

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

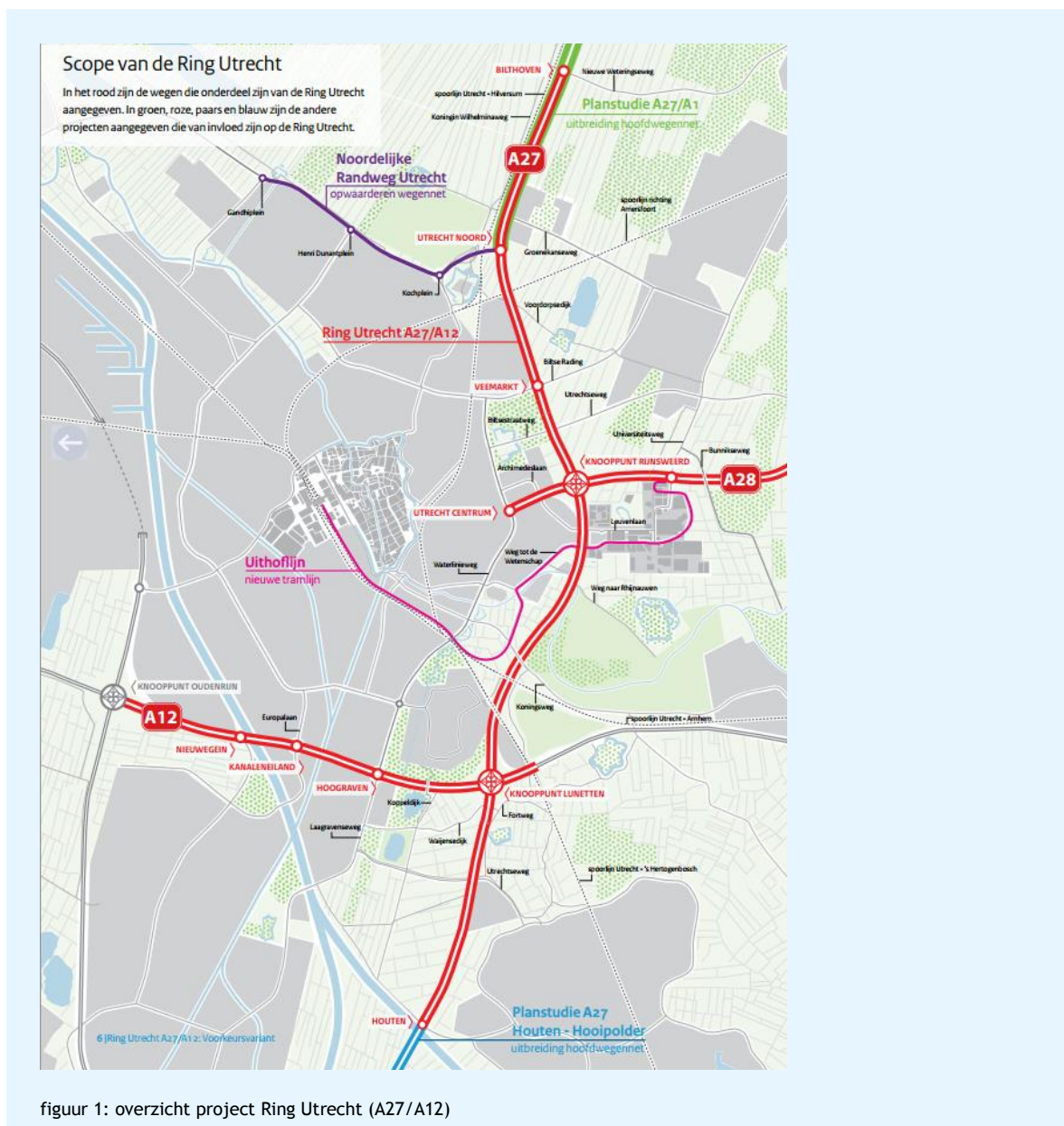
1. Inleiding	4
2. OTB Ring Utrecht	6
3. Rekenmethode	8
3.1 Spiegelning van bronnen	8
3.2 Constructie van geluidsstralen	10
3.3 Reflectiebijdrage	11
4. Werkwijze en uitgangspunten	12
4.1 Werkwijze	12
4.2 Gehanteerde uitgangspunten	12
5. Resultaten	14
5.1 Rijnsweerd / De Uithof	14
5.2 Galecopperbrug	14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



figuur 1: overzicht project Ring Utrecht (A27/A12)

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.

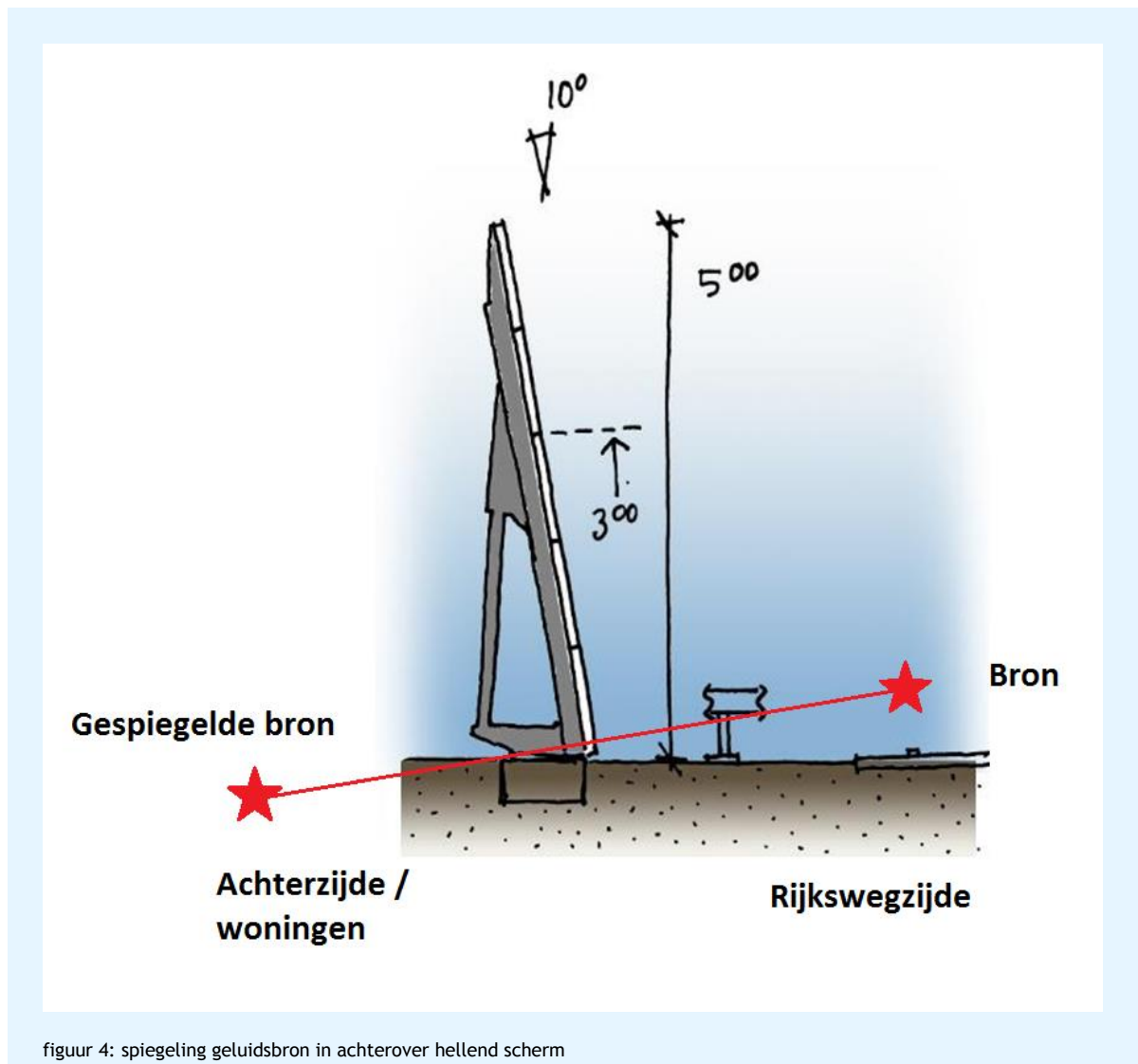
De overdrachtsberekeningen zijn met de Standaard Rekenmethode 2 uitgevoerd. Voor de bepaling van de reflectiebijdrage is een apart programma ontwikkeld om de reflectie in het scherm te modelleren. Het bepalen van de reflectiebijdragen gebeurt in drie stappen:

- 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).

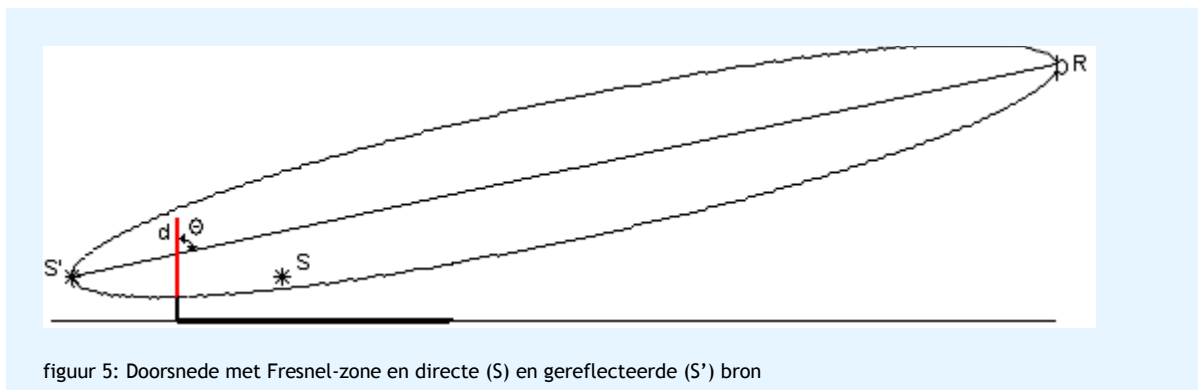
$$L_{\text{spiegeling}} = L_{\text{bron}} + 10 \cdot \log(1 - \alpha) \quad (1)$$

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 geluidsscherm³.

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

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 geluidsschermen 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).

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

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

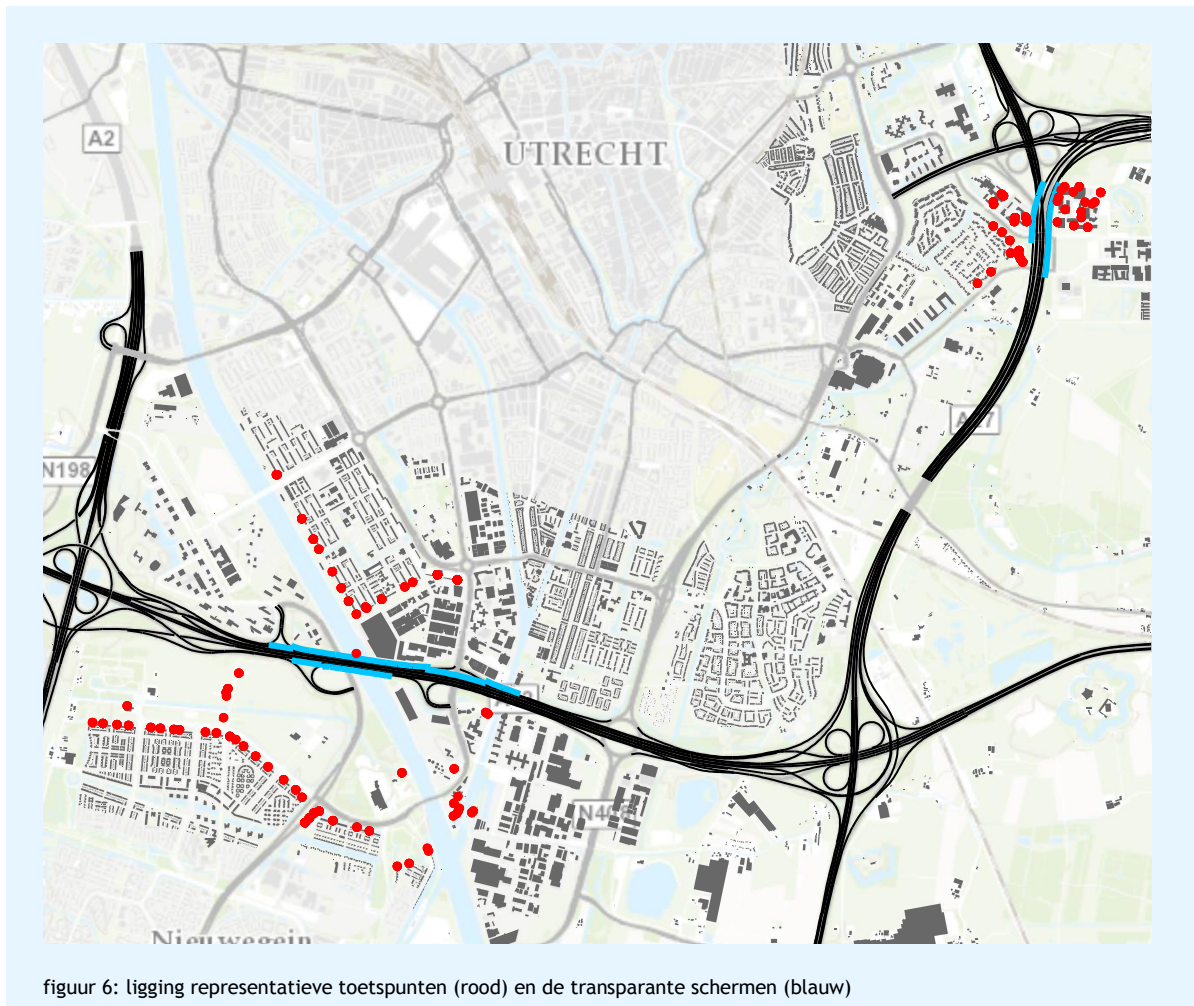
De geluidsschermen zijn overgenomen uit het rekenmodel dat is aangeleverd door Royal HaskoningDHV op 31 juli 2015. De te onderzoeken transparante schermen zijn ingevoerd als itemtype “leaning barrier”. Dit itemtype is alleen beschikbaar in dit rekenprogramma.

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 (Rooseveltdaan) 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 scherm delen 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.

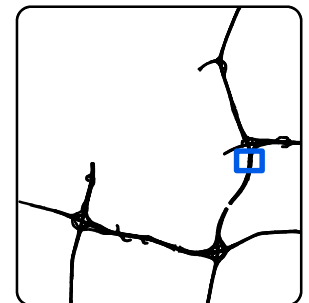
Bijlage 1

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

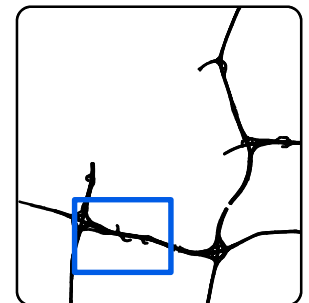
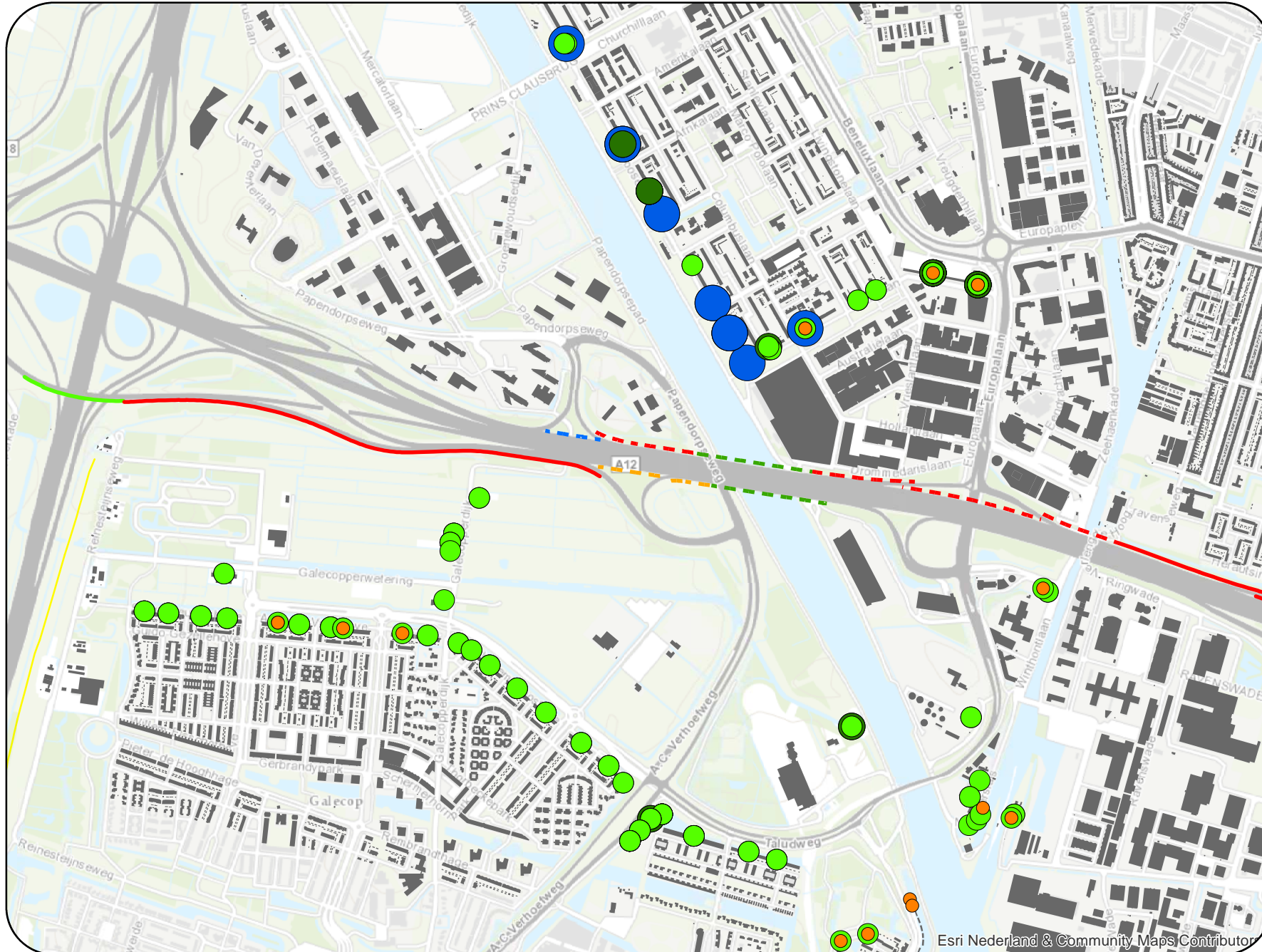


Effect transparante schermen ten opzichte van verticale absorberende schermen

Legenda

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