename van de geluidemissie door de “floating slab” constructie plaats vindt op alle locaties waar de “floating slab” constructie wordt toegepast. Deze constructie heeft dus niet specifiek betrekking op enkel booggeluid.

Aanvullend onderzoek

Uitgaande van de juistheid en toepasbaarheid van deze toeslagen (ook voor de Maastrichtse situatie) zoals aangegeven in het akoestisch rapport van de Regiotram Groningen, is aanvullend onderzocht of bij een toeslag van 3 dB op het (binnenstedelijke) tramlawaai zich langs het tramtracé een reconstructiesituatie Wgh voordoet. Omdat het tramlawaai samen met het wegverkeer wordt beoordeeld kan het zo zijn dat bij relatief drukke wegen met een relatief hoge verkeersintensiteit de tram een ondergeschikte bijdrage levert. Hierdoor zou – zelfs bij een extra toeslag van 3 dB vanwege de “floating slab” constructie – er geen reconstructie in de zin van de Wgh op te hoeven treden. Bij wegen waar de intensiteit van het wegverkeer lager is en de tram een maatgevender bijdrage levert, kan er dan echter wel sprake zijn van een reconstructie, maar kunnen wellicht geluidseffecten weggenomen worden door bv het ter plaatse toepassen van geluidsarm asfalt. In de navolgende paragraaf zijn de conclusies van deze aanvullende exercitie weergegeven.

Resultaten

Zoals aangegeven is er in de geluidberekening rekening gehouden dat de “floating slab” voor het voorkomen van trillingshinder langs het gehele tramtracé (met uitzondering van de Wilhelminabrug) toegepast gaat worden. Dit is gedaan om als “Worstcase” situatie te onderzoeken waar mogelijk akoestische problemen (reconstructies) optreden bij het toepassen van een “floating slab” voor de trambaan. De resultaten zijn hieronder in een tabel weergegeven.

Straat	Toename geluidsbelasting door toepassen toeslag “Floating Slab” (+3 dB)	Is er door toename sprake van een reconstructie Wgh ?	Max. toename beoordeling reconstructie weg	Is de reconstructiesituatie Wgh te voorkomen door een andere maatregel ?
Boschstraat	Max. + 0,4 dB	Nee	< 2 dB	n.v.t.
Maasboulevard	+0,3 en + 1,6 dB	Ja, vijf tal posities Hasseltkade (nrs. 21, 21a, 22, 23, 24ABC)	+ 2,8 dB	Geluidsarm asfalt (bv dunne deklagen A)
Wilhelminasingel/brug	Max. + 0,4 dB	Ja, Wilhelminasingel 42C t/m 50E en 43,	+1,6 dB	Geluidsarm asfalt (bv dunne deklagen A)
Sint Maartenslaan	Max. + 0,6 dB	Nee	< 2 dB	n.v.t.
Parallelweg	Max. + 0,2 dB	Nee	< 2 dB	n.v.t.
Spoorweglaan	+0,1 en + 1,5 dB	Nee	< 2 dB	n.v.t.

Tabel 1: Berekeningsresultaten, rekening houdend met een extra toeslag van 3 dB voor een “floating slab” constructie (trillingsmaatregel).

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat er – afhankelijk van waar de “floating slab” constructie wordt toegepast – er knelpunten kunnen optreden. In de oorspronkelijke situatie (zonder “floating slab”) was er voor geen enkele weg of wegdeel een reconstructiesituatie aanwezig (zie akoestisch rapport). Door de extra geluidemissie is er - indien er een “floating slab” constructie wordt toegepast op de Maasboulevard en Wilhelminasingel op een beperkt aantal woningen of woongebouwen een reconstructiesituatie aanwezig.

De toename blijft dan beperkt tot 2,8 dB voor de woningen langs de Maasboulevard en 1,6 dB voor de woningen langs de Wilhelminasingel. Door het toepassen van geluidsarm asfalt (wat met name geluid reducerend werkt voor het wegverkeer en een effect van circa 3 à 4 dB kan hebben ter plaatse) is het mogelijk de toename weg te nemen.

Het is in de stedelijke situatie vanuit stedenbouwkundig oogpunt niet wenselijk schermen of andere overdrachtbeperkende maatregelen te plaatsen. Daarnaast zullen lage schermen – vanwege de relatief hoge beoordelingsposities en de korte afstand tussen bron en ontvanger – akoestisch niet doelmatig zijn en zullen hoge schermen financieel niet doelmatig (en niet wenselijk) zijn. De voorkeur gaat dan ook uit naar bronmaatregelen.

Hoe verder ?

Met deze memo is getracht inzichtelijk te maken wat de geluidseffecten zijn indien het toepassen van een “floating Slab” constructie zal leiden tot een extra geluidsemissie van de trams van 3 dB. Op dit moment is nog niet exact duidelijk waar de “floating slab” als maatregel tegen trillingen toegepast gaat worden. Het is dus ook (nog) niet mogelijk hier in het akoestisch rapport op te anticiperen.

Aanvulling op Akoestisch rapport

Op het moment dat de locaties bekend zijn waar een “floating slab” wordt toegepast, kan een aanvulling gemaakt worden op het akoestisch onderzoek. Indien dan de “floating slab” constructie wordt toegepast op plaatsen waardoor er geen reconstructie optreedt (zie tabel 1), zullen er enkel iets hogere geluidsbelastingen in de rapportages verschijnen en blijven de conclusies verder hetzelfde. Indien er een “floating slab” constructie wordt toegepast op plaatsen waardoor er wel een reconstructie optreedt, dient de rapportage nader in te gaan op maatregelen. Deze maatregelen zullen dan de toename moeten wegnemen. Zoals aangegeven kan dit doorgaans dan met een geluidsarm asfalt voor het wegverkeer, waardoor er per saldo (wegverkeer inclusief tram) de geluidstoename wordt weggenomen. Indien het akoestisch rapport wordt aangepast heeft de aannemer iets meer speling om aan de uitgangspunten en akoestische eisen (berekende geluidsbelastingen) te voldoen, aangezien er dan wel rekening wordt gehouden met een toeslag van 3 dB voor de “floating slab” constructie. Planologisch gezien zijn namelijk de gestelde eisen voor de aspecten geluid en trillingen gedekt.

In de regels van het bestemmingsplan zijn de volgende regels opgenomen in de bestemming verkeer:

4.4.1. Voorwaardelijke verplichting ten aanzien van geluid

- a. Het gebruik ten behoeve van het in 4.1 onder i genoemde tramverkeer is uitsluitend toegestaan overeenkomstig of minimaal gelijkwaardig aan de uitgangspunten die blijkens hoofdstuk 3 en bijlage 2 van het Akoestisch onderzoek Tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM) (toegevoegd als Bijlage 4 behorende bij de Toelichting van dit bestemmingsplan) ten grondslag hebben gelegen aan het akoestisch onderzoek;*
- b. Het bepaalde in lid a dient vóór reguliere ingebruikname te worden aangetoond door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders;*
- c. Een handelen in strijd met het bepaalde onder a en onder b. wordt aangemerkt als een gebruik in strijd met het bestemmingsplan.*

En de volgende regels opgenomen in de bestemming verkeer-verblijfsgebied:

6.4.1. Voorwaardelijke verplichting ten aanzien van geluid

- a. Het gebruik ten behoeve van het in 6.1 onder j genoemde tramverkeer is uitsluitend toegestaan overeenkomstig of minimaal gelijkwaardig aan de uitgangspunten die blijken hoofdstuk 3 en bijlage 2 van het Akoestisch onderzoek Tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM) (toegevoegd als Bijlage 4 behorende bij de Toelichting van dit bestemmingsplan) ten grondslag hebben gelegen aan het akoestisch onderzoek;*
- b. Het bepaalde in lid a dient vóór reguliere ingebruikname te worden aangetoond door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders;*
- c. Een handelen in strijd met het bepaalde onder a en onder b. wordt aangemerkt als een gebruik in strijd met het bestemmingsplan.*

Akoestisch rapport niet aanpassen

Indien het akoestisch rapport niet wordt aangepast, dan is er vanuit akoestisch oogpunt op dit moment geen rekening gehouden met een trillingsmaatregel. Indien de “floating slab” constructie ergens in het tramtracé toegepast gaat worden, zal de aannemer er voor moeten zorgen dat deze constructie geen extra geluidsemisatie veroorzaakt, aangezien hier ook geen rekening mee is gehouden in het akoestisch onderzoek. De aannemer zal op grond van het hierboven aangegeven artikel 4.4.1 en 6.4.1 zich aan de verplichtingen/eisen ten aanzien van geluid moeten houden.

Daarnaast is in de regels ook een voorwaardelijke verplichting ten aanzien van trillingen opgenomen, zodat de aannemer ook hiermee rekening dient te houden.

4.4.2 Voorwaardelijke verplichting ten aanzien van trillingen (bestemming verkeer)

- a. Het gebruik ten behoeve van het in 4.1 onder i genoemde tramverkeer is ter hoogte van de Boschstraat, Maasmolendijk 24, Wilhelminasingel 41 en Sint Maartenslaan 1 t/m 29 en 2 t/m 18 uitsluitend toegestaan, mits afdoende maatregelen worden getroffen waardoor geen onaanvaardbare trillingen voorkomen (trillinghinder);*
- b. Het bepaalde in lid a dient vóór reguliere ingebruikname te worden aangetoond door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders;*
- c. Een handelen in strijd met het bepaalde onder a en onder b. wordt aangemerkt als een gebruik in strijd met het bestemmingsplan.*

6.4.2 Voorwaardelijke verplichting ten aanzien van trillingen (bestemming verkeer-verblijfsgebied)

- a. Het gebruik ten behoeve van het in 6.1 onder j genoemde tramverkeer is ter hoogte van de Van Hasselkade 6 t/m 11 uitsluitend toegestaan, mits afdoende maatregelen worden getroffen waardoor geen onaanvaardbare trillingen voorkomen (trillinghinder);*
- b. Het bepaalde in lid a dient vóór reguliere ingebruikname te worden aangetoond door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders;*
- c. Een handelen in strijd met het bepaalde onder a en onder b. wordt aangemerkt als een gebruik in strijd met het bestemmingsplan.*

In beide gevallen dient middels een opleveringsrapportage aangetoond te worden dat aan het gestelde wordt voldaan vóór reguliere ingebruikname.