

Akoestisch effect transparante hellende schermen

Onderzoek naar de akoestische effecten van de transparante hellende schermen in de Ring Utrecht

Status	definitief
Versie	003
Rapport	M.2015.0853.01.R001
Datum	27 november 2015

Colofon

Opdrachtgever	Royal Haskoning DHV Postbus 1132 3800 BC AMERSFOORT
Contactpersoon	de heer J. Derksen
Project Betreft Uw kenmerk	MER/OTB Ring Utrecht Onderzoek akoestisch effect transparante hellende schermen -
Rapport Datum Versie Status	M.2015.0853.01.R001 27 november 2015 003 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Casuariestraat 5 2511 VB Den Haag Postbus 370 2501 CJ Den Haag
Informatie	ing. D. (Diego) Jansen 088 346 78 51 dja@dgmr.nl
Auteur	ing. D. (Diego) Jansen 088 346 78 51 dja@dgmr.nl
Verantwoordelijk	ir. M.H.J. (Mark) Bakermans 088 346 78 50 bk@dgmr.nl
Verwerkt door	BK BRA

Inhoud

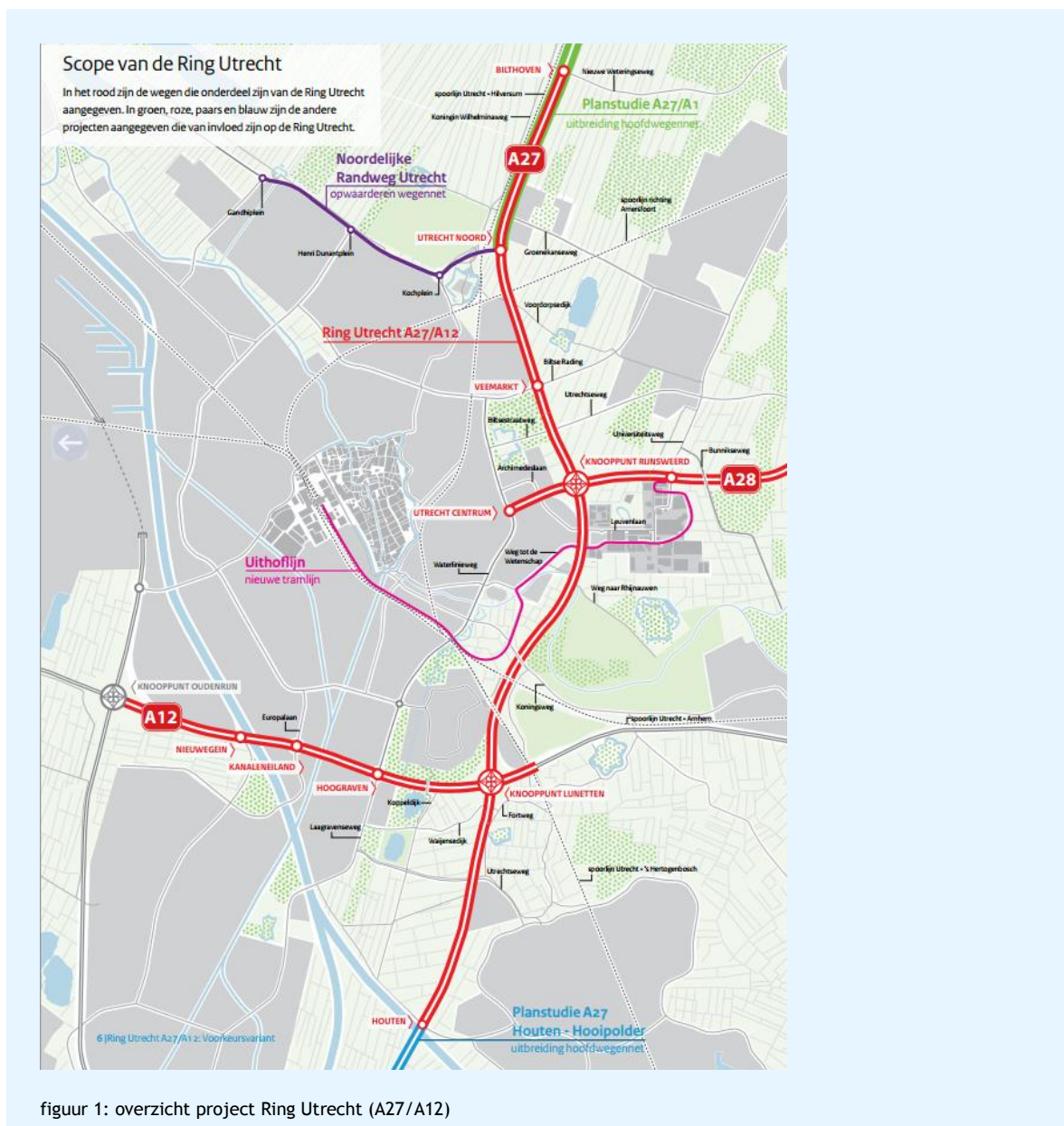
1. Inleiding	4
2. OTB Ring Utrecht	6
3. Rekenmethode	8
3.1 Spiegelning van bronnen	8
3.2 Constructie van geluidsstralen	10
3.3 Reflectiebijdrage	11
4. Werkwijze en uitgangspunten	12
4.1 Werkwijze	12
4.2 Gehanteerde uitgangspunten	12
5. Resultaten	14
5.1 Rijnsweerd / De Uithof	14
5.2 Galecopperbrug	14
6. Conclusie	15

Bijlagen

Bijlage 1	Resultaten
-----------	------------

1. Inleiding

In opdracht van Rijkswaterstaat heeft DGMR adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software een akoestisch onderzoek uitgevoerd naar de bijdrage van de geluidsreflectie in de hellende geluidsschermen die in het (Ontwerp)Tracébesluit Ring Utrecht (vanaf nu: OTB) opgenomen worden. In het kader van het OTB worden er op veel locaties langs de Ring Utrecht geluidsschermen geplaatst. Deze geluidsschermen zullen achterover hellend en geluidsabsorberend worden uitgevoerd. Op een tweetal locaties wordt overwogen om de schermen achteroverhellend en transparant uit te voeren, waardoor er mogelijk extra geluidreflecties ontstaan. Onderstaande figuur geeft een overzicht van het plangebied van het project Ring Utrecht.



De locaties waar mogelijk transparante schermen worden geplaatst zijn:

- Ter hoogte van de kruising van de A27 met Archimedeslaan ten zuiden van knooppunt Rijnsweerd. Aan de weerszijden van de A27 zijn in het OTB voor deze locatie schermen opgenomen met een hoogte tot 6 meter.
- Tussen de Galecopperbrug en het Merwedekanaal, langs de A12, waar in het OTB schermen zijn opgenomen met een hoogte tot 7 meter.

Rijkswaterstaat wil weten of het transparant uitvoeren van een deel van deze schermen niet zorgt voor een extra reflectiebijdrage, waardoor de werkelijke geluidsniveaus mogelijk hoger uit kunnen vallen dan de berekende niveaus.

In de wettelijk verplichte Standaard Rekenmethode 2 (SRM2) wordt niet beschreven hoe er gerekend moet worden, indien een geluidsscherm onder een hoek wordt geplaatst. In het akoestisch onderzoek voor het OTB Ring Utrecht zijn de geluidsbelastingen daarom bepaald door de achteroverhellende schermen te modelleren als rechtopstaande, akoestisch absorberende schermen met een reflectiefactor van 0.2.

Bijlage III van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (RMG2012) schrijft aanvullend onderzoek voor als de hellingshoek meer dan 5° met de verticaal bedraagt.

De schermen uit het OTB maken een hoek van circa 10° met de verticaal, zodat aanvullend onderzoek noodzakelijk is. In het kader van dit onderzoek is door DGMR een rekenmethode opgesteld, die het mogelijk maakt om de reflectiebijdrage in hellende geluidsschermen te bepalen.

In deze rapportage wordt het effect van het 10° achteroverhellend en reflecterend uitvoeren van deze geluidsschermen onderzocht.

2. OTB Ring Utrecht

Het OTB A27/A12 Ring Utrecht heeft betrekking op de te wijzigen wegvakken van de A12 tussen de knooppunten Oudenrijn en Lunetten, de wegvakken van de A27 tussen Houten en Bilthoven, en de wegvakken van de A28 tussen Rijnsweerd en de aansluiting de Uithof. In het kader van dit project is er een financiële doelmatigheidstoets uitgevoerd voor maatregelen. Uit deze toets is gebleken dat langs een groot deel van de wegvakken schermen financieel doelmatig zijn. Een groot aantal van deze schermen wordt achterover hellend en geluidsabsorberend uitgevoerd. Echter, op twee locaties wordt overwogen om deze schermen transparant en achterover hellend uit te voeren. Indien deze schermen transparant zijn kunnen ze niet geluidsabsorberend worden uitgevoerd. In de onderstaande figuren worden de locaties van de hellende schermen weergegeven.



figuur 2: ligging schermen locatie knooppunt Rijnsweerd/de Uithof

3. Rekenmethode

Om te kunnen bepalen hoe groot het effect van het achterover hellen van geluidsschermen is, wordt er gebruik gemaakt van een aangepaste rekenmethode. Deze rekenmethode is gebaseerd op SRM2, maar er zijn enkele wijzigingen aangebracht. De rekensoftware waarmee gerekend wordt is een aangepaste versie van Geonoise 5.13 en is in beheer bij DGMR-software. Deze software is in eerdere onderzoeken¹ gebruikt in een onderzoek naar de effecten van het hellen van geluidsschermen. Dit onderzoek betrof de schermen die langs de A12 in het kader van het Tracébesluit Utrecht - Veenendaal zijn geplaatst. De beschrijving van de rekenmethode wordt gedaan aan de hand van dit onderzoek. Omdat dit onderzoek het geluid van de rijksweg onderzocht en niet het geluid van een lokale bron aan de achterzijde van het scherm wijken de voorbeelden en figuren af.

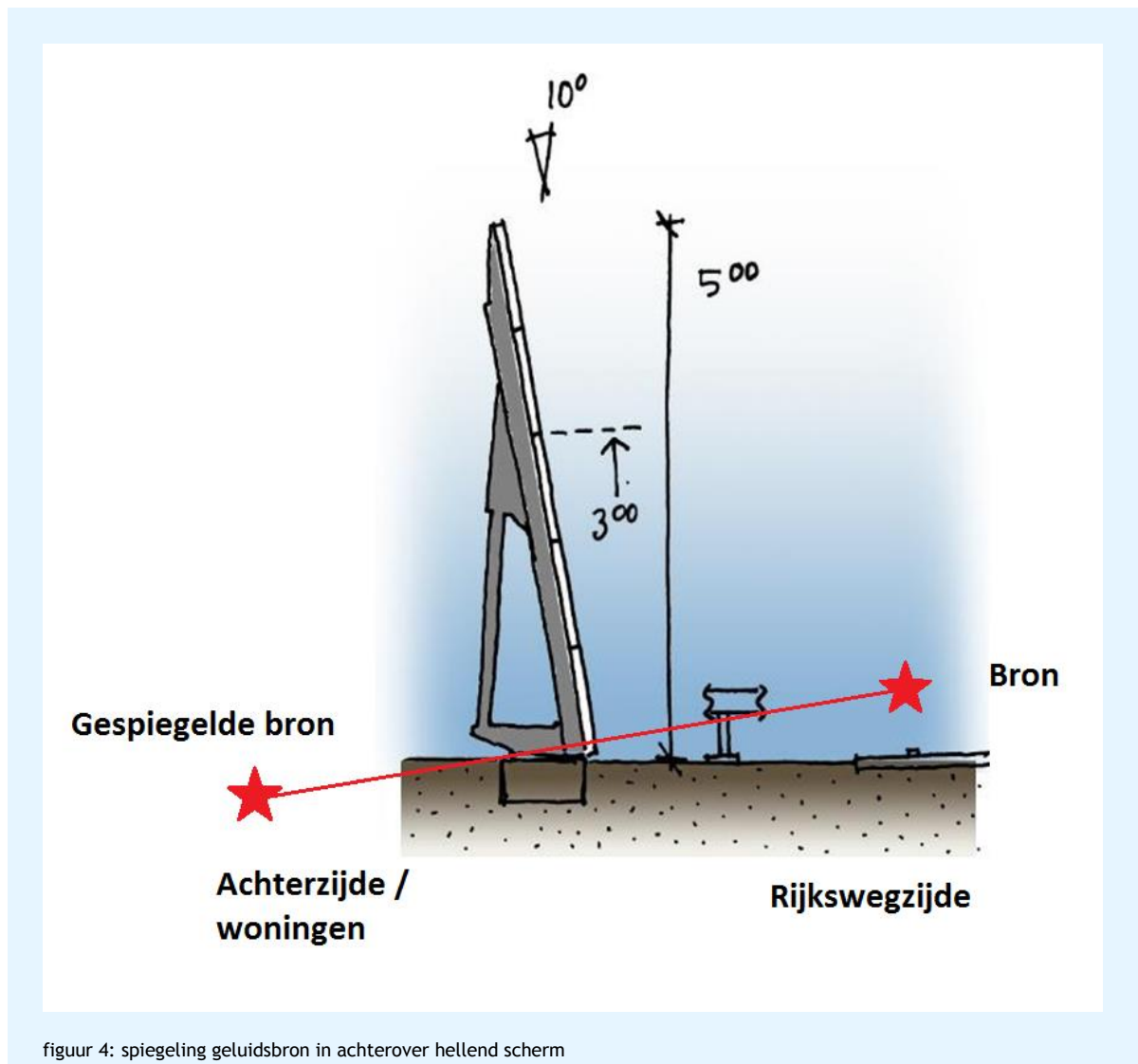
De overdrachtsberekeningen zijn met de Standaard Rekenmethode 2 uitgevoerd. Voor de bepaling van de reflectiebijdrage is een apart programma ontwikkeld om de reflectie in het scherm te modelleren. Het bepalen van de reflectiebijdragen gebeurt in drie stappen:

- 1 de spiegeling van de bronnen;
- 2 de constructie van de geluidsstralen;
- 3 de bepaling van de reflectiebijdragen.

3.1 Spiegeling van bronnen

De geometrie van de weg wordt in het (achterover)hellende deel van het scherm gereflecteerd. Voor een achterover hellend scherm betekent dit dat de bronnen omlaag verschuiven. Bij voorover hellende schermen, betekent dit dat de bronnen omhoog verschuiven. De schermen langs de Ring Utrecht worden alleen achterover hellend geplaatst. De spiegelingen van de bron zijn in figuur 4 schematisch weergegeven.

¹ Onder andere: RWS UT/Effect geluidsreflectie Driebergen en Maarn V.2009.0691.00.N001



figuur 4: spiegeling geluidsbron in achterover hellend scherm

De bronnen die in een voorover hellend schermdeel scherm worden gespiegeld, zullen, vanwege de hogere ligging, minder afscherming ondervinden van het geluidsscherm aan de overzijde van de weg dan bij spiegeling in een volkomen verticaal geluidsscherm, waarbij de gespiegelde bron op dezelfde hoogte blijft als de originele geluidsbron. De bronnen die in een achterover hellend schermdeel worden gespiegeld (in figuur weergegeven met S'), worden relatief beter afgeschermd door het geluidsscherm aan de overzijde van de weg. De spiegeling wordt puur geometrisch uitgevoerd.

Er wordt vervolgens een volledige SRM2-berekening uitgevoerd voor de gespiegelde bronnen, deze bijdrage noemen we $L_{\text{spiegeling}}$. Hierbij worden de absorptiefactoren van de scherm delen in rekening gebracht, volgens formule (1).

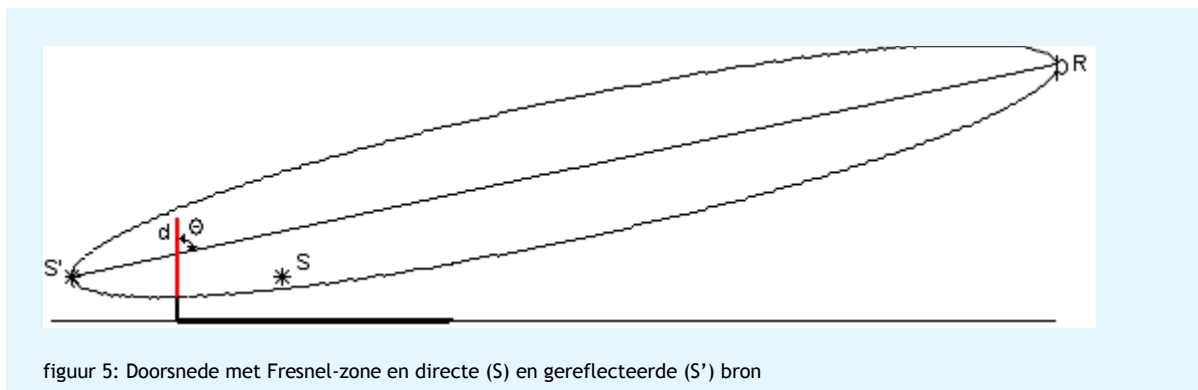
$$L_{\text{spiegeling}} = L_{\text{bron}} + 10 \cdot \log(1 - \alpha) \quad (1)$$

3.2 Constructie van geluidsstralen

De gespiegelde bronnen geven alleen een reflectiebijdrage als het geluidspad van de spiegelbron naar de ontvanger ook werkelijk het betreffende schermdeel snijdt. Het bepalen van deze doorsnijding wordt uitgevoerd door een constructie van de geluidsstralen. Hierbij wordt rekening gehouden met de meteorologische kromming van de geluidsstralen, zoals beschreven bij het onderdeel 'De schermwerking ΔL_{SW} ' in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012. Dat wil zeggen dat er onder meewindcondities wordt gerekend, waarbij er een neerwaartse straalkromming optreedt. Hierdoor komt de geluidsstraal tussen de (spiegel)bron en het rekenpunt hoger te liggen dan bij een rechte geluidsstraal.

Behalve met directe reflectie is ook rekening gehouden met geluidsstralen die het scherm net niet raken. Ook deze geluidsstralen kunnen een reflectiebijdrage via het scherm geven. Door de Fresnel-zone² rondom de geluidsstraal te berekenen, kunnen ook deze bijdragen goed worden berekend. Voor kleine scherm delen is deze theorie ook bruikbaar, omdat de Fresnel-demping voor kleine scherm delen erg groot wordt. De theorie van Fresnel-zones is opgenomen in de nieuwe rekenmethoden Nord2000 en Harmonoise.

De Fresnel-zone is een driedimensionale ellips (ellipsoïde) rondom de directe straal van (gereflecteerde) bron naar ontvanger. De Fresnel-zone geeft het gebied aan, waarin relevante bijdragen van bron naar ontvanger plaatsvinden. In figuur 5 is een voorbeeld gegeven van de Fresnel-zone.



figuur 5: Doorsnede met Fresnel-zone en directe (S) en gereflecteerde (S') bron

Als de Fresnel-zone het scherm geheel mist, is er geen sprake van een reflectiebijdrage. Als daarentegen de ellipsoïde volledig doorsneden wordt door het scherm, is er sprake van een volledige reflectie. Wanneer de Fresnel-zone van een reflectiepad (tussen spiegelbron S' en ontvanger R) niet geheel op het scherm valt, wordt een dempingsterm voor deze reflectie in rekening gebracht volgens formule (2). Deze formule is gebaseerd op de verhouding tussen het deel van de Fresnel-zone dat het scherm doorsnijdt en de totale doorsnede van de Fresnel-zone ter plaatse van het geluidscherm³.

$$\Delta L_{Fresnel} = 10 \log \left(\frac{S_{reflectie}}{S_{fresnel}} \right) \quad (2)$$

² 'Nord 2000: The reflection of sound from vertically erected surfaces. A modified approach', SINTEF Memo 402549.01, Trondheim 2001.

³ Deze formule is aangepast ten opzichte van de HARMONOISE Rekenmethode. De reden voor deze aanpassing is, dat er betere continuïteit in het resultaat wordt gevonden bij het incoherent sommeren van reflectiebijdragen van geluidschermen die uit meerdere segmenten bestaan.

Als de Fresnel-zone volledig op het scherm valt, is deze correctieterm 0 dB. Hoe kleiner het deel dat op het scherm valt, hoe groter de demping. De omvang van de Fresnel-zone is afhankelijk van de frequentie, waarbij de omvang van de Fresnel-zone afneemt met toenemende frequentie.

3.3 Reflectiebijdrage

De reflectiebijdrage wordt bepaald door de bijdrage van de spiegelbron en de Fresneldemping te combineren tot de reflectiebijdrage voor de spiegelbron.

$$L_{reflectie} = L_{spiegeling} + \Delta L_{Fresnel} \quad (3)$$

Het totale geluidsniveau bij de ontvanger wordt bepaald door alle bijdragen van de spiegelbronnen te sommeren volgens formule (4).

$$L_{Totaal} = 10 * \log(10^{L_{direct}/10} + 10^{L_{reflectie}/10}) \quad (4)$$

4. Werkwijze en uitgangspunten

4.1 Werkwijze

Om het effect van het reflecterend uitvoeren en achterover hellen van geluidsschermen te onderzoeken zijn twee rekenmodellen opgesteld. In beide rekenmodellen zijn de transparante schermen ingevoerd als itemtype “leaning barrier”. Bij reflecties in dit itemtype wordt rekening gehouden met de zogenaamde “Fresneldemping” (zie hoofdstuk 3). De overige schermen zijn als reguliere SRM2 schermen (verticaal) ingevoerd.

In het eerste model zijn de schermen met een hoek van 0° en een reflectiefactor van 0.2 (absorberend) ingevoerd, zoals dit ook gebeurt bij de berekeningen conform SRM2. De resultaten van dit model worden als de referentiesituatie gebruikt. In het tweede model worden de schermen onder een hoek van 10° (achterover hellend van de weg af) en met een reflectiefactor van 0.8 (reflecterend) ingevoerd.

De rekenresultaten op de toetspunten van beide modellen worden met elkaar vergeleken en het verschil is een maat voor de extra reflectiebijdrage in de reflecterende hellende geluidsschermen.

4.2 Gehanteerde uitgangspunten

4.2.1 Geluidsschermen

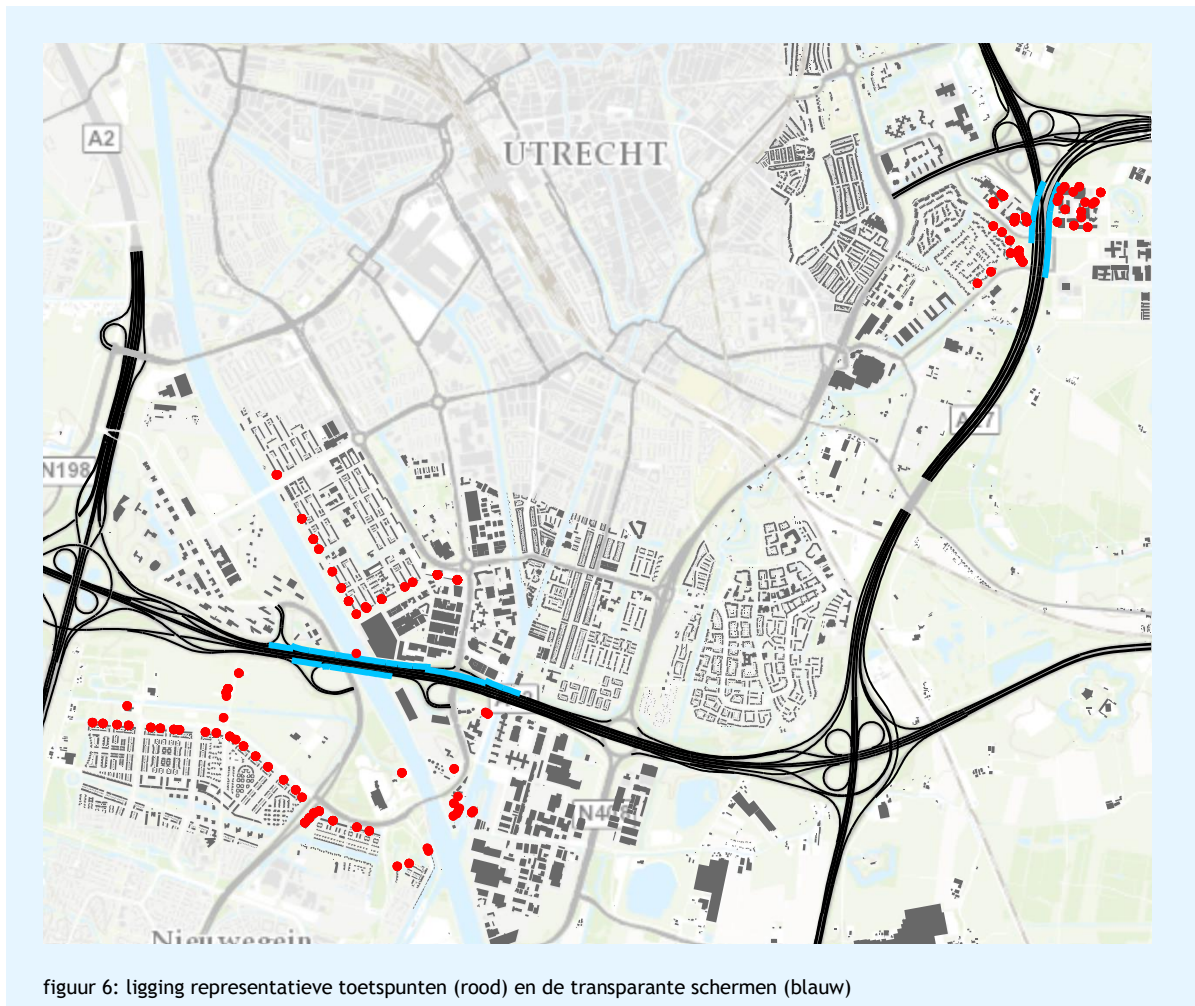
De geluidsschermen zijn overgenomen uit het rekenmodel dat is aangeleverd door Royal HaskoningDHV op 31 juli 2015. De te onderzoeken transparante schermen zijn ingevoerd als itemtype “leaning barrier”. Dit itemtype is alleen beschikbaar in dit rekenprogramma.

4.2.2 Wegen

De wegen zijn overgenomen uit het rekenmodel dat is aangeleverd door Royal HaskoningDHV op 31 juli 2015. Hiervan is de (hoogte)ligging en emissie overgenomen.

4.2.3 Toetspunten

Van enkele representatieve locaties zijn de toetspunten uit het aangeleverde rekenmodel overgenomen en de resultaten berekend met beide modellen. In de onderstaande figuur wordt de ligging van de toetspunten weergegeven.



4.2.4 Omgevingsmodel

Voor de berekening van de reflectiebijdragen van de hellende geluidsschermen is zoveel mogelijk aangesloten bij het geluidsmiddel behorend bij het akoestisch onderzoek van het OTB. In het model zijn de (akoestisch reflecterende) bodemvlakken, de hoogtelijnen voor het verloop van het maaiveld en de gebouwen overgenomen uit het akoestisch model voor het OTB.

5. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken, waarbij er onderscheid gemaakt is tussen de twee locaties knooppunt Rijnsweerd/De Uithof en de Galecopperbrug.

5.1 Rijnsweerd / De Uithof

Voor de locatie knooppunt Rijnsweerd / De Uithof liggen de verschillen tussen de modellen tussen de -0.14 en +0.12 dB. De eventueel optredende toenames in vergelijking met verticaal staande absorberende geluidschermen blijven dus zeer beperkt en zijn verwaarloosbaar. Voor het merendeel van de toetspunten is er zelfs sprake van een lichte afname. In bijlage 1a zijn de resultaten grafisch weergegeven.

5.2 Galecopperbrug

Uit de rekenresultaten blijkt dat het verschil tussen de beide modellen tussen de -0.55 dB en +0.03 dB ligt. De eventueel optredende toenames in vergelijking met verticaal staande absorberende geluidschermen blijven dus zeer beperkt en zijn verwaarloosbaar.


Voor het merendeel van de toetspunten is er zelfs sprake van een afname. Dit wordt veroorzaakt doordat bij berekening volgens SRM2 (met verticale schermen) er nog een reflectiebijdrage in de transparante/hellende schermen wordt berekend die bij het achteroverhellen van deze schermen verdwenen is. Voor de flats aan de noordzijde (Rooseveltplaan) bedraagt deze afname gemiddeld 0.5 dB (-1 dB tot 0 dB). Voor de overige woningen zijn de verschillen zeer beperkt. In bijlage 1b zijn de resultaten grafisch weergegeven.

6. Conclusie

Wanneer de schermen langs de Ring Utrecht (A27/A12) geplaatst worden conform het OTB en worden uitgevoerd in akoestisch reflecterend (transparant of dicht) materiaal zorgt dit niet voor een relevante toename van de geluidsbelasting bij de woningen gelegen rondom knooppunt Rijnsweerd/De Uithof en de Galecopperbrug in vergelijking met verticaal staande absorberende geluidschermen.

Het achterover hellen en transparant uitvoeren van deze schermdelen zorgt voor een maximale toename van +0.12 dB bij de woningen in de directe omgeving. Voor het merendeel van de woningen is er zelfs sprake van een lichte afname (maximaal -0.55 dB).

Het is daarom niet noodzakelijk om de met SRM2 berekende geluidsbelastingen voor het OTB te corrigeren met een waarde voor een reflectiebijdrage in de transparante hellende schermen.



ir. M.H.J. (Mark) Bakermans
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

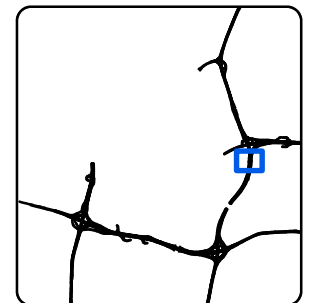
Bijlage 1

Titel	Resultaten
Omvang	2 pagina's
Toelichting	Grafische weergave van de effecten op de geluidsbelasting wanneer de geluidsschermen bij knooppunt Rijnsweerd (A27) en op de Galecopperbrug (A12) transparant en achteroverhellend worden uitgevoerd.

Legenda

Verschil






- -1.0 t/m -0.2 dB
- -0.2 t/m -0.1 dB
- -0.1 t/m 0.0 dB
- 0.0 t/m 0.1 dB
- 0.1 t/m 0.2 dB

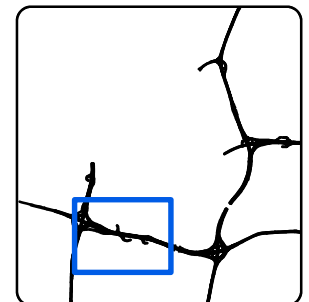
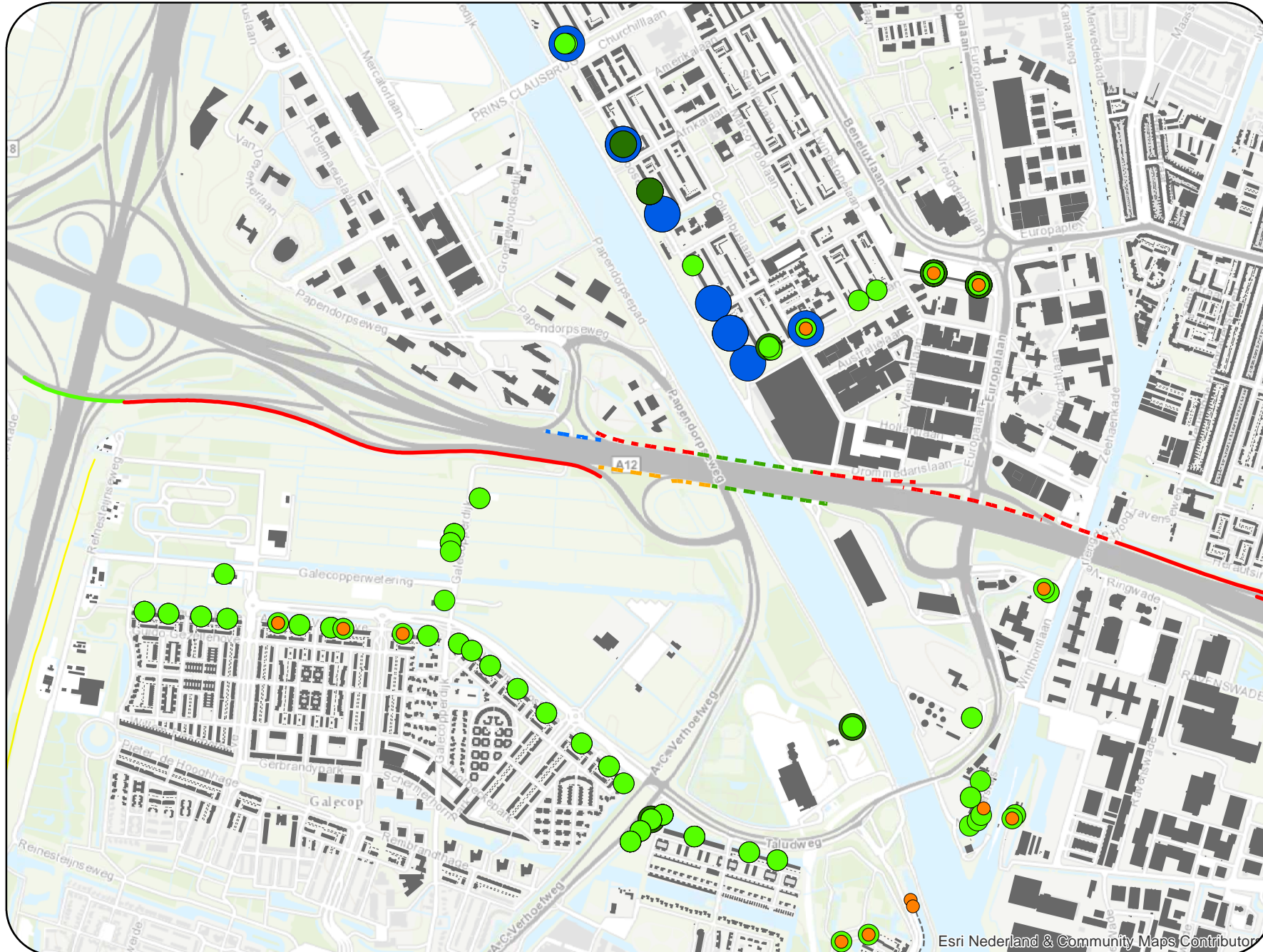


Effect transparante schermen ten opzichte van verticale absorberende schermen

Legenda

Verskil

-  -1.0 t/m -0.2 dB
-  -0.2 t/m -0.1 dB
-  -0.1 t/m 0.0 dB
-  0.0 t/m 0.1 dB
-  0.1 t/m 0.2 dB



Effect transparante schermen ten opzichte van verticale absorberende schermen

BIJLAGE 7

Rapportage geluidafstraling Galecopperbrug

BIJLAGE 7

Rapportage geluidafstraling Galecopperbrug



Akoestisch onderzoek Galecopperbrug

Onderzoek bijdrage van de geluidemissie van de
onderzijde van de brug

Definitief
maart 2016

Rijkswaterstaat Midden-Nederland
Akoestisch onderzoek OTB/MER 2^e fase Ring Utrecht



Laan 1914 35
Postbus 1132
3800 BC Amersfoort
+31 883482000 Telefoon
info@rhdhv.com E-mail

Documenttitel **Akoestisch onderzoek Galecopperbrug**
Subtitel Onderzoek bijdrage van de geluidemissie van
de onderzijde van de brug

Opdrachtgever RWS Midden-Nederland
Projectnaam Akoestisch onderzoek OTB/MER 2^e fase Ring
Utrecht

Projectnummer BD2414-105-100

Versie 3.2
Rapport Definitief
Status Gereed voor OTB
Datum 10 maart 2016
Projectnummer BD2414-105-100
Referentie MD-AF20160070/SUE

Classificatie Klant vertrouwelijk

Auteur(s) Jan Derksen, Paul de Vos
Collegiale toets Jan Derksen
Datum/paraaf 18 februari 2016
Vrijgegeven door Bertus van 't Wout
Datum/paraaf 10 maart 2016



1	INLEIDING	2
2	PROBLEEMSTELLING	4
3	AANPAK ONDERZOEK	5
4	ONDERZOEKSRESULTATEN	6
4.1	Het gemiddeld geluidniveau onder de brug (Lp)	6
4.2	Bepaling bronvermogen	6
4.3	Correctie bronvermogen naar de perioden van het etmaal	7
4.4	Correctie bronvermogen voor het jaar 2036	7
4.5	Berekening van de geluidbelasting vanwege de onderkant van de brug	8
4.6	Het effect van de onderkant van de brug	9
5	CONCLUSIE	11

1 INLEIDING



De Minister van Infrastructuur & Milieu (I&M) is voornemens om een Tracébesluit vast te stellen voor de Ring Utrecht. Dit tracébesluit zal met name gaan voorzien in de aanpassing van de rijkswegen A12, A27 en A28 ten zuiden en ten oosten van Utrecht, teneinde een betere doorstroming van het verkeer te bewerkstelligen en bovendien een verbetering van de leefomgevingskwaliteit te verkrijgen.

Ten behoeve van dit besluit dient in eerste instantie een OTB/MER te worden opgesteld. Onderdeel van dit OTB/MER is een akoestisch onderzoek, waarin de wijzigingen aan de rijkswegen worden getoetst aan de grenswaarden uit de Wet milieubeheer.

Om de uitgangspunten voor dit akoestisch onderzoek duidelijk te krijgen, wordt door Royal HaskoningDHV een aantal vooronderzoeken uitgevoerd.

In juni 2014 is de voorkeursvariant voor de Ring Utrecht, bekend onder de naam Selecteren Compact, door de Minister van I & M vastgesteld. Onderdeel hiervan is de uitbreiding van de parallelbanen van de A12 met één rijstrook, waarbij ook de Galecopperbrug wordt verbreed.

In de nabijheid van de Galecopperbrug zijn circa 2000 woningen aanwezig die volgens de Wet milieubeheer moeten worden gesaneerd. Het doel van de sanering is om de geluidbelasting bij deze woningen met minimaal 5 dB te reduceren.

Op de Galecopperbrug zijn schermen voorzien van 4 meter hoog die aan weerszijden van de brug zullen worden geplaatst. De schermen zijn bedoeld om het geluid dat afkomstig is van de bovenzijde (wegdek) van de brug af te schermen. Echter ook aan de onderkant emitteert de brug geluid en dit geluid wordt niet afgeschermd door de geluidschermen.

Dit rapport is het verslag van een onderzoek naar de afstraling van geluid door de onderzijde van de brug. Hierbij is onderzocht hoeveel het geluid van de onderkant bijdraagt in de totale geluidbelasting op de geluidgevoelige objecten in de omgeving.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de probleemstelling uitgewerkt. In hoofdstuk 3 is de aanpak van het onderzoek beschreven. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten opgenomen. De conclusies van het onderzoek worden beschreven in hoofdstuk 5.



De Galecopperbrug over het Amsterdam-Rijnkanaal is recent gerenoveerd, hierbij zijn aan o.a. aan weerszijden van de brug ter versterking nieuwe liggers aangebracht. In het ontwerp is rekening gehouden met het gegeven dat erin het project Ring Utrecht op de parallelbanen een extra rijstrook wordt aangelegd.

Voor het project Ring Utrecht is een akoestisch onderzoek uitgevoerd waarin de veranderingen aan de rijkswegen worden getoetst aan de regelgeving en grenswaarden van de Wet milieubeheer. De resultaten van dit onderzoek geven aan dat aan beide zijden van de brug geluidschermen nodig zijn om in de nabijheid van de brug zoveel mogelijk te kunnen voldoen aan de wettelijke toetswaarden.

Uit een onderzoek naar de draagkracht van de brug is gebleken dat deze voorzieningen niet hoger kunnen zijn dan 4 meter boven wegdek.

De berekening van het effect van deze voorzieningen is uitgevoerd met Standaard Rekenmethode 2 van bijlage III van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012. Deze rekenmethode richt zich alleen op het geluid dat rechtstreeks door het verkeer wordt geëmitteerd. Het geluid dat via een andere weg een geluidgevoelig object bereikt, zoals het geluid dat van de onderkant van een brug vandaan komt, wordt met deze rekenmethode niet in de geluidberekening betrokken.

De vraag is dan ook:

1. Welke effecten heeft het niet meenemen van de onderzijde van de brug op de geluidsbelasting bij woningen in de omgeving in de situatie zonder en met geluidbeperkende maatregelen.
2. Zijn deze effecten zodanig dat deze in de afweging van maatregelen moeten worden betrokken?
3. Zo ja welke gevolgen levert dat op voor de afweging van maatregelen

3 AANPAK ONDERZOEK

De relevantie van de bijdrage van de onderzijde van de brug is bepaald door aan de hand van een geluidmeting onder de brug het bronvermogen te bepalen en vervolgens op basis van dit bronvermogen de geluidbelasting bij de omliggende geluidgevoelige objecten te berekenen. In het volgende zijn de stappen in dit onderzoek weergegeven.

1. Door middel van geluidmetingen onder de brug is het geluidniveau bepaald dat onder de brug heerst.
2. Op basis van de methode voor de bepaling van de geluiduitstraling uit gebouwen (IL-HR-13-01 methode II.7) is vanuit deze meting een bronvermogen bepaald van de onderzijde van de brug.
3. Dit bronvermogen is gecorrigeerd voor:
 - De verschillende perioden van het etmaal
 - De verkeersintensiteit die in het jaar 2036 wordt verwacht.
4. Met methode II.8 (Overdrachtsberekening) uit IL-HR-13-01 is op basis van deze bronsterkte en de geografische ligging van brug en geluidgevoelige objecten de geluidbelasting bepaald die door onderzijde van de brug wordt veroorzaakt bij de omliggende woningen
5. Deze geluidbelasting is vergeleken met de geluidbelastingen die van het verkeer op de brug (en de aanliggende wegvakken) is berekend. Het betreft hier verschillende situaties:
 - De huidige situatie, 2016, zonder afscherpende voorzieningen;
 - De registersituatie, ter bepaling van de geluidbelasting bij volledig benut geluidproductieplafond;
 - De projectsituatie 2036, zonder aanvullende maatregelen;
 - De projectsituatie 2036 met geluidbeperkende maatregelen zoals opgenomen in het ontwerp-tracébesluit.

4 ONDERZOEKSRÉSULTATEN

4.1 Het gemiddeld geluidniveau onder de brug (Lp)

Het gemiddeld geluidniveau dat heerst onder de brug is bepaald door middel van een geluidmeting. Deze meting is op 7 augustus 2015 uitgevoerd.

De kenmerken van deze meting zijn:

- Apparatuur Bruel&kjaer type 2260
- Meettijdstip 7 augustus 2015 22.00 uur.
- Windsnelheid 1 m/sec
- Relatieve luchtvochtigheid 70%
- Temperatuur 20° C

Meetomstandigheden

In de meetperiode waren de werkzaamheden aan de Galecopperbrug nog in volle gang. Op de noordelijke brug was sprake van een tijdelijke verkeerssituatie: vanwege werkzaamheden aan deze brug werd het verkeer over andere rijstroken geleid. Op de zuidelijke brug was sprake van een normale verkeerssituatie, zonder filevorming.

Er zijn twee metingen uitgevoerd, één aan de noordzijde en één aan de zuidzijde van de brug. Gedurende de meting zijn de werkzaamheden aan de brug stilgelegd, effectief is aan weerszijden gedurende twee minuten gemeten.

Gedurende deze periode was er sprake van een stabiel geluidniveau. De gemeten emissie bij de meting aan de zuidzijde van de brug was het hoogst, deze is in het verdere onderzoek als de maatgevende emissie van de brug beschouwd.

In onderstaande tabel zijn de gemeten geluidniveaus per oktaafband opgenomen.

Tabel 4-1

Gemeten geluidniveau in dB(A) (Lp)

Oktaafband (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
Geluidniveau LP	43,8	49,4	57,4	65,6	70,3	69,4	60,3	48,5	36,2	74,0

4.2 Bepaling bronvermogen

Het bronvermogen van de openingen is bepaald conform methode II.3 (aangepast meetvlak) uit de Handleiding meten en rekenen industriellawaai 1999 (HMRI 1999). De metingen hebben plaatsgevonden op ongeveer 7 meter boven maaiveld. De hoogte van de onderzijde van het brugdek bedraagt ca. 10 meter boven maaiveld en de lengte van de brug bedraagt ca. 320

meter. Daarmee komt het oppervlak van de opening onder de brug op 3200 m². In de volgende tabel is de berekening van de totale bronsterkte uitgevoerd.

Tabel 4-2
Berekening bronsterkte

<i>Oktaafband (Hz)</i>	<i>31,5</i>	<i>63</i>	<i>125</i>	<i>250</i>	<i>500</i>	<i>1000</i>	<i>2000</i>	<i>4000</i>	<i>8000</i>	<i>dB(A)</i>
Geluidniveau LP	43,8	49,4	57,4	65,6	70,3	69,4	60,3	48,5	36,2	74,0
10 log S (3200)	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1
Delta Lf	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DI	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
LW (bronsterkte)	78,9	84,5	92,5	100,7	105,4	104,5	95,4	83,6	71,3	109,0

4.3 Correctie bronvermogen naar de perioden van het etmaal

Het berekende bronvermogen geldt voor de periode tijdens de meting. De hoeveelheid verkeer die in de periode van de meting over de brug reed is ontleend aan verkeerstellingen op deze locatie voor de dagperiode.

Op basis van de meting in de dagperiode en de getelde verkeersintensiteiten in dag-, avond- en nachtperiode is de geluidemissie in de avond- en nachtperiode bepaald:

- De geluidemissie gedurende de avondperiode is 3 dB lager dan die in de dagperiode;
- De geluidemissie gedurende de nachtperiode is 6,5 dB lager dan die in de dagperiode.

4.4 Correctie bronvermogen voor het jaar 2036

De gemeten geluidemissie van de onderkant van de brug is het gevolg van de hoeveelheid verkeer die in de huidige situatie (2015) over de Galecopperbrug rijdt. Aangezien het verkeer volgens de prognoses in het jaar 2036 zal zijn toegenomen, zal de geluidemissie in dat jaar hoger zijn dan in de huidige situatie.

Op basis van de beschikbare verkeersgegevens voor 2036 is op basis van het verschil in verkeersintensiteiten een inschatting gemaakt van de hogere emissie in het jaar 2036. Deze is berekend op ca. 0,7 dB.

In het onderzoek is daarom de geluidemissie voor de projectsituatie 2036 met 0,7 dB verhoogd t.o.v. de gemeten waarde.

Voor de situatie conform het geluidregister is de geluidemissie niet gecorrigeerd, aangezien in deze situatie de bijdrage van de onderkant van de brug geheel wegvalt ten opzichte van de geluidbelasting van het wegverkeer over de brug.

In onderstaande tabel zijn de gehanteerde brongegevens opgenomen.

Tabel 4-3
Gehanteerde
bronsterkten per situatie

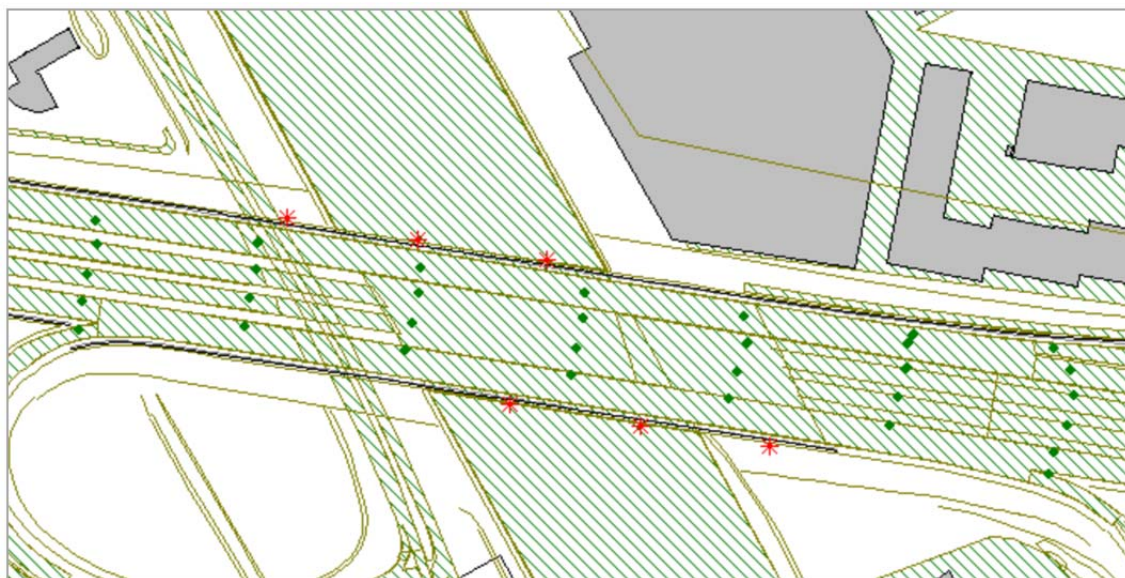
<i>Situatie</i>	<i>Bronsterkten in dB</i>		
	<i>dag</i>	<i>avond</i>	<i>nacht</i>
Huidig, 2016	109,0	106,0	102,5
Situatie conform geluidregister	109,0	106,0	102,5
Situatie 2036	109,7	106,7	103,2

4.5 Berekening van de geluidbelasting vanwege de onderkant van de brug

De vermelde bronsterkte is ingevoerd in een akoestisch rekenmodel. Met dit rekenmodel is op basis van de methode II.8 overdrachtsberekening de Lden-waarde berekend op de rekenpunten die in het onderzoek naar de geluidbelastingen zijn onderscheiden.

De bronsterkte is voor beide openingen verdeeld over drie bronpunten die elk een deel van de opening vertegenwoordigen. Op onderstaande figuur zijn de bronpunten met rode sterren weergegeven in de situatie na aanpassing van de brug. De bronpunten zijn met een hoogte van 7 meter boven maaiveld in het model ingevoerd.

Afbeelding 4-1
Ligging bronpunten in
akoestisch rekenmodel



4.6 Het effect van de onderkant van de brug

Het effect van de bijdrage van de onderkant van de Galecopperbrug op de totale geluidbelasting is voor een drietal woningen bepaald en opgenomen in tabel 4-4. In onderstaande afbeelding is de ligging van deze punten weergegeven.

Afbeelding 4-2
Ligging onderzochte rekenpunten in Kanaleneiland nabij de Galecopperbrug



In tabel 4-4 zijn voor de onderzochte punten de volgende geluidbelastingen weergegeven:

- Volgens GPP de situatie volgens het geldende geluidproductieplafond, de geluidbelastingen zijn berekend met de gegevens van het geluidregister;
- 2016 de huidige situatie, met de verkeersgegevens van 2016;
- 2036 de projectsituatie, zonder en met aanvullende geluidbeperkende maatregelen.

In de verschillende kolommen zijn vervolgens de geluidbelastingen als volgt weergegeven:

- A12 de geluidbelasting t.g.v. het wegverkeer dat over de A12 rijdt;
- Brug de geluidbelasting die wordt veroorzaakt door de afstraling van geluid van de onderzijde van de brug;
- Cum de totale, cumulatieve geluidbelasting: de bijdragen van de A12 en de brug zijn daarin energetisch bij elkaar opgeteld.

Tabel 4-4
Geluidbelastingen op
rekenpunten in de
onderzochte situaties

Nr	Hoogte	Volgens GPP (geluidregister)			2016 Huidig			2036 zonder maatregelen			2036 met maatregelen		
		A12	Brug	Cum	A12	Brug	Cum	A12	Brug	Cum	A12	Brug	Cum
1	1.5	59	48	59	59	48	59	61	48	61	48	48	51
	4.5	60	48	60	60	48	60	62	48	62	50	48	52
2	1.5	61	49	61	61	49	61	62	49	62	51	49	53
	4.5	61	49	61	61	49	61	63	49	63	52	49	54
3	1.5	60	47	60	60	47	60	62	47	62	51	47	53
	4.5	60	47	60	60	47	60	62	47	62	52	47	53
	7.5	60	47	60	60	47	60	62	47	62	52	47	54
	10.5	60	47	61	60	47	61	62	47	62	54	47	55
	13.5	61	48	61	61	48	61	62	48	62	54	48	55

Uit de rekenresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- In de situaties 2016 en 2036 zijn er geen maatregelen getroffen aan de brug, de geluidbelasting t.g.v. het wegverkeer van de A12 is dan veel hoger dan de bijdrage van de onderkant van de brug. De bijdrage van de onderkant van de brug leidt dan niet tot een hogere cumulatieve geluidbelasting;
- In de situatie 2036, met aanvullende geluidbeperkende maatregelen, wordt de geluidbelasting t.g.v. het wegverkeer van de A12 zodanig verlaagd, dat de bijdrage van de onderkant van de brug leidt tot een verhoging van de cumulatieve geluidbelasting. De gemiddelde toename van de geluidbelasting op de onderzochte punten bedraagt ca. 2 dB.
- Het effect van de afstraling van de onderkant van de brug op deze drie punten is dermate groot, dat geadviseerd wordt om de bijdrage van de afstraling van de onderkant bij alle geluidgevoelige objecten in de directe omgeving in rekening te brengen.

5 CONCLUSIE

Uit het akoestisch onderzoek voor de Ring Utrecht is gebleken dat voor de geluidgevoelige objecten in de omgeving van de Galecopperbrug geluidbeperkende voorzieningen noodzakelijk zijn. Met geluidschermen op de brug wordt het geluid gereduceerd dat rechtstreeks afkomstig is van het verkeer dat over de brug rijdt. Deze voorzieningen hebben echter geen effect op het geluid dat afkomstig is van onder de brug, zodat dit geluid mogelijk leidt tot hogere geluidbelastingen in de directe omgeving van de brug.

De conclusies van dit onderzoek zijn:

- In de situatie zonder afscherpende voorzieningen is deze bijdrage niet van grote invloed, aangezien de grootste bijdrage in de totale geluidbelasting afkomstig is van de bovenkant van de brug.
- In de situatie met afscherpende voorzieningen is de bijdrage van de onderkant van grote invloed, aangezien de geluidschermen op de brug de bijdrage van de bovenkant sterk verlagen. Gebleken is dat het geluid van de onderzijde van de brug plaatselijk tot ca. 2 dB hogere geluidbelastingen kan leiden.

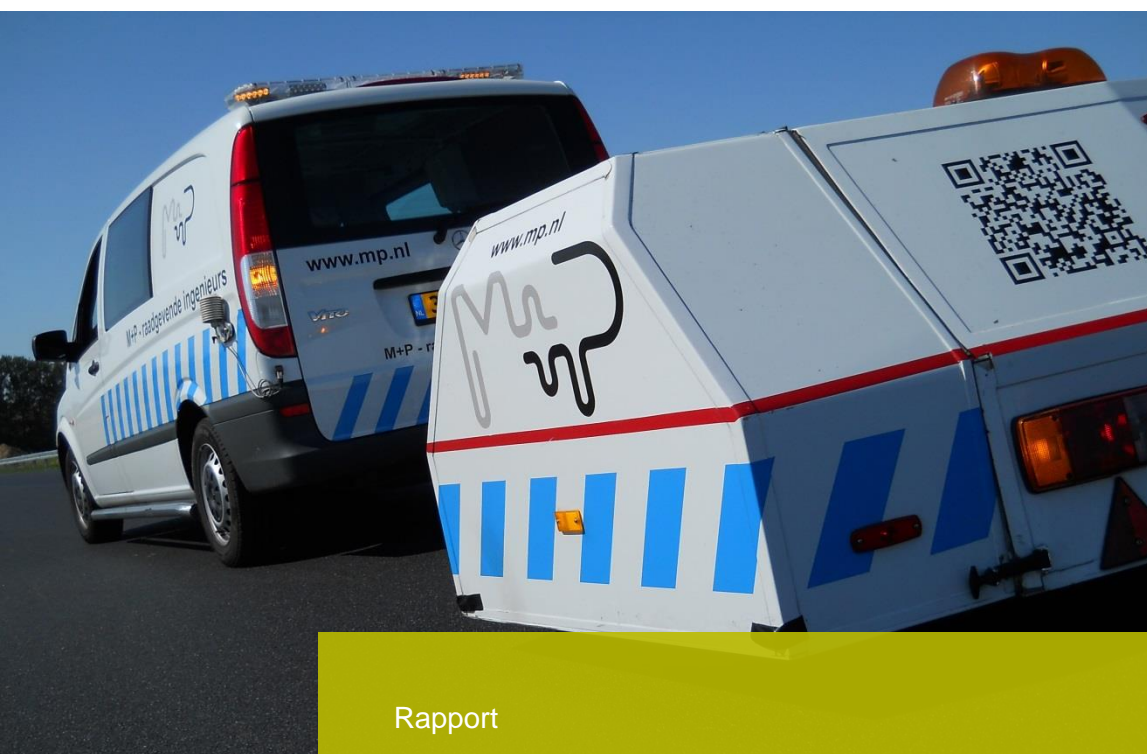
Op basis van dit onderzoek wordt daarom geadviseerd om de bijdrage van de onderkant van de brug op de volgende wijze in rekening te brengen bij het bepalen van de geluidbelastingen in de directe omgeving ten noorden en ten zuiden van de brug:

- Bereken op alle geluidgevoelige objecten de directe bijdrage van het wegverkeer;
- Bereken op alle geluidgevoelige objecten de bijdrage van de onderkant van de brug;
- Cumuleer deze waarden tot de totale geluidbelasting op de geluidgevoelige objecten. De geluidbelasting van de brug wordt in dit geval beschouwd als een bron van wegverkeer, er wordt geen toeslag in rekening gebracht.

De geadviseerde maatregelen in het akoestisch onderzoek t.b.v. het OTB/MER Ring Utrecht zullen dan op de juiste manier gebaseerd zijn op geluidbelastingen waarin het effect van de afstraling van de onderzijde van de brug is meegenomen.



M+P | MBBM groep
Mensen met oplossingen



Rapport

Geluidmetingen op de A12 (Galecopperbrug) bij Utrecht

Colofon

Opdrachtnemer M+P raadgevende ingenieurs BV

Opdrachtgever Royal HaskoningDHV Nederland BV
Postbus 1132
3800 BC AMERSFOORT

Opdrachtnummer -

Titel Geluidmetingen op de A12 (Galecopperbrug) bij Utrecht

Rapportnummer M+P.RHDHV.15.01.1

Revisie 0

Datum 17 juni 2015

Aantal pagina's 28

Auteurs ing. R.C.L. van Loon
drs. ing. Christiaan Tollenaar

Contactpersoon ing. R.C.L. van Loon | 073-6589050 | vught@mp.nl

M+P Wolfskamerweg 47 Vught | Postbus 2094, 5260 CB Vught
Visserstraat 50 Aalsmeer | Postbus 344, 1430 AH Aalsmeer

www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLIingenieurs | ISO 9001 gecertificeerd

Copyright © M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011 Artikel 46).

Samenvatting

In opdracht van Royal HaskoningDHV is door M+P een onderzoek uitgevoerd naar de geluidtechnische eigenschappen van verschillende wegverhardingstypen op de A12 bij Utrecht. Het betreffen metingen aan het HSB (HoogSterkteBeton) op de Galecopperbrug en ZOAB en DAB op de aansluitende weggedelen. Beoordeeld moet worden of het HSB akoestisch vergelijkbaar is met een dicht asfaltbeton (DAB).

De geluidmetingen zijn uitgevoerd volgens de CPX-methode. Het resultaat van de meting wordt vergeleken met de standaardwaarden voor het referentiewegdek zoals die zijn vastgelegd in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (Rmg 2012).

Uit de meetresultaten volgt dat zowel het HSB als het DAB op de A12 akoestisch gelijkwaardig is aan het referentiewegdek uit het Reken- en meetvoorschrift. De geluidniveaus van het ZOAB zijn gemiddeld 1 dB(A) lager. Hierbij moet opgemerkt worden dat de spreiding van de gemeten geluidniveaus groot was voor ZOAB (circa 5 dB min-max).

Inhoud

	Samenvatting	3
1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding en onderzoeksvraag	5
1.2	Aanpak	5
2	Meetmethode	6
2.1	Metten van de akoestische eigenschappen van wegdekken	6
2.2	CPX-methode	6
2.3	Temperatuurcorrectie	6
2.4	Kwaliteitsborging	7
2.5	Referentiewaarden	7
3	Resultaten en analyse	9
3.1	CPX-meting	9
3.2	Analyse	11
4	Literatuur	12
bijlage A	CPX-meting	13

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en onderzoeksvraag

Op de Galecopperbrug is recent Hoogsterktebeton (HSB) met oppervlaktebehandeling aangebracht. Voor de geluidberekeningen ten behoeve van het OTB/MER is het van belang om inzicht te hebben in de geluidemissie van het wegverkeer op de Galecopperbrug. De vraag is met welk wegdektype gerekend moet worden voor het HSB met oppervlaktebewerking. Hiervoor moeten de akoestische eigenschappen van het wegdek worden onderzocht.

M+P heeft opdracht gekregen van Royal HaskoningDHV om de akoestische eigenschappen van verschillende wegverhardingen op de A12 (ring Utrecht-Zuid) vast te stellen.

1.2 Aanpak

Op de A12 (ring Utrecht-Zuid) worden op de zuidelijke rijbaan CPX-metingen [1] uitgevoerd. Achtereenvolgens worden, gezien van van west naar oost, ZOAB, HSB met oppervlaktebehandeling, ZOAB, DAB, ZOAB, DAB en ZOAB gemeten.

De resultaten van de metingen zijn vergeleken met de standaardwaarden voor het referentiewegdek zoals die zijn vastgelegd in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (Rmg 2012) [3]. Het hieruit volgende verschil geeft de akoestische prestatie van het wegdek weer.

2 Meetmethode

2.1 Meten van de akoestische eigenschappen van wegdekken

Voor het meettechnisch vaststellen van het rolgeluidniveau of voertuiggeluidniveau op verschillende wegdektypen zijn binnen de Internationale Organisatie voor Standaardisatie (ISO) twee meetmethoden ontwikkeld. Dit betreffen de:

- *Close-Proximity (CPX)*-methode (ISO/DIS 11819-2) [1]
- *Statistical Pass-By (SPB)*-methode (ISO 11819-1) [2]

Beide methoden kunnen worden gebruikt voor de bepaling van de akoestische eigenschappen van wegdekken. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de CPX-methode.

2.2 CPX-methode

De CPX-methode bestaat uit een systeem waarbij op korte afstand het geluid van een set van banden gemeten wordt wanneer deze over het wegdek rollen. Deze meting met een 'geluidmeettrailer' geeft inzicht over het verloop van het geluidniveau over de gehele wegvaklengte.



figuur 1 Foto van de M+P CPX-trailer gedurende een meting

De metingen worden uitgevoerd met twee verschillende standaardbanden. De meetband P1 is representatief voor het geluid van lichte motorvoertuigen. Het resultaat wordt weergegeven als CPX_p . De tweede band is de meetband H1. Het resultaat wordt weergegeven als CPX_H en wordt geacht representatief te zijn voor het geluid van zware motorvoertuigen. In bijlage A wordt de CPX-methode uitvoerig beschreven.

2.3 Temperatuurcorrectie

De meetresultaten zijn afhankelijk van de temperatuur. Dit wordt toegeschreven aan het zachter worden van het rubber van de band en van het wegdek bij hogere temperaturen. De metingen worden uitgevoerd binnen een beperkt temperatuurgebied van 5 tot 30 °C en dienen voor een van 20 °C afwijkende luchttemperatuur gecorrigeerd te worden.

De temperatuurcorrectie (C_{temp}) op de meetresultaten gebeurt volgens formule:

- (1) $C_{temp} = 0,05 \cdot (T - 20 \text{ °C})$ voor lichte motorvoertuigen
- (2) $C_{temp} = 0,03 \cdot (T - 20 \text{ °C})$ voor zware motorvoertuigen

met:

C_{temp} : temperatuurcorrectie [dB(A)]
 T : luchttemperatuur tijdens de metingen [°C]

2.4 Kwaliteitsborging

De gebruikte apparatuur voldoet aan type I volgens IEC 61672-1:2002 (CPX-microfoons) en aan "class I" volgens IEC 60942 (ijkbronnen). Microfoons worden twee keer per jaar intern gecontroleerd. Periodiek wordt de apparatuur extern gekalibreerd. Eén keer per jaar vindt een trailervergelijk plaats waarbij eventuele verschillen tussen de M+P CPX-trailers worden vastgelegd.

Van de gebruikte CPX-systemen is een kalibratierapport beschikbaar. Tevens heeft het M+P-systeem deelgenomen aan het CPX-ringonderzoek van CROW [4].

Een belangrijk onderdeel van de CPX-methode zijn de meetbanden. Om de akoestische kwaliteit van de meetbanden te waarborgen, worden deze bewaard onder geconditioneerde omstandigheden volgens de daarvoor door het CROW opgestelde richtlijnen [5]. Jaarlijks worden de akoestische eigenschappen van de meetbanden geëvalueerd.

2.5 Referentiewaarden

In bijlage III van het actuele Reken- en meetvoorschrift (Rmg 2012) [3] zijn de waarden van het referentiewegdek opgenomen. Deze waarden zijn vastgesteld met SPB-metingen [2]. De vaststelling van de geluidreductie van een wegdek gebeurt daarom altijd op grond van SPB-waarden. Omdat in dit onderzoek alleen een CPX-meting en geen SPB-meting is uitgevoerd, wordt het CPX-resultaat omgerekend naar een SPB-waarde. Deze SPB-waarde wordt gerelateerd aan de waarde van het referentiewegdek en daarmee is de geluidreductie bepaald. Het wegdek wordt beoordeeld op basis van de berekende gemiddelde geluidreductie over de hele wegvaklengte.

De referentiewaarden in Rmg 2012 zijn gebaseerd op metingen die uitgevoerd zijn aan dicht asfaltbeton van verschillende leeftijden. Daarmee is de referentie gebaseerd op de actuele wegverkeeremissie en bepaald op dichte asfaltdeklagen van diverse leeftijden. In het Rmg 2012 is de effectieve geluidreductie, of wegdekcorrectie, opgebouwd uit een initiële geluidreductie en een tijdgerelateerde afname daarvan.

- (3) $C_{wegdek} = C_{initieel} + C_{tijd}$

met:

C_{weg} : leeftijdgemiddelde wegdekcorrectie (effectieve geluidreductie)
 $C_{initieel}$: geluidreductie kort na de aanleg
 C_{tijd} : verouderingscorrectie

De referentiewaarden beschrijven dus een leeftijdgemiddeld geluidniveau. Bij de beoordeling van nieuwe wegdekken moet hiermee rekening worden gehouden.

Tabel I geeft de leeftijdgemiddelde referentiewaarden volgens Rmg 2012.

tabel I

Referentiewaarden voor lichte motorvoertuigen gemeten op 3 meter hoogte volgens Rmg 2012

rij snelheid [km/h]	SPB-niveau referentiewegdek (Rmg 2012) [dB(A)]
80	77,2

3 Resultaten en analyse

3.1 CPX-meting

De CPX-metingen zijn uitgevoerd op 24 april 2015. Er is gemeten in beide rijrichtingen aan de rechter rijstrook. Tijdens de metingen waren er werkzaamheden aan de Galecopperbrug en was er een van de vier bruggen afgesloten. Het verkeer op de hoofdrijbaan reed voor beide rijrichtingen op de tweede brug vanuit het zuiden gezien.

De gemeten rijstrook in oostelijke rijrichting is oorspronkelijk de vluchtstrook. De gemeten rijstrook in westelijke richting is oorspronkelijk de meest linkse rijstrook in tegengestelde richting. In onderstaande figuur zijn de gemeten rijstroken weergegeven.



figuur 2 *Gemeten rijstroken van het Hoogsterktebeton (HSB) op de Galecopperbrug (A12)*

Er is gemeten bij de maximaal toegestane rijnsnelheid op het wegvak van 80 km/h.

In figuur 3 zijn de meetlocatie en een detailfoto van het wegdek weergegeven. De meetbladen zijn weergegeven in Bijlage A.



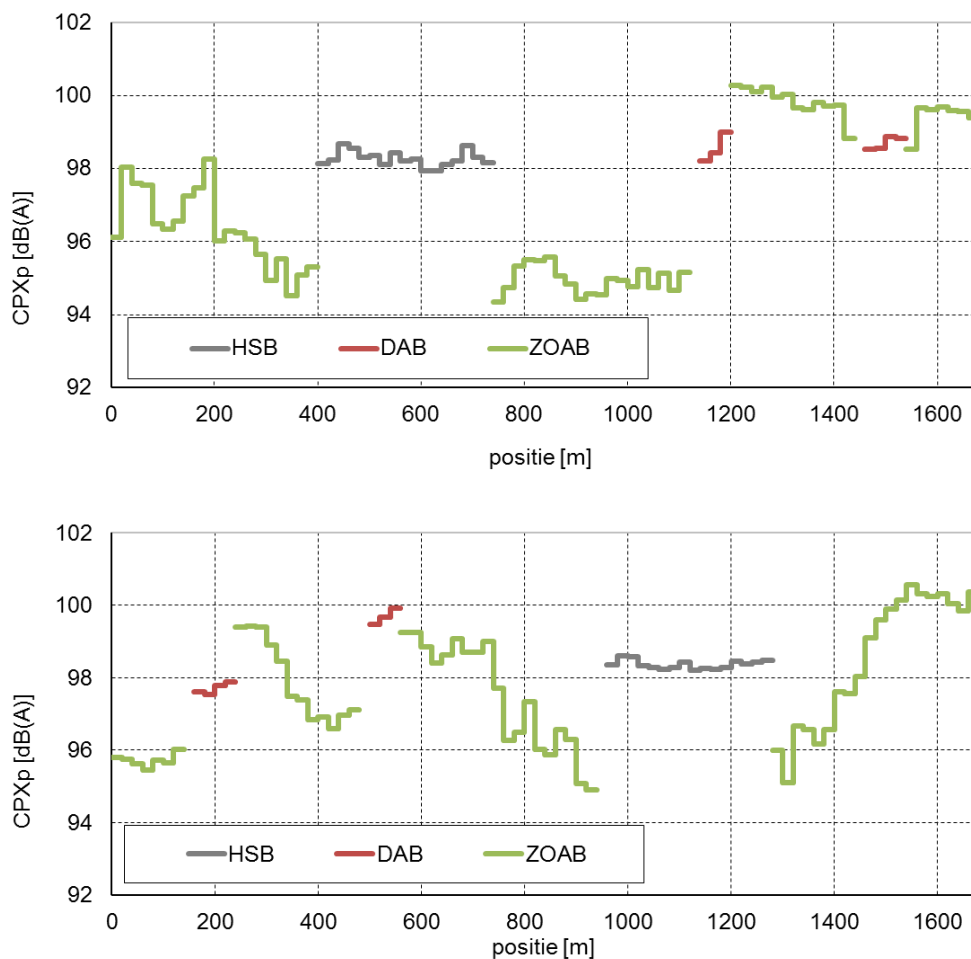
figuur 3 *Wegverhardingen op de A12, ring Utrecht-Zuid bij Utrecht*

In tabel II staat een overzicht van de CPX-waarden. Deze resultaten zijn gecorrigeerd voor de luchttemperatuur zoals beschreven in paragraaf 2.3. In figuur 4 zijn de resultaten weergegeven als functie van de afstand over het traject.

tabel II

CPX-waarden op de A12, ring Utrecht-Zuid bij 80 km/h

wegdektype	rijrichting	CPX _P [dB(A)]	CPX _H [dB(A)]
HSB	oost	98,5	96,9
	west	98,4	96,9
DAB	oost	98,6	97,9
	west	98,5	98,3
ZOAB	oost	97,0	96,1
	west	97,7	97,0



figuur 4

CPX-waarden op de A12 ring Utrecht-Zuid. Boven in de oostelijke rijrichting, onder in de westelijke rijrichting.

3.2 Analyse

Voor de vaststelling van de geluidreductie worden de CPX-resultaten omgerekend naar SPB-niveaus. Hierbij is gebruik gemaakt van het verband tussen SPB- en CPX-niveaus voor de M+P CPX-trailer. Deze relatie wordt jaarlijks vastgesteld aan de hand van locaties waar gelijktijdig zowel een SPB- als een CPX-meting is uitgevoerd. De dataset waarop deze relatie gebaseerd is, wordt ieder jaar aangevuld met nieuwe metingen. De oudste metingen worden daarbij uit de dataset verwijderd. Zo kan ieder jaar een relatie worden vastgesteld die representatief is voor de CPX-metingen die in dat jaar worden uitgevoerd. De onzekerheid in de berekening (het 95% voorspellingsinterval) is plus en min 1,7 dB. Deze relatie is vastgelegd op 1 januari 2015.

In tabel III zijn de berekende SPB-waarden weergegeven voor lichte motorvoertuigen. De berekende SPB-niveaus kunnen nu vergeleken worden met de waarden van het referentiewegdek. Hieruit volgt het wegdekeffect.

tabel III Berekende SPB-waarden voor lichte motorvoertuigen en het verschil ten opzichte van het referentiewegdek volgens Rmg 2012 bij 80 km/h

wegdektype	rijrichting	SPB-niveau [dB(A)]	referentie [dB(A)]	wegdekeffect [dB(A)]
HSB	oost	77,0	77,2	-0,2
	west	76,9		-0,3
DAB	oost	77,1	77,2	-0,1
	west	77,0		-0,2
ZOAB	oost	75,6	77,2	-1,6
	west	76,3		-0,9

Uit bovenstaande tabel volgt dat het HSB en het DAB op de ring Utrecht-Zuid akoestisch gelijkwaardig zijn aan het referentiewegdek uit het Reken- en meetvoorschrift. De geluidniveaus van het ZOAB zijn gemiddeld 1 dB(A) lager. Hierbij moet opgemerkt worden dat de spreiding van de gemeten geluidniveaus groot was op ZOAB (circa 5 dB min-max). Dit heeft er vermoedelijk mee te maken dat de leeftijd van de gemeten ZOAB-vakken varieert en daarmee ook de akoestische staat waarin het wegdek zich verkeert.

4 Literatuur

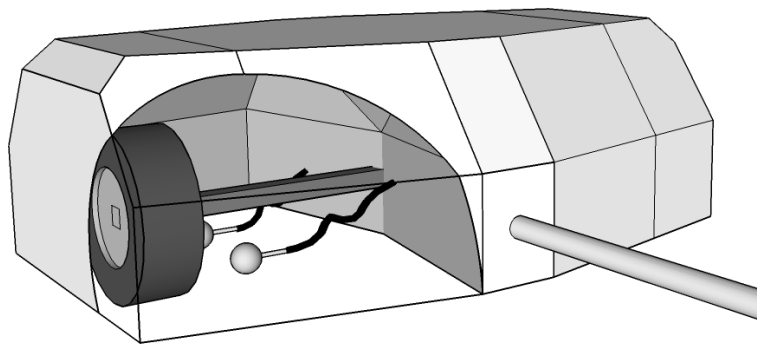
- [1] ISO/DIS 11819-2, “ Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The Close-Proximity (CPX) method”, 20-12-2012;
- [2] ISO 11819-1, “Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1: The Statistical Pass-By method”, 24-05-1996;
- [3] Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (bijlage III), Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag, Staatscourant nr. 11810, 27 juni 2012;
- [4] “CPX trailer comparison, round robin test analysis”, CROW werkgroep “Protocol voor CPX-metingen”, Rapport D12-02, mei 2012;
- [5] “Aanvullende richtlijnen voor de uitvoering van band-wegdekgeluidmetingen met een CPX (Close-Proximity)-meetaanhanger, CROW werkgroep “Protocol voor CPX-metingen”, Rapport D12-02b 2012.

Bijlage A

CPX-meting

Close-Proximity (CPX)-methode

Met de Close-Proximity (CPX)-methode volgens ISO/DIS 11819-2 [1] wordt het geluidniveau dichtbij de band gemeten met twee microfoons over de lengte van een wegvak. De meting vindt plaats voor beide rijsporen. Tegelijkertijd wordt de voertuigsnelheid gemeten. De standaardbanden en de microfoons zijn in een trailer gemonteerd. In figuur 5 staat een schematisch overzicht en in figuur 6 een foto van de M+P CPX-trailer. De "inner" microfoonposities zijn voorgeschreven volgens ISO/DIS 11819-2.



figuur 5 Opstelling ter bepaling van het geluidniveau volgens de CPX-methode



figuur 6 Foto van de M+P CPX-trailer gedurende een meting

De metingen zijn uitgevoerd met twee verschillende standaardbanden volgens de laatste tekst van ISO/DIS 11819-2.



figuur 7 CPX-banden volgens de laatste tekst van ISO/DIS 11819-2: P1 (links) en H1 (rechts)

Het gemiddelde A-gewogen geluidniveau wordt bepaald over het hele wegvak. Deze resultaten worden weergegeven als CPXP en CPXH. CPXP volgt uit meetband P1 en geeft de resultaten die representatief zijn voor het band/wegdekgeluid van lichte motorvoertuigen. CPXH wordt bepaald met meetband H1 en wordt geacht representatief te zijn voor het geluid van zware motorvoertuigen.

Meetapparatuur

Bij de CPX-meting is gebruik gemaakt van meetapparatuur uit tabel IV.

tabel IV Gebruikte meetapparatuur

	fabrikant	type	aantal
microfoon ½"	Bruel & Kjær	4189	4
voorversterker	Bruel & Kjær	2671	4
ijkbron	Rion	NC-74	1
DAQ systeem	Müller-BBM VAS	PAK MKII	1
CPX-systeem	M+P	CPX-trailer	1

Correcties

Snelheid

De metingen zijn uitgevoerd bij de nominale snelheid van 80 km/h. De meetresultaten zijn gecorrigeerd voor de werkelijk gereden snelheden met C_v volgens:

$$(4) \quad C_v = -b \cdot \log(v / v_{ref})$$

met:
 C_v : snelheidscorrectie [dB(A)]
 b : de snelheidsexponent [dB(A)]
 v : de werkelijk gereden snelheid [km/h]
 v_{ref} : de referentiesnelheid [km/h]

CPX-trailer

De metingen zijn uitgevoerd met een CPX-trailer met gesloten omkasting. De invloed van de omkasting wordt ieder jaar vastgesteld overeenkomstig de ISO/DIS 11819-2. Op de meetresultaten is per 1/3 octaafband een correctie toegepast voor de invloed van de omkasting.

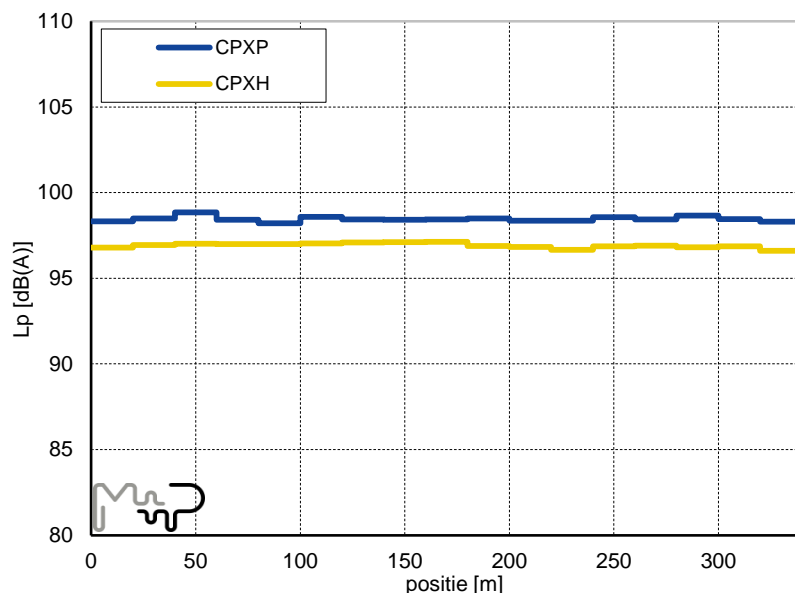


ISO/DIS 11819-2: 2012-09-03

Close Proximity

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	HSB		
Lengte wegvak	340 m	Rijspoor	-
Richting	oost	Microfoonpositie	inner
Datum	17-6-2015	Snelheidscoëfficiënt	35

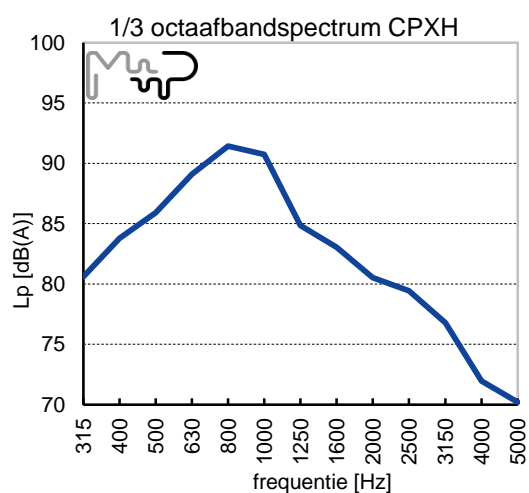
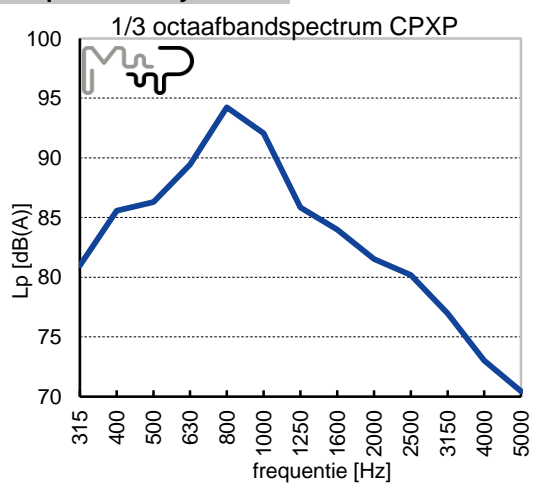
CPX waarden



band P1: ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1: Avon AV4

v [km/h]	80
CPXP [dB(A)]	98,5
standaarddeviatie	0,1
CPXH [dB(A)]	96,9
standaarddeviatie	0,1
CPXI [dB(A)]	97,7
standaarddeviatie	0,1

Frequentie-analyse



Close Proximity (ISO/DIS 11819-2:2012)

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	HSB	Uitgevoerd door	Markjan van Blokland en Patrick Meelen
Lengte wegvak	340 m	Uitgewerkt door	Ronald van Loon
Richting	oost	Software	CPXInspector.exe 2.0.787
Datum	17-6-2015		

Apparatuur

Trailer	M+P trailer 04
Type trailer	M+P two-wheeled trailer towed by car
Calibratie trailer	Report M+P.XSCPX.15.01.2 March 27th 2015
Data acquisitie	PAK Mobil Mk. II

banden

band P1	ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1	Avon AV4



Gegevens meting

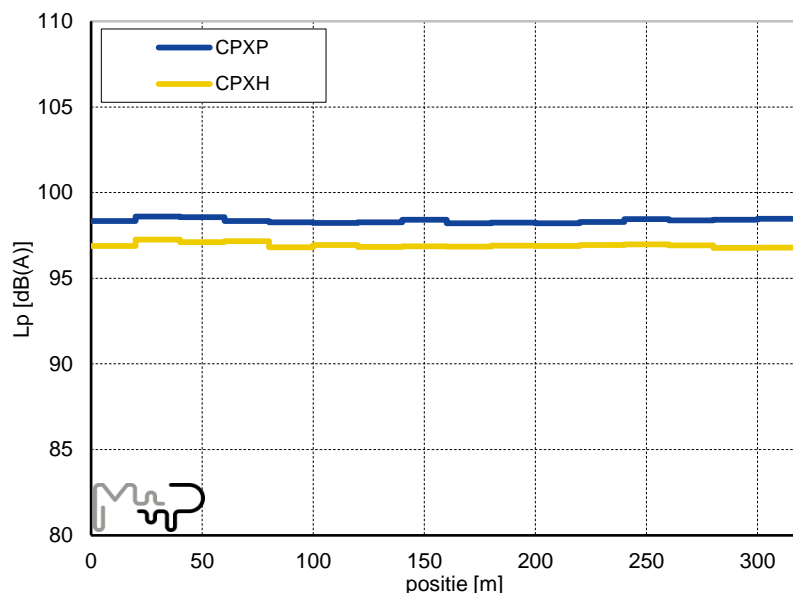
	linker rijspoor		rechter rijspoor		temperatuur			snelheid		# runs
	dotcode	hardheid	dotcode	hardheid	T_{lucht}	CT_t	T_{weg}	gemiddeld	std. dev.	
band P1	3612	68	3612	69	17	0.10	22	80.2	0.8	2
band H1	1210	70	1210	70	20	0.10	27	76.0	0.9	2

ISO/DIS 11819-2: 2012-09-03

Close Proximity

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	HSB		
Lengte wegvak	320 m	Rijspoor	-
Richting	west	Microfoonpositie	inner
Datum	24-4-2015	Snelheidscoëfficiënt	35

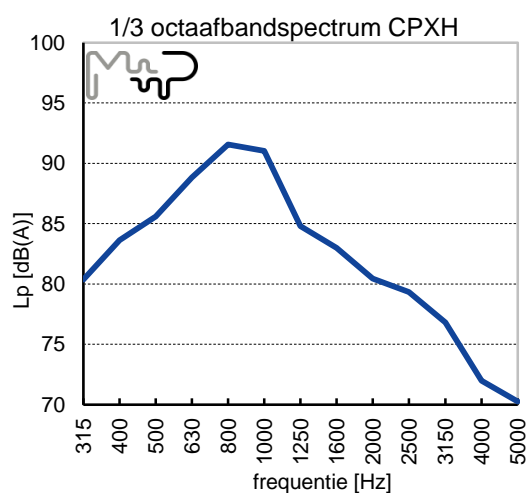
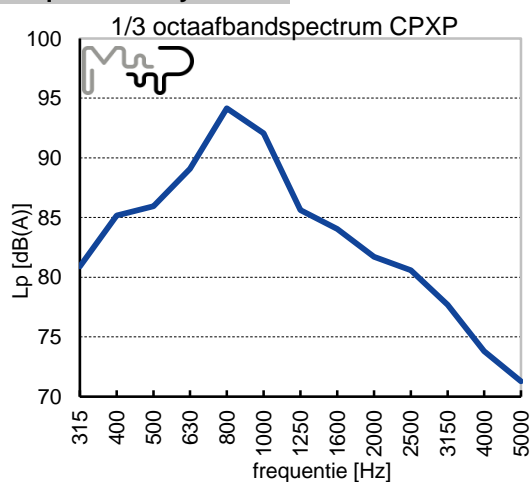
CPX waarden



band P1: ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1: Avon AV4

v [km/h]	80
CPXP [dB(A)]	98,4
standaarddeviatie	0,1
CPXH [dB(A)]	96,9
standaarddeviatie	0,1
CPXI [dB(A)]	97,6
standaarddeviatie	0,1

Frequentie-analyse



Close Proximity (ISO/DIS 11819-2:2012)

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	HSB	Uitgevoerd door	Markjan van Blokland en Patrick Meelen
Lengte wegvak	320 m	Uitgewerkt door	Ronald van Loon
Richting	west	Software	CPXInspector.exe 2.0.787
Datum	24-4-2015		

Apparatuur

Trailer	M+P trailer 04
Type trailer	M+P two-wheeled trailer towed by car
Calibratie trailer	Report M+P.XSCPX.15.01.2 March 27th 2015
Data acquisitie	PAK Mobil Mk. II

banden

band P1	ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1	Avon AV4



Gegevens meting

	linker rijspoor		rechter rijspoor		temperatuur			snelheid		# runs
	dotcode	hardheid	dotcode	hardheid	T_{lucht}	CT_t	T_{weg}	gemiddeld	std. dev.	
band P1	3612	68	3612	69	17	0.10	22	79.9	1.0	2
band H1	1210	70	1210	70	20	0.10	26	79.7	1.0	2

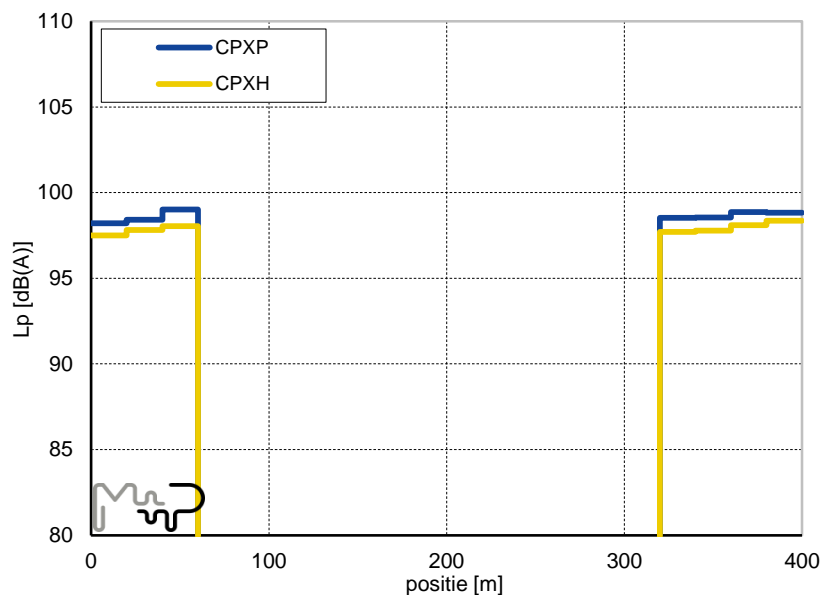


ISO/DIS 11819-2: 2012-09-03

Close Proximity

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	DAB		
Lengte wegvak	400 m	Rijspoor	-
Richting	oost	Microfoonpositie	inner
Datum	17-6-2015	Snelheidscoëfficiënt	30

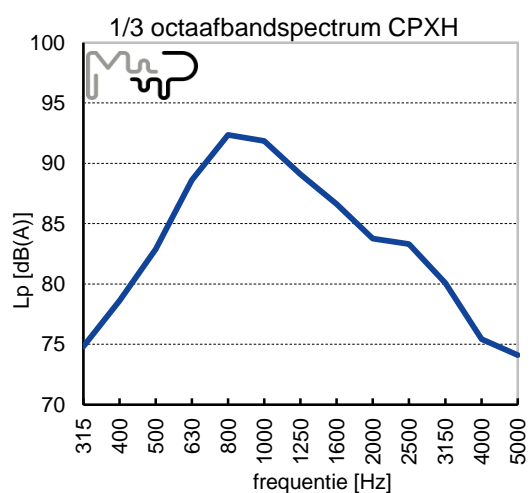
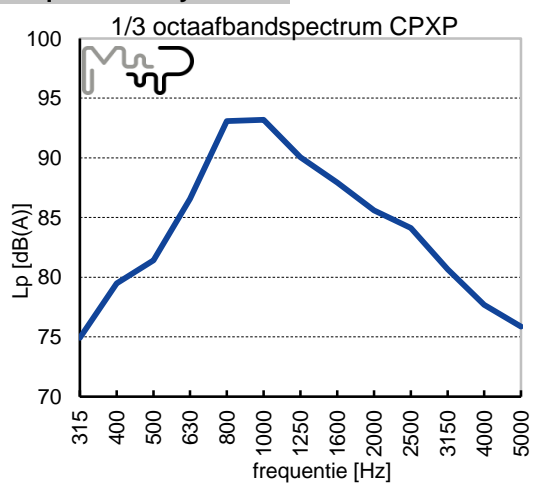
CPX waarden



band P1: ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1: Avon AV4

v [km/h]	80
CPXP [dB(A)]	98,6
standaarddeviatie	0,3
CPXH [dB(A)]	97,9
standaarddeviatie	0,3
CPXI [dB(A)]	98,3
standaarddeviatie	0,3

Frequentie-analyse



Close Proximity (ISO/DIS 11819-2:2012)

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	DAB	Uitgevoerd door	Markjan van Blokland en Patrick Meelen
Lengte wegvak	400 m	Uitgewerkt door	Ronald van Loon
Richting	oost	Software	CPXInspector.exe 2.0.787
Datum	17-6-2015		

Apparatuur

Trailer	M+P trailer 04
Type trailer	M+P two-wheeled trailer towed by car
Calibratie trailer	Report M+P.XSCPX.15.01.2 March 27th 2015
Data acquisitie	PAK Mobil Mk. II

banden

band P1	ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1	Avon AV4



Gegevens meting

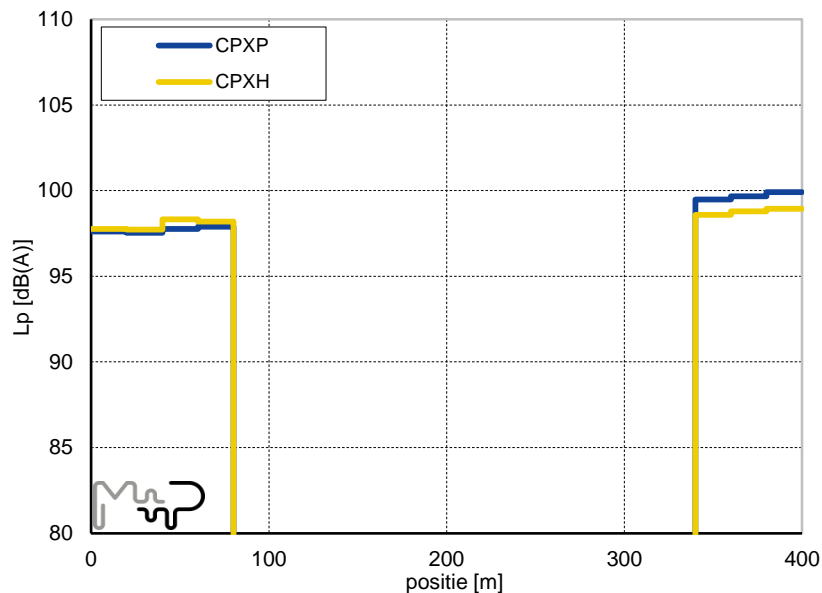
	linker rijspoor		rechter rijspoor		temperatuur			snelheid		# runs
	dotcode	hardheid	dotcode	hardheid	T_{lucht}	CT_t	T_{weg}	gemiddeld	std. dev.	
band P1	3612	68	3612	69	17	0.10	22	79.9	0.2	2
band H1	1210	70	1210	70	20	0.10	27	75.5	0.2	2

ISO/DIS 11819-2: 2012-09-03

Close Proximity

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	DAB		
Lengte wegvak	400 m	Rijspoor	-
Richting	west	Microfoonpositie	inner
Datum	24-4-2015	Snelheidscoëfficiënt	30

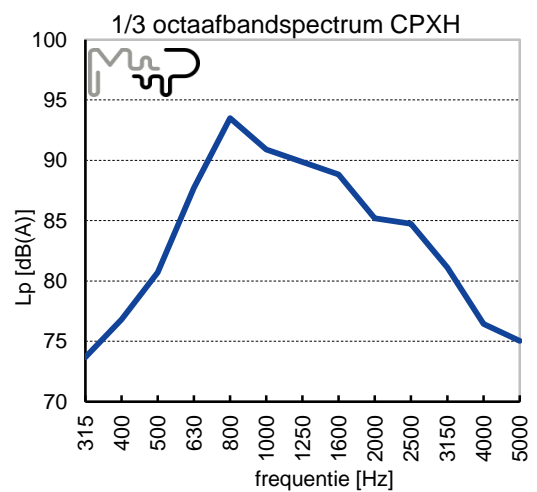
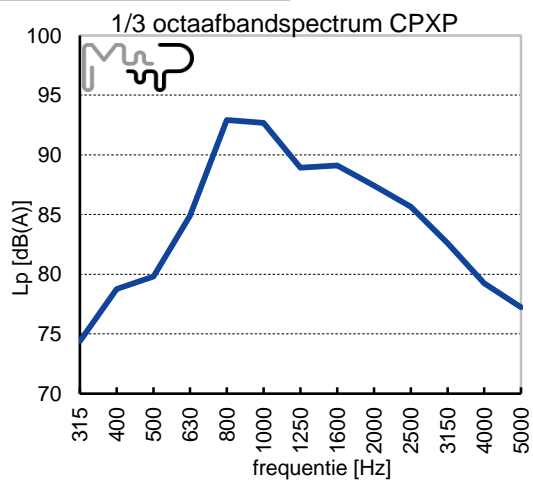
CPX waarden



band P1: ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1: Avon AV4

v [km/h]	80
CPXP [dB(A)]	98,5
standaarddeviatie	1,1
CPXH [dB(A)]	98,3
standaarddeviatie	0,5
CPXI [dB(A)]	98,4
standaarddeviatie	0,8

Frequentie-analyse



Close Proximity (ISO/DIS 11819-2:2012)

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	DAB	Uitgevoerd door	Markjan van Blokland en Patrick Meelen
Lengte wegvak	400 m	Uitgewerkt door	Ronald van Loon
Richting	west	Software	CPXInspector.exe 2.0.787
Datum	24-4-2015		

Apparatuur

Trailer	M+P trailer 04
Type trailer	M+P two-wheeled trailer towed by car
Calibratie trailer	Report M+P.XSCPX.15.01.2 March 27th 2015
Data acquisitie	PAK Mobil Mk. II

banden

band P1	ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1	Avon AV4



Gegevens meting

	linker rijspoor		rechter rijspoor		temperatuur			snelheid		# runs
	dotcode	hardheid	dotcode	hardheid	T_{lucht}	CT_t	T_{weg}	gemiddeld	std. dev.	
band P1	3612	68	3612	69	17	0.10	22	79.6	0.2	2
band H1	1210	70	1210	70	20	0.10	26	79.7	0.2	2

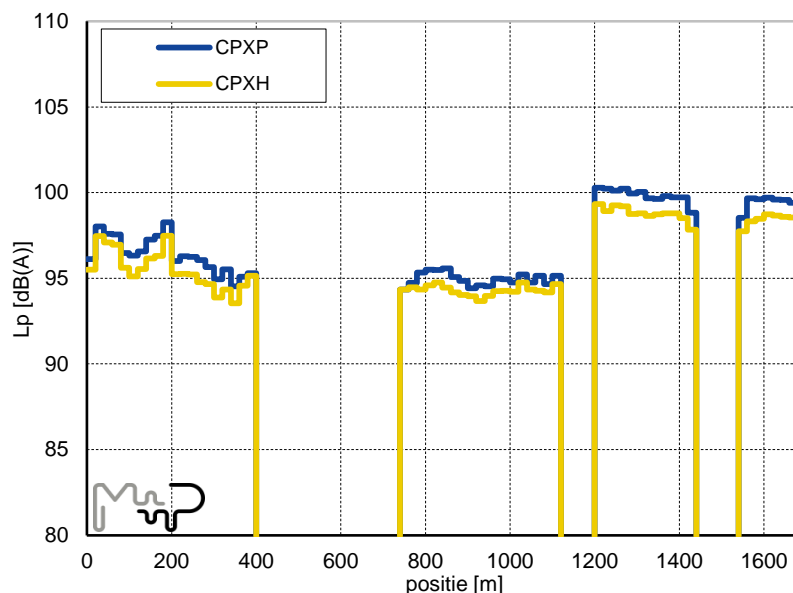


ISO/DIS 11819-2: 2012-09-03

Close Proximity

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	ZOAB		
Lengte wegvak	1680 m	Rijspoor	-
Richting	oost	Microfoonpositie	inner
Datum	17-6-2015	Snelheidscoëfficiënt	25

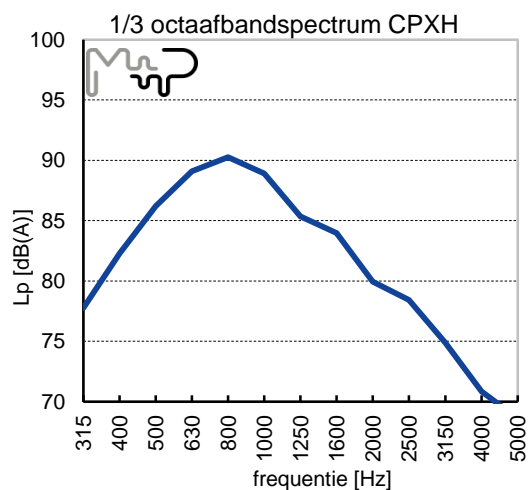
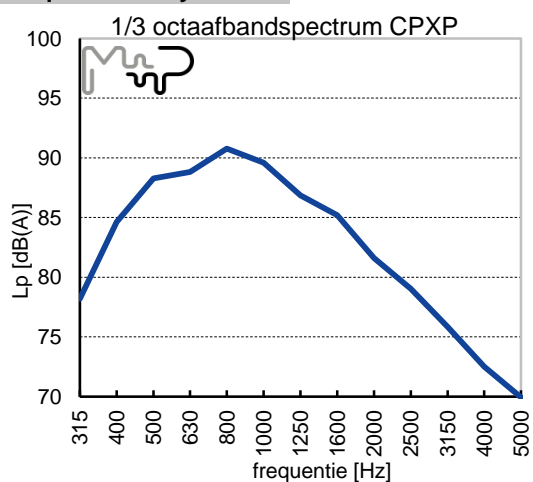
CPX waarden



band P1: ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1: Avon AV4

v [km/h]	80
CPXP [dB(A)]	97,0
standaarddeviatie	2,1
CPXH [dB(A)]	96,1
standaarddeviatie	2,0
CPXI [dB(A)]	96,6
standaarddeviatie	2,0

Frequentie-analyse



Close Proximity (ISO/DIS 11819-2:2012)

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	ZOAB	Uitgevoerd door	Markjan van Blokland en Patrick Meelen
Lengte wegvak	1680 m	Uitgewerkt door	Ronald van Loon
Richting	oost	Software	CPXInspector.exe 2.0.787
Datum	17-6-2015		

Apparatuur

Trailer	M+P trailer 04
Type trailer	M+P two-wheeled trailer towed by car
Calibratie trailer	Report M+P.XSCPX.15.01.2 March 27th 2015
Data acquisitie	PAK Mobil Mk. II

banden

band P1	ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1	Avon AV4



Gegevens meting

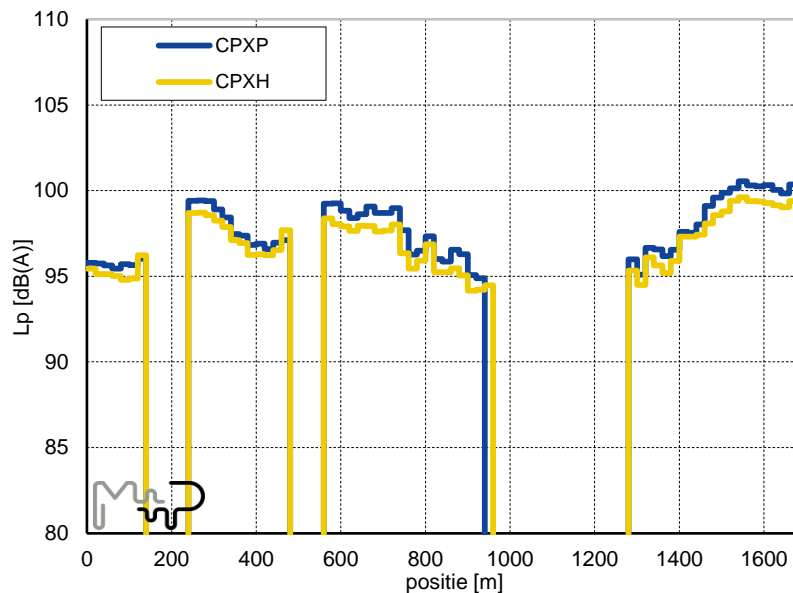
	linker rijspoor		rechter rijspoor		temperatuur			snelheid		# runs
	dotcode	hardheid	dotcode	hardheid	T_{lucht}	CT_t	T_{weg}	gemiddeld	std. dev.	
band P1	3612	68	3612	69	17	0.10	22	80.0	0.6	2
band H1	1210	70	1210	70	20	0.10	27	79.4	1.5	2

ISO/DIS 11819-2: 2012-09-03

Close Proximity

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	ZOAB		
Lengte wegvak	1680 m	Rijspoor	-
Richting	west	Microfoonpositie	inner
Datum	24-4-2015	Snelheidscoëfficiënt	25

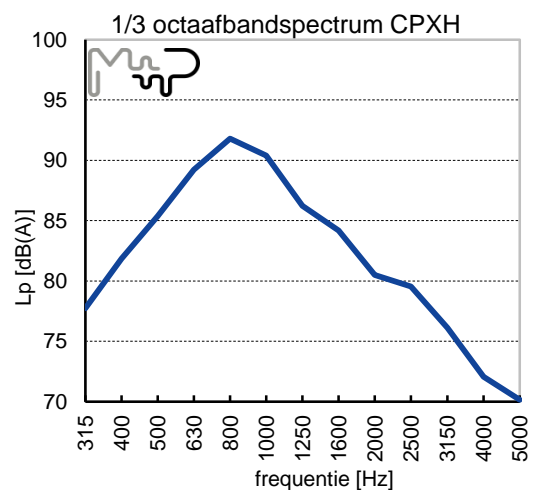
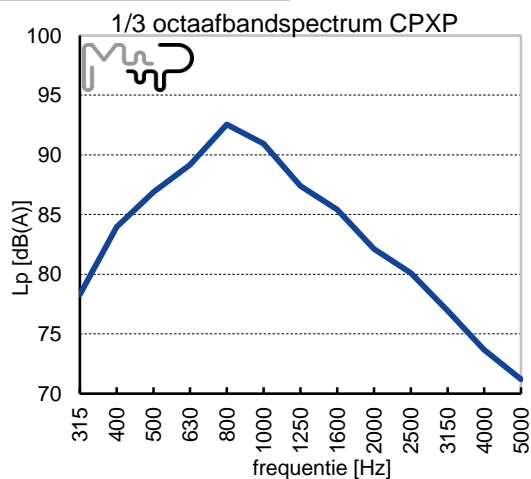
CPX waarden



band P1: ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1: Avon AV4

v [km/h]	80
CPXP [dB(A)]	97,7
standaarddeviatie	1,7
CPXH [dB(A)]	97,0
standaarddeviatie	1,6
CPXI [dB(A)]	97,4
standaarddeviatie	1,6

Frequentie-analyse



Close Proximity (ISO/DIS 11819-2:2012)

Locatie	A12, Utrecht		
Wegdek	ZOAB	Uitgevoerd door	Markjan van Blokland en Patrick Meelen
Lengte wegvak	1680 m	Uitgewerkt door	Ronald van Loon
Richting	west	Software	CPXInspector.exe 2.0.787
Datum	24-4-2015		

Apparatuur

Trailer	M+P trailer 04
Type trailer	M+P two-wheeled trailer towed by car
Calibratie trailer	Report M+P.XSCPX.15.01.2 March 27th 2015
Data acquisitie	PAK Mobil Mk. II

banden

band P1	ASTM F2493-06 (SRTT)
band H1	Avon AV4



Gegevens meting

	linker rijspoor		rechter rijspoor		temperatuur			snelheid		# runs
	dotcode	hardheid	dotcode	hardheid	T_{lucht}	CT_t	T_{weg}	gemiddeld	std. dev.	
band P1	3612	68	3612	69	17	0.10	22	79.9	0.7	2
band H1	1210	70	1210	70	20	0.10	26	79.5	0.7	2